

Erosão no Troço Costeiro Cabo Mondego - Figueira da Foz: Controlos Naturais/antrópicos e Implicações na Gestão do Litoral e das Adjacentes Bacias Hidrográficas

P. Proença Cunha

Geólogo, Professor Auxiliar

Grupo de Estudo dos Ambiente Sedimentares - Centro de Geociências da Univ. Coimbra

Departamento de Ciências da Terra; Fac. Ciências e Tecn. da Univ. Coimbra;

Largo Marquês de Pombal; 3049 Coimbra Codex, Portugal

Resumo

Durante 1996-1998 ocorreu uma progressiva erosão do prisma arenoso da praia entre o Cabo Mondego e Buarcos, levando ao desmoronamento do enrocamento da estrada marginal, seguido de recuo erosivo no areal de Buarcos-Figueira da Foz. Esta erosão é fundamentalmente explicada por uma alteração das características habituais da ondulação, com diminuição da frequência da ondulação de NW e aumento da de SW, de que resultaram rumos médios da ondulação mais rodados para W em relação a anos anteriores. Enquadrando-se a evolução nos últimos dois séculos, a situação analisada permite compreender e prever o comportamento do litoral em futuras situações de défice sedimentar, neste ou em outros troços da costa portuguesa, quer por uma prolongada variação nas características médias da ondulação, quer pela actual tendência de redução no abastecimento aluvionar ao litoral e pela extracção de sedimentos costeiros. Analisam-se as acções de reconstrução das estruturas antrópicas danificadas pelo mar, bem como as estratégias de planeamento e gestão do litoral.

Palavras-chave

Erosão costeira, Ondulação, Défice sedimentar, Planeamento/gestão

1. Introdução

Objectivos

Analisa-se a intensa erosão que, a partir de finais de 1995, afectou o troço litoral entre o Cabo Mondego e Figueira da Foz. As observações integram-se numa monitorização das praias, essencialmente realizada através de um periódico registo fotográfico (no terreno e aéreo, em especial dos locais com rápida evolução topográfica), cartografia de pormenor e execução de perfis topográficos transversais. A análise de outras informações de diversa índole, em especial a ondulação, marés, características dos sedimentos e volumes da extracção de areia na praia (S. Jacinto e Figueira da Foz) (Cunha *et al.*, 1997b), permitem interpretar esta evolução costeira. Neste trabalho sintetizam-se os resultados da monitorização realizada até Julho de 1998 (Cunha & Dinis, 1998a, 1998b) e adiciona-se mais um semestre de acompanhamento, durante o qual ocorreu um significativo temporal.

Enquadramento geográfico e geomorfológico

O troço litoral analisado situa-se em Portugal centro-ocidental e é adjacente ao Estuário do Mondego. O Cabo Mondego corresponde ao paralelo de 40° 10' N e ao meridiano de 8° 52' W (Fig. 1). Imediatamente a norte da foz do Mondego existe uma faixa arqueada de relevos de baixa altitude (entre 100 e 258 m), orientada segundo WNW-ESE, em cuja extremidade ocidental se destaca a Serra da Boa Viagem e o Cabo Mondego. No Cabo Mondego a costa está talhada em arriba, na base da qual se estende uma plataforma rochosa de abrasão marinha que se prolonga para além da linha de baixa-mar viva. Para norte inicia-se uma extensa faixa de praia arenosa que se prolonga até Espinho, numa direcção geral NNE-SSW. Imediatamente para sul do Cabo Mondego a costa inflecte para sudeste e, depois de Buarcos, vai rodando progressivamente para sul, até que, a cerca de 4 km a sul da embocadura do Mondego, retoma um traçado rectilíneo com direcção geral SSW (Fig. 1). A norte da Serra da Boa Viagem e a sul do Mondego existem extensos campos dunares eólicos (André *et al.* 1997; Almeida, 1997; Almeida *et al.* 1998).

Batimetria dos fundos marinhos

Para profundidades superiores a 25 m os fundos não apresentam irregularidade na passagem do Cabo Mondego, mantendo o traçado geral da costa (Fig. 1). As batimétricas acima de -5 m ZH (nível de zero hidrográfico) são muito influenciadas pelos molhes exteriores do porto da Figueira da Foz, de modo que, por exemplo, a batimétrica de 0 m ZH se encontra desfasada para leste cerca de 600 m para sul da embocadura. Ao largo, paralelamente à costa, os levantamentos topo-hidrográficos mostram que a barra submersa exterior apresenta geralmente cerca de 300 m de largura e 4 m de altura; na desembocadura,

esta barra arenosa contorna o molhe norte, com adelgaçamento junto à cabeça do molhe sul. É provável que parte significativa do transporte litoral se faça ao longo desta barra, numa faixa a cerca dos -3 m de profundidade.

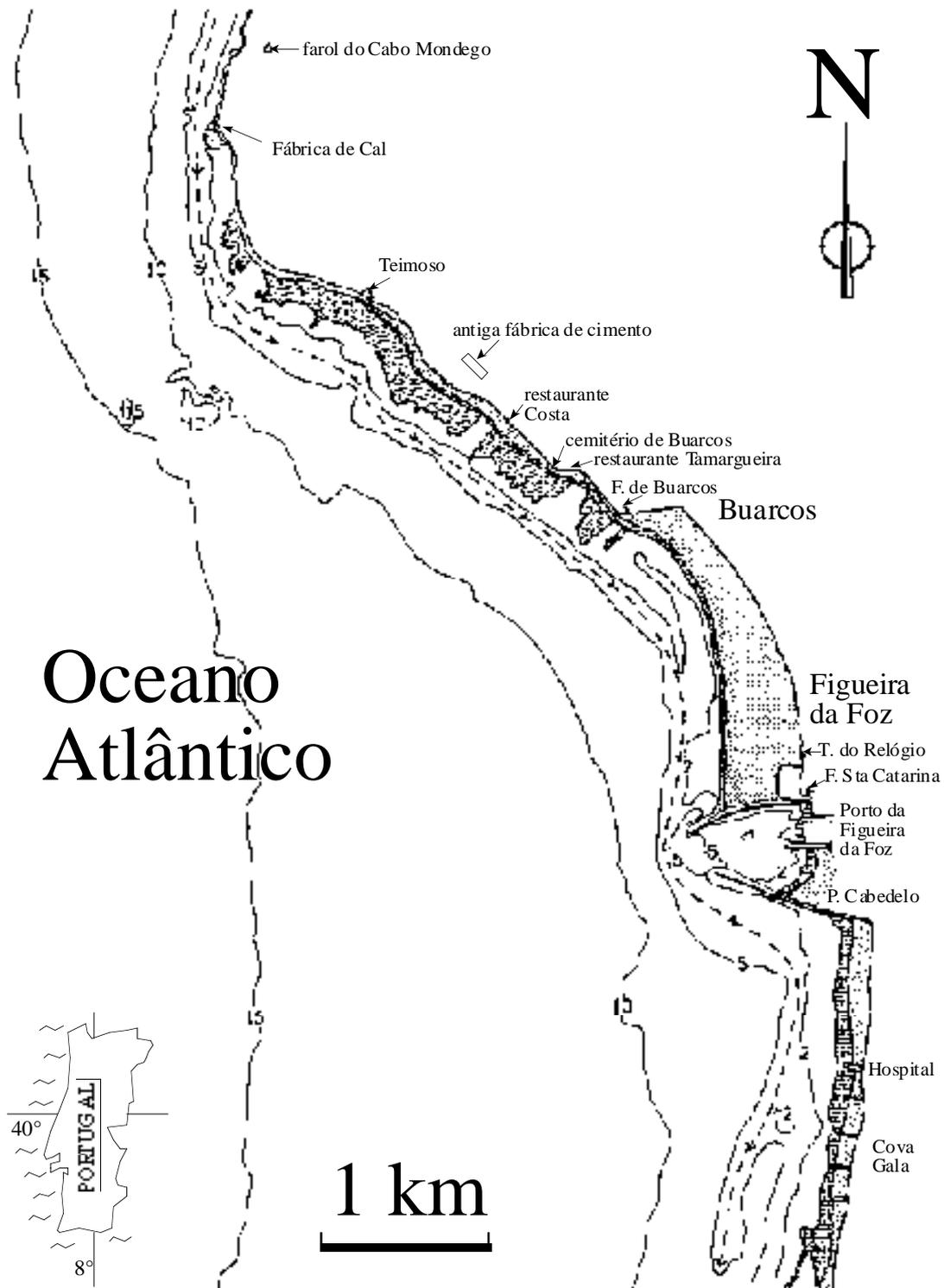


Figura 1 - Litoral imediatamente a sul do Cabo Mondego e sua localização na costa ocidental portuguesa (adaptada da Carta hidrográfica da Barra e Porto da Figueira da Foz, 1985; escala 1/10.000). Assinalam-se locais referidos no texto.

De Julho a Setembro de 1998 ocorreu dragagem até à cota -7 m ZH de, aproximadamente, $1300 \times 10^3 \text{m}^3$ de sedimentos (largados junto da costa em frente do hospital na Cova-Gala), em todo o canal estuarino a jusante da ponte da Figueira da Foz, incluindo o anteporto e barra do porto da Figueira da Foz; este sector estuarino é objecto de periódicas dragagens para a manutenção de cotas necessárias à navegação, devido a assoreamento com sedimentos, principalmente, de proveniência marinha.

Agitação marítima

A dinâmica marinha actual na costa portuguesa é essencialmente condicionada pela circulação atmosférica a oeste, no Atlântico. Durante a maior parte do ano, com o anticiclone próximo dos Açores, existe ondulação de NW. A menos frequente ondulação de W e SW está associada a focos depressionários e à passagem das respectivas superfícies frontais.

A agitação na orla marítima adjacente à Figueira da Foz foi registada, pela Junta Autónoma do Porto da Figueira da Foz, de Janeiro de 1954 a Dezembro de 1960. As observações a partir da "Torre do Relógio" foram efectuadas três vezes ao dia, só na parte diurna, efectuando-se registos simultâneos dos valores da altura, rumo e período da agitação. Neste período de sete anos a altura significativa máxima não ultrapassou os 7,5 m; contudo, não ficaram registados períodos de forte agitação devido a ruptura do cabo de amarração da bóia durante tempestades e à má visibilidade por nevoeiro, chuva, etc.. Carvalho & Barceló (1966) procederam à transposição para o largo dos valores observados em pequenas profundidades, utilizando planos de refacção. De acordo com esse estudo, a costa está sujeita a uma agitação marítima em que a ondulação tem altura mais frequente (42 %) da ordem de 1-2 m. Os resultados estão sintetizados na Tab. 1.

Também com base nesses registos (1954-60), Santos *et al.* (1991) efectuaram a caracterização anual, quadrimensal e mensal do clima de agitação marítima na zona de entrada do porto da Figueira da Foz, considerando o trinómio altura-rumo-período.

Tabela 1 - Características da ondulação ao largo do Porto da Figueira da Foz (Carvalho & Barceló, 1966).

Rumos	Alturas	Períodos
acima de W15°N - 5,3 %	0,5-1 m - 14,7 %	< 8 s - 4,3 %
entre W15°N e W5°N - 38,8 %	1-2 m - 41,9 %	8-10 s - 24,7 %
entre W5°N e W5°S - 32,7 %	2-3 m - 18,8 %	10-12 s - 30,3 %
entre W5°S e W15°S - 6,6 %	3-4 m - 6,1 %	12-14 s - 17,0 %
abaixo de W15°S - 1,1 %	4-5 m - 2,2 %	14-16 s - 5,8 %
	> 5 m - 0,8 %	16-18 s - 2,4 %
Calmas - 15,5 %		

Temporais

A costa ocidental portuguesa está frequentemente sujeita à actuação de temporais (Andrade *et al.*, 1996; Ferreira & Dias, 1997), que são os principais agentes de erosão costeira, gerando agitação marítima que atinge o litoral através da rebentação de ondas enérgicas de longo período. Segundo os valores calculados por Carvalho (1992) para a Figueira da Foz, temporais com ondas de altura máxima significativa de 9,5-10,0 m têm um período de retorno de 5 anos. As situações de tempestade que resultam de baixas pressões ligadas à passagem de perturbações atmosféricas são acompanhadas de significativa sobrelevação meteorológica do nível do mar, permitindo que a ondulação possa atingir áreas mais interiores, sendo mais relevante quando coincidente com a preia-mar de marés vivas. Lembre-se o importante galgamento na Praia da Cova e a erosão costeira gerada pelo temporal de 25/26 de Fevereiro de 1978, bem como os mais recentes efeitos dos temporais de Janeiro de 1996 (Rebelo, 1978; Cunha, 1997) e da madrugada de 30 de Dezembro de 1998.

Marés

O sector costeiro arenoso analisado possui um regime mesomareal, de tipo semi-diurno e com uma desigualdade ligeira entre as duas marés diárias. Com base na tabela de marés previstas para 1996 no Porto da Figueira da Foz, as marés apresentaram amplitude média de 2,2 m e uma moda de 2,4 m; a amplitude mínima foi de 0,9 m e a máxima de 3,6 m. O nível médio de maré corresponde aos +2 m ZH.

Evolução recente da faixa de praia entre o Cabo Mondego e a embocadura

Anteriormente à construção dos molhes exteriores portuários, a faixa de praia entre o Cabo Mondego e a Figueira da Foz apresentava uma largura pequena e regular, com a linha de água alinhada com o sector a sul da embocadura do Mondego. Entre 1800 e 1860 a praia da Figueira da Foz engordou cerca de 100 m em extensão transversal ao seu comprimento (1,5m/ano), mas no período de 1871-1947 ter-se-á verificado um recuo generalizado da linha de costa envolvente da foz do Mondego, com uma taxa média de -0,7 m/ano e valor máximo de -2,3 m/ano (Bettencourt & Ângelo, 1992); os mesmos autores apresentaram para o período de 1947-56 taxas máximas de 6,3 m/ano (avanço) para a zona a norte da embocadura e de -3,4 m/ano (recuo) para a zona a sul, provavelmente reflexo das primeiras intervenções na barra do porto.

Com base na evolução das linhas mensais de preia-mar projectadas por Vicente & Pereira (1986), Cunha & Dinis (1998) calcularam uma taxa de variação da linha de costa no troço Buarcos-Figueira da Foz, em cerca de - 8,5 m/ano para o perfil da torre do relógio (recuo de 34 m) de 1957 a 1962, seguida de um rápido avanço (45 m/ano) até 1969, lento crescimento até 1982 (avanço de 106 m em 13 anos: 8,2 m/ano) e estabilização a partir do início de 1983.

O avanço da linha de costa iniciado em 1962 deveu-se às obras na barra que culminaram com a construção dos molhes exteriores do porto, que interromperam a deriva litoral predominante, criando uma grande acumulação arenosa a norte até que, em 1982, se atingiu a saturação da capacidade de retenção de areia pelo molhe norte. Pelo contrário, a partir da construção desses molhes e das obras de regularização da bacia hidrográfica do Mondego, a costa imediatamente a sul da foz deste rio tem sofrido um contínuo e forte recuo erosivo (Castanho *et al.*, 1978, 1981; Duarte & Reis, 1992; Cunha *et al.*, 1997a, 1997b, 1997c; Dinis & Cunha, 1998); para além da extracção de areia na praia e barra, também a periódica execução de grandes dragagens portuárias (Cunha *et al.*, 1995, 1998) e as extracções de elevados montantes de areia em circulação no troço fluvial e estuarino contribuem para o défice sedimentar no troço litoral a sul da embocadura (Cunha, 1998a, 1998b).

Segundo Cunha *et al.* (1997a,b) para o sector a norte dos molhes, entre 1958 e 1977, por análise de fotografia aérea vertical estimou-se que linha de praia avançou a 7 m/ano junto a Buarcos mas mais rapidamente para sul, com o valor máximo de 478 m junto ao molhe exterior norte (25 m/ano); a variação anual detalhada para este sector encontra-se expressa em Vicente (1990), sendo evidente que a variação só atingiu valores significativos a partir do início da construção dos molhes exteriores, concluídos em 1965. Constata-se que no período 1977-1982 o avanço da praia foi lento, com valor médio de 4 m/ano, ainda com a taxa máxima de 17 m/ano junto ao molhe norte. De 1982 a 1990 documenta-se uma estabilização generalizada da faixa de praia, excepto junto do molhe norte onde ocorreu um recuo de 44 m, correspondente a -5,5 m/ano. A inversão da tendência de enchimento, que atingiu um máximo em 1980, deveu-se também à extracção de areia da praia neste local (em média, cerca de $400 \times 10^3 \text{ m}^3$ /ano de 1989 a 1995) iniciada em 1977, também responsável por uma alteração do perfil topográfico da praia.

Apesar da acumulação de areia verificada até 1980 na praia desde a Figueira da Foz até ao Teimoso (Fig. 1), a estrada marginal era esporadicamente atingida por temporais, tendo-se efectuado em 1989 a reconstrução do enrocamento de protecção à marginal e construído escadarias de acesso à praia. Na década de 90, os principais problemas têm-se localizado junto a Buarcos, onde a marginal é, frequentemente, galgada pelo mar, sobretudo devido a forte ondulação de SW.

Devido ao "efeito de esporão" do Cabo Mondego, a costa a norte (a barlamar da deriva predominante) tem-se apresentado com tendência estável nas últimas décadas. As praias de Murtinheira e Quiaios, situadas imediatamente a norte, apresentam-se largas e sem problemas de erosão, excepto durante raros e curtos períodos de temporal ou com ondulação de SW.

Transporte sólido litoral

A área adjacente à embocadura do Mondego caracteriza-se por uma faixa de praia constituída essencialmente por areia média a grosseira, sendo abastecida por uma deriva

litoral, cujo saldo sedimentar é dirigido para sul, reflexo da ondulação média de WNW. No troço entre o Cabo Mondego e a Figueira da Foz, geralmente de Junho a Setembro, o transporte litoral é menos intenso mas faz-se persistentemente para sul, enquanto que nos outros meses ocorrem transportes importantes em ambos os sentidos. Os movimentos de areia perpendicularmente à costa, associados à variação sazonal das características da agitação, são significativos.

A primeira avaliação da deriva litoral de areias que ultrapassa para sul o Cabo Mondego foi efectuada através da marcação de areias da praia, com prata radioactiva (L.N.E.C., 1961; Abecasis *et al.*, 1962); Transpondo o caudal sólido verificado nos três meses estivais de 1957 para o período de um ano calculou-se um volume de areia, que ultrapassou para sul o Cabo Mondego em $400-550 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{ano}$.

Posteriormente fez-se uma avaliação do transporte sólido litoral (L.N.E.C., 1970), com base na comparação de levantamentos topo-hidrográficos realizados entre 1961 e 1966 (os molhes exteriores do porto ficaram concluídos em 1965). Essa análise estimou um caudal médio anual de $900 \times 10^3 \text{ m}^3$ (Carvalho, 1971). Em relação a este valor, note-se que foi obtido a partir de um volume não fechado, pois houve algum movimento de areias para sul, pelo que o valor real para esse período deve estar próximo de $10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ (Abecasis *et al.*, 1962).

Castanho *et al.* (1974) admitem um valor de $10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ para a deriva litoral junto a Aveiro. Oliveira *et al.* (1982), com base na análise de coberturas de fotografia aérea, consideram que este valor estará subestimado e que a capacidade de transporte potencial da agitação marítima na costa ocidental poderá atingir os $2 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$. A extracção de areias da praia em S. Jacinto (Porto de Aveiro) atingiu um valor máximo de $590 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{ano}$ em 1990, mas desde 1994 tem vindo a manter-se em cerca de $300 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{ano}$; contudo, os montantes das extracções de areia na manutenção permanente dos fundos dos canais portuários e embocadura (sem reposição a sotamar) são elevados ($517-688 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{ano}$, de 1994 a 1996). Estes montantes não incluem outras operações de dragagem de areias para a modificação das condições existentes (alteração de cotas, dragagem de bacias de manobra, etc.) ou a dragagem de fundos lodosos.

Os montantes de areia extraída na praia e embocadura do Porto da Figueira da Foz apresentaram um valor médio de cerca de $420 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{ano}$ nos últimos dez anos. Admitimos que o montante realmente extraído será um pouco inferior ao caudal sólido médio em deriva no estrão da Figueira da Foz; com efeito a extracção de cerca de $50 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{mês}$ de areias marinhas na praia, atingidos em 1993, ocasionou grande depressão local; note-se que, dada a ausência de meios de pesagem, os volumes são obtidos por estimativa dos veículos de carga podendo o montante real extraído estar subestimado até 30%. O facto de não se ter verificado recuo erosivo no sector Cabo Mondego-Tocha desde 1957 a 1990 (Ferreira, 1993), situação que se continuou até 1999, significa que este troço manteve a sua orientação face ao clima de agitação marítima, pelo que o caudal sólido que o percorre (e que ultrapassa para sul o Cabo

Mondego) continuará a ser praticamente o mesmo, admitindo que o clima médio anual de agitação marítima não se alterou significativamente nas últimas três décadas.

Em conclusão, dado que na última década ainda não se verificou tendência de recuo no sector Praia de Costinha-Cabo Mondego, admite-se um valor médio de $1,5 \times 10^6 \text{m}^3/\text{ano}$ para a deriva litoral de areia que, a partir de norte, alimenta o troço Cabo Mondego-Figueira da Foz.

Relação entre erosão costeira e extracção de areias

Há que considerar os seguintes condicionalismos ao balanço sedimentar:

- Variabilidade sazonal da altura, rumo e período da ondulação;
- Variabilidade pluri-anual dos regimes de ondulação;
- Variabilidade sazonal e plurianual dos influxos arenosos de origem fluvial, cada vez menores;
- Progressivo aumento do défice sedimentar na deriva litoral (que geralmente resulta de causas antrópicas).

Na área analisada é possível relacionar situações recentes de recuo da linha de costa e criação de bermas erosivas na praia da Figueira da Foz, com a extracção de areia na praia:

— Na transição 1992-1993, com extracção de médias de $40 \times 10^3 \text{m}^3/\text{mês}$, verificou-se grande recuo erosivo na Praia da Figueira (com destruição de um café na praia, em Janeiro de 1993), sendo atingidos $50 \times 10^3 \text{m}^3/\text{mês}$ em Abril de 1993, data em que se estabeleceu um montante máximo de extracção. Tratou-se de um ano com clima de agitação marítima próximo da média (Fig. 3), sendo a sobre-escavação local resultante da extracção de volumes que ultrapassaram o natural afluxo sedimentar.

— No 1º semestre de 1996 assistiu-se a um enorme rebaixamento na área de extracção de areias, com propagação para norte da berma erosiva e redução drástica da areia extraída por draga de sucção na barra submersa exterior. Neste caso, apesar das sucessivas reduções dos volumes explorados, a sobre-extracção resultou principalmente de agitação marítima com rumos médios mais rodados para W que não permitiram a persistente transposição para sul do Cabo Mondego das areias litorais alimentadoras, reduzindo ou mesmo anulando temporariamente o caudal sólido através do Cabo Mondego, sem afectar significativamente a capacidade de transporte potencial no trecho imediatamente a sul. Nestas condições, a capacidade de transporte da agitação marítima não é saturada por alimentação em deriva de norte, indo reduzir o défice sedimentar por erosão da praia a sotamar.

Em síntese, para além da movimentação longitudinal e transversal de areia no litoral ser muito variável de ano para ano, a retirada de volumes arenosos em qualquer ponto do circuito da linha de costa, já frequentemente deficitário, aumentará a tendência erosiva nas praias adjacentes, principalmente nas que se situam a sotamar da deriva dominante.

2. A evolução da faixa de praia desde 1995 a inícios de 1999

Situação em 1995

Até finais de 1995, a faixa de praia deste sector costeiro apresentou as características habituais. Do Cabo Mondego ao Forte de Buarcos, a praia apresentava pequena largura e espessura de areia sobre o substrato Mesozóico, mas para sul de Buarcos a largura era considerável. O perfil reflectivo das praias é dominante, transitando para dissipativo em condições de agitação energética. Junto ao Cabo Mondego os sedimentos das praias são fundamentalmente areias muito grosseiras e areão; ocorrem também bolsadas de cascalho, quase sempre condicionadas por afloramentos rochosos na praia baixa e pré-praia; mais para sul as areias são grosseiras a médias, ricas em quartzo e bioclastos. A praia submersa apresenta areia fina a muito fina, micácea, bem calibrada e unimodal.

Os temporais de Janeiro de 1996

Durante a madrugada do dia 7 de Janeiro de 1996, a agitação caracterizou-se por ondulação de WNW que atingiu 9,3 m de altura às 0 h; das 3 h às 6 h ocorreu avaria do ondógrafo do Cabo Mondego, tendo-se registado um novo máximo da agitação marítima às 9 h (com 7,5 m e N292° de rumo) e um progressivo decréscimo (às 12h já apresentava 6,7 m e rumo de N285°). O temporal originou galgamento oceânico na praia alta da Figueira da Foz, com acesso pela zona de extracção de areia junto ao molhe norte, provocando grande inundação da antepraia e atingindo a base da torre do relógio. A maioria dos "apoios de praia" situados na praia alta sofreram estragos, tendo sido destruído um restaurante. A praia da Figueira da Foz foi fortemente fustigada pelo mar, verificando-se tão grande erosão que impediu a extracção de areia na praia durante vários dias.

Ainda no espaço de uma semana, na madrugada do dia 12 de Janeiro de 1996, o mar apresentou ondas ao largo com 7 a 9 m de altura e rumo médio de WSW. Estes temporais produziram significativa erosão no litoral português, ficando muito marcados no perfil transversal das praias.

A evolução de Fevereiro de 1996 a Novembro de 1996

Nos meses seguintes ao período de temporal, ocorreu importante modificação da praia do Cabo Mondego a Buarcos devido à progressiva remoção do prisma arenoso que cobria o substrato rochoso. A partir de inícios de Maio de 1996 já era claramente visível na praia média uma berma erosiva, que se iniciou entre o Teimoso e o restaurante "Costa". Principalmente nos meses de Maio, Setembro e Outubro de 1996, o degrau erosivo foi-se entalhando na praia alta e estendendo também progressivamente para SE, até atingir a área a oeste do Forte de Buarcos. Devido à progressiva remoção de areia, o prisma arenoso de praia do sector Teimoso-Buarcos, com uma largura original de 40-90 m (situação anterior a 1996),

sofreu 2,5 m de rebaixamento máximo (até atingir o substrato rochoso). Seguidamente deu-se o desmoronamento do enrocamento de suporte da estrada marginal oceânica, numa extensão de 2 Km, incluindo troços da faixa de estacionamento e rodagem. Nesta fase da evolução erosiva, já muito avançada para o interior e com o substrato rochoso a descoberto, os estragos na marginal ocorriam na preia-mar, especialmente em maré viva ou com mais energética ondulação de W, embora a maior perda de areia se tenha verificado geralmente com fraca ondulação. Cunha & Dinis (1998) calcularam que a erosão do areal no estrão entre o Cabo Mondego e o Forte de Buarcos, de Outubro de 1995 a Novembro de 1996 (14 meses), correspondeu à remoção de aproximadamente $0,4 \times 10^6 \text{ m}^3$ de areia. No areal do sector Teimoso-cemitério de Buarcos, o recuo da linha de costa desde meados de Outubro de 1995 a meados de Julho de 1996 (9 meses) foi de 20-45 m e, posteriormente, até meados de Novembro de 1996 (4 meses) de mais 20 m.

A evolução de Dezembro de 1996 a Julho de 1998

No mês de Dezembro de 1996 o mar voltou a estar agitado (altura média de 4 m), com rumos de ondulação predominando de SW e com significativos rumos de W; a partir de Buarcos verificou-se alguma propagação, para sul, do degrau erosivo no areal.

A partir de 5 de Janeiro de 1997 ocorreu uma intensa erosão na praia de Buarcos (o degrau erosivo no areal atingiu 1,5 m de altura), afectando progressivamente para sul, em especial a área imediatamente a sul da curva da estrada junto ao Forte de Buarcos. No dia 11 de Janeiro de 1997, na curva do Forte de Buarcos, foram descarregados grandes blocos de calcário tentando impedir o desabamento da faixa de rodagem. Por esta data, já toda a praia entre Buarcos e o molhe norte apresentava uma contínua berma erosiva que se foi agravando durante Fevereiro de 1997, apesar de nos dias 20 a 23 deste mês uma forte ondulação de NW (que atingiu 4 m) ter gerado uma intensa deriva litoral para sul que assoreou significativamente a barra do porto. Na 1ª quinzena de Fevereiro de 1997 caiu o passeio da marginal junto ao cemitério de Buarcos, apesar da colocação de grandes blocos. Pelo contrário, imediatamente a norte do Cabo Mondego, a importância dos rumos de W deve ter sido responsável por uma invulgar acumulação de areia na praia submarina, expressa por uma rebentação mais longe devido a uma plataforma de dissipação de energia muito mais extensa do que é habitual.

De Março a finais de Maio de 1997 continuou a tendência de recuo na praia de Buarcos. Contrariamente ao que é habitual, a situação ainda se continuou a agravar no mês de Junho. Em Junho de 1997 o substrato rochoso de Buarcos ao Cabo Mondego continuava quase completamente exposto e já desmoronado um longo troço da faixa de estacionamento da marginal, tendo-se iniciado as obras de reconstrução do enrocamento; continuava o recuo erosivo no areal de Buarcos.

O reconhecimento aéreo efectuado na baixa-mar de maré viva em 17/07/97 documentou a exposição do substrato geológico entre o Cabo Mondego e o Forte de Buarcos, bem como a erosão no areal de Buarcos e no areal de Quiaios.

Na baixa-mar de maré viva em 30/01/98 verificou-se que a larga faixa de praia a norte do Cabo Mondego apresentava arriba erosiva talhada na duna frontal, excepto no sector de Murtinheira-Quiaios-Costinha que já tinha recuperado areia; o litoral a sul do Cabo Mondego evidenciava uma pequena acumulação de areia que deve ter resultado do curto período com forte ondulação de NW verificado durante a 1ª semana de Janeiro de 1998.

No seguimento de diligências da Câmara Municipal da Figueira da Foz e de contactos com o Ministério do Ambiente e a Junta Autónoma do Porto da Figueira da Foz, a extracção de areia na praia da Figueira da Foz parou desde 6 de Março de 1998.

Em síntese, após a completa exposição do substrato geológico Mesozóico frente à estrada entre o Cabo Mondego e Buarcos e inibição do recuo local pela deposição, em intervenções de emergência, de enormes volumes de blocos, a continuação do défice sedimentar litoral durante 1997 e 1998 resultou na propagação da evolução erosiva ao troço arenoso situado imediatamente para sudeste (Buarcos-molhe norte). Na praia de Buarcos, junto ao forte, de finais de Setembro de 1996 a Setembro de 1997 o recuo foi de 14 m, e até finais de Abril de 1998 mais 10 m de recuo (em 6 meses); posteriormente, de Maio a Julho desse ano, verificou-se um início de tendência para recuperação de areia. Com base em perfis topográficos de praia, avaliou-se que de finais de Setembro de 1996 a princípios de Junho de 1998 ocorreu a erosão de $1143 \times 10^3 \text{ m}^3$ de areia; em igual período (20 meses) a extracção de areia na praia e barra foi de $701 \times 10^3 \text{ m}^3$.

A evolução de Agosto de 1998 a Fevereiro de 1999

De Agosto a Dezembro de 1998 ocorreu uma tendência para a manutenção do volume de areia nas praias deste sector costeiro, apesar da perda durante a forte agitação marítima de Setembro de 1998 (temporais a 6-7 e 27-29 de Setembro, com ondulação de oeste que atingiu os 6 m de altura). A comparação dos perfis de praia efectuados, respectivamente a 2 de Junho e a 7 de Outubro de 1998, evidencia 10 m de recuo. Contudo, a norte do restaurante “Costa” a progressiva acreção costeira levou à recuperação do prisma arenoso, mas a forte agitação de finais de Dezembro de 1998 e Janeiro de 1999 voltou a removê-lo.

Os recentes temporais permitem demonstrar um fraco esclarecimento das populações em termos dos riscos associados a variações do nível do mar; no temporal de 6 Setembro de 1998 a ondulação varreu do molhe exterior sul 2 automóveis e várias pessoas, enquanto que na madrugada do dia 30 de Dezembro ocorreram estragos em “apoios de praia” (que imprevidentemente permanecem montados na praia-alta durante o inverno !) e ficaram submersos equipamentos desportivos e de lazer no areal de Buarcos-Figueira da Foz.

Áreas adjacentes

Imediatamente a norte do Cabo Mondego, a praia tem recuado e avançado mas evidenciando uma tendência para uma manutenção ou mesmo ganho de areia; por exemplo, a Praia da Murtinheira mostrou grande recuo da linha de costa durante Dezembro de 1997, avanço em Janeiro, recuo em Fevereiro e avanço de Março a Junho de 1998 (recuperando a posição inicial).

A praia arenosa imediatamente a sul do campo de esporões da Cova tem evidenciado um contínuo recuo: de finais de Setembro de 1996 a inícios de Fevereiro de 1998 (16 meses) a arriba talhada no cordão dunar recuou 5 m (taxa média de -3,8 m/ano); de Fevereiro a finais de Maio de 1998 recuou 0,8 m (taxa média de -2,4 m/ano). Nos oito meses seguintes a arriba praticamente não recuou.

3. Características mensais e anuais da agitação marítima

Devido aos largos períodos sem registo, por avaria dos ondógrafos, nos dados disponibilizados pelo Instituto Hidrográfico relativos a 1995 e 1996, complementou-se a análise da variação mensal e anual das características da ondulação com a compilação das previsões diárias das condições de agitação (Fig. 2, Tab. 2 e 3), obtidas pelo Instituto de Meteorologia por reconstituição com um modelo numérico (modelo de ondas geradas pelo vento). A comparação dos dados, apesar dos diferentes métodos de aquisição e significados, revela uma elevada concordância nos valores mensais e anuais. Esta será, aliás, uma via a explorar para colmatar o défice de informações sobre ondulação que se tem verificado nos anos mais recentes, em particular após a desactivação do ondógrafo do Cabo Mondego em Janeiro de 1996. Nesse sentido, também elaborámos uma folha de registo da ondulação que, em colaboração com a Capitania do Porto da Figueira da Foz, desde 1997 tem vindo a ser preenchida diariamente com a observação do mar no farol do Cabo Mondego.

Segundo as previsões do Instituto de Meteorologia, nos últimos 10 anos (Fig. 3) a altura média da ondulação tem oscilado, apresentando a partir de 1994 um decréscimo (1994 - 2,4; 1995 - 2,2 m; 1996 - 2,2 m; 1997 - 2,0; 1998 - 1,9 m; média do período 1989/98 - 2,1 m) acompanhado por um maior desvio padrão. O rumo médio anual no período 1989-95 (7 anos) apresentou uma média de $N309^{\circ} \pm 2$ mas, a partir de 1996 tem sofrido grande irregularidade e apresentando rumos anuais mais rodados para oeste: 1996 - $N301^{\circ}$; 1997 - $N286^{\circ}$; 1998 - $N297^{\circ}$. Esta variação resulta das características mensais dos vários rumos da ondulação terem estado alteradas nos últimos anos relativamente ao que era habitual; comprovou-se uma progressiva diminuição na frequência dos rumos de NW e um aumento dos de SW. Relativamente às médias mensais e anuais no período 1989-98, verifica-se que a altura da ondulação tem um desvio padrão muito maior do que o associado ao rumo.

Os anos de 1996 a 1998 regeram-se por contextos climatéricos fora do habitual, com o designado Anticiclone dos Açores afastado da sua posição típica e Portugal continental a ser

frequentemente condicionado por depressões e pela passagem das respectivas superfícies frontais.

Tabela 2 - Número de dias, por mês e por ano, com cada rumo dominante ao largo da costa da Figueira da Foz. Valores compilados a partir das previsões diárias do Instituto de Meteorologia.

Mês	Rumo	1995	1996	1997	1998
Janeiro	N	-	-	-	-
	NW	29	14	12	19
	W	2	16	13	6
	SW	-	1	6	6
Fevereiro	N	-	-	-	-
	NW	21	24	12	10
	W	7	5	13	8
	SW	-	-	6	10
Março	N	-	-	-	-
	NW	31	21	14	21
	W	-	7	16	7
	SW	-	3	1	3
Abril	N	1	-	-	-
	NW	18	24	16	15
	W	10	6	10	15
	SW	1	-	4	-
Maio	N	-	-	-	-
	NW	19	23	10	23
	W	12	4	9	5
	SW	-	4	12	3
Junho	N	-	-	-	-
	NW	29	30	16	21
	W	1	-	11	8
	SW	-	-	3	1
Julho	N	-	-	-	-
	NW	31	31	30	30
	W	-	-	1	1
	SW	-	-	-	-
Agosto	N	-	-	-	-
	NW	31	29	22	30
	W	-	2	9	1
	SW	-	-	-	-
Setembro	N	-	-	-	-
	NW	28	26	25	18
	W	1	4	5	11
	SW	-	-	-	-
Outubro	N	-	-	-	-
	NW	17	21	11	26
	W	13	8	9	4
	SW	-	2	11	1
Novembro	N	-	-	-	-
	NW	16	26	10	24
	W	13	4	12	4
	SW	-	-	8	2
Dezembro	N	-	-	-	-
	NW	14	10	9	14
	W	15	7	14	16
	SW	-	14	8	1
Anual	N	1	-	-	-
	NW	288	279	187	251
	W	71	63	122	86
	SW	6	24	59	27

Tabela 3 - Médias mensais e anuais do rumo (graus) e altura (m) da ondulação. IH - dados do Instituto Hidrográfico (* - média não significativa por falta de registos; 1995 - Cabo Mondego; 1996 - Leixões); IM - previsões diárias do Instituto de Meteorologia para a costa ocidental portuguesa, a norte do Cabo Carvoeiro (conversão dos rumos inicialmente expressos por quadrantes: NW – 315°; W – 270°; SW – 225°); CM – observação diária no Cabo Mondego.

Mês	Ondul.	1995IM	1995IH	1996IM	1996IH	1997IM	1997CM	1998IM	1998CM	1989/98IM
Janeiro	Rumo	312	307	289	*	279		286	275	302±12
	Altura	2,8	3,01	4,1	*	2,4	1,9	2,7	2,2	2,7±0,7
Fever.	Rumo	303	304	306		286		266	266	302±15
	Altura	3,3	3,39	2,6	*	2,4	2,1	1,8	1,3	2,6±0,6
Março	Rumo	315		296	281	287		298	273	305±10
	Altura	2,7	*	2,2	2,16	1,8	1,4	1,7	1,5	2,3±0,4
Abril	Rumo	299		305	303	289		293	278	304±9
	Altura	2,0	*	2,0	1,84	1,4	1,2	3,0	1,8	2,3±0,5
Maio	Rumo	298		298	299	267		300	282	299±12
	Altura	1,8	*	1,9	1,90	1,9	1,4	1,5	1,5	1,8±0,2
Junho	Rumo	314		315	311	289		301	264	310±8
	Altura	1,4	*	1,5	*	1,8	1,4	1,5	1,3	1,6±0,2
Julho	Rumo	315	315	315	318	314		314	281	315±0
	Altura	1,4	1,36	1,3	1,41	1,4	1,1	1,4	1,3	1,5±0,1
Agosto	Rumo	315	316	312	315	302		314	288	313±4
	Altura	1,5	1,33	1,5	1,43	1,5	1,6	1,4	1,5	1,5±0,1
Setem.	Rumo	314	314	309	303	308		296	287	309±6
	Altura	1,9	1,73	1,5	1,60	1,3	1,3	2,3	2,1	1,8±0,3
Outub.	Rumo	293	304	298	307	270		307	292	303±13
	Altura	2,2	1,94	2,1	2,34	1,9	1,8	1,7	1,7	2,1±0,3
Novem.	Rumo	290	296	309	307	274	262	304	288	300±11
	Altura	2,2	2,18	2,2	2,67	3,4	2,5	1,8	1,7	2,5±0,5
Dezem.	Rumo	292	286	264	279	272	273	290	288	295±16
	Altura	3,0	2,76	3,2	2,40	2,8	2,3	2,4	2,3	2,8±0,5
Anual	Rumo	305±10	306	301±14	303	286±15		297±13	280	305±4
	Altura	2,2±0,6	2,25	2,2±0,8	1,98	2,0±0,6	1,7	1,9±0,5	1,7	2,1±0,1

4. Análise e interpretação dos dados

A grande agitação marítima verificada desde meados de Dezembro de 1995 a final de Janeiro de 1996, caracterizada por importante ondulação de W, provocou significativa erosão nas praias do sector costeiro analisado. Em períodos de temporal, devido à elevada energia das ondas incidentes e às intensas correntes de retorno geradas, ocorre a remoção, para maior profundidade, de grande quantidade de areia da zona de rebentação e espraiamento. Ao efeito do aumento da agitação somou-se também o que resulta dos períodos com ondulação de W, em que não ocorre deslocação de areias para sul, sobre o estrão do Cabo Mondego, induzindo uma perda acentuada de areia da praia do troço litoral até Buarcos, pois a sua direcção NW-SE só permite deriva para sul.

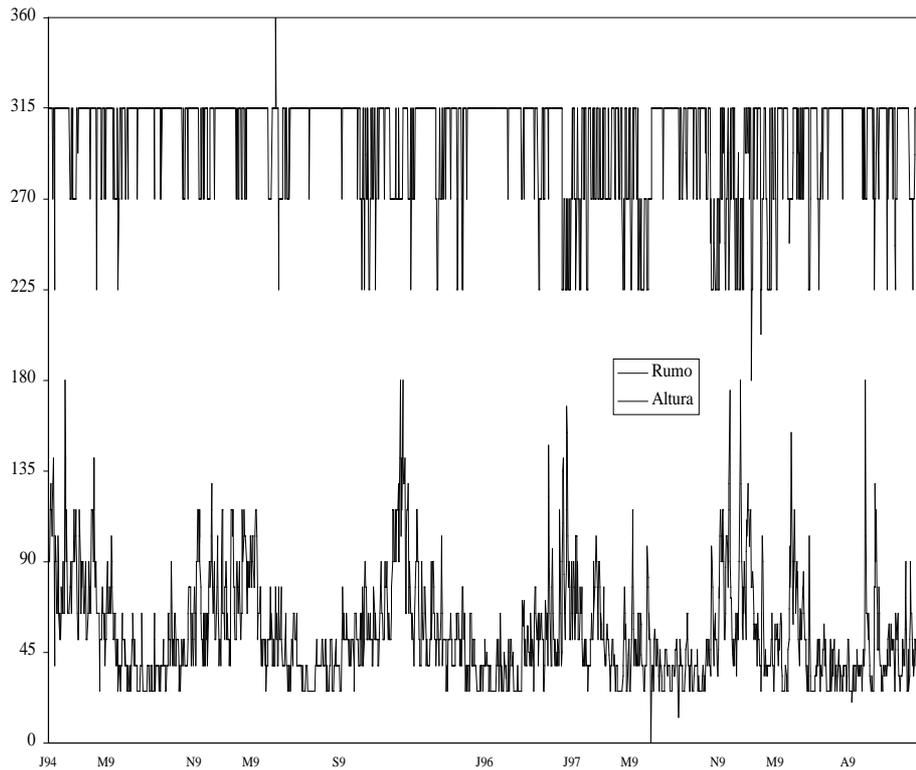


Figura 2 - Altura média e rumo médio diário da ondulação de 1 de Janeiro de 1994 a 31 de Dezembro de 1998. Valores compilados a partir das previsões diárias do Instituto de Meteorologia, apresentadas em jornais diários, relativas à costa ocidental portuguesa a norte do Cabo Carvoeiro.

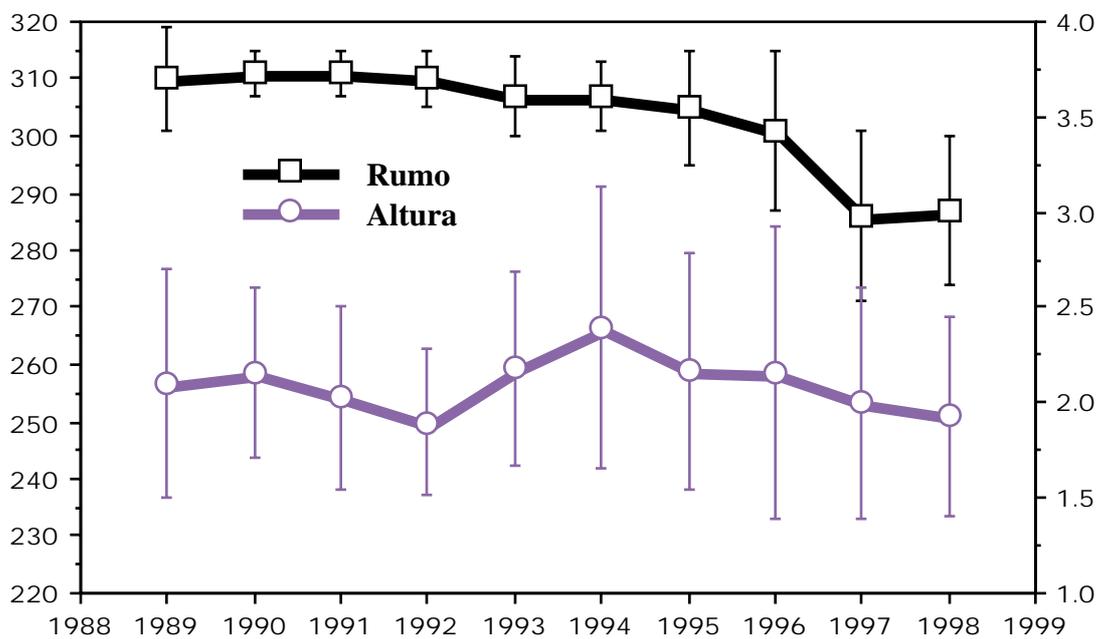


Figura 3 – Evolução nos últimos dez anos, das médias anuais do rumo e altura da ondulação obtidas por compilação a partir das previsões diárias do Instituto de Meteorologia, apresentadas em jornais diários, relativos à costa centro-ocidental portuguesa (a norte do Cabo Carvoeiro). É figurado também o desvio padrão associado a cada média.

Na sequência da perda de areia da praia durante temporais, dá-se geralmente a reposição sob condições de fraca agitação nos períodos de bom tempo subsequente. Contudo, no verão

de 1996 tal não se verificou devido a condições meteorológicas anómalas, em que o mau tempo se prolongou, com os restantes meses de 1996 a caracterizarem-se por ondulação de pequena altura (geralmente inferior a 2,3 m, a partir de Janeiro) e com um número significativo de dias com ondulação junto à costa de azimute inferior a $N283^\circ$ ($W13^\circ N$). Inicialmente — de meados de Outubro de 1995 a Março de 1996 — a perda de areia verificou-se a cotas inferiores à da baixa-mar, principalmente à custa da barra externa submersa, mas prosseguindo para o interior, de Abril a Junho de 1996, e originando um grande degrau erosivo na praia alta. Em Julho verificou-se uma significativa perda de areia na praia junto ao Teimoso. A partir de meados de Agosto os períodos com ondulação de W ganharam progressiva importância; na segunda quinzena de Dezembro de 1996 ocorreu mesmo uma ondulação exclusiva de SW e W, muito energética (atingiu 6-7 m de altura).

A execução mensal de cinco perfis de praia desde Dezembro de 1995 a Abril de 1996 e um em Setembro de 1996 (Almeida & Amaral, 1996; Almeida, 1997), permitiu concluir que se verificou um recuo do areal na praia de Buarcos (junto ao restaurante Costa e também a oeste do Forte) e do Hospital (Gala); no Cabedelo registou-se uma certa manutenção ou mesmo avanço, enquanto que nas praias imediatamente a norte do Cabo Mondego (troço de Quiaios) não se registou recuo da linha de costa e só ocorreu erosão durante a forte agitação do temporal de Janeiro de 1996. Em nosso entender, este comportamento pode explicar-se fundamentalmente por uma ondulação média mais próxima de W do que é habitual, realçando-se:

— A sul da embocadura do Mondego, a orientação SSW-NNE do troço Gala-Cabedelomolhe sul deve ter originado deriva litoral para norte sob ondulação de W, o que explicaria a retenção de areias de encontro ao molhe sul e acreção na praia do Cabedelo enquanto que a do Hospital (limitada a sul pelo campo de esporões da Gala) sofria de erosão por défice sedimentar.

— A norte da embocadura, a retenção das areias litorais em deriva para sul, de encontro ao Cabo Mondego, originou acreção em Murtinheira-Quiaios e grande erosão em Buarcos.

Em 1997 e 1998, apesar de não ter ocorrido enérgica ondulação de W como a verificada em Janeiro de 1996, diminuiu a frequência da ondulação de NW e aumentou a de SW, o que continuou o quadro de carência na alimentação arenosa das praias a sul do Cabo Mondego.

O reduzido abastecimento sedimentar, inferior à capacidade de transporte litoral, para além de causar a erosão das praias a sotamar, debilita as barras arenosas submersas; isto implica, entre outras consequências, que o efeito de dissipação da energia das ondas incidentes fique muito reduzido. No caso do sector Teimoso-Buarcos, depois de ter sido erodida a barra exterior submersa e o prisma arenoso da praia, a energia da rebentação (embora geralmente fraca) passou a incidir com maior energia directamente na areia da base do enrocamento, acelerando a sua destruição. Tão pronunciados estragos poderiam ter sido

minimizados com a atempada colocação de blocos, visando impedir a progressiva remoção dos 2 m de areia que sustentavam o enrocamento da marginal.

5. Discussão e conclusões gerais

De acordo com a monitorização efectuada, a recente erosão no troço Cabo Mondego-Figueira da Foz resultou, fundamentalmente, de uma alteração no quadro meteorológico habitual, tendo-se verificado uma grande irregularidade na ondulação, com invernos marítimos mais energéticos e verões marítimos atípicos. Apesar de no período analisado não se terem verificado significativas alterações no valor médio da altura da ondulação ao largo, diminuiu a frequência da ondulação de NW e aumentou a de SW, de que resultaram rumos médios da ondulação mais rodados para W em relação aos anos anteriores.

Nos períodos com ondulação apresentando um azimute junto à costa inferior a $N283^\circ$, a deriva litoral de areia não transpôs, para sul, o Cabo Mondego. Consequentemente, verificou-se erosão no troço para sul em que, por apresentar uma direcção NW-SE, a deriva litoral se faz sempre para sul. Por outro lado, quando a extracção de areia na praia junto do molhe norte recuava muito a linha de costa nesse local, a posição de equilíbrio do ponto de rotação do troço costeiro a barlamar era mais interior, acentuando os efeitos erosivos a barlamar.

A recente suspensão da extracção de areia na praia, junto do molhe norte, contribuiu para a paragem do recuo e até para uma lenta acreção do areal da Figueira da Foz-Buarcos. Com o retorno às condições meteorológicas habituais é previsível que nos próximos anos se atenuem ou inverta a tendência erosiva, mas é improvável uma significativa reposição do original prisma arenoso erodido, tendo em conta a generalização do défice sedimentar na costa ocidental.

Para a recuperação de praias com elevado interesse, nomeadamente turístico, que tenham sofrido erosão devido a condições meteorológicas peculiares, pensamos que se deve recorrer pontualmente à alimentação artificial; após o retorno da ondulação habitual, com a cessação do recuo costeiro, a recuperação do troço Teimoso-Buarcos poderia ser ajudada com a deposição na praia de areias grosseiras dragadas do anteporto (por imperativos de navegação).

Todavia, devido a défice sedimentar, os problemas erosivos na faixa litoral ocidental portuguesa têm-se propagado para sul: logo após as grandes obras de protecção costeira no sector Espinho-Ovar verificaram-se aumentos de erosão no sector Furadouro-Mira (Ferreira & Dias, 1991); mais recentemente, iniciou-se uma ligeira tendência erosiva no sector Mira-Quiaios (Bettencourt & Ângelo, 1992) e que actualmente já atinge a Praia de Costinha. Note-se que o contínuo recuo erosivo do troço costeiro tenderá a estender-se ao Cabo Mondego e, seguidamente, para sul deste, pelo que futuramente ocorrerão persistentes fenómenos erosivos e uma linha de costa recuada mesmo no areal de Buarcos-Figueira da Foz.

A situação analisada permite compreender e prever a evolução em futuras situações de défice sedimentar, neste ou em outros troços da costa portuguesa, quer por uma prolongada variação nas características médias da ondulação, quer pela actual tendência de redução no abastecimento aluvionar ao litoral e pela extracção de sedimentos. Se não se minimizar o défice, será de prever o aumento da probabilidade de ocorrência de situações erosivas na proximidade dos promontórios da costa, em particular sob prolongados períodos com uma alteração da ondulação habitual. Passar-se-á de uma muito regular costa baixa e arenosa para uma situação caracterizada por uma costa em arriba e recortada por promontórios naturais e artificiais (espórões e molhes), com estreitas e limitadas praias arenosas.

É urgente minimizar a ocupação da faixa costeira, principalmente evitando as densas frentes urbanas que se continuam a edificar junto ao litoral. Entre o restaurante Costa e o cemitério de Buarcos, iniciou-se em 1998 o loteamento de um empreendimento turístico, numa extensão de cerca de um quilómetro ao longo da marginal, estando prevista a construção de 735 fogos e um hotel, entre outras infra-estruturas. Com a implantação de moradias a estender-se até poucas dezenas de metros da actual linha de costa erosiva, é mais um exemplo do exagero na ocupação antrópica do litoral que se traduz na edificação de densas frentes urbanas e na difícil aplicação de um correcto ordenamento da Orla Costeira, principalmente num troço costeiro já identificado como zona de risco.

Qualquer construção feita na praia ou na sua imediata vizinhança está sujeita a riscos naturais relacionados com variações do nível do mar. Exemplifica esta afirmação o sector de Buarcos, no qual a marginal oceânica foi construída no final da década de 80 sobre o próprio prisma arenoso da praia, pois dado o ganho de areia verificado a partir de 1965, os responsáveis pela intervenção não previram que esta viesse a ser erodida. Note-se que a destruição do enrocamento marginal também prova um erro de projecto desta obra, dado que o enrocamento e escadarias de acesso à praia não foram fundados sobre o substrato rochoso.

Também a opção por obras costeiras que incluam paredões muito reflectivos provoca o progressivo desaparecimento da areia da praia adjacente. A experiência demonstra ainda que a ocupação do litoral com edificações fixas acaba por induzir a debilitação progressiva deste, com o desaparecimento das áreas sedimentares (praias arenosas, dunas eólicas, estuários, etc.).

As reparações das estruturas danificadas pelo mar, geralmente efectuadas com carácter de urgência e executadas tardiamente, ao invés de atempadamente planeadas, revelaram-se muito dispendiosas e de grande precaridade. Os responsáveis por este tipo de intervenções deveriam solicitar a necessária fundamentação científica sobre as causas dos problemas costeiros, bem como considerar a complexidade e variabilidade da dinâmica natural.

A monitorização das praias por prolongados períodos reveste-se de grande importância na explicação da sua evolução e na previsão de possíveis tendências. O método de análise privilegiado consiste, essencialmente, na execução periódica de perfis topográficos

transversais, conjugada com a análise da ondulação. Neste sentido, para além do acesso a este tipo de dados pela comunidade científica, teria também muito interesse a reactivação do ondógrafo do Cabo Mondego, tanto mais que os poucos existentes podem apresentar longos períodos sem registo, dadas as frequentes avarias.

Como destaque final, considera-se urgente minimizar a ocupação da faixa costeira, principalmente evitando as densas frentes urbanas que se continuam a edificar junto à actual linha de costa erosiva, sendo necessário que os vários tipos de ocupação e uso antrópico obedeçam a um esclarecido zonamento de riscos. Para além disso, tem que se passar a fazer um fundamentado planeamento e uma gestão coordenada e integrada do litoral com as adjacentes bacias hidrográficas.

Bibliografia

- [1] Abecasis, F.; Matias, M. F.; Carvalho, J. J. & Vera-Cruz, D. (1962), Methods of determining sand and silt movement along the coast, in estuaries and in maritime rivers. *Lab. Nac. Eng. Civil. Technical paper* nº 186, Lisboa, 25 p.
- [2] Almeida, A. C. (1997), *Dunas de Quiaios, Gândara e Serra da Boa Viagem. Uma abordagem ecológica da paisagem*. Lisboa, Fund. Calouste Gulbenkian, 320 p.
- [3] Almeida, A. Campar (1997), Os efeitos do Inverno de 1995/96 sobre as praias da Figueira da Foz. *IV Encontro sobre riscos naturais urbanos (Resumos)*, I.E.G. - Fac. Letras da Univ. de Coimbra, Coimbra, 24 de Janeiro de 1997, 1 p.
- [4] Almeida, A. Campar & Amaral, V. (1996), A acção do Inverno de 1995/96 sobre as praias da Figueira da Foz. *Cadernos de Geografia*, nº 15, Coimbra, p. 55-60.
- [5] Almeida, A. Campar de; André, J. Nunes & Cunha, P. Proença (1998), Excursão à zona costeira entre o Cabo Mondego e S. Pedro de Moel. *Seminário Dunas da Zona Costeira de Portugal*, Associação Eurocoast-Portugal (Ed.), 6 de Junho, Leiria, 24 p.
- [6] Andrade, C.; Teixeira, S.; Reis, R. & Freitas, C. (1996), The record of storminess of the Portuguese NW coast in newspaper sources. In: *Partnership in Coastal Zone Management*. J. Taussik & J. Mitchell (eds.). Samara Publishing Limited, Cardigan, p. 159-166.
- [7] André, J. Nunes; Rebelo, Fernando & Cunha, P. Proença (1997), Evolução da morfologia dunar entre o Rio Mondego e S. Pedro de Moel. *Volume especial "Colectânea de ideias sobre a zona costeira de Portugal"*, Associação Eurocoast-Portugal (Ed.), p. 489-502.
- [8] Bettencourt, P. & Ângelo, C. (1992), Faixa costeira Centro Oeste (Espinho - Nazaré): enquadramento geomorfológico e evolução recente. *Geonovas*, nº especial 1 (A Geologia e o Ambiente), Lisboa, p. 7-30.

- [9] Carvalho, J. (1971), Características das ondas na rebentação (caso de batimetria paralela). Sua aplicação ao transporte sólido litoral. 3ª Jornadas Luso-Brasileiras de Engenharia Civil, LNEC, p. III-2-1 a III-2-15.
- [10] Carvalho, J. Reis de & Barceló, J. (1966), Agitação marítima na costa Oeste de Portugal Metropolitano - Contribuição para o seu estudo. *Lab. Nac. Eng. Civil.*, Memória nº 290, Lisboa, 34 p.
- [11] Carvalho, M. (1992), *Valores extremos de agitação marítima (Figueira da Foz). Tratamento local dos dados existentes*. Rel. 13/92-A, PO-WAVES, IH-LNEC, 108 p.
- [12] Castanho, J. Pires; Gomes, N. A.; Oliveira, I. B. Mota & Simões, J. Pinto (1981), Coastal erosion caused by harbour works on the Portuguese coast and corrective measures. 24 th Naveg. Cong., Edinburg, p. 877-898.
- [13] Castanho, J., Gomes, N., Carvalho, J., Vera-Cruz, D., Araújo, O. Teixeira, A. & Weinholtz, M. (1974), Means of controlling littoral drift to protect beaches, dunes, estuaries and harbour entrances. Establishment of artificial beaches. *Mem. LNEC*, 448, Lisboa, 26 p.
- [14] Castanho, J. Pires & Simões, J. Pinto (1978), *Estudo da erosão litoral a Sul da embocadura do Rio Mondego*, Relat. policopiado, Lisboa, LNEC, 69 p.
- [15] Cunha, P. Proença (1997), Evolução recente e riscos geológicos costeiros da área estuarina do Rio Mondego e região envolvente. *IV Encontro sobre riscos naturais urbanos (Resumos)*, Inst. de Estudos Geográficos - Fac. Letras da Univ. de Coimbra, 24 de Janeiro de 1997, p. 1-4.
- [16] Cunha, P. Proença (1998a), Impactes antrópicos na área dunar da Figueira da Foz - Leirosa. *Seminário Dunas da Zona Costeira de Portugal (Actas)*, Associação Eurocoast-Portugal (Ed.), 4-6 de Junho de 1998 - Leiria, p. 105-118.
- [17] Cunha, P. Proença (1998b), A evolução actual do litoral de Portugal Central — o exemplo do Estuário do Mondego e litoral adjacente na análise das transformações globais e do desenvolvimento sustentável das zonas costeiras. *III Jornadas de Outono da Geografia Física - "Gestão e conservação do litoral" (Comunicações)*, Fac. de Letras da Univ. do Porto, 13 p.
- [18] Cunha, P. Proença & DINIS, J. (1998a), A erosão nas praias do Cabo Mondego à Figueira da Foz (Portugal centro-oeste), de 1995 a 1998. *Territorium*, Revista de Geografia Física aplicada no ordenamento do território e gestão de riscos naturais, Editora Minerva, Coimbra, 5, p. 31-50.
- [19] Cunha, P. Proença & Dinis, J. (1998b), A actual erosão costeira no troço Cabo Mondego-Figueira da Foz: descrição e causas. *V Congresso Nacional de Geologia (Actas)*, *Comun. Inst. Geol. e Mineiro*, Lisboa, tomo 84, fasc. 1, p. 79-82.
- [20] Cunha, P. Proença; Dinis, J. L. & André, J. Nunes (1998), Interação entre as operações de dragagem no Porto da Figueira da Foz e a dinâmica sedimentar no Estuário do

- Mondego e costa adjacente (Portugal central), *Seminário sobre Dragagens, dragados e ambientes costeiros (Actas)*, Associação Eurocoast-Portugal (Ed.), Lisboa, p. 27-45.
- [21] Cunha, P. Proença; Dinis, J. L. & Reis, R. Pena dos (1997b), *Relatório final do projecto de investigação PEAM/C/GEN/247/93 (Prog. Esp. Ambiente - JNICT/DGA): "Avaliação das modificações antrópicas actuais nos sub-ambientes sedimentares do Estuário do Mondego"*. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Univ. de Coimbra, (policopiado), 152 p. e anexos (151 p. e uma carta de sedimentos do estuário).
- [22] Cunha, P. Proença; Dinis, J. L.; Silva, A. Freire da & André, J. N. (1995), Evolução estuarina condicionada por intervenções portuárias: modificações recentes no sector intermédio e distal do Estuário do Mondego. *Memórias e Notícias*, Publ. Mus. Lab. Min. Geol. Univ. Coimbra, nº 120, p. 95-117.
- [23] Cunha, P. Proença; Pinto, J. & Dinis, J. L. (1997a), Evolução da fisiografia e ocupação antrópica na área estuarina do Rio Mondego e região envolvente (Portugal centro-oeste), desde 1947. *Territorium*, Revista de Geografia Física aplicada no ordenamento do território e gestão de riscos naturais, Coimbra, 4, p. 99-124.
- [24] Cunha, P. Proença; Silva, A. Freire; André, J. Nunes & Cabral, M. Cristina (1997c), Considerações sobre a evolução actual do litoral entre a Figueira da Foz e Nazaré. *Vol. esp. "Colectânea de ideias sobre a zona costeira de Portugal"*, Assoc. Eurocoast-Portugal (Ed.), p. 503-524.
- [25] Dinis, J. L. & Cunha, P. Proença (1998), Impactes antrópicos no sistema sedimentar do Estuário do Mondego. *Sociedade e Território*, Editora Afrontamento, Porto, 27, p. 47-59.
- [26] Duarte, D. N. & Reis, R. Pena dos (1992), Estudo preliminar da evolução da linha de costa adjacente à embocadura do estuário do Mondego entre 1801 e 1989. Estimação de taxas de acreção e erosão costeiras. *Actas III Congreso Geologico de España y VIII Congreso Latino-Americano de Geologia*. Salamanca, tomo 2, p. 146-150.
- [27] Ferreira, O. (1993), Caracterização dos principais factores condicionantes do balanço sedimentar e da evolução da linha de costa entre Aveiro e o Cabo Mondego. Dissertação de Mestrado na Univ. de Lisboa, (policopiado), 168 p.
- [28] Ferreira, O. & Dias, J. Alveirinho (1991), Evolução recente de alguns troços do litoral entre Espinho e o Cabo Mondego (Portugal). *Actas 2º Simp. sobre protecção e revalorização da faixa costeira do Minho ao Liz*. Porto, p. 85-95.
- [29] Ferreira, O. & Dias, J. Alveirinho (1997), Avaliação da acção de temporais na costa oeste portuguesa. *Volume especial "Colectânea de ideias sobre a zona costeira de Portugal"*, Assoc. Eurocoast-Portugal (Ed.), p. 429-447.
- [30] L.N.E.C. (1961) - *Ensaios laboratoriais do Porto da Figueira da Foz - Estudo dos movimentos aluvionares na costa com o emprego de areias radioactivas*. 3º Relatório do Lab. Nac. Eng. Civil, policopiado, Lisboa.

- [31] L.N.E.C. (1970) - *Estudo em modelo reduzido do Porto da Figueira da Foz*. 5º Relatório do Lab. Nac. Eng. Civil, policopiado, Lisboa.
- [32] Oliveira, I. Mota; Vale, A. & Miranda, F. (1982), Littoral problems in the Portuguese west coast. *Coastal Engineering Proceedings*, vol. III, p. 1950-1969.
- [33] Rebelo, F. (1978) - Os temporais de 25/26 de Fevereiro de 1978 no Centro de Portugal. *Finisterra*, 13 (26), p. 244-253.
- [34] Santos, F. Seabra; Almeida, J. & Carmo, J. Antunes (1991) - *Estudo da agitação marítima*. 153 p. In Relatório final do projecto de investigação "Lançamento de bases para o estudo integrado do estuário do Mondego". Fac. Ciências e Tecn. da Univ. de Coimbra, (policop.).
- [35] Vicente, C. (1990), Evolução costeira devida a obras portuárias: casos da praia da Figueira da Foz e da embocadura da Ria de Aveiro. *1º Simpósio sobre a protecção e revalorização da faixa costeira do Minho ao Liz (Comunicações)*, Porto, p. 164-177.
- [36] Vicente, C. & Pereira, M. (1986), *Análise da evolução da praia da Figueira da Foz*. Lab. Nac. Eng. Civil. Rel. 106/86-NET, Lisboa, 51 p.