

## Parecer

### **Intempérie de 20 de Fevereiro/2010. Intervenção no Porto do Funchal a Leste do Cais da Cidade. Intervenções nos troços terminais das Ribeiras de Santa Luzia e João Gomes – Projecto de Intervenção nas Ribeiras de Santa Luzia e de João Gomes**

Este parecer respeita ao conteúdo do tomo 1 – Memória Descritiva e Justificativa da Intervenção nas Ribeiras de Santa Luzia e de João Gomes (adiante designado PISZJG), parte do primeiro de três volumes que constituem o “Projecto das Intervenções nos troços terminais das Ribeiras de São João, de Santa Luzia e de João Gomes”,.

O PISZJG surge por iniciativa do Governo Regional da Região Autónoma da Madeira na sequência dos fenómenos extremos ocorridos em 20 de Fevereiro de 2010.

A Memória Descritiva e Justificativa da Intervenção nas Ribeiras de Santa Luzia e de João Gomes está organizada em (excluindo as obras de requalificação urbana e de ordenamento de tráfego):

1. Estudo hidrológico das bacias hidrográficas das referidas ribeiras;
2. Projecto de regularização/correção dos troços finais das referidas ribeiras e desembocadura conjunta;
3. Caracterização do depósito de inertes;
4. Projecto de doca para embarcações marítimo-turísticas;
5. Projecto de obras de protecção marítima da frente marginal do Funchal.

#### ***1. Estudo hidrológico das bacias hidrográficas das referidas ribeiras***

No volume de síntese, este ponto do Projecto tem como objectivo a determinação dos hidrogramas de cheia com 100 anos de período de retorno na foz das ribeiras. Para atingir este objectivo são utilizados os parâmetros clássicos como sejam:

- (i) os parâmetros morfométricos das bacias hidrográficas;
- (ii) o cálculo da curva hipsométrica das ribeiras;

- (iii) os cálculos os tempos de concentração, com recurso a vários métodos (que estão designados no texto) para posterior cálculo dos caudais de cheia;
- (iv) é referida e justificada, ainda que brevemente, a opção feita quanto ao tipo de “solo” no que respeita à infiltração, para o cálculo de (iii).

Como uma das fórmulas utilizadas para o cálculo de (iii) – Fórmula de SCS – inclui, para o cálculo do número de escoamento CN, o tipo de ocupação do solo, foi assumido pelos autores do PISZIG que o troço montante das ribeiras é ocupada por floresta densa e o troço vestibular por áreas residenciais.

Não pode deixar de se chamar a atenção que este último pressuposto, verificado no campo pela equipa PISZIG e pela equipa que realizou o Estudo de Avaliação de Risco de Aluviões na Ilha da Madeira (EARAIM), datado de Outubro de 2010, se alterou. Com efeito, ocorreram vários incêndios durante o mês de Agosto de 2010 que destruíram grande parte da floresta exótica (pinheiros bravos, acácias e eucaliptos) entre 500 e 1300 metros de altitude, bem como a maior parte do urzal de altitude.

Esta ocorrência tem duas consequências:

- Diminui o tempo de concentração das bacias hidrográficas ou, por outras palavras, a água chega mais rapidamente à foz das ribeiras;
- Não há protecção do solo pela vegetação. É conhecido o efeito protector da vegetação ao longo das vertentes, protegendo o solo do impacto directo da chuva (o denominado *splash*) e retendo os sedimentos soltos com as suas raízes, o que dificulta ou impede mesmo a chegada de grande quantidade de sedimentos aos canais de escoamento.

*A reavaliação desta situação é imprescindível.*

Além disso, as elevadas temperaturas registadas durante os incêndios devem também ser tidas em atenção porque promoveram a fracturação das rochas (basaltos), por um fenómeno conhecido como termoclastia, contribuindo para o fornecimento de sedimentos soltos, que podem ter dimensões muito variadas, capazes de ser mobilizados pelas águas de escorrência, em especial em episódios extremos de precipitação intensa.

Nas áreas de maior altitude das bacias hidrográficas, um outro fenómeno, devido à ocorrência de temperaturas negativas (a crioclastia), poderá também contribuir para a fracturação das rochas e a disponibilização de material lítico a ser mobilizado pela erosão hídrica.

*Esta re-avaliação é especialmente importante para o cálculo do caudal sólido das ribeiras, que integra o número de escoamento CN, valor que foi utilizado nos hidrogramas de cheia centenária.*

O cálculo das cheias centenárias e de pontas de cheia é bem detalhado e fundamentado, ainda que de forma sintética, relacionando a caracterização feita anteriormente com o estudo das precipitações. O estudo desenvolvido pelo PISZJG é compatibilizado com outros entretanto realizados, nomeadamente “Estudo de Avaliação do Risco de Aluviões na Ilha da Madeira” (EARAIM), em que se propõem já valores mais baixos para os tempos de concentração (como deve acontecer em bacias hidrográficas com coberto vegetal reduzido). Estes números, mais prudentes, foram os adoptados.

## ***2. Projecto de regularização/correção dos troços finais das referidas ribeiras e desembocadura conjunta***

O diagnóstico da situação actual dos troços terminais das ribeiras em causa é feito separadamente, salientando as diferenças existentes entre elas.

Na Ribeira de João Gomes, fica demonstrado porque razão o troço terminal canalizado da ribeira está desadequado para fazer face a cheias extremas como as que ocorreram em Fevereiro de 2010, ou para um caudal centenário de  $310\text{m}^3/\text{s}$ . Justifica-se esta desadequação porque o declive do perfil longitudinal da ribeira é muito baixo (declive médio de 3,85%, decrescendo para a foz), o que promove a deposição de sedimentos, e pela altura dos muros, que não excedem 5,5m, quando a altura de escoamento calculada é de 4,6m acrescentada de 2,01m em consequência do caudal sólido, sendo a altura total de escoamento efectivo de 6,47m. Como muito bem se refere no PISZJG, há ainda pouca investigação neste domínio, pelo que estes dados são indicativos. Com a precaução que estes assuntos merecem, foi ainda estimado um valor de folga para escoamento em regime rápido de 1,09m.

Nestas condições e de forma prudente, o Projecto apresenta a proposta de uma altura dos muros da Ribeira de João Gomes de 7,56m.

Porém, estes dados devem também ser indicativos, porque não houve um estudo sério da granulometria dos sedimentos, isto é, das aluviões transportadas pelas ribeiras no episódio de cheia em apreço, partindo-se do pressuposto que o diâmetro mediano dos sedimentos transportados seria de  $D$  50cm apenas por “observações visuais” (p.18).

Avaliações visuais de imagens tiradas na altura da ocorrência (foto 1) mostram que a realidade pode ser diferente. Não só os valores de  $D$  podem ser superiores, como também se utiliza geralmente a média e não a mediana, por esta última representar com frequência um valor mais baixo e, em termos de caracterização da amostra, não se encontrar influenciada pela dispersão dos valores em torno da distribuição central nem pela possível concentração de valores nas caudas da curva de distribuição normal.

*O valor  $D$  assume uma especial relevância porque um valor mais elevado faz aumentar a altura de escoamento. Por este motivo, deveriam ser estudados cenários mais realistas, utilizando as informações disponíveis e, sobretudo, tendo em atenção o que foi dito atrás sobre a disponibilidade de sedimentos nas vertentes, após a ocorrência de incêndios.*



Foto 1 – O calibre dos sedimentos grosseiros transportados pelas ribeiras.

(<http://urbanidades-madeira.blogspot.com/2010/11/estudo-aponta-para-eventual-necessidade.html>)

Aliás, no Relatório Síntese do “Estudo de Avaliação do Risco de Aluviões na Ilha da Madeira” (versão 0.99d, de Outubro de 2010), é feita uma caracterização granulométrica bem como do tipo de escoamento que mereciam ser tidos em consideração (p.131 e seguintes) como ponto de partida para uma avaliação mais pormenorizada da dimensão dos materiais depositados nos leitos das ribeiras após o fenómeno extremo de 20 de Fevereiro de 2010.

A solução de regularização/correção dos troços finais das referidas ribeiras proposta é inovadora e visa aumentar a capacidade de vazão do troço terminal das duas ribeiras. Uma vez que não é possível o alargamento dos leitos, por razões de natureza urbanística, propõe-se o aprofundamento dos leitos e uma desembocadura única para as duas ribeiras.

O aprofundamento dos leitos visa manter o declive médio (cerca de 4% para ambas as ribeiras) ou, por outras palavras, aumentar o declive existente junto à foz, mantendo a capacidade de transporte da ribeira e assim impedindo o assoreamento da foz.

A Ribeira de Santa Luzia tem uma curvatura junto à foz, cujo raio de curvatura se pretende aumentar para diminuir o efeito de sobrelevação centrífuga em situação de cheia e cujo novo traçado a faz confluir com a Ribeira de João Gomes, a montante da actual foz. Segundo o PISZJG, este canal único, aprofundado em relação ao actual, prolongar-se-ia, para o mar até 75m desde a Avenida do Mar e até à profundidade de 5m.

*Chama-se a atenção que os estudos sobre este tipo de soluções são escassos e os modelos e conclusões atingidas deverão ser localmente calibrados e validados, porque as condições naturais e mesmo as resultantes da artificialização são variadas, para além dos custos que acarretam, sejam eles monetários e/ou de desorganização urbanística, ainda que temporária.*

A verificação do funcionamento hidráulico da solução proposta segue a mesma metodologia para as duas ribeiras. Concluiu-se que o cálculo da altura do escoamento é de 6,63m, que se baseia no pressuposto de um caudal sólido que, como se referiu anteriormente, em situação real poderá ser muito mais grosseiro.

O estudo concluiu que “Estando o fundo (...) à cota de -4,00m, esta altura de água (6,63m) corresponde à cota +2,63m que é superior à preia-mar média”, acrescentando ainda que não haverá risco de assoreamento do troço terminal durante a cheia centenária (p.26).

Esta primeira conclusão merece um comentário. Todos os pressupostos se baseiam num fluxo com um único sentido, o do escoamento. Porém, o escoamento faz-se em função de um nível de base, que se aprofundará para cerca de -5m, no oceano.

Ora, o oceano é uma enorme massa líquida que não é estática, pelo contrário é animada de diversos movimentos, vários dos quais podem apresentar sentidos opostos. Concretamente, o oceano tem dois fluxos de sentido contrário (fluxo e refluxo na sequência das ondas) e outros igualmente com sentidos contrários, na sequência das marés.

*Verifica-se que todo o estudo menospreza o papel do oceano e dos seus movimentos, quer eles sejam uma consequência da interação oceano-atmosfera, quer eles decorram da atracção interplanetária. O oceano é profundamente dinâmico, com variações intra e interanuais dos seus movimentos e não pode ser considerado um elemento estático que não interfere no interior da ribeira e sobretudo se ela é aprofundada.*

Acrescentam os autores que “Tendo em conta que o escoamento sólido também contribui com quantidade de movimento, uma **análise expedita** (o negrito é do autor do parecer) mostra que só ocorrerá regime lento para caudais da ordem de grandeza de metade da ponta centenária, e isso se houver coincidência com a preia-mar.”

*A complexidade da interação entre o oceano e o escoamento das desembocaduras dos cursos de água não pode ser feita de uma forma expedita, mas antes ser fundamentada em dados reais, na modelação e respectiva calibração local e conseqüente validação dos modelos utilizados.*

Prosseguem afirmando que, “durante as cheias com período de retorno baixo, poder-se-á verificar algum assoreamento da zona terminal da regularização, o qual poderá permanecer no local depois dessas cheias.” Os autores reconhecem que, com cheias com período de retorno baixo, acrescente-se que são as mais frequentes, terá lugar algum assoreamento, mas a dinâmica desses sedimentos por acção marinha não é tida em atenção quer durante o episódio de cheia quer posteriormente ao mesmo.

A pergunta que se coloca é: terá o mar capacidade para mobilizar estes sedimentos e “empurra-los” para terra? Quais os estudos de hidrodinâmica marinha que foram realizados para responder a esta pergunta? A proposta do PISZJG não os contempla.

No entanto, esta é uma questão que deve ser esclarecida, sob pena de se realizarem obras de grande envergadura, ainda que inovadoras, mas que poderão ser desadequadas para resolver o problema em causa. Aliás, como admitem os autores do PISZJG, nas condições habituais de escoamento, os sedimentos acumulados poderão constituir um tampão na foz, tampão esse que terá certamente movimento por acção da dinâmica marinha, mas que poderá bloquear o escoamento, dificultando a vazão da água para o mar.

“Se, entretanto, ocorrer uma cheia com um período de retorno maior, esse assoreamento tenderá a ser eliminado para o mar, mas só se, entretanto, o mesmo não tiver tido tempo de atingir um estado de consolidação que o impeça”. De novo o papel da hidrodinâmica marinha é menosprezado, por duas ordens de razão: primeiro não se considera que o mar tenha capacidade para mobilizar os sedimentos e fazê-los penetrar pelo interior da ribeira e segundo que não tenha capacidade de mobilizar sedimentos, que não se consolidam assim tão rapidamente.

Uma confluência de fluxos, como a que se prevê com a intervenção nos troços terminais das ribeiras de Santa Luzia e João Gomes, implicará certamente um aumento da carga sólida depositada imediatamente a jusante, como consequência de um acréscimo hidrodinâmico fluvial e da potência de transporte de sedimentos que passará a ser superior a partir desta confluência. Acresce que os agentes responsáveis pela hidrodinâmica marinha (ondas, marés e correntes), que actualmente actuam no essencial junto da linha de costa, passaram, com o aprofundamento do canal comum, a actuar mais para montante, promovendo o assoreamento do mesmo devido à perda de capacidade de transporte e ao confinamento a que não se encontram actualmente sujeitos.

*A ausência de um estudo rigoroso do clima de agitação marítima, que incorpore os parâmetros das ondas, sobre os quais existem dados, que aplique um ou vários modelos de propagação de ondas tendo em conta as características dos fundos oceânicos próximos, isto é, o seu declive, a natureza do fundo, a sua rugosidade, de forma a gerar com rigor modelos de refacção, na situação actual e com a solução proposta, mostra um tratamento absolutamente insuficiente dos vários factores condicionantes da interacção entre a dinâmica fluvial e a dinâmica marinha.*

Acrescente-se ainda que não há um único documento com informação de natureza batimétrica de conjunto da área de intervenção, na situação actual e na projectada. Estas informações são relevantes para a circulação dos diversos tipos de barcos, como mostra o artigo publicado no Diário de Notícias da Madeira em Fevereiro de 2011, que faz referência a um levantamento batimétrico levado a cabo pelo Instituto Hidrográfico, o qual mostrou a deslocação para sul da batimétrica dos 10m, pondo de sobreaviso as autoridades portuárias, por existirem já zonas críticas, embora não estando ainda em risco a operacionalidade do porto do Funchal.

O estudo da dinâmica marinha é fundamental também porque, no local, as ondas provêm entre SE e SW, encontrando-se a desembocadura completamente exposta a S e a SE, e apenas protegida a SW. Os dados disponibilizados pelo Atlas de Ondas da Madeira (promovido pela AREAM e desenvolvido pelo INETI, <http://www2.aream.pt/ondatlas/>), apesar de mostrarem alturas significativas das ondas em média baixas, revelam que estas podem atingir valores superiores a 5m, em Dezembro, Janeiro e Março, com uma direcção de propagação de SSW e SSE, direcções para as quais a desembocadura não tem protecção. A altura máxima registada, para um período de retorno de 10 anos é ligeiramente superior a 11m.

Um outro dado deveria também ser incorporado nesta avaliação do papel do oceano: a sobrelevação do nível do mar de natureza meteorológica (*storm surge*). Este fenómeno decorre da interacção oceano-atmosfera e ocorre quando há temporal no mar. Este provoca uma elevação da superfície do oceano, a qual deve ser considerada, quando se entra em linha de conta com o nível do mar.

Não se trata apenas de considerar o nível do mar consoante o estágio da maré, mas a esse valor deve acrescentar-se o da referida sobrelevação.

Saliente-se, ainda, que aos valores de maré e de sobrelevação deve ser acrescentado o valor de *runup* calculado especificamente para fundos naturais e artificializados. Trata-se de uma componente da hidrodinâmica marinha junto da linha de costa igualmente importante e com implicação directa na estimativa da altura da coluna de água associada a um determinado cenário e, conseqüentemente, na estimativa do risco de galgamento.



Como as ondas se propagam em função da altura da coluna de água do mar e rebentam quando essa propagação é impedida, se além do nível da maré considerarmos a sobrelevação do nível do mar de origem meteorológica e o runup, facilmente se percebe que a rebentação das ondas nestas condições se faz mais próximo da linha de costa.

A energia destas ondas, que deveria ser também avaliada, ficou bem patente durante o evento extremo de Fevereiro de 2010 (foto 2), fenómenos naturais que começam a ser recorrente (foto 3).



Foto 2 - Praia Formosa, Fevereiro de 2010.



Foto 3 - Marina da Calheta, Dezembro de 2009.

Não pode também deixar de referir-se a subida do nível médio do mar, cuja tendência deve ser incorporada nos modelos a utilizar.

Estas considerações, ainda que simples, são conhecidas dos especialistas e deverão ser tidas em consideração pelas consequências que poderão ter na foz das ribeiras, assim como quando se trata da protecção e do aproveitamento do depósito de inertes.

### **3. O depósito de inertes e o seu aproveitamento**

Este depósito, constituído na sequência da desobstrução dos troços terminais das ribeiras após a catástrofe de 22 de Fevereiro, resultou de uma intervenção de emergência.

É, por isso, um depósito *ad hoc*, com cerca de 25 000m<sup>2</sup> e um volume de materiais da ordem de 150 000 a 200 000m<sup>3</sup>, ao longo de cerca de 350m e uma largura que varia (variava, uma vez que já foi erodido pelo mar) entre 60 e 70m. Também de acordo com o PISZJG, é um depósito inteiramente lítico, de granulometria muito grosseira, mas muito heterométrica, cuja superfície foi regularizada por máquinas de arrasto, e que os autores do PISZJG admitem já apresentar uma relativa compactação (foto 4).

Este vasto depósito de inertes necessita ser estudado:

- pelo impacte causado na qualidade do ar urbano, como consequência da mobilização dos seus elementos finos pelo vento do quadrante sul ;



Foto 4 – Depósito de inertes.

- pela necessidade de avaliar a sua granulometria, quer para as condições actuais em que está à mercê do clima de agitação marítima, quer aquando do seu aproveitamento;
- pela necessidade de avaliar o seu grau de compactação, pelas razões anteriormente descritas.

*O estudo rigoroso do depósito de inertes, pelas razões referidas, deve ser executado antes do início das obras e não “proceder a uma prévia caracterização”, “na fase de execução das obras” (p.33) essencialmente porque do seu estudo e parametrização dependem uma série de premissas que condicionam os modelos e as interpretações que fundamentam o tipo e dimensionamento das obras a executar.*

Como muito bem é referido no PISZJG, há transporte dos materiais mais grosseiros do depósito por arraste, com riscos de assoreamento da bacia portuária, e também da mobilização dos sedimentos finos pelo mar, causando a turvação da água, com riscos para a biodiversidade marinha.

#### **4. Projecto de doca para embarcações marítimo-turísticas**

Feita a opção pelo Governo Regional de aproveitamento deste depósito de inertes, a solução encontrada para utilizar e valorizar este extenso depósito foi a de lhe atribuir funções multiusos de turismo e lazer, após protecção pela construção de uma estrutura vertical no talude frontal do depósito, com posterior utilização para fins portuários.

Acrescenta também a equipa responsável do PISZJG que “A definição da implantação deste cais resultou dos estudos realizados em modelo matemático de propagação da agitação marítima”. E mais não diz. Se para a caracterização hidrológica se nomeiam os modelos e se explicam as suas variáveis, no que toca à agitação marítima nada se diz.

*Existem diversos modelos, uns adequam-se melhor a condições de propagação em mar aberto, outros mais adaptados para a modelação próximo da linha de costa, pelo que não é despiciente referir qual o usado para avaliar o seu valor. Também teria sido interessante fazer testes de validação do modelo utilizado para que se entendesse a representatividade e pertinência dos dados obtidos. Esta dúvida não se levantaria se adiante (p. 49) não se referisse um modelo de equilíbrio das praias em função da propagação da agitação marítima completamente desadequado para a situação em estudo, além de muito antigo e alvo de numerosas críticas, como se referirá mais à frente.*

No que respeita à protecção marítima exterior ao terraplano multifunções, de acordo com a equipa que elaborou o PISZJG, “O limite exterior desta zona de terraplano ficará sujeito à acção directa da agitação incidente, particularmente para a proveniente de rumos compreendidos entre S e SSE, pelo que, para além de ser necessária a construção de uma obra de protecção marítima, é também importante garantir que este trecho não venha a ser galgado pela agitação marítima”. Esta afirmação é relevante e deixa supor que terão sido feitos os estudos necessários que levaram à opção escolhida, ou seja, uma obra de protecção

cujo topo atinge 5,10m e tem uma largura de 12m, com uma protecção exterior em talude. Contudo, esses estudos não estão disponíveis, não se podendo assim avaliar da razoabilidade desta opção. Como precaução, nesta estrutura de defesa existirá, em contacto com o depósito de inertes, um muro cortina deflector, certamente por haver o risco de galgamento oceânico de todo este conjunto de defesa costeira, como adiante é referido (p.41, último parágrafo).

*Saliente-se de novo a ausência de fundamentação das opções propostas, por inexistência de um estudo da dinâmica marinha, não só a situação média, mas também dos eventos extremos, como o que ocorreu em Fevereiro de 2011.*

## **5. Projecto de obras de protecção marítima da frente marginal nascente da cidade do Funchal**

O PISZJG caracteriza a situação existente, fruto de intervenções parcelares, em geral de emergência, na sequência de galgamentos oceânicos, fenómeno finalmente bastante frequente.

O PISZJG avança de imediato para a solução proposta, embora revele terem sido estudadas diversas opções.

A obra proposta abrange 350m de linha de costa e a proposta seleccionada é a de um quebramar destacado em conjugação com o esporão de retenção da estrutura nascente da foz única das Ribeiras de Santa Luzia e de João Gomes. A conjugação destas duas obras de defesa costeira será complementada por uma praia artificial entre elas e o actual muro da frente marginal, recreando funcionalidades de lazer que existiam há algumas décadas (praia de calhau rolado).

*Ao contrário do que sucede na caracterização, ainda que sumária, do funcionamento hidrológico das ribeiras e na fundamentação das intervenções a fazer, sobre a protecção marítima da frente marginal nascente da cidade do Funchal, as opções escolhidas não são devidamente fundamentadas, nem os seus impactes avaliados.*

Afirma-se na página 49 como fundamento para uma das propostas, designada solução A (dois quebramares destacados) que na “fase de Estudo Prévio, anteriormente apresentado (?), com

base em estudos em modelo matemático hidrodinâmico de propagação de agitação na zona adjacente às obras realizados complementados [?] com a análise dos perfis de equilíbrio das praias (Dean, 1977) que serão constituídas ao abrigo das diferentes obras e com a avaliação dos riscos de galgamento dos troços da frente marginal não directamente protegidos pelo(s) quebramar(es) destacado(s) (...)” .

Embora não tenha sido esta a solução escolhida, mas antes a designada solução B (um quebramar destacado e um esporão a oriente da foz conjunta das Ribeiras de Santa Luzia e de João Gomes), mais não se adianta sobre a metodologia e os fundamentos da proposta eleita.

Presume-se, por isso, que se utilizou a mesma metodologia referida para a solução A.

De novo se faz alusão a um modelo matemático de propagação da agitação marítima, o qual nunca é designado. Existem vários, como foi referido anteriormente, e a escolha do modelo a utilizar deve ser criteriosa e fundamentada. Nessa escolha devem intervir a selecção das variáveis a utilizar, bem como os factores condicionantes e desencadeantes de situações extremas. Desconhece-se: (i) qual o período dos registos de ondulação utilizados (ao invés do que sucede para os dados de natureza climatológica e hidrológica, tratados na primeira parte desta PISZJG), (ii) se o storm surge foi considerado, (iii) se foram considerados os níveis de *runup*, e, ainda, (iv) se foi tida em conta a subida do nível do médio do mar.

Refira-se que a este respeito, mais adiante (p.50), a propósito do dimensionamento das estruturas de defesa costeira, se menciona no PISZJG que “o tipo de rebentação das ondas, que no mesmo local pode variar em função do nível de maré e das características da agitação (altura, período) ”. Deduz-se do exposto que o storm surge não foi considerado, assim como o *runup* e a subida do nível médio do mar.

A equipa da PISZJG reconhece, como consequência da complexidade dos fenómenos em jogo, que os resultados dos métodos de cálculo de natureza empírica são falíveis, pelo que serão os métodos físicos aqueles cujos resultados oferecem maior confiança. Contudo, desconhecem-se quais foram os modelos utilizados, tenham eles sido empíricos ou físicos.

Como estas estruturas de defesa costeira deverão proteger uma praia, seria natural que se tivesse feito uma projecção dos perfis da praia, tendo em conta o clima de agitação marítima e também as obras de protecção. O modelo utilizado e referido no texto para essa análise foi o

modelo de Dean (Bruun, 1954; Dean, 1976, 1977, 1991)<sup>(1)</sup>, completamente desadequado para o caso concreto em apreço. Com efeito, este modelo, para além de ter sido fortemente criticado (Pilkey et al., 1993)<sup>(2)</sup>, foi desenvolvido para praias de areia e não praias de calhau rolado. É conhecido o diferente comportamento que os dois tipos de praia têm, pelo que este aspecto do estudo deveria ser revisto, tendo em consideração a abundante bibliografia que desde 1977 tem vindo a ser publicada.

O modelo empírico de Dean foi amplamente testado na faixa de surf, facto que compromete as extrapolações da dinâmica morfológica para os sectores superior e inferior dos perfis de praia, tendo sido desenvolvido sob as seguintes premissas: (i) uma uniforme dissipação energética ao longo de todo o perfil de praia, descartando a influência da rugosidade do fundo na propagação das ondas junto da linha de costa; (ii) o transporte sedimentar junto da linha de costa é efectuado exclusivamente pelas ondas, excluindo o papel importante das correntes longilitorais e transversais e complementar das marés; (iii) a inexistência de barras naturais ou artificiais submersas, tal como se prevê existirem entre o quebramar destacado e o esporão.

*Neste sentido, impõe-se a utilização de um modelo empírico ou físico que considere de forma adequada e realista quer a complexidade das variáveis hidrodinâmicas e morfodinâmicas em jogo, quer o tipo de sedimentos associados. Refira-se que as características granulométricas e morfométricas dos sedimentos a utilizar definirão de forma decisiva o sucesso ou ineficácia da alimentação artificial que se pretende levar a cabo e, conseqüentemente, a eficaz protecção que uma praia deste tipo possa oferecer às estruturas existentes e projectadas.*

---

(1) Bruun, P. (1954) - Coast erosion and the development of beach profiles. Beach Erosion Board Technical Memo 44.

Dean, R. (1976) - Beach erosion: Causes, processes and remedial measures. CRC Critical Review of Environmental Control, 6(3), p.259 – 296.

Dean, R. (1977) - Equilibrium beach profiles: U. S. Atlantic and Gulf coasts. Department of Civil Engineering, Ocean Engineering Technical Report nº. 12, Delawere, Newark.

Dean, R. (1991) - Equilibrium beach profiles: Characteristics and applications. Journal of Coastal Research, 7, p. 53 - 84.

(2) Pilkey, O.; Young, R.; Riggs, S.; Smith, A.; Wu, H. & Pilkey, W. (1993) - The concept of shoreface profile of equilibrium: a critical review. *Journal of Coastal Research*, 9, p. 255 - 278.

Não será certamente com recurso ao modelo de Dean (1977) que as praias serão constituídas, com “um enchimento de modelação do respectivo perfil (...)” (p.51), tendo por base os sedimentos provenientes do aterro com uma cobertura de 1m de calhau rolado.

*Este assunto merece um tratamento adequado e se os estudos existem devem ser divulgados uma vez que, se não se conseguir prever de forma adequada o comportamento morfodinâmico da praia, não se conseguirão avançar estimativas sobre a sua influência na prevenção de galgamentos oceânicos ou o seu contributo para a dinâmica sedimentar junto à linha de costa, nomeadamente para o assoreamento da foz das ribeiras de Santa Luzia e João Gomes ou prevenção do mesmo.*

*Ana Ramos Pereira*

(Prof. Doutora Ana Ramos Pereira)

Instituto de Geografia e Ordenamento do Território, Universidade de Lisboa  
Coordenadora do Núcleo de Investigação em Dinâmica dos Sistemas Litorais e Fluviais, do  
Centro de Estudos Geográficos, da Universidade de Lisboa

Lisboa, 8 de Abril de 2011