

ANÁLISE QUALITATIVA DO COMPORTAMENTO DE DIFERENTES CONFIGURAÇÕES DE ESTRUTURAS DE DEFESA COSTEIRA ADERENTES

Francisco Taveira Pinto ⁽¹⁾, Marlene Bessa ⁽²⁾, Luciana das Neves ⁽³⁾

⁽¹⁾ Professor Catedrático, ⁽²⁾ Msc. em Eng. Civil, ⁽³⁾ Professora Auxiliar Convidada

Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto,

rua Dr. Roberto Frias, 4200-465 Porto, Portugal

fpinto@fe.up.pt; ec09238@fe.up.pt; lpneves@fe.up.pt

RESUMO

Vários tipos de estruturas de defesa costeira aderentes podem ser utilizadas para fins que incluem, entre outros, a proteção e a redução de eventos de galgamento. Os procedimentos de dimensionamento de uma estrutura de defesa costeira aderente, qualquer que seja a sua constituição, depende das condições locais e envolve a análise de vários parâmetros hidráulicos (agitação marítima, níveis de maré e correntes), estruturais e geotécnicos. Para cada tipo de parâmetro devem ser considerados cenários alternativos, posteriormente avaliados quanto ao nível de proteção e os requisitos de manutenção durante a vida útil da obra longitudinal aderente.

Este artigo analisa alguns aspectos do dimensionamento de estruturas de defesa costeira aderentes e apresenta resultados de ensaios bidimensionais em modelo físico, realizados no Laboratório de Hidráulica da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. O objetivo desses ensaios foi comparar o desempenho de diferentes secções transversais sob a ação da agitação marítima, em que as condições hidráulicas de fronteira configuravam eventos extremos para as condições de projeto em Portugal. Designadamente foi estudado o contributo de, entre outros, cota de fundação, presença de uma berma e superfície do talude (lisa ou rugosa), para o desenvolvimento de erosões localizadas.

Os resultados mostraram que: (i) a estrutura com uma berma é a que apresenta um melhor desempenho em todos os parâmetros relevantes, (ii) as condições transientes são importantes para o desenvolvimento de erosões localizadas, e (iii) os taludes permeáveis não são, necessariamente, menos suscetíveis sob ação de agitação irregular.

PALAVRAS-CHAVE: Obras longitudinais aderentes, Agitação marítima, Erosões localizadas, Recomendações para o dimensionamento, Modelação física.

1. INTRODUÇÃO

Os sistemas costeiros estão sujeitos a alterações morfológicas que ocorrem em diferentes escalas temporais e espaciais (e.g., Comissão Europeia, 2004). A erosão costeira é um processo natural que resulta de um balanço negativo de dinâmica sedimentar por efeito da agitação marítima, das correntes, das marés astronómicas, das marés meteorológicas, do set-up ou outros eventos associados a tempestades. Quando há equilíbrio na dinâmica sedimentar, a linha de costa permanece num estado de equilíbrio dinâmico.

Se os fluxos sedimentares de entrada excederem os de saída, então a linha costeira sofrerá acreção e, de igual modo, se os de saída são mais elevados do que as fontes, a linha de costa sofrerá erosão. Ao longo da costa Portuguesa há, atualmente, uma escassez nas fontes aluvionares, explicada por uma combinação de fatores e eventos, uns naturais e outros associados às atividades humanas. Nas últimas décadas, as atividades humanas estão a assumir um papel dominante na tendência de evolução espacial e temporal, levando a uma erosão generalizada da linha de costa. Certos trechos do litoral, por exemplo, planícies costeiras e áreas densamente povoadas, são especialmente vulneráveis à erosão costeira.

Para manter a segurança de pessoas e de bens em níveis de proteção adequados foram desenvolvidos diversos sistemas de defesa, cada um dos quais com funções e aplicações específicas, sendo os mais comuns o controlo da erosão e de inundações das áreas interiores, apresentando, cada um, vantagens e limitações (e.g., USACE, 2008).

Num estudo em modelo físico realizado recentemente no Laboratório de Hidráulica do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (DEC-FEUP), foram testadas diferentes secções transversais de obras longitudinais aderentes sob a ação da agitação marítima, em que as condições hidráulicas de fronteira configuravam eventos extremos para as condições de projeto em Portugal. Os resultados desses ensaios serão discutidos ao longo deste artigo.

2. DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURAS DE DEFESA COSTEIRA ADERENTES

2.1. Aspetos Gerais

Várias estruturas de defesa costeira aderentes podem ser utilizadas para fins que incluem, entre outros, a proteção e a redução de eventos de galgamento. A opção por um ou outro tipo de obra longitudinal aderente – permeável ou impermeável, rígida ou flexível – depende, entre outras, do material com que é construído e das condições hidrodinâmicas no local. Cada opção tem um impacto na vida útil, no dimensionamento e no desempenho funcional da obra longitudinal aderente quando exposta à agitação marítima.

As obras longitudinais aderentes com camada de proteção em enrocamento – quer seja colocada pedra a pedra, ou simplesmente despejada ao longo de um talude – são hoje, muito provavelmente, o tipo mais comumente utilizado a nível mundial, deste tipo de sistemas de proteção costeira.

Em alguns locais são igualmente utilizados os sistemas construídos com blocos de betão (e.g., Herbich, 2000), elementos geotêxteis cheios com betão (e.g., McConnell, 1998; e Pilarczyk, 2000) e as superfícies betuminosas (e.g., Pilarczyk, 1998). Mais recentemente, novos métodos de construção, tais como os geossistemas de encapsulamento de areia (e.g., das Neves, 2011; e Bezuijen e Vastenburg, 2013) e os materiais elastoméricos (e.g., Verhagen, 2009), vieram ampliar o leque de possibilidades.

Sobre a estabilidade de blocos de betão ou de enrocamento face às ações hidrodinâmicas, existe já uma extensa investigação cujos desenvolvimentos permitiram melhorar a compreensão sobre o comportamento dos elementos estruturais e determinar boas práticas de engenharia, (CIRIA *et al.*, 2007).

Os procedimentos de dimensionamento de uma estrutura de defesa costeira aderente, qualquer que seja o material constituinte, depende das condições locais e envolve considerações sobre parâmetros hidráulicos no que diz respeito à agitação marítima (espraiamento, refluxo, galgamento, transmissão e reflexão), aos níveis de maré e às correntes, estruturais e geotécnicos.

Esses parâmetros definem a resposta estrutural à carga hidráulica que o projetista deve determinar para uma série de eventos prováveis, incluindo condições acima e abaixo dos valores nominais, usando abordagens de dimensionamento mais convencionais (do tipo determinista, onde os valores característicos individuais são usados para todas as variáveis, o que conduz a um resultado único) ou menos convencionais (probabilística, onde os valores de entrada são descritos por distribuições, dando como resultado uma distribuição de probabilidade). Projetos mais complexos podem requerer o uso de modelos numéricos e/ou físicos, como ferramentas de auxílio ao dimensionamento. Finalmente, na avaliação do dimensionamento conceptual, devem identificar-se as alternativas que permitem uma otimização dos níveis de proteção e das necessidades de manutenção durante a vida útil da obra.

Existem recomendações para o projeto e construção de obras longitudinais aderentes em diversas publicações (e.g., McConnell, 1998; Pilarczyk, 1998; e USACE, 2008). No entanto, em qualquer caso, o projeto deve adaptar-se, sempre, às condições específicas do local.

2.2 Funções, Mecanismos de Rotura e Melhoramentos

Uma obra longitudinal aderente de defesa costeira pode ser definida como uma combinação de um manto de proteção adequado, um filtro e uma proteção de pé de talude ou de coroamento. O dimensionamento adequado de cada componente é vital para garantir a sua estabilidade. Este tipo de proteção costeira é adequado para frentes marítimas com valores económicos elevados a preservar e a defender. No entanto, importa considerar sempre que, na maior parte dos casos, a praia frontal a estas estruturas desaparece por efeito da ação continuada das ações hidrodinâmicas, podendo conduzir à rotura desta.

A Figura 1 identifica os mecanismos prováveis de rotura e as abordagens possíveis para melhorar a estabilidade global de obras longitudinais aderentes. Os mecanismos de rotura associados a falhas geotécnicas não são abordados aqui, assumindo que o solo de fundação tem as características necessárias.

LAYOUT INICIAL	MODOS DE ROTURA	LAYOUT FINAL	POSSÍVEL SOLUÇÃO
	EROSÃO		AUMENTO DA FUNDAÇÃO ATÉ À COTA MÍNIMA DA PRAIA EXPECTÁVEL
	ESCORREGAMENTO		DIMINUIÇÃO DA INCLINAÇÃO DO TALUDE
	IMPACTOS EXCESSIVOS		AUMENTO DO PESO DOS BLOCOS
	PRESSÕES ASCENDENTES EM EXCESSO		COLOCAÇÃO DE SUBCAMADAS OU FILTROS
	GALGAMENTOS		AUMENTO DA COTA DO COROAMENTO ATÉ AO MÁXIMO ESPRAIAMENTO
	EROSÃO DO COROAMENTO		PROTEÇÃO DO COROAMENTO

Figura 1. Mecanismos de rotura e abordagens para melhorar o dimensionamento de obras longitudinais aderentes (modificado de Veloso Gomes *et al.*, 2009).

3 MODELO EXPERIMENTAL

3.1 Protótipo

O protótipo da obra longitudinal em estudo, está localizado ao longo da costa noroeste de Portugal, mais precisamente na praia de Mindelo, Vila do Conde, Portugal (Figura 2) e tem uma extensão de aproximadamente 2 km.



Figura 2. Localização do caso de estudo (fonte: google maps).

O que antes era uma duna (à esquerda na Figura 3), é atualmente uma área urbana sem qualquer tipo de vegetação ou duna (à direita na Figura 3). Este local está classificado como de alto risco nos Mapas de Risco do Litoral (INAG e CEHIDRO, 1999), em conformidade com a grande vulnerabilidade à erosão e às inundações.

Ao longo da costa ocidental Portuguesa, a agitação dominante é de W-NW o que conduz a uma corrente de deriva litoral dirigida para sul com elevado potencial de transporte. Em regime de tempestade, a agitação pode ter uma direção de sudoeste ou sul, induzindo o transporte de sedimentos de sul para o norte, que é o sentido inverso da direção dominante norte-sul (e.g., Mota Oliveira *et al.*, 1982).



Figura 3. Praia de Mindelo (fonte: <http://www.cdpreisen.de>) antes (esquerda) e atual (direita).

A maré é do tipo semi-diurna, tipicamente com amplitudes de 2 a 4 m. Embora podendo sofrer alterações sazonais, o clima de agitação pode ser caracterizado por alturas de onda significativas entre 2 e 3 m, com períodos que variam de 8 a 12 s (e.g., Veloso Gomes *et al.*, 2004). Sazonalmente, com maior incidência entre outubro e março, podem ocorrer eventos de tempestade significativos e maré meteorológicas, quando coincidem com marés astronómicas. As ondas podem atingir alturas de mais de 8 m, com períodos de 16 a 18 s (Veloso Gomes *et al.*, 2004).

A Praia de Mindelo está a sofrer a influência do fenómeno de erosão, visível na diminuição da largura da praia e no recuo do cordão dunar. Essa erosão é principalmente explicada por causas naturais, sendo o desenvolvimento urbano, muito possivelmente, também, uma causa importante, por efeito da destruição de zonas tampão naturais e pela competição pelo território com os processos naturais. Em termos de causas naturais esta área sofre com a diminuição do volume de sedimentos transportados pela corrente de deriva, por diminuição do fornecimento pelas fontes fluviais, devido a mudanças no regime de escoamento que intercetam o transporte sedimentar e dragagens, bem como a construção de estruturas portuárias.

Para proteger pessoas e bens nas zonas interiores a este trecho costeiro, foi construída uma obra longitudinal aderente com 485 m de extensão. Ramos (2011) refere que, desde a sua construção, o sistema já tinha tido algumas intervenções de emergência e em várias secções é evidente a necessidade de reparações.

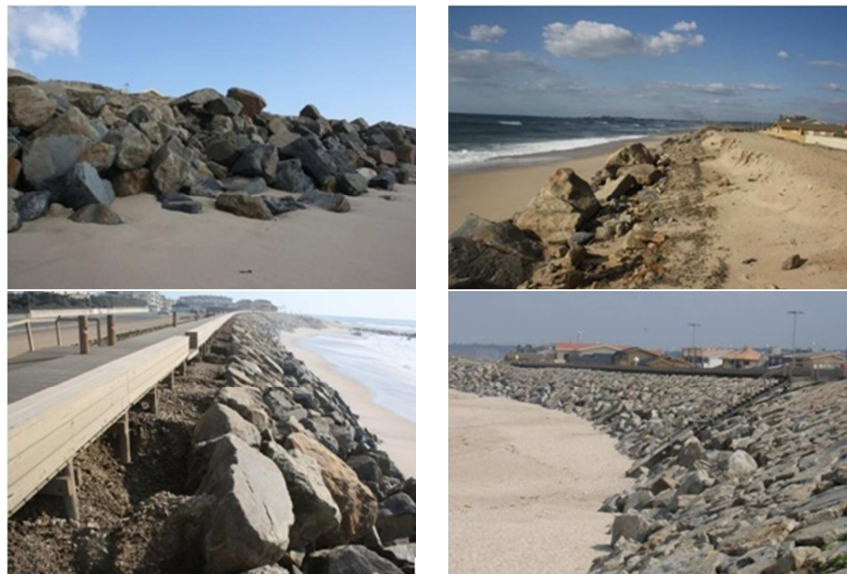


Figura 4. Roturas na obra longitudinal aderente da praia do Mindelo (Ramos, 2011).

3.2. Condições do Modelo

O principal objetivo do trabalho experimental foi estudar o desenvolvimento das erosões localizadas durante eventos extremos de tempestade. Foram também analisados os coeficientes de reflexão e o campo de velocidade para melhor interpretação dos resultados do modelo relativamente ao desenvolvimento de erosões localizadas. A praia frontal à obra longitudinal aderente possui um declive de 1:12.

A escolha da escala do modelo foi baseada nas condições do protótipo, a praia frontal e a obra longitudinal aderente, e as limitações inerentes às instalações disponíveis e às condições hidrodinâmicas no modelo (altura de onda e períodos e níveis de água).

A Figura 5 mostra a secção transversal da obra longitudinal aderente proposta. A Figura 6 mostra as quatro secções transversais testadas em modelo (Bessa, 2012).

A secção transversal nº.1 (em cima à esquerda na Figura 6) é a mais simples, com um manto de proteção com duas camadas, um filtro e geotêxtil. A fundação nesta secção está a +2 m (ZH), sem nenhuma proteção de pé de talude. A secção transversal nº. 4 (canto inferior direito na Figura 6) é semelhante à anterior em geometria, mas o manto e o filtro são constituídos por blocos de betão. A secção transversal nº. 2 (em cima à direita na Figura 6) é semelhante à nº. 1, exceto na proteção de pé de talude. Na secção transversal nº. 3 (canto inferior esquerdo da Figura 6), existe um manto de proteção de dupla espessura sobre um filtro de enrocamento e geotêxtil. No entanto, a fundação está colocada ao ZH e tem uma berma de enrocamento com coroamento a +6.00 m (ZH). A praia frontal no modelo é constituída por uma areia com uma granulometria média de 273 μm e densidade igual a 2.55.

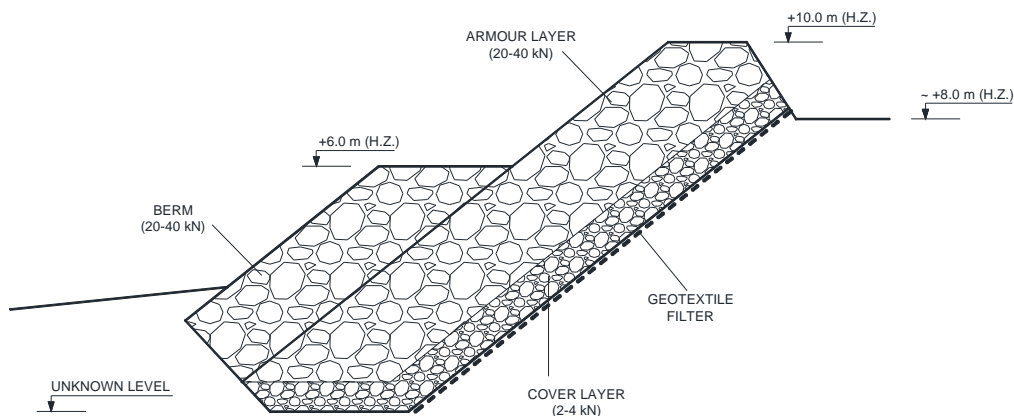


Figura 5. Secção transversal no protótipo (intervenção proposta).

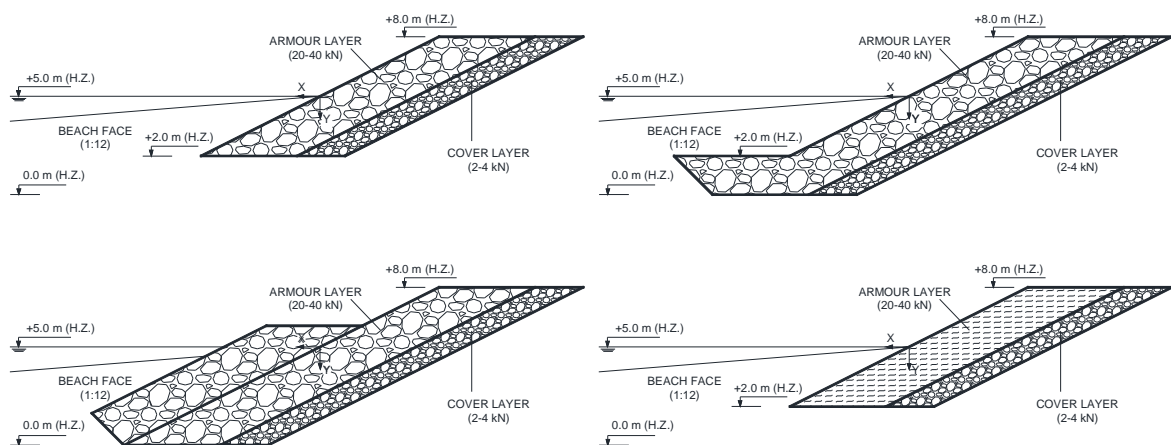


Figura 6. Secções transversais em modelo (escala do protótipo).

3.3. Instrumentação e modelo experimental

Os ensaios foram realizados numa partição do tanque de ondas do Laboratório de Hidráulica DEC-FEUP que se encontra equipado com um sistema de geração de ondas multi-elementos do HR Wallingford. O tanque tem 28 m de comprimento e 12 m de largura, no qual foi construído um canal com 0.75 m de largura de onda, que compreende uma pá do gerador (Figura 7). As condições hidrodinâmicas e as dimensões do enrocamento seguem a semelhança de Froude, numa escala 1:20. Foram utilizadas ondas regulares e irregulares (espectro de JONSWAP) para uma profundidade de água de 0.25 m, que corresponde a um nível de água em condições extremas no protótipo.

Um conjunto de quatro sondas de níveis hidrodinâmicos alinhadas foi colocado a barlar do modelo para medir a elevação da superfície livre. Foram utilizadas técnicas de vídeo imagem para monitorizar a evolução do perfil de praia e da interação onda-estrutura.



Figura 7. Implantação do modelo (modificado de Taveira Pinto *et al.*, 2007).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Evolução do perfil de praia e desenvolvimento das erosões localizadas

Os resultados do comportamento morfológico da praia frontal à obra longitudinal aderente, com talude liso ou rugoso quando submetido a ondas regulares e irregulares com ângulo de incidência normal à estrutura, foram analisados para avaliar a evolução do perfil de praia e o desenvolvimento de cavidades de erosão para diferentes condições.

A Tabela 1 resume os resultados dos ensaios com ondas regulares e irregulares, para os parâmetros em análise. Para cada um dos ensaios, são indicados o período e a altura de onda incidentes. A profundidade máxima da cavidade de erosão e a sua localização relativamente a um sistema de eixos cuja origem corresponde à interceção do nível de água com o talude da estrutura (Figura 6), bem como os coeficientes de reflexão estão listados também na Tabela 1.

Os taludes lisos correspondem a obras de defesa longitudinais com enrocamento colocado pedra a pedra, enquanto que os rugosos correspondem a enrocamento despejado ao longo do talude. Os coeficientes de reflexão encontram-se também listados. Conforme é possível verificar a partir dos resultados indicados na Tabela 1, não existe diferença significativa entre os coeficientes de reflexão para os dois tipos de talude, justificado pelo facto do volume de águas associado ao refluxo ser o mesmo em ambas as situações..

Tabela 1. Sumário dos resultados do modelo (escala do modelo).

Agitação	Talude	Altura de Onda (m)	Período (s)	Secção transversal nº.	Coefficiente de Reflexão	Profundidade Erosão (m)	Localização desde a origem (m)
Regular	Liso	0.17	2.68	1	0.32	0.077	0.184
				2	0.71	0.074	0.174
				3	0.57	0.035	0.450
	Rugoso			4	0.31	0.030	0.072
				1	0.33	0.030	0.800
				2	0.74	0.052	0.836
Irregular	Liso	0.17	2.68	3	0.58	0.015	0.411
				1	0.45	0.045	0.791
				2	0.44	0.044	0.850
	Rugoso			3	0.37	0.032	0.812
				4	-	0.029	0.067
				1	0.42	0.072	0.171
				2	0.44	0.080	0.188
				3	0.37	0.023	0.432

Como se pode concluir a partir da Tabela 1, a máxima profundidade de erosão verificou-se em ensaios com ondas regulares e, para estes, é maior no caso dos taludes lisos do que nos rugosos. Este era um resultado esperado uma vez que o desenvolvimento dessa erosão é dominada pelos mecanismos de reflexão a partir da estrutura e do refluxo ao longo do talude, por sua vez relacionados com a rugosidade e a porosidade do manto de proteção. Para os testes realizados com ondas irregulares, observa-se que as profundidades de erosão são geralmente mais elevadas para os taludes rugosos.

De referir que, neste caso, existe também uma relação entre o desenvolvimento da erosão e a profundidade da água no pé de talude e no interior da estrutura, durante os ensaios de maior energia da onda. Estes resultados parecem corroborar a ideia de que as estruturas porosas não são, necessariamente, menos suscetíveis a sofrerem erosões localizadas (Wallis *et al.*, 2009). Como se pode ver na Tabela 1, a secção transversal nº. 3, com manto de proteção de dupla espessura sobre um filtro de enrocamento e berma e a que apresenta valores mais baixos de erosão é, portanto, a configuração testada recomendada.



Figura 8. Imagem de um dos modelos testados (Bessa, 2012).

4.2. Movimentos dos blocos

A agitação incidente aproximou-se dos níveis de dimensionamento e, portanto, foram observados alguns rearranjos e alguns blocos a deslocaram-se. De uma maneira geral, o número de blocos deslocados foi maior nos casos de ondas regulares (com um máximo de 9 blocos deslocados), do que de ondas irregulares (com um máximo de 2 blocos, na secção transversal nº. 2). Nenhuma relação direta foi estabelecida entre o número de blocos deslocados e o tipo de talude, liso ou rugoso.

4.3. Níveis de espraioamento

O nível máximo de espraioamento não excedeu a cota de coroamento e, portanto, não ocorreram galgamentos nas condições testadas. O nível máximo de espraioamento ocorreu como esperado, para o caso de ondas regulares e talude liso.

O nível máximo de espraioamento de 0.16 m ocorreu para secção transversal nº. 4, construída com blocos de betão. Para as secções transversais nº. 1 e 2, os níveis foram semelhantes mas um pouco maiores no caso do talude liso, 0.14 m, do que no rugoso, 0.13 m. Mais uma vez, a secção transversal com uma berma teve o melhor desempenho, com apenas 0.095 m e 0.08 m, para os taludes liso e rugoso, respetivamente. A cota de coroamento da berma na secção transversal nº. 4 teve um papel decisivo no comportamento observado, uma vez que as ondas maiores rebentaram na berma e chegavam parcialmente dissipadas ao aproximar-se do manto de proteção.

5. CONCLUSÕES

Foram realizados ensaios bi-dimensionais no tanque de ondas do Laboratório de Hidráulica da FEUP para estudar o comportamento de diferentes secções transversais de obras longitudinais aderentes. A avaliação qualitativa tinha como objetivo estudar o comportamento morfológico da praia frontal a uma obra longitudinal aderente, quando submetido a agitação incidente normal, regular e irregular. Os parâmetros considerados no estudo foram a evolução do perfil de praia, o número de blocos deslocados, o nível de espraioamento e o campo de velocidades. O modelo de fundo móvel foi inspirado em condições de protótipo correspondente à praia do Mindelo, Vila do Conde, Porto.

A erosão da praia frontal a uma obra longitudinal aderente pode causar instabilidade da fundação e, portanto, é recomendável que estas estruturas disponham de um sistema de proteção contra as erosões localizadas.

Foi estudado o desenvolvimento das erosões localizadas, quanto à profundidade máxima e à localização. Em geral, observou-se que a máxima profundidade de erosão ocorre a uma distância limitada do limite do talude da estrutura, o que indica a necessidade de construir um sistema de proteção com um determinado comprimento.

Sobre a evolução do perfil de praia, verificou-se que a presença de uma barra no perfil de praia tem um impacto positivo sobre o desenvolvimento das erosões localizadas. Observou-se também que, após um certo número de ondas, o perfil experimenta novas condições de equilíbrio e, de novo, as erosões localizadas aumentam. Esta observação pode indicar que o efeito de condições de tempestade mais gravosas são de difícil previsão devido às condições transientes.

A avaliação qualitativa realizada neste estudo experimental confirmou que a estrutura com melhor desempenho em todos os parâmetros em análise foi, como se poderia prever, a secção transversal nº. 3 (Figura 6) construída com um manto de proteção com espessura dupla, filtro de enrocamento, geotêxtil, pé de talude ao ZH e uma berma em encoramento com cota de coroamento a +6.00 (ZH).

Referências Bibliográficas

- Bessa, M. (2012). Dimensionamento de Estruturas de Defesa Aderentes, MSc Thesis, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal.
- Bezuijen, A. e Vastenburg, E.W. (2013). Geosystems, design rules and applications, Taylor & Francis, 145p, ISBN 978-0-415-62148-9.
- CIRIA, CUR e CETMEF (2007). The Rock Manual. The use of rock in hydraulic engineering, C683, ISBN 978-0-86017-683-1.
- das Neves, L. (2011). Experimental stability analysis of geotextile encapsulated-sand systems under wave loading. PhD Thesis: Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia, Portugal.
- European Commission (2004). Living with Coastal Erosion in Europe – Sediment and Space for Sustainability, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 40pp., ISBN 92-894-7496-3.
- Herbich, J.B. (2000). Handbook of coastal engineering, McGraw-Hill Professional, 1152p, ISBN-13: 978-0071344029.
- INAG e CEHIDRO (1999). Carta de Risco do Litoral, digital version (CD-ROM): Stretch Caminha – Foz do Douro, 1st Edition.
- McConnel, K. (1998). Revetment systems against wave attack – a design manual, W. Allsop (editor), Thomas Telford, 162p, ISBN 0-7277-2706-0.

- Mota Oliveira, I.; Valle, A. e Miranda, F. (1982). Littoral problems in the Portuguese West Coast. Coastal Engin. 3: 1950-1969.
- Pilarczyk, K. (editor) (1998). Dikes and revetments – design, maintenance and safety assessment, A.A. Balkema, 249-288, ISBN 90-54104554.
- Pilarczyk, K. (2000). Geosynthetics and geosystems in hydraulic and coastal engineering, Taylor & Francis, 936p, ISBN-13: 978-9058093028.
- Ramos, T. (2011). Estudo da Reabilitação de Estruturas de Defesa Costeira. Casos de Estudo do Mindelo, Norte do Furadouro e Torreira, MSc Thesis, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal.
- Taveira-Pinto, F.; Veloso-Gomes, F.; Silva, R.; das Neves, L.; Rosa-Santos, P. e Guedes-Lopes, H. (2007). The new wave generation system of the Laboratory of Hydraulics of FEUP, 2.^{as} Jornadas de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente, pp. 1-13, Porto, ISBN 978-989-95557-1-6.
- USACE (2008). Coastal Engineering Manual, Vicksburg, MS: U.S. Army Corps of Engineers, Engineer Manual 1110-2-1100.
- Veloso Gomes, F.; Taveira Pinto, F.; das Neves, L.; Barbosa, J.P. e Coelho, C. (2004). Erosion risk levels at the NW Portuguese coast: the Douro mouth - Cape Mondego stretch, Journal of Coastal Conservation, Volume 10: 1-2, December 2004, OpulusPress, pp.43-52, ISSN 1400-0350.
- Veloso-Gomes, F.; Taveira-Pinto, F. e Rosa-Santos, P. (2009). Scour on Portuguese coastal defence structures, Proceedings of the 5th International Conference Coastal Structures, Leopoldo Franco, Giuseppe R. Tomasicchio, and Alberto Lamberti (ed.), Singapore: World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., Volume I, pp. 187-198, ISBN 13 978-981-4280-99-0.
- Verhagen, H.J. (2009). Elastomeric revetments: a new way of coastal protection, Aquaterra conference, Amsterdam.
- Wallis, M.; Whitehouse, R. e Lyness, N. (2009). Development of guidance for the management of the toe of coastal defence structures, Wallingford, UK: HRPP 413, 14p.