



MODELAÇÃO FÍSICA DA RESPOSTA À AGITAÇÃO INCIDENTE DE UM TRECHO DO QUEBRA-MAR DO PORTO DA ERICEIRA

João Alfredo SANTOS^{1,4}, Rute LEMOS², C.J.E.M. FORTES², Maria Graça NEVES^{2,3}, Liliana PINHEIRO², Marco PINTO³, Carolina SANCHES², Joana GUEIFÃO³, Ana Catarina ZÓZIMO²

1. ISEL – Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Instituto Politécnico de Lisboa, Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1, 1959-007 Lisboa, jasantos@dec.isel.ipl.pt
2. LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa, rlemos@lnec.pt, jfortes@lnec.pt, gneves@lnec.pt, lpinheiro@lnec.pt, carol.mvs_94@hotmail.com, aczozimo@lnec.pt
3. FCT/UNL, Campus da Caparica 2829-516 Caparica, Portugal, fmm.pereira@campus.fct.unl.pt, j.gueifao@campus.fct.unl.pt
4. CENTEC – Centre for Marine Technology and Ocean Engineering, Instituto Superior Técnico, Avenida Rovisco Pais, 1, 1049-001 Lisboa, jasantos@dec.isel.ipl.pt

RESUMO

Para caracterizar a resposta de um trecho do quebra-mar de taludes do porto da Ericeira à agitação marítima nele incidente, realizaram-se no canal de ondas irregulares do LNEC um conjunto de ensaios com um modelo reduzido desse mesmo trecho. Nesta comunicação descreve-se a instalação experimental, incluindo os diversos instrumentos utilizados para medir as séries temporais das várias grandezas de interesse e o programa de ensaios, apresentando-se as grandezas medidas num subconjunto dos ensaios considerado mais interessante. Nestas grandezas incluem-se a elevação da superfície livre associada à agitação incidente, o espreamento ao longo do talude, o volume de água de água galgado, a pressão em vários pontos da superestrutura e a erosão do manto protetor.

Palavras-Chave: agitação marítima; espreamento; galgamento; superestrutura; dano.

1. INTRODUÇÃO

Na costa de Portugal continental, os quebra-mares de talude são a estrutura de proteção portuária mais comum. Essa a razão para o estudo em modelo físico reduzido da resposta à agitação marítima, em termos do espreamento, galgamento, esforços na superestrutura e erosão do manto protetor, de um trecho do quebra-mar do porto da Ericeira. Com efeito, embora já existam modelos numéricos capazes de estimar de forma razoável aquelas respostas, importa sempre afinar e confirmar a bondade dessas previsões comparando-as com valores medidos em ensaios com modelo físico reduzido, onde é possível selecionar a gama de condições de agitação marítima a testar.

Nesta comunicação descreve-se a instalação experimental, incluindo os diversos instrumentos utilizados para medir as séries temporais das várias grandezas de interesse e o programa de ensaios, apresentando-se as grandezas medidas num subconjunto dos ensaios considerado mais interessante. Assim, depois deste capítulo de introdução, apresenta-se a instalação experimental e os equipamentos utilizados. Depois, descreve-se o programa de ensaios seguido e alguns detalhes da sua implementação.

2. INSTALAÇÃO EXPERIMENTAL

No canal de ondas irregulares n.º 1 do LNEC (COI1) representou-se, à escala 1:50, o fundo frente à secção correspondente ao cais acostável do molhe do porto da Ericeira, bem como a própria secção, como mostrado na Fig. 1. Este é um canal com 0.8 m de largura, 50 m de comprimento capaz de absorver com o movimento da pá as ondas refletidas pela estrutura testada.



Fig. 2. Disposição dos sensores de pressão Sp1 a Sp8 na superestrutura do modelo físico da secção Esquema do fundo e do perfil transversal da secção do cais acostável do molhe do porto da Ericeira



Fig. 3. a) Sensor de movimento Kinect. b) Pontos de controle.

utilizaram-se 12 pontos de controlo, Fig. 3b, materializados com botões coloridos colocados no fundo do canal, frente ao pé do talude do manto protetor, no cimo dos cubos que servem de apoio aos elementos do manto e na superestrutura. As coordenadas destes pontos de controlo foram obtidas com uma Estação Total antes do início das séries de ensaios.

3. PROGRAMA DE ENSAIOS

3.1. Espraimento e galgamento

Realizaram-se ensaios com agitação irregular, com a duração de 1000 ondas, para três níveis de maré, baixa-mar, profundidade no pé do talude de 0,10 m, nível médio – 0,13 m – e preia-mar – 0,17 m. No nível de preia-mar, reproduziram-se períodos de pico de 1,70 s, 1,98 s e 2,26 s, e alturas de onda significativas de 0,08, 0,10, 0,12, 0,14 e 0,17 m. Nos níveis de baixa-mar e médio, apenas se efetuaram ensaios para a altura significativa de 0,17 m. A avaliação do espraimento foi realizada através de uma sonda colocada ao longo do talude (S7), Fig. 1c, enquanto para o galgamento foram usadas duas técnicas de modo a melhor confirmar os resultados obtidos: a pesagem da água galgada e a medição do nível dentro do reservatório através da sonda resistiva S6 (Fig. 1d).

A Fig. 4 apresenta as séries temporais do espraimento a) medido na sonda S7, e do galgamento b) para o nível de preia-mar e agitação incidente de $T_p = 1,70$ s e $H_s = 0,12$ m.

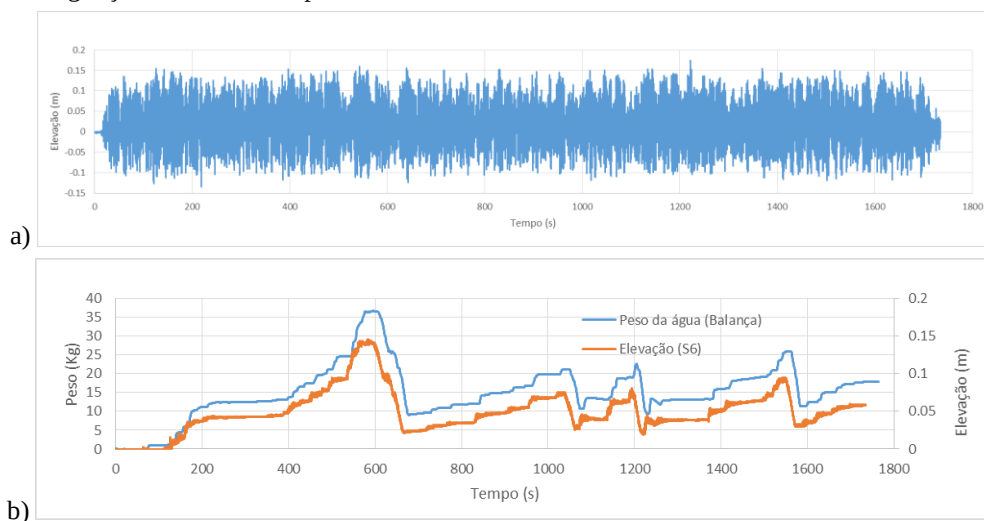


Fig. 4. a) Série temporal da elevação do espraimento (sonda S7). b) Séries temporais da elevação da superfície livre no reservatório (S6) e da pesagem de água galgada

3.2. Pressão na superestrutura

Reproduziram-se nestes ensaios as condições dos ensaios de espraimento e galgamento que conduziram a pequenos valores de caudal galgado, já que o objetivo era analisar as pressões na superestrutura. Assim foram realizados ensaios para o nível de maré médio e de preia-mar com ondas regulares e com agitação irregular, com a duração de 100 e 1000 ondas, respetivamente. Nos ensaios com agitação irregular reproduziram-se períodos de pico de 1,70 s e 1,98 s com alturas de onda significativas entre 0,08 m e 0,10 m para preia-mar e de 0,16 m para nível médio. Nos ensaios com ondas regulares reproduziram-se períodos de 1,70 s e 1,98 s para alturas de onda de 0,08 m a 0,12 m para preia-mar e de 0,11 m a 0,14 m para nível médio.

Foram medidas as pressões na superestrutura, o espraimento e o galgamento, além da elevação da superfície livre no pé da estrutura e nas sondas ao longo do canal. Apresenta-se na Fig. 5 a série temporal das pressões no sensor Sp1, para $H_s = 0,10$ m, $T_p = 1,70$ s e profundidade no pé do talude de 0,17 m.

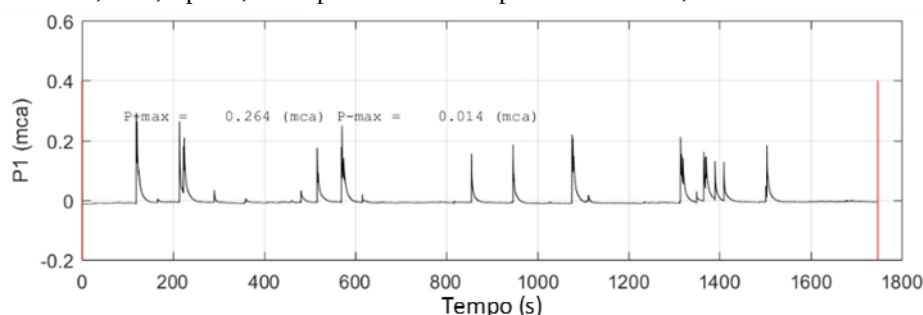


Fig. 5. Série temporal das pressões no sensor SP1, para $H_s = 0,10$ m, $T_p = 1,70$ s, preia-mar.

3.3. Evolução do dano

Aqui procurou-se reproduzir a sequência de ensaios de Melby (1999). Consideraram-se 2 níveis de maré: médio, profundidade no pé do talude de 0,13 m, e preia-mar, 0,17 m.

Na série A, estados de agitação iguais, cada um com a duração de 1000 ondas, atuavam na estrutura até estabilizar a erosão no manto. Nessa altura passava-se para o estado de agitação seguinte, de energia crescente. Começou-se com o nível médio e depois passou-se para o nível de preia-mar. Nas séries B e C o número de



Fig.6. Aspecto de levantamentos realizados no início e no final da série A

estados de agitação iguais incidentes na estrutura estava definido a priori. Na série B começava-se com o nível médio de maré, subindo-se depois para o nível de preia-mar. Na série C tinha-se a variação do nível da maré no sentido inverso.

Na Fig. 6 apresentam-se os levantamentos efetuados com o sensor Kinect no início e no final da série A (após a atuação de $H_s = 0,17$ m, $T_p = 2,26$ s e preia-mar) com estabilização dos estragos.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado no âmbito dos projetos To-SEAlert – Galgamento e inundação em zonas costeiras e portuárias: Ferramentas para um sistema de previsão e alerta, planeamento de emergência e de gestão do risco, ref. PTDC/EAM-OCE/31207/2017 e BSafe4Sea - Controlo da Segurança de Quebra-mares através da Análise de um Sistema de Previsão e Apoio à Decisão, ref. PTDC/ECI-EGC/31090/2017, ambos financiados pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia. Agradece-se aos técnicos César Costa, Rosa Emília Soares e Simões Pedro a



ajuda nos ensaios, bem como ao Doutor Fernando Soares da FCIências.ID o empréstimo do Kinect utilizado nos ensaios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Melby, J.A. 1999. Damage Progression on Rubble-Mound Breakwaters. Technical Report CHL-99-17, US Army Corps of Engineers Waterways Experiment Station, Vicksburg, USA.