

## EVOLUÇÃO DO DANO EM MODELOS FÍSICOS DE QUEBRAMARÉS DE TALUDE A PARTIR DO VOLUME ERODIDO. APLICAÇÕES

Rute LEMOS<sup>1</sup>, Ana MENDONÇA<sup>1</sup>, Conceição FORTES<sup>1</sup>, Ricardo MARTINS<sup>2</sup>,  
Ricardo FERRÃO<sup>2</sup>

<sup>1</sup> LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Av. do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa,  
amendonca@lnec.pt, rlemos@lnec.pt, jfortes@lnec.pt,

<sup>2</sup> ISEC – Instituto Superior de Educação e Ciência, Alameda das Linhas de Torres 179, 1750-142 Lisboa,  
20200238@alunos.iseclisboa.pt, 20200438@alunos.iseclisboa.pt

### RESUMO

A avaliação do dano causado pela agitação incidente em modelos físicos de quebra-mares de taludes pode ser realizada comparando volumes e profundidades erodidas entre levantamentos consecutivos de cada talude.

Atualmente, estes levantamentos podem ser realizados de forma não intrusiva, recorrendo a técnicas fotogramétricas, a laser scan ou a sensores de posição baseados na metodologia Time of Flight (ToF). Dependendo das condições de levantamento e da metodologia de pós-processamento das nuvens de pontos obtidas, estas técnicas permitem obter modelos tridimensionais de superfície, com elevada precisão.

Em detalhe, as diferenças de volume entre os levantamentos inicial e final são processadas usando o software de uso livre CloudCompare e permitem calcular a relação entre o volume erodido das zonas mais danificadas e o volume unitário dos blocos constituintes do manto resistente. Esta relação, traduz-se num parâmetro adimensional, que reflete o número aproximado de blocos removidos:  $N^{\circ}$  de blocos removidos estimado =  $(\text{Volume erodido} \cdot (1 - \text{Porosidade})) / \text{Volume do bloco}$ . Esta abordagem da avaliação do dano permite estimar os blocos removidos e verificar a convergência com os blocos removidos contabilizados visualmente.

Esta estimativa revela-se bastante útil quando aplicada a mantos resistentes constituídos por cubos Antifer colocados de modo “desarrumado”, ou por tetrápodos, onde a observação de quedas e movimentos é, por vezes, muito difícil.

A avaliação do dano com esta metodologia foi já testada em vários ensaios de investigação, tanto em ensaios bidimensionais como em ensaios tridimensionais, com diferentes tipos de blocos e modos de arrumação. São exemplos desses testes:

- Os ensaios tridimensionais correspondentes à recarga dos mantos resistentes de diferentes trechos do quebra-mar de Ponta Delgada, constituído por cubos Antifer com diferentes pesos e modos de arrumação (Figura 1 a);
- Os ensaios tridimensionais realizados no âmbito do projeto RodBREAK, representativo da cabeça e do tronco adjacente de um quebra-mar constituído por cubos Antifer de 170 kN colocados de modo arrumado (Figura 1 b);
- Os ensaios bidimensionais realizados no âmbito do projeto BSafe4Sea, representativo da secção correspondente à zona do cais do quebra-mar Oeste do Porto de Peniche, constituído por tetrápodos de 160 kN (Figura 2 a);
- Os ensaios bidimensionais de uma estrutura de proteção marginal constituída por cubos Antifer de 300 kN colocados de modo arrumado (Figura 2 b).

Em todos os casos de estudo, os levantamentos foram realizados no início e no final de cada série de ensaios, com recurso ao sensor de posição Kinect®. Este sensor utiliza a tecnologia “Time of Flight”, a qual estima a posição de um ponto relativamente ao sensor, medindo o tempo que o feixe infravermelho demora a percorrer a distância entre o sensor e o objeto e a regressar, considerando a velocidade da luz. Os levantamentos com o sensor Kinect® foram realizados a uma distância de 2.0 m usando o software Microsoft Kinect fusion. Esta metodologia tem sido alvo de estudos anteriores como ferramenta para levantamentos tridimensionais em modelos físicos de quebra-mares.

O objetivo deste trabalho é utilizar os resultados obtidos nestes quatro casos de estudo para avaliar e melhorar a aplicabilidade do método de avaliação do dano através do volume erodido, consoante o tamanho e tipo de bloco, as diferentes porosidades dos mantos e os diferentes espaçamentos utilizados na criação das malhas criadas a partir das nuvens de pontos.



Figura 1. Casos de estudo em modelo físico tridimensional a) Ponta Delgada; b) Projeto RodBreak



Figura 2. Casos de estudo em modelo físico bidimensional. a) Peniche; b) Proteção marginal

**Palavras-Chave:** Quebra-mar; Modelo físico; Modelos tridimensionais de superfície; Kinect; Porosidade do manto

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FCT o financiamento concedido ao projeto BSAFE4SEA, Ref. PTDC/ECI-EGC/31090/2017.