



DETERMINAÇÃO DO ESPRAIAMENTO EM QUEBRA-MARES DE TALUDE ATRAVÉS DA METODOLOGIA TIMESTACK E ATRAVÉS DE SONDA RESISTIVA. UMA ANÁLISE COMPARATIVA

Rute Lemos¹ – rlemos@lnec.pt

Rafael Fonte^{1,3} – rafael.fonte@epcg.pt

Conceição Juana Fortes¹ – jfortes@lnec.pt

Umberto Andriolo² – uandriolo@mat.uc.pt

José Rito³ – jose.rito@epcg.pt

¹ LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Portugal

² INESC Coimbra, Department of Electrical and Computer Engineering, Universidade de Coimbra

³ EPCG - Escola Profissional de Ciências Geográficas

Resumo. *O objetivo deste trabalho é a comparação de duas metodologias utilizadas na avaliação do espraçamento durante os ensaios em modelo físico bidimensional dos quebra-mares de proteção dos portos de Peniche e da Ericeira, realizados no âmbito do projeto BSafe4sea. As metodologias utilizadas foram a tradicional medição da altura de espraçamento com uma sonda resistiva e uma metodologia baseada em análise de vídeos, tendo sido avaliado o seu desempenho para diversas condições de teste. Em relação aos resultados obtidos, em termos de $Ru_{2\%}$ e Ru_{max} , verificou-se que o andamento e a ordem de grandeza dos valores obtidos com as duas técnicas eram bastante semelhantes, embora os valores obtidos pela análise do vídeo tenham sido, em geral, superiores aos obtidos pela sonda. Constatou-se, assim, que a técnica de imagem de vídeo é uma alternativa viável para medir o espraçamento. Recomenda-se, no entanto, o uso de luz difusa durante os testes, bem como a instalação fixa da câmara, para melhorar a precisão dos resultados obtidos com esta técnica.*

Palavras-chave: *Espraçamento, Análise de vídeo, TimeStack, Modelo Físico, Quebra-mar*

1. INTRODUÇÃO

A determinação do espraçamento em quebra-mares de talude é fundamental para avaliar o risco de ocorrência de galgamento e inundação deste tipo de estruturas marítimas, e, por conseguinte, é fulcral para o dimensionamento dessas estruturas.

No âmbito do projeto BSafe4sea (bsafe4sea.lnec.pt), foi realizado no LNEC um conjunto de ensaios em modelo físico de um perfil dos quebra-mares de talude do porto de Peniche e do porto da Ericeira, cujo objetivo, entre outros, foi a determinação dos valores de espraçamento para diferentes condições de tempestade (Fortes *et al.*, 2021a, Mendonça *et al.* 2021).

Usualmente, a determinação do espraçamento em ensaios em modelo físico é efetuada com recurso a uma sonda resistiva colocada ao longo do talude. No entanto, esta técnica tem algumas limitações, uma vez que não efetua medições corretas quando a lâmina de água ascendente

passa entre a sonda e o talude ou quando o galgamento origina salpicos que atingem a sonda em locais onde que não existe qualquer espraçamento. Uma metodologia alternativa é o uso de câmaras de filmar e de técnicas de processamento de imagem com recurso à metodologia *TimeStack*, proposta por Andriolo *et al.* (2016) e Andriolo (2022).

Esta metodologia baseia-se em imagens, os *TimeStack*, criadas por amostragem e concatenação de um único transepto de pixéis (pré-definido) recolhido de cada uma das *frames* do vídeo, durante um determinado intervalo de tempo. Cada *TimeStack* representa, assim, a variação cromática dos pixéis do transepto ao longo do intervalo tempo correspondente ao segmento de vídeo em análise.

Na presente comunicação, no seguimento do trabalho de Andriolo *et al.* (2016), descreve-se a aplicação destas duas metodologias aos ensaios em modelo físico bidimensionais das secções transversais dos dois quebra-mares dos portos de Peniche e Ericeira, para diferentes condições de teste ensaiadas. Com ambas as metodologias e utilizando uma análise temporal, obtiveram-se e compararam-se alguns dos parâmetros estatísticos obtidos para o espraçamento, nomeadamente, Ru_{max} (máximo de todos os valores de espraçamento medidos), Ru_{min} (mínimo de todos os valores de espraçamento medidos), Ru_m (média de todos os valores de espraçamento medidos) e $Ru_{2\%}$ (valor de espraçamento que excede apenas 2% de todos os valores medidos).

2. DESCRIÇÃO DOS MODELOS FÍSICOS

Os ensaios em modelo físico utilizados neste trabalho foram realizados no canal de ondas irregulares COI1 do LNEC (Fig. 1 **Error! Reference source not found.**), e compreenderam a construção e exploração de duas secções, correspondentes às zonas dos cais dos quebra-mares dos portos de Peniche e da Ericeira. Ambos os modelos foram construídos e explorados à escala 1/50, de acordo com a lei de semelhança de Froude.

O objetivo dos ensaios de ambas as secções dos quebra-mares foi a análise da resposta da estrutura marítima a diferentes estados de agitação incidentes. Nesse sentido, foram efetuadas medições de agitação, espraçamento, galgamento e pressão e a avaliação do dano da estrutura para esses estados de agitação. A descrição detalhada destes ensaios pode ser consultada em Fortes *et al.* (2021b) e Lemos *et al.* (2022).



Figura 1 - Canal de ondas irregulares COI1

No que diz respeito às características das secções dos quebra-mares de talude ensaiadas, verifica-se que no caso de Peniche, o manto resistente tem uma espessura de cerca de 4.0 m, sendo constituído por duas camadas de tetrápodes de 160 kN, cujo talude se desenvolve com um declive de 2:3 entre a cota de coroamento, a +8.0 m (ZH), e a cota de fundação, a -8.0 m(ZH)

(Fig. 2a). No caso da Ericeira, o manto resistente é composto por tetrápodos de 300 kN e desenvolve-se entre as cotas +10.2 m(ZH) e -4.5 m(ZH) num talude de inclinação 2:3 (Fig. 2b).

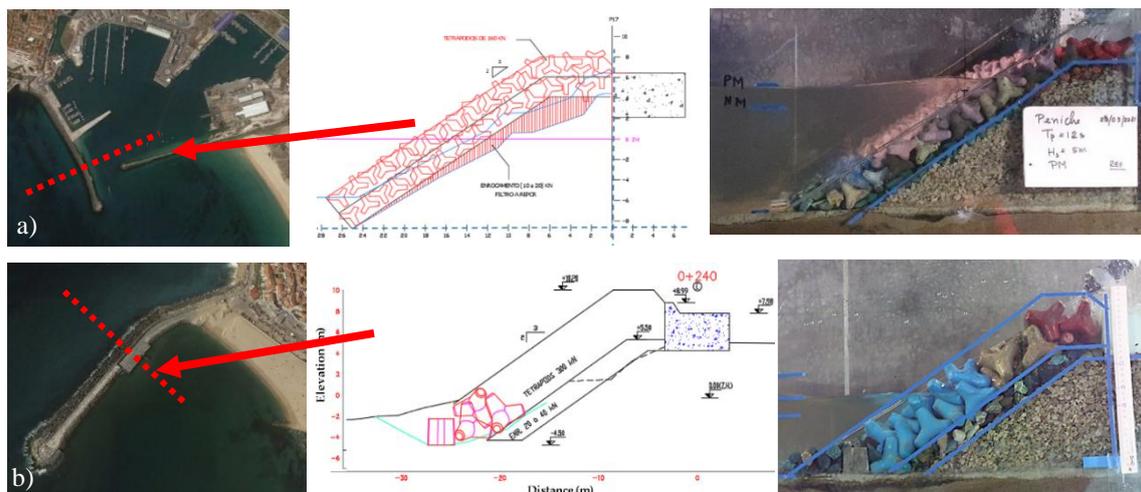


Figura 2 - Características do perfil transversal ensaiado: a) Peniche; b) Ericeira

Em ambos os ensaios, para a medição da propagação da agitação marítima utilizou-se um conjunto de 5 sondas, uma das quais se encontrava no pé do talude. Para a avaliação do espraiamento, efetuou-se a medição da elevação da superfície livre com uma sonda resistiva, colocada ao longo do talude (Fig. 3a) e colocou-se também uma câmara de vídeo para a filmagem do ensaio, posicionada em frente à estrutura (fora do canal), do lado de fora do canal (Fig. 3b).

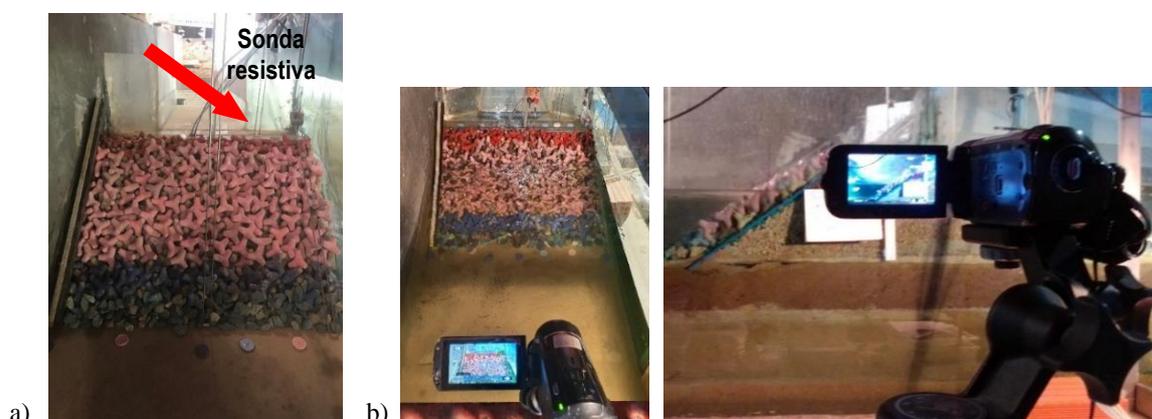


Figura 3 - a) Sonda resistiva b) Câmaras de filmar dentro e fora do canal

Realizaram-se ensaios com agitação irregular, com a duração de 1000 ondas, para três níveis de maré: baixa-mar (BM), nível médio (NM) e preia-mar (PM). As condições de agitação foram:

- Peniche: Períodos de pico de 12 s, 14 s e 16 s associados a alturas de onda significativas, H_s compreendidas entre 4.0 m e 9.0 m;
- Ericeira: Períodos de pico de 12 s e 14 s associados a alturas de onda significativas, H_s compreendidas entre 4.0 m e 9.5 m.

Para efeitos de comparação do espraiamento medido com as duas metodologias foram selecionadas algumas das condições de agitação e níveis de maré, Tabela 1 e Tabela 2.

Tabela 1 - Peniche: Níveis de maré e condições de agitação

Teste	T _p (s)	Hm0 (m)	Profundidade no pé do talude (m)
1	14	4	6.5
2	14	5	6.5
3	14	6	6.5
4	14	7	6.5
5	14	8	6.5
6	14	9	6.5

Tabela 2 - Ericeira: Níveis de maré e condições de agitação

Teste	T _p (s)	Hm0 (m)	Profundidade no pé do talude (m)
1	12	5.0	6.5
2	12	5.5	6.5
3	12	6	6.5
4	12	8	6.5
5	14	5.5	6.5
6	12	5	8.5
7	12	5.5	8.5
8	12	6	8.5
9	12	7	8.5
10	14	4	8.5
11	14	5	8.5
12	14	5.5	8.5

3. METODOLOGIA

3.1 Análise de vídeo

A câmara de vídeo comercial (Samsung Digital Camcorder HMX Q10BP) filmou a sequência de imagens durante o tempo ensaio com uma frequência de 50 frames/s. Os ensaios foram realizados durante o dia, com luz natural. No entanto, para evitar o efeito da luz solar na gravação vídeo, o modelo foi “coberto” com cortinas opacas e foram também colocados dois focos de luz VISICO VC 1000Q visando a seção transversal com o intuito de fornecer luz artificial e, assim melhorar a imagem da câmara de vídeo.

A metodologia seguida para extrair os valores de espraiamento através das imagens vídeo é a de Andriolo *et al.* (2016) e Andriolo (2019) e consiste na aplicação de três módulos de software elaborados em Matlab, cujos principais passos se passam a descrever, utilizando o exemplo do modelo do perfil do quebra-mar de Peniche:

1. O primeiro módulo de software (extractLNEC.m) carrega o filme a analisar e extrai as imagens (frames) com uma frequência de 25/30 imagens por segundo conforme a *frame rate* com que o vídeo foi realizado. O mesmo módulo permite ainda definir a linha transversal (transeto) coincidente com a face do talude do quebra-mar do modelo físico de acordo com a linha vermelha representada na Fig. 4.

O transeto selecionado, deveria corresponder à posição da sonda usada para medir o espraiamento, embora nem sempre seja possível, pois a sonda está sujeita a deslocamentos devido à agitação durante os ensaios.

Da aplicação deste módulo resulta uma imagem *TimeStack*, com base na amostra da série temporal de pixels de cores das várias sequências de imagens extraídas ao longo de todo filme. Obtém-se a elevação da superfície livre sobre o talude, em pixel, na zona definida pelo transeto ao longo do tempo (Fig. 5).

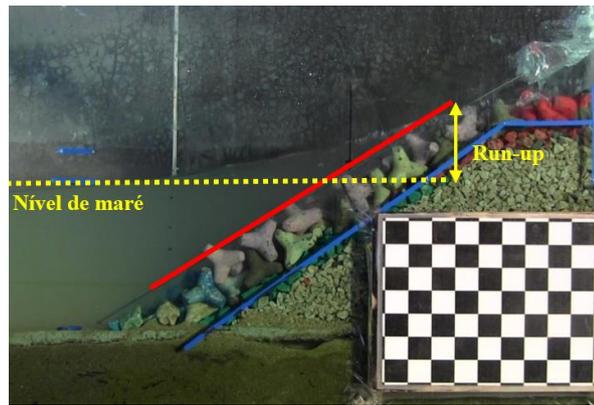


Figura 4 - Peniche. Identificação do nível médio do mar (linha tracejado amarelo) e do transecto relativamente ao qual se calcula o espraçamento (linha contínua vermelha)

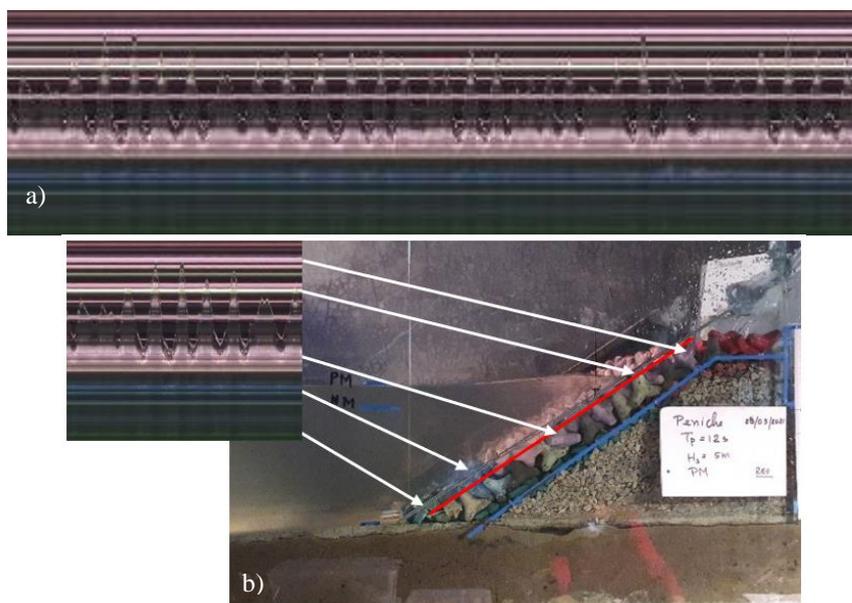


Figura 5 - Imagem *TimeStack* (a) e correspondência no modelo (b)

2. O segundo módulo (RunUpTSK.m) permite identificar manualmente, seleccionando com o rato, as posições dos valores mais elevados da elevação na imagem *TimeStack* (Fig. 6), sendo os valores das coordenadas obtidas (em pixel) guardadas num ficheiro do tipo matriz (.mat) para posterior cálculo do espraçamento.

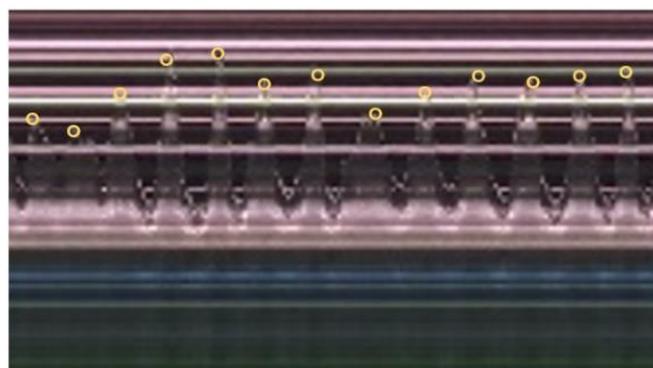


Figura 6 - Seleção de algumas das posições mais elevadas do espraçamento

3. A última fase do processamento consiste na aplicação do terceiro módulo (createprofile.m), onde são calculados os valores discretos de espraio através da transformação das posições marcadas nas imagens *TimeStack* (pixel) em valores de cotas (m) acima do nível médio do mar. Com base nessa série temporal, é realizado o cálculo dos parâmetros estatísticos e produzida uma imagem do *TimeStack* (Fig. 7a) com a projeção da análise estatística da série temporal dos valores do espraio: Ru_{min} (linha tracejada azul), Ru_{max} (linha tracejada vermelha), $Ru_{2\%}$ (linha tracejada preta) Ru_{med} (linha tracejada verde) e Ru_m (linha tracejada rosa) e ainda dos pontos relativos a cada espraio (cruzes vermelhas).

O código desenvolvido em MatLab (Andriolo, 2022) faz a transformação dos valores de pixel para unidades métricas, mediante a definição da geometria do perfil e tendo em conta o nível de maré. Permite ainda projetar os eventos de espraio ao longo da sonda colocada no talude, assinalando-os no talude da estrutura e identificando os pontos correspondentes a Ru_{max} , Ru_{min} , $Ru_{2\%}$ e Ru_{med} (Fig. 7b).

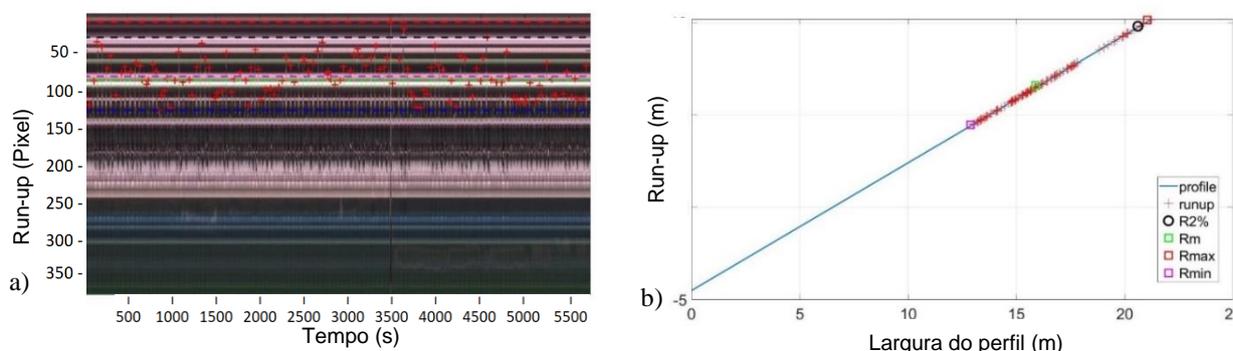


Figura 7 - Projeção de cada run-up e dos parâmetros estatísticos da série temporal (a) Eventos de espraio ao longo do talude e identificação dos pontos correspondentes a Ru_{max} , Ru_{min} , $Ru_{2\%}$ e Ru_{med} . (b)

3.2 Análise temporal

O cálculo dos valores estatísticos do espraio foi efetuado recorrendo à análise temporal do registo da elevação da superfície livre obtida quer pela sonda resistiva, quer pela análise das imagens de vídeo ao longo de cada ensaio. Os valores estatísticos obtidos foram:

- Ru_m : média de todos os valores medidos de espraio;
- $Ru_{2\%}$: valor que excede apenas 2% de todos os valores medidos;
- $Ru_{1/10}$: média do decimo de valores mais elevados medidos;
- Ru_{max} : máximo de todos os valores medidos;
- Ru_{min} : mínimo de todos os valores medidos
- Ru_s : média do terço de valores mais elevados medidos.

No que diz respeito à metodologia utilizando a sonda resistiva, para cada registo de elevação da superfície livre, determinou-se a correspondente série temporal de valores do espraio, calculando a elevação da superfície livre, acima do nível médio do mar (correspondentes apenas às cristas das ondas). De modo a excluir pequenas elevações da superfície livre que alterariam o tratamento estatístico da série, o software de análise, criado em MatLab (Lemos *et al.*, 2021) utiliza um patamar de $0.01 H_{max}$, abaixo do qual a onda não é considerada. Atendendo a que a sonda se encontra colocada sobre o talude, a cota de

espraiamento foi calculada tendo em conta a inclinação da mesma, de acordo com a Eq. (1).

$$Ru = \text{elevação}(\sin \alpha), \text{ onde } \alpha \text{ é a inclinação do talude.} \quad (1)$$

Relativamente à metodologia de análise de imagem de vídeo, com a ajuda do programa MatLab de Andriolo (2022), é possível transformar os valores de pixels para cm e obter os valores de espraiamento, recorrendo formulas fotogramétricas comumente usadas na técnica de video-monitorização. Com base nessa série temporal, é depois efetuado o cálculo de Ru_{\max} , Ru_{\min} , $Ru_{2\%}$ e Ru_{med} , além do nível do próprio perfil.

4. RESULTADOS

Foi realizada a comparação da análise estatística das séries temporais obtidas com ambas as metodologias, para os casos de estudo de Peniche e da Ericeira, correspondentes a vídeos de cerca de 10 e 3 minutos, respetivamente.

A Fig. 8 apresenta duas figuras exemplificativas do *TimeStack* de Peniche e da Ericeira obtidas, com a identificação dos valores do espraiamento: Ru_{\min} (linha tracejada azul), Ru_{\max} (linha tracejada vermelha), $Ru_{2\%}$ (linha tracejada preta) Ru_{med} (linha tracejada verde) e Ru_m (linha tracejada rosa) e ainda dos pontos relativos a cada espraiamento (cruzes vermelhas).

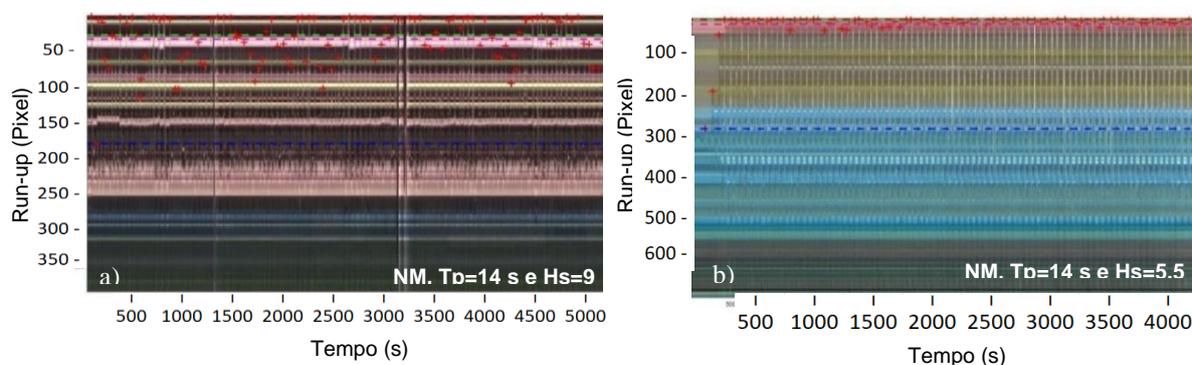


Figura 8 - *TimeStack* de Peniche (a) e da Ericeira (b)

Na Tabela 3 e na Tabela 4 apresentam-se os valores de $Ru_{2\%}$ e de Ru_{\max} obtidos nos casos de estudo da Ericeira e Peniche, respetivamente. Nelas resume-se a análise comparativa entre os valores obtidos com a metodologia de vídeo e com os dados da sonda.

Tabela 3 - Ericeira. $Ru_{2\%}$ e de Ru_{\max} obtidos com a análise de vídeo e com os dados da sonda

Teste	$Ru_{2\%}$			Ru_{\max}		
	Vídeo	Sonda	dif %	Vídeo	Sonda	dif %
NM_Tp12_Hs5.5	8.11	5.14	-37%	8.16	5.17	-37%
NM_Tp12_Hs6	8.17	5.41	-34%	8.20	5.44	-34%
NM_Tp12_Hs8	8.05	5.78	-28%	8.13	6.49	-20%
NM_Tp14_Hs5.5	8.17	6.37	-22%	8.20	6.48	-21%
PM_Tp12_Hs5	6.14	4.83	-21%	6.14	4.84	-21%
PM_Tp12_Hs5.5	6.14	5.93	-4%	6.16	5.93	-4%
PM_Tp12_Hs6	6.09	5.81	-5%	6.11	6.19	1%
PM_Tp12_Hs7	5.61	5.91	5%	5.61	6.44	15%
PM_Tp14_Hs4	6.10	5.22	-14%	6.11	5.22	-14%
PM_Tp14_Hs5	6.12	6.21	2%	6.13	6.61	8%
PM_Tp14_Hs5.5	6.12	6.44	5%	6.12	6.53	7%

Tabela 4 - Peniche. $Ru_{2\%}$ e de Ru_{max} obtidos com a análise de vídeo e com os dados da sonda

Teste	$Ru_{2\%}$			Ru_{max}		
	Vídeo	Sonda	dif %	Vídeo	Sonda	dif %
NM_Tp14_Hs4	6.45	6.97	7%	7.44	8.31	10%
NM_Tp14_Hs5	7.83	10.22	23%	7.87	11.71	33%
NM_Tp14_Hs6	7.88	8.53	8%	7.92	9.68	18%
NM_Tp14_Hs7	7.88	9.62	18%	7.88	10.28	23%
NM_Tp14_Hs8	7.88	9.88	20%	7.92	10.35	23%
NM_Tp14_Hs9	7.89	9.90	20%	7.92	10.39	24%

Relativamente ao caso de estudo de Peniche, na Fig. 9 apresentam-se os resultados de $Ru_{2\%}$ e Ru_{max} obtidos pelas duas metodologias. A linha vermelha delimita a altura correspondente ao bordo livre, R_c , correspondente à altura entre o nível de repouso e a cota máxima do coroamento.

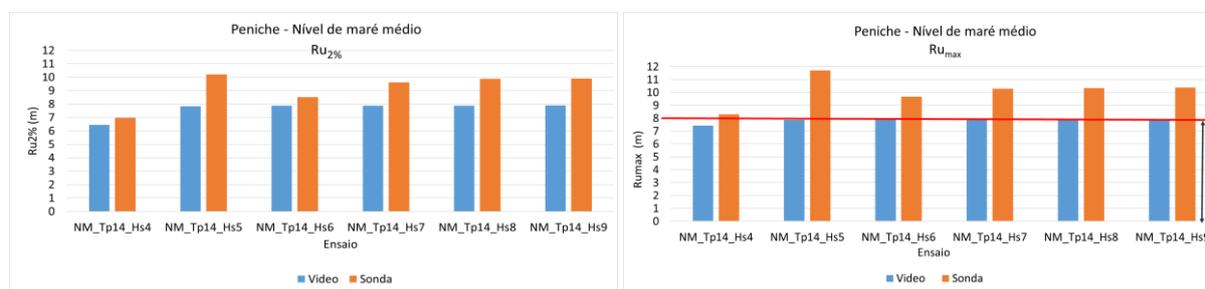


Figura 9 - Peniche. Comparação de $Ru_{2\%}$ e Ru_{max} obtidos com os testes realizados com o nível de maré médio

No que diz respeito ao $Ru_{2\%}$, os valores obtidos através da sonda são superiores aos medidos com a técnica de vídeo com diferenças percentuais que variam entre 7% e 23%.

Analisando a figura correspondente ao Ru_{max} , verifica-se que o bordo livre ($R_c=6.0$ m e $R_c=8.0$ m) é atingido na maioria dos ensaios com Hs superior a 4.0 m, evidenciando a ocorrência de galgamento. Contudo, os valores de Ru_{max} medidos com a sonda são bastante superiores à cota de coroamento. Partindo do princípio de que a cota atingida pelo espraiamento não pode ser superior à cota de coroamento, a análise através da técnica de *TimeStack* afigura-se mais realista. A sobrestimação da análise com sonda justifica-se com a ocorrência de salpicos que atingem zonas da sonda superiores à cota de coroamento.

No que diz respeito ao caso de estudo da Ericeira, apresentam-se na Fig. 10 e na Fig.11 os resultados de $Ru_{2\%}$ e Ru_{max} , respetivamente, obtidos pelas duas metodologias, relativamente aos ensaios realizados com nível médio e nível de preia-mar.

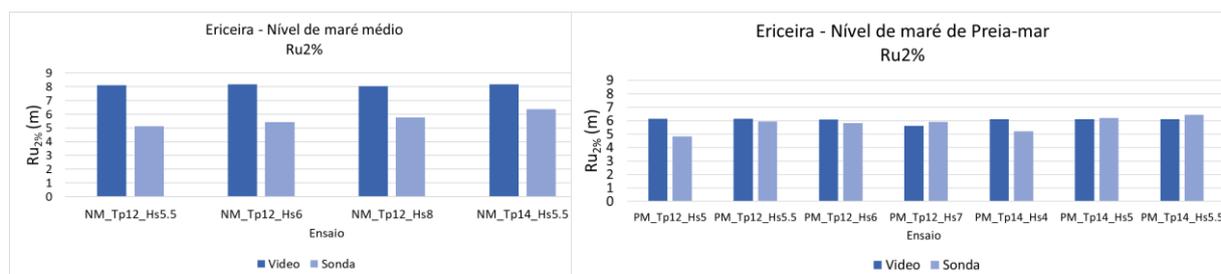


Figura 10 - Ericeira. Comparação de $Ru_{2\%}$ obtidos com os níveis de maré médio e de preia-mar

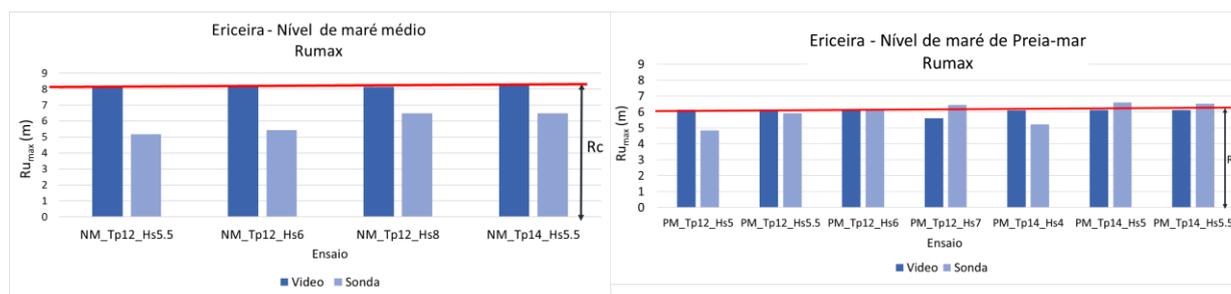


Figura 11 - Ericeira. Comparação de Ru_{max} obtidos com os níveis de maré médio e de preia-mar

No caso de estudo da Ericeira verificou-se que, de um modo geral, tanto os valores de $Ru_{2\%}$ como de Ru_{max} obtidos através da análise da sonda são geralmente menores do que os medidos com a técnica de *TimeStack*, especialmente com o nível de maré médio ou com as menores alturas de onda do nível de maré de Preia-mar, podendo atingir a diferenças percentuais entre 21% e 37%.

Na Fig. 11 correspondente ao Ru_{max} , valendo-nos mais uma vez do valor correspondente ao bordo livre ($Rc=6.2$ m e $Rc=8.2$ m) e sabendo que esta cota foi sempre atingida, dado ter ocorrido galgamento em todos os ensaios, os resultados obtidos pela técnica de *TimeStack* parecem ser os mais credíveis.

Os menores valores obtidos com as medições feitas com a sonda devem-se ao afastamento da mesma, relativamente à superfície do talude. Este afastamento é quase impossível de eliminar devido à natureza irregular do manto de tetrápodos e resulta na passagem da lâmina de água por baixo da sonda na zona mais elevada do talude, reduzindo a extensão de medição do espraiamento ao longo da sonda. Este efeito é mais atenuado com o nível de Preia-mar e com as maiores alturas de onda significativas, levando à aproximação dos valores obtidos com ambas as metodologias.

Em ambos os casos de estudo, as diferenças observadas estão relacionadas com as limitações de ambas as metodologias, nomeadamente: no caso da sonda, a turbulência gerada pelos impactos das ondas na estrutura, poderão fazer com que o transeito definido para produção do *TimeStack* possa deixar de coincidir exatamente com a localização da sonda. Também a passagem das lâminas de água por baixo da sonda ou a medição de salpicos pela mesma podem originar subestimação ou sobrestimação dos valores medidos. A qualidade da imagem, a boa definição do transeito, usando faixas de cores bem distintas na pintura dos blocos do talude e a divisão do filme em partes de duração inferior a 10 minutos poderão contribuir para uma melhor identificação das cristas na imagem do *TimeStack*.

5. CONCLUSÕES

Neste trabalho, descreve-se a aplicação da técnica de vídeo à determinação do espraiamento em quebra-mares de talude com blocos artificiais. Esta técnica foi aplicada durante os ensaios em modelo físico de uma secção do quebra-mar de Peniche, e outra do quebra-mar da Ericeira para os níveis de maré médio e de preia-mar, com períodos de pico de 12 s e de 14 s associados a alturas de onda compreendidas entre 4 e 9 m.

Os resultados obtidos com a técnica de vídeo foram comparados com as medições de uma sonda colocada sobre o talude e confirmaram que a técnica de imagem de vídeo é uma alternativa viável para medir o espraiamento.

Existem, contudo, alguns fatores muito importantes a ter em conta, dado que se trata de uma técnica de análise de imagem. A utilização de faixas de cores bem definidas na pintura dos

blocos do manto resistente é de grande utilidade na definição do transeto e na seleção dos pontos correspondentes às cristas.

A duração do filme não deverá ter muito mais do que 10 minutos, sob pena de a seleção manual das cristas num *TimeStack* muito denso, se tornar pouco precisa.

Como trabalho futuro, pretende-se automatizar a deteção das cristas na imagem do *TimeStack*.

Agradecimentos

Este trabalho foi realizado no âmbito dos projetos BSafe4Sea, Ref. PTDC/ECI-EGC/31090/2017, e To-Sealert (PTDC/EAM-OCE/31207/2017) financiados pela FCT.

REFERÊNCIAS

- Andriolo, U.; Poseiro, P.; Reis, M.T.; Bastos, A.P.; Fortes, C.J.E.M.; Garcia, T. (2016), “Investigating the use of a video-technique for wave run-up measurements on a breakwater in a laboratory flume”. *4as Jornadas de Engenharia Hidrográfica*. Lisboa, 21, 22 e 23 de junho. 478-480pp. ISBN 978-989-705-097-8.
- Andriolo (2019), Nearshore Wave Transformation Domains from Video Imagery. *Journal of Marine Science and Engineering* 7 (6). DOI:10.3390/jmse7060186.
- Andriolo (2022), *MATLAB programs for the video analysis of wave run-up measurements on a breakwater in a laboratory flume*, Bsafe4sea project report.
- Fortes, J.M.E, Lemos, R., Santos, J.A., Reis, M.T. (2021a)., “Avaliação do galgamento e espraiamento em quebra-mares de talude. O caso do porto da Ericeira”. *12º Congresso Nacional de Mecânica Experimental – CNME2020*, Leiria, setembro.
- Fortes, C.J.E.M., Neves, M.G., Mendonça, A., Capitão, R., Pinheiro, L.V., Lemos, R., Zózimo, A.C., Santos, J.A., Soares, F., Henriques, M.J., Reis, M.T. (2021b), “Projeto Bsafe4sea: desenvolvimentos recentes”. *X Congresso sobre Planeamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa*. Rio de Janeiro, 6-10 dezembro.
- Lemos, R.; Santos, J.A.; Fortes, C.J.E.M.; Mendonça, A. (2022), “Damage evolution in physical scale model tests of a stretch of the breakwater of Peniche harbour”. *TEST&E 2022*, Caparica, Portugal.
- Lemos, R. Pina, V. Santos, J.A. Fortes, C.J.E.M.. Reis. M.T. (2021), “Wave Run-Up measurements under very oblique wave incidence”, *Revista Recursos Hídricos da APRH*, Vol. 42, Nº 1, 81-90, março de 2021. https://www.aprh.pt/rh/v42n1_cti-9.html DOI:10.5894/rh42n1-cti9
- Mendonça, A., Fortes, J.M.E., Lemos, R. Neves, M.G. Capitão, R., Pinheiro, L., Costa, C., Reis, R., Simão, J., Soares, R. (2021), “Porto de Peniche: ensaios em modelo físico de um trecho do quebra-mar oeste”. *12º Congresso Nacional de Mecânica Experimental – CNME2020*, Leiria, setembro.

DETERMINATION OF THE RUN-UP IN RUBBLE-MOUND BREAKWATERS THROUGH THE TIMESTACK METHODOLOGY AND THROUGH THE USE OF A RESISTIVE PROBE. A COMPARATIVE ANALYSIS

Abstract: The objective of this work is the comparison of two methodologies used in run-up evaluation during the tests in a two-dimensional physical model of the protection breakwaters of the port of Peniche and Ericeira, carried out in the scope of the BSafe4sea project. The methodologies used were the traditional measurement of the run-up height with a resistive wave gauge and a methodology based on video analysis, having its performance evaluated for some of the test conditions. Regarding the results obtained, in terms of $Ru_{2\%}$ and Ru_{max} , it was found that the magnitude of the values obtained with the two techniques were quite similar, although the values obtained by the video analysis were, in general, higher than those obtained with the wave gauge. Thus, it was found that the video image technique is a viable alternative to measure the run-up. However, it is recommended the use of diffused light during the tests, as well as to attach the video camera to a tripod, to improve the accuracy of the results obtained with this technique.

Keywords: *Run-Up, Video analysis, TimeStack, Physical model, Breakwater*