

DIAGNÓSTICO DE QUEBRA-MARES BASEADO EM OBSERVAÇÕES VISUAIS E LEVANTAMENTOS AÉREOS COM *DRONE*

Rui CAPITÃO¹, Rute LEMOS¹, Conceição FORTES¹, Maria da Graça NEVES¹, Luís Gabriel SILVA¹,
Maria João HENRIQUES¹

1. Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Avenida do Brasil 101, 17000-066 Lisboa, Portugal. rcapitao@lnec.pt,
rlemos@lnec.pt, jfortes@lnec.pt, gneves@lnec.pt, lgsilva@lnec.pt, mjoao@lnec.pt.

RESUMO

Neste artigo descreve-se a metodologia atualmente existente no Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) de observação e monitorização sistemática de obras marítimas, que tem sido aplicada com sucesso a um grande número de estruturas marítimas na costa continental portuguesa e no estrangeiro.

A atual metodologia (OSOM+) de diagnóstico de quebra-mares para avaliação dos estados atual, de evolução e de risco, complementa a anterior (OSOM), baseada somente em observações visuais, utilizando agora também a informação obtida com as inspeções com *drone*. Os resultados obtidos com as observações de *drone*, nomeadamente as fotografias aéreas verticais, os ortomosaicos e a nuvens de pontos, a partir das quais são construídos os modelos digitais de superfície das estruturas, permitem melhor avaliação do dano.

Para ilustrar a aplicação da atual metodologia de avaliação de segurança de quebra-mares, usam-se os resultados da campanha de levantamento aéreo realizada em setembro de 2018 no quebra-mar poente da entrada do porto de Portimão.

Palavras-Chave: OSOM+; inspeções com drone; diagnóstico e segurança de quebra-mares

1. INTRODUÇÃO

O LNEC desenvolveu um programa de Observação Sistemática de Obras Marítimas (OSOM+), sucessor do anterior programa OSOM (Santos *et al.*, 2003), para um conjunto de quebra-mares ao longo da costa portuguesa (Capitão *et al.*, 2018) para monitorização e avaliação contínua dos danos nessas obras. O objetivo final deste programa é monitorizar o comportamento dessas estruturas marítimas e recomendar intervenções, em tempo oportuno, para a sua manutenção e/ou reparação.

O atual programa OSOM+ inclui, para além das inspeções visuais periódicas, com um técnico especializado, as seguintes componentes: inspeções aéreas periódicas, com um VANT/*drone*; a base de dados ANOSOM_SIG, em ambiente SIG, para armazenar e/ou consultar informações obtidas nas campanhas de observação, bem como para diagnosticar os estados atual, de evolução e de risco das estruturas; e uma aplicação informática móvel, portátil, para preenchimento em tempo real e visualização das informações da base de dados.

Assim, a atual metodologia de diagnóstico de quebra-mares para avaliação dos estados atual, de evolução e de risco, utiliza agora também levantamentos aéreos com *drone*, o que permite, por um lado, obter informações mais detalhadas e precisas sobre o estado das estruturas, mas também possibilita uma melhor avaliação da evolução da envolvente das estruturas, uma vez que permite a obtenção de perfis representativos das zonas mais problemáticas das estruturas (Henriques *et al.*, 2016). Paralelamente, permite a obtenção de novas perspetivas, que estarão ocultas a um observador humano que se desloca sobre a estrutura. Dos resultados das campanhas aéreas salienta-se: a) Fotografias aéreas individuais, capturadas em padrão regular e na direção vertical (nadir); b) Ortomosaicos (composições de fotografias ortorretificadas), em que cada fotografia é corrigida de distorções geométricas associadas à lente da câmara e à qual se aplicam, posteriormente, transformações para eliminar os efeitos de perspetiva, inclinação da câmara e relevo; c) Nuvem de pontos a partir da qual é construído o modelo digital de superfície da estrutura; d) Perfis de troços da estrutura.

Com esta informação, é possível efetuar a caracterização do estado de degradação de elementos de troços das estruturas numa determinada data e após um dado período de evolução, de acordo com os itens observados e com critérios previamente estabelecidos e usar as fórmulas específicas para o cálculo dos estados de evolução e risco.

No presente trabalho aplica-se a referida metodologia ao porto de Portimão.

2. DESCRIÇÃO DO CASO DE ESTUDO (PORTO DE PORTIMÃO)

O porto de Portimão desenvolve-se em ambas as margens do estuário do rio Arade, tendo a proteger a sua entrada dois quebra-mares, cujas cabeças se encontram afastadas de cerca de 250 m e cuja construção foi concluída em 1959. O quebra-mar poente enraíza nos rochedos da Fortaleza de Santa Catarina e tem uma orientação norte-sul e cerca de 805 m de comprimento (Capitão *et al.*, 2019). Na Figura 1 apresenta-se o aspeto atual da zona em estudo, o quebra-mar poente da entrada do porto de Portimão (a) e a sua divisão em troços e pontos de referência (b). Nesta figura, cada troço contempla pontos de referência fixos, de coordenadas geográficas conhecidas, também sinalizados nos quebra-mares, a partir dos quais foi possível a obtenção de fotografias georreferenciadas, de acordo com a atual metodologia OSOM+.

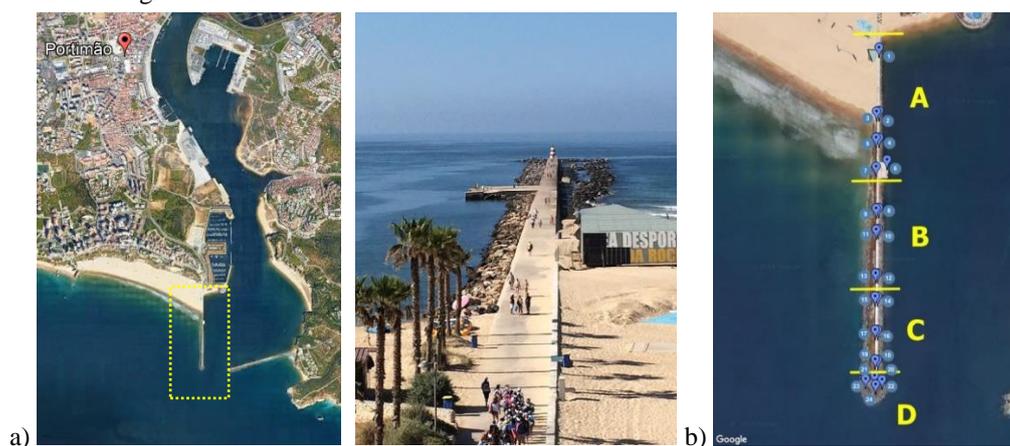


Figura 1 – Quebra-mar poente da entrada do porto de Portimão. a) Localização. b) Troços e pontos de referência

O quebra-mar poente foi observado pela última vez em julho de 2014. A campanha OSOM+ decorreu em setembro de 2018. Da observação visual efetuada nesta campanha, considera-se que as condições globais do quebra-mar poente da entrada do porto de Portimão são, atualmente, boas, apesar dos estragos observados desde há bastante tempo, principalmente na zona do cais (final do troço A). Por isso, recomenda-se vigilância e sinalização nessa zona da estrutura, pois uma eventual ruína do cais poderá pôr em perigo pessoas e bens. Há também que ter em atenção que houve um ligeiro agravamento da degradação do talude interior de todos os troços e que já se observa alguma degradação na zona da cabeça, troço D, especialmente no seu setor interior (ver Figura 2).



Figura 2 – Quebra-mar poente da entrada do porto de Portimão. Troço D (ponto 22, 2018). Aspeto do setor interior da cabeça. a) Vista na direção da cabeça. b) Vista na direção do enraizamento

Na Figura 3 são apresentadas imagens de satélite obtidas através da plataforma *Google Earth*[®], em 2013 e em 2015. Nelas é possível observar a evolução ocorrida no quebra-mar poente do porto de Portimão, que confirma a evolução ligeira observada durante as campanhas de observação visual realizadas neste quebra-mar.

Nas inspeções com recurso a *drone*, efetuaram-se levantamentos fotogramétricos, bem como ações complementares de apoio a estes levantamentos, concretizadas através da coordenação de pontos de apoio,

realizada por taqueometria. Todos os levantamentos aéreos foram realizados em nível de maré de baixa-mar, de modo a maximizar a obtenção de imagens das zonas emersas.

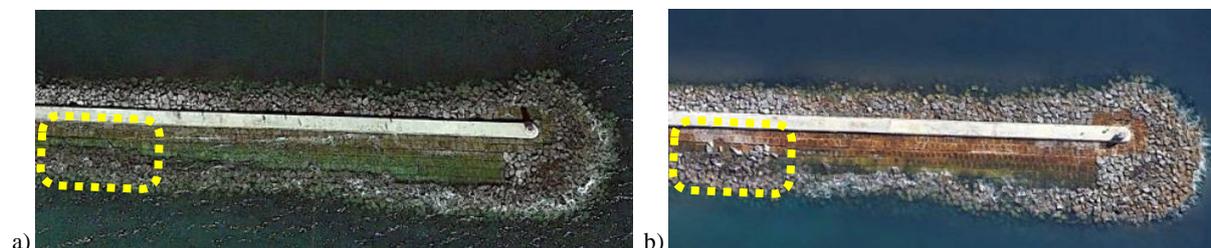


Figura 3 – Quebra-mar poente da entrada do porto de Portimão. Troços C e D. Imagens de satélite a) antes e b) depois da tempestade Hércules

A partir das fotografias aéreas, obteve-se o ortomosaico (com um pixel de cerca de 1.5 cm), apresentado na Figura 4a), e uma nuvem de pontos. A partir desta, mediante utilização do *software* Surfer™, foi gerado um mapa de isolinhas, apresentado na Figura 4b). Para produzir o ortomosaico e a nuvem de pontos usou-se o *software* fotogramétrico Micmac (Rupnik *et al.*, 2017)..

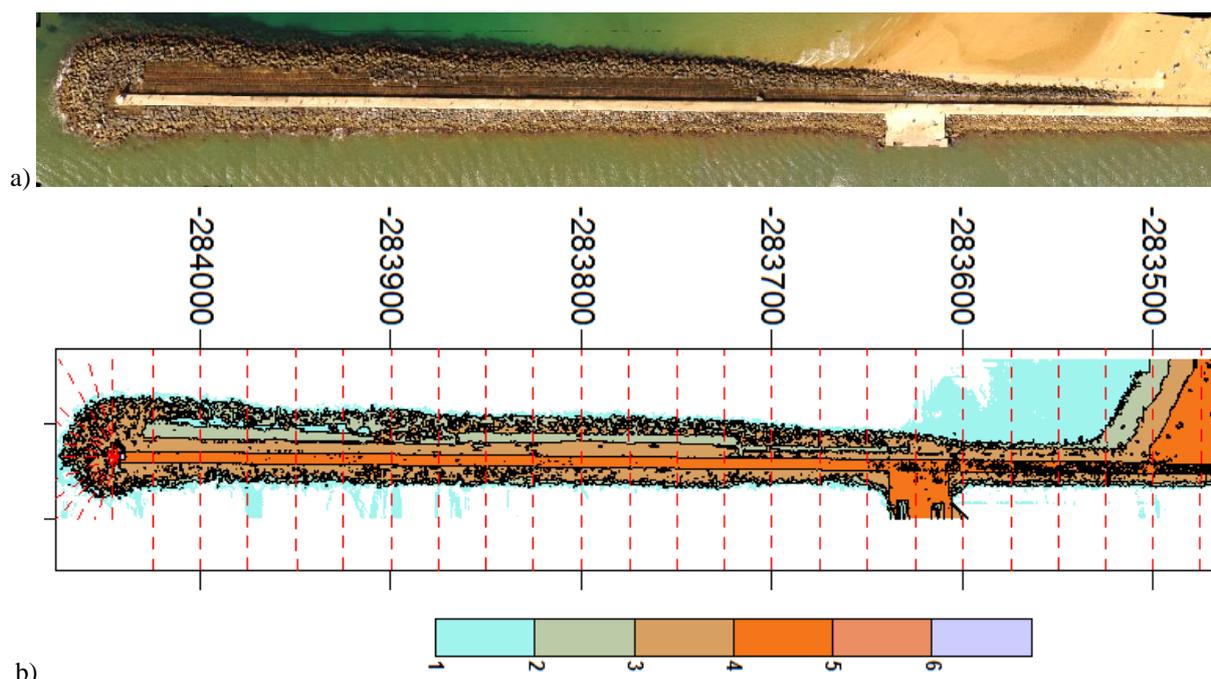


Figura 4 – Novos resultados da atual metodologia aplicada ao quebra-mar poente da entrada do porto de Portimão. a) Ortomosaico. b) Mapa de isolinhas (Coordenadas PT-TM06/ETRS89)

Foram também extraídos numerosos perfis representativos do estado de cada troço do quebra-mar, sendo a distância média entre perfis de cerca de 25 m. Para a cabeça deste quebra-mar, foram levantados perfis radiais adicionais com intervalos de cerca de 15 graus – ver localização na Figura 5a). Para o troço D (zona da cabeça), apresenta-se, na Figura 5b), um dos perfis representativos (P37) desse troço.

Da análise das figuras com os perfis representativos do troço D, de que é exemplo a Figura 5b), verifica-se que aquele apresenta algumas zonas de degradação principalmente no setor interior. São visíveis quedas dos blocos principalmente ao nível do pé do talude. A análise global dos resultados do *drone* corrobora a verificada na observação visual.

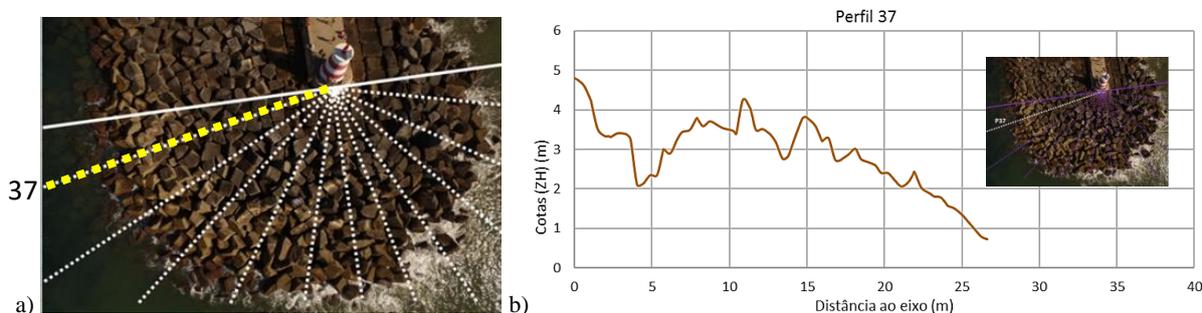


Figura 5 – Novos resultados da atual metodologia aplicada ao quebra-mar poente da entrada do porto de Portimão. a) Localização dos perfis obtidos em cada troço. b) Perfil 37

3. NOTAS FINAIS

A atual metodologia de diagnóstico de quebra-mares para avaliação dos estados atual, de evolução e de risco, complementa a anterior que fazia somente a avaliação com base em observações visuais, ao utilizar agora também a informação obtida com as inspeções com *drone*. Os resultados obtidos com o *drone*, nomeadamente as fotografias aéreas verticais, os ortomosaicos e a nuvens de pontos, a partir das quais são construídos os modelos digitais de superfície das estruturas, são utilizados para definir novos parâmetros de avaliação do dano.

É importante salientar a complementaridade das metodologias de observação utilizadas (visual e com *drone*), que permitem, atualmente, uma caracterização mais detalhada das estruturas marítimas, e contribuem, deste modo, para a avaliação mais precisa do estado das mesmas. Efetivamente, a observação com *drone* permite o acesso a zonas da estrutura que o técnico observador não consegue alcançar. Para além disso, as fotografias obtidas pelo *drone* e o tipo de resultados que delas se pode extrair (ortomosaicos, nuvens de pontos, perfis, modelos numéricos de superfície, etc.) é informação muito relevante para uma análise mais fiável e quantitativa dos estados atual, de evolução e de risco dessas estruturas. Com a realização de futuras campanhas será possível a comparação de perfis, bem como a quantificação das zonas de remoção e deposição de blocos,

AGRADECIMENTOS

Agradece-se o apoio financeiro dos projetos BSAFE4SEA - *Breakwaters SAFETy control through a FORecast and decision support SystEm Analysis*, Ref. PTDC/ECI-EGC/31090/2017 e To-SEAlert - *Wave overtopping and flooding in coastal and port areas: Tools for an early warning, emergency planning and risk management system*, Ref. PTDC/EAM-OCE/31207/2017. Agradece-se também à APS – Administração dos Portos de Sines e do Algarve, S.A. a utilização dos resultados referentes ao caso de estudo (quebra-mar poente do porto de Portimão).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Capitão, R.; Lemos, R.; Henriques, M.J.; Fortes, C.J.E.M.; Neves, M.G.; Silva, L.G.; Reis, M.T. (2018). Systematic observation of maritime works. The new OSOM+. In Proc. 5as Jornadas de Engenharia Hidrográfica, Lisbon, pp. 466-469.
- Capitão, R.; Lemos, R.; Silva, L.G.; Fortes, C.J.E.M.; Neves, M. G.; Henriques, M.J., (2019). Observação Sistemática de Obras Marítimas. Estruturas marítimas da entrada do porto de Portimão. Campanha de observação efetuada em 2018. LNEC - Proc. 0603/121/21561. Relatório 137/2019 – DHA/NPE.
- Henriques, M.J.; Roque, D.; Santos, A.V. (2016). Monitorização de quebra-mares com veículos aéreos não tripulados. In Proc. I Seminário Internacional UAV, Lisbon, Portugal, 10pp. <https://uav2016.weebly.com/>
- Lemos, R.; Silva, J.; Fortes, C.J.E.M.; Reis, M.T. and Lopes, P. (2016). A aplicação ANOSOM_SIG como ferramenta de gestão de risco em estruturas de proteção costeira e portuária. 4as Jornadas de Engenharia Hidrográfica, Lisbon, 21-23 June 2016.
- Maia, A.; Rodrigues, A.; Lemos, R.; Capitão, R. and Fortes, C.J.E.M. (2017). A Web platform for the systematic monitoring of coastal structures. In GISTAM 2017, Porto, pp. 102-111.
- Rupnik, E.; Daakir, M.; Pierrot Deseilligny, M. (2017). MicMac – a free, open-source solution for photogrammetry Open Geospatial Data, Software and Standards 2: 14. <https://doi.org/10.1186/s40965-017-0027-2>.
- Santos, J.A.; Neves, M.G. and Silva, L.G. (2003). Rubble-mound breakwater inspection in Portugal. In Proc. Coastal Structures '03, Melby, J.F. (Ed.), Portland, ASCE, pp. 249-261.