



OSOM+: APLICAÇÃO ÀS ESTRUTURAS MARÍTIMO-PORTUÁRIAS DO PORTO DE SINES

Rui Capitão, Conceição J.E.M. Fortes, Rute Lemos, Luís Gabriel Silva,
Maria Graça Neves, Maria João Henriques, Tiago Martins
Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Avenida do Brasil 101, 1700-066 Lisboa
rcapitao@lnec.pt, jfortes@lnec.pt, rlemos@lnec.pt, lgsilva@lnec.pt,
gneves@lnec.pt, mjoao@lnec.pt, tmmartins@lnec.pt

Resumo

Neste trabalho, descreve-se a aplicação do programa OSOM+ às obras marítimas do Porto de Sines, em especial ao quebra-mar oeste. Assim, serão apresentados resultados de comparação entre as situações observadas em 2018 e 2020 no âmbito de inspeções visuais e com *drone*, mediante apreciação e análise de fotografias georreferenciadas, ortomosaicos, nuvens de pontos, modelos numéricos de superfície e perfis selecionados.

É também ilustrada a forma como a aplicação e base de dados ANOSOM-WEB pode ser empregue quer durante as campanhas de observação, quer em gabinete. Conclui-se este trabalho com a apresentação das vantagens da recente atualização da metodologia e do que se julga ser a sua importância na tomada de decisões sobre a necessidade ou não de realizar obras de manutenção e/ou reparação nestas estruturas, ou similares.

Introdução

Os quebra-mares de talude são das estruturas marítimas mais comuns na proteção portuária em Portugal Continental. Para este tipo de estruturas assume-se que durante a sua vida útil os danos vão acontecer sempre que as condições de projeto são excedidas, com consequente necessidade de execução de reparações. Além disso, os trabalhos de manutenção devem ser realizados sempre que certos estados de fadiga dos elementos e materiais são alcançados. No entanto, para planear essas intervenções em tempo útil e com custo reduzido, é imperativo que as estruturas sejam observadas de forma sistemática ao longo da sua vida, o que permite acompanhar o comportamento da estrutura e avaliar atempadamente quando e como se deverá intervir.

O Laboratório Nacional de Engenharia Civil, I.P. (LNEC) tem em desenvolvimento uma metodologia de Observação Sistemática de Obras Marítimas (OSOM+), (Capitão *et al.*, 2018), cujo objetivo é acompanhar o comportamento de um conjunto vasto de estruturas marítimas da costa de Portugal Continental e permitir a recomendação de intervenções de manutenção nessas estruturas em tempo útil e oportuno.

A atual metodologia OSOM+ surge na continuidade do programa OSOM (Silva, 2015a, 2015b), cuja origem remonta a 1986, o qual teve como objeto a observação das estruturas sob jurisdição do extinto Instituto Portuário e dos Transportes Marítimos (IPTM), através de inspeções visuais periódicas e utilização da base de dados ANOSOM, (Lemos *et al.*, 2002), (Lemos e Santos, 2007).

Desde 2018, esta metodologia atualizada tem vindo a ser aplicada às estruturas marítimo-portuárias do Porto de Sines, nomeadamente aos quebra-mares oeste, de proteção do terminal de carga geral, de proteção do porto de recreio, do porto de pesca e do porto de serviços.

A implementação do OSOM+ nestas estruturas ao longo de vários anos vai possibilitar a avaliação dos estados atual, de evolução e de risco das estruturas do Porto de Sines durante a sua vida útil e, com base no estado de risco, será efetuado adequado planeamento dos trabalhos de manutenção e/ou reparação, o que é extremamente importante do ponto de vista de gestão e de planeamento. De facto, a identificação atempada de um comportamento anómalo de uma estrutura marítima (por exemplo, um movimento excessivo de blocos nos mantos resistentes) pode permitir ações imediatas ou planeadas, as quais, por sua vez, evitam uma degradação



adicional da estrutura. Essa degradação pode tornar uma reparação posterior muito mais cara, se não impossível, ou mesmo causar o colapso da estrutura.

Neste trabalho, descreve-se a aplicação do programa OSOM+ às obras marítimas do Porto de Sines, incluindo a apresentação de resultados de comparação entre as situações observadas em 2018 e 2020 para o caso do quebra-mar oeste.

A metodologia OSOM+

A metodologia OSOM+ inclui as seguintes componentes:

- inspeções visuais periódicas, com um técnico especializado que se desloca ao longo do quebra-mar;
- inspeções aéreas periódicas, com um VANT/drone;
- uso da base de dados ANOSOM-WEB, 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;
- uso da aplicação informática móvel associada à base de dados ANOSOM-WEB, de preenchimento em tempo real e visualização das informações da base de dados.

A inspeção visual, baseada em fotografias e vídeos georreferenciados, permite, de forma rápida e intuitiva, acompanhar o comportamento das estruturas. Também permite, através de análises e diagnósticos de dados, inferir sobre a evolução de possíveis danos na estrutura observada e na provável necessidade de intervenções, prevenindo problemas estruturais futuros. Durante as campanhas de inspeção visual às estruturas, são efetuadas as seguintes ações:

- Num dispositivo móvel (smartphone, tablet), é inserida na plataforma ANOSOM-WEB um conjunto sistemático de fotografias, às quais está associado o posicionamento exato em locais e direções pré-definidos, através de marcação GPS. Além disso, se necessário, podem ser efetuados vídeos panorâmicos de 360° em pontos que, no decurso da campanha, possam ser considerados relevantes para melhor ilustrar e caracterizar o estado atual da estrutura observada. Estas observações são realizadas por um técnico que caminha ao longo do coroamento do quebra-mar e que observa, pelo menos, os três componentes principais do quebra-mar: o manto resistente, a superestrutura e o tardoz (incluindo filtros, se possível). Para cada um desses componentes, o observador é capaz de detetar possíveis mudanças no quebra-mar e nos seus constituintes, ou seja, detetar mudanças na posição dos blocos ou mudanças da sua posição relativa face a outros blocos, fratura de blocos, etc.;
- Ao mesmo tempo, o técnico efetua a caracterização simples do estado do quebra-mar e dos seus constituintes, o que envolve a observação da deterioração dos elementos do quebra-mar, devido aos processos físicos e químicos naturais que podem ocorrer no ambiente marítimo hostil onde essas estruturas estão localizadas. Todas estas informações são inseridas *in-situ* na plataforma ANOSOM-WEB.

A inspeção com drone consiste na obtenção de fotografias aéreas das estruturas utilizando um veículo aéreo não tripulado (VANT, vulgo *drone*). Esta metodologia complementa as informações obtidas em campanhas de observação visual e fornece informações substancialmente mais detalhada e precisas sobre o estado das estruturas, cobrindo principalmente perspetivas ocultas a um observador humano que se desloca sobre a estrutura. Mais ainda, permite uma melhor avaliação da evolução da envolvente das estruturas, uma vez que possibilita a comparação de modelos numéricos da superfície dos quebra-mares e a fácil deteção de alterações (Henriques *et al.*, 2016).



Das campanhas de levantamento aéreo salientam-se os seguintes resultados:

- a) Fotografias aéreas individuais, capturadas em padrão regular e na direção nadiral;
- b) Ortomosaicos (composições de fotografias ortoretificadas), 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 numérico de superfície da estrutura;
- d) Modelo numérico com indicação das zonas com alterações, o que é possível de obter a partir do segundo levantamento (repetição de levantamentos).

Os levantamentos aéreos são complementados com coordenação, por métodos topográficos, de alguns pontos (pontos de apoio), cujas coordenadas são incluídas na geração dos produtos atrás referidos para que estes fiquem integrados em sistemas de coordenadas nacionais.

Notar que a realização das campanhas de observação com *drone* requer condições atmosféricas especialmente favoráveis, nomeadamente inexistência de precipitação e de nevoeiro e, também, vento nulo ou fraco. Deve ainda ser realizada no período de baixa-mar, de modo a maximizar a área da estrutura visível.

A plataforma ANOSOM-WEB, desenvolvida a partir da anterior base de dados ANOSOM, baseada em tecnologias web (*PHP/Laravel, Javascript, Bootstrap/jQuery e Leaflet*) (Maia *et al.*, 2017) e SIG (Lemos *et al.*, 2016), inclui, entre outros, a georreferenciação dos dados (baseado em *spatial features* do SGBD MySQL), a importação de *shapefiles*, e o estabelecimento de cartografia (mapas da ESRI/ArcGIS), mapeamento e visualização de camadas (*layers*) de informação relevante OSOM+.

Foram realizados melhoramentos de usabilidade na interface de utilizador de modo a proporcionar uma navegação mais fácil e intuitiva na nova plataforma. Foram adicionados uma árvore lateral de navegação, perfis de utilizador, capacidades de *logging* e de administração. Toda a navegação e interação no ANOSOM-WEB foi repensada numa lógica *mobile first*, e de modo a ser usável em dispositivos pequenos e com largura de banda limitada. É, assim, atualmente, uma ferramenta para consulta *online* de informações, que permite as seguintes funcionalidades:

- Armazenamento, consulta e análise da informação recolhida sobre os quebra-mares já observados, em particular os dados das campanhas de observação visual e de *drone*, ou outras informações (por exemplo, levantamentos das partes emersas e submersas das estruturas);
- Diagnóstico da estrutura, isto é, os graus dos estados atual, de evolução (correspondente ao grau de evolução durante um certo período de tempo) e de risco (associado à falta de intervenção) para cada troço ou componente do quebra-mar. Este cálculo é realizado através da aplicação de critérios pré-definidos, resultantes da vasta experiência do LNEC na observação deste tipo de obras (Santos *et al.*, 2003);
- Consulta do historial das obras, baseada no leque de informação da estrutura disponibilizada ao LNEC (ano de construção, intervenções realizadas, desenhos de projeto, levantamentos hidrográficos existentes, inspeções submarinas, fotografias aéreas, dados históricos, etc.);
- Caracterização física dos troços no que diz respeito aos limites físicos do troço, geometria, materiais utilizados e perfis-tipo.

A aplicação ANOSOM-WEB segue as boas práticas de desenvolvimento *web*, e está organizada sob padrão de arquitetura “Modelo-Vista-Controlador” (MVC), implementado pela *framework Laravel*. Sucintamente, a aplicação divide-se em 3 camadas de abstração:

- a camada de dados (Modelo), implementa classes de acesso à base de dados que modelam as estruturas de dados que armazenam a informação sobre os quebra-mares (Estruturas, Troços, Ficheiros de Media, Pontos geográficos e Observações Visuais), Figura 1;
- a camada Controlador, implementa a lógica da aplicação, reagindo a eventos de utilizador, emitidos pelo *browser* através de cliques que enviam informação de *input* para diversos endereços (*URL routes*), os quais desencadeiam ações correspondentes no módulo controlador da aplicação;
- a camada Vista, recebe os resultados do processamento no Controlador e integra-os numa página em HTML que é devolvida ao *browser* e apresentada ao utilizador (que, por sua vez, irá produzir novos eventos de *input* e desencadear novas ações).

A interface gráfica da aplicação ANOSOM-WEB foi desenvolvida em HTML e CSS, seguindo as práticas de *responsive design*, ou seja, permitindo adaptação automática ao tamanho da janela de visualização do dispositivo, ocultando dinamicamente elementos da interface em ecrãs pequenos, mostrando-os somente quando o tamanho do ecrã o permite.

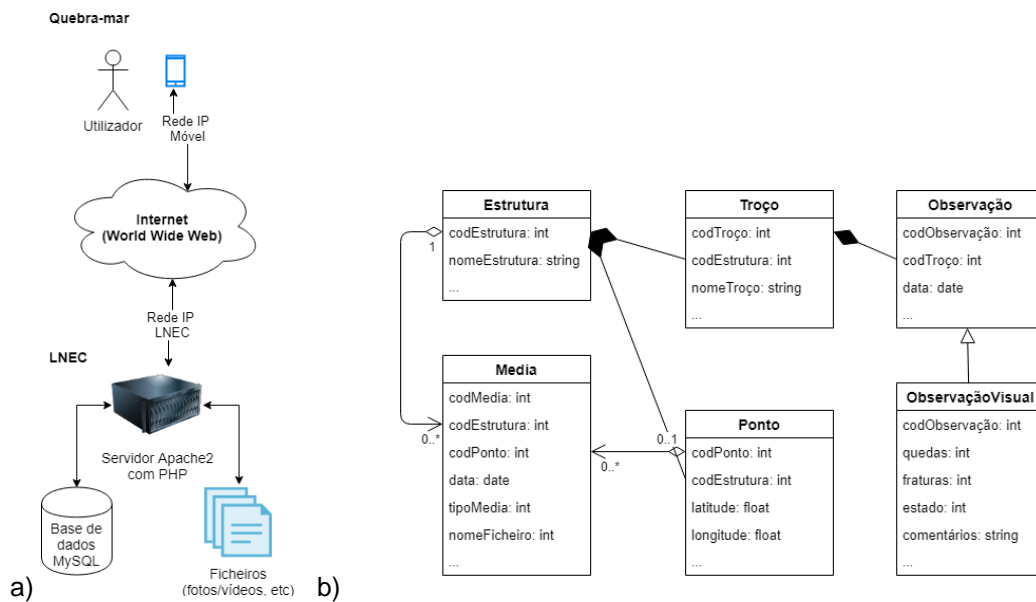


Figura 1. a) Diagrama de utilização da plataforma ANOSOM-WEB; b) Diagrama UML simplificado do modelo de dados OSOM+

Aplicação móvel integrada

A vertente WebSIG da aplicação ANOSOM-WEB permite, num dispositivo móvel, durante as campanhas de observação visual:

- O preenchimento e carregamento (*upload*), em tempo real, das observações visuais (fotografias, vídeos, caracterização dos componentes do quebra-mar, etc.);
- A consulta de informação de campanhas anteriores, nomeadamente: a) Localização dos pontos e das características das fotografias e vídeos associados; b) Fotografias e vídeos respetivos; c) Informação sobre as características físicas das secções do quebra-mar e dos seus componentes; e d) Estados atual, de evolução e de risco, caso existam.



O utilizador pode assim aceder, *in situ*, aos estados atual, de evolução e de risco da estrutura (caso existam), e avaliar no local se a estrutura precisa de reparação ou trabalhos de manutenção imediatos (Figura 2).

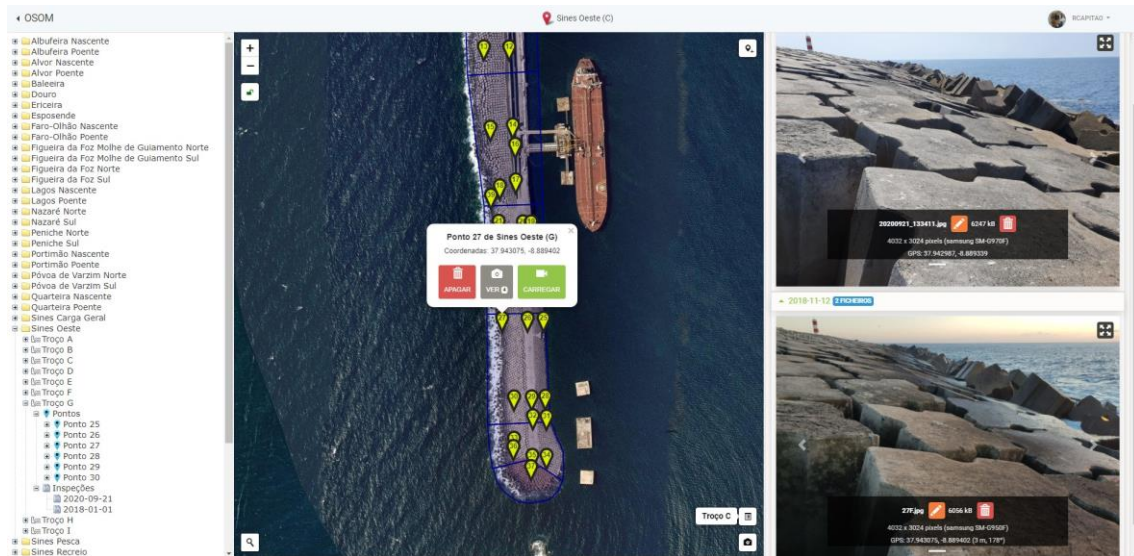


Figura 2. Interface ANOSOM-WEB – Quebra-mar oeste

Atualmente a aplicação ANOSOM-WEB permite o armazenamento e consulta de informação sobre os diferentes troços em que as estruturas são divididas através da utilização de um qualquer browser.

Porto de Sines – O caso de estudo

O Porto de Sines é o maior porto artificial de Portugal, um porto de águas profundas com batimetria natural até -28 m (ZH). Para além de ser o principal porto do país, devido às suas características e localização é também a principal interface de fornecimento de contentores, gás natural, carvão, crude e seus derivados. Possui terminais especializados que permitem o movimento de diferentes tipos de produtos.

Todos esses terminais estão protegidos por quebra-mares de taludes. No programa OSOM+, consideram-se as cinco estruturas marítimas do Porto de Sines identificadas na Figura 3 pelos marcadores “SIN Oeste”, “SIN Terminal Carga Geral”, “SIN Recreio”, “SIN Pesca” e “SIN Serviços”:

- SIN oeste – Quebra-mar oeste, de proteção do terminal REN;
- SIN Terminal Carga Geral – Quebra-mar de proteção do terminal de carga geral;
- SIN Recreio – Quebra-mar de proteção do porto de recreio;
- SIN Pesca – Quebra-mar de proteção do porto de pesca;
- SIN Serviços – Quebra-mar de proteção do porto de serviços.

O resultado das campanhas do LNEC de 2018 e 2020 nestes quebra-mares pode ser consultado em Fortes *et al.* (2019) e Capitão *et al.* (2021), respetivamente. Notar que a estrutura de proteção do Terminal XXI, identificada na Figura 3 por “SIN Terminal XXI”, não foi incluída neste trabalho pelo facto de esta estar, na altura da campanha de 2020, a sofrer obras de expansão (prolongamento de 1000 m), o que impediu a sua observação nesse ano em condições mínimas de segurança.



Figura 3. Porto de Sines. Localização das estruturas que integram a metodologia OSOM+ (adaptado de Google Earth, 2020)

Na Figura 4 apresenta-se a divisão em troços e pontos de referência na observação visual efetuada, com obtenção de fotografias, à estrutura considerada neste artigo, o molhe oeste.



Figura 4. Porto de Sines. Divisão em troços e pontos de referência no quebra-mar oeste

Para ambas as campanhas, mas especialmente para as campanhas de levantamentos aéreos, como já foi referido atrás, foram considerados períodos de observação coincidentes o mais

possível com condições de nível de maré de baixa-mar. Para as campanhas de levantamentos aéreos foram também necessárias condições de meteorológicas especialmente favoráveis.

Nessas campanhas de observação visual e com *drone* (Figura 5) foram coligidos dados relevantes para a avaliação do estado atual das estruturas, nomeadamente fotografias (obliquas e verticais), ao longo dos troços em que aquelas se dividem, bem como outra informação relevante sobre os quebra-mares e os seus constituintes. Para cada um, efetuou-se:

- um conjunto sistemático de fotografias ao longo de cada estrutura, às quais está associado o posicionamento em locais e direções pré-definidos, através de marcação GPS e, quando necessário, foram efetuados vídeos em pontos que, no decurso da campanha, foram considerados relevantes para melhor ilustrar e caracterizar o estado atual da estrutura observada;
- os levantamentos fotogramétricos com o *drone* DJI Inspire V1 Pro (Henriques, 2021), que possui uma câmara fotográfica acoplada, modelo DJI ZENMUSE X3, de 12Mpixel de resolução que forneceram informações mais detalhadas e precisas sobre a condição das estruturas. Com estes levantamentos contruíram-se modelos numéricos de superfície criados com base nos levantamentos;
- o preenchimento, de forma expedita, de informações relevantes no local na plataforma ANASOM_WEB e também o acesso *online* a informação referente a cada estrutura marítima armazenada na respetiva base de dados.

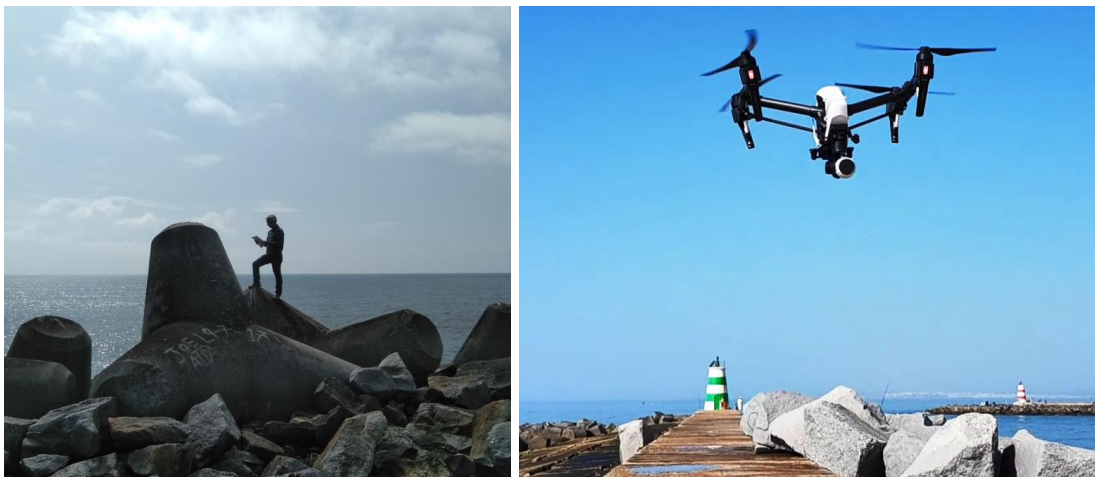


Figura 5. Observação visual (à esquerda) e com *drone* (à direita)

Para realizar o processamento das fotografias aéreas das várias estruturas de Sines, e de forma a obter nuvens de pontos, modelos numéricos de superfície e ortomosaicos, usou-se o software fotogramétrico *Agisoft™ Metashape®*. As nuvens de pontos criadas têm um espaçamento médio entre pontos na ordem de 1.5 cm e os ortomosaicos têm uma dimensão de pixel de cerca de 1.5 cm x 1.5 cm.

Para facilitar alguns trabalhos que envolvem a exploração de dados, nomeadamente para a geração de perfis ao longo dos diferentes troços dos quebra-mares, foram criadas nuvens de pontos com espaçamento de 10 cm e ortomosaicos com pixéis de 10 cm x 10 cm. Recorrendo ao software *Surfer™*, efetua-se ainda, a geração de uma malha regular espaçada de 10 cm, a partir da qual se produziram mapas de isolinhas.

Relativamente ao ortomosaico, a informação é bidimensional (só são obtidas coordenadas X e Y), possuindo características semelhantes a uma planta ou uma carta, podendo a informação altimétrica ser adicionada por sobreposição de isolinhas de altitude. Na nuvem de pontos, cada

ponto tem coordenadas tridimensionais (X, Y, Z) e a cada um destes é atribuída ainda uma cor, obtida a partir do ortomosaico, o que permite obter uma representação 3D do objeto (*rendering* do ortomosaico). A partir da nuvem de pontos pode-se ainda criar um modelo numérico de superfície e calcular, por exemplo, perfis ao longo de planos definidos pelo utilizador.

Resultados

Como exemplo, a Figura 6 apresenta duas fotografias tiradas num ponto pré-definido do quebra-mar oeste (ponto 19, localizado na parte interior do troço G), segundo as direções aproximadas sudoeste e nordeste.



Figura 6. Quebra-mar oeste. Vista na direção da cabeça (à esquerda) e na direção oposta (à direita)

Nas inspeções com recurso a *drone*, a partir das fotografias aéreas, obtiveram-se ortomosaicos com um pixel de cerca de 10 cm (Figura 7a) e a nuvem de pontos, Figura 7b.



Figura 7. Quebra-mar oeste: a) ortomosaico; b) Nuvem de pontos

A Figura 8 ilustra uma fotografia aérea da cabeça do quebra-mar oeste, bem como um pormenor do ortomosaico e do modelo tridimensional da cabeça.



Figura 8 – Quebra-mar oeste: a) Foto aérea (cabeça); b) Pormenor do ortomosaico (cabeça); c) Modelo numérico (cabeça) de 2020 na forma de malha (*mesh*)

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 9a). Para o troço I (zona da cabeça), apresenta-se, na Figura 9b), um dos seus perfis representativos (P59).

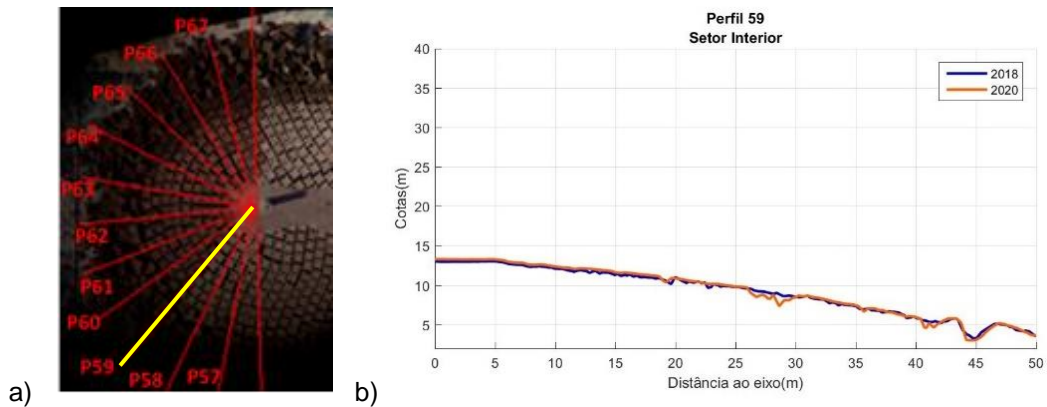


Figura 9. Quebra-mar oeste. a) Localização dos perfis obtidos no troço I (cabeça). b) Perfil 59

Para efeitos de comparação entre a situação de 2020 e 2018, efetuou-se a partir das nuvens de pontos de 2020 e 2018, um mapa de diferenças encontradas, localizadas nas zonas designadas por “Ocorrências” (Figura 10).

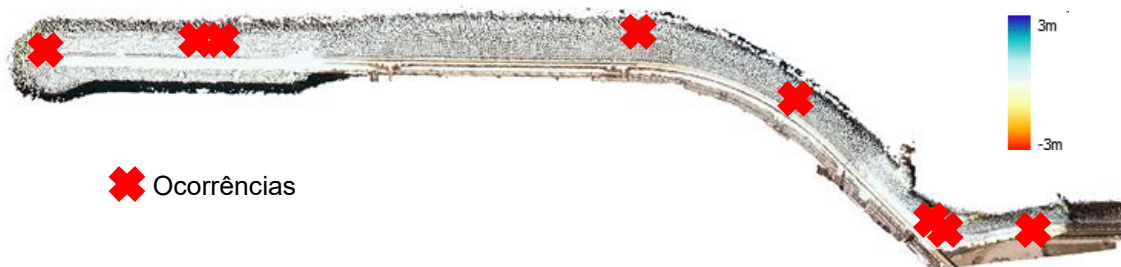


Figura 10. Quebra-mar oeste. Indicação das ocorrências de alterações mais significativas encontradas entre 2018 e 2020

Na Figura 11 mostra-se, como exemplo, a identificação de uma ocorrência de alteração (rotura de um bloco Antifer no manto resistente do troço G), obtida através da comparação dos ortomosaicos relativos às observações com *drone* entre 2018 e 2020.

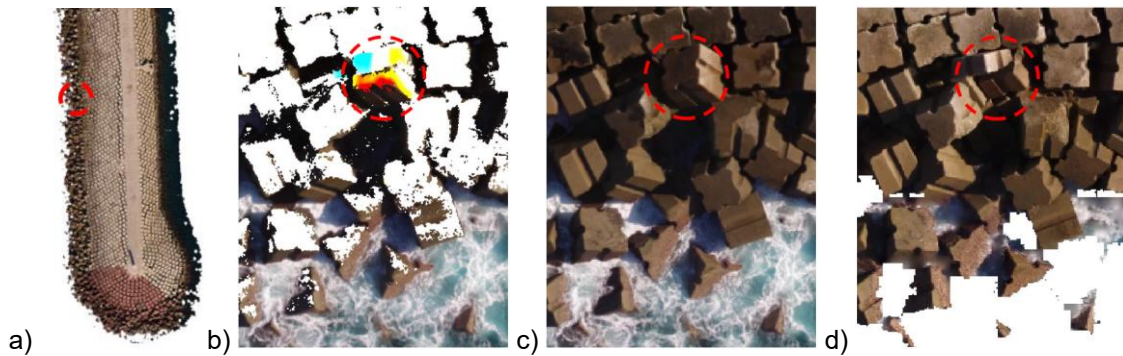


Figura 11. Quebra-mar oeste. Identificação de ocorrência de alterações entre 2018 e 2020 no troço G. a) Localização no quebra-mar; b) Identificação de ocorrência; c) Em 2018; d) Em 2020

As principais conclusões retiradas da observação sistemática realizada em 2020 (Capitão *et al.*, 2021) foram as seguintes:

- O quebra-mar oeste encontra-se globalmente em bom estado;
- A zona de blocos desarrumada dos taludes exteriores da maioria dos troços apresenta degradação, principalmente ao nível da linha da água. Nessa zona, nota-se falta de blocos e a dispersão dos mesmos;
- Nos taludes exteriores dos troços D e E (e mesmo o troço C), verifica-se deslizamento/assentamento/escorregamento dos blocos na zona de blocos arrumada, principalmente nas fiadas mais próximas da linha de água. É também visível um espaçamento entre o coroamento e a 1^a fiada de cubos, o qual não é uniforme ao longo dos troços;
- O talude interior da zona G apresenta fissuras significativas ao nível do cabeço de amarração e nas respetivas escadas;
- Na zona da cabeça, na zona de blocos desarrumados são evidentes as falhas de blocos no talude devidas a movimentos e quedas de blocos e dispersão de blocos ao nível da linha de água. A inclinação do talude também sofreu alterações;
- Em geral, não foram observadas alterações significativas entre 2018 e 2020, na maioria dos seus troços. Há, no entanto, de assinalar algumas ocorrências de alterações que são causadas essencialmente por deslizamento/rotação de blocos artificiais e/ou de enrocamento e que devem ser monitorizadas em inspeções futuras.

Face ao exposto, constata-se que, de uma forma geral, o quebra-mar oeste não apresenta indícios de risco elevado (embora a análise de risco efetuada seja deficitária pois baseia-se apenas em 2 campanhas de observação) mas existem troços, atrás referidos, que suscitam alguma preocupação e que merecem especial atenção em próximas inspeções, para se avaliar se as anomalias detetadas evoluem ou não.

Conclusões

O presente trabalho descreve a observação sistemática do molhe oeste do Porto de Sines, através da inspeção visual e com *drone*.

É importante notar a complementaridade destas metodologias de observação utilizadas, que permitem 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 digitais de superfície, etc.) é informação muito relevante para uma análise mais fiável e quantitativa dos estados atual, de evolução e de risco dessas estruturas, não prescindindo, todavia, de um procedimento de análise avalizado.

Assim sendo, e tendo como referência o quebra-mar oeste do Porto de Sines, o qual assume uma grande importância a nível local e nacional, é opinião do LNEC de que a implementação da metodologia OSOM+ ao referido quebra-mar devia ser efetuada com uma periodicidade anual, pois tal permitiria um melhor acompanhamento da obra com a metodologia OSOM+.

Não estando contemplado no plano de trabalhos aprovado pela APS, o LNEC considera de grande importância a realização de campanhas de observação extraordinárias, a terem lugar após a ocorrência de eventos particularmente severos para a integridade do quebra-mar, porque só nessas condições se poderão obter mais certezas sobre o comportamento da estrutura e relacionar diretamente eventuais estragos com as características das solicitações, contribuindo para que se possa, no futuro, mais facilmente antever necessidades de intervenção. Também, dado que o presente programa de monitorização (que se iniciou em 2018) contempla apenas a parte emersa dos quebra-mares em estudo, seria de todo o interesse a realização de levantamentos da parte submersa dos quebra-mares oeste e leste, que desta forma completaria o diagnóstico das estruturas observadas.

Finalmente, no seguimento do trabalho realizado até agora, e embora o período de observação seja ainda curto para a obtenção de resultados conclusivos sobre o comportamento a médio prazo das diversas estruturas observadas no Porto de Sines, os dados já disponíveis desde 2018 fornecem indicadores positivos quanto ao seu comportamento, pelo que, salvo qualquer acontecimento extraordinário de agitação marítima, as estruturas observadas não deverão necessitar de intervenções urgentes para restabelecimento das suas condições de segurança, a curto prazo. A próxima campanha de observação por parte das equipas do LNEC está agendada para o corrente ano de 2022.

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-SEAAlert - *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 oeste do Porto de Sines).

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.; Fortes, C.J.E.M.; Lemos, R.; Neves, M.G.; Silva, L.G.; Henriques, M.J. (2021). "Observação Sistemática de Obras Marítimas das Estruturas Marítimo-portuárias do Porto de Sines. Quebra-mares oeste, de proteção do terminal de carga geral, de proteção do porto de recreio, do porto de pesca e do porto de serviços. Campanha de observação efetuada em 2020". Relatório 413/2021 – DHA/NPE.
- Fortes, C.J.E.M.; Capitão, R.; Lemos, R.; Silva, L.G.; Neves, M.G.; Henriques, M.J. (2019). "Observação Sistemática de Obras Marítimas das Estruturas Marítimo-portuárias do Porto de Sines. Quebra-mar oeste. Campanha de observação efetuada em 2018". Relatório 247/2019 – 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/>
- Henriques, M.J. (2021). "Levantamento fotogramétrico com *drone* dos quebra-mares de Sines. Levantamento realizado em 2020". Relatório 169/2021 – DBB/NGA.
- Lemos, R.; Reis, M.T.; Silva, L.G. (2002). "Observação sistemática de obras marítimas. ANOSOM – Base de dados de comportamento de estruturas. Manual do utilizador". Relatório 318/2002 – DHA/NPP.
- Lemos, R.; Santos, J.A. (2007). "ANOSOM - Análise da observação sistemática de obras marítimas". In Proc. 5as Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária, Lisboa.
- 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, Lisboa, 21-23 Junho 2016
- Maia, A.; Rodrigues, A.; Lemos, R.; Capitão, R.; Fortes, C.J.E.M. (2017). "A *Web platform for the systematic monitoring of coastal structures*". In GISTAM 2017, Porto, pp. 102-111.
- Santos, J.A.; Neves, M.G.; Silva, L.G. (2003). "*Rubble-mound breakwater inspection in Portugal*". In Proc. Coastal Structures '03, Melby, J.F. (Ed.), Portland, ASCE, pp. 249-261.
- Silva, L.G.; Capitão, R. (2015a). "Observação Sistemática de Obras Marítimas. Estruturas marítimas da costa oeste de Portugal continental. Campanhas de observação visual efetuadas em 2014". Relatório 116/2015 – DHA/NPE.
- Silva, L.G.; Capitão, R. (2015b). "Observação Sistemática de Obras Marítimas. Estruturas marítimas da costa sul de Portugal continental. Campanhas de observação visual efetuadas em 2014". Relatório 120/2014 – DHA/NPE