



PROJETO DE REABILITAÇÃO DOS MOLHES DA BARRA DE FARO-OLHÃO

Lucília Luís, Sofia Costa Freire, João Barros (CONSULMAR – Projetistas e Consultores, Lda.),
Luiz Paulo Ferreira (Administração dos Portos de Sines e do Algarve - APS)
lucilia.luis@consulmar.pt, sofia.freire@consulmar.pt, joao.barros@consulmar.pt,
luiz.ferreira@apsinesalgarve.pt

Resumo

A presente comunicação apresenta e descreve as várias soluções adotadas a nível de projeto de execução na reabilitação dos molhes de guiamento da Barra de Faro-Olhão (molhe nascente e poente), cuja definição foi antecedida por uma análise da composição e do estado das estruturas, tal como das condições de agitação e escoamento existentes. O pré-dimensionamento dos mantos de proteção para um período de retorno de 100 anos foi baseado na realização de um estudo de agitação, onde se combinou a utilização quer de métodos empíricos como de modelação matemática, apoiados nos registos da boia Costeira de Faro ao longo de um período de 34 anos (setembro de 1986 a maio de 2020).

1. Introdução

Na sequência dos sucessivos estragos e do contínuo processo de degradação sofrido pelos molhes da Barra de Faro-Olhão, pretendeu a APS, S. A. reabilitar os molhes Nascente e Poente, da Barra de Faro-Olhão. Uma síntese do Projeto da Reabilitação de 2022/2023 é aqui apresentada.

A abertura artificial da Barra de Faro-Olhão, com objetivo de garantir as condições de navegabilidade, remonta ao ano de 1927, com a construção dos dois molhes de guiamento. Durante os séculos XX e XXI e na sequência de vários temporais com consequentes estragos, estas estruturas foram submetidas as várias intervenções de reabilitação e reforço.

A atual obra de fixação da barra é composta pelos dois molhes de guiamento, um molhe nascente com aproximadamente 930 m e um molhe poente com um comprimento total de aproximadamente 410 m, ambos com cotas de coroamento, relativamente baixas (+5,5 m ZH).

Esta barra pertence ao sistema lagunar da Ria Formosa, sistema muito complexo e dinâmico, que se encontra em constante mutação e cujas ações das correntes de maré, a solicitação das ondas e a dinâmica sedimentar, interferem no seu comportamento e estabilidade.

2. Caracterização da Situação Atual

2.1 Antecedentes

A abertura artificial da barra conduziu a um grande assoreamento na parte nascente da Ilha da Barreta, a barlamar, e erosão bastante significativa da parte poente da Ilha da Culatra, a sotamar, assim como a transformações importantes no comportamento hidrodinâmico lagunar. Tendo mesmo condicionado a eficiência hidráulica da Barra da Armona, o que conduziu ao seu estreitamento, sendo atualmente a sua eficácia extremamente reduzida.

O canal da barra de Faro-Olhão, foi projetado para manter cotas entre 4,0 e 4,5 m abaixo do Zero Hidrográfico, no entanto foi, progressivamente, ficando mais fundo até atingir profundidades máximas na ordem dos 50 m [-47 m (ZH)], na zona exterior da barra, assim aumentando a secção de escoamento. Consequentemente, surgiram problemas de segurança no que respeita à navegação devido às fortes correntes de vazante e de enchente e a graves danos nos troços interiores e cabeças dos molhes. Conclui-se que a abertura da barra através da construção dos molhes alterou a circulação hidrodinâmica e os balanços sedimentares nesta zona do sistema.

2.2 Condições naturais

Fizeram parte do projeto de reabilitação a caracterização das condições naturais relativas, à morfologia, natureza dos fundos, topo-hidrografia, ventos, marés e níveis de água, prisma e



correntes de maré, agitação marítima e regime de extremos. Procedendo-se no âmbito desta comunicação apenas à descrição das ondas de dimensionamento adotadas resultantes da análise do regime de extremos.

Para a caracterização da agitação, incluindo o regime de extremos recorreu-se aos registos disponíveis da boia direcional Costeira de Faro, por esta se encontrar bastante próxima da zona de interesse e por ser a que apresenta maior amostra de registos, desde setembro de 1986 a maio de 2020. No dimensionamento e verificação estrutural das obras marítimas procedeu-se à extrapolação das alturas máximas anuais, com base na distribuição de máximos de Gumbel. Neste caso optou-se por estimar a altura de onda por duas vias e selecionar a que nos pareceu mais adequada.

Assim, com base no estudo de agitação (no qual se aplicou o módulo SW – Spectral Waves do modelo MIKE21), estimou-se a altura de onda a um comprimento de onda da estrutura, para um período de retorno $T_r = 100$ anos, nível de maré médio e para os vários rumos.

A segunda abordagem foi, tendo em conta o forte declive na zona de fundação das cabeças, estimar a altura de onda no pé da estrutura, ou seja as alturas de onda compatíveis com os fundos no pé do talude das cabeças e ao longo do molhe Nascente, recorrendo ao método proposto em Seelig W. N. "Estimating Nearshore Significant Wave Height for Irregular Waves".

Dado o historial da obra e a contínua erosão dos seus fundos, considerou-se que o dimensionamento desta deveria ser realizado para um nível mais conservativo, pelo que o manto de proteção foi dimensionado para uma altura de onda de $H_{1/10}$.

Tabela 1. Ondas de dimensionamento
($T_r=100$ anos).

| Zona | Cabeça Poente | Cabeça Nascente | Tronco do molhe Nascente | |
|------------|---------------|-----------------|--------------------------|------|
| | P1 | P2 | P4 | P5 |
| $H_{1/10}$ | 5.82 | 5.89 | 5.73 | 4.86 |

2.3 Análise e diagnóstico do estado das estruturas

No âmbito do programa OSOM (observação que tem vindo a ser feita desde 2014 pelo LNEC), refere-se que, as zonas que apresentam maior fragilidade e instabilidade do molhe nascente são o setor interior da cabeça e o talude interior da extensão final, devido às grandes profundidades registadas nas imediações deste local. É igualmente referido (Fortes, C. J. *et al*, 2019), que o talude exterior protegido por manto de enrocamentos, se encontra em bastante mau estado, com focos de degradação, aparentando uma evolução lenta.

O molhe poente, tem sofrido bastantes danos, principalmente no paramento interior, tendo-se procedido ao seu reforço, no início do século. A solução, então adotada, foi de construção de uma nova estrutura paralela concêntrica, aderente ao intradorso da obra antiga, assumindo-se a contínua degradação da estrutura original. As campanhas de observação entretanto realizadas (Fortes, C. J. *et al*, 2019 e Capitão, R. *et al*, 2021), confirmaram que a situação da estrutura antiga continua a degradar-se, mas a um ritmo bastante lento.

Verificou-se na visita efetuada no âmbito deste projeto, que os últimos 200 m do molhe poente, apresentavam zonas com perda de finos dando origem a processos de infraescavação, estima-se que estes processos se tenham iniciado por volta de 2007, progredindo gradualmente.

No âmbito do Projeto de Execução, foram ainda fornecidos pela APS, os seguintes estudos realizados, que vieram confirmar o estado dos molhes e complementar a sua caracterização:

- Levantamento topo-hidrográfico com multifeixe (SeaMap, 2022);
- Levantamento sísmico por GPR – análise dos coroamentos (Everest Geophysics, 2022);
- Prospecção geotécnica (Monteiro, C. e Rodrigues, C., 2022 e 2022a):
 - Ensaios com esclerómetro - avaliação da resistência do betão, método não destrutivo;
 - Ensaios com piezómetro sísmico - caracterização dos solos nas zonas adjacentes.

Em suma, a ação das correntes e das ondas tendem a erodir a fundação e a provocar o assentamento de toda a estrutura. Admite-se, assim, que a generalidade das anomalias



detetadas não resultarão de falta de peso individual dos blocos, mas essencialmente de fenómenos de erosão sobre a fundação. Apenas nas cabeças, por serem também solicitadas pelas ondas, os estragos serão resultantes das duas ações: correntes e ondas.



Figura 1. Cabeça. Molhe Nascente



Figura 2. Cabeça e troço adjacente. Molhe Poente

3. Dimensionamento dos mantos resistentes

A ação sobre o fundo do canal e dos taludes laterais resulta das correntes do escoamento da maré e das induzidas pela ação das ondas. A quantificação do efeito da ação das correntes foi feita de acordo com o Rock Manual, com recurso à formulação proposta por Pilarczyk. Para a distribuição espacial dos valores da velocidade, foram adotados os resultados do modelo hidrodinâmico da Ria Formosa (sistema de modelos numéricos MOHID), implementado pelo grupo Consulmar/Hidromod no âmbito dos estudos preliminares do Projeto da Barra e Canal de Acesso ao Porto de Faro

Para o dimensionamento dos novos mantos de proteção, dadas as suas particulares condições de exposição às ondas, considerámos blocos do tipo Antifer, mais robustos e de maior peso que os blocos existentes, utilizando a Fórmula de Hudson.

4. Intervenções propostas

As soluções que se propõem para fazer face aos problemas encontrados consistem em:

- Remoção do material do manto de proteção degradado e de peso insuficiente e seu depósito ao longo do talude interior;
- Melhoria das condições de estabilidade dos taludes, através da regularização e preenchimento do submanto e colocação de blocos mais sólidos e de alta densidade (menor volume, redução do espaço ocupado), incluindo o robustecimento do pé de talude para boa sustentação destes;
- Demolição e reconstrução da superestrutura do molhe poente na cabeça e troço adjacente;
- Consolidação do troço montante do molhe poente com recurso a cortina de micro-estacas.

Dada a geometria dos taludes, muito profundos e muito íngremes, principalmente nas zonas das cabeças, umas das dificuldades encontradas foi a garantia do travamento do pé de talude dos novos mantos resistentes, cuja substituição é feita apenas na parte mais ativa do molhe.

Uma das formas de contornar o problema foi colocar o material resultante da remoção dos mantos, a consolidar e alargar os taludes para garantir o apoio dos novos mantos. A outra foi prever blocos de alta densidade nos mantos resistentes das cabeças, cujo volume é menor, conduzindo a mantos menos espessos. Desta forma reduz-se também a capacidade da grua que será necessária para colocação destes mantos.

Para o problema da infraescavação e perda de finos que ocorre no troço montante do molhe poente, foi proposta uma solução de reforço com recurso a cortinas de micro-estacas, continua no lado exterior e descontinua no lado interior do molhe.



Tabela 2. Solução adotada para o reforço e robustecimento dos molhes.

| Zona do Molhe | Extensão Perfis | Talude | | Cota fundação pé (m ZH) | Tipo Bloco | Volume Bloco (m ³) | Densidade Betão (kN/m ³) | Peso (kN) |
|--------------------------|------------------|--|------------------|-------------------------|---|---|--------------------------------------|-----------|
| | | Lado | Inclinação (H/V) | | | | | |
| Cabeça Poente e Nascente | - | Rotação Cabeça Extradorso Intradorso | 3/2 | - 10.2 | Antifer Novos | 8.2 | 27 | 221.4 |
| Tronco | 120 m (PN3-PN11) | Extradorso | 3/2 | - 5.0 | Antifer Novos | 8.2 | 24 | 196.8 |
| | | Intradorso | | - 5.0 | Antifer Novos | 8.2 | 24 | 196.8 |
| | 80 m (PN9-PN12) | Extradorso | 3/2 | - 5.0 | Antifer Novos | 8.2 | 24 | 196.8 |
| | | Intradorso | | - 0.5 | Antifer Novos | 4.6 | 24 | 110.4 |
| | 370 m (PN13-N22) | Extradorso | 3/2 | - 5.0 | Antifer Novos | 4.6 | 24 | 110.4 |
| | | Intradorso | | Variável | Robustecimento com Enrocamentos Reaproveitados ou Novos | | 90-120 | |
| Tronco /Curva | 140 m (PN22-N27) | Extradorso | 3/2 | - 5.0 | Antifer Reaproveitados | Blocos removidos da cabeça existente, peso estimado na ordem dos 300 kN | | |
| | | Intradorso | | Variável | Robustecimento com Enrocamentos Reaproveitados ou Novos | | 90-120 | |
| Tronco | 190 m (PN28-N32) | Extradorso | 3/2 | Variável | Robustecimento com Enrocamentos Reaproveitados ou Novos | | 90-120 | |

5. Conclusões

O conceito das intervenções, consiste em reaproveitar o material removido, seja através da sua reaplicação nos mantos resistentes da zona ativa do molhe, mas onde as solicitações são inferiores às da sua localização original, seja depositando na parte submersa dos taludes interiores para reforço dos mesmos contra o efeito erosivo das correntes.

O objetivo da reaplicação dos materiais, tem não só preocupações financeiras como ambientais, tentando-se que as deslocções para deposição dos materiais sejam as mais curtas possível. Com o reaproveitamento dos blocos artificiais existentes, pretende-se reduzir o fabrico de novos blocos e o seu transporte para os molhes da barra, cujo único acesso é por via marítima.

Referências Bibliográficas

- Capitão, R. *et al* (2021). "OBSERVAÇÃO SISTEMÁTICA DE OBRAS MARÍTIMAS DOS PORTOS DO ALGARVE. Estruturas marítimas da barra de Faro-Olhão e do porto de Portimão. Campanha de observação em 2020". LNEC - Proc. 0603/1201/21561. Relatório 413/2021 – DHA/NPE. 62pp.
- Everest Geophysics (2022). "ESTUDO GEOFÍSICO PARA A INSPEÇÃO DE DOIS QUEBRAMAR NA ILHA DESERTA E ILHA DO FAROL, FARO, (PORTUGAL)". Versão 1. Cod. Proj. PR22-036-GPR-FARO.V1. 51pp
- Fortes, C. J. *et al*. (2019). "OBSERVAÇÃO SISTEMÁTICA DE OBRAS MARÍTIMAS DOS PORTOS DO ALGARVE, Estruturas marítimas da barra de Faro-Olhão. Campanha de observação efetuada em 2018". LNEC – Proc. 0603/121/21561. Relatório 57/2019 – DHA/NPE. 138pp
- Monteiro, C. e Rodrigues, C. (2022). "Ensaio com Esclerómetro. Relatório de Inspeção e Diagnóstico. Ilhas de Faro (Deserta e do Farol)". Laboratório de Geotecnia. Politécnico da Guarda. 9pp
- Monteiro, C. e Rodrigues, C. (2022a). "Ensaio com Piezómetro Sísmico - SCPTu. Relatório. Ilhas de Faro (Deserta e do Farol)". Laboratório de Geotecnia. Politécnico da Guarda. 71pp
- SeaMap (2022). "Levantamento Topo-Hidrográfico realizado no canal de acesso ao Porto de Faro".