



MODELAÇÃO NUMÉRICA DE ALIMENTAÇÕES ARTIFICIAIS NO PERFIL DE PRAIA: EFEITO NA REDUÇÃO DE GALGAMENTOS COSTEIROS

Carlos Coelho¹; Andrei Zinca¹; Márcia Lima¹; Ana Margarida Ferreira¹

¹ RISCO - Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, ccoelho@ua.pt, zinca00@ua.pt, marcia.lima@ua.pt, margarida.ferreira@ua.pt

Resumo

O relato de galgamentos e inundações devido ao recuo da linha de costa, resultado da contínua erosão sentida no litoral português, é cada vez mais comum. As alimentações artificiais de sedimentos são utilizadas como solução da mitigação dos problemas de erosão e de galgamentos, pois protegem ecossistemas e infraestruturas e podem ser relevantes para o turismo, ao criar espaço útil nas praias. No entanto, o desempenho destas intervenções depende dos volumes de areia considerados e do local de deposição no perfil transversal de praia, entre outros fatores. Através da aplicação do modelo numérico CS-Model, foi avaliado o desempenho de vários cenários de alimentação artificial de areias, no sentido de reduzir a frequência de galgamentos costeiros. Os resultados indicam que o alteamento da berma da praia é a solução mais eficaz. O trabalho fornece informação importante para a gestão costeira como apoio à tomada de decisão em intervenções de alimentação artificial de sedimentos.

Introdução

A erosão costeira resulta da remoção de sedimentos das praias e dunas, levando ao recuo da linha de costa e conseqüente perda de território (APA, 2022). O relato de galgamentos e inundações costeiras devido aos processos de erosão costeira é comum, sendo, portanto, necessário mitigar os riscos associados a estes processos (Coelho, 2005; Matos *et al.*, 2022). Os galgamentos correspondem à submersão pela água do mar das zonas costeiras, podendo ocorrer de forma esporádica, durante eventos extremos, como tempestades, ou de forma mais recorrente, devido à subida do nível do mar ou à erosão costeira sentida no local. O galgamento ocorre quando o espraio de uma onda ultrapassa a cota máxima de uma estrutura, seja ela natural (duna), ou uma obra de proteção costeira (APA, 2016).

A escolha do local para depósito dos sedimentos durante uma alimentação artificial deve considerar os fatores específicos de cada local. As opções incluem reforçar a duna, alimentar a berma da praia, reforçar todo o perfil ativo ou criar, ou reforçar a barra submersa, barreira dissipadora da energia das ondas. O objetivo deste trabalho correspondeu à avaliação do impacto de diferentes cenários de alimentação artificial de areias, no sentido de mitigação dos galgamentos costeiros, em condições genéricas, representativas do litoral noroeste Português.

Metodologia

Para simular o comportamento do perfil transversal da praia, recorreu-se ao modelo numérico CS-Model (Larson *et al.*, 2016), capaz de simular as trocas sedimentares no perfil transversal, permitindo também quantificar a ocorrência de galgamentos. Com recurso a um pequeno número de parâmetros representativos do perfil, apresentados na Figura 1, e a definição do clima de agitação, nível da superfície da água e ação do vento, o modelo simula os processos de erosão dunar, transporte sedimentar eólico e as trocas sedimentares entre a barra e a berma da praia (Marinho *et al.*, 2018). Os momentos em que ocorrem galgamentos são identificados cada vez que se regista um caudal galgado associado a um instante de cálculo, ao longo da simulação.

Para a aplicação do modelo numérico, recorreu-se a um clima de agitação com a duração de um ano, com registos de 3 em 3 horas, referente a medições efetuadas na boia de Leixões (Figura 2a). O clima de agitação adotado é representativo da costa oeste Portuguesa, essencialmente exposta a ondas provenientes de noroeste, com altura média entre 2 e 3 metros e período médio entre 8 e 12 segundos (Coelho *et al.*, 2015).

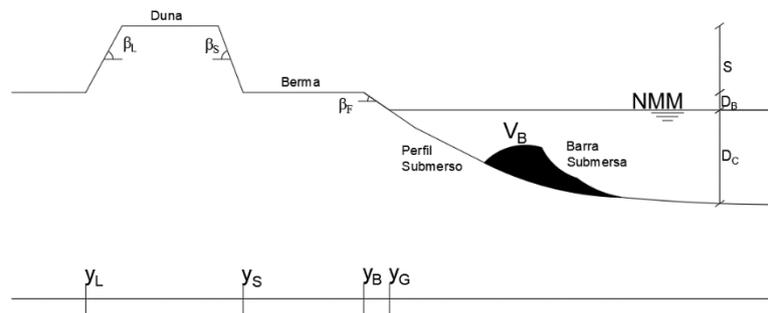


Figura 1 - Esquema do perfil transversal de uma praia modelada no CS-Model (adaptado de Marinho, 2018)

As características geométricas do perfil adotado para o cenário de referência foram: profundidade de fecho (D_C) de 12,4m; inclinação da berma (β_F) de 7° , com altura (D_B) de 2,6m e largura de 100m; duna com 6m de altura (S), com as faces laterais com inclinações de 14° e 18° , respetivamente a face virada para o mar (β_S) e a face virada para a terra (β_L); volume inicial da barra submersa igual a $100\text{m}^3/\text{m}$ (V_B). Ao final de um ano de simulação, o perfil com as características referidas regista 197 galgamentos. Numa fase inicial da simulação não ocorrem galgamentos (Figura 2b). Contudo, no período mais energético começam a ocorrer galgamentos e erosão dunar (Figuras 2b e 2c). Já com a duna erodida, no período de agitação menos energético, ocorrem galgamentos pontuais (Figura 2b).

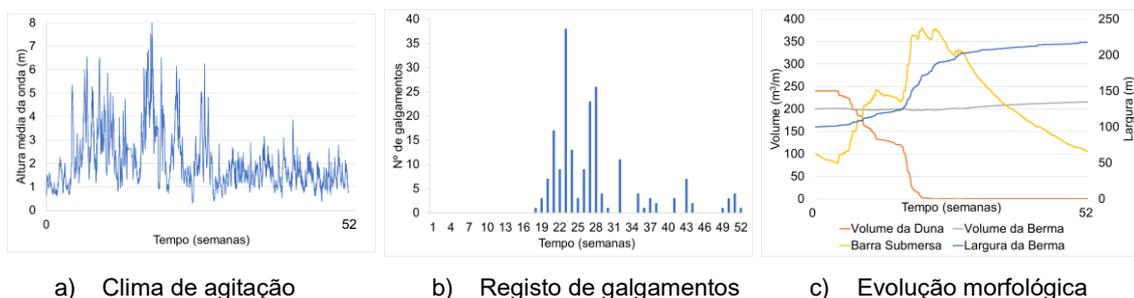


Figura 2 - Comportamento do cenário de referência ao longo das 52 semanas de simulação

Analisando a Figura 2c, observa-se que o aumento da largura da berma é mais significativo nos períodos mais energéticos, momentos em que há recuo da posição da duna e transferência de sedimentos da duna para a berma da praia e da berma para a barra submersa. Por outro lado, nos períodos menos energéticos, o transporte sedimentar ocorre no sentido oposto, resultando no acumular de sedimentos na berma e na diminuição do volume da barra submersa.

Considerando que o perfil adotado tem um comportamento passível de ser reforçado no sentido de reduzir a frequência de galgamentos, numa primeira fase foram definidos diversos cenários de intervenção com alimentações artificiais, considerando volumes até $600\text{m}^3/\text{m}$ e diferente localização dos sedimentos depositados: reforço da largura da berma (RLB), reforço da barra submersa (RBS), reforço da duna na face virada para o mar (RDFM) e para terra (RDFT), reforço na altura da duna (RAD) e reforço na altura da berma (RAB). Numa segunda fase, considerando o melhor cenário de intervenção, foram definidos novos cenários para avaliar a importância dos agentes forçadores e condições iniciais do perfil, nos resultados obtidos.

Resultados

A Figura 3 apresenta o resultado das simulações efetuadas. Verifica-se que a alimentação artificial de sedimentos conduz sempre à redução do número de galgamentos, mas registam-se diferenças significativas de desempenho, em função da localização dos sedimentos depositados. Quando se alteram as condições simuladas, nomeadamente ao nível dos agentes forçadores ou

do nível da superfície da água do mar, naturalmente o desempenho também varia, reduzindo a eficácia da alimentação nas condições mais severas das simulações.

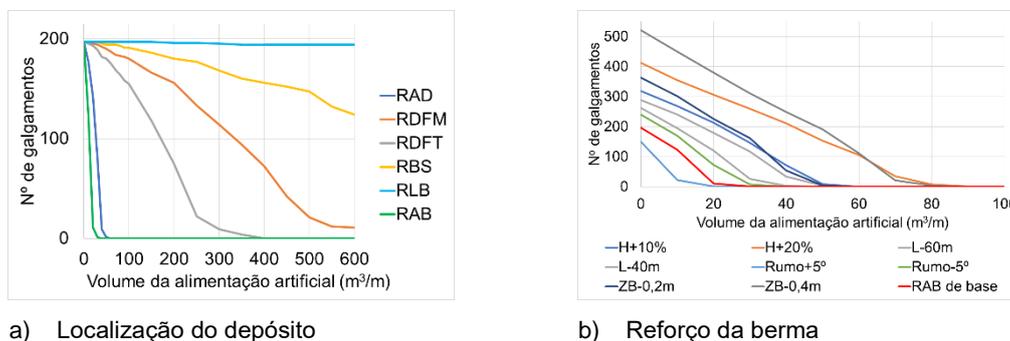


Figura 3 - Número de galgamentos ocorridos nos diferentes cenários

A análise desenvolvida visou avaliar a eficácia das alimentações artificiais na redução do número de galgamentos, mas os resultados mostram que as intervenções permitem também o aumento da área de praia, que pode conduzir a um maior uso recreativo, podendo também tornar o perfil mais robusto, para uma maior resiliência face ao problema da erosão costeira. Nesse sentido, apresentam-se os resultados da largura da berma e dos volumes da duna e da barra submersa (Figura 4). Para volumes de alimentação de 100m³/m, o único local de depósito que mantém algum volume na duna é o alteamento da própria duna. Os cenários que mais aumentam a largura da berma e o volume da barra submersa são os que correspondem ao reforço da barra submersa, quer seja considerado um reforço de 100m³/m (Figura 4a) ou de 600m³/m (Figura 4b).

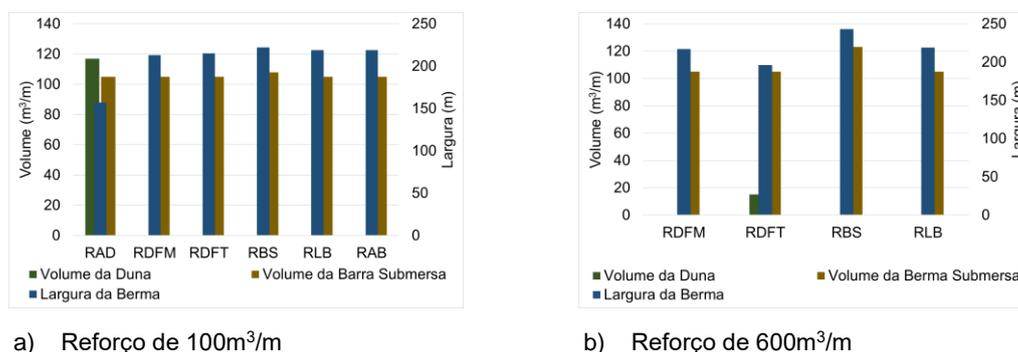


Figura 4 - Resposta da largura da berma, volume da duna e da barra submersa

Discussão

Quando o objetivo da alimentação artificial de areias é a redução da frequência de galgamentos, a melhor técnica de reforço é o alteamento da berma, seguido do alteamento da duna (Figura 3). Ambos os locais de depósito anulam, por completo, o número de galgamentos, utilizando volumes relativamente baixos, por comparação com os restantes cenários, que não vão além de reduções de 21% quando se consideram volumes de 100m³/m. Quando se consideram maiores volumes de sedimentos para depósito, o reforço da duna na face virada para terra também é eficaz, anulando o número de galgamentos, enquanto que o reforço da duna na face virada para mar reduz os galgamentos quase na totalidade. Neste cenário de reforço ainda se verificam alguns galgamentos, uma vez que o reforço reduz a largura da berma, não permitindo o espraio total da onda necessário para anular a respetiva energia. Para esta gama de volumes, o reforço da barra submersa, não reduz em 50% o número de galgamentos. Por fim, o reforço da largura da berma é pouco eficaz na redução dos galgamentos, pois é necessário um volume grande de sedimentos para a largura da berma aumentar significativamente.

O alteamento da berma é o reforço que apresenta melhores resultados no sentido da redução



dos galgamentos, pelo que se procurou avaliar se este reforço responderia da mesma forma face a outros agentes forçadores ou diferentes características na geometria do perfil. Assim, o reforço da altura da berma foi avaliado tendo em conta o aumento da altura significativa da onda em 10% e 20%, o aumento do nível médio da superfície do mar em 0,20m e 0,40m, a rotação do rumo da agitação em 5°, no sentido horário e anti-horário, e, por fim, tendo em conta a diminuição da largura da praia em 30m e em 60m, tendo-se obtido os resultados resumidos na Figura 3b. Desta análise retirou-se que o reforço continua a ser totalmente eficaz, apesar de se verificar um aumento no número de galgamentos ocorridos. O reforço continua a anular totalmente a ocorrência dos galgamentos, utilizando volumes inferiores a 100m³/m.

Conclusões

Efetuuou-se o estudo da alimentação artificial de areias recorrendo ao modelo numérico CS-Model como forma de avaliar a redução de galgamentos costeiros. Para o perfil adotado, concluiu-se que o reforço da altura da berma da praia é o local de depósito mais eficaz na redução do número de galgamentos. Quando as condições de agitação marítima, nível da superfície do mar ou largura da berma da praia se alteram, a alimentação da berma da praia continua a ser eficaz. Verificou-se ainda que a localização das alimentações artificiais que melhor desempenho promove depende do objetivo com que são realizadas (redução de galgamentos, reforço do perfil, uso recreativo da berma da praia).

Agradecimentos

Os resultados apresentados neste trabalho decorrem da participação no projeto AX-COAST, financiado pelos EEA Grants, no âmbito do programa Crescimento Azul, operado pela Direção Geral de Política do Mar.

Referências

- APA. (2016). "Programa da Orla Costeira Ovar – Marinha Grande". In Programa da Orla Costeira Ovar – Marinha Grande. 92 pp.
- APA. (2022). "Linha de costa em situação de erosão". Relatório do Estado do Ambiente. <https://rea.apambiente.pt/content/linha-de-costa-em-situa%C3%A7%C3%A3o-de-eros%C3%A3o>.
- Coelho. (2005). "Riscos de exposição de frentes urbanas para diferentes intervenções de defesa costeira". Tese de Doutoramento, Universidade de Aveiro. 440 pp.
- Coelho, C., Pereira, C., Costa, S., Lima, M. (2015). "A Erosão Costeira, as Tempestades e as Intervenções da Defesa Costeira no Litoral do Concelho de Ovar, Portugal". En Ressacas do Mar Gestão Costeira. pp. 331-367.
- Larson, M., Palalane, J., Fredriksson, C., Hanson, H. (2016). "Simulating cross-shore material exchange at decadal scale". Theory and model component validation. Coastal Engineering, 116, 57–66.
- Marinho, B. (2018). "Artificial nourishments as a coastal defense solutions: monitoring and modelling approaches". Tese de Doutoramento, Universidade de Aveiro. 359 pp.
- Marinho, B., Coelho, C., Larson, M., Hanson, H. (2018). "Monitoring the evolution of nearshore nourishments along Barra-Vagueira coastal stretch, Portugal". Journal of Ocean and Coastal Management 157 (2018). pp 23-39.
- Matos, F. A., Alves, F., Coelho, C., Lima, M., Vizinho, A. (2022). "Participatory Approach to Build Up a Municipal Strategy for Coastal Erosion, Mitigation and Adaptation to Climate Change". Journal of Marine Science and Engineering. 20pp.