



AMBIENTE HIDROINFORMÁTICO PARA AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE ESTRUTURAS COSTEIRAS

Bárbara VIEIRA¹, José Luís PINHO², Joaquim BARROS³

1. Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Minho, Campus de Gualtar, 4710-057 Braga, Portugal, barbaravasquezvieira@gmail.com

2. Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Minho, Campus de Gualtar, 4710-057 Braga, Portugal, jpinho@civil.uminho.pt

3. Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Minho, Campus de Azurém, 4800-058 Guimarães, Portugal, barros@civil.uminho.pt

RESUMO

A avaliação de soluções convencionais de defesa costeira ou a definição de soluções inovadoras requer a disponibilização de um conjunto de ferramentas que incluem a simulação da hidrodinâmica e morfodinâmica costeira e meios para a avaliação experimental. Contudo, todos os modelos de simulação destes fenómenos apresentam simplificações e limitações pelo que se deverão adotar diferentes ferramentas que permitam diminuir a incerteza associada aos resultados obtidos através da sua aplicação simultânea aos mesmos problemas. Estes modelos, deverão ser complementados com ferramentas adequadas de pré e pós-processamento dos dados e resultados. No presente artigo apresenta-se um ambiente hidroinformático para simulação de processos costeiros baseado nos programas Delft3D, SWAN e XBeach. Ilustra-se a utilização deste ambiente hidroinformático com a sua aplicação na avaliação de três tipos de estruturas distintas. Numa primeira fase, criaram-se modelos hidrodinâmicos com recurso aos programas SWAN e XBeach para análise da propagação da agitação e, numa segunda fase, desenvolveram-se os modelos de morfodinâmica com recurso ao programa XBeach para análise da morfologia resultante ao longo da costa e na envolvente de cada estrutura.

Palavras-Chave: Hidroinformática; modelação numérica; defesa costeira; Delft3D; SWAN; XBeach

1. INTRODUÇÃO

As projeções apresentadas pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) indicam que as alterações climáticas globais trazem como consequência a subida do nível do mar e, em determinadas áreas, o aumento da frequência e da intensidade das tempestades (Gilbert and Vellinga, 1990). Como resposta a este fenómeno, a proteção costeira é habitualmente considerada para enfrentar os efeitos e minimizar os impactos da elevação do nível do mar.

O desenvolvimento das ferramentas de simulação de processos costeiros e o aumento exponencial da capacidade de computação permitem, na atualidade, simular problemas de defesa costeira abrangendo domínios espaciais alargados considerando os processos físicos relevantes para uma avaliação eficiente do respetivo desempenho (Pinho *et al.*, 2004). Grande número de projetos de engenharia executados no passado teve consequências negativas ao longo da costa que nem sempre foram antecipados, pois aumentaram a erosão costeira em áreas remotas, impedindo a circulação normal de sedimentos. Por outro lado, o estabelecimento de sectores costeiros defendidos artificialmente aumentou o nível de risco em vários casos, nos respetivos locais de implantação, pois levaram a expansões urbanas que frequentemente ocupam áreas marginais como resultado da segurança transmitida pelas estruturas às populações envolventes (Antunes do Carmo, 2019; Granja and Pinho, 2012).

A implantação de estruturas rígidas tradicionais não será necessariamente a solução mais adequada de defesa costeira, pois devido ao baixo desempenho e impactos negativos verificados em muitos casos (Pilkey and Cooper, 2014; Pranzini and Williams, 2013) requerem o desenvolvimento de soluções alternativas. A simulação numérica apresenta um elevado potencial para análise destas soluções pois permite uma análise preliminar com uma elevada confiança e a custos relativamente baixos, quando comparados com a avaliação experimental.



São vários os programas de modelação matemática disponíveis para simular a propagação e transformação da agitação em regiões costeiras e portos. Os diferentes modelos são baseados em diferentes pressupostos físicos, que limitam os tipos de problemas aos quais eles podem ser aplicados (Nwogu and Demirbilek, 2001). O ambiente hidrodinâmico criado que se apresenta no presente artigo, inclui os programas Delft3D, SWAN e XBeach, tem sido utilizado na avaliação do desempenho hidráulico e morfodinâmico de diferentes estruturas de defesa costeira.

2. METODOLOGIA

2.1. Ambiente hidrodinâmico

O ambiente hidrodinâmico criado inclui ferramentas de pré e pós processamento adequadas à utilização de um conjunto alargado de dados de diferentes origens, incluindo batimetrias e dados de agitação, ferramentas SIG e ferramentas de análise de resultados.

O programa Delft3D (Deltares, 2014) permite simular a hidrodinâmica de ambientes costeiros, o transporte de sedimentos e evolução da morfologia do fundo, propagação da agitação (através de interface de simulação integrada com o programa SWAN) e a qualidade da água. Simula correntes de maré, correntes geradas por ação do vento, problemas de morfodinâmica costeira e fluvial, transporte de poluentes bem como correntes induzidas por gradientes de densidade (transporte de calor e salinidade).

O programa SWAN (Simulation WAVes Nearshore) (SWAN, 2018) permite simular a propagação da agitação de águas profundas até à zona de transição e simula os fenómenos de difração, refração, empolamento, rebentação de ondas devido a declives muito acentuados, ondas geradas pelo vento, entre outros. A sua implementação requer informação da batimetria do caso de estudo e das condições de agitação nas fronteiras abertas.

O programa XBeach (Deltares, 2019) permite simular a propagação da agitação em águas pouco profundas, assim como o transporte de sedimentos e alterações morfológicas em zonas costeiras. Este modelo inclui os fenómenos de refração, empolamento, galgamento rebentação de ondas, infra-escavação, entre outros. As condições de fronteira necessárias pelo modelo numérico são: agitação e níveis de maré nas fronteiras abertas.

2.2. Exemplos de aplicação

A título ilustrativo, apresentam-se diversos cenários analisados em estruturas de defesa costeira com diferentes formas geométricas. Na Figura 1, apresentam-se resultados obtidos para a dissipação de altura de onda significativa e respetivas diferenças para cenários com e sem estrutura, através da aplicação do programa SWAN. Na Figura 2 são apresentados resultados de variações morfológicas obtidos com a aplicação do programa XBeach.

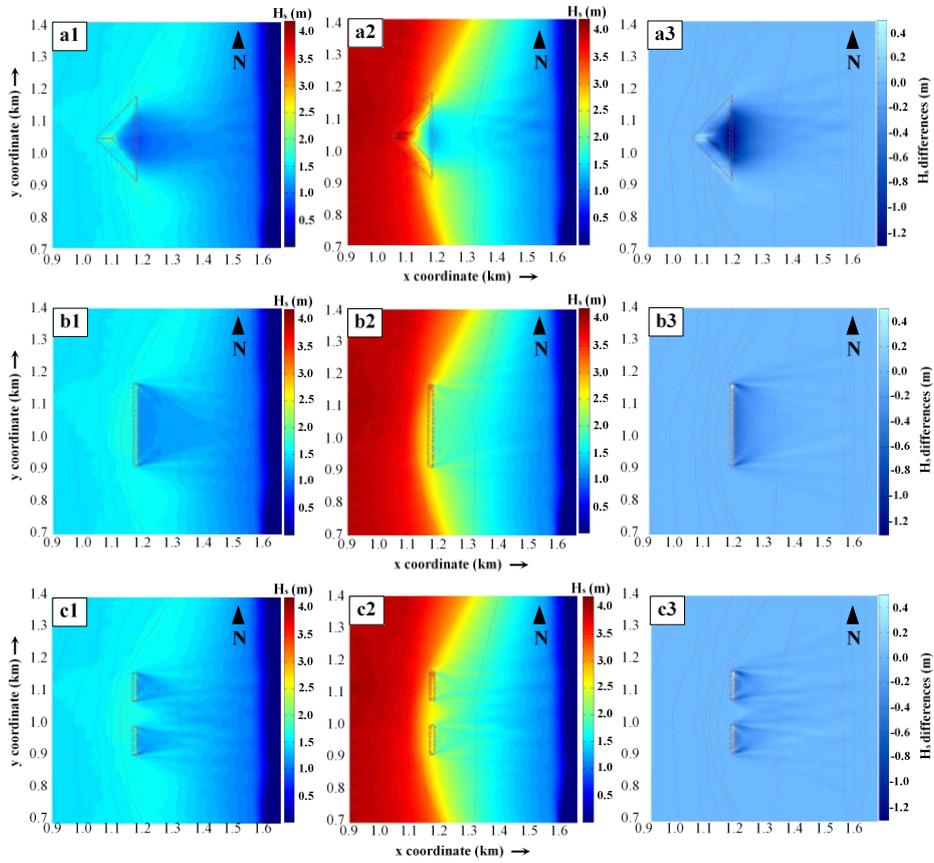


Fig. 1. Exemplos de resultados para dissipação de altura de onda significativa.

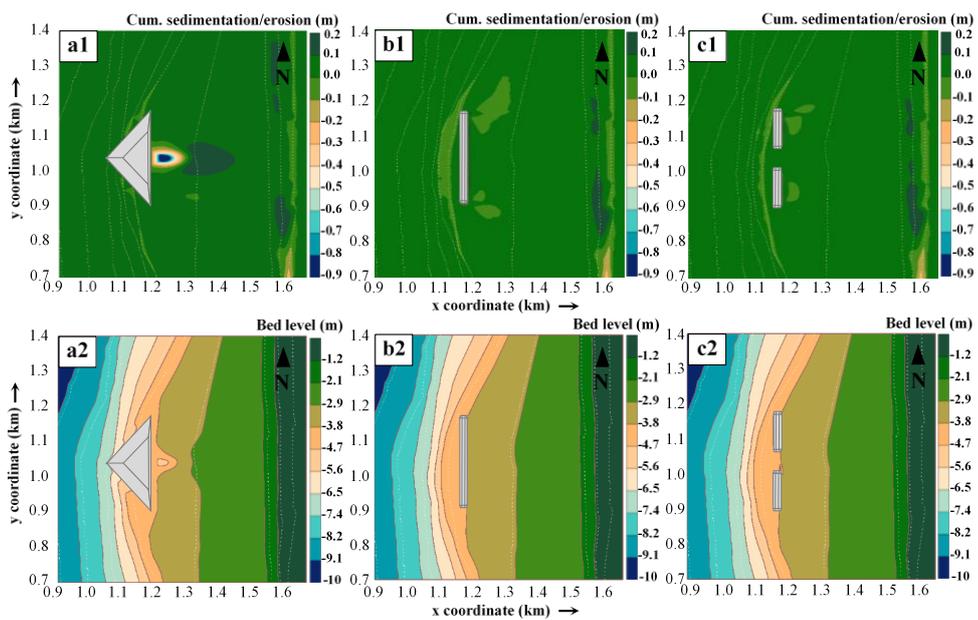


Fig. 2. Exemplos de resultados para acumulação de sedimentos e zonas de erosão.



3. CONCLUSÃO

O ambiente hidrodinâmico descrito neste trabalho de investigação, permite avaliar o desempenho de obras de defesa costeira na dissipação de altura de onda significativa e na acumulação de sedimentos e zonas de erosão, através da aplicação dos modelos numéricos SWAN e XBeach.

Em relação aos resultados de altura de onda significativa obtidos com os modelos SWAN verificou-se para todos os casos, uma diminuição substancial antes e depois de cada estrutura, o que indica a sua grande influência na redução de alturas e de energias de onda.

Relativamente à morfodinâmica, os resultados obtidos com o modelo XBeach apresentam tendências favoráveis à acumulação de sedimentos ao longo da costa e nas áreas protegidas das estruturas, uma vez que os maiores valores de acreção estão localizados nessas áreas. No entanto, áreas de erosão também são evidentes ao longo da costa e nas proximidades das estruturas.

O estudo do equilíbrio entre processos de erosão e de acreção na proximidade das estruturas de defesa costeira é fundamental para a adoção das soluções de engenharia mais apropriadas para a proteção das zonas costeiras.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é financiado pela Fundação Portuguesa para a Ciência e a Tecnologia (FCT) através de uma bolsa de doutoramento [SFRH / BD / 141381/2018]. Os autores agradecem também o apoio fornecido pelo projeto EcOffShorBe – Eco Offshore Built Environment, n. 37417, R&D cores in Copromoção, 14/SI/2017, NORTE-01-0247-FEDER-037417, supported by ANI (FEDER).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Antunes do Carmo, J.S. (2019). The changing paradigm of coastal management: The Portuguese case. *Science of The Total Environment*, 695, 133807. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133807>.
- Deltares. (2014). Delft3D. Retrieved May 5, 2015, from <http://oss.deltares.nl/web/delft3d>
- Deltares. (2019). XBeach. Retrieved February 12, 2019, from <https://www.deltares.nl/en/software/xbeach>.
- Gilbert, J.; and Vellinga, P. (1990). Climate Change: The IPCC Response Strategies - Chapter 5. In *Report prepared for Intergovernmental Panel on Climate Change by Working Groups III* (p. 330). Digitization and Microform Unit (2010), UNOG Library. Retrieved from https://www.ipcc.ch/ipccreports/far/wg_III/ipcc_far_wg_III_chapter_05.pdf.
- Granja, H.; and Pinho, J.L. (2012). Coastal Defense in NW Portugal: The Improbable Victory. In J. A. G. Cooper & O. H. Pilkey (Eds.), *Pitfalls of Shoreline Stabilization: Selected Case Studies* (pp. 251–266). Dordrecht, The Netherlands: Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4123-2_15.
- Nwogu, O.G.; and Demirbilek, Z. (2001). *BOUSS-2D: A Boussinesq wave model for coastal regions and harbors. Theoretical Background and User's Manual*, U.S. Army Corps of Engineers. Washington, DC, USA. Retrieved from <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a400294.pdf>.
- Pilkey, O.H.; and Cooper, J.A.G. (2014). *The Last Beach*. USA: Duke University Press.
- Pranzini, E.; and Williams, A.T. (2013). *Coastal Erosion and Protection in Europe* (1st Ed.). London, UK: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203128558>.
- SWAN. (2018). SWAN manual. Retrieved February 8, 2019, from http://swanmodel.sourceforge.net/online_doc/swanuse/node3.html.