

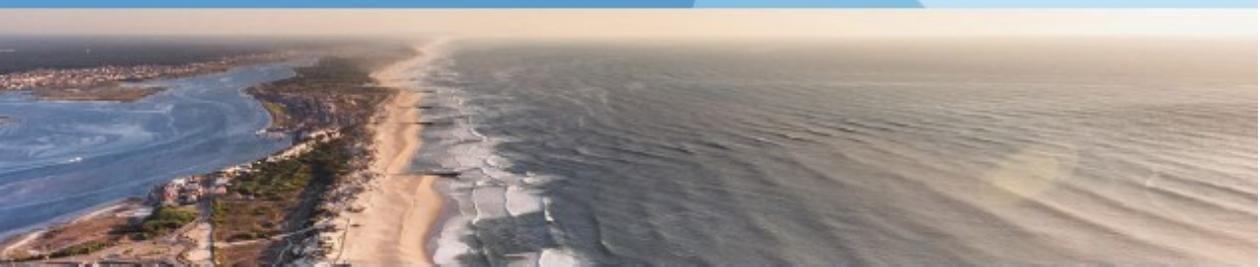


7 CONFERÊNCIA MORFODINÂMICA ESTUARINA E COSTEIRA

UNIVERSIDADE DE AVEIRO

22-24 ABRIL

2 0 2 4



universidade
de aveiro

Livro de Resumos
Book of Proceedings



Livro de resumos

7^a Conferência sobre Morfodinâmica Estuarina e Costeira

MEC2024

Organização:



Título

Livro de Resumos da 7ª Conferência Morfodinâmica Estuarina e Costeira

Coordenadores

Paulo Alves da Silva

Cristina Bernardes

Carlos Coelho

João Miguel Dias

André Fortunato

Paula Freire

Conceição Freitas

Márcia Lima

Cristina Lira

Carlos Loureiro

Filomena Martins

Ana Matias

Diogo Mendes

Luciana das Neves

Editora

UA Editora - Universidade de Aveiro

1ª edição - abril 2024

ISBN

978-972-789-912-8

DOI

<https://doi.org/10.48528/8fre-z196>

Os conteúdos apresentados são da exclusiva responsabilidade dos respetivos autores. ©
Autores. Esta obra encontra-se sob a Licença Internacional Creative Commons Atribuição 4.0

ÍNDICE

NOTA INTRODUTÓRIA	IX
COMISSÕES	X

RISCOS COSTEIROS

SIMULATING COMPOUND EXTREME SEA LEVEL EVENTS IN THE TAGUS ESTUARY AREA	3
Cintia Bonanad, Luís Pedro Almeida, Sylvain Capo, Catarina Cecílio, Pedro Ribeiro	
MORPHODYNAMIC MODELLING OF A TIDAL INLET DURING HURRICANE LESLIE (2018).	5
Diogo Mendes, Alphonse Nahon, Kévin Martins, André B. Fortunato, Xavier Bertin, Baptiste Mengual, Laura Lavaud, Marc Pezerat, António A. Pires-Silva	
ASSESSING THE INFLUENCE OF NEARSHORE BATHYMETRY TO COASTAL OVERTOPPING DURING EXTREME SEA LEVEL EVENTS	7
Soraia Romão, Luís Pedro Almeida, Juan Garzon, Sylvain Capo, Voirand Thibaut, Pedro Ribeiro, Marco Restano, Jérôme Benveniste	
IMPLICAÇÕES DAS INCERTEZAS DE MODELOS GLOBAIS NA AVALIAÇÃO DA EROSÃO POR TEMPESTADES EM ILHAS BARREIRA	9
Valeria Fanti, Carlos Loureiro, Óscar Ferreira	
A ALIMENTAÇÃO ARTIFICIAL DE PRAIAS COMO MEDIDA DE MITIGAÇÃO DO RISCO EM LITORAL DE ARRIBA ROCHOSA. O CASO DO TROÇO VAU-ROCHA (ALGARVE-PORTUGAL)	11
Sebastião Teixeira, Bruno Rodrigues	
MOURANITOS - UM MOVIMENTO DE MASSA EXTREMO REGISTADO NA COSTA DO ALGARVE (PORTUGAL)	13
Bruno Rodrigues, Sebastião Braz Teixeira	
GALGAMENTOS COSTEIROS NO FURADOURO: ANÁLISE DE UMA ESTRATÉGIA LOCAL DE MITIGAÇÃO DOS EFEITOS DAS INUNDAÇÕES COSTEIRAS	15
Inês Pinto, Alberto Gomes, Pedro Pinto Santos	

DINÂMICA ESTUARINA E COSTEIRA

ON THE RELATIONSHIP BETWEEN THE ÓBIDOS LAGOON INLET MIGRATION PATH AND THE OFFSHORE WAVE POWER	19
Alphonse Nahon, Paula Freire, Xavier Bertin, André Fortunato	

MONITORIZAÇÃO DO CABEDELO DO DOURO: DUAS DÉCADAS DE EVOLUÇÃO NA MORFOLOGIA E METODOLOGIA	21
Ana Bio, Américo Magalhães, André Pinhal, Luísa Bastos, José Alberto Gonçalves	
ANÁLISE DE EVENTOS EXTREMOS DE TRANSPORTE LONGITUDINAL NO LITORAL DE AVEIRO	23
Paulo A. Silva, Tiago Abreu, Nuno Monteiro, Carlos Coelho, Celso Aleixo Pinto	
IMPACT OF DREDGING OPERATIONS ON AVEIRO LAGOON SALT WATER INTRUSION	25
João Pinheiro, E. S. Gross, C.L. Lopes, J.M. Dias	
HYDRODYNAMIC AND LONGSHORE SEDIMENT TRANSPORT OBSERVATIONS IN BARRA BEACH, MOZAMBIQUE	27
Eva Pavo-Fernandez, Vicente Gracia, Gorka Solana, Joan Puigdefabregas, Manel Grifoll	
MELHORIA DAS ACESSIBILIDADES MARÍTIMAS DO PORTO DE AVEIRO: HIDRODINÂMICA E DINÂMICA SEDIMENTAR	29
André Fortunato, A. Azevedo, F.S.B.F. Oliveira, L. Portela, L. Pinheiro	
SAND WAVE MORPHOMETRICS IN THE MAIN CHANNEL OF THE OUTER TAGUS ESTUARY	31
Luís Portela	
INSIGHTS INTO MODELLING COASTAL SPIT EVOLUTION USING “SHORELINES” MODEL	33
Francisco Sancho, Alphonse Nahon	
ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DE SEDIMENTOS HETEROMÉTRICOS EM ESCOAMENTOS OSCILATÓRIOS COM FUNDOS MÓVEIS	35
Tiago Abreu, Caroline C. Ferreira, João Matos, Ana Bernabeu, Paulo A. Silva	
MAGNETIC VS. FLUORESCENT TRACERS: A COMPREHENSIVE EVALUATION IN SEDIMENT TRANSPORT STUDIES	37
Soraia Romão, João Cascelho, Caroline C. Ferreira, Eric Font, Rui Taborda, Paulo A. Silva, João F. Duarte, Franziska Staudt	
IMPACTO DO TRANSPORTE TRANSVERSAL E LONGITUDINAL DE SEDIMENTOS NA EVOLUÇÃO DA LINHA DE COSTA	39
Ana Ferreira, Carlos Coelho, Paulo A. Silva	
MODELAÇÃO DO COMPORTAMENTO DE PERFIS TRANSVERSAIS COM BASE EM DADOS EXTENSOS DE CALIBRAÇÃO	41
Frederico Romão, Carlos Coelho, Márcia Lima	
LINHA DE COSTA EM DIFERENTES CENÁRIOS DE AGITAÇÃO E ALIMENTAÇÃO ARTIFICIAL: IJMUIDEN (PAÍSES-BAIXOS)	43
Joaquim Pais-Barbosa, Márcia Lima, Carlos Coelho	
AX-COAST: CROSS-SHORE FEATURES AND INTERNATIONALIZATION OF THE COAST TOOL	45
Márcia Lima, Carlos Coelho, André Cardoso, Eric Myer	

SHORT-TERM CHANGES IN FOREDUNE MORPHOLOGY AT PORTO SANTO ISLAND	47
Ana Pestana-Bastos, Ana N. Silva, Rui Taborda, César Andrade, Cristina P. Lira	
REVIEW ON THE QUANTIFICATION OF AEOLIAN SEDIMENT TRANSPORT IN COASTAL AREAS	49
Paul Husemann, Frederico Santos Romão, Carlos Coelho, Márcia Lima	
GALGAMENTOS EM OBRAS COSTEIRAS: INFLUÊNCIA DA COTA DE FUNDO	51
Raul Pires, Carlos Coelho, Márcia Lima	
COASTAL VARIABILITY INDEX: A COMPLEMENTARY TOOL FOR THE UNDERSTANDING OF LONG-TERM COASTAL DYNAMICS	53
Sílvia Nave, Luís Rebêlo	

METODOLOGIAS E TECNOLOGIAS APLICADAS À ZONA COSTEIRA

ASSESSMENT OF COASTAL EVOLUTION IN MAINLAND PORTUGAL: APPLYING CASSIE WEB TOOL FOR TREND ANALYSIS	57
Andreia Alves da Silva, Luis Pedro Almeida, Antonio H.F. Klein, Rafael Q. Gonçalves	
A SIMPLE MACHINE LEARNING APPROACH TO PREDICT SHORELINE POSITIONS	59
Daniel Pais, Cristina Ponte Lira, Luís Pedro Almeida, Rui Taborda	
VULNERABILIDADE AOS GALGAMENTOS NA COSTA NORTE DE PORTUGAL	61
Diogo Santos, Tiago Abreu, Cristina Bernardes, Paulo Baptista	
APLICAÇÃO DE DEEP LEARNING NA DETEÇÃO AUTOMÁTICA DE GALGAMENTOS EM VÍDEOS COSTEIROS	63
Fábio Santos, Telmo Cunha, Paulo Baptista	
SEDIMENT BUDGET ESTIMATION USING HISTORICAL CARTOGRAPHY: APPLICATION TO FIGUEIRA DA FOZ COAST	65
Fátima Valverde, C. Ponte Lira, A. E. East	
SENSITIVITY ANALYSIS OF PARAMETERS FOR SALT MARSHES EVOLUTION IN A CLIMATE CHANGE CONTEXT. APPLICATION OF SMRM TO CALDEIRA DE TRÓIA (SADO ESTUARY, PORTUGAL)	67
Miguel Inácio, Maria da Conceição Freitas	
GEOREFERENCING OF OPTICAL IMAGES WITHOUT GROUND CONTROL POINTS (GCPS) AND ITS APPLICATION IN WAVE HEIGHT ESTIMATION IN NEARSHORE ZONES THROUGH AUTOMATION	69
Tochukwu Ngene, Tiago Abreu, Paulo A. Silva, Paulo Baptista	

VEGETATION-BASED SHORELINE CHANGE MAPPING IN HIGH-ENERGY COASTAL BARRIERS USING SATELLITE IMAGERY	71
Vincent Kümmerer, Óscar Ferreira, Carlos Loureiro	
PREVISÃO DA EVOLUÇÃO DE PERFIS DE PRAIA BASEADA EM FERRAMENTAS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL	73
Willian Melo, Isabel Iglesias, José Pinho	

GESTÃO, PROTEÇÃO E CONSERVAÇÃO DA ZONA COSTEIRA

GOVERNING COASTAL REGIONS WITH A LANDSCAPE PERSPECTIVE? INSIGHTS FROM PORTUGAL	77
Carla Gonçalves, Paulo Pinho	
DESEMPENHO E LONGEVIDADE DE ALIMENTAÇÕES ARTIFICIAIS EM PORTUGAL	79
Celso Pinto, Sebastião Braz Teixeira	
ESTABELECIMENTO DE VALORES DE REFERÊNCIA DE METAIS EM SEDIMENTOS SUPERFICIAIS ATRAVÉS DA TÉCNICA ITERATIVA 2-σ (S ILHA DA MADEIRA)	81
Sandra Moreira, Aurora Rodrigues, Anabela Oliveira e Carla Palma	
SÚMULA DO DIREITO DA UNIÃO EUROPEIA RESPEITANTE À GESTÃO DAS ZONAS COSTEIRAS	83
Paulo Canelas de Castro	
PROTEÇÃO COSTEIRA COM RECURSO A SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA: ALIMENTAÇÃO ARTIFICIAL DE AREIAS	85
Alirio Sequeira, Carlos Coelho e Márcia Lima.	
MERCURY DISTRIBUTION IN SALT MARSHES OF THE AVEIRO LAGOON	87
Beatriz Lima, C.L. Lopes, H. Silva, J.M. Dias, E. Pereira	
STORM-INDUCED MORPHOLOGICAL CHANGES OVER A NOURISHED AND A NON-NOURISHED SHOREFACE IN COSTA DA CAPARICA BEACH	89
Filipa S.B.F. Oliveira, André Fortunato, Paula Freire	
ESTRUTURAS COSTEIRAS EM FRENTES URBANAS: REABILITAÇÃO SUSTENTÁVEL	91
Inês Monteiro, Carlos Coelho, Márcia Lima	

IMPACTOS DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NA ZONA COSTEIRA

ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS E PRODUÇÃO DE SAL - DESAFIOS, OPORTUNIDADES, CENÁRIOS POSSÍVEIS	95
Alice Nobre, Filomena Cardoso Martins, Sílvia Coelho	
EFEITOS DA SUBIDA DO NÍVEL DO MAR NA DINÂMICA SEDIMENTAR DA BARRA DE AREIA DO ESTUÁRIO DO DOURO (PORTUGAL)	97
Paulo Avilez-Valente, Ana Bio, Francisca Caeiro-Gonçalves e Isabel Iglesias	

NOTA INTRODUTÓRIA

Realizou-se na Universidade de Aveiro, nos dias 22 a 24 de abril de 2024, a 7ª Conferência sobre Morfodinâmica Estuarina e Costeira – MEC2024.

Esta conferência pretende ser um fórum de apresentação de trabalhos de investigação relacionados com a morfodinâmica das zonas costeiras e de discussão de ideias, conhecimento e informação sobre a zona costeira.

A coordenação da conferência MEC2024 foi feita pela Comissão Organizadora que integra membros da Universidade de Aveiro, da Universidade do Algarve, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, do Laboratório Nacional de Engenharia Civil e do Instituto Superior Técnico. Nesta edição, a organização contou com o apoio do Laboratório Associado Centro de Estudos do Mar e da Atmosfera (CESAM).

Foram recebidos mais de 40 resumos, os quais foram distribuídos em 33 apresentações orais e 11 apresentações em forma de poster. As apresentações versaram sobre os seguintes temas: Dinâmica Estuarina e Costeira, Metodologias e Tecnologias Aplicadas à Zona Costeira, Riscos Costeiros, Impactos das Alterações Climáticas na Zona Costeira e Gestão, Proteção e Conservação da Zona Costeira. Foram também realizadas duas conferências plenárias proferidas por dois investigadores convidados: Clara Armaroli (“Remote sensing resources for the implementation of early warning systems for coastal flooding”) e Dano Roelvink (“Simulating short-term to decadal shoreline change”). Como nas edições anteriores, o terceiro dia foi dedicado a dois workshops, um sobre modelação numérica e o outro sobre técnicas de mapeamento e análise da evolução da linha de costa. Esta edição contou também com uma sessão especial do projeto AX-COAST.

A Comissão Organizadora agradece a todos os autores e coautores dos resumos, aos membros da Comissão Científica que os avaliaram, aos oradores convidados, às Instituições apoiantes, aos participantes da conferência e aos voluntários. A contribuição de todos foi indispensável para manter vivo este encontro cuja primeira edição se realizou em 2011.

Aveiro, abril de 2024

A Comissão Organizadora

COMISSÕES

Comissão Organizadora

Ana Matias (UALG)
André Fortunato (LNEC)
Carlos Coelho (UA)
Carlos Loureiro (UALG)
Conceição Freitas (FCUL)
Cristina Bernardes (UA)
Cristina Lira (FCUL)
Diogo Mendes (IST)
Filomena Martins (UA)
João Miguel Dias (UA)
Luciana das Neves (FEUP)
Márcia Lima (UA)
Paula Freire (LNEC)
Paulo Alves da Silva (UA)

Comissão Científica

Alphonse Nahon (LNEC)
Ana Bio (CIIMAR)
Ana Silva (FCUL)
Anabela Oliveira (LNEC)
André Fortunato (LNEC)
Aurora Rodrigues (IH)
Carlos Loureiro (UALG)
Carlos Pereira da Silva (UNL)
Celso Pinto (APA)
César Andrade (FCUL)
Diogo Mendes (IST)
Fátima Alves (UA)
Filomena Martins (UA)
Francisco Taveira Pinto (FEUP)
João Miguel Dias (UA)
José Pinho (UM)
Luciana das Neves (FEUP)

Luís Pedro Almeida (CoLAB
+ATLANTIC)
Márcia Lima (UA)
Maria Manuel (Porto de Aveiro)
Óscar Ferreira (UALG)
Paulo Renato Baptista (UA)
Paulo Alves da Silva (UA)
Pedro Costa (UC)
Pedro Santos (IGOT)
Rita Carrasco (UALG)
Rita Ramos (Porto de Lisboa)
Rui Taborda (FCUL)
Sebastião Teixeira (APA)
Silvia Nave (LNEG)
Teresa Drago (IPMA)
Tiago Abreu (ISEP)

Riscos Costeiros



SIMULATING COMPOUND EXTREME SEA LEVEL EVENTS IN THE TAGUS ESTUARY AREA

Cintia Bonanad ⁽¹⁾, Luís Pedro Almeida ⁽¹⁾, Francisco Campuzano ⁽¹⁾, Sylvain Capo ⁽²⁾, Catarina Cecílio ⁽¹⁾, Pedro Ribeiro ⁽³⁾

⁽¹⁾ CoLAB +Atlantic, Lisboa, Portugal, cintia.bonanad@colabatlantic, pedro.almeida@colabatlantic.com

⁽²⁾ Telespazio France, Bordeaux, France, thibaut.voirand@telespazio.com

⁽³⁾ Deimos Engenharia, Lisboa, Portugal, pedro.ribeiro@deimos.com.pt

Abstract

Coastal floods, induced by extreme sea level events (ESLs), pose significant risks. These occurrences result from the convergence of different drivers, leading to compound events. Understanding and predicting such complex ESLs are in their early stages. This study explores the non-linear interactions between marine and fluvial processes during ESLs in the Tagus estuary, Portugal. A numerical modelling approach, coupling MOHID and SWAN models, is used to simulate ESLs. Preliminary results demonstrated an accurate performance of the models separately; however, ongoing work focuses on validating the models integration for extreme sea level events simulations, offering insights into coastal flood dynamics.

Keywords: Coastal floods; Compound events; Extreme Sea Level Events; Numerical Modelling; Tagus estuary.

1. Introduction

Coastal floods are often generated by extreme sea level events (ESLs) that result from the combination of more than one driver and stand out as some of the costliest and deadliest disasters (Hu et al., 2018). Extreme sea level drivers include storm surges, astronomical tide and/or waves, river discharge and rainfall (Hendry et al., 2019). When two or more of the ESL driving mechanisms occur simultaneously, flood severity may be exacerbated leading to increased coastal flood risk. Although many ESL events disasters are caused by compound events, the understanding, analysis, quantification, and prediction of such events is still in its infancy, reason why the aim of this work is to explore the non-linear interactions between dynamic marine (waves, storm surge and tide) and fluvial processes (river discharge) during ESLs. The study area selected for this work is the Tagus estuary, located in the central region of Portugal, which faces a very energetic marine environment (wave climate), and an important river discharge contribution from Tagus River.

2. Methods

A numerical modelling approach was developed to predict the ESL in Tagus estuary coast, using the circulation model MOHID Water Modelling System (<http://www.mohid.com>) coupled with SWAN wave model (<https://swanmodel.sourceforge.io/>). The model employed as a basis is LisOcean, an operational system implemented and validated during iFADO project

(Dabrowsky et al., 2023). The coupling system involves forcing SWAN model with water level and velocities (U, V) from the circulation model. Significant wave height, mean direction, mean period, wave length, orbital velocity and wave stress (X, Y) obtained from this simulation are then used as inputs to run MOHID model and thus obtain the flow patterns of the velocity field. Both SWAN and MOHID models operate on a regular grid with a spatial resolution of 280m. Wave boundary conditions were derived from WAVERYS reanalysis, available in CMEMS platform. For the model validation, a comparison with the tidal observations performed at Cascais tide gauge (within the study area) were performed. Furthermore, the validation of wave results relied on measurements from Porto de Lisboa buoy. The period simulated in this stage covers from 21/01/2019 to 27/01/2019.

3. Results and conclusions

Preliminary results of the circulation (Fig.1a) and wave models (Fig. 1b) validation tests appear to faithfully replicate real conditions. SWAN achieves a correlation coefficient higher than 0.95, while LisOcean exhibits a correlation exceeding 0.98. Ongoing work focus on validating the integration of MOHID and SWAN models to address extreme sea level events. Nevertheless, further testing is still ongoing.

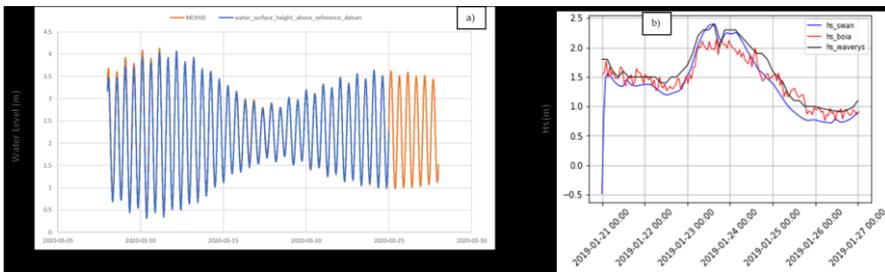


Figure 1: a) LisOcean observed (blue line) and modelled (orange line) water level for the Cascais tide gauge (Dabrowsky et al., 2023). **b)** Hs simulated including water level and velocity field forcings from LisOcean domain (blue line), Waverys (black line), and observed Hs (red line), for Porto de Lisboa buoy location.

Acknowledgements

This work was developed within the framework of the EOatSEE project, funded by ESA EO for Society (FutureEO). Thanks are due to the Portuguese Hydrographic Institute and Port of Lisbon for the bathymetric and wave data, respectively.

References

- Hendry, A., Haigh, I. D., Nicholls, R. J., Winter, H., Neal, R., Wahl, T., ... & Darby, S. E. (2019). Assessing the characteristics and drivers of compound flooding events around the UK coast. *Hydrology and Earth System Sciences*, 23(7), 3117-3139.
- Hu, P., Zhang, Q., Shi, P., Chen, B., & Fang, J. (2018). Flood-induced mortality across the globe: Spatiotemporal pattern and influencing factors. *Science of the Total Environment*, 643, 171-182.
- Dabrowsky, T., Nagy, H., Campuzano, F., Julian, M. (2023). Implementation of models and generation of indices -Tagus and Sado. (Report No. 7.5.2.4). iFADO Consortium.

MORPHODYNAMIC MODELLING OF A TIDAL INLET DURING HURRICANE LESLIE (2018)

Diogo Mendes⁽¹⁾, Alphonse Nahon⁽²⁾, Kévin Martins⁽³⁾, André B. Fortunato⁽²⁾, Xavier Bertin⁽³⁾,
Baptiste Mengual⁽⁴⁾, Laura Lavaud⁽⁴⁾, Marc Pezerat⁽⁵⁾ and António A. Pires-Silva⁽¹⁾

⁽¹⁾ CERIS – Civil Engineering Research and Innovation for Sustainability, Instituto Superior Técnico, Lisbon,
Portugal

diogo.silva.mendes@tecnico.ulisboa.pt; antonio.pires.silva@tecnico.ulisboa.pt

⁽²⁾ National Laboratory for Civil Engineering, Lisbon, Portugal

anahon@lnec.pt; afortunato@lnec.pt

⁽³⁾ Littoral ENvironnement et Sociétés - UMR 7266, CNRS – La Rochelle Université, La Rochelle, France

kevin.martins@univ-lr.fr; xbertin@univ-lr.fr

⁽⁴⁾ Benoit Waeles - Consultant Génie Côtier, Brest, France

baptiste.mengual@bw-cgc.fr; laura.lavaud@bw-cgc.fr

⁽⁵⁾ Service Hydrographique et Océanographique de la Marine, Brest, France

marc.pezerat@shom.fr

Abstract

The XBeach modelling system was used to hindcast the morphological evolution of an ephemeral tidal inlet during Hurricane Leslie (2018). Simulations of morphological evolution were compared against daily observations from topographic surveys conducted at the Albufeira Lagoon during this event. On the one hand, numerical simulations successfully reproduced the observed accumulation pattern at the flood delta. On the other hand, numerical simulations displayed a slight tendency to overestimate the sediment erosion that took place at the transitional channel.

Palavras-chave: XBeach; Morphological modelling; Field observations

1. Introduction

Extreme events, such as hurricanes, cyclones or typhoons can induce important morphological changes on infrastructures located at the sea-land interface. At those locations, numerical models capable of simulating waves, tidal currents, sediment transport and the associated bottom evolution can be used to assist coastal engineering projects. Despite their use in practice, these types of models, usually designated as morphodynamic models, are rarely assessed against field observations of morphological evolution during extreme events. The present study uses the XBeach modelling system to hindcast the morphological evolution of an ephemeral tidal inlet – the Albufeira Lagoon – during Hurricane Leslie (2018). The further comparison of this hindcast against field observations shows that XBeach skilfully simulates the main morphological changes.

2. XBeach numerical modelling system: results, discussion and conclusion

The XBeach modelling system was applied in surfbeat mode (Roelvink *et al.*, 2009). This allowed us to simulate infragravity (IG) waves during Hurricane Leslie (2018), which were shown to play an important role in the evolution of the Albufeira Lagoon inlet (Bertin *et al.*, 2019). Figure 1 depicts the observed (circles) and simulated (blue lines) morphological evolution patterns along two transects (P1 and P2) on 14 and 15 October 2018. At the northern transect (P1), XBeach was able to simulate the landward displacement of the northern spit. On 15 October, the observed 1 m sediment accumulation at $X = 140$ m was successfully reproduced by XBeach. At the transitional channel (P2), XBeach was able to simulate the observed southward migration between 13 and 14 October. However, XBeach simulations predicted channel erosion while observations indicate a slight accumulation between 14 and 15 October. The latter behaviour might be associated with the empirical parameterization of bottom friction. Overall, the observed accumulation pattern at the flood delta was skilfully simulated by XBeach.

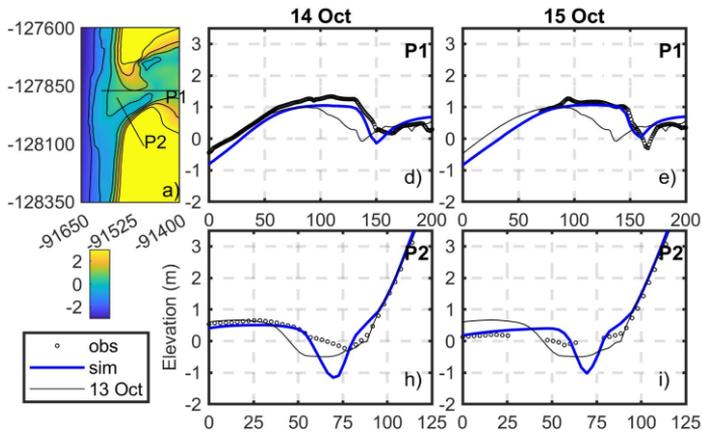


Figure 1. Observations (circles) and XBeach simulations (blue line) of the morphological evolution along transect P1 (northern sand spit) and P2 (transitional channel) on 14 and 15 October 2018, and on the 13 October (thin black lines).

Acknowledgements

The first author acknowledges Foundation for Science and Technology's (FCT) support through funding UIDB/04625/2020 from the research unit CERIS. This research was carried out in the scope of the project INLEX, funded by the French ANR and the FCT (project 40791ZC).

References

- Bertin, X., Mendes, D., Martins, K., Fortunato, A.B., Lavaud, L., 2019. 'The closure of a shallow tidal inlet promoted by infragravity waves', *Geophysical Research Letters*, 46, 12, 6804-6810.
- Roelvink, D., Reniers, A., van Dongeren, A., van Thiel de Vries, J., McCall, R., Lescinski, J., 2009. 'Modelling storm impacts on beaches, dunes and barrier islands', *Coastal Engineering*, 56, 11-12, 1133-1152.

ASSESSING THE INFLUENCE OF NEARSHORE BATHYMETRY TO COASTAL OVERTOPPING DURING EXTREME SEA LEVEL EVENTS

Soraia Romão⁽¹⁾, Luís Pedro Almeida⁽¹⁾, Juan Garzon⁽²⁾, Sylvain Capo⁽³⁾, Voirand Thibaut⁽³⁾, Pedro Ribeiro⁽⁴⁾, Marco Restano⁽⁵⁾ and Jérôme Benveniste⁽⁶⁾

⁽¹⁾ CoLAB +Atlantic, Lisboa, Portugal, soraia.romao@colabatlantic, pedro.almeida@colabatlantic.com.

⁽²⁾ Centro de Investigação Marinha e Ambiental (CIMA) – University of Algarve, Faro, Portugal, jlheroas@ualg.pt.

⁽³⁾ Telespazio France, Bordeaux, France, thibaut.voirand@telespazio.com.

⁽⁴⁾ Deimos Engenharia, Lisboa, Portugal, pedro.ribeiro@deimos.com.pt.

⁽⁵⁾ SERCO-ESRIN, Frascati, Italy, marco.restano@esa.int.

⁽⁶⁾ Formerly, European Space Agency-ESRIN, Frascati, Italy, jerome@benveniste.space.

Abstract

A satellite-derived bathymetry (SDB) methodology was implemented to reconstruct morphological changes in shallow water (2018 to 2021). Three different beach bathymetries were selected and the XBeach model was implemented to assess the occurrence of coastal overtopping during three extreme storms on an exposed sandy beach in Costa da Caparica. The bathymetry influences overtopping events, with differences up to 50%. The model results identified infragravity waves as the main process responsible for coastal overtopping at this coastal site.

Keywords: Coastal Risks; Satellite Derived Bathymetry; Wave Overtopping; XBeach.

1. Introduction

Coastal areas face the increasing threat of extreme sea level (ESL) events due to sea level rise and changes in the wave climate. On exposed coastal areas, waves play a key role in inducing extreme runup and consequently overtopping of natural (dunes) and artificial defense structures (seawalls). The impact of subtidal sandbars on wave dissipation and their role during extreme sea level events is investigated. Often, numerical modelling is challenged by insufficient and outdated bathymetric data, encouraging the development of novel depth estimation techniques. Recent advances in methods to estimate shallow water bathymetry from satellite imagery have yielded highly accurate results. This work combines the use of SDB with numerical modelling in Costa da Caparica, a highly urbanized low-sandy beach prone to overtopping events.

2. Methods

Bathymetry data for Caparica were obtained from Sentinel-2 MSI sensor images, and processed with ACOLITE DSF software for atmospheric correction (Vanhellemont and Ruddick, 2018). Water depth retrieval was based on the quasi-analytical multispectral model for shallow water bathymetry inversion (QAB) proposed by Capo *et al.* (2014). The SDB accuracy was established by comparing the results against the measured bathymetry from COSMO Program. The numerical modelling was performed with the XBeach model in non-hydrostatic mode, calibrated and validated by Garzon *et al.* (2023). Three different beach bathymetries were considered, a reference benchmark (Bathy2014), a vulnerable (SDB2018), and a post-nourishment (SDB2021) bathymetry, extracted from SDB. Focusing on three major storms:

Hercules in 2014, a storm in February 2017, and storm Emma in 2018, to compare the effect of different beach profiles in the occurrence of overtopping.

3. Results and Conclusions

The SDB data used in the model simulations was estimated with an accuracy better than 1 m (RMSE), and a correlation coefficient above 0.90. XBeach model accurately predicts the occurrence of overtopping during these ESL events, and subtidal morphology affects the number and mean flooding discharge (Fig. 1). The most vulnerable beach profile (SDB2018) showed the double of the number of overtopping events (6) when comparing to the number of overtopping events (3) computed with the beach profile after the artificial sand nourishment characterized by shallower subtidal bars (SDB2021), reducing overtopping occurrence by 50%. Infragravity waves were identified as the main process responsible for the occurrence of overtopping. The combination of these two methodologies (SDB and XBeach modelling) can improve the predictive ability to simulate extreme sea level events and associated impacts.

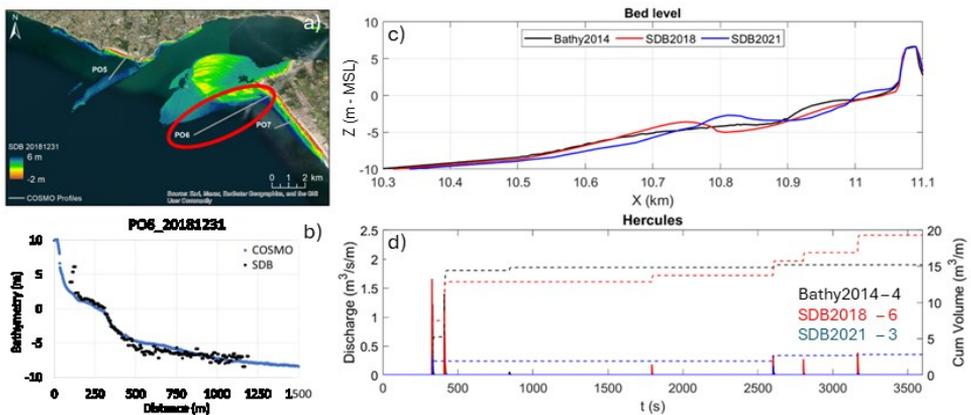


Figure 1. a) Study area and the profiles from COSMO used to compare SDB; b) Comparison of beach profiles PO6 from COSMO with profile retrieved from SDB, 31 December 2018, c) Beach profiles used in XBeach simulations (MSL); d) Identification of overtopping events for the three beach profiles for storm Hercules.

Acknowledgements

This work was developed under the project EOatSEE, funded by ESA EO for Society, FutureEO. Thanks are due to the Portuguese Environmental Agency from COSMO topobathymetric data.

References

- Capo, S., Lubac, B., Marieu, V., Robinet, A., Bru, D., Bonneton, P., 2014. Assessment of the decadal morphodynamic evolution of a mixed energy inlet using ocean color remote sensing. *Ocean Dynamics*, 64, 1517-1530.
- Garzon, J.L., Ferreira, Ó., Reis, M.T., Ferreira, A., Fortes, C.J.E.M., Zóximo, A.C., 2023. Conceptual and quantitative categorization of wave-induced flooding impacts for pedestrians and assets in urban beaches. *Scientific Reports*, 13, 7251.
- Vanhellemont, Q., Ruddick, K., 2018. Atmospheric correction of metre-scale optical satellite data for inland and coastal water applications. *Remote Sensing of Environment*, 216, 586-597.

IMPLICAÇÕES DAS INCERTEZAS DE MODELOS GLOBAIS NA AVALIAÇÃO DA EROSIÃO POR TEMPESTADES EM ILHAS BARREIRA

Valeria Fanti⁽¹⁾, Carlos Loureiro⁽¹⁾ e Óscar Ferreira⁽¹⁾

⁽¹⁾ Centro de Investigação marinha e Ambiental, Universidade do Algarve, Faro, Portugal,
vfanti@ualg.pt, cloureiro@ualg.pt, oferreir@ualg.pt

Resumo

Os modelos globais de agitação marítima e topo-batimétricos utilizados para simular a erosão induzida por tempestades possuem incertezas que afetam a quantificação dos seus impactos. O modelo XBeach foi aplicado em duas ilhas barreira para simular uma tempestade com um período de retorno de 50 anos, considerando condições de fronteira e forçamento que refletem a incerteza desses modelos globais. Os resultados demonstram que os modelos globais reproduzem corretamente os regimes de impacto das tempestades.

Palavras-chave: Morfodinâmica; Erosão costeira; Ilhas barreira; Modelos globais; XBeach.

1. Introdução

As tempestades costeiras podem ter impactos significativos em sistemas costeiros, nomeadamente inundações e erosão em ilhas barreira (Leaman *et al.*, 2021). Os modelos numéricos implementados com dados de alta resolução, permitem a avaliação local da perigosidade e o desenvolvimento de sistemas de alerta. À escala global e em zonas costeiras com escassez de dados, a utilização de modelos de ondas (reanálise) e topo-batimétricos (MDE) globais poderá permitir a quantificação dos impactos das tempestades. Contudo, é fundamental compreender as incertezas e limitações associadas às condições iniciais assentes em modelos globais e quantificar os potenciais erros.

2. Métodos

Para simular os impactos de tempestades com modelos globais, foram gerados perfis topo-batimétricos de ilhas barreira integrando o MDE global TanDEM-X com a batimetria global ETOPO 2022. Foram extraídos perfis transversais à costa médios em sectores morfológicamente homogéneos. O forçamento hidrodinâmico foi obtido através das reanálises globais WAVERYS (ondas) e GTSM (maré e sobrelevação meteorológica). Para a definição das tempestades, utilizaram-se condições de agitação com um período de retorno associado de 50 anos, que foram propagadas com o XBeach para obter as correspondentes variações morfológicas da praia e da duna. A metodologia foi aplicada nas ilhas barreira dos Outer Banks (OB), EUA, e da Ria Formosa (RF), Portugal. Para quantificar a incerteza na resposta morfodinâmica, considerou-se a variabilidade dos modelos globais, incorporando intervalos de erro no perfil topo-batimétrico (\pm Erro Médio Quadrático, RMSE) e na altura de onda com período de retorno de 50 anos (\pm intervalo de confiança de 25%). Foram efetuadas 9 simulações com o XBeach combinando dados hidrodinâmicos de WAVERYS e GTSM e perfis topo-batimétricos obtidos

pela união de TanDEM-X e ETOPO 2022, incluindo os respectivos intervalos de incerteza. Os resultados foram comparados com simulações de alta resolução que usam perfis LiDAR e forçamento hidrodinâmico local.

3. Resultados

A resposta erosiva pós-tempestade foi corretamente reproduzida nas simulações com modelos globais em termos de recuo horizontal da face inferior das dunas (abaixo de 3 m de elevação NMM) no caso dos OB (recuo médio de 12,4 m para os modelos globais e de 15,4 m para a simulação de referência). Para a RF, os resultados são melhores (25,7 m versus 21,2 m) para a face superior das dunas (acima de 3 m), com uma tendência geral dos modelos globais para subestimar o recuo (Figura 1). Os regimes de impacto das tempestades (Sallenger, 2000) simulados com os modelos globais (OB: 75% espraio e 25% colisão; RF: 65% espraio e 35% colisão) apresentaram grande precisão quando comparados com as simulações de alta resolução (desvios máximos de 1%). Contudo, verificou-se uma subestimativa do volume de erosão subaérea nas simulações globais, com desvios médios de 55% para os OB e 29% para a RF.

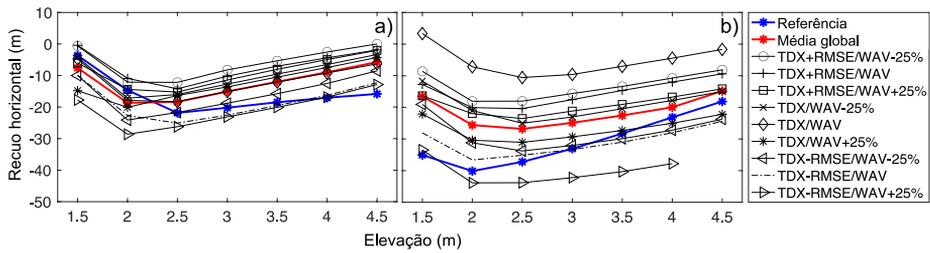


Figura 1. Recuo horizontal para a simulação de referência (azul; estrela) e as 9 simulações com modelos globais para as OB a) e a RF b).

4. Conclusões

Efetuiu-se a quantificação das incertezas associadas ao uso de modelos globais na simulação da resposta erosiva devido a temporais, em ilhas barreira. Apesar dessas incertezas, as combinações de modelos globais testadas reproduziram corretamente os regimes de impacto das tempestades e o recuo horizontal da duna, apesar de alguma subestimativa. Os modelos globais podem ajudar a caracterizar o risco de erosão e a implementar estratégias de adaptação em zonas costeiras que não possuam dados de alta resolução.

Agradecimentos

VF é financiada por uma Bolsa de Doutorado da Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) (ref. 2020.07553.BD). Este estudo foi apoiado por fundos nacionais, atribuídos pela FCT ao ARNET (LA/P/0069/2020) e CIMA (UID/00350/2020). Os dados do TanDEM-X foram disponibilizados pelo German Aerospace Center (referência DEM_HYDR3317).

Referências

- Leaman, C. K., et al., 2021. A storm hazard matrix combining coastal flooding and beach erosion, *Coastal Engineering*, 170, 104001.
- Sallenger, A. H., 2000. Storm impact scale for barrier islands, *Journal of Coastal Research*, 890-895.

A ALIMENTAÇÃO ARTIFICIAL DE PRAIAS COMO MEDIDA DE MITIGAÇÃO DO RISCO EM LITORAL DE ARRIBA ROCHOSA. O CASO DO TROÇO VAU-ROCHA (ALGARVE-PORTUGAL)

Sebastião Braz Teixeira⁽¹⁾, Bruno Rodrigues⁽²⁾

(1,2) Administração da Região Hidrográfica do Algarve, Agência Portuguesa do Ambiente, Faro, Portugal

Resumo

Utilizaram-se duas séries de movimentos de massa: a) da análise de fotografia aérea (1947-1991) e b) observação sistemática (2001-2023) para comparar o número de movimentos de massa registados num troço de arribas rochosas. Os resultados mostram a redução drástica na ocorrência de movimentos no segundo período que ocorreu após intervenção de alimentação artificial complementada com a construção de esporão, resultando no aumento da largura da praia, reduzindo significativamente a incidência da ondulação na base das arribas.

Palavras-chave: Alimentação artificial de praias, arribas rochosas, risco.

1. Introdução

Nas zonas costeiras, nas praias suportadas por arribas, a geodinâmica das arribas determina a existência de risco para os seus utilizadores. A alimentação artificial de praias constitui medida de mitigação eficaz desse risco na medida em que reduz a frequência com que a ondulação incide sobre a base da arriba, aumenta a largura da praia e promove a utilização do areal pelos utilizadores afastada da base das arribas (Teixeira, 2016, 2021).

2. Métodos

A área de estudo, entre a praia do Vau (a poente) e a praia da Rocha (a nascente), no sul de Portugal, correspondente a troço costeiro suportado por arribas rochosas, cortadas em calcarenitos miocénicos, carsificados, com alturas de cerca de 20 m. Na identificação dos movimentos de massa utilizaram-se duas séries de dados. Uma primeira, que cobre o intervalo 1947-1991, foi obtida por Marques (1997) através da análise de fotografia aérea, tendo como limite de detecção os movimentos com largura inferior a 3 m (Teixeira, 2006). Uma segunda série, em permanente atualização, resulta da observação sistemática na região e registo dos movimentos de massa, em curso desde 2001, realizada pela Administração da Região Hidrográfica do Algarve (ARH Algarve), com limiar de detecção de movimentos com largura igual ou inferior a 1 m (Teixeira, 2006). Para avaliar a evolução da largura da praia consideram-se 4 perfis transversais de praia emersa até à curva do nível médio do mar, extraídos da cartografia disponível e levantados sistematicamente desde 1996 (fig. 1B).

3. Resultados e discussão

A figura 1A reproduz a localização dos movimentos de massa registados por Marques (1997) e os recolhidos sistematicamente pela ARH Algarve, entre 2001 e 2023. Os movimentos

identificados por Marques (1997) somam um total de 44 eventos, no período entre 1947 e 1991 enquanto que entre 2001 e 2023, não foram registados quaisquer eventos com essas larguras. Foram apenas registados 9 pequenos movimentos com largura entre 1 e 2 m. Neste troço costeiro foram executadas três intervenções de alimentação artificial. A primeira, em 1983, envolveu a deposição de 0,45 Mm³ (Psuty e Moreira, 1990), a segunda em 1996, com a deposição de 0,41 Mm³ (Pinto *et al.*, 2020), ambas com baixa longevidade (<5 anos). A terceira alimentação feita em 1998, com a deposição de 0.51M m³ (Pinto *et al.*, 2020) com longevidade maior (10 anos), foi prolongada pelo efeito de retenção da construção, em 2001, de esporão mergulhante no extremo nascente do troço Vau-Rocha (fig.1B). Esta série de intervenções revelou-se muito eficaz na redução dos movimentos de massa, mitigando de forma muito significativa o risco para os utentes das praias deste troço.

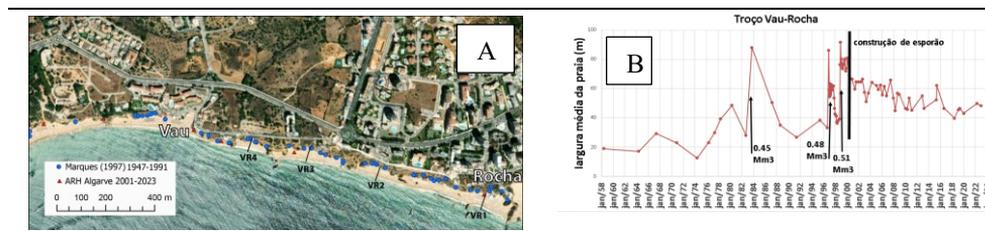


Figura 1. A - Movimentos identificados entre 1947-1991 (Marques, 1997) e 2001-2023 (ARH Algarve). Localização dos 4 perfis de praia. B - Evolução da largura da praia (média dos 4 perfis VR1 a VR4) entre 1958 e 2022. B - Evolução temporal da largura da praia; intervenções realizadas (alimentação artificial, assinaladas com as setas verticais pretas e volumes, e construção do esporão, assinalado com traço preto).

4. Conclusões

A alimentação artificial das praias entre o Vau e a Rocha, permitiu, após a construção do esporão dos Três Castelos, reduzir muito significativamente a ocorrência de movimentos de massa das arribas, reduzindo o risco para os seus utilizadores.

Referências

- Pinto, C. A. Silveira, T., Teixeira, S. B. 2020. Beach nourishment practice in mainland Portugal (1950–2017): Overview and retrospective. *Ocean. Coast. Manag.* 192, 105211. doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105211.
- Psuty, N. P. e Moreira, M.E.S.A. (1990). Nourishment of a cliffed coastline, Praia da Rocha, Algarve, Portugal. *Journ. Coastal. Res.* 6, S. I., 21-32.
- Marques, F. M. S. F. (1997) - As arribas do litoral do Algarve. Dinâmica, Processos e Mecanismos. Dissertação Doutoramento. *Universidade de Lisboa*, 556p, (não publicado).
- Teixeira, S.B. (2006). Slope mass movements on rocky sea-cliffs: A power-law distributed natural hazard on the Barlavento Coast, Algarve, Portugal. *Cont. Shelf Research* 26, 1077-1091. doi: 10.1016/j.csr.2005.12.013.
- Teixeira, S.B. (2016). A alimentação artificial como medida de redução do risco em praias suportadas por arribas rochosas na costa do Barlavento (Algarve, Portugal). *Revista de Gestão Costeira Integrada*, 16(3), 327-342. doi: 10.5894/rgci683.
- Teixeira (2021) - Reducing sea cliffs hazards in pocket beaches through beach nourishment on the Barlavento Coast (Algarve, Portugal). *Jour. Int. Coastal Zone Manag.*, 21(4), 215-226. doi: 10.5894/rgci-n378.

MOURANITOS – UM MOVIMENTO DE MASSA EXTREMO REGISTADO NA COSTA DO ALGARVE (PORTUGAL)

Bruno Rodrigues⁽¹⁾ Sebastião Braz Teixeira⁽²⁾,

(1,2) Administração da Região Hidrográfica do Algarve, Agência Portuguesa do Ambiente, Faro, Portugal

Resumo

Em fevereiro de 2023 ocorreu um movimento de massa na praia dos Mouranitos, uma área costeira utilizada para atividades turísticas e lúdicas. Existem vestígios de movimentos de grande dimensão no litoral ocidental do Algarve mas nenhum tinha sido registado, desde 1947, com as dimensões extremas do movimento. O movimento ocorrido em Mouranitos teve um volume de aproximadamente 60 500 m³ com um recuo da crista da arriba máximo de 50m. Apesar de raro, a ocorrência de movimentos de grandes dimensões é uma realidade que deve ser considerada na prática da gestão costeira.

Palavras-chave: movimentos de massa, arribas, risco.

1. Introdução

Nas zonas costeiras, a geodinâmica das arribas determina a existência de risco para os seus utilizadores. A área de estudo situa-se nos Mouranitos, localizado no subsector XXII definido por Marques (1997), ou seja, um troço costeiro suportado por arribas com alturas de cerca de 70m, talhadas em rochas paleozoicas. A arriba da praia dos Mouranitos é constituída pela Formação Brejeira, constituída essencialmente, de grauvaques e quartzovaques de natureza turbidítica intercalados com xistos argilosos (Oliveira, 1990). Estruturalmente a formação foi afetada por dobramento intenso apresentando localmente um extenso anticlinal com atitude 124°NE que corresponde, possivelmente ao bloco superior do cavalgamento de Mouranitos aflorante mais a norte (Dias, 2013).

2. Métodos

Na identificação dos movimentos de massa utilizaram-se duas séries de dados. Uma primeira (1947-1991) foi obtida por Marques (1997) através da análise de fotografia aérea, tendo como limite de deteção os movimentos com largura inferior a 3 m (Teixeira, 2006). Uma segunda série, em permanente atualização desde 2001, resulta da observação sistemática e registo dos movimentos de massa realizada pela APA-ARH Algarve, com limiar de deteção de movimentos com largura ≤ 1 m (Teixeira, 2006). Desde 2022 que são efetuados pela ARH Algarve voos regulares para recolha de imagens aéreas a 50m de altitude de toda a linha de costa algarvia através de um drone DJI Phantom 4 RTK. As imagens verticais são posteriormente processadas através do *software* WebODM para criação de ortofotomapas com uma resolução de 5cm/pixel que são comparados para deteção e caracterização dos movimentos de massa.

3. Resultados e discussão

No dia 20 de fevereiro de 2023 ocorreu um movimento de massa na arriba sobrejacente à praia dos Mouranitos, tendo sido reportado pela Proteção Civil de Vila do Bispo. Os serviços da APA-ARH Algarve efetuaram imediatamente o registo das dimensões do movimento.

A figura 1A reproduz a localização da praia dos Mouranitos e a localização da crista da arriba anterior ao movimento de natureza planar provavelmente procedida por tombamento inicial. A largura máxima do movimento foi de 50m com uma largura média de 16 m. Com uma área afetada de 2240 m², o volume deslocado estimado foi de 60 500m³. Na figura 1B estão projetados os volumes dos movimentos registados nas arribas do Algarve ocidental suportadas por litologias de xistos e grauvaques, sendo a valor máximo registada entre 1947 e 2022 de 24 650m³. O volume de material deslocado no movimento de massa registado na praia dos Mouranitos teve uma dimensão mais de duas vezes superior ao maior anteriormente registado desde 1947 (fig. 1B). Também a largura máxima do movimento excedeu em mais de um terço o valor até à altura registado (36 m, fig. 1B).

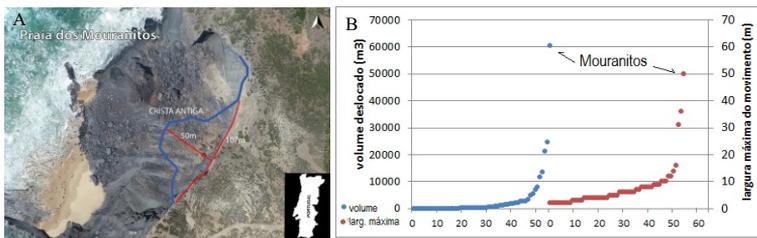


Figura 1. A- Localização da crista da arriba pré (azul) e pós (vermelho) movimento; B - Movimentos identificados entre 1947-1991 (Marques, 1997) e 1995-2023 (ARH Algarve) na costa ocidental em arribas do Paleozóico (n=55), ordenados de forma crescente de volume e largura máxima por movimento.

4. Conclusões

O movimento dos Mouranitos foi o movimento de maiores dimensões registado na costa ocidental Algarvia desde 1947. Esta é uma evidência da ocorrência de movimentos de grandes dimensões que devem ser tidos em consideração nos instrumentos de planeamento e ordenamento da gestão costeira mesmo em locais de pouca pressão urbanística.

Referências

- Dias, R. & Basile, C. (2013) – Estrutura dos sectores externos da Zona Sul Portuguesa in Dias, R.; Araújo, A.; Terrinha, P. & Kullberg, J. (Eds). Geologia de Portugal, volume I - Geologia Pré-mesozóica de Portugal. Escolar Editora, Lisboa, 673-765.
- Marques, F. M. S. F. (1997) - As arribas do litoral do Algarve. Dinâmica, Processos e Mecanismos. Dissertação Doutoramento. Universidade de Lisboa, 556p, (não publicado).
- Oliveira, J. T., 1990. Stratigraphy and syn-sedimentary tectonism in the South Portuguese Zone. In: Dallmeyer, R. D. & Martinez Garcia, E. (eds.) Pre-Mesozoic Geology of Iberia. Springer Verlag, 334- 347.
- Teixeira, S.B. (2006) - Slope mass movements on rocky sea-cliffs: A power-law distributed natural hazard on the Barlavento Coast, Algarve, Portugal. Cont. Shelf Research 26, 1077-1091. doi: 10.1016/j.csr.2005.12.013

GALGAMENTOS COSTEIROS NO FURADOURO: ANÁLISE DE UMA ESTRATÉGIA LOCAL DE ADAPTAÇÃO DOS EFEITOS DAS INUNDAÇÕES COSTEIRAS

Inês Pinto⁽¹⁾, Alberto Gomes⁽²⁾ e Pedro Pinto Santos⁽³⁾

⁽¹⁾*Câmara Municipal de Ovar, Ovar, Portugal,
inesmpaulos@gmail.com*

⁽²⁾*Departamento de Geografia, Faculdade de Letras da Universidade do Porto, Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território,
atgomes@letras.up.pt*

⁽³⁾*Centro de Estudos Geográficos, Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa, Laboratório Associado TERRA, Lisboa, Portugal,
pmpsantos@campus.ul.pt*

Resumo

A frente urbana do Furadouro (Ovar) é considerada uma área vulnerável e de forte risco costeiro, sendo frequentemente afetada por galgamentos e inundações costeiras, associados a danos avultados. Mediante reconhecimento de campo avaliou-se uma estratégia de adaptação de danos adotada pela comunidade local, que consiste na colocação de barreiras temporárias contra inundações na entrada das habitações. Esta investigação tem como ênfase perceber o contexto e eficácia desta medida de acomodação, analisando a distribuição e o tipo de estruturas existentes, correlacionando os dados obtidos com eventos extremos de inundação.

Palavras-chave: Furadouro; Galgamentos; Inundações Costeiras; Evento Extremo; Estratégias de Adaptação.

1. Introdução

O litoral Ocidental português, onde a frente urbana da praia do Furadouro (concelho de Ovar) se insere, possui um regime de agitação marítima energético e extensas áreas arenosas de cotas baixas, que oferecem fraca resistência à ondulação, sendo considerada “uma das zonas de Portugal com maior vulnerabilidade e risco costeiro” (Lima et al., 2021). Esta encontra-se exposta a vários perigos de índole natural e antrópica, salientando-se os galgamentos e inundações costeiras (GIC), associados a impactes negativos sobre pessoas e bens. No contexto de reconhecimentos de campo associados a um trabalho académico (Pinto, 2022), identificou-se e analisou-se uma estratégia de adaptação, adotada pela comunidade local, para reduzir os efeitos adversos induzidos pelas inundações costeiras.

2. Metodologia

A identificação e caracterização da estratégia de adaptação foi realizada com recurso à aplicação *ArcGIS Field Maps* da *ESRI*, considerando-se um conjunto de parâmetros, como a tipologia de uso, o material de composição e a altura, relacionando a sua disposição geográfica com um evento extremo de inundação – o evento do Inverno Marítimo de 2014, previamente reconhecido através da elaboração de uma Base de Dados de Ocorrências (Pinto, 2022). Posteriormente, realizou-se a comparação das cotas topográficas locais com a altura das barreiras temporárias contra inundações, determinando a altura potencial da coluna de água,

de forma a prever a eficácia desta estratégia, recorrendo à ferramenta *Inverse Distance Weighted (IDW)*, da extensão *Spatial Analyst* do *Software ArcGIS* da *ESRI*.

3. Resultados e Discussão

Na frente urbana do Furadouro existem 46 barreiras temporárias contra inundações costeiras, distribuídas ao longo de 220 metros da frente costeira (figura 1). Esta disposição geográfica coincide com o perímetro inundado durante os eventos costeiros de 2014, confirmando a interligação da colocação das barreiras em áreas que sofreram danos durante a inundação. Relativamente à altura total das barreiras, os resultados confirmam que, de facto, as de maior altura se encontram dispostas em áreas topograficamente deprimidas, onde a altura potencial da coluna de água é mais elevada e de permanência prolongada, verificando-se o oposto em áreas mais aplanadas, onde a altura destas é menor, assim como a cota potencial de inundação.

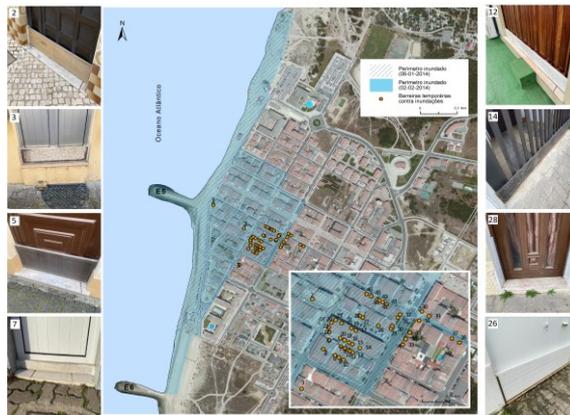


Figura 1. Localização geográfica das estruturas de adaptação, as barreiras temporárias contra inundações, face à área máxima inundada em 2014 (Adaptado de Pinto, 2022).

4. Conclusões

Este trabalho de investigação permitiu identificar e avaliar o uso da estratégia de adaptação, do tipo “barreira temporária contra inundações”, levada a cabo pela população do Furadouro. Evidenciou-se uma correlação entre a tipologia de barreiras e a profundidade da inundação associada ao evento extremo. Constatou-se que as barreiras de menor altura poderão ser ineficazes face a futuras inundações de maior severidade. Em suma, é fulcral que as políticas públicas de gestão do risco costeiro, procurem complementar e apoiar as estratégias informais adotadas pela população, com vista a aumentar a resiliência do território ao processo de inundação costeira.

Referências

- Lima, M., Coelho, C., Jesus, A. F., Alves, F., Marto, M. (2021). Base de Dados #5-Eventos de Dano devidos à Ação Marítima-Caso de Estudo (Ovar), Projeto INCCA-Adaptação Integrada às Alterações Climáticas para Comunidades Resilientes (POCI-01-0145-FEDER-030842). Universidade de Aveiro.
- Pinto, I.M.P. (2022). Galgamentos e Inundações Costeiras na Frente Urbana do Furadouro – Concelho de Ovar, Relatório de Estágio de Mestrado em Riscos, Cidades e Ordenamento do Território, Faculdade de Letras da Universidade do Porto, Portugal.

Dinâmica Estuarina e Costeira



ON THE RELATIONSHIP BETWEEN THE ÓBIDOS LAGOON INLET MIGRATION PATH AND THE OFFSHORE WAVE POWER

Alphonse Nahon⁽¹⁾, Paula Freire⁽¹⁾, Xavier Bertin⁽²⁾ and André B. Fortunato⁽¹⁾

⁽¹⁾ National Laboratory for Civil Engineering, Lisbon, Portugal
anahon@lnec.pt; pfreire@lnec.pt; afortunato@lnec.pt

⁽²⁾ Littoral ENvironnement et Sociétés - UMR 7266, CNRS – La Rochelle Université, La Rochelle, France
xbertin@univ-lr.fr

Abstract

The inlet of the Óbidos Lagoon is a wave-dominated tidal inlet located on the Portuguese coast. It is known for its unstable behaviour, which often leads to erosion issues on its margin or to its complete closure. Over twenty years of satellite data were compiled to document this behaviour. The reconstructed behaviour was compared to the contemporary offshore wave climate. The comparison showed that the inlet's preferred migration direction could differ from the relative orientation of the offshore wave power; it was particularly the case when the longitudinal component of the wave energy flux strongly or durably deviated from its long-term average. In contrast, the inlet closed more frequently when this deviation was smaller.

Keywords: Tidal inlets; Littoral drift; Wave climate reanalysis; Satellite-derived shorelines.

1. Introduction

The Óbidos Lagoon is located on the central west coast of Portugal. The tidal inlet that connects the lagoon with the Atlantic Ocean is wave-dominated (Bertin et al., 2009). As a result, the inlet is highly unstable both spatially and in terms of cross-section. Between April 2016 and October 2023, the inlet closed three times, and it persistently migrated southward until late 2020 before it started to migrate persistently northward (Portela et al., 2023). To better understand this behaviour, satellite and wave data since 1999 were analysed.

2. Methods and results

The inlet position and width were measured from 136 satellite-derived shorelines (Landsat LE7, 8 and 9) from 1999 to 2023 (Figure 1), created with the CASSIE online tool (Almeida et al., 2021). The offshore wave climate (H_s , T_p , mean Dir) was retrieved for the period 1940-2023 from the ERA5 reanalysis database (Hersbach et al., 2023). The longshore wave energy flux was computed as the longitudinal component perpendicular to its long-term (i.e., 1940-2023) average direction.

Between 2002 and 2005 (Figure 1A), and between 2005 and 2010 (Figure 1B), the inlet migrated in the opposite direction to the one of the dominant longshore wave energy flux. In both periods, the net annual wave power strongly and durably deviated from its long-term average direction. In contrast, from 2013 to 2022, the longitudinal component of the wave power only moderately deviated from its long-term value and the inlet migration was mostly aligned with this deviation (Figure 1C&D). This second period was also remarkable due to the frequent

closure events that occurred in December 2013, March 2015, May and December 2018 and March 2022 (Figure 1).

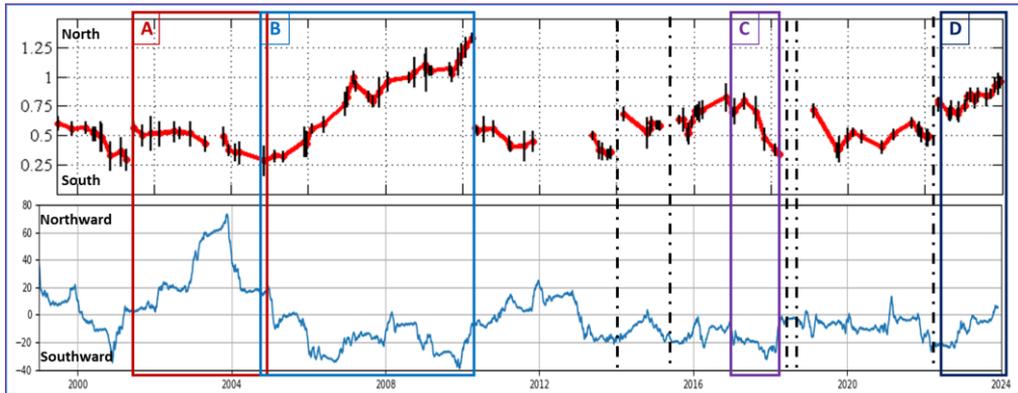


Figure 1. Top: alongshore position and width (km) of the Óbidos Lagoon inlet; bottom: one year cumulated net wave energy flux (kW/m) perpendicular to long-term mean wave energy flux direction; vertical dash-dotted bars indicate documented closure events.

3. Discussion and conclusions

The inlet of the Óbidos Lagoon may migrate in the opposite direction to the one of the dominant littoral drift. This seems to be the case when the average annual longshore wave power strongly and durably deviates from its long-term average. In contrast, when the longitudinal component of the wave power only moderately deviates from its long-term value, the inlet migration seems to be aligned with this deviation and then with the littoral drift. In this latter case, the closure events may also become more frequent.

Acknowledgements

This work was partially funded by the *Fundação para a Ciência e a Tecnologia*, under the project 3D-MOWADI (PTDC/ECM/103801/2008), and by the *Agência Portuguesa do Ambiente*.

References

- Almeida, L.P., de Oliveira, I.E., Lyra, R., Dazzi, R.L.S., Martins, V.G., da Fontoura Klein, A.H., 2021. 'Coastal analyst system from space imagery engine (CASSIE): shoreline management module', *Environ. Model. Software*, 140, Article 105033
- Bertin X, Fortunato AB, Oliveira A. 2009. 'A modeling-based analysis of processes driving wave-dominated inlets', *Continental Shelf Research*, 29, 819–834.
- Portela, L.I., Freire, P., Fortunato, A.B. Azevedo, A., 2023. Programa de monitorização da hidrodinâmica das dragagens da zona superior da lagoa de Óbidos: Relatório 3 – Fase de pós-obra, Relatório 367/2023–DHA/NEC, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 21 p.
- Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Biavati, G., Horányi, A., Muñoz Sabater, J., Nicolas, J., Peubey, C., Radu, R., Rozum, I., Schepers, D., Simmons, A., Soci, C., Dee, D., Thépaut, J.-N., 2023. ERA5 hourly data on single levels from 1940 to present. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS), (Accessed on 31-Jan-2024).

MONITORIZAÇÃO DO CABEDELLO DO DOURO: DUAS DÉCADAS DE EVOLUÇÃO NA MORFOLOGIA E METODOLOGIA

Ana Bio⁽¹⁾, Américo Magalhães⁽²⁾, André Pinhal⁽³⁾, Luísa Bastos⁽¹⁾ e José Alberto Gonçalves^(1,3)

⁽¹⁾ Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental (CIIMAR/CIMAR), Universidade do Porto, Matosinhos, Portugal,

⁽²⁾ CICGE, DGAOT, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Vila Nova de Gaia, Portugal,

⁽³⁾ DGAOT, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Porto, Portugal,

anabio@ciimar.up.pt; americo.magalhaes@fc.up.pt; apinhal@fc.up.pt; lcbastos@fc.up.pt; jagoncal@fc.up.pt

Resumo

A morfologia emersa do Cabedelo do Douro foi monitorizada durante mais de duas décadas, primeiro com um sistema terrestre e depois com um aéreo. Apresentam-se os resultados da monitorização e comparam-se as metodologias. Observou-se um forte crescimento do Cabedelo, com tendência a desacelerar. O método aéreo revelou-se mais fiável e vantajoso.

Palavras-chave: Morfodinâmica; Estuário; RTK; Fotogrametria.

1. Introdução

A embocadura do Estuário do Douro apresenta uma restinga, conhecida como Cabedelo do Douro, implantada na margem sul do rio, que protege as comunidades ribeirinhas do efeito das ondas e tempestades marítimas. Diversas intervenções e construções tiveram lugar para garantir a segurança da navegação no estuário e diminuir a necessidade de dragagens no canal de navegação, sendo as mais importantes o molhe norte, uma estrutura com orientação para sudoeste e com 350 m de comprimento, e um quebra-mar destacado, construído entre 2005 e 2008 na extremidade norte da restinga (Bastos *et al.*, 2012). Em 2001 estabeleceu-se um programa de monitorização do Cabedelo, apoiado pela Administração dos Portos do Douro, Leixões e Viana do Castelo - APDL, com o objetivo de acompanhar a evolução da sua morfologia e de estudar o impacto da extensão do molhe norte e do quebra-mar destacado na mesma. Apresentam-se os resultados dos mais de 20 anos de monitorização, quantificando as alterações morfológicas e comparando as metodologias usadas.

2. Métodos

A monitorização iniciou-se em 2001, inicialmente com quatro levantamentos por ano e desde 2011 com levantamentos bianuais. Até setembro 2019 o Cabedelo foi monitorizado com um sistema móvel terrestre, composto por um veículo equipado com um recetor GNSS de dupla frequência e uma Unidade de Medição Inercial (IMU), operado em modo cinemático. As elevações obtidas ao longo de uma grelha de percursos foram interpolados para obter o modelo digital de superfície (MDS). Desde abril 2018 os levantamentos são realizados por deteção remota, com um veículo aéreo não-tripulado (VANT), equipado com uma câmara de 20 Megapixels, sendo o MDS obtido por fotogrametria. Em 2018 e 2019, usaram-se ambos os sistemas, para poder comparar os resultados.

3. Resultados e Discussão

Desde a construção do molhe destacado, concluída em 2008, o Cabedelo deixou de interferir com o canal de navegação, mantendo o seu limite para norte. Contudo, o Cabedelo desenvolveu uma extensão para montante e formou um tómbolo em direção ao molhe destacado. Entre 2008 e 2022 a restinga aumentou 68% em volume e 37% em área, tendo atualmente uma envergadura que pode impossibilitar a sua rotura durante uma grande cheia no Douro, comprometendo a função de válvula de descarga em caso de inundação.

Em termos de comparação da metodologia de monitorização (Fig. 1), a utilização do VANT revelou-se eficiente e fácil, permitindo observar toda a área em pouco tempo. O Método terrestre foi mais moroso não permitindo uma grelha de observação apertada (decimétrica como seria desejável) em tempo útil, pelo que resulta necessariamente em áreas interpoladas e, portanto, com valores menos fiáveis. Além disso, a deteção remota permitiu observar áreas não acessíveis a veículos, sendo mais abrangente e, ao mesmo tempo, menos invasiva. Consequentemente, e embora ambos os métodos permitirem produzir MDS de elevada precisão (Gonçalves *et al.*, 2018), observam-se diferenças nos resultados (Fig. 1e) associadas a: (i) áreas interpoladas – o método terrestre obtém dados discretos numa rede de trajetos (Fig. 1a), com interpolação dos valores entre trajetos (MDS Fig. 1b), enquanto o VANT permite obter um ortomosaico (Fig. 1c) e elevações para toda a área com resolução espacial (pixel) de 20 cm (MDS Fig. 1d); e (ii) a árvores na zona Este do Cabedelo, captadas pelo VANT mas evitadas pelo veículo terrestre.



Figura 1. Levantamentos de abril 2019: a) grelha de observações terrestres e b) MDS resultante, c) ortomosaico e d) MDS do levantamento com VANT, e) diferenças de elevação calculadas c) menos b).

Agradecimentos

Os autores agradecem o financiamento do Programa Interreg VI-A Espanha-Portugal (POCTEP), projeto 0062_CAPTA_1_E, e do fundo estratégico UIDP/04423/2020 através de fundos nacionais da FCT – Fundação para a Ciência e Tecnologia e o Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (ERDF), no âmbito do programa PT2020. Agradecem ainda o apoio da APDL que tem permitido garantir um programa de monitorização periódica.

Referências

- Bastos, L., Bio, A., Pinho, J.L.S., Granja, H., Jorge da Silva, A., 2012. Dynamics of the Douro estuary sand spit before and after breakwater construction. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 109, 53-69. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2012.05.017>
- Gonçalves, J.A., Bastos, L., Madeira, S., Magalhães, A. e Bio, A., 2018. Three-dimensional data collection for coastal management – efficiency and applicability of terrestrial and airborne methods. *International Journal of Remote Sensing*, 39, 24, 9380-9399. <https://doi.org/10.1080/01431161.2018.1523591>

ANÁLISE DE EVENTOS EXTREMOS DE TRANSPORTE LONGITUDINAL POTENCIAL NO LITORAL DE AVEIRO

Paulo A. Silva⁽¹⁾, Tiago Abreu⁽²⁾, Nuno Monteiro⁽¹⁾⁽³⁾, Carlos Coelho⁽⁴⁾, Celso Aleixo Pinto⁽⁵⁾

⁽¹⁾ CESAM & Departamento de Física, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal,
psilva@ua.pt

⁽²⁾ CESAM & Dep. de Engenharia Civil, ISEP, Politécnico do Porto, Porto, Portugal,
taa@isep.ipp.pt

⁽³⁾ Barcelona Supercomputing Center, Barcelona, Espanha, nuno.rocha@bsc.es

⁽⁴⁾ RISCO & Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal,
ccoelho@ua.pt

⁽⁵⁾ Núcleo de Monitorização Costeira e Risco, Agência Portuguesa do Ambiente, Amadora, Portugal,
celso.pinto@apambiente.pt

Resumo

Neste trabalho são apresentados resultados numéricos dos parâmetros da ondulação na zona de rebentação, com os quais é estimado o transporte potencial de sedimentos na direção longitudinal. Identificam-se os eventos extremos do transporte e as condições de agitação marítima observadas nessas condições.

Palavras-chave: Transporte sedimentar longitudinal, clima de agitação, WWIII, eventos extremos.

1. Introdução

A quantificação do transporte de sedimentos longitudinal é frequentemente necessária para muitos propósitos relacionados com a gestão de zonas costeiras. Esse transporte resulta das correntes paralelas à costa produzidas na zona de rebentação, quando as ondas incidem obliquamente à praia. O presente trabalho apresenta uma estimativa do transporte longitudinal no litoral de Aveiro com base em formulações práticas e caracteriza os eventos extremos de transporte e as condições de ondulação correspondentes.

2. Metodologia

Foram realizadas simulações com o modelo de geração e propagação de ondas WWIII, previamente calibrado, que permitiram gerar uma série temporal de 20 anos (2000-2019) da altura significativa, período de pico e direção num ponto costeiro localizado a norte da barra de Aveiro a 14,25m de profundidade (Silva et al., 2023). Esses resultados numéricos foram utilizados como entrada para um modelo de propagação de ondas, baseado na conservação do fluxo de energia de ondas e na aplicação da teoria linear e da lei de Snell, para estimar os parâmetros das ondas na zona de rebentação. O perfil topo-batimétrico considerado neste estudo foi obtido no programa COSMO - Programa de Monitoramento da Zona Costeira de Portugal Continental - e corresponde ao perfil PC4. O transporte de sedimentos longitudinal (Qs) foi estimado com base na formulação de CERC, com as modificações introduzidas por Mil-Homens et al. (2013), e considerou um diâmetro mediano de sedimento $d_{50} = 0,352$ mm.

Identificou-se um evento extremo de transporte para os valores de Q_s que superam o percentil 95 do transporte potencial.

3. Resultados e Conclusões

Para o período de 20 anos em estudo, foram identificados 390 eventos extremos de transporte potencial, o que corresponde a 19,5 eventos/ano (Figura 1a). A distribuição do volume potencial de sedimentos transportado em cada evento está representada na Figura 1b, apresentando valores positivos (para sul) e negativos (para norte). Um evento transporta em média $9,588 \times 10^3 \text{ m}^3$, mas existem eventos que têm uma capacidade de transporte que excede $100\,000 \text{ m}^3$. A capacidade de transporte de cada evento é proporcional ao número de dias de cada evento. Foram identificadas as condições de ondulação ao largo correspondentes a estes eventos extremos de transporte. A comparação dos valores extremos de transporte com a agitação marítima mostrou que sempre que existem temporais ($H_{0s} > 4,5\text{m}$) o transporte potencial é superior ao valor do percentil 95, mas existe uma percentagem considerável de condições de agitação (com H_{0s} acima de 3 m e inferior a 4,5 m) que promovem valores elevados de transporte.

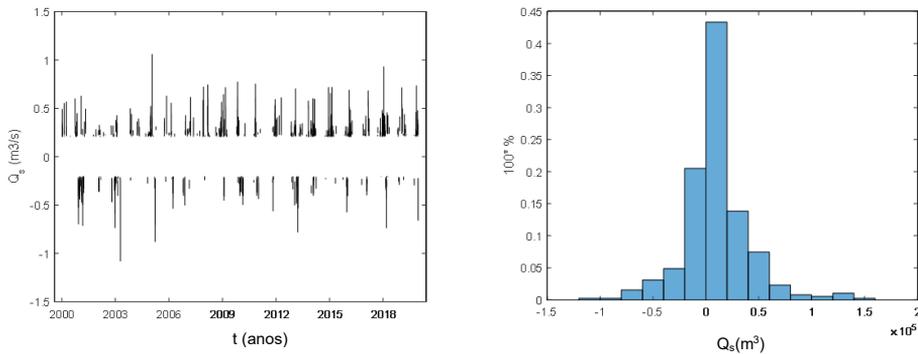


Figura 1. (a) Série temporal dos eventos extremos de transporte potencial; (b) Distribuição do caudal sólido potencial transportado num evento extremo (m^3).

Agradecimentos

Os autores agradecem à FCT/MCTES pelo apoio financeiro ao CESAM (UIDP/50017/2020+UIDB/50017/2020+ LA/P/0094/2020), através de fundos nacionais. Este estudo foi efetuado no âmbito do “Estudo de Viabilidade da Transposição Aluvionar das Barras de Aveiro e da Figueira da Foz”, promovido pela Agência Portuguesa do Ambiente e cofinanciado pelo POSEUR (Ref.^a-02-1809-FC-000071).

Referências

- Mil-Homens, J., Ranasinghe, R., van Thiel de Vries, J. S. M., Stive, M. J. F. (2013). Re-evaluation and improvement of three commonly used bulk longshore sediment transport formulas. *Coastal Engineering*, 75, 29–39. doi:10.1016/j.coastaleng.2013.01.004.
- Silva, P.A., Monteiro, N., Oliveira, T., Abreu, T., Coelho, C. (2023). Annual and seasonal variability of the littoral drift at Aveiro, Northwest Coast of Portugal. In: Chenchouni et al. (eds.), *Advances in Science, Technology & Innovation*, Springer https://doi.org/10.1007/978-3-031-43169-2_61.

IMPACT OF DREDGING ON SALT WATER INTRUSION IN THE AVEIRO LAGOON

J. P. Pinheiro ⁽¹⁾, E. S. Gross ⁽²⁾, C.L. Lopes ⁽¹⁾ and J.M. Dias ⁽¹⁾

⁽¹⁾ CESAM, Departamento de Física, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal, joaoppinheiro@ua.pt;
carinalopes@ua.pt; joao.dias@ua.pt

⁽²⁾ Resource Management Associates, 1756 Picasso Avenue, Suite G, Davis, 95618, CA, United States,
ed@rmanet.com

Abstract

Most estuarine environments have highly dynamic morphologies, with concurrent natural variability and effects of human actions, that are likely to impact the salinity structure and the ecological equilibrium of estuarine habitats. This work seeks to explain the changes on salinity structure in Aveiro Lagoon, resulting from dredging operations carried out to increase navigability. To achieve this goal, a novel 3-D model was fully developed and set-up for a pre-contemporary and contemporary bathymetry. Results show that deepening of the branches increased salt water intrusion.

Palavras-chave: Hydrodynamic model; Anthropogenic modifications; Complex bathymetry; Salt transport.

1. Introduction

Ria de Aveiro Lagoon is one of the largest wetlands of Portugal. Daily, as the tide propagates back and forth, huge volumes of salty, brackish and fresh water are mixed along a complex network with four main branches and plenty of floodways between the marshes. It is the perfect habitat for hundreds of aquatic species. Because of the high ecological importance of this lagoon system, amid other social and economic impacts, it is crucial to study the effects of anthropogenic modifications. As a study case, Aveiro Lagoon is an area of great interest because it has been exposed to several dredging operations, that changed the Lagoon morphology and hydrodynamics, and are planned to continue in the future.

2. Methods

A state of the art, open-source numerical model, DFlow-FM (Kernkamp, 2011), was implemented, calibrated and validated in a 3-D mode to study the salt transport in Aveiro Lagoon. The unstructured mesh allows variable horizontal resolution (10 - 100 m) within the lagoon. In the vertical, 60 Z-layers were used with a fixed resolution of 0.5 m. Furthermore, in the vertical a $k - \epsilon$ turbulence closure is applied. Two different bathymetric configurations were simulated to evaluate the changes in salt water intrusion. A pre-contemporary bathymetry stands for 1987 and is representative of local depth conditions prior to the principal dredging operations that were done in 1996-1999. A contemporary bathymetry refers to 2012 and reflects the impact of anthropogenic modifications. Salinity along a transect in the lagoon main branches is calculated during spring-neap tide conditions to understand the effect of bathymetry on salt water transport (Figure 1).

3. Conclusion

DFlow-FM simulates well tidal and salt propagation in Aveiro Lagoon with a skill metric higher than 0.96 for water level and 0.76 for salinity. These results are comparable to those observed by previous authors (Pereira et. al, 2023). Salt wedge behaviour is observed during neap tide conditions, where both salty water and freshwater interact in a stronger way with pronounced vertical salinity gradients. The deepening of the branches moved most isohalines further upstream, leading to an increase of salt water intrusion in both tidal conditions.

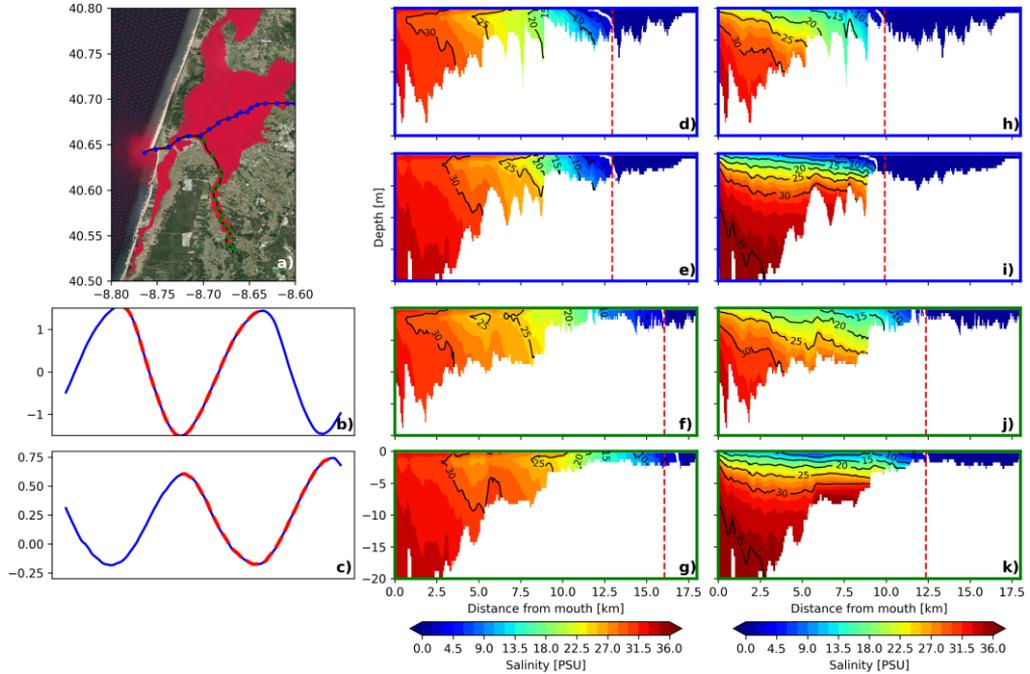


Figure 1. Salinity structure along a transect for two of the main branches during spring (d – g) and neap (h - k) conditions. Both 1987 bathymetry (d; h; f and j) and 2012 bathymetry (e; i; g and k) are shown. Red dashed vertical line indicates the 2-PSU isohaline in the 1987 bathymetry (benchmark).

Acknowledgments

The first author benefit from Doctoral grant (SFRH/BD/146153/2019) given by the Portuguese Science Foundation (FCT). We acknowledge financial support to CESAM by FCT/MCTES (UIDP/50017/2020+UIDB/50017/2020+LA/P/0094/2020) through national funds.

References

- Pereira, F.; Picado, A.; Pereira, H.; Pinheiro, J.P.; Lopes, C.L.; Dias, J.M. Impact of Extreme Wind and Freshwater Runoff on the Salinity Patterns of a Mesotidal Coastal Lagoon. *J. Mar. Sci. Eng.* **2023**, *11*, 1338.
- Kernkamp, H.W. J., Van Dam, A., Stelling, G. S., and De Goede, E.D., 2011: Efficient scheme for the shallow water equations on unstructured grids with application to the Continental Shelf, *Ocean Dynam.*, *61*, 1175–1188.

HYDRODYNAMIC AND LONGSHORE SEDIMENT TRANSPORT OBSERVATIONS IN BARRA BEACH, MOZAMBIQUE

Eva Pavo-Fernández⁽¹⁾, Vicente Gracia ^(1,3), Gorka Solana^(1,2), Joan Puigdefabregas⁽¹⁾ and Manel Grifoll ^(1,3)

⁽¹⁾ *Universitat Politècnica de Catalunya - BarcelonaTech (UPC), Jordi Girona 1-3, Barcelona, Spain, eva.pavo@upc.edu, joan@tremar.cat*

⁽²⁾ *Engineering and Technologies Faculty, Universidade Save, Avda. Americo BoaVida s/n, Maxixe, Inhambane, Mozambique, gorsol@gmail.com*

⁽³⁾ *Centre Internacional d'Investigació dels Recursos Costaners (CIIRC), Universitat Politècnica de Catalunya - BarcelonaTech (UPC), Jordi Girona 1-3, Barcelona, Spain, manel.grifoll@upc.edu, vicente.gracia@upc.edu*

Resumo

Barra Beach is located in the municipality of Inhambane, in southern Mozambique. It is a mesotidal sandy beach (tidal range of 3 m). Data were obtained during two intensive field campaigns using Do-It-Yourself (DIY) equipment. All Lagrangian buoys were deployed in the surf zone and trajectories were north-westwards. Mean current velocities were of the order of 0.5 m/s, consistent with large longshore drift.

Palavras-chave: Wave characteristics; Drifters; Do-it-yourself devices; Beach-spit system; Mozambique

1. Introdução

The study focuses in Barra Beach, a beach located in the municipality of Inhambane, in southern Mozambique. It is a mesotidal beach, with a tidal range of 3 m (Solana et al., 2020). It consists of fine sand ($D_{50} = 0.2$ mm (Pavo-Fernández et al., 2023)) and contacts with vegetated dunes that contribute to the nourishment of the Barra spit system, located further west (Pavo-Fernández et al., 2024). This contribution aims to characterize the hydrodynamic conditions, using data of two intensive field campaigns.

2. Methods

Data were obtained during two intensive field campaigns: February-March 2023 (at the tail of Freddy Cyclone) and January 2024. These campaigns involved collecting wave data with a DIY high-frequency pressure meter (real-time reading frequency of 4 Hz), and water current data were acquired employing a DIY Lagrangian drifter deployed in the surf zone and a TCM-1 Tilt Current Meter, Lowell Instruments LLC. Additional bathymetric information was obtained jointly with longshore sediment transport traps.

3. Results

Figure 1 serves as an example of some of the Lagrangian drifter deployments. First results of the tracks recorded by the drifter showed a persistent current towards the entrance of the

estuary at the North-West. Trajectories covered more than 250 m before the buoys reached the coast. The derived surface velocities ranged from 0.39 m/s to 0.84 m/s.

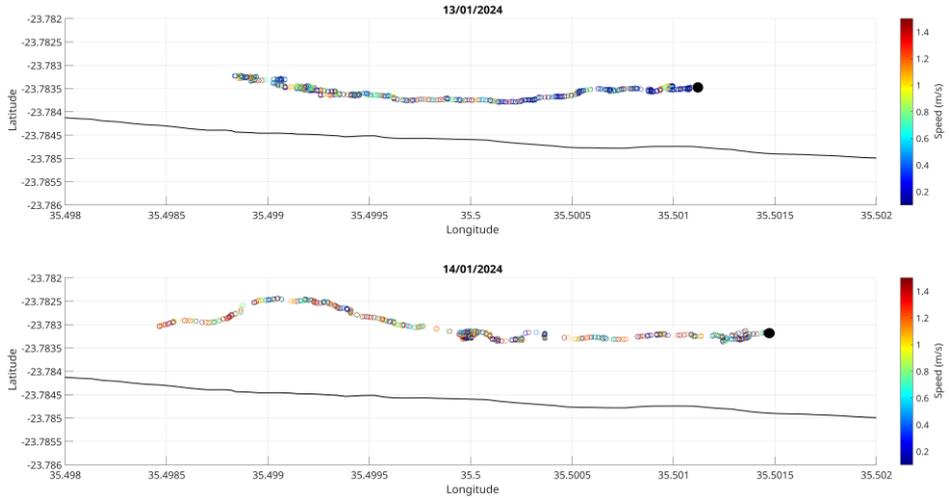


Figure 1. Lagrangian drifter tracks deployed on the 13/01/2024 and 14/01/2024. The coloured dots represent the velocity of the drifter at each position. The black solid line indicates the shoreline. Black dots indicate the starting point of deployment.

4. Conclusions

Results showed that Barra Beach is a highly energetic beach, which leads to an intense longshore sediment transport towards the estuary entrance. The obtained results will be put in the context of the Beach-Spit archetype, commonly occurring along the coast of Mozambique.

Acknowledges

This work was funded by the PITACORA project (TED2021-129776B-C21), and supported by Departament de Recerca i Universitats Generalitat de Catalunya and co-funded by the European Union through the European Social Fund (ESF), grant FI-B 00897, 2022. Fieldwork was funded by the Centre de Cooperació per al Desenvolupament, CCD-UPC, projects B006-2022 and B007-2023.

References

- Pavo-Fernández, E.; Grifoll, M.; Solana, G.; Pinyol, J.; Sete, C.; Hogueane, A. And Gracia, V. Under review (2024). Coastal geomorphic cartography and longshore sediment transport assessment in Mozambique, *Geomorphology*.
- Pavo-Fernández, E.; Gracia, V.; Grifoll, M.; Solana, G.; 2023. Longshore Sediment Transport Patterns in Mozambique: A Tool for Coastal Planning, *EGU23-1117*, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu23-1117>.
- Solana, G.; Grifoll, M.; Espino, M. 2020. Hydrographic variability and Estuarine Classification of Inhambane Bay (Mozambique), *Journal of Coastal Research*, 95, 1, 649–653.

MELHORIA DAS ACESSIBILIDADES MARÍTIMAS DO PORTO DE AVEIRO: HIDRODINÂMICA E DINÂMICA SEDIMENTAR

A.B. Fortunato⁽¹⁾, A. Azevedo⁽¹⁾, F.S.B.F. Oliveira⁽¹⁾, L. Portela⁽¹⁾, L. Pinheiro⁽¹⁾

⁽¹⁾ Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal
{afortunato, aazevedo, foliveira, lportela, lpinheiro}@lnec.pt

Resumo

O acesso marítimo ao Porto de Aveiro apresenta problemas de navegabilidade que condicionam a entrada de navios de grande dimensão, em particular em algumas situações de maré e agitação marítima. Este estudo apresenta e avalia uma configuração alternativa para a embocadura da Ria de Aveiro que visa mitigar estes problemas.

Palavras-chave: modelação numérica; hidrodinâmica; morfodinâmica; SCHISM

1. Introdução

A configuração atual da embocadura da Ria de Aveiro (Figura 1a) coloca problemas de navegabilidade no acesso ao Porto de Aveiro: a largura do canal de navegação impede o acesso a navios de grande dimensão em algumas situações meteorológicas e de maré; as intensas correntes de maré limitam a capacidade de manobra dos navios e o período de operacionalidade do porto; correntes transversais e vórtices junto ao molhe sul dificultam a manobra dos navios em algumas situações de maré; o assoreamento no anteporto dificulta a manobra dos navios e obriga a dragagens frequentes; e o traçado do canal de navegação dificulta a manobra interior. Para ultrapassar estas dificuldades, conceberam-se e analisaram-se várias soluções de intervenção. O presente artigo descreve e compara os comportamentos da configuração atual e da solução proposta (Figura 1b) em termos de hidrodinâmica e de dinâmica sedimentar.

2. Resultados

Caracterizou-se a hidrodinâmica e a morfodinâmica para a configuração atual aplicando o modelo SCHISM, forçado pela maré, a agitação marítima, o vento e a pressão atmosférica. Esta aplicação permitiu quantificar os problemas relativos à hidrodinâmica e à morfodinâmica. As velocidades ao longo do canal de navegação, em particular na vazante, podem exceder 3 m/s (Figura 2). As zonas de maior velocidade são o anteporto, devido às baixas profundidades, e a confluência com o canal de Mira. É também nesta confluência, e junto à cabeça do molhe sul, que se verificam as maiores vorticidades. Em condições de forte agitação marítima, é junto à cabeça do molhe sul que ocorrem as maiores velocidades e vorticidades.

A solução proposta (Figura 1b) envolve as seguintes intervenções: 1) encurtamento do molhe sul em 100 m e seu prolongamento para sudoeste em 200 m; 2) encurtamento do dique de guiamento em 200 m; e 3) dragagem do canal de navegação, em particular na zona do anteporto. Enquanto o simples encurtamento do molhe sul não resolve os problemas de

velocidades e vorticidades elevadas junto à cabeça deste molhe, a combinação deste encurtamento com o seu prolongamento para sudoeste melhora as condições hidrodinâmicas (Figura 2). Ao mesmo tempo, aprofundar e alargar o canal de navegação reduz as velocidades de vazante no anteporto. Finalmente, encurtar o dique de guiamento reduz a velocidade e a vorticidade na curva a jusante do acesso ao Terminal Norte. Na entrada para este terminal, as velocidades máximas são pouco afetadas, pelo que as condições de manobra não são agravadas. Do lado negativo, esta solução pode aumentar até 8 cm os níveis extremos no interior da Ria.

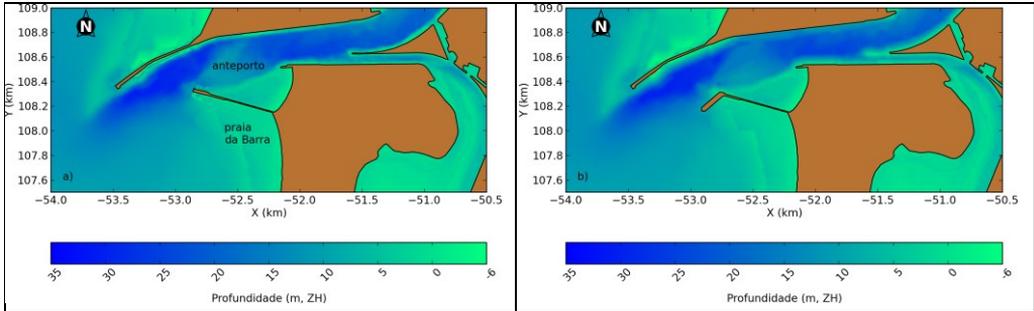


Figura 1. Embocadura da Ria de Aveiro: a) configuração atual; b) solução proposta

Relativamente à dinâmica sedimentar, o simples encurtamento do molhe sul favorece o assoreamento do anteporto por areias vindas da praia da Barra. Contudo, o prolongamento do molhe sul para sudoeste ultrapassa este problema. A combinação da dragagem do canal de navegação com o encurtamento do dique de guiamento, que visa reduzir as velocidades, não tem efeitos apreciáveis entre os molhes. Assim, a intervenção proposta não prejudica a dinâmica sedimentar no acesso marítimo ao porto e reduz o assoreamento no anteporto. Análises complementares com modelos de dinâmica e de equilíbrio de linha de costa confirmam o potencial de penetração de areias vindas de sul na embocadura para a situação atual. A extensão do molhe sul será eficaz na reorientação dos fluxos sedimentares ao longo do molhe sul para a zona ativa dos setores norte e central da praia da Barra, reduzindo o assoreamento do anteporto.

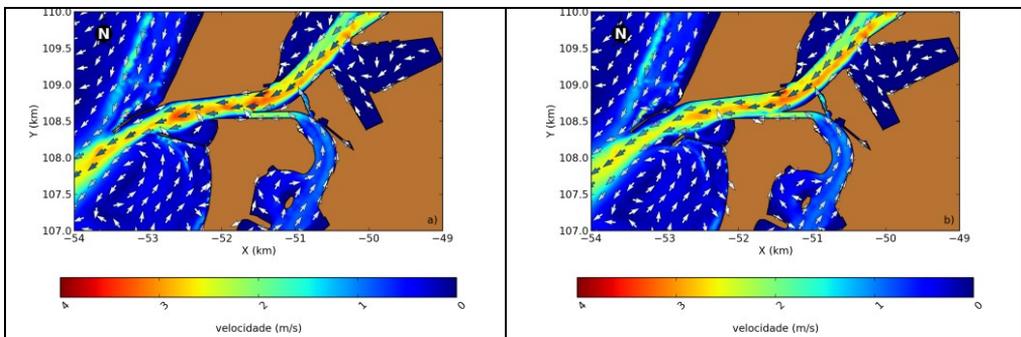


Figura 2. Velocidades em máxima vazante para ondas com $H_s=4$ m, $TM_0=14$ s, $Dir=280^\circ$, para: a) a configuração atual; b) a solução proposta

Agradecimentos

Agradece-se à Administração do Porto de Aveiro pela autorização para publicar este artigo, e à restante equipa de projeto, do LNEC e da Universidade de Aveiro, pela colaboração.

SAND WAVE MORPHOMETRICS IN THE MAIN CHANNEL OF THE OUTER TAGUS ESTUARY

Luís Ivens Portela⁽¹⁾

⁽¹⁾ *Hydraulics and Environment Department, National Laboratory for Civil Engineering, Lisbon, Portugal,
lportela@lnec.pt*

Abstract

The geometric characteristics of sand waves in the main channel of the outer Tagus estuary are investigated, using high-resolution surveys conducted in 2019 and 2020. The relationship between bedform height and spacing over a 1400 m transect, at ca. 20 m depth, is in good agreement with the global mean trend equation proposed by Flemming (1988). The consistent ebb-oriented asymmetry suggests that the direction of net sediment transport is seaward. The apparent direction of sand wave migration obtained from the comparison between surveys is more variable, but on average also ebb-oriented.

Keywords: Bedform shape; Bedform asymmetry; Ebb tidal delta; Morphodynamics.

4. Introduction

Sand waves are flow-transverse bedforms, common in estuaries and shelf seas. They have practical implications for the maintenance dredging of access channels, the design of offshore infrastructure, and sediment management. Geometric characteristics, such as the ratio of height to wavelength, can provide information on bedform activity and sediment supply. Asymmetry is generally assumed to be indicative of the dominant direction of net sediment transport. This study investigates the geometric characteristics of sand waves in the seaward part of the main channel of the outer Tagus estuary.

5. Methods

The study is based on multibeam surveys of 2019 and 2020 (<https://cosmo.apambiente.pt>), available at a resolution of 0.3 m. The analysis focuses on the sand waves that occur in the seaward part of the main channel, along the edge of the main sand bank of the ebb-tidal delta (the Cachopo Sul shoal; Fig. 1a). A NE-SW transect of ca. 1400 m in length, approximately crestline-normal, was defined and divided into two sections. Morphometric parameters (sand wave height, length, steepness and asymmetry) were calculated in each section. Due to the presence of superimposed ripples, maxima and minima were calculated in two steps to help identify crests and troughs.

6. Results and discussion

Each half-transect shows 8 complete sand waves at an average depth of 21 m CD. The average wavelength is 80 m and the average height is 2.1 m, leading to an average steepness of 0.027. The spacing versus height relationship (Fig. 1b) is in good agreement with the global mean

trend equation established by Flemming (1988, 2022). The average bedform asymmetry, excluding two cat-back shaped (CBS) sand waves observed in the 2020 survey, is 0.34. All sand waves are ebb-oriented (Fig. 1c). Sand wave migration obtained from the comparison between surveys is more variable, with the presence of CBS sand waves apparently associated with divergent migration directions. In the examined transect, the average migration rate is 5-10 m year⁻¹, ebb-oriented, with the faster migration rate in the seaward half of the transect.

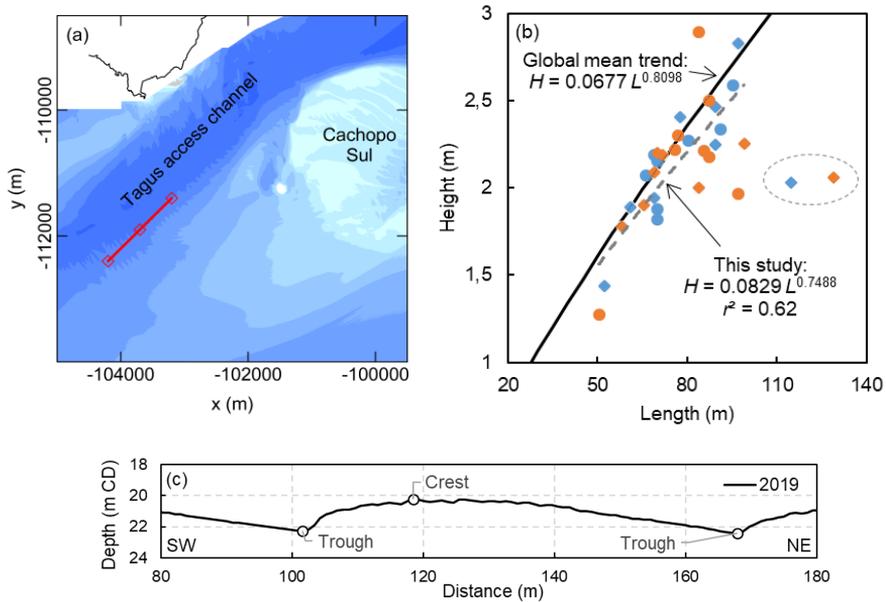


Figure 1. (a) Bathymetric map of the outer Tagus estuary showing the location of the NE-SW transect (red line). (b) Sand wave height and length relationship (circles: 2019; diamonds: 2020; blue: landward half-transect; orange: seaward half-transect). Global mean trend (Flemming, 1988; black solid line) and observed trend (grey dashed line; CBS sand waves indicated by the dashed ellipse not included). (c) Example of an ebb-oriented sand wave from the landward half-transect.

Acknowledgements

Data obtained from the Coastal Monitoring Programme of the Portuguese Environment Agency (COSMO). Available at: <https://cosmo.apambiente.pt>.

References

- Flemming, B.W., 1988. 'Zur Klassifikation subaquatischer, strömungstransversaler Transportkörper', *Bochumer Geol und Geotech Arb*, 29, 44-47.
- Flemming, B.W., 2022. 'The limits to growth: how large can subaqueous, flow-transverse bedforms ultimately become?', *Ocean Dynamics*, 72, 801-815.

INSIGHTS INTO MODELLING COASTAL SPIT EVOLUTION USING "SHORELINE_S" MODEL

Francisco Sancho⁽¹⁾, Alphonse Nahon⁽¹⁾

⁽¹⁾ Departamento de Hidráulica e Ambiente, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal,
fsancho@lnec.pt; anahon@lnec.pt

Abstract

ShorelineS is a recent coastline evolution model allowing for extreme coastline curvatures and spit formation at high-angle wave incidence. This paper investigates ShorelineS's capabilities in reproducing longshore sediment rates, spit elongation and inlet migration, such as those observed at Langue de Barbarie, in Senegal. Moreover, it addresses the influence of the sediment transport formulation and other model parameters on the representation of shoreline instabilities downdrift of the Senegal river main inlet.

Keywords: Langue de Barbarie; Senegal; Barrier island; Inlet migration

1. Introduction

The coast of Senegal is located on the relatively narrow West African continental shelf and is characterized essentially by sand barriers. The dominant swell-wave regime from the Atlantic Ocean generates sustained longshore sand drift responsible for the construction of numerous sandy barrier systems and spits (Anthony, 2015). These form a rather irregular coastline, with various lagoons and tidal embayments, particularly at conjunctions with outflowing rivers and delta developments, such as the Senegal river delta.

The Senegal delta is a classical wave-dominated delta, characterised by the presence of a persistent sand spit, the Langue de Barbarie. The spit width varies between 100 and 400 meters and this is an extremely mobile feature, subject to repeated past breaches, associated with phases of delta-mouth migration. Rates of spit growth were reported to vary from 100 to 700 m per year (Bergsma et al., 2020), depending on variations in wave characteristics, river discharge and river mouth dynamics, combined with barrier-breaching events. Based on a 32-year wave data record, Sadio et al. (2017) estimated the longshore sediment transport rate (net drift) at Langue de Barbarie to be of the order of $611 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{year}$, southwards.

This paper aims to study the ShorelineS model capabilities in reproducing longshore sediment transport, spit elongation and inlet migration rates, at the Senegal river delta.

2. Methodology and results

The ShorelineS model (Roelvink et al., 2020) is a free-form shoreline evolution model, driven by longshore transport gradients that result from coastline curvatures and allowing for spit formation at high-angle wave incidence (Elghandour and Roelvink, 2020). The model admits developing shoreline undulations and formation of spits, migrating and merging islands. An updated version of the model was applied and validated at Langue de Barbarie spit, using Satellite Derived Shorelines as input (Figure 1).

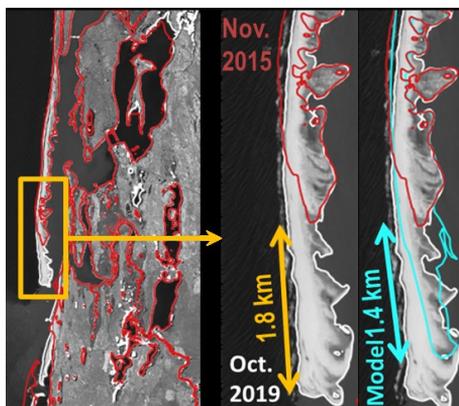


Figure 1. Left: Satellite derived shorelines in study area in 2015 (red contour) and 2019 (white contour); right: model validation against observed spit-elongation.

The application covered a period of nearly 4 years, between October 2015 and November 2019. Most default model parameters were used, while several tests were carried out in relation to the parameters that most influenced the inlet dynamics, namely the alongshore sediment transport magnitude, the coastal orientation, the inlet channel width, and the barrier width. Results indicate that promoting an increase in the sediment transport rates enhances inlet migration and spit growth rates, and may trigger spit instabilities and breaching. Further ongoing tests look to find the balance necessary for accurately predicting the downdrift flying spits.

Acknowledgements

The authors acknowledge the financing from *Programa de Cooperación INTERREG MAC 2014-2020, Proyecto RES-COAST*, and warmly thank Dano Roelvink for providing the ShorelineS code. Wave hindcast data used in this study is available at <https://zenodo.org/records/8139334>.

References

- Anthony, E.J., 2015. 'Patterns of Sand Spit Development and Their Management Implications on Deltaic, Drift-Aligned Coasts: The Cases of the Senegal and Volta River Delta Spits, West Africa', https://doi.org/10.1007/978-3-319-13716-2_2.
- Bergsma, E.W.J. et al., 2020. 'Sand-spit evolution and inlet dynamics derived from space-borne optical imagery is the Senegal-river inlet closing?', Proc. Int. Coastal Symposium (ICS) 2020 (Seville, Spain). J. of Coastal Research, S.I. No. 95, pp. 50-54, ISSN 0749-0208.
- Elghandour A., and Roelvink D., 2020. 'Arctic Alaska barrier Islands: improving the fidelity of morphological impact predictions', Phase 1. IHE Delft Report.
- Roelvink, D. et al., 2020. 'Efficient Modeling of Complex Sandy Coastal Evolution at Monthly to Century Time Scales', *Front. Mar. Sci.* 7:535, doi: 10.3389/fmars.2020.00535.
- Sadio, M. et al., 2017. 'Shoreline Changes on the Wave-Influenced Senegal River Delta, West Africa: The Roles of Natural Processes and Human Interventions', *Water* 9, no. 5: 357, <https://doi.org/10.3390/w9050357>.

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DE SEDIMENTOS HETEROMÉTRICOS EM ESCOAMENTOS OSCILATÓRIOS COM FUNDOS MÓVEIS

Tiago Abreu⁽¹⁾, Caroline C. Ferreira^(2,3), João Matos⁽¹⁾, Ana Bernabeu⁽⁴⁾ e Paulo A. Silva⁽⁵⁾

⁽¹⁾ CESAM & Dep. de Engenharia Civil e Dep. de Matemática, ISEP, Politécnico do Porto, Porto, Portugal,
taa@isep.ipp.pt; jem@isep.ipp.pt

⁽²⁾ Instituto Dom Luiz, Faculdade de Ciência, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal,

⁽³⁾ Observatório Oceânico da Madeira, Agência Regional para o Desenvolvimento da Investigação, Tecnologia e Inovação (ARDITI), Funchal, Portugal,
caroline.ferreira@oom.arditi.pt

⁽⁴⁾ CIM-UVIGO GEOMA, Universidade de Vigo, Vigo, Espanha,
bernabeu@uvigo.es

⁽⁵⁾ CESAM & Departamento de Física, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal,
psilva@ua.pt

Resumo

A dinâmica de praias envolve mecanismos complexos no transporte de sedimentos que dependem da natureza heterométrica das areias e cuja descrição é essencial para a modelação morfodinâmica. Neste estudo, efetuou-se uma análise detalhada da distribuição granulométrica vertical dos sedimentos no leito de fundo com base em experiências laboratoriais conduzidas num canal de ondas, com recurso a um contador a laser.

Palavras-chave: Sedimentos heterométricos, canal de ondas, estratificação, segregação.

1. Introdução

O tamanho e a distribuição dos sedimentos devem ser considerados nos cálculos de transporte sedimentar (Hassan & Ribberink, 2005), nos estudos de engenharia geológica ou geotécnica, e em projetos de alimentação artificial de praias que envolvam diferentes materiais dragados (Staudt et al., 2021). A utilização de um contador a laser Coulter, que conta e mede a dimensão de sedimentos de tamanhos variados, apresenta vantagens evidentes relativamente ao método de peneiração. Neste trabalho, efetua-se uma análise do tamanho dos grãos de um leito de fundo composto por diversas misturas de areia realizadas num canal de ondas.

2. Experiências

As experiências decorreram no canal de ondas em Hannover (Großer Wellenkanal, GWK) que tem 300 m de comprimento, 5 m de largura e 7 m de profundidade. Numa secção horizontal de teste do canal, com 30 m de comprimento e 0,9 m de altura, dispuseram-se quatro misturas distintas de areia com uma espessura de 0,3 m, constituídas por duas frações de diâmetros medianos, um fino (F), com $d_{50} = 0,21\text{mm}$, e outro grosseiro (G), com $d_{50} = 0,58\text{ mm}$. As condições experimentais consideraram diferentes proporções de mistura dos dois sedimentos: 100%F, 75%F+25%G, 50%F+50%G e 25%F+75%G. Para cada mistura de areia, foram realizadas oito experiências, considerando duas condições de ondas regulares com o mesmo período de onda ($T=7\text{ s}$) e alturas de onda distintas ($H=1,0\text{ m}$ e $H=1,5\text{ m}$).

3. Resultados

A Figura 1 apresenta os resultados da análise granulométrica de uma amostra do leito obtida na zona central da secção de teste, compreendendo uma primeira camada superficial de 1 cm e as restantes camadas mais profundas de 2 cm. A amostra reporta aos resultados para a distribuição bimodal 50%F+50%G após a propagação de 1000 ondas regulares de H=1,5 m. Observa-se uma considerável variabilidade nos pesos entre as frações de sedimentos finos e grosseiros nas diferentes camadas do leito, destacando-se da distribuição teórica da mistura inicial. As camadas superiores [1,3] cm e [3,5] cm apresentam percentagens mais elevadas de sedimentos grosseiros. Igualmente, a Figura 1b evidencia que o d_{50} da mistura diminui de 0,59 mm na camada superior [1,3] cm para 0,47 mm na camada mais profunda.

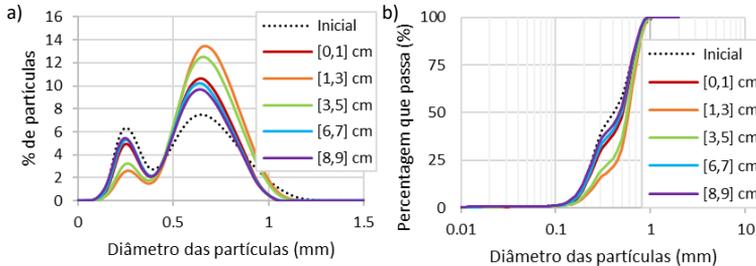


Figura 1. (a) Distribuição granulométrica no final do ensaio da mistura 50%F+50%G (H=1,5 m) e (b) curvas granulométricas respetivas.

4. Conclusões

A utilização de um contador Coulter a distribuições bimodais com dimensões de partículas entre 0,04 μm e 1,14 mm, permitiu caracterizar com excelente precisão o tamanho das partículas presentes em diferentes misturas de areia. Os resultados mostram que o leito de fundo, inicialmente bem misturado, sob ação de ondas, sofre uma estratificação vertical e segregação de materiais granulares, evidenciando, no presente caso experimental, que camadas mais superficiais tendem a conter percentagens mais elevadas de sedimentos grosseiros. Este tipo de estudos contribui para melhorias da modelação morfodinâmica, ajudando na gestão costeira.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FCT/MCTES pelo apoio financeiro ao CESAM (UIDP/50017/2020+UIDB/50017/2020+ LA/P/0094/2020), através de fundos nacionais. As experiências no canal foram financiadas pelo projeto STENCIL - Strategies and Tools for Environment-friendly Shore Nourishment as Climate Change Impact Low-Regret Measures (Ministério Federal Alemão da Educação e Pesquisa/BMBF, contrato n° 03F0761).

Referências

- Hassan, W.N., Ribberink, J.S., 2005. Transport processes of uniform and mixed sands in oscillatory sheet flow. *Coastal Engineering*, 52(9), 745-770.
- Staudt, F., Gijssman, R., Ganai, C., et al. 2021. The sustainability of beach nourishments: A review of nourishment and environmental monitoring practice. *J. Coastal Conservation*, 25(2), 1-24.

MAGNETIC VS. FLUORESCENT TRACERS: A COMPREHENSIVE EVALUATION IN SEDIMENT TRANSPORT STUDIES

Soraia Romão^(1,2,3), João Cascalho⁽¹⁾, Caroline C. Ferreira^(1,2,4), Eric Font⁽⁵⁾, Rui Taborda⁽¹⁾, Paulo A. Silva⁽²⁾, João F. Duarte⁽⁶⁾, Franziska Staudt^(7,8)

⁽¹⁾ Instituto Dom Luiz (IDL) & Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal, jpcascalho@fc.ul.pt, rtaborda@fc.ul.pt

⁽²⁾ Centro de Estudos do Ambiente e do Mar (CESAM) & Departamento de Física, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal, psilva@ua.pt

⁽³⁾ CoLAB +Atlantic, Lisboa, Portugal, soraia.romao@colabatlantic.com

⁽⁴⁾ Observatório Oceânico da Madeira, Agência Regional para o Desenvolvimento da Investigação, Tecnologia e Inovação (ARDITI), Funchal, Portugal, caroline.ferreira@oom.arditi.pt

⁽⁵⁾ Universidade de Coimbra, Instituto Dom Luiz, Departamento de Ciências da Terra da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Coimbra, Portugal, font_eric@hotmail.com

⁽⁶⁾ Instituto Hidrográfico, Lisboa, Portugal, joao.duarte@hidrografico.pt

⁽⁷⁾ Forschungszentrum Küste, Leibniz Universität Hannover and Technische Universität Braunschweig, Hannover, Germany, frst@dhigroup.com

⁽⁸⁾ DHI A/S, Hørsholm, Denmark

Abstract

This research evaluates and compares the effectiveness of magnetic and fluorescent tracers in assessing net transport rates and sediment dispersion patterns. Conducted in a wave flume the experiment revealed that while magnetic tracers showed a lower recovery rate due to ink loss, both tracers revealed spatial coherence and comparable net transport rates (<16% difference). Magnetic tracer effectiveness suggests a less labour-intensive alternative to fluorescent tracers.

Keywords: Flume experiment, isothermal remanent magnetization, magnetic susceptibility, magnetic tracers, sediment transport.

1. Introduction

Sediment tracking is crucial for understanding natural systems, mostly relying on fluorescent and radioactive methods. Magnetic particles, including ferromagnetic types, provide a cost-effective alternative for sediment tracking. Despite their applications, a systematic evaluation of magnetic tracers is lacking. This gap is addressed by assessing magnetic tracer performance based on the measurement of magnetic susceptibility (MS) and the analysis of isothermal remanent magnetization (IRM) curves. The experiment was conducted in a large flume under controlled wave conditions and consisted in the comparison of the spatial distribution and recovery rates of magnetic and fluorescent tracers, to evaluate the viability of the use of magnetic tracers in sediment transport studies.

2. Methods

The experiment was performed with 60 kg of magnetic and 25 kg of fluorescent tracers in the Large Wave Flume (Leibniz Universität Hannover). After being released, the tracers were subjected to regular trochoidal waves with a height of 1.5 m and a period of 7 s. Hydrodynamic

data were recorded using ADVs, and bed profiles were collected with echo sounders. Bed samples were collected after the experiment and processed in the laboratory to assess sediment transport. Fluorescent tracer detection utilized image processing routines.

3. Results and conclusions

The two techniques yield consistent results in estimating sediment transport. The comparison of the results shows a systematic difference between both tracers of about 24% in terms of recovery rates, which may be explained by the loss of magnetic coating during transport. Both magnetic and fluorescent tracers display similar transport behaviour as indicated by overall similarities in vertical and horizontal distribution patterns (Fig. 1). Net transport rates derived from both tracer types were also in broad agreement (<16% difference), indicating transport in the direction of wave propagation. The effectiveness of magnetic tracers suggests a potentially less labour-intensive alternative compared to fluorescent tracers.

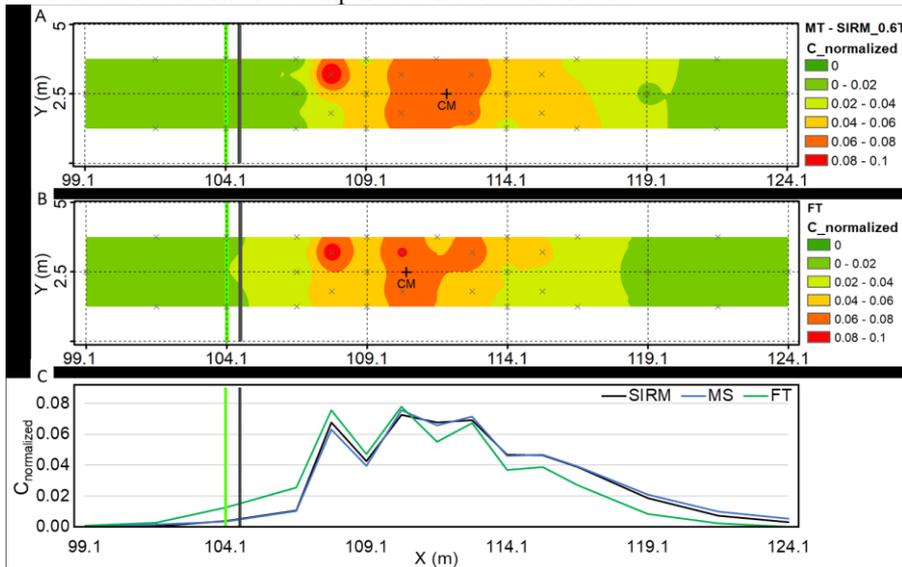


Figure 1. Horizontal distribution patterns for tracer normalized concentrations based on: (A) magnetic tracer measured by IRM; (B) fluorescent tracer technique (FT); and (C) cross-stream averaged concentration. Concentrations are normalized for the total tracer concentration. Black crosses indicate sample locations, CM represents the tracer centre of mass and the green and grey lines the location of fluorescent and magnetic tracer injection lines.

Acknowledgements

Funding provided by CESAM (UIDP/50017/2020+UIDB/50017/2020+LA/P/0094/2020), IDL (UIDB/50019/2020+UIDP/50019/2020+LA/P/0068/2020), by FCT/MCTES through national funds (PIDDAC), and FEDER within the PT2020 Partnership Agreement and Compete 2020. Work performed under the scope of SANDTRACK project (POCI-01-0145-FEDER-031779) funded by FEDER, through COMPETE2020 - Programa Operacional Competitividade e Internacionalização (POCI), and by national funds (OE), through FCT/MCTES. The flume experiments were funded through the project STENCIL - Strategies and Tools for Environment-friendly Shore Nourishment as Climate Change Impact Low-Regret Measures (German Federal Ministry of Education and Research/BMBF, contract no. 03F0761).

IMPACTO DO TRANSPORTE TRANSVERSAL E LONGITUDINAL DE SEDIMENTOS NA EVOLUÇÃO DA LINHA DE COSTA

Ana Margarida Ferreira^(1,2), Carlos Coelho⁽¹⁾ e Paulo A. Silva⁽²⁾

⁽¹⁾ RISCO & Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal,
margarida.ferreira@ua.pt; ccoelho@ua.pt

⁽²⁾ CESAM & Departamento de Física, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal,
psilva@ua.pt

Resumo

Neste trabalho apresenta-se um modelo numérico de morfodinâmica do litoral que integra os processos de transporte de sedimentos transversais e longitudinais numa perspetiva de médio/longo-prazo. O modelo foi aplicado a um conjunto de cenários definidos para estudar a dinâmica sedimentar barra-berma, em função do clima de agitação marítima.

Palavras-chave: Dinâmica Sedimentar; Modelação Numérica; LTC; CS-Model; Barra-Berma.

1. Introdução

A integração dos efeitos das componentes transversais e longitudinais de transporte sólido de sedimentos nos modelos de evolução de linha de costa constitui um aspeto chave para melhorar a capacidade de modelação e previsão da morfodinâmica do litoral numa escala temporal de anos a décadas (Larson *et al.*, 2016). Este estudo tem como objetivo avaliar o efeito da dinâmica sedimentar barra-berma na evolução do perfil de praia, discutindo-se a importância relativa dos processos de transporte longitudinais e transversais.

2. Metodologia

Inicialmente foi conceptualizado e desenvolvido um modelo numérico que combina os efeitos de transporte longitudinal e transversal de sedimentos numa perspetiva de médio/longo-prazo. Esse modelo tem como base os modelos simplificados LTC (Coelho, 2005), que simula a evolução da linha de costa associada aos processos de transporte longitudinal, e CS-Model (Larson *et al.*, 2016), que descreve as trocas sedimentares num perfil de praia associadas aos processos de transporte transversal. Foi definido um domínio de cálculo com uma extensão de 5000x140 m², com batimetria regular e paralela baseada no perfil de Dean ($h=Ax^m$, com $A=0.127$ e $m=2/3$) e topografia de declive constante (3%), permitindo um maior controlo das variáveis envolvidas na análise (Figura 1a). Nesse domínio foram definidos 15 perfis, espaçados de 10 m. O modelo foi aplicado a 9 cenários de morfologia inicial do perfil que consideram diferentes valores do volume inicial da barra submersa dos perfis centrais (P6 a P10) e extremos do domínio (Tabela 1).

Para discutir os efeitos associados ao clima de agitação, cada um dos cenários foi modelado para duas situações de altura de onda constante, mas garantindo o mesmo potencial médio anual de transporte de sedimentos longitudinal, que é controlado pelo coeficiente empírico k da fórmula CERC: Situação I ($H=1\text{m}$, $T=8.13\text{s}$ e $k=0.15$) e Situação II ($H=3\text{m}$, $T=10.55\text{s}$ e $k=0.01$). O período de simulação foi de um ano. Os volumes de equilíbrio da barra submersa

correspondentes a estes climas de agitação são de 8.39 m³/m (Situação I) e 129.46 m³/m (Situação II), de acordo com Larson *et al.* (2016) e considerando os sedimentos com $D_{50}=0.05$ mm.

Tabela 1. Volume inicial da barra submersa dos cenários modelados (m³/m).

Perfis	A	B	C	D	E	F	G	H	I
P6 a P10	129.46	489.23	8.39	129.46	129.46	489.23	489.23	8.39	8.39
P1 a P5 e P11 a P15	129.46	489.23	8.39	489.23	8.39	129.46	8.39	129.46	489.23

3. Resultados

Os resultados evidenciam que diferentes volumes da barra submersa evoluem para o volume de equilíbrio, através dos processos de transporte transversal de sedimentos, que é função do clima de agitação. Quando o volume da barra submersa é inferior ao volume de equilíbrio, o processo transversal induz recuo da posição da linha de costa. No caso contrário, observa-se um avanço da posição da linha de costa. Diferentes volumes da barra submersa ao longo dos diversos perfis induzem gradientes de transporte longitudinal de sedimentos, sendo a posição da linha de costa resultante do efeito induzido pela dinâmica transversal barra-berma (função da altura de onda) e dos consequentes gradientes de transporte sedimentar longitudinal. Observam-se evoluções distintas da posição da linha de costa em função da onda e dos volumes da barra iniciais que podem conduzir a avanços ou recuos da linha de costa (Fig. 1b).

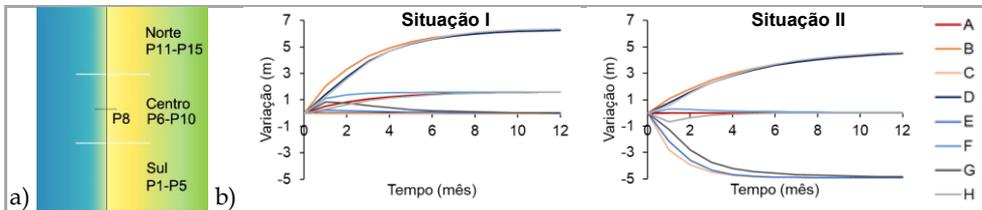


Figura 2. a) Domínio de cálculo; b) Evolução da variação da posição da linha de costa no perfil P8, para as duas situações de clima de agitação e os diferentes cenários de volume de barra (Tabela 1).

4. Conclusões

O trabalho apresentado revela a importância de combinar os efeitos dos processos de transporte longitudinal e transversal de sedimentos na modelação numérica da evolução da posição da linha de costa. O modelo desenvolvido é útil para o estudo da dinâmica barra-berma em função do clima de agitação, volumes de equilíbrio da barra, potencial de transporte sedimentar e respetivos gradientes longitudinais.

Agradecimentos

Os autores expressam o seu agradecimento às unidades de investigação RISCO e CESAM, à FCT pelo financiamento à Ana Margarida Ferreira através da bolsa de investigação para doutoramento (referência 2021.07269.B.D) e ao projeto AX-Coast, financiado pela EEA Grants.

Referências

- Coelho, C. (2005). Riscos de exposição de frentes urbanas para diferentes intervenções de defesa costeira. Tese de Doutoramento, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal, 404 p.
- 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, pp. 57-66.

MODELAÇÃO DO COMPORTAMENTO DE PERFIS TRANSVERSAIS: EFEITO DA AGITAÇÃO MARÍTIMA E DO VENTO

Frederico Romão⁽¹⁾, Carlos Coelho⁽¹⁾ e Márcia Lima⁽¹⁾

⁽¹⁾ RISCO & Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal, fredericoromao@ua.pt;
ccoelho@ua.pt; marcia.lima@ua.pt

Resumo

O modelo CS-Model foi calibrado recorrendo a uma base de dados extensa de perfis transversais, agitação marítima e velocidade do vento, para a praia de IJmuiden, Países Baixos. O caudal sedimentar transportado pelo vento foi analisado recorrendo a diferentes formulações e estes resultados mostraram que diferentes formulações apresentam a mesma tendência de comportamento, considerando diferentes valores de d_{50} e de velocidades do vento. As simulações numéricas demonstram uma boa concordância entre os perfis modelados e observados, pelo que o modelo poderá ser utilizado para simular cenários futuros.

Palavras-chave: Dinâmica sedimentar; Processos de calibração; CS-Model; Transporte eólico; IJmuiden.

1. Introdução

A modelação numérica pode ser aplicada para estudar cenários de intervenções costeiras e a sua evolução no tempo, avaliando o seu desempenho e benefícios. Os processos transversais e longitudinais têm sido estudados de forma separada, na maioria dos modelos numéricos (Davidson *et al.*, 2013). O projeto AX-COAST pretende desenvolver novas capacidades de modelação de processos transversais, com recurso ao modelo CS-Model. O CS-Model é um modelo simples para caracterizar a evolução de perfis transversais, considerando os processos de erosão da duna, galgamentos, transporte de areias pelo vento e trocas sedimentares entre a barra submersa e a berma da praia (Palalane *et al.*, 2016). O estudo de processos eólicos permitirá compreender e melhorar o CS-Model. Neste trabalho, apresenta-se a calibração do CS-Model com uma base de dados de 42 anos de perfis transversais, agitação marítima e avalia-se a importância do efeito do vento para a praia de IJmuiden, Países Baixos.

2. Métodos

O estudo foi realizado na praia de IJmuiden, Países Baixos (Figura 1). Foram selecionados 4 transeptos para calibrar o CS-Model, com perfis de 1979-2020. Para o mesmo período, foi registada a agitação marítima, níveis de maré e velocidade do vento.

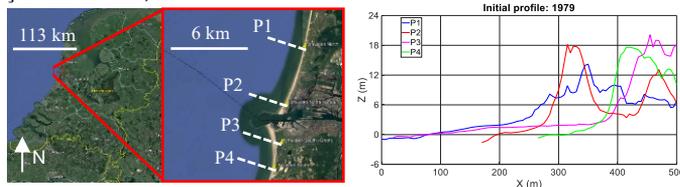


Figura 1. Área de estudo, IJmuiden (esquerda) e perfis utilizados na calibração, P1-P4 (direita).

O CS-Model é um modelo simplificado que assume trocas sedimentares entre a barra submersa, a berma e a duna, incluindo também processos de transporte sedimentar eólico. Para cálculo do efeito do vento, o modelo assume a formulação de Lettau & Lettau, de 1977. Neste trabalho, esta formulação é comparada com as de Bagnold, de 1936, Kawamura, de 1951 e Zing, de 1953, com base em diferentes valores de velocidade do vento (u) e diâmetro mediano das partículas (d_{50}).

3. Resultados

O principal parâmetro considerado para calibrar o CS-Model foi o YB (posição da berma). Foi definida uma taxa de acreção para melhor representar a evolução do YB. Na Figura 2 (esquerda) está presente a evolução do YB para o caso do perfil P1, comparando os resultados da simulação com os valores observados. O valor do transporte sedimentar eólico para diferentes d_{50} e formulações encontra-se representado na Figura 2 (direita).

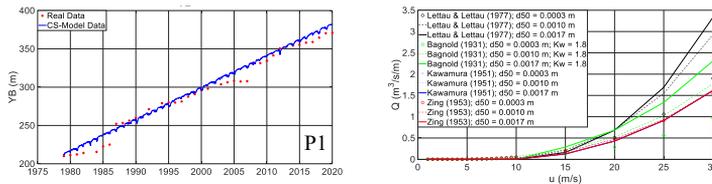


Figura 2. Esquerda: Evolução da posição da berma pelo modelo (azul) e valores observados (vermelho); Direita: Caudal sedimentar transportado pelo vento, de acordo com diferentes formulações.

Assumindo a taxa de acreção de 2.4×10^{-6} m/(3 horas, *time step*), os resultados mostram boa concordância entre a posição da berma simulada e observada no P1, com um erro médio de 5.39 m. A formulação de Lettau & Lettau, de 1977, conduz a um maior transporte sedimentar eólico, para maiores velocidades de vento. O movimento de areias inicia-se para a velocidade do vento de 5 m/s ($d_{50} = 0.0003$ m), 8.5 m/s ($d_{50} = 0.0010$ m) e 10 m/s ($d_{50} = 0.0017$ m).

4. Conclusões

Este trabalho mostra o processo de calibração do CS-Model, suportado por uma extensa base de dados observada em IJmuiden, realçando a importância da tendência de comportamentos no tempo. O CS-Model considera o transporte eólico, pelo que se desenvolve uma análise mais detalhada deste processo, já que diferentes formulações podem ser adotadas, representando diferenças maiores para maiores valores de velocidade do vento.

Agradecimentos

Os autores expressam o seu agradecimento à unidade de investigação RISCO e ao projeto AX-Coast, financiado pelo EEA Grants.

Referências

- Davidson, M. A., Splinter, K. D., & Turner, I. L. (2013). A simple equilibrium model for predicting shoreline change. *Coastal Engineering*, 73, 191–202.
- Palalane, J., F., C., Marinho, B., Larson, M., Hanson, H., & Coelho, C. (2016). Simulating cross-shore material exchange at decadal scale. Model application. *Coastal Engineering*, 116, 26-41.

LINHA DE COSTA EM DIFERENTES CENÁRIOS DE AGITAÇÃO E ALIMENTAÇÃO ARTIFICIAL: IJMUIDEN (PAÍSES-BAIXOS)

Joaquim Pais-Barbosa^(1,2), Márcia Lima⁽¹⁾ e Carlos Coelho⁽¹⁾

⁽¹⁾ RISCO, Departamento de Engenharia Civil, Campus Universitário de Santiago, 3810-193 Aveiro, Portugal,
joaquim.paisbarbosa@ua.pt, marcia.lima@ua.pt, ccoelho@ua.pt

⁽²⁾ proMethuus, Instituto Politécnico de Viana do Castelo, 4900-348 Viana do Castelo, Portugal,
joaquimb@esa.ipvc.pt

Resumo

A zona costeira de IJmuiden, Países-Baixos apresenta uma alteração da sua configuração original de 1860-1870, devido à construção de uma infraestrutura portuária. Neste contexto, o presente estudo tem como objetivo a realização de um conjunto de simulações numéricas para avaliar o impacto da infraestrutura portuária na dinâmica da linha de costa a norte (erosão *vs* acreção), segundo um conjunto de cenários, com e sem alimentação artificial e com climas de agitação medidos e reamostrados. Para a realização das simulações é aplicado o modelo *Long-Term Configuration* (LTC). Com este trabalho é esperada uma avaliação detalhada do desempenho físico.

Palavras-chave: Modelação; Erosão costeira; Custo-benefício; Gestão costeira; Suporte à decisão

1. Introdução

Mais de 24% das praias arenosas do mundo estão em processo erosivo de >0,5 m/ano, devido à construção de infraestruturas costeiras, à alteração da dinâmica sedimentar, subida do nível do mar e a modificações no fornecimento de sedimentos (Luijendijk *et al.*, 2018). Nas últimas décadas, têm sido utilizadas várias estratégias obras pesadas (por exemplo, quebramares, esporões, obras aderentes) e obras leves (por exemplo, alimentação artificial, restauração de dunas e zonas húmidas) para mitigar a erosão costeira (Ferreira *et al.*, 2021). Este trabalho tem como objetivo a realização de um conjunto de simulações numa zona costeira dos Países-Baixos, a norte do porto de IJmuiden, com o objetivo de avaliar a evolução da linha de costa de 1979 a 2021 (Figura 1), para posterior avaliação do custo-benefício das alimentações artificiais realizadas neste sector.

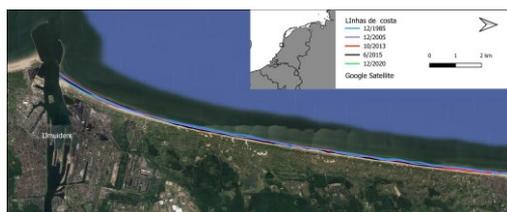


Figura 1 - Área de Estudo, IJmuiden, Países-Baixos.

2. Metodologia

A metodologia desenvolvida é baseada em duas etapas principais, permitindo a preparação de elementos para a posterior avaliação de custos e benefícios das alimentações de areia:

- Recolha de dados: Dados morfológicos, de evolução da linha de costa e dados de agitação marítima – vários cenários, dados medidos e dados reamostrados.
- Modelação costeira: Implementação e calibração do modelo LTC, definição de cenários de alimentação artificial de areias, simulações, e análise de resultados.

O LTC (Coelho, 2005), é um modelo de linha de costa para praias arenosas, que integra um modelo clássico básico de uma linha com um modelo baseado em regras para a distribuição dos volumes de erosão e acreção ao longo do perfil da praia. Para implementar o LTC, é necessário definir a batimetria e a topografia da área de estudo, o clima de agitação marítima, as condições de fronteira do domínio, o nível da água e as propriedades dos sedimentos, bem como as intervenções de alimentação artificial (Ferreira & Coelho, 2021). Posteriormente, a ferramenta COAST (Lima, 2018) será utilizada para avaliar o desempenho económico dos reforços artificiais.

3. Resultados

Os resultados da modelação numérica da evolução da linha de costa terão como objetivo demonstrar os efeitos dos vários cenários, com e sem alimentação costeira, em comparação com o cenário de referência definido, avaliando-se também os impactos de diferentes climas de agitação. Tendo em consideração outros trabalhos desenvolvidos, perspectiva-se uma redução da erosão na área de estudo nos cenários com alimentação artificial, ao longo de um período de simulação de cerca de 40 anos no domínio espacial considerado.

4. Conclusões

As principais conclusões da análise dos cenários simulados serão apresentadas e analisadas. Será realizada uma análise detalhada dos resultados do cenário de referência, seguidos de uma avaliação do desempenho físico dos vários cenários de intervenção de alimentação explorados e da importância da definição do clima de agitação. A análise custo-benefício fornecerá informações importantes para a conceção das intervenções de alimentação a realizar no futuro.

Agradecimentos

Os autores expressam o seu agradecimento à unidade de investigação RISCO e ao projeto AX-Coast, financiado pelo EEA Grants.

Referências

- Coelho, C. (2005). Riscos de Exposição de Frentes Urbanas para Diferentes Intervenções de Defesa Costeira. [PhD Thesis]. University of Aveiro.
- Ferreira, A. M., & Coelho, C. (2021). Artificial Nourishments Effects on Longshore Sediments Transport. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9(3), 240.
- Ferreira, A., Coelho, C., & Narra, P. (2021). Coastal erosion risk assessment to discuss mitigation strategies: Barra-Vagueira, Portugal. *Natural Hazards*, 105(1), 1069–1107.
- Lima, M. (2018). Numérica de Análise do Impacto de Intervenções de Defesa Costeira na Evolução da Linha de Costa: Custos e Benefícios [Ph.D. Thesis]. University of Aveiro.
- Luijendijk, A., Hagenaars, G., Ranasinghe, R., Baart, F., Donchyts, G., & Aarninkhof, S. (2018). The State of the World's Beaches. *Scientific Reports*, 8(1), 6641.

AX-COAST: CROSS-SHORE FEATURES AND INTERNATIONALIZATION OF THE COAST TOOL

Márcia Lima^(1,2,3), Carlos Coelho⁽¹⁾, André Cardoso⁽³⁾ e Eric Myer⁽⁴⁾

⁽¹⁾ RISCO & Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal
marcia.lima@ua.pt; ccoelho@ua.pt, andrecardoso@r5engineers.com

⁽²⁾ Universidade Lusófona – Centro Universitário do Porto, Rua Augusto Rosa, nº24, 4000-098 Porto
marcia.lima@ulusofona.pt

⁽³⁾ R5m Marine Solutions, Av. Dr. Lourenço Peixinho, 6, 1º, Gab.35,3800-164 Aveiro
marcialima@r5engineers.com, andrecardoso@r5engineers.com

⁽⁴⁾ Vatnaskil – Sidumuli 28, 108 Reykjavik, Iceland, *eric@vatnaskil.is*

Abstract

The AX-COAST project proposes to improve the COAST tool with several features that will greatly expand its applicability. The integration of these features will improve the new version of the COAST tool, considering as example the case study of Ijmuiden, in The Netherlands. The aim of the project is to make COAST tool applicable to a wider range of sandy coastal environments and capable of deeper cost-benefit analysis of artificial nourishments interventions.

Palavras-chave: LTC numerical model; CS-Model; Cost-benefit analysis; Ijmuiden – Netherlands; Extensive databases.

1. Introduction

Artificial nourishments have been adopted to mitigate coastal erosion worldwide, because they offer benefits related to different beach functions, such as protection during storm events and recreational activities. However, this type of intervention involves the deposition of thousands to millions of cubic meters of sand, incurring significant monetary expenses. A crucial aspect of coastal management based on artificial nourishments is to maximize their benefits and minimize costs, which makes essential to perform cost-benefit analysis.

The performance and evolution of nourishments depend on both cross-shore and longshore sediment transport processes (Dean, 2002). Numerical modelling can be applied to study nourishment interventions, allowing the analysis of their performance and the discussion of consequent benefits. There are several numerical models to predict cross-shore and longshore evolution, but usually, due to different time scale of analysis, they do not merge both processes in one model, in a medium to long-term perspective. To fill this gap, the AX-COAST project aims to develop new capacities in modelling cross-shore sediment transport processes, to include in a cost-benefit assessment tool, COAST (Lima, 2018). COAST tool has 3 main modules, corresponding to the shoreline evolution numerical model (through the LTC model, Coelho, 2005), the coastal intervention pre-design module and the cost benefit analysis module. It is intended to implement the cross-shore sediment transport processes by integrating CS

Model (Larson et al., 2016) into LTC. The models' calibration was done considering Ijmuiden (The Netherlands) as a case study.

2. Methodology

To achieve the proposed goal, several tasks were defined in the scope of the AX-COAST project: 1) the physical characterization of the study area; 2) the socioeconomic and environmental characterization of the study area; 3) the development of cross-shore modelling features and its integration into COAST; 4) the development of a methodology to apply COAST in areas with limited data; 5) the definition of scenarios, modelling, sensitivity assessments and its discussion.

3. Case study

The location chosen is the coastal area around Ijmuiden, in The Netherlands. Ijmuiden has been highly studied with relation to coastal engineering and sediment transport, resulting in extensive databases of high quality measured and modelled data available for the area. The datasets include extensive bathymetric surveys, wave data, sediment composition data and measured coastline data covering over 40 years. The study area has quite complex sediment dynamics comprising both along-shore and cross-shore components, making it ideal for testing the cross-shore transport processes combined to the LTC component of the COAST tool. The high availability of data makes it a good case study for comparisons between results derived from low quality global datasets and very specific and accurate data to assess the importance of different datasets, for the overall results of the cost-benefit analysis of COAST.

4. Final remarks

With AX-COAST project (in progress), the COAST tool is being improved mainly by adding cross-shore features (fundamental to reproduce artificial nourishments behavior), allowing it applicability to a wider range of sandy coastal environments. In conclusion, the improvement of the numerical models is important to evaluate the efficiency of coastal defense interventions, namely beach nourishments, both in the design phase and resulting performance, helping on cost benefits assessment studies.

Acknowledgements

This work was financially supported by the project AX-Coast: Cross-shore features and internationalization of the COAST tool, funded by the EEA Grants, within the scope of the Blue Growth program, operated by the DGPM (*Direção-Geral de Política do Mar*).

References

- Coelho (2005). Riscos de Exposição de Frentes Urbanas para Diferentes Intervenções de Defesa Costeira. PhD Thesis, University of Aveiro, 404 p. (in Portuguese).
- Dean (2002). Beach Nourishment Theory and Practice"; Advanced Series on Ocean Engineering. Vol. 18, World Scientific, Singapore, 403 p.
- Larson, Palalane, Fredriksson & Hanson (2016). Simulating cross-shore material exchange at decadal scale. Theory and model component validation. Coastal Engineering, 116, 57-66.
- Lima (2018). Ferramenta numérica de análise do impacto de intervenções de defesa costeira na evolução da linha de costa: custos e benefícios. PhD Thesis, University of Aveiro, Portugal, 294 p. (in Portuguese).

SHORT-TERM CHANGES IN FOREDUNE MORPHOLOGY AT PORTO SANTO ISLAND

Ana P. Bastos⁽¹⁾, Ana N. Silva⁽¹⁾, Rui Taborda⁽¹⁾, César Andrade⁽¹⁾ and Cristina P. Lira⁽¹⁾
⁽¹⁾ Instituto Dom Luiz, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Portugal, apbastos@ciencias.ulisboa.pt

Keywords: Dune restoration; Vegetation removal; Morphodynamics; Coastal management; UAV

Abstract

This study examines foredune morphology changes during vegetation control via UAV surveying. Our findings reveal increased sand mobility related to these actions. It underscores the importance of considering wind patterns in restoration planning to mitigate sand loss from dune systems.

1. Introduction

Coastal dunes harbor unique ecosystems of ecological significance (Hilgendorf *et al.*, 2022; Fabbri *et al.*, 2021). This study was undertaken in the scope of the EU LIFE Dunas project, which focuses on Porto Santo's beach-dune system aiming at morphological and ecological restoration of a degraded dune section (Figure 1). Restoration actions include invasive vegetation removal and native species planting. These ongoing measures began in the SW dune section in April 2021 and extended to the NE section until May 2022. The central foredune awaits restoration. The study aims to evaluate foredune morphological changes before and during ecological interventions that occurred in different foredune sections.

2. Methods

UAV surveys were performed semi-annually between Oct 2020 and Feb 2023. Digital Surface Models (DSM) were derived from the UAV data and used to assess the short-term evolution of the area during two specific periods: (1) Oct 2020-Apr 2021 (preceding the ecological actions), and (2) Oct 2020-Feb 2023 (including ongoing vegetation control actions). The short-term evolution focused exclusively on bare sand areas, classified using ISO-cluster classification, and was supported by a trend-analysis tool in ArcGIS environment, considering a linear fit of elevation (pixel variable) through time. A positive slope corresponds to a trend of increase in height and a negative slope corresponds to a decrease.

3. Results

The short-term evolution, expressed by the trends in surface elevation changes during both periods is shown in Figure 1: (i) prior to initial vegetation removal, a consistent trend of elevation change over secondary crests in the SW section is evident (Figure 1 - top); (ii) after the onset of ecological actions, the trends reflect sand shift towards S in the NE section, when the vegetation was removed; in the SW section, the patterns observed in (i) are enhanced, reflecting sand shift towards SW, aligning with the foredune general orientation (Figure 1 - bottom).

4. Conclusions

The increase in dune mobility, observed during the second monitoring period in both NE and SW sections, is related to the vegetation removal. This increased mobility can be particularly relevant when winds with transport capacity blow over the study area (Ruessink *et al.*, 2018). Sand exits from the foredune to the beach, driven by offshore effective winds, can reduce the dune sand budget. These results highlight the importance of accounting for local wind regime and its directional variability when scheduling vegetation control actions.

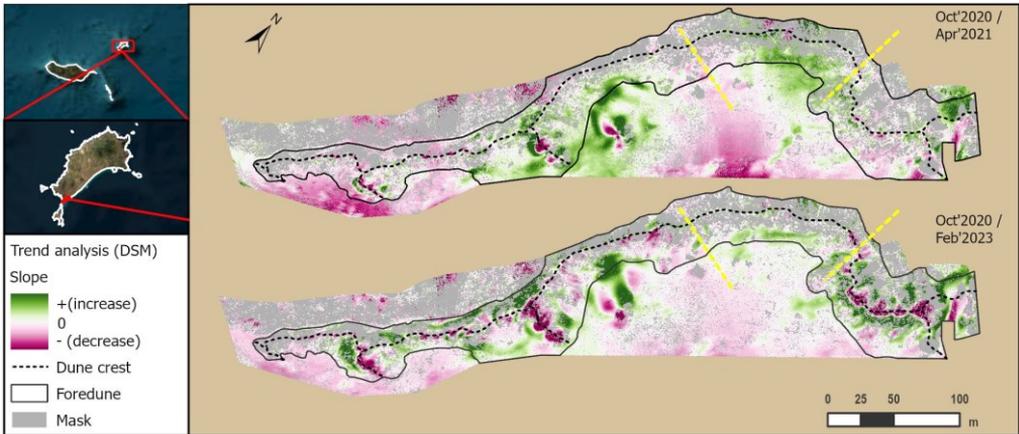


Figure 1. Location of Porto Santo beach/dune system. Distribution of trends in short-term variation of surface elevation over time (over bare sand), before and after some vegetation control actions; Mask (in gray) represents vegetated areas; Yellow dashed lines limit foredune sections.

Acknowledgements

Support given by the EU project LIFE-Dunas (LIFE 19 CCA/PT/001178). Funding by FCT I.P./MCTES through national funds (PIDDAC)–UIDB/50019/2020 (<https://doi.org/10.54499/UIDB/50019/2020>), (<https://doi.org/10.54499/UIDP/50019/2020>), LA/P/0068/2020 (<https://doi.org/10.54499/LA/P/0068/2020>) and ANS was funded by DL57/2016/CP1479/CT0073 (<https://doi.org/10.54499/DL57/2016/CP1479/CT0073>) and CPL by DL57/2016/CP1479/CT0079 (<https://doi.org/10.54499/DL57/2016/CP1479/CT0079>)

References

- Fabrizi, S., Grotoli, E., Armaroli, C., & Ciavola, P., 2021. Using high-spatial resolution UAV-derived data to evaluate vegetation and geomorphological changes on a dune field involved in a restoration endeavour, *Remote Sensing*, 13(10).
- Hilgendorf, Z., Walker, I. J., Pickart, A. J., & Turner, C. M., 2022. Dynamic restoration and the impact of native versus invasive vegetation on coastal foredune morphodynamics. Lanphere Dunes, California, USA, *Earth Surface Processes and Landforms*, 47(13), 3083–3099.
- Ruessink, B. G., Arens, S. M., Kuipers, M., & Donker, J. J. A., 2018. Coastal dune dynamics in response to excavated foredune notches. *Aeolian Research*, 31, 3–17.

REVIEW ON THE QUANTIFICATION OF AEOLIAN SEDIMENT TRANSPORT IN COASTAL AREAS

Paul Husemann⁽¹⁾, Frederico Santos Romão⁽¹⁾, Carlos Coelho⁽¹⁾, Márcia Lima^(1,2)

⁽¹⁾ RISCO & Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal
paul.husemann@ua.pt, fredericoromao@ua.pt, ccoelho@ua.pt, marcia.lima@ua.pt

⁽²⁾ Universidade Lusófona – Centro Universitário do Porto, Rua Augusto Rosa, nº24, 4000-098 Porto
marcia.lima@ulusofona.pt

Abstract

Aeolian sediment transport is critical for dune movement and equilibrium with natural conditions, posing potential threats to infrastructure. Theoretical and field measurement techniques, the role of vegetation and fences in dune formation and aeolian transport reduction, and the application of numerical models to estimate aeolian transport rates are explored. Key findings include the significance of critical shear velocity and sediment grain size on transport rates, the effectiveness of different sand trap types in field measurements, and the influence of vegetation and fences on sediment deposition and dune stability. Numerical models offer insights into the complex dynamics of aeolian transport and dune formation, highlighting the need for integrated coastal management strategies to address the challenges posed by aeolian processes in coastal environments.

Keywords: Sediment Dynamics, Coastal Dunes, Coastal Resilience, Numerical Modeling, Dune Stabilization

1. Introduction

Coastal dunes, formed and shaped by aeolian sediment transport, play a crucial role in ecosystem services and act as natural flood defenses. However, while these formations are products of wind-driven processes, infrastructures situated near or atop these dunes experience significant challenges due to the same aeolian forces. This work delves into the dynamics of dunes shaped by natural and human factors, focusing on analyzing aeolian transport mechanisms, assessing measurement techniques, and exploring the influence of vegetation, fences, and numerical models on sediment dynamics.

2. Aeolian sediment transport

Understanding aeolian sediment transport begins with recognizing theoretical processes, notably critical shear velocity linked to sediment grain size, as described by Bagnold (1936). Comparing various empirical formulas indicates sediment transport rates vary with grain size and the chosen empirical model, emphasizing the selection of appropriate field measurement techniques.

Field measurement of aeolian sand transport employs devices categorized into sand traps, impact sensors, and optical sensors, each with unique advantages and limitations (Duarte-Campos *et al.*, 2021). Sand traps capture grains by disrupting airflow; impact sensors count grains via contact; optical sensors detect grains interrupting a laser beam. This

methodological diversity underscores the complexity of accurately gauging aeolian transport in situ.

3. Vegetation and fences on dunes

Vegetation acts as an anchor, stabilizing dunes by trapping wind-blown sand, while different plant species offer varying levels of erosion resistance based on root characteristics (Maun, 2009). Fences, serving as physical barriers, not only reduce wind velocity but also enhance sand accumulation, facilitating dune formation (Van Der Laan *et al.*, 1997). Experiments highlight the effects of fence design on sand trapping efficiency, indicating that fence porosity and configuration play crucial roles in sediment deposition patterns.

4. Numerical models of aeolian transport

Cellular Automata modeling, including the Werner and DECAL models, simulates aeolian dune dynamics and vegetation interactions, highlighting the complexity of coastal dune ecosystems (Werner, 1995). The DuBeVeg model extends these concepts, incorporating hydrodynamic effects and vegetation growth, reflecting the stochastic nature of coastal processes. Other models like the XBeach-DUNA model or the Coastal Dune Model respectively provide insights into dune erosion and overwash processes, focusing on storm impacts on dune morphology or further explores dune formation and evolution while considering the role of vegetation in sediment stabilization. These models collectively enhance understanding of sediment deposition patterns and the influence of structural configurations on Aeolian transport.

5. Conclusion

Theoretical formulations predict wind velocities for sediment movement, highlighting the role of grain size in aeolian transport initiation. In the field, sand traps offer a practical method for measuring transport, with various designs affecting sediment capture. Vegetation, fences, and buildings influence sediment dynamics, where vegetation stabilizes dunes, fences modulate deposition through porosity, and buildings can obstruct transport, impacting dune formation. Numerical models provide insights into managing these effects, crucial for coastal defense strategies against increasingly severe climate-induced events.

Acknowledgements

The research leading to these results received funding from the EEA Grants 2014-2021 (Blue Growth Program), operated by DGPM (*Direção Geral de Política do Mar*), within the scope of the AX-COAST project.

References

- Bagnold, R.A. (1936). The Movement of Desert Sand. Proc. R. Soc. London A157, 594-620.
- Duarte-Campos, L., Wijnberg, K. M., & Hulscher, S. J. M. H. (2021). Field test of the accuracy of laser particle counters to measure aeolian sediment flux. *Aeolian Research*, 50 (January).
- Maun, M.A. (2009). *The Biology of Coastal Sand Dunes*. Oxford University Press, New York.
- Van Der Laan, D., Van Tongeren, O. F. R., Van Der Putten, W. H., & Veenbaas, G. (1997). Vegetation development in coastal foredunes in relation to methods of establishing marram grass (*Ammophila arenaria*). *Journal of Coastal Conservation*, 3(1990), 179-190.
- Werner, B.T. (1995). *Eolian Dunes: Computer Simulations and Attractor Interpretation*. *Geology*, 23, 1107-1110.

GALGAMENTOS EM OBRAS COSTEIRAS: INFLUÊNCIA DA COTA DE FUNDO

Raul Pires⁽¹⁾, Carlos Coelho⁽¹⁾ e Márcia Lima⁽¹⁾

⁽¹⁾ RISCO & Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal, raulsp@ua.pt;
coelho@ua.pt; marcia.lima@ua.pt

Resumo

A ocorrência de galgamentos em obras costeiras é um fenómeno que tem sido alvo de vários estudos, para prever o comportamento das ondas sobre o talude das estruturas, permitindo um dimensionamento mais eficiente e seguro destas obras. Um dos fatores que influencia o volume de água galgado é a variação da cota de fundo em frente à estrutura. Neste trabalho foram realizados testes num canal hidráulico, em laboratório, avaliando dois tipos de perfil de praia para diferentes níveis de água, alturas e períodos de onda, para avaliar a variação morfológica do perfil e o impacto que a alteração da cota de fundo tem no galgamento das obras costeiras.

Palavras-chave: Erosão costeira, inundações, dinâmica sedimentar, proteção costeira.

1. Introdução

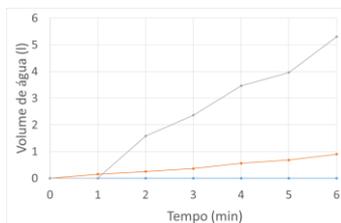
As cotas dos perfis de praia sofrem variações devido à dinâmica sedimentar associada à reflexão das ondas incidentes nas obras costeiras, que tendem a mover as areias para maiores profundidades. Esta dinâmica sedimentar origina uma redução do areal na frente da obra, que permite a aproximação de ondas com maior altura, tendendo a aumentar os volumes galgados (Cruz, 2015).

2. Métodos

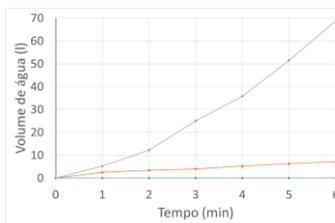
Os ensaios foram realizados num canal hidráulico com 40x50cm² de seção transversal, com um modelo à escala 1:40 (Vale & Pires, 2022). A estrutura criada tem um talude 2:3 (V:H) e foram construídos dois tipos de perfil, um emerso (berma horizontal à cota de 15cm) e outro imerso (berma horizontal à cota de 10cm), com areia de $d_{50}=0,36\text{mm}$. As ondas foram geradas com recurso a um mecanismo manual, com aproximadamente 10cm de altura. Nos diversos ensaios fizeram-se variar o período de onda (1,5s e 3s), os níveis da superfície livre da água (10, 13 e 15cm). Todos os ensaios tiveram a duração de 6min, efetuando-se o registo da variação morfológica dos perfis a cada minuto.

3. Resultados

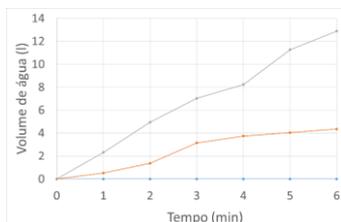
Com o decorrer dos ensaios, verificaram-se alterações morfodinâmicas dos perfis de praia, registando-se, de modo geral, um abaixamento de cotas na parte plana dos perfis. Este comportamento permitiu que ondas de maior dimensão se aproximassem da estrutura e, consequentemente, verificou-se um aumento de galgamentos. O volume acumulado resultante dos galgamentos ocorridos ao longo dos ensaios pode ser observado na Figura 1.



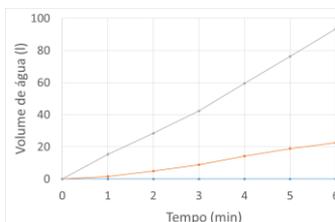
a) Perfil emerso e T=1,5s



b) Perfil emerso e T=3s



c) Perfil submerso e T=1,5s



d) Perfil submerso e T=3s

— N. Água 10cm — N. Água 13cm — N. Água 15cm

Figura 1 – Volumes galgados acumulados ao longo dos diferentes ensaios

Como se pode observar, só para o nível de água de 10cm é que não ocorrem galgamentos. Com níveis da superfície livre aos 13cm e 15cm, os galgamentos acumulam água ao longo do ensaio. As taxas de galgamento são diferentes, pois o perfil emerso, com maior altura de água, apresenta um crescimento do tipo exponencial, associado ao abaixamento das cotas do perfil ao longo do tempo. O perfil submerso apresenta taxas de galgamento praticamente constantes no tempo.

4. Conclusões

Neste trabalho discutiu-se a evolução morfodinâmica dos perfis de praia e a influência que as alterações dos perfis têm na quantidade de água galgada. Pode-se observar que a variação da cota de fundo altera a quantidade de água galgada, pelo que o dimensionamento das estruturas de defesa costeira devem antecipar a variação morfológica do perfil, de forma que o coroamento evite ou reduza a ocorrência de galgamentos ao longo da vida da obra.

Agradecimentos

Os autores expressam o seu agradecimento à unidade de investigação RISCO e ao projeto AX-Coast, financiado pelo EEA Grants.

Referências

- Cruz, T. (2015). *Análise custo-benefício de obras longitudinais aderentes*, Tese de mestrado. Universidade de Aveiro.
- Vale, D., & Pires, R. (2022). *Avaliação do Espreadimento e Galgamento em Estruturas Costeiras*. <https://incca.web.ua.pt/index.php/relatorios/>

COASTAL VARIABILITY INDEX: A COMPLEMENTARY TOOL FOR UNDERSTANDING LONG-TERM COASTAL CHANGE

Sílvia Nave⁽¹⁾, Luís Rebêlo

⁽¹⁾ *Unidade de Geologia, Hidrogeologia e Geologia Costeira, Laboratório Nacional de Energia e Geologia, Amadora, Portugal, silvia.nave@lneg.pt*

Abstract

The knowledge of long-term coastal dynamics is crucial for effectively planning littoral areas, given the urgent need for adaptive coastal management to face increasing risks associated with climate change. Coastline evolution in the Portuguese low-lying continental littoral areas has been mapped in specific coastal sectors at high resolution. Complementary indicators of shoreline change are presented in this work for an improved understanding of the long-term shoreline variation at the southeastern Algarve coast.

Key words: Coastal Dynamics; DSAS; Shoreline variability; Coastal Erosion; Algarve

1. Introduction

Increasing knowledge on coastal evolution is crucial considering the urgent need to identify suitable responses for successful adaptive coastal management to address the rising coastal risks associated with climate change.

Maps of the coastline evolution were produced allowing a general overview of the low-lying sandy regions vulnerable to coastal erosion, along continental Portugal (Ponte Lira *et al.*, 2016). Additionally, recent works have brought detailed insights into coastal evolution for specific littoral sectors (e.g., Kombiadou *et al.*, 2019; Nave and Rebêlo, 2021; Rebêlo and Nave, 2022). This work reports the use of a new metric, the Abs [*Net Shoreline Movement* [NSM]/*Shoreline Change Envelope* [SCE]], giving information on the shoreline variability range for a long-term period on the southeastern Portuguese coast.

2. Methods

Coastline evolution was assessed using the Digital Shoreline Analysis System (DSAS), an add-in within the ESRI ArcGIS© Software, through the calculation of several shoreline change parameters over time. The SCE is one of the outputs of DSAS constituting a measure of the total change in coastline movement, considering all available shoreline positions regardless of their specific dates. This information is particularly useful when the total movement is larger than the distance between the oldest and the youngest coastline (NSM). The absolute value of the ratio between both parameters (Abs[NSM/SCE]) provides information on the difference between the width of the total coastline change and the width between the oldest and the youngest coastline.

3. Results

The complementary index [Abs[NSM/SCE]] and the SCE parameter, in addition to the previous LRR and NSM dataset from Faro – Vila Real de Santo António (Nave and Rebêlo, 2021) sector

bring new insights on shoreline variation at a local scale, as they evidence several segments with relatively small Abs[NSM/SCE], pointing out that maximum shoreline displacement in those areas is much larger than the coastline displacement between 1950 and 2015 at the eastern Algarve region, drawing attention to local hotspots with high variability of the shoreline (Fig. 1).

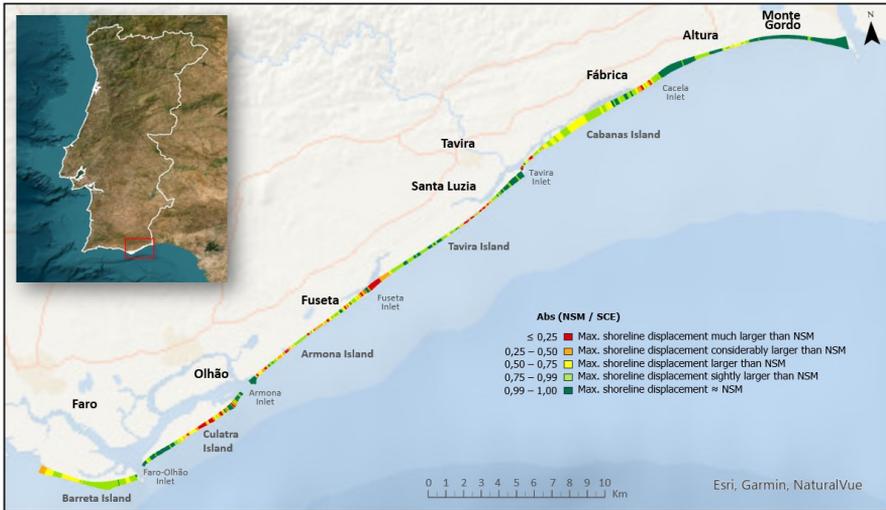


Figure 1. Variation of Abs (NSM/SCE) values along the southeastern coast of Algarve. Red colour highlights the areas where shoreline displacement is much larger than NSM and dark green colour features segments where maximum shoreline displacement is equal or nearly equal to NSM. Orange, yellow and light green stand for values in between.

4. Conclusion

The Abs [NSM/SCE], used as a complement tool to the net shoreline movement (NSM) for a specific time window, highlight the areas that experienced higher variability in shoreline position, in contrast to areas either with a continuous erosional/accretional tendency or steady position.

Quantification of the areal changes due to the coastline displacement during the 65 years of analysis, shows the loss of 198 ha (nearly 2 km²) along a total extent of 24 km and the gain of 305 ha along 29 km of the coastal fringe, in the southeastern Algarve.

Referências

- Kombiadou, K., Matias, A.; Ferreira, O.; Carrasco, A.; Costas, S.; Plomaritis, T., 2019. 'Impacts of human interventions on the evolution of the Ria Formosa barrier island system (S. Portugal). ' *Geomorphology*, 343, 129-144.
- Nave, S. and L. Rebêlo, 2021. 'Coastline evolution of the Portuguese south eastern coast: a high-resolution approach in a 65 years' time-window' *Journal of Coastal Conservation*, 25, (1): 7.
- Ponte Lira, C.; Nobre Silva, A.; Taborda, R.; Freire de Andrade, C., 2016. 'Coastline evolution of Portuguese low-lying sandy coast in the last 50 years: an integrated approach', *Earth Syst. Sci. Data*, 8, 265-278.
- Rebêlo, L. and S. O. Nave, 2022. 'Long-Term Coastline Evolution of Figueira da Foz – Nazaré Sector (Portugal)', *Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 22, 2, 145-168.

An aerial photograph of a coastal region. On the left, the ocean is visible in shades of blue and green. A narrow strip of land separates the ocean from a large, complex river delta system that branches out across the landscape. The land is a mix of urban areas with buildings and roads, and agricultural fields. The overall color palette is dominated by the blues of the water and the reds and oranges of the land, suggesting a false-color or infrared image.

Metodologias
e Tecnologias
Aplicadas à
Zona Costeira

ASSESSMENT OF COASTAL EVOLUTION IN MAINLAND PORTUGAL: APPLYING CASSIE WEB TOOL FOR TREND ANALYSIS

Andreia Alves da Silva⁽¹⁾, Luís Pedro Almeida ⁽¹⁾, António H.F. Klein ⁽²⁾ and Rafael Q. Gonçalves⁽³⁾

⁽¹⁾ Collaborative Laboratory +Atlantic, Lisbon, Portugal
andrea.silva@colabatlantic.com; pedro.almeida@colabatlantic.com

⁽²⁾ Coordenadoria Especial de Oceanografia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brazil
antonio.klein@ufsc.br

⁽³⁾ Escola Politécnica, Universidade do Vale do Itajaí Itajai, Brazil
rafael.q.g@hotmail.com

Abstract

Portugal is a coastal country with an extensive (~ 987 Km) and dynamic coastline, subject to variations over the years (e.g. coastal erosion and changes in coastal sediment transport). Quantifying and mapping these variations is crucial for effective coastal management, although it poses a significant challenge from an observational standpoint. In this work, we have implemented CASSIE, an open-source web tool designed for the automated mapping and analysis of shorelines using satellite imagery, to quantify the trends of the shoreline position on the continental beaches. The results show 31% of the analysed transects show shoreline stability, and 41% show accretion, while 19% experiencing erosion and 9% critical erosion.

Key words: Shoreline, remote sensing, coastal management.

1. Introduction

Mapping and analysing shoreline positions at a national level presents critical logistical challenges for coastal managers, who require this information to take decisions. Quantifying shoreline changes, such as the rate of change (measured in meters per year) is crucial to support coastal management. In this context, remote sensing tools, such as CASSIE (Almeida et al., 2021), represent a promising solution to address this challenge. CASSIE is an open-source free web-tool utilizes co-registered historical satellite imagery to automatically extract the waterline and perform several statistical analysis, including the determination of the Linear Regression Rate (LRR). With this parameter, it is possible to determine which coastal sectors are in erosion, stability, or accretion conditions, thus performing an assessment of the shoreline evolution at a national scale. Within the present work, we have applied CASSIE tool to all the beaches of Mainland Portugal, using Sentinel-2 imagery for a recent period (since 2015), to generate the waterline and to create transects with a spacing of 100 meters. The LRR was quantified, and shoreline trends analysis at different administrative levels: i) National; ii) Regional and iii) Municipal level.

2. Results and conclusions

The main results reveal that 41% of the analysed transects (Figure 1) show shoreline stability (LRR > -0.5 & <0.5 m/yr), 31% show accretion, while 19% are experiencing erosion and 9% critical erosion (LRR<-2 m/yr) - thresholds adapted from Luijendijk *et al.*, 2018. Using a more detailed analysis scale, municipalities aligning with national trends and those most affected by coastal erosion were identified, based on municipal averages of LRR. From all the analysed municipalities, Ovar is the one with the highest average erosion rate (-2.35 m/yr). The 10 Portuguese beaches identified with the highest erosion rates for this recent period were Praia das Furnas, Odemira (-8.4 m/yr), Praia de São Pedro de Maceda, Ovar (-6.1 m/yr), Praia das Dunas de Ovar, Ovar (-5.4 m/yr), Praia da Cova Gala (south), Figueira da Foz (-4.1 m/yr), Praia da Cova Gala (north), Figueira da Foz (-3.6 m/yr), Praia do Furadouro north, Ovar (-2.9 m/yr), Praia da Costa de Lavos, Figueira da Foz (-2.8 m/yr), Praia da Falca, Alcobaça (-2.7 m/yr), and Praia do Furadouro south, Ovar (-2.6 m/yr). The comprehensive data approach reveals that municipalities with the highest erosion rates may not necessarily correspond to those with the most beaches with critical erosion rates. Analysing the results by municipality, we emphasize the importance of always considering the geomorphological context of the area, as the results may: 1) Experience critical rates in beaches strongly influenced by fluvial dynamics of sediment transport, as seen with Praia das Furnas, situated at the mouth of the Mira River; 2) Present stable municipalities with beaches undergoing critical erosion: case of Figueira da Foz, where two beaches are experiencing critical erosion, which, despite significant areas of coastal erosion within the municipality, there are other sectors characterized by stability and accretion, resulting in a stable average rate of 0.5 m/y, underscoring the importance of examining with a more detailed scale of analysis; 3) Be similar to the existing knowledge for the municipality, such as with Ovar, which has the highest erosion rate (-2.6 m/year), encompassing some of the beaches experiencing the most critical coastal erosion rates. The CASSIE tool can be applied globally, is freely accessible and serves as an essential tool for addressing coastal dynamics, playing an important role in coastal management. Additionally, it is worth noting that CASSIE can generate results very close to the analysis that have been conducted. However, its use should be complemented with a geomorphological analysis of the area.



Agradecimentos

CNPQ/CNPq MCTIC/CNPq - Nº 21/2017; Process No. 441545/2017-3.

Referências

- Almeida, L. P., de Oliveira, I. E., Lyra, R., Dazzi, R. L. S., Martins, V. G., and da Fontoura Klein, A. H. (2021). Coastal analyst system from space imagery engine (CASSIE): shoreline management module. *Environ. Modell. Softw.* 140:105033. doi: 10.1016/j.envsoft.2021.105033
- Luijendijk, A., Hagenaars, G., Ranasinghe, R., Baart, F., Donchyts, G., & Aarninkhof, S. (2018). The state of the world's beaches. *Scientific reports*, 8(1), 6641.

A SIMPLE MACHINE LEARNING APPROACH TO PREDICT SHORELINE POSITIONS

Daniel Pais⁽¹⁾⁽²⁾, Cristina Ponte Lira⁽¹⁾, Luís Pedro Almeida⁽²⁾ and Rui Taborda⁽¹⁾

⁽¹⁾ Instituto Dom Luiz and Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal, dmpais@ciencias.ulisboa.pt, fc_lira@ciencias.ulisboa.pt, rtaborda@ciencias.ulisboa.pt

⁽²⁾ CoLAB +ATLANTIC, Lisboa, Portugal, pedro.almeida@colabatlantic.com

Abstract

This research explores the use of machine learning (ML) techniques to predict coastal changes using historical wave hindcast data and satellite-derived shorelines (SDS). Results show that standard ML models can successfully be used to relate wave forcing with shoreline evolution.

Keywords: Coastal prediction; Artificial Intelligence; Machine Learning; Wave parameters; Satellite-derived shorelines.

1. Introduction

Around 40% of the global population lives in coastal regions, which are increasingly vulnerable to the effects of climate change. To manage these areas effectively, it is necessary to use models to assess changes and trends. Accurate forecasting is crucial for making strategic decisions and taking proactive measures, but it can be challenging due to inherent behaviors and data-related issues (Splinter et al., 2021). Satellite-derived datasets and artificial intelligence can efficiently analyse vast amounts of information to produce reliable forecasts on coastal change (Vitousek et al., 2023).

2. Methods

This study used 20 sectors of 5 km each, along the Portuguese coast. Satellite-derived shorelines (SDS) positions were obtained from publicly available satellite imagery using CoastSat toolbox (Vos et al., 2019), and input wave parameters (significant height, peak period, and mean direction) were extracted from ERA5 reanalysis dataset (<https://cds.climate.copernicus.eu/>). The target feature is expressed as the SDS distances to the heads of transects (10 per sector). Data frequency discrepancies in the SDS were addressed using a hierarchical statistical imputation approach. Mean wave direction was also *one-hot encoded* to facilitate correlation analysis with other variables. The time span under consideration (1984-2023) was partitioned into a training set and a validation set using a 70%/30% ratio. Specifically, the training set encompasses the years 1984 to 2014, while the validation set spans from 2015 to 2023. The predictive model used monthly medians for input and target features and employed two regression methods: Decision Tree (DT) and Random Forest (RF). The methods were used with and without considering the influence of time on the prediction by including a baseline that predicts the following year based on the previous year's behavior.

3. Results and Discussion

The model's performance was assessed by employing RMSE and bias cross-validation to quantify the variance between actual and predicted values. The results are presented in Figure 1, both per coastal sector and globally for all sectors. Great variability was observed across sites, especially between sites with different coastal dynamics, and the introduction of the influence of time resulted in an improvement of the results.

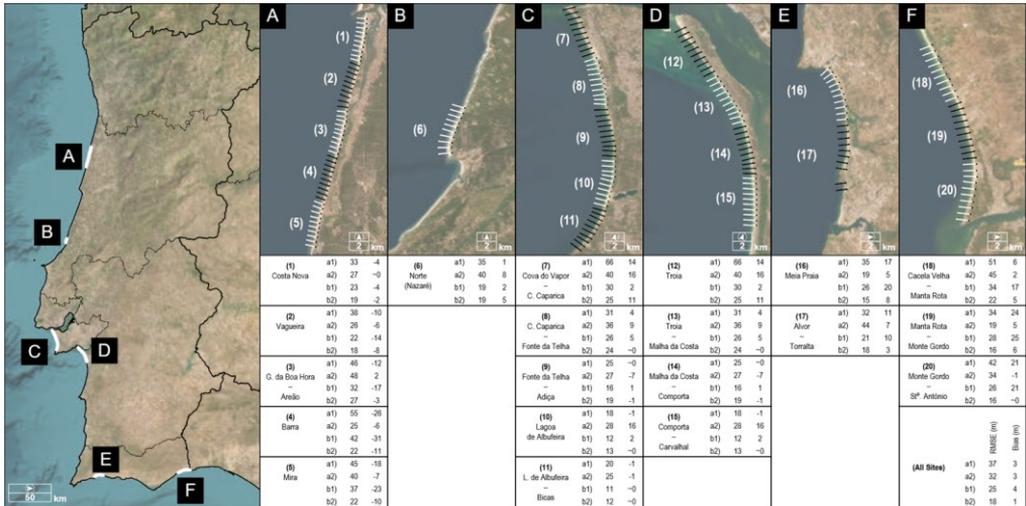


Figure 1: Evaluation metrics (RMSE and bias) in the 20 sectors tested in the ML models: a1) standard DT, a2) DT year-on-year, b1) standard RF, and b2) RF year-on-year.

4. Conclusions

This study introduces a preliminary ML model for predicting shoreline positions based solely on key oceanographic features. RF proved to be the most effective in predicting shoreline position (lowest RMSE and bias). The RMSE results per site should be interpreted with caution due to existent uncertainties that can be overcome by analysing transect by transect. It cannot be excluded that higher RMSE results may be related to sectors subjected to artificial sand nourishments and the model was not trained to consider this.

Acknowledgements

D.P. and C.P.L. acknowledge FCT/MCTES through, respectively, 2022.13776.BDANA PhD research fellowship and NT DL57/2016/CP1479/CT0079 contract (DOI: 10.54499/DL57/2016/CP1479/CT0079). This work was also funded by FCT/MCTES (PIDDAC) through the projects UIDB/50019/2020 (DOI: 10.54499/UIDB/50019/2020) and LA/P/0068/2020 (DOI: 10.54499/LA/P/0068/2020).

References

Splinter, K. D., & Coco, G. (2021). Challenges and Opportunities in Coastal Shoreline Prediction. *Frontiers in Marine Science*, 8.

Vitousek, S. et al., 2023. The future of coastal monitoring through satellite remote sensing. *Cambridge Prisms: Coastal Futures*, 1, e10.

Vos, K., Splinter, K. D., Harley, Mit. D., Simmons, J. A., & Turner, I. L., 2019. CoastSat: A Google Earth Engine-enabled Python toolkit to extract shorelines from publicly available satellite imagery. *Environmental Modelling & Software*, 122, 104528.

VULNERABILIDADE AOS GALGAMENTOS NA COSTA NORTE DE PORTUGAL

Diogo Santos⁽¹⁾, Tiago Abreu⁽²⁾, Cristina Bernardes⁽³⁾, Paulo Baptista⁽³⁾

¹ Departamento de Geociências, Universidade de Aveiro, Campus de Santiago, 3810-193 Aveiro, Portugal
(dmps@ua.pt)

² CESAM, Departamento de Engenharia Civil, Escola Superior de Engenharia – Politécnico do Porto, 4249-015
Porto, Portugal (taa@isep.ipp.pt)

³ CESAM, Departamento de Geociências, Universidade de Aveiro, Campus de Santiago, 3810-193 Aveiro, Portugal
(renato.baganha@ua.pt)(cbernardes@ua.pt)

Palavras-chave: Índice de Vulnerabilidade a Inundações; Eventos de tempestade; ERA5

1. Introdução

Neste estudo é estimada a vulnerabilidade a eventos de temporal de três trechos da costa NW portuguesa, usando um índice que alia a ondulação e a morfologia de praias arenosas. As zonas de estudo abrangem os setores de a) Miramar-Paramos (com 10 km), b) Cortegaça-Torrão do Lameiro (12,5 km) e c) S. Jacinto-Poço da Cruz (20 km) (Fig. 1.A).

2. Metodologia

O Centro Europeu de Previsões Meteorológicas de Médio Prazo (ECMWF) fornece dados da ondulação, desde janeiro de 1940, os quais podem ser analisados através do *Reanalysis v5* (ERA5). A série estudada refere-se ao período 1950 – 2022 (altura de onda significativa (Hs), período de pico de onda (Tp) e direção média de onda (θ)), com uma frequência de 3h para dois nós costeiros mais próximos das zonas de estudo (Figura 1(1)), tendo os resultados sido validados com condições reais de 2022. Na caracterização morfológica das praias, para um total de 183 perfis foram determinados o declive médio da praia (β_r) e a altura máxima da praia (B_{max}) (<https://cosmo.apambiente.pt/>). Na avaliação do Índice de Vulnerabilidade a Inundações (IVI), foi realizada uma análise do espraio das ondas (Ru), nível astronómico da maré e da onda de tempestade (SS). Todas estas variáveis são independentes da morfologia da praia, exceto Ru.

3. Resultados

Os resultados obtidos com a aplicação dos índices de vulnerabilidade a inundações estão apresentados na Figura 1(2). Entre 1950 e 2022, foram identificadas cerca de 6 tempestades por ano com características semelhantes nos dois nós costeiros considerados. Os valores médios de Hs e Tp foram de 5,5 m e 15,2 s, respetivamente. A ondulação predominante, quadrante oeste-noroeste e noroeste coincide com as identificadas antes por outros autores (Figura 1 (3)). Os

eventos de tempestade tendem a durar até 24h, sendo a mediana estimada para ambos os nós de 18h. Tempestades com duração superior a 3 dias correspondem a apenas 2,5% dos dados.

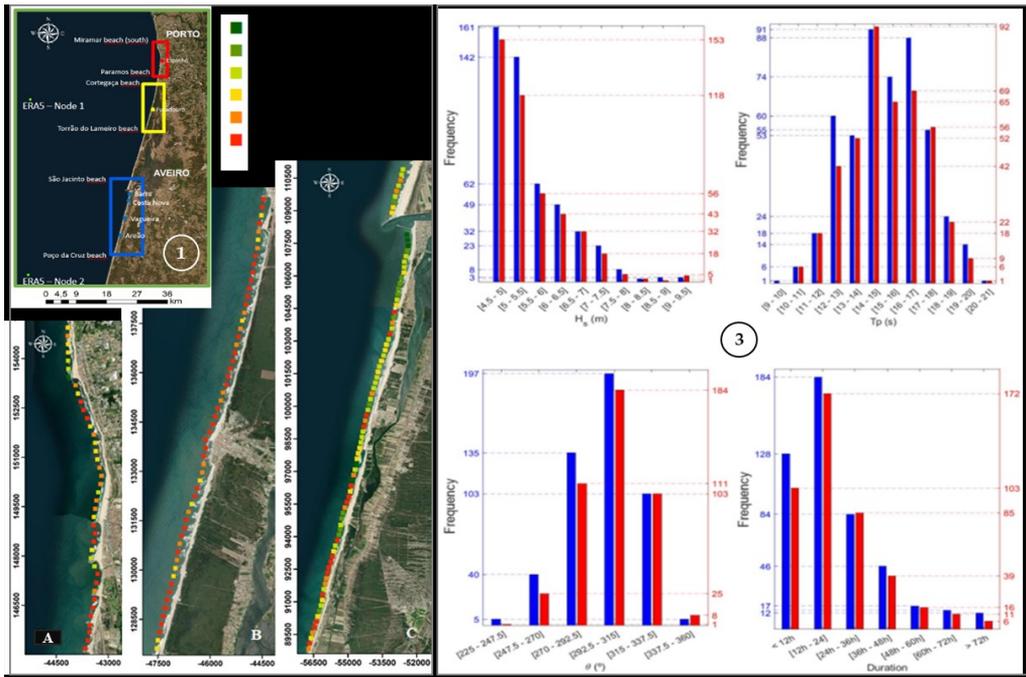


Figura 1. 1. Localização da área de estudo: Miramar – Paramos (vermelho); Cortegaça - Torrão do Lameiro (amarelo); São Jacinto - Poço da Cruz (azul). 2. Resultados do índice de vulnerabilidade a inundações (sistema de coordenadas ETRS89). 3. Análise estatística das características das tempestades nos nós ERA5-1 (azul) e ERA5-2 (vermelho). H_s = altura; T_p = período; θ = direção média da onda.

4. Conclusões

A vulnerabilidade ao galgamento oceânico pode ser estimada a partir de duas variáveis (ondulação e morfologia da praia), sendo importante não só as séries de dados de ondas como, também, a monitorização periódica das praias, as quais refletem tendências de comportamento em resposta à disponibilidade de sedimentos nas células costeiras e consequente acreção/erosão. A maioria dos locais analisados possui vulnerabilidade muito elevada ou extrema, o que confirma a grande suscetibilidade aos processos mais energéticos ocorridos no passado recente.

Agradecimentos

Programa para o Litoral de Portugal Continental (COSMO), Agência Portuguesa do Ambiente, cofinanciado pelo Programa POSEUR; (<https://cosmo.apambiente.pt>). FCT/MCTES (PT) pelo apoio financeiro ao CESAM (UIDP/50017/2020+UIDB/50017/2020).

APLICAÇÃO DE DEEP LEARNING NA DETEÇÃO AUTOMÁTICA DE GALGAMENTOS EM VÍDEOS COSTEIROS

Fábio Santos⁽¹⁾, Telmo Cunha⁽²⁾ e Paulo Baptista⁽¹⁾

⁽¹⁾ Centro de Estudos do Ambiente e do Mar (CESAM) & Departamento de Geociências, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal, fabioacsantos@ua.pt, renato.baganha@ua.pt

⁽²⁾ Instituto de Telecomunicações (IT) & Departamento de Eletrónica, Telecomunicações e Informática, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal, trcunha@ua.pt

Resumo

Nas últimas décadas, os sistemas de vídeo-monitorização costeira provaram ser de grande utilidade no estudo dos processos de dinâmica costeira. Este trabalho emprega *Deep Learning*, especificamente a arquitetura CNN-LSTM, para detetar automaticamente galgamentos em vídeos costeiros. Os resultados preliminares obtidos revelam uma precisão de 88,9%, destacando a eficácia na identificação de padrões espaciais e temporais associados a galgamentos.

Palavras-chave: Vídeo-monitorização; *Deep Learning*; Galgamentos; CNN-LSTM.

1. Introdução

Os sistemas de vídeo-monitorização costeira, desde os anos 90 do séc. XX, evoluíram para ferramentas eficazes de apoio à gestão costeira, reconhecidas pela confiabilidade, versatilidade e baixo custo. Instalado em junho de 2021, o sistema operacional da Praia dos Pescadores, Ericeira, adquiriu, até final de 2023, aproximadamente 66600 vídeos. Esses vídeos abrangem o molhe portuário norte que é suscetível a galgamentos. Esses eventos representam ameaças à segurança da infraestrutura, com impactos económicos e ambientais locais, tornando a caracterização e quantificação desses eventos de elevada relevância.

A vasta base de dados do sistema de vídeo da Ericeira permite a aplicação de técnicas inovadoras, como o *Deep Learning* (Aprendizagem Profunda, em português). Este subcampo da Inteligência Artificial utiliza redes neuronais profundas para reproduzir relações complexas de dados. Destacam-se, para este trabalho, as Redes Neuronais Convolucionais (CNN - *Convolutional Neural Network*), especializadas em padrões espaciais, e as Redes Neuronais de Memória de Longo Prazo (LSTM - *Long Short Term Memory*), eficazes em capturar dependências temporais. A combinação de ambas, conhecida como CNN-LSTM, permite processar informações espaciais e temporais simultaneamente, sendo amplamente aplicada na deteção e classificação de processos dinâmicos (Xia *et al.*, 2020).

Este trabalho recorre à utilização da arquitetura CNN-LSTM para detetar automaticamente galgamentos, focando-se no movimento característico da espuma associado a esses eventos.

2. Metodologia

A metodologia deste estudo seguiu as fases padrão de uma abordagem de *Deep Learning*: recolha de dados, rotulagem, pré-processamento, treino, teste e ajuste de hiperparâmetros. Para a recolha de dados foram analisados vídeos do sistema de vídeo-monitorização da Ericeira, tendo-se extraído sequências de imagens que abrangem diferentes períodos do dia e condições meteorológicas, tanto com quanto sem galgamentos. Foi reunido um total de 3058 sequências de imagens, sendo 1584 com galgamentos e 1474 sem. No pré-processamento, aplicou-se uma máscara e um corte às imagens, de modo a conterem apenas a área de interesse para o estudo. Seguidamente, essas imagens foram redimensionadas para 224x224 pixels, dimensões compatíveis com a entrada da CNN utilizada (GoogLeNet). Por fim, as imagens foram agrupadas para formar vídeos curtos, com e sem galgamentos.

A rede foi treinada com 90% dos vídeos criados anteriormente, reservando 10% para validação interna. O treino consistiu no ajuste dos pesos sinápticos ao longo de múltiplas épocas. A avaliação do desempenho foi realizada com um conjunto de teste externo, não utilizado no treino (461 e 386 vídeos com e sem galgamentos, respetivamente). Para otimizar a rede, procurou-se iterativamente a combinação ideal de hiperparâmetros, explorando configurações para identificar o melhor desempenho na deteção de galgamentos.

3. Resultados e conclusões

Ao avaliar o desempenho do modelo, obtido pela melhor combinação de hiperparâmetros, no conjunto de teste independente, alcançou-se uma precisão de 88,9% na identificação de galgamentos. Este resultado destaca a promissora capacidade do modelo em identificar corretamente galgamentos em vídeos costeiros. Em situações onde não ocorrem galgamentos, a precisão do modelo atingiu 90,7%, indicando a presença de alguns falsos positivos. Apesar dos resultados promissores, surgiram desafios na avaliação.

O modelo apresentou imprecisões na deteção de galgamentos no final do dia, possivelmente devido à menor representatividade desses exemplos no conjunto de treino, sendo menos frequentes e difíceis de capturar durante a fase de recolha de dados. Também foram identificadas limitações na deteção de galgamentos em condições meteorológicas específicas. Conclui-se que a precisão pode ser aprimorada através da inclusão de exemplos específicos atualmente não contemplados no conjunto de treino. Este refinamento está em curso para fortalecer a robustez do modelo em cenários mais diversos. Da mesma forma, ajustes nos hiperparâmetros também estão a ser refinados para melhorar a precisão.

Agradecimentos

Conteúdo produzido no âmbito da Agenda “NEXUS - Pacto de Inovação – Transição Verde e Digital para Transportes, Logística e Mobilidade”, financiado pelo Plano de Recuperação e Resiliência (PRR) Português, com o n.º C645112083-00000059 (projeto de investimento n.º 53). Agradece-se à FCT/MCTES (PT) pelo apoio financeiro ao CESAM (UIDP/50017/2020+UIDB/50017/2020). Agrade-se, também, ao Instituto de Telecomunicações – Pólo de Aveiro, pelo apoio prestado através do projeto UIDB/50008/2020-UIDP/50008/2020.

Referências

K. Xia, J. Huang, H. Wang, 2020. 'LSTM-CNN Architecture for Human Activity Recognition', IEEE Access, vol. 8, pp. 56855-56866

SEDIMENT BUDGET ESTIMATION USING HISTORICAL CARTOGRAPHY: APPLICATION TO FIGUEIRA DA FOZ COAST

F. Valverde ⁽¹⁾, C. Ponte Lira ⁽¹⁾ & A. E. East ⁽²⁾

⁽¹⁾ Instituto Dom Luiz, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal. mfoalverde@fc.ul.pt

⁽²⁾ U.S.G.S., Pacific Coastal and Marine Science Center, 2885 Mission St., Santa Cruz, CA 95060, USA.

Abstract

Estimations of sediment budgets (SB) in littoral strips are crucial to quantify sand volumes on the coast and the associated regional accretion or erosion. SB are also important for coastal studies and management, at several time scales. Long-term coastal SB (using historical shoreline evolution) are a tool to understand past coastal patterns, thus aiding in comprehend present and future coastal morphodynamics. This work is located on central Atlantic coast of Portugal and shows the utility and suitability of this approach.

Keywords: Sand balance, Coastal cells, Shorelines, Old maps, Portugal.

1. Introduction

A sediment budget (SB) estimates the amount of sediment entering and leaving a specific coastal area, determining if there is a surplus or deficit remaining in that region (Rosati, 2005). SB concept implies definition of cells, identification of sedimentary sources (e.g. longshore sediment transport) and sinks (e.g. sand dredging) and knowledge of sediment fluxes (Rosati, 2005). This work aims to evaluate the use of shorelines derived from historical maps to estimate a centennial SB in Figueira da Foz coastal region. The use of historical information is necessary to assess coastal state before major anthropogenic interventions.

2. Data and Methods

Study area is in the central west coast of Portugal (Figure 1) and is a 9 km low-lying sandy strip between Buarcos and Costa de Lavos, cut by the Mondego river outlet. Sediment transport is mainly due to the littoral drift (direction N-S). Net longshore sand transport in early 19th century is reported as $+11 \times 10^5$ m³/year for this littoral cell (Santos *et al.*, 2017). Two cartographic sources were used: 1862 hydrographic chart; 1958 georeferenced mosaic of aerial images and the procedure for extraction of shoreline position is described in Valverde & Ponte Lira (2022). Historical SB was estimated using shoreline position between the two dates to calculate volume change with the equation $\Delta V = \Delta y \times \Delta A_D \times \Delta x$ (Rosati, 2005) and the following assumptions: equilibrium profile and no sea-level rise between the two dates; as such, present day morphological information was used (Rodrigues, 2022).

3. Results and Discussion

The estimated SB reveals a sedimentary surplus/accretion on sector BF (north side of Mondego outlet) and loss/erosion at CG (immediately south) and partially on CL (most southern sector).

The results (Figure 1) using this dataset are of the same order of magnitude than those referred in Santos et al. (2017), Rodrigues (2002) and Pinto et al (2022), allowing to develop a conceptual model of the morphodynamic evolution of this coastal system, on the analysed timeframe. Sectors BF and CL (with less anthropic action) show compatible signals between each other: erosion in 1862 and accretion in 1958. Sector CG (most intervened sector) show the opposite: accretion in 1862 and erosion in 1958. These may suggest the 1862 cartography represents a time of weaker longshore drift (thinner beaches on BF sector with exposed rocky platforms while CG (south-central sector) is showing an opposite signal, probably due to the influence of anthropogenic actions.

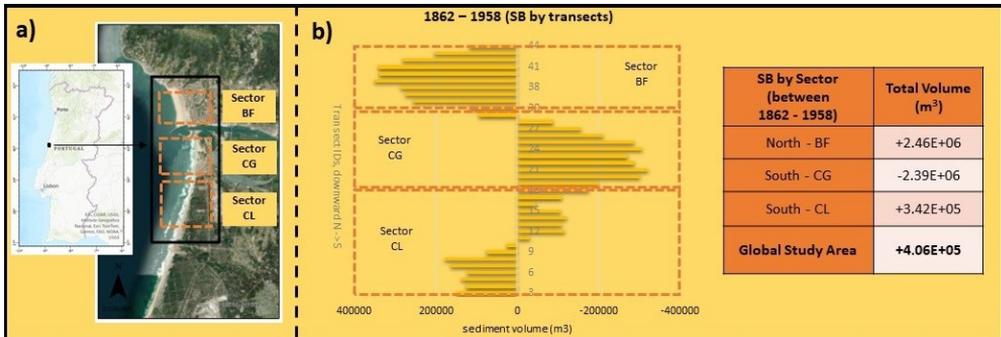


Figure 1 - a) Study area and sectors. b) SB main results.

4. Conclusion

Even considering the challenges of this case study, the results presented reveal the viability to assess long-term analysis of sediment budgets based on historical cartography. These preliminary results show the possibility of using such datasets at national-scale, as future work.

Acknowledgements

Funding by FCT I.P./MCTES through national funds (PIDDAC) – UIDB/50019/2020 (<https://doi.org/10.54499/UIDB/50019/2020>), LA/P/0068/ 2020) (<https://doi.org/10.54499/LA/P/0068/2020>). CPL by DL57/2016/CP1479/CT0079 (<https://doi.org/10.54499/DL57/2016/CP1479/CT0079>). Project “SIARL DADOS” n° 000011-DFIN-DCP.

References

- Rosati, J., 2005. Concepts in Sediment Budgets. *Journal of Coastal Research*, 21. 307-322.
- Duarte Santos, F. *et al.*, 2017. “Grupo de Trabalho do Litoral. Gestão da Zona Costeira: o desafio da mudança”. Lisboa. ISBN: 978-989-99962-1-2.
- Valverde, F. & Ponte Lira, C., 2022. Desafios integração cart. hist. na análise evolução linha costa: caso prático. Livro Resumos 6ª Conferência MEC, col. RNI, 113, 43-44, LNEC. Lisboa.
- Rodrigues, T., 2022. Estudo do balanço sedimentar do troço costeiro entre Buarcos e São Pedro de Moel. Tese de Mestrado Geologia, Univ. Lisboa, Fac. Ciências.
- Pinto, C. *et al.*, 2022. Morphological Development and Behaviour of a Shoreface Nourishment in the Portuguese Western Coast. *J. Mar. Sci. Eng.* 2022, 10(2), 146.

SENSITIVITY ANALYSIS OF PARAMETERS FOR SALT MARSHES EVOLUTION IN A CLIMATE CHANGE CONTEXT. APPLICATION OF SMRM TO CALDEIRA DE TRÓIA (SADO ESTUARY, PORTUGAL)

Miguel Inácio ^(1,2), Maria da Conceição Freitas ^(1,2)

⁽¹⁾ Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal
mfinicio@fc.ul.pt, cfreitas@fc.ul.pt

⁽²⁾ Instituto Dom Luiz, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal

Abstract

Salt marshes are highly valued environments for the services they provide. However, they are very vulnerable to the impacts of climate change, so it is essential to project their evolution in this context. A rule-based model was developed for this purpose (SMRM) and applied to Sado estuary (Portugal) salt marshes. A sensitivity analysis was carried out on the model's input parameters. From this analysis, it was concluded that the most significant parameter to project the evolution of marsh areas is the sea-level rise, followed by the accretion rates.

Palavras-chave: Sensitivity analysis; Rule-based model; Marsh evolution; Climate change; Sea-level rise.

1. Introduction

Salt marshes are vegetated intertidal areas widely recognized for their ecological services, such as coastline protection, biodiversity, water filtration, and blue carbon storage and its preservation is crucial. They are highly vulnerable to the impacts of climate change, particularly to sea-level rise (SLR). To project the evolution of salt marshes in this context, a rule-based model was developed, the Simplified Marsh Response Model (SMRM), that was applied to marshes of the Sado estuary (Inácio *et al.*, 2022). The model needs input parameters, and the aim of this work was to estimate which of them have the most impact on the evolution of marsh areas. The study area is located on the northern sector of Caldeira de Tróia (C. Tróia (N)), situated in the NNW tip of Tróia sandspit (40 km South of Lisbon).

2. Methodology

A sensitivity analysis was performed to evaluate the influence of each parameter on the result of SMRM (root mean squared error (RMSE) of the digital terrain (DTM), SLR and accretion (acc.) rates), establishing three risk levels: low, medium, and high (Table 1). For each level, each parameter was combined in all the available possibilities (27). The three risk levels of the DTM were considered through the inundation heights, adding or subtracting the RMSE from the SLR. Three SLR scenarios were considered: a conservative one (low risk – IPCC SSP1-2.6), an intermediate (medium risk – MOD.FC_2b), and a high-end (high risk – NOAA Extreme). Lastly, the accretion rates determined by Inácio *et al.* (2022) were used for the medium-risk scenario; for low-risk, accretion rates were doubled and for the high-risk scenario, eliminated. The results evaluated were the change in the global marsh area and the new inundated area

(present-day supratidal areas that become intertidal areas) until 2100. The results were plotted in boxplots.

Table 1. Risk levels for the sensitivity analysis performed with SMRM to the C. Tróia (N) marsh.

Risk	DTM	SLR	ACC. RATES
LOW	SLR - RMSE	IPCC SSP1-2.6	5.46/5.84 mm/yr (tidal flat/marsh)
MEDIUM	-	MOD.FC_2b	2.73/2.92 mm/yr (tidal flat/marsh)
HIGH	SLR + RMSE	NOAA Extreme	0 mm/yr

3. Results and Conclusion

The sensitivity analysis results show that SLR is the most critical parameter to consider in the evolution of the marsh areas because each SLR scenario produces a different set of results. For instance, when the NOAA Extreme scenario is considered, the marsh will lose 70%-80% of its area until 2100, no matter which risk level is selected for the remaining parameters. Accretion rates are also an important parameter for the result. The RMSE of the DTM seems to have an impact on the global area that is proportional to the size of the error. Regarding the inundation area, SLR is also the most relevant parameter, although only NOAA Extreme (high risk) produces a significant change in the result.

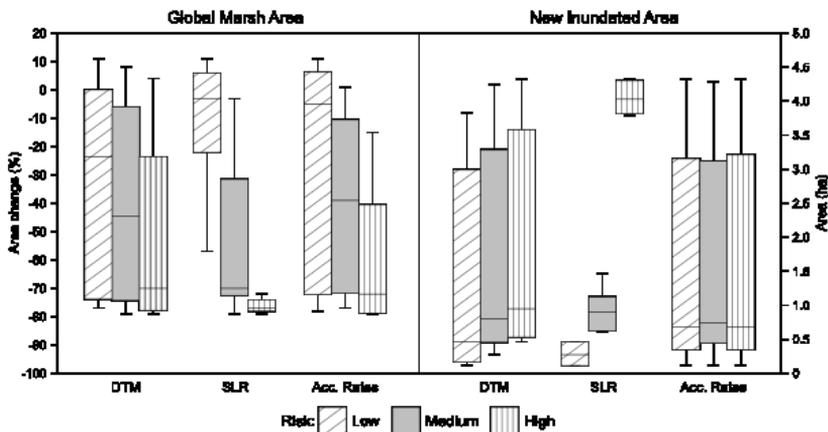


Figure 2. Boxplots of the sensitivity analysis, including three levels of risk for each evaluated parameter (DTM, SLR, and Acc. Rates). The results are the marsh area and the inundation area in 2100.

Funding

This work was funded by the Portuguese Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) I.P./MCTES through national funds (PIDDAC) - UIDB/50019/2020), UIDP/50019/2020, LA/P/0068/2020, PTDC/CTA-GEO/28412/2017 and Ph.D. Grant PD/BD/142781/2018.

References

Inácio, M., Freitas, M.C., Cunha, A.G., Antunes, C., Leira, M., Lopes, V., Andrade, C., Silva, T.A., 2022. Simplified Marsh Response Model (SMRM): A Methodological Approach to Quantify the Evolution of Salt Marshes in a Sea-Level Rise Context, *Remote Sens.*, 14, 3400. <https://doi.org/10.3390/rs14143400>.

GEOREFERENCING OF OPTICAL IMAGES WITHOUT GROUND CONTROL POINTS (GCPS) AND ITS APPLICATION IN WAVE HEIGHT ESTIMATION IN NEARSHORE ZONES THROUGH AUTOMATION

Tochukwu Ngene ⁽¹⁾, Tiago Abreu ⁽²⁾, Paulo A. Silva ⁽³⁾ and Paulo Baptista ⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Department of Geosciences, University of Aveiro, Aveiro, Portugal,
ngene@ua.pt

⁽²⁾ CESAM & Civil Engineering Department, ISEP, Polytechnic of Porto, Porto, Portugal.
taa@isep.ipp.pt

⁽³⁾ CESAM & Department of Physics, University of Aveiro, Aveiro, Portugal,
psilva@ua.pt

⁽⁴⁾ CESAM & Department of Geosciences, University of Aveiro, Aveiro, Portugal,
renato.baganha@ua.pt

Abstract

This study introduces a novel photogrammetric technique aimed at overcoming challenges in georeferencing optical images, especially in areas without identifiable landmarks. The proposed method has applications in automating wave height measurement in open seas. The method relies on visual identification of wave height in images, introducing an automated process for feature extraction and measurement. The study emphasizes challenges on data acquisition and availability for result validation. Ongoing efforts involve correlating data from Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) and Unmanned Air Vehicle (UAV) video to enhance precision and validation of wave data.

Key words: Optical Images, Photogrammetry, Ocean Wave Parametrization, Image Segmentation, Automatic Georeferencing Algorithm.

4. Introduction

The development of cost-effective solutions for real-time wave height estimation in nearshore areas is significant for addressing issues related to morphodynamic processes. Video monitoring systems can play a crucial role in overcoming these challenges. However, the widespread use of video monitoring is impeded by the difficulty of georeferencing optical images in areas without identifiable landmarks. To address this limitation, this paper introduces a photogrammetric technique for open-sea mapping that does not require reference points. This approach expands the applicability of video monitoring and contributes to ocean wave parameterization.

5. Methodology and results

The research utilized UAV video footage obtained in Figueira da Foz between 11:36 and 11:57 am, 05/11/2021. Building on the methodology introduced by Santos et al. (2023), a non-complex photogrammetric georeferencing method was developed without ground control

points. Table 1 lists some differences between estimated and measured coordinates at specific locations. The developed algorithm uses camera parameters such as height, azimuth, tilt angle, and field of view, employing specific equations. Its potential application for wave height estimation was also investigated. The method for estimating wave height relied on image feature segmentation, morphology, and binary geometry analysis (Fig. 1). An attempt was made to validate the UAV estimated wave height using a time series of sea surface and pressure data from the ADCP deployed at Figueira da Foz, from 11:30 to 11:50 am, 05/11/2021.

Table 1. Calculated errors of the estimated coordinates and obtained coordinates at specific locations.

LAT _{EST} (°N)	LON _{EST} (°E)	LAT _{OBS} (°N)	LON _{OBS} (°E)	ERROR _{LAT} (°N)	ERROR _{LON} (°E)
40.6295	-8.6572	40.6297	-8.6568	0.0002	0.0004
40.6301	-8.6571	40.6298	-8.6566	0.0003	0.0005
40.6296	-8.6573	40.6297	-8.6569	0.0001	0.0004
40.6301	-8.6573	40.6298	-8.6567	0.0003	0.0006

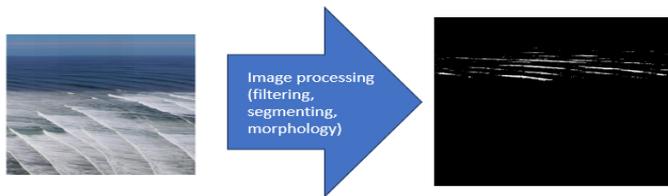


Figure 3. Extraction of wave features from RGB to binary image.

6. Conclusion

The automatic georeferencing algorithm demonstrates a high level of accuracy in estimated coordinates. The study also addresses the challenge of validating calculated wave heights, highlighting efforts to establish correlations between data obtained from different sources.

Acknowledgements

Thanks are due FCT/MCTES for the financial support to CESAM, (UIDP/50017/2020+UIDB/50017/2020+LA/P/0094/2020), through national funds. Content produced within the scope of the Agenda “NEXUS - Pacto de Inovação - Transição Verde e Digital para Transportes, Logística e Mobilidade”, financed by the Portuguese Recovery and Resilience Plan (PRR), with no. C645112083-00000059 (investment project no. 53).

References

Santos, D., Abreu, T., Silva, P.A., Baptista, P., 2023. 'Georeferencing of UAV imagery for nearshore bathymetry retrieval', *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 125, 103573.

VEGETATION-BASED SHORELINE CHANGE MAPPING IN HIGH-ENERGY COASTAL BARRIERS USING SATELLITE IMAGERY

Vincent Kümmerer⁽¹⁾, Óscar Ferreira⁽¹⁾ and Carlos Loureiro⁽¹⁾

⁽¹⁾ Centro de Investigação Marinha e Ambiental, Universidade do Algarve, Faro, Portugal,
vkuemmerer@ualg.pt, oferreir@ualg.pt, cloureiro@ualg.pt

Abstract

This work presents a new semi-automatic approach for shoreline mapping based on high-resolution Planet Scope satellite imagery and using the vegetation line as a shoreline indicator. The results evidence sub-pixel accuracy in satellite-derived shoreline positions, enabling the study of storm-induced and seasonal shoreline changes on energetic coastlines, overcoming accuracy limitations previously found with commonly used waterline-based shoreline mapping algorithms.

Keywords: Satellite-derived shoreline; Vegetation Line; Planet Scope; Shoreline Change; High-energy Coasts.

7. Introduction

Changes in the shoreline position are of paramount importance for coastal management and are nowadays commonly derived from multispectral satellite imagery. However, popular satellite-derived shoreline mapping algorithms use the instantaneous waterline as the shoreline indicator and have significant limitations in high-energy coastlines with large tidal ranges and gentle foreshore slopes (e.g., Vos *et al.*, 2023). This limitation arises from the need to correct shoreline positions according to the horizontal excursion of the vertical variation in water level at the satellite fly-over time. To address this challenge, this study presents a new semi-automated approach for assessing shoreline change using satellite-derived vegetation lines (SDVL) from Planet Scope imagery (~3.7 m resolution), tested in the NW of Scotland, a highly energetic coastline with gently sloping foreshores and densely vegetated dunes.

8. Methods

Satellite-Derived Vegetation Lines (SDVL), corresponding to the seaward edge of dune vegetation, were extracted from Planet Scope imagery for 5 barriers in the Outer Hebrides islands between December 2016 and May 2023. After image pre-processing, which included co-registration and merging, the images were filtered using Planet's Unusable Data Mask files to remove parts of the image with poor quality. The Normalised Difference Vegetation Index (NDVI) was then calculated for each image using a segmented approach that restricted the analysis to a narrow band including the vegetated dune and upper shoreface. Distinct beach sections were considered according to differences in vegetation cover along the beach. Spatially and temporally varying Otsu thresholds for the NDVI images were automatically calculated for each image and beach section. The SDVL position was then extracted as the NDVI threshold contour line along regularly spaced beach transects. The automated SDVL

delineation was visually inspected to remove misinterpreted shorelines due to poor image quality or interference with seaweed accumulations. The accuracy of the SDVL positions was determined based on the comparison against Measured Vegetation Lines (MVL) obtained from two RTK-DGNSS field surveys of the 5 barriers during the winter of 2022/23.

9. Results and Discussion

The SDVL are shown to be highly accurate, as demonstrated by a strong positive correlation and sub-pixel differences between measured and satellite-derived vegetation line positions, evidenced by an RMSE of 3.01 m (Figure 1a). The segmented NDVI-based approach presented here outperforms current mapping algorithms that have errors above 20 m for high-energy and meso-macrotidal beaches (Vos *et al.*, 2023). The strong seasonal variation in SDVL position (Figure 1b, c) demonstrates the suitability of the vegetation line for assessing shoreline change in high-energy environments like the Outer Hebrides. In addition, the SDVL does not require horizontal correction and therefore avoids the errors introduced by changes in beach slope and tidal and swash driven aliasing.

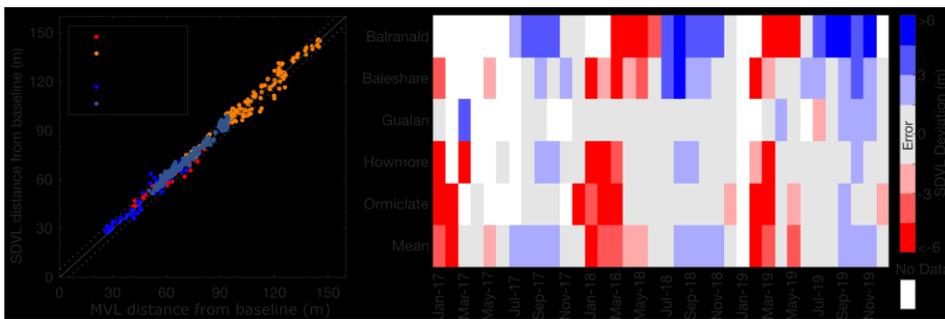


Figure 1. a) Validation of SDVL against MVL positions. b) Example of the variability in site averaged monthly mean SDVL position relative to the mean for the 12/2016 to 05/2023 period.

10. Conclusion

The combination of high temporal and spatial resolution Planet Scope imagery with a NDVI-based segmented approach for mapping vegetation lines as shoreline indicator provides highly accurate satellite-derived shoreline positions. This approach is suitable for analysis of event-based shoreline changes in barriers with densely vegetated dunes, overcoming limitations in other commonly used automatic shoreline mapping algorithms.

Acknowledgments

VK receives funding for his Ph.D. through FCT grant 2020.07497.BD and from the British Society for Geomorphology BSG-2022-30. This work was also supported by FCT under the projects LA/P/00049/2020 ARNET) and UID/00350/2020 CIMA.

References

Vos, K., et al. 2023. 'Benchmarking satellite-derived shoreline mapping algorithms', *Communications Earth & Environment*, 4, 1, 345.

PREVISÃO DA EVOLUÇÃO DE PERFIS DE PRAIA BASEADA EM FERRAMENTAS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Willian Weber de Melo⁽¹⁾, Isabel Iglesias⁽²⁾ e José Pinho⁽¹⁾

⁽¹⁾ Centro do Território, Ambiente e Construção, Universidade do Minho Guimarães, Portugal,
id9257@alunos.uminho.pt, jpinho@civil.uminho.pt

⁽²⁾ Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental, Universidade do Porto, Matosinhos, Portugal,
iiglesias@ciimar.up.pt

Resumo

Preservar as zonas costeiras é essencial para reduzir os impactos das mudanças climáticas, uma vez que estão expostas aos efeitos de erosão causada por eventos extremos, como tempestades. Este trabalho apresenta os resultados de aplicação de um algoritmo de inteligência artificial - *Random Forest* - para prever a evolução de perfis em doze praias da região norte de Portugal, baseando-se em dados de diferentes programas de monitorização. Os resultados mostram que foi possível estimar a evolução morfológica das áreas de estudo, alcançando erros inferiores a 20 cm.

Palavras-chave: Morfodinâmica; Perfil de praia; *Machine Learning*; *Random Forest*;

1. Introdução

As praias apresentam, entre outras, a função de defesa contra os impactos de tempestades, contribuindo para a resiliência e redução da vulnerabilidade das populações nas zonas costeiras. Prever a sua evolução morfológica é fundamental para melhorar a gestão deste ambiente natural. Neste contexto, este trabalho recorreu a um algoritmo de inteligência artificial - *Random Forest (RF)* - para prever a evolução de perfis em doze praias localizadas no litoral norte da costa continental portuguesa.

2. Metodologia

Foram utilizados dados históricos de perfis de praia obtidos em dois projetos de monitorização da zona costeira portuguesa: o programa COSMO da Agência Portuguesa do Ambiente (APA, 2020) e o projeto MarRisk (Bio et al., 2018). Da primeira base de dados utilizaram-se perfis de praia levantados entre 2018 e 2021, enquanto da segunda, além dos perfis, utilizaram-se dados das características dos sedimentos das doze praias analisadas, nomeadamente os diâmetros D50 e D90. Foram ainda utilizados dados da *Atlantic -Iberian Biscay Irish (IBI) Ocean Wave Reanalysis* do *Copernicus Marine Service* (Copernicus Marine Service, 2022) relativos à agitação marítima na região.

Após o processamento preliminar dos dados, implementou-se dois modelos baseados no algoritmo *RF* utilizando linguagem Python e a biblioteca *Scikit-Learn*. Um dos modelos utilizou apenas os dados de elevação dos perfis e agitação (M2), enquanto o outro utilizou ainda dados

da granulometria da areia de cada praia (M1). Ambos os modelos foram treinados pelo método de validação cruzada, dividindo os dados em cinco subconjuntos durante a fase de treino.

3. Resultados

Os modelos permitiram alcançar um erro médio absoluto de 0.14 m e uma raiz do erro médio quadrático (RMSE) de 0.04 m para dados de treino, demonstrando a capacidade de reprodução da variação da elevação dos perfis das praias estudadas. Ao testar o modelo para prever os perfis mais recentes (Figura 1), o RMSE oscilou entre 0.17 m e 1.38 m, dependendo da praia analisada. Os erros alcançados serão da mesma ordem de grandeza do erro de levantamentos topográficos, cuja quantificação não foi realizada no presente trabalho.

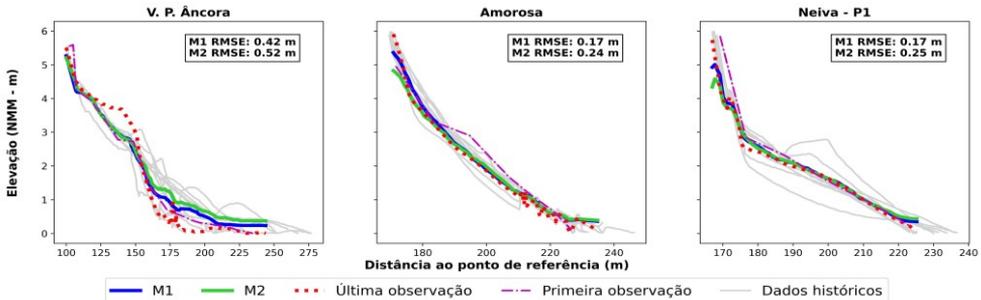


Figura 1. Resultados da simulação da evolução dos perfis de praia.

4. Conclusões

Este trabalho realça a importância da monitorização contínua e do seu potencial para a implementação de modelos preditivos baseados em dados. Destaca-se a importância da disponibilização de dados que permitam criar soluções avançadas para previsão, potenciando a adoção de eventuais medidas de gestão adequadas para os problemas específicos das regiões mais vulneráveis. Além disso, realça-se que a utilização de dados de caracterização de sedimentos das praias permitiu reduzir os erros das previsões de evolução de perfis.

Agradecimentos

Este estudo recebeu apoio da bolsa de doutoramento SFRH/BD/151383/2021 financiada pela Fundação para Ciência e Tecnologia (FCT) e por fundos do Ministério da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior sob o programa MIT-Portugal, do financiamento estratégico do CIIMAR (UIDB/04423/2020, UIDP/04423/2020) e do programa CEEC (2022.07420.CEECIND). Dados obtidos no âmbito do Programa COSMO, da Agência Portuguesa do Ambiente, cofinanciado pelo Programa Operacional Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos (POSEUR)

Referências

- APA. (2020). Programa de Monitorização da Faixa Costeira de Portugal Continental (COSMO). <https://cosmo.apambiente.pt>
- Bio, A., Gonçalves, J. A., Pinho, J., Vieira, L., Smirnov, G., Iglesias, I., & Bastos, L. (2018). Assessing Coastal Morphodynamics for Climate-Change Related Risk Analysis. *Frontiers in Marine Science*, 5. <https://doi.org/10.3389/conf.FMARS.2018.06.00013>
- Copernicus Marine Service. (2022). Atlantic -Iberian Biscay Irish- Ocean Wave Reanalysis. <https://doi.org/https://doi.org/10.48670/moi-00030>

Gestão,
Proteção e
Conservação
da Zona
Costeira



GOVERNING COASTAL REGIONS WITH A LANDSCAPE PERSPECTIVE? INSIGHTS FROM PORTUGAL

Carla Gonçalves⁽¹⁾, Paulo Pinho⁽¹⁾

⁽¹⁾ CITTA - Centro de Investigação do Território, Transportes e Ambiente, Departamento de Engenharia Civil,
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal,
ap.carla.goncalves@gmail.com; pcpinho@fe.up.pt

Abstract

The conceptualization of landscape governance was systematically introduced in the scientific literature in the late 2000s. Since then, the debate has significantly expanded. However, from an empirical perspective, it has primarily focused on addressing forest landscape restoration, with discussions on coastal landscape governance remaining limited. Furthermore, coastal governance rarely addresses the governance of coastal landscapes. This research addresses this gap, exploring how the landscape concept has been integrated into coastal governance since the 1950s, selecting Portugal as a case study. Results reveal that landscape integration into coastal governance has evolved, supported by influential actors and European policy trends, emphasizing the significant potential of the landscape concept in coastal governance.

Keywords: Landscape sustainability science; Evolutionary governance theory; Socio-ecological systems; Policy integration; Landscape approaches.

1. Introduction

Landscape governance was systematically introduced in the scientific literature by Görg (2007), and since then, the debate has significantly expanded. However, empirically, discussions on coastal landscape governance remain limited, and the coastal governance debate also rarely addresses their governance (Gonçalves and Pinho, 2022). One of the arguments for landscape governance is that it aims to reconnect the politics of scale with the natural conditions of places, emphasizing the benefits of using the contemporary concept of landscape.

In coastal governance, the need for reform is evident and well-documented (Van Assche et al., 2020). Despite the long-term scientific and political claims on the obligation to protect, enhance and govern the coastal region from an integrated perspective (Pittman and Armitage, 2016), significant challenges persist. One of these challenges is the recognition of the boundaries and dynamics of the coastal socio-ecological system and the incorporation of its specific coastal condition into the governance system (Van Assche et al., 2020). Considering the theoretical advantages of employing a landscape-governance approach, it is fundamental to expand our empirical understanding of the role that landscape has been playing in the governance of the European coastal region. This research addresses this gap, exploring Portugal as a case study.

2. Methods

We conducted an evolutionary analysis from the 1950s until today of coastal, landscape, environmental and spatial planning principal institutions and actors. The option to trace the

co-evolution of institutions and actors to understand the governance system builds on the Evolutionary Governance Theory (Beunen et al., 2015). The research started with a literature review to compare the historical development of the Portuguese landscape and coastal discourses with the broader European context. It was followed by a content analysis of 42 laws over the specified timeframe. A detailed version of the methodology is available in Gonçalves and Pinho (2024).

3. Results and Discussion

The findings indicate fluctuations in the incorporation of the landscape concept into the governance of the coastal region, significantly shaped first by influential Portuguese actors and later by European Union policy priorities. Several shortcomings in the governance of the coastal region in Portugal were identified, namely, the use of a narrow definition of landscape, the lack of modes of observation, the predominantly policy-oriented approach to the coastal zone, the lack of laws and policies assessment, the fragmentation and lack of policy integration and coordination, the lack of a specific coastal actor and law, and the limited political will to implement the necessary reform in the Portuguese coastal governance.

4. Conclusion

While recognizing the constraints of extrapolating from a case study, our findings emphasize the necessity for a paradigm shift in coastal governance towards coastal landscape governance based on the principles outlined in the Council of Europe Landscape Convention.

Acknowledgments

Carla Gonçalves has been funded by the Portuguese Foundation for Science and Technology (FCT) through the Doctoral Grant UI/BD/151233/2021.

References

- Beunen, R., Assche, K. V. & Duineveld, M. 2015. *Evolutionary governance theory: Theory and applications*, Springer.
- Gonçalves, C. & Pinho, P. 2022. In search of coastal landscape governance: a review of its conceptualisation, operationalisation and research needs. *Sustainability Science*, 17, 2093-2111.
- Gonçalves, C. & Pinho, P. 2024. Does landscape play a role in the governance of the coastal region? An evolutionary perspective from Portugal since 1950. *Progress in Planning*, 181, 100811.
- Görg, C. 2007. Landscape governance. The "politics of scale" and the "natural" conditions of places. *Geoforum*, 38, 954-966.
- Pittman, J. & Armitage, D. 2016. Governance across the land-sea interface: A systematic review. *Environmental Science & Policy*, 64, 9-17.
- Van Assche, K., Hornidge, A., Schlüter, A. & Vaidianu, N. 2020. Governance and the coastal condition: Towards new modes of observation, adaptation and integration. *Marine Policy*, 112.

DESEMPENHO E LONGEVIDADE DE ALIMENTAÇÕES ARTIFICIAIS EM PORTUGAL

Celso Aleixo Pinto⁽¹⁾ e Sebastião Braz Teixeira⁽²⁾

⁽¹⁾ Núcleo de Monitorização Costeira e Risco, Agência Portuguesa do Ambiente, Amadora, Portugal,
celso.pinto@apambiente.pt

⁽²⁾ Administração de Região Hidrográfica do Algarve, Agência Portuguesa do Ambiente, Faro, Portugal,
sebastiao.teixeira@apambiente.pt

Palavras-chave: Erosão costeira; alimentações artificiais, monitorização, longevidade.

1. Introdução

A alimentação artificial é uma medida de proteção/defesa costeira que tem vindo a ser progressivamente adotada em Portugal continental enquanto opção de gestão da mitigação da erosão costeira (Pinto et al., 2022a). O presente trabalho sintetiza a longevidade das alimentações artificiais efetuadas na Costa Nova, Costa de Caparica, Praia de Albufeira e Forte Novo - Vale do Lobo. É discutida a relevância de se estabelecerem limites de monitorização adequados para se avaliar acerca da eficácia das intervenções.

2. Metodologia

A avaliação da longevidade das alimentações artificiais foi aferida através do indicador de desempenho “volume”, calculando-se para o efeito as variações ocorridas nas áreas de deposição e de monitorização através da comparação de levantamentos topo-hidrográficos efetuados após a realização das intervenções no intervalo temporal definido.

3. Resultados e discussão

Na Costa Nova, os resultados mostram uma diminuição da ordem dos 40 % do volume inicial na área de deposição (Quadro 1) (praia imersa) em apenas 6 meses, o que se afigura positivo, dado que o objetivo da intervenção consistia na difusão dos sedimentos no sistema costeiro, de forma a mitigar a erosão costeira nas praias adjacentes (i.e. Costa Nova) e no troço a sotamar (i.e. Vagueira). Não obstante, como esperado, na área de monitorização (Quadro 1) o balanço sedimentar é negativo (- 30 %), refletindo a dispersão por processos longitudinais na sua fronteira sul da ordem dos $0.75 \times 10^6 \text{ m}^3$ (Pinto et al., 2022b) e conseqüente reforço do balanço sedimentar no troço a sotamar.

Na Costa de Caparica, após 4.5 anos, as perdas volumétricas na área de deposição (praia emersa) (Quadro 1) foram de 100 %, o que confirma o fim da longevidade do enchimento realizado em 2019. No entanto, na área de monitorização as perdas foram de apenas 15 %, sugerindo que grande parte dos sedimentos estão acumulados no domínio imerso do perfil de praia ativo. Este reforço volumétrico e altimétrico na faixa submarina mais proximal à praia, sob a forma de uma barra longitudinal, é positivo e particularmente relevante enquanto

elemento morfológico dissipador da energia da ondulação incidente, mitigando os efeitos negativos causados pelos temporais.

Quadro 1. Locais e características das alimentações artificiais

Local/ano	Volume depositado (m ³)	Área de deposição (km ²) / limites	Área de monitorização (km ²) / limites	Período de monitorização (anos)
Costa Nova/2020	2.4 x 10 ⁶	1 / entre -4 m ZH e -8 m ZH	12 / praia emersa até -10 m ZH	0.7
Costa de Caparica/2019	1.0 x 10 ⁶	0.8 / Praia emersa acima do ZH	3 / praia emersa até -8 m ZH	4.5
Albufeira/2011	0.6 x 10 ⁶	0.26 / Praia emersa acima do ZH	1.8 / praia emersa até -9 m ZH	9
Forte Novo - Vale do Lobo/2010	1.25 x 10 ⁶	0.51 / Praia emersa acima do ZH	2.4 / praia emersa até -8 m ZH	10

Em Albufeira, 9 anos após a intervenção, as perdas volumétricas na área de deposição (praia emersa) (Quadro 1) foram de apenas 30 % o que atesta a longevidade e estabilidade notável deste enchimento. Tal dever-se-á à configuração planar em baía e limites laterais parcialmente impermeáveis, os quais tendem a favorecer a retenção sedimentar no domínio emerso da praia. Na área de monitorização (Quadro 1) as perdas ascendem a 38 %, o que sugere a ocorrência de perdas no domínio imerso do perfil de praia, previsivelmente através da fronteira Este (i.e. dado o sentido predominante do transporte longitudinal no sentido Oeste-Este) da baía.

Em Vale do Lobo, as perdas volumétricas na área de deposição (praia emersa) (Quadro 1) foram de 60 %, o que sugere uma longevidade superior ao inicialmente estimado (i.e. 10 anos). Não obstante, na área de monitorização (Quadro 1) as perdas foram de 100 %, o que aparenta estar em contradição com o anteriormente referido. Segundo Pinto & Teixeira (2022a), tal comportamento estará relacionado com o aumento da granulometria da areia depositada em relação à areia nativa, impondo uma nova configuração de equilíbrio ao perfil, conferindo-lhe maior estabilidade e, simultaneamente, uma maior residência temporal ao enchimento no domínio emerso.

4. Considerações finais

Os resultados obtidos validam, de um modo geral, a estratégia de proteção/defesa costeira definida, assente na reposição localizada do balanço sedimentar através da realização de alimentações artificiais. Os objetivos iniciais definidos, configuração da linha de costa, grau de exposição e condições morfodinâmicas locais são determinantes na avaliação do desempenho das intervenções. A aferição da longevidade de alimentações artificiais deve assentar, entre outros aspetos, na análise das variações volumétricas ocorridas na área de deposição e numa área mais alargada, aqui designada por área de monitorização, de modo a cobrir-se o domínio ativo do perfil de praia, avaliando-se a magnitude dos processos transversais, bem como os processos de dispersão longitudinal para as áreas adjacentes à intervenção.

Referências

- Pinto, C. & Teixeira, S. B. (2022a). Evolução e comportamento das alimentações artificiais de praia em Vale do Lobo (Algarve - Portugal). 6ª Conferência MEC. Lisboa - Portugal. pp. 23-24.
- Pinto, C., Taborda, R., Andrade, C., Baptista, P., Silva, P.A., Mendes, D. & Pais-Barbosa, J. (2022b). Morphological Development and Behaviour of a Shoreface Nourishment in the Portuguese Western Coast. *Journal of Marine Science and Engineering*.10. 146.

ESTABELECIMENTO DE VALORES DE REFERÊNCIA DE METAIS EM SEDIMENTOS SUPERFICIAIS ATRAVÉS DA TÉCNICA ITERATIVA 2- σ (SUL DA ILHA DA MADEIRA)

Sandra Moreira^(1,5), Aurora Rodrigues^(2,5), Anabela Oliveira^(3,5) e Carla Palma⁽⁴⁾,

⁽¹⁻⁴⁾ Instituto Hidrográfico, Lisboa, Portugal ⁽⁵⁾ IDL – Instituto Dom Luiz, Lisboa, Portugal
sandra.moreira@hidrografico.pt, aurora.bizarro@hidrografico.pt, anabela.oliveira@hidrografico.pt e
carla.palma@hidrografico.pt

Resumo

Este trabalho visa estabelecer valores de referência de Cu, Ni, Cr e Zn na cobertura sedimentar marinha da costa sul da Ilha da Madeira, os quais refletem uma origem essencialmente terrígena em concordância com as litologias aflorantes na ilha. Os resultados apresentados reforçam a necessidade de revisão do atual sistema de classificação do grau de contaminação estabelecido na Legislação Portuguesa, uma vez que este sistema não prevê o efeito das diferenças geológicas ao nível das fontes terrígenas dos sedimentos marinhos.

Palavras-chave: Plataforma insular; Cobertura sedimentar; Metais; Contaminação; Espectrometria de absorção atômica.

1. Introdução

Na plataforma sul da Ilha da Madeira ocorre a atividade de extração e dragagem de areias para a utilização comercial dos materiais inertes e como recarga de areia nas praias. Esta atividade enquadrada pela Portaria n.º 1450/2007, de 12 de novembro, obriga à classificação do grau de contaminação dos sedimentos. Embora a atividade industrial não esteja fortemente desenvolvida nesta ilha, do ponto de vista da gestão ambiental, é do maior interesse o estabelecimento de valores de referência (*baseline*) de potenciais elementos tóxicos, para avaliar a respetiva variação nos sedimentos superficiais da costa sul desta ilha na primeira década do séc. XXI. Contudo, é de ressaltar, que em ambientes não prístinos, os valores de referência englobam as concentrações naturais (*background*) do sistema em estudo e a contribuição antropogénica difusa.

2. Métodos

A amostragem de 116 amostras, com um colhedor Smith-McIntyre, foi efetuada em 2001 e 2007. A análise química para quantificação de Cr, Ni, Cu e Zn nos sedimentos foi efetuada, após digestão total (HF + água régia) da fração <2 mm, por espectrometria de absorção atômica com chama. Para a obtenção de valores de referência, as concentrações obtidas foram processadas com base na técnica iterativa 2- σ , que ajusta o conjunto de dados a uma distribuição gaussiana por eliminação sucessiva dos valores fora do intervalo [média \pm 2 σ]. Para tal, recorreu-se à macro Visual Basic *Background* integrada em uma folha de cálculo EXCEL (Nakić, 2007).

3. Resultados e Discussão

Os sedimentos superficiais da costa sul da ilha da Madeira são caracterizados pela elevada variabilidade dos teores de Cr (13 - 1145 mg/kg), Ni (5 - 332 mg/kg), Cu (2 - 66 mg/kg) e Zn (6 - 178 mg/kg), correspondendo a um coeficiente de variação de 31 - 44%. De acordo com a Portaria n.º 1450/2007, os teores de Cr e/ou Ni originam uma classificação de 98% das amostras como material ligeiramente a muito contaminado (classe 3 a 5), sendo os teores de Cu e Zn sempre inferiores ao limiar-superior da classe 2 (material com contaminação vestigial). Os teores mais baixos destes metais ocorrem nos sedimentos da plataforma a leste da Ponta do Garajau. Nesta zona, designada por Baía d'Abra, o hidrodinamismo é baixo e ocorrem fenómenos de *upwelling*, o que propicia o desenvolvimento de comunidades de organismos de concha e esqueleto carbonatado, responsáveis pela ocorrência de teores de CaCO₃ superiores a 30% (IH, 2007), promovendo um efeito de diluição na concentração dos metais. Assim sendo, procedeu-se ao processamento dos resultados obtidos para os dois setores: Setor Ocidental e Central, entre a Ponta do Pargo e a Ponta do Garajau, e Setor Oriental, correspondente à Baía d'Abra, para obtenção de valores de referência.

Os valores de referência para o Setor Ocidental e Central correspondem aos seguintes intervalos de concentração - Cr: 216 - 598 mg/kg, Ni: 112 - 182 mg/kg, Cu: 27 - 52 mg/kg e Zn: 87 - 151 mg/kg. O valor-limiar superior obtido para qualquer metal neste setor é superior ao obtido na Baía d'Abra, com uma diferença relativa superior a 16%. Verifica-se que os valores de referência dos sedimentos predominantemente terrígenos (CaCO₃ < 30%) estão em concordância com as concentrações obtidas por Mata *et al.* (2011) em rochas vulcânicas da ilha da Madeira - Cr: 172 - 856 mg/kg, Ni: 110 - 360 mg/kg, Cu: 33 - 83 mg/kg e Zn: 88 - 120 mg/kg.

4. Conclusões

Os valores de referência de Cr, Ni, Cu e Zn no Setor Ocidental e Central refletem as concentrações destes metais nas rochas aflorantes na Ilha da Madeira, que são naturalmente elevadas em Cr e Ni. Este estudo demonstra que a aplicação do esquema classificativo do grau de contaminação de sedimentos dragados, obrigatória sempre que há atividade extrativa em ambiente marinho, é de complexa aplicação nas zonas insulares dadas as suas características geológicas. Contudo, os valores de referência de Cr, Ni, Cu e Zn estabelecidos para os dois setores da costa sul da Ilha da Madeira, em função da componente dominante do sedimento (terrígena/biogénica), poderão servir de suporte para a tomada de decisões de caráter legislativo.

Agradecimentos

Dados obtidos ao abrigo de protocolos acordados em 2000 e 2006 entre o G. R. Madeira e o IH.

Referências

- IH (2003) - *Dinâmica sedimentar da costa Sul da Ilha da Madeira*. REL.TF.GM 02/03, 163pp.
- IH (2007) - *Dinâmica sedimentar da costa Sul da Ilha da Madeira (Cabo Girão à Ponta de S. Lourenço)*. REL.TF.GM 02/07, 131pp.
- Mata, J.; Kerrich, R.; MacRae, N.D. e Wu, T.-W. (2011) - Elemental and isotopic (Sr, Nd, and Pb) characteristics of Madeira Islands basalts: evidence for a composite HIMU - EM I plume fertilizing lithosphere. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 35(9), 980 - 997.
- Nakić, Z., Posavec, K., & Bačani, A. (2007). A Visual Basic Spreadsheet Macro for Geochemical Background Analysis. *Ground Water*, 45(5), 642-647.

SÚMULA DO DIREITO DA UNIÃO EUROPEIA RESPEITANTE À GESTÃO DAS ZONAS COSTEIRAS

Paulo Canelas de Castro

Faculdade de Direito, Universidade de Macau, Macau, China
pcanelas@umac.mo

Palavras-chave: águas marinhas; bom estado ambiental; conservação; Diretiva-Quadro Estratégia Marinha; proteção.

1. Introdução

O principal instrumento da União Europeia (UE) respeitante à proteção e conservação das zonas costeiras europeias é a Diretiva-Quadro Estratégia Marinha (DQEM), adotada em 2008.

O objetivo do regime jurídico definido neste instrumento normativo nuclear é alcançar um bom estado ambiental das águas marinhas da UE e proteger de forma sustentável o acervo de recursos de que dependem as atividades económicas e sociais relacionadas com o mar. É através da DQEM que a gestão marítima baseada nos ecossistemas se torna um princípio juridicamente vinculativo para todo o ambiente marinho da UE.

2. Objectivos e obrigações fundamentais

A DQEM foi adotada para assegurar a manutenção dos ecossistemas marinhos, alcançar que eles se mantenham limpos, saudáveis, produtivos e resilientes. Com estas qualidades, simultaneamente assegura-se uma utilização mais sustentável dos recursos marinhos. Esta diretiva contribui diretamente para a ambição do Pacto Ecológico Europeu, nomeadamente a Estratégia de Biodiversidade da UE para 2030 e o plano de ação "Poluição Zero".

A diretiva obriga os Estados-Membros (EM) a desenvolverem estratégias nacionais para o meio marinho. Estas devem obedecer ao objetivo de alcançar ou manter, caso exista, um "bom estado ambiental". As estratégias nacionais avaliam regularmente o meio marinho, a definição de objetivos e metas, o estabelecimento de programas de monitorização e a adoção de medidas para melhorar o estado das águas.

As medidas devem também incluir medidas de proteção espacial, tais como uma rede coerente e representativa de áreas marinhas protegidas. Todas estas ações devem ser realizadas em estreita coordenação com os países vizinhos no mar regional. O anexo III da diretiva, que contém listas pormenorizadas de características, pressões e impactos que os EM devem ter em conta nas suas estratégias marinhas, foi revisto em 2017.

3. Bom estado ambiental

O principal objetivo da DQEM é o de alcançar um bom estado ambiental (BEA) das águas marinhas da UE. A diretiva define o bom estado ambiental como "o estado ambiental das águas marinhas quando estas proporcionam oceanos e mares ecologicamente diversos e dinâmicos, limpos, saudáveis e produtivos".

As diferentes utilizações dos recursos marinhos devem, pois, ser sustentáveis, garantir a sua continuidade para as gerações futuras. Para ajudar os EM a interpretar o que isto significa na prática, a diretiva estabelece, no Anexo I, 11 descritores qualitativos que descrevem o aspeto do ambiente quando o BEA tiver sido alcançado: a biodiversidade é mantida; as espécies não indígenas não alteram negativamente os ecossistemas; as populações de espécies comerciais de peixes e moluscos são saudáveis; as teias alimentares asseguram a abundância e a reprodução das espécies a longo prazo; a eutrofização é reduzida; a integridade do fundo marinho assegura o bom funcionamento dos ecossistemas; a alteração permanente das condições hidrográficas não afeta negativamente os ecossistemas; as concentrações de contaminantes não produzem efeitos de poluição; os contaminantes nos produtos do mar encontram-se em níveis seguros; o lixo marinho não causa danos; a introdução de energia (incluindo o ruído submarino) não afeta negativamente o ecossistema. Em 2017, uma decisão da Comissão pormenorizou os critérios e as normas metodológicas que os EM devem utilizar para determinar o bom estado ambiental de cada um destes descritores. Também prescreve especificações e métodos para monitorizar e avaliar o estado do meio marinho. Perspetiva-se a Revisão da DQEM. A revisão basear-se-á no relatório adotado em junho de 2020, que avaliou o primeiro ciclo de aplicação e destacou uma série de elementos que precisam de ser abordados. O relatório de 2020 foi acompanhado de 3 outros documentos que abrangem o estado do meio marinho, a aplicação em pormenor e uma análise aprofundada dos vários elementos das estratégias marinhas. 83

1. A DQEM como peça nuclear de um quadro normativo holístico

A DQEM baseia-se e complementa a demais legislação e política ambiental da UE. Naturalmente, foca-se em elementos específicos do meio marinho não abordados noutras políticas e desenvolve o regime respetivo. Alguns dos principais atos legislativos e políticas que decorrem do quadro normativo geral de proteção do ambiente da UE e que diretamente relevam para o regime europeu completo da gestão das zonas costeiras centrado na diretiva são os seguintes:

- a Diretiva-Quadro "Água", que estabelece o objetivo de alcançar um bom estado de todas as águas superficiais e subterrâneas da UE, em articulação com o objetivo de um bom estado ambiental na DQEM;
- as Directivas "Aves" e "Habitats", que constituem legislação central da UE em matéria de conservação da natureza e que preveem uma proteção especial para sítios-chave, incluindo os marinhos;
- a política comum das pescas, que estabelece uma abordagem de colaboração para a gestão dos mares e das pescas partilhadas pela EU, definindo regras para garantir que as pescas na Europa são sustentáveis e não prejudicam o ambiente marinho, contribuindo assim para alcançar um bom estado ambiental;
- já a economia azul e o ordenamento do espaço marítimo constituem o quadro político para a utilização do espaço e dos recursos marítimos;
- o Regulamento REACH visa melhorar a proteção da saúde humana e do ambiente através de uma melhor e mais precoce identificação do risco ambiental que as substâncias químicas representam;
- o Plano de ação proteger e restaurar os ecossistemas marinhos para uma pesca sustentável, que estabelece uma ponte entre os mundos da pesca e do ambiente para uma transição para formas sustentáveis de pesca;
- a Diretiva Tratamento de Águas Residuais Urbanas que regula uma das principais fontes de poluição da água que pode chegar às águas costeiras se não for recolhida e tratada;
- a diretiva-quadro relativa aos resíduos prevê mecanismos importantes para a remoção do lixo e a melhoria da qualidade da água, em conformidade com os requisitos da diretiva-quadro relativa aos resíduos;
- diretiva relativa aos plásticos de utilização única, a estratégia da UE para os plásticos, o plano de ação para a economia circular, as diretivas relativas à avaliação ambiental estratégica e à avaliação do impacto ambiental, a diretiva relativa aos meios portuário de receção, a diretiva relativa à poluição por navios.

2. Aplicação

A DQEM é aplicada ao longo de ciclos de seis anos. Os EM da UE apresentam relatórios em cada etapa do ciclo e a Comissão apresenta as suas avaliações e recomendações.

A aplicação da diretiva é, por conseguinte, um processo contínuo. Exige um contributo coordenado dos EM. Para facilitar este trabalho, os EM e a Comissão (juntamente com as convenções marítimas regionais e outras partes interessadas) criaram um programa informal de coordenação, a estratégia comum de aplicação. A diretiva exige igualmente que os EM facilitem o acesso à informação ambiental e a participação do público no processo de tomada de decisões em matéria de ambiente.

3. Cooperação regional e internacional

Um outro nível normativo respeitante às zonas costeiras europeias e sua gestão é aquele que respeita à cooperação regional e internacional, já que os EM devem coordenar-se entre si e com países terceiros.

Fazem-no, primeiro, no plano de cooperação regional, através das estruturas de cooperação regional existentes. Na Europa, existem 4 convenções marítimas regionais que têm por objetivo proteger o ambiente marinho e reunir os EM e os países vizinhos que partilham águas marinhas: 1) a Convenção de Barcelona para a Proteção do Meio Marinho e da Região Costeira do Mediterrâneo, que foi adotada em 1995; 2) a Convenção de Bucareste sobre a Proteção do Mar Negro contra a Poluição, adotada em 1992; 3) a Convenção de Helsínquia para a Proteção do Meio Marinho na Zona do Mar Báltico, adotada em 1992; 4) a Convenção OSPAR para a Proteção do Meio Marinho do Atlântico Nordeste, que foi adotada em 1992.

Num segundo plano, os EM da UE cooperam num âmbito internacional mais vasto. Nele, a DQEM é um pilar fundamental para que a UE cumpra os seus compromissos globais de proteção do meio marinho e de desenvolvimento de uma abordagem sustentável da gestão das águas marinhas. Este facto é reconhecido na iniciativa da UE relativa à governação internacional dos oceanos. A realização dos objetivos da diretiva contribui para os seguintes instrumentos e complementa-os no contexto europeu: 1) a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar; 2) a Convenção sobre a Diversidade Biológica, que tem como objetivo travar a perda de biodiversidade, garantindo a conservação e a utilização sustentável da biodiversidade marinha, e criar uma rede global de áreas marinhas protegidas; 3) os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, e nomeadamente o Objetivo 14, que persegue a conservação e a utilização sustentável das águas marinhas e dos recursos.

PROTEÇÃO COSTEIRA COM RECURSO A SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA: ALIMENTAÇÃO ARTIFICIAL DE AREIAS

Alirio Sequeira ⁽¹⁾, Carlos Coelho ⁽¹⁾ e Márcia Lima ⁽¹⁾

⁽¹⁾ RISCO & Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal,
aliriosequeira@ua.pt; ccoelho@ua.pt; marcia.lima@ua.pt

Resumo

As zonas costeiras estão sujeitas a risco de erosão, processo que conduz a graves consequências, desde o risco de galgamento até a perda de território. Neste sentido, o presente documento estuda estratégias de prevenção e mitigação do problema de erosão costeira, focando nas soluções baseadas na natureza, nomeadamente intervenções de alimentação artificial de areia. As alimentações artificiais de sedimentos são cada vez mais utilizadas como uma solução de mitigação do problema da erosão costeira mas, os desempenhos destas intervenções dependem do local de deposição, volumes depositados e frequência das operações, entre outros fatores. Para que se possa otimizar este tipo de intervenção, serão efetuadas simulações com recurso a um modelo físico (em canal) e a um modelo numérico (CS-Model), representando a mesma secção transversal e comparando o desempenho de diferentes cenários. O trabalho é complementado com a monitorização do transporte sedimentar eólico num perfil de praia, para calibração dos modelos.

Palavras-chave: Erosão costeira; Canal hidráulico; Modelação numérica; Transporte sedimentar eólico; Perfil transversal.

1. Introdução

Em todo o mundo, a erosão costeira é um problema importante, estimando-se que 24% das praias arenosas do mundo estão a sofrer erosão a taxas superiores a 0.5 m/ano (Coelho *et al.*, 2022). Nos últimos 50 anos, o número de habitantes que vivem nos municípios costeiros europeus mais do que duplicou, atingindo 70 milhões em 2001 (Taveira-Pinto, 2006). A erosão costeira é um desafio persistente, resultando na perda de território e ameaçando comunidades costeiras. A falta de sedimentos ao longo do litoral intensifica galgamentos e inundações costeiras, exigindo soluções eficazes para mitigar esses impactos. Embora as alimentações de areia sejam consideradas uma técnica de proteção suave, a eficácia ao longo da vida útil do projeto ainda é incerta em diferentes contextos ambientais.

Este trabalho pretende testar diferentes cenários de alimentação artificial de areia com recurso a ensaios em modelo físico e em modelo numérico, bem como a monitorização do transporte sedimentar eólico, cumprindo com os seguintes objetivos específicos.

- Revisão bibliográfica dos processos de alimentação artificial de sedimentos associados aos diferentes locais de deposição no perfil de praia;
- Revisão bibliográfica dos processos de simulação (modelos físicos e numéricos) do comportamento do perfil de praia após a alimentação artificial de sedimentos;

- Identificação e caracterização de técnicas de monitorização do transporte sedimentar eólico num perfil de praia e de intervenções que promovam a deposição de sedimentos transportados pelo vento;
- Definição de cenários de intervenção de alimentações artificiais de areia, num perfil de praia esquemático, de forma que os resultados sejam comparáveis em modelo físico e numérico;
- Quantificação do transporte sedimentar eólico com recurso a monitorização, na praia emersa e na duna de um perfil de praia.

2. Metodologia

No seguimento dos objetivos apresentados são mencionados os focos principais da metodologia proposta para o desenvolvimento do trabalho. A revisão bibliográfica abrangerá a literatura científica e técnica sobre abordagens naturais para a proteção costeira. Será desenvolvido um modelo físico em escala reduzida, de modo a representar um perfil de uma praia, incluindo barra, berma e duna, para se avaliar a respetiva evolução e o que se pode fazer para minimizar eventuais galgamentos, colocando a areia na barra submersa, na berma ou na duna. Em paralelo, serão realizadas simulações no modelo numérico CS-Model, considerando o mesmo perfil e processos costeiros, permitindo avaliar a reprodução dos mesmos comportamentos do modelo físico. Será planeada a execução de um plano de medições para recolher dados de transporte de sedimentos por ação do vento. Posteriormente, os dados recolhidos serão usados para calibrar o modelo numérico. Os resultados da modelação física e numérica servirão para validar a eficácia das soluções de proteção costeira.

3. Considerações finais

A erosão costeira representa um desafio significativo nas regiões costeiras, ameaçando bens e comunidades. A alimentação artificial de areias surge como resposta eficaz contra a erosão costeira. A modelação física e numérica é crucial na compreensão e gestão dos processos costeiros, contribuindo, em conjunto com trabalhos de monitorização da dinâmica sedimentar, para um maior conhecimento do litoral e das formas de o proteger. As faixas costeiras, nomeadamente as praias arenosas, são continuamente modeladas por processos tais como a agitação marítima e o vento.

Agradecimentos

Os autores expressam o seu agradecimento à unidade de investigação RISCO e ao projeto AX-Coast, financiado pelo EEA Grants.

Referências

- Coelho, C., Lima, M., & Ferreira, M. (2022). A Cost-Benefit Approach to Discuss Artificial Nourishments to Mitigate Coastal Erosion: *JMSE*, 10(12), 1906.
- Taveira-Pinto, F. (2006). Environmental implications of the EUrosion project recommendations. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 88.

MERCURY IN SALT MARSHES OF THE AVEIRO LAGOON (S. JACINTO AND MIRA)

B. Lima⁽¹⁾, C.L. Lopes⁽²⁾, H. Silva⁽³⁾, J.M. Dias⁽²⁾ e E. Pereira⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Departamento de Física, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal, beatrizl@ua.pt

⁽²⁾ CESAM, Departamento de Física, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal, carinalopes@ua.pt; joao.dias@ua.pt

⁽³⁾ CESAM, Departamento de Biologia, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal, hsilva@ua.pt

⁽⁴⁾ REQUIMTE, Departamento de Química, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal, eduper@ua.pt

Abstract

Halophytic plants play a crucial role as metal sinks in estuarine systems. However, the deterioration of salt marshes can reduce their retention capacity, posing a threat to water quality. This study emerges in this context and aims to evaluate the distribution of mercury in the sediments and tissues of various halophyte species found in two salt marshes in the Aveiro Lagoon. In addition, it aims to evaluate how the degradation state of salt marshes may affect the mercury distribution in the plant tissues. This study conducted field trips to São Jacinto and Mira marshes, collecting sediment and plant samples. In the lab, several analyses, were performed, including determining mercury in sediments, as well as the levels in plants, using the LECO AMA-254 equipment, with rigorous quality control measures ensuring result accuracy. High mercury contamination was observed in São Jacinto sediments (0.22-0.34 µg/g) compared to Mira (0.045-0.147 µg/g), with *S. perennis subsp. perennis* in São Jacinto (0.051 µg/g) and *S. maritima* in Mira (0.028 µg/g) exhibiting the highest mercury concentrations in their tissues. The research underscores the crucial importance of understanding mercury distribution mechanisms and plant impact in deteriorating salt marshes in Aveiro Lagoon.

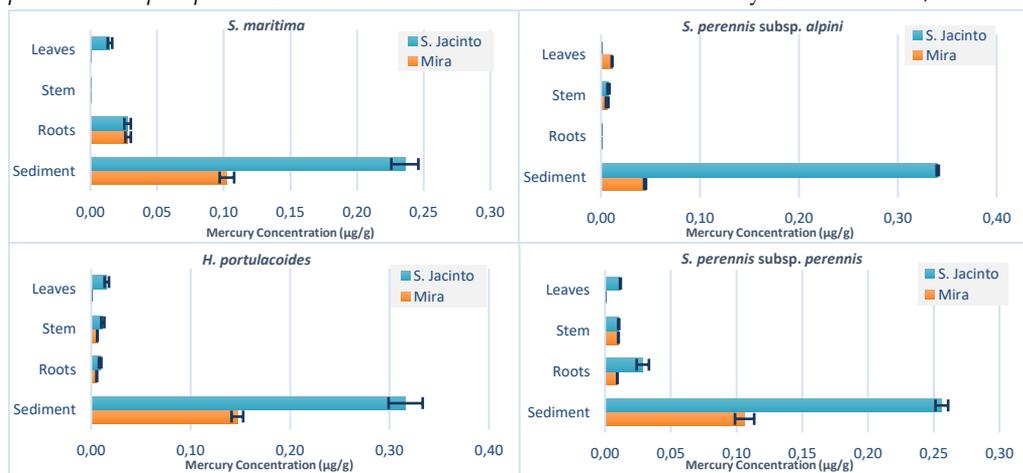
Key words: mercury contamination; marsh degradation; plant-mediated contamination

1. Mercury in the Aveiro Lagoon

This study focuses on two salt marshes: São Jacinto and Mira. São Jacinto is located near an area where significant mercury (Hg) contamination occurred in the 1950s and 1960s due to a chlor-alkali industry, while Mira is located near the lagoon mouth and far from anthropogenic discharges. The obtained results are in accordance with the previous knowledge about Hg contamination in the lagoon (Pereira et al., 1998; Válega, 2009), considering the location of the marshes in relation to the previous contamination events, where the São Jacinto salt marsh observed an overall higher mercury concentration in sediments. The degradation of salt marshes has resulted in an increase in the concentrations of metals in the different biotic and abiotic components, such as plants and sediments, respectively (Válega, 2009). According to Lopes et al. (2021), the salt marshes of Aveiro Lagoon have been degraded since 1999, due to dredging carried out in the late 90s. In detail, the salt marsh area decreased by 4.72 km² in the São Jacinto channel, while in Mira channel there was recorded a loss of 0.46 km².

The results (Figure 1) confirm that plants influence mercury accumulation in sediments. The tidal-flooded sediment environment enables the creation of an aerobic rhizosphere, facilitating metal remobilization through rhizosphere acidification caused by root exudates. In some

sediments colonised by plants, a higher concentration of mercury was observed compared to non-colonized sediments. In addition, it was found that different species of halophyte plants have different capacities to accumulate mercury in their tissues. For example, the species *S. perennis subsp. alpini* demonstrated a low accumulation of mercury in the tissues, while *S.*



maritima and *S. perennis subsp. perennis* had higher concentrations.

Figure 1: Mercury concentration ($\mu\text{g/g}$) in the sediment and different tissues (root, stem, and leaves) of the four species of halophyte plants, in the salt marshes of Mira and São Jacinto.

These results highlight the importance of plants as mediators in the distribution and accumulation of mercury in estuarine ecosystems. Understanding the differences between plant species in relation to mercury accumulation is crucial for assessing the risks associated with contamination and developing appropriate management strategies.

As the marshes of Aveiro Lagoon undergo degradation, previously colonised areas are losing vegetation. It's crucial to recognize that mercury in plant tissues doesn't vanish but redistributes to other ecosystem compartments. Understanding the fate and behaviour of mercury in degrading salt marshes is imperative. Notably, São Jacinto salt marsh, experiencing the highest contamination and the most significant vegetation loss, underscores the urgency for continuous monitoring and further studies to assess the impact of salt marsh degradation on mercury levels.

Acknowledgments

Thanks are due to FCT/MCTES for the financial support to CESAM and REQUIMTE (UIDP/50017/2020 + UIDB/50017/2020 + LA/P/0094/2020 and UIDB/50006/2020 + UIDP/50006/2020, respectively).

References

- Lopes, C. L., Mendes, R., Caçador, I., & Dias, J. M. (2021). Assessing salt marsh loss and degradation by combining long-term LANDSAT imagery and numerical modelling. *Land Degradation & Development*, 32(16), 4534–4545. <https://doi.org/10.1002/LDR.4050>
- Pereira, M. E., Duarte, A. C., Millward, G. E., Vale, C., & Abreu, S. N. (1998). Tidal export of particulate mercury from the most contaminated area of Aveiro's Lagoon, Portugal. *Science of The Total Environment*, 213(1-3), 157–163. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(98\)00087-4](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(98)00087-4)
- Válega, M. (2009). *Partition, accumulation and speciation of mercury in salt marshes*. <https://ria.ua.pt/handle/10773/3208>

STORM-INDUCED MORPHOLOGICAL CHANGES OVER A NOURISHED AND A NON-NOURISHED BEACH IN COSTA DA CAPARICA

Filipa S. B. F. Oliveira⁽¹⁾, André Fortunato⁽¹⁾ and Paula Freire⁽¹⁾

⁽¹⁾ Departamento de Hidráulica e Ambiente, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal
foliveira@lnec.pt, afortunato@lnec.pt, pfreire@lnec.pt

Abstract

The erosion impact of a severe and damaging maritime storm that took place in Costa da Caparica in 2014 was simulated numerically over two real topo-bathymetries, pre- and post-beach nourishment. The results confirm the efficiency of the beach nourishment in preventing the shoreline retreat that occurred for the non-nourished beach case.

Keywords: Morphodynamics; Storm Erosion; Numerical modelling; Beach nourishment; XBeach.

1. Introduction

The morphodynamics of the Costa da Caparica beaches (Figure 1), in Almada, under a past maritime storm, for a pre- and post-nourished subaerial beach (beach face and backshore), was calculated using a previously validated morphodynamic numerical model. The ultimate goal of this analysis is to contribute for a better understanding of the sediment dynamics of the Costa da Caparica beaches and for guidance on future actions to be developed at short and medium term.

2. Methodology

The topo-bathymetries were surveyed on July-August/2008 and November/2008. In August/2008 a volume of 1×10^6 m³ of sand was deposited between groyne EV1 and about 500 m south of groyne EC1 (along a 3.8 km extension). Within the common area of the two digital terrain models, considered as the numerical domain, with about 3 km², the sand volumes between the horizontal plans at the elevation - 9 m CD, - 1 m CD and + 2 m CD were calculated. Their comparison showed that between surveys the nourishment was kept above elevation - 1 m CD, being most of the volume (640×10^3 m³) above + 2 m CD (Table 1).

Table 1. Sediment volumes between horizontal plans at elevations -9 m CD, -1 m CD and +2 CD.

Topo-bathymetric survey	Volume above -9 m CD (m ³)	Volume above -1 m CD (m ³)	Volume below -1 m CD (m ³)	Volume above +2 m CD (m ³)	Volume below +2 m CD (m ³)
Jul-Aug/2008	16 032 060	1 744 140	14 287 920	301 384	15 730 676
Nov/2008	16 747 009	2 728 323	14 018 686	941 137	15 805 872

The maritime storm forced over the topo-bathymetries was the one that occurred in the first fortnight of January/2014, designated by Hercules. The morphological evolution was determined through the morphodynamics model XBeach, previously validated for the study zone. The hydrodynamic conditions at the offshore boundary were determined through hydrodynamic regional and intermediate scale models.

3. Results

The comparison of the storm erosion impact for the two topo-bathymetric cases showed that:

- i) The nourished beach promotes larger displaced volumes. The only exception along the coastal stretch occurs in the beaches between EC4-EC2, because they present an initial submerged bar which acted as a sink for the sand volume extracted from the upper beach, in the non-nourished beach case.
- ii) The nourishment of the beach guarantees that the shoreline at the end of the storm provides a larger beach width than in the case of the non-nourished beach.
- iii) The sea side limit of the northern stretch active zone passes roughly in front of the head of the longest groyne, EC4, EC6 and EV1. For the three southern beaches this limit retreats because the beaches seawall also retreats relatively to the northern beaches seawall alignment.

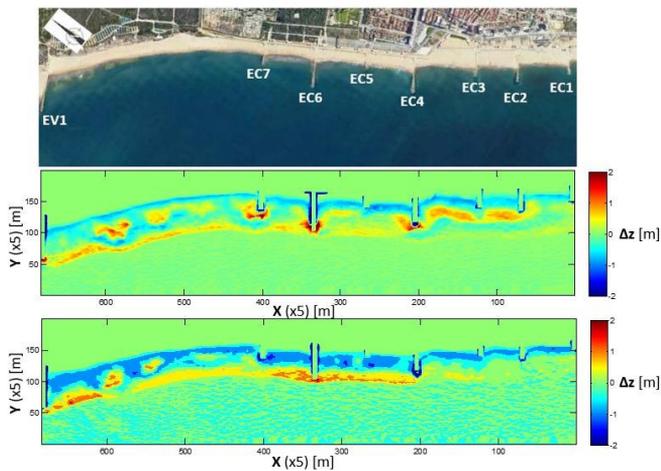


Figura 1. Aerial view of Costa da Caparica (© Google Earth) at the top; and numerical morphological variation due to Hercules storm over the non-nourished and nourished beach (in the middle and bottom, respectively).

4. Conclusions

Despite causing the mobilization of a larger sand volume from the beach, the nourishment prevented the extreme retreat of the shoreline that occurred during the storm in the non-nourished case.

Acknowledgments

Fernando Brito and APA for the technical and financial support, respectively.

ESTRUTURAS COSTEIRAS EM FRENTES URBANAS: REABILITAÇÃO SUSTENTÁVEL

Inês Monteiro⁽¹⁾, Carlos Coelho ⁽¹⁾ e Márcia Lima ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal,
inespavanito@ua.pt; ccoelho@ua.pt; marcia.lima@ua.pt

Resumo

A erosão costeira, a crescente ocupação do litoral e as alterações climáticas fazem aumentar o número de frentes urbanas costeiras expostas à agitação marítima e aos seus efeitos. Por estas razões, é cada vez mais frequente existirem registos de danos em estruturas costeiras e infraestruturas adjacentes, devido à ocorrência de eventos como tempestades, que originam galgamentos e inundações costeiras. O objetivo principal deste trabalho é avaliar a sustentabilidade económica da manutenção de obras longitudinais aderentes como forma de mitigar o problema da erosão costeira, galgamentos e inundações.

Palavras-chave: Custos; Erosão costeira; Galgamentos; Inundações costeiras; Modelação Numérica.

1. Introdução

A construção de novas estruturas costeiras ou a manutenção das existentes implicam custos cada vez mais elevados, enquanto o agravamento dos efeitos da erosão costeira contribui para uma diminuição do tempo necessário entre cada intervenção de manutenção destas estruturas. Como tal, para qualquer solução nova que se implemente, deve ser feita uma análise aprofundada da sua aplicabilidade e viabilidade técnica e económica. Este trabalho tem como objetivo avaliar, para os casos de estudo (Ovar e Vagueira), o tipo de soluções que podem ser adotadas no processo de reabilitação das obras longitudinais aderentes aí existentes e os custos que lhes estão associados, para que, através de um modelo numérico de simulação de galgamentos se consiga avaliar a sustentabilidade económica de manter este tipo de solução, no futuro, por projeção dos galgamentos e consequentes danos e em diferentes cenários de reabilitação das estruturas.

2. Metodologia

Este trabalho foi realizado para as praias de Esmoriz, Cortegaça, Furadouro e Vagueira, localizadas nos concelhos de Ovar e de Vagos, no distrito de Aveiro. Para estes casos de estudo foi elaborada uma lista com a cronologia de intervenções de construção, reforço, ou reabilitação de obras longitudinais aderentes, realizadas entre 1958 e 2020, com o intuito de sintetizar a informação sobre o tipo de intervenções efetuadas durante este período e os custos associados a cada intervenção. A identificação das intervenções realizadas e respetivos custos foi realizada através da compilação dos registos apresentados em Pereira (2011), Coelho *et al.* (2015), Cruz (2015) e Jesus (2021).

Numa segunda fase do trabalho, foram definidos cenários de intervenção, conjugando soluções estruturais e condições hidrodinâmicas distintas (ondas e níveis da superfície da água), e procedeu-se à estimativa de galgamentos por aplicação de formulações numéricas e do modelo IH2VOF. Os volumes galgados foram traduzidos em consequências e custos, para avaliar a viabilidade e sustentabilidade das soluções de reabilitação propostas.

3. Resultados

Suportado pela listagem de intervenções identificadas, com os custos associados a cada intervenção ocorrida entre 1958 e 2020 agrupados em conjuntos de 20 anos, construiu-se o gráfico da Figura 1, que representa a evolução geral de custos ao longo do tempo.

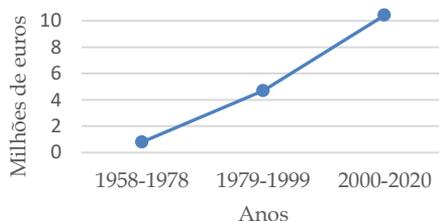


Figura 3. Gráfico relativo aos custos de intervenções realizadas para os casos de estudo entre 1958 e 2020.

Os resultados evidenciam um aumento dos custos de manutenção ao longo do tempo, que se relacionam com a maior vulnerabilidade do litoral e maior exposição à agitação marítima.

4. Conclusão

O presente trabalho revela a importância de se avaliar a viabilidade técnica e económica, assim como, a sustentabilidade de continuar a proceder a intervenções de manutenção e/ou reforço de obras longitudinais aderentes como forma de mitigar os galgamentos e inundações costeiras, em perspetivas de longo prazo.

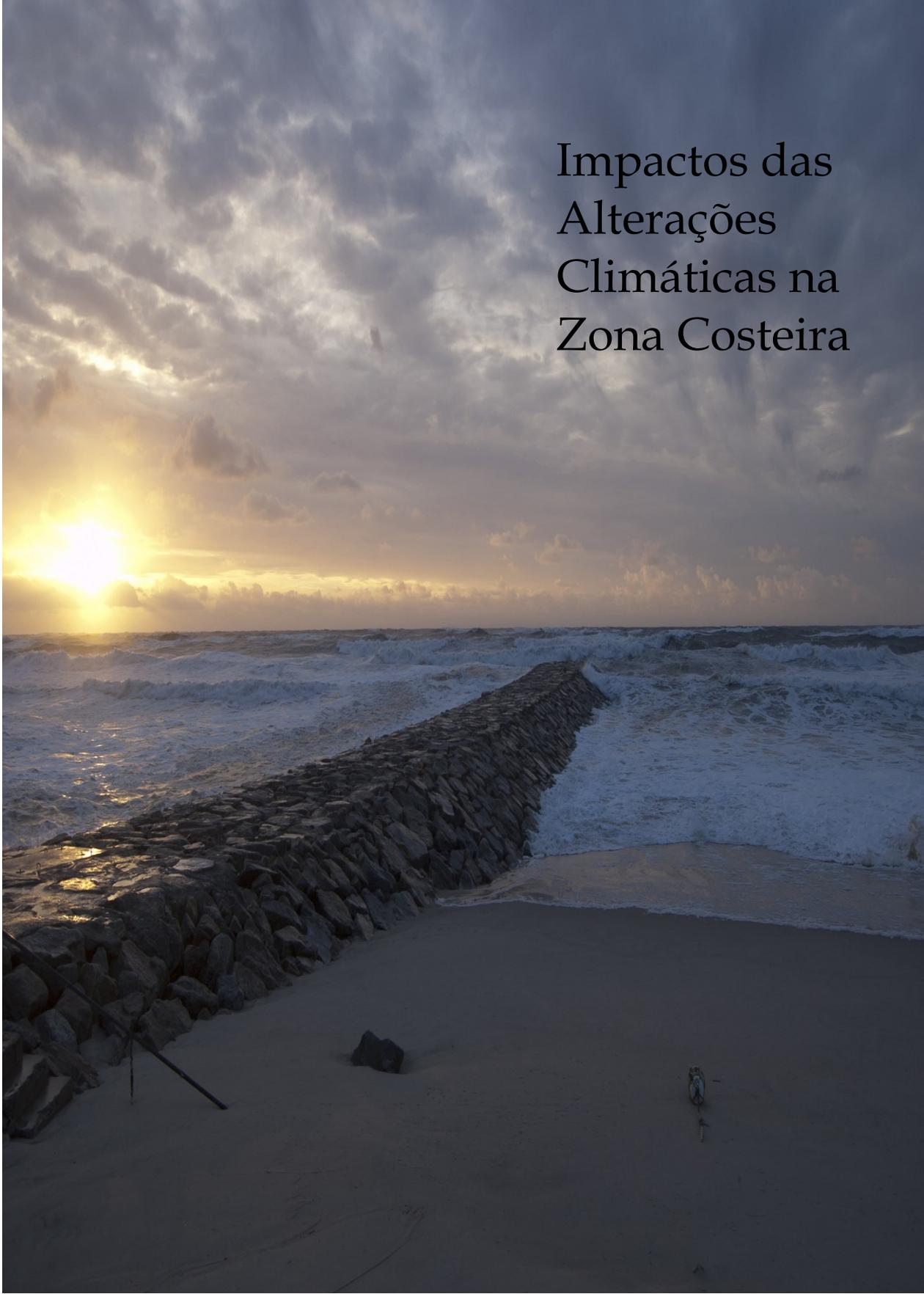
Agradecimentos

Os autores expressam o seu agradecimento à unidade de investigação RISCO e ao projeto AX-Coast, financiado pelo EEA Grants.

Referências

- Pereira, C., Coelho, C., (2011). "Base de Dados da Ação Marítima Sobre o Litoral: Trechos Esmoriz-Furadouro e Vagueira-Mira". Relatório Técnico. Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal (não publicado). pp. 31.
- 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. In *Ressacas do Mar/Temporais e Gestão Costeira*. ISBN 978-85-7924-440-7. pp. 331-367.
- Cruz, T. (2015). Análise Custo-Benefício de Obras Longitudinais Aderentes. Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal. pp. 196.

Impactos das Alterações Climáticas na Zona Costeira



ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS E PRODUÇÃO DE SAL - DESAFIOS, OPORTUNIDADES, CENÁRIOS POSSÍVEIS

Alice Nobre ⁽¹⁾, Filomena Cardoso Martins ⁽²⁾, Sílvia Coelho ⁽³⁾

^(1,2,3) Departamento de Ambiente e Ordenamento, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal,
alice.nobre@ua.pt, filomena@ua.pt, silviacatarina@ua.pt

Resumo

A produção de sal marinho tradicional na Ria de Aveiro destaca a importância contínua do sal em diversos setores, apesar de desafios como a sazonalidade e as alterações climáticas. As alterações climáticas poderão ter um impacto permanente e significativo, cuja natureza dependerá da consistência e favorabilidade das mudanças para a produção de sal marinho. Este estudo pretende identificar as componentes relevantes da articulação entre a produção do sal e as mudanças climáticas, bem como a eventual necessidade de definição de estratégias de adaptação e/ou mitigação face aos cenários futuros, considerando não só os aspetos ambientais como também os aspetos socioeconómicos. A exploração de cenários futuros, irá permitir orientar políticas e decisões relacionadas com esta prática, visando a sustentabilidade e a resiliência do setor diante das complexidades ambientais e sociais.

Palavras-chave: Produção de sal; Alterações Climáticas; Ria de Aveiro.

1. Introdução

O sal é um mineral amplamente reconhecido e utilizado, tendo desempenhado um papel crucial na conservação de alimentos ao longo da História, através da “salga”. Embora atualmente os métodos de conservação dos alimentos não dependam deste produto, o cloreto de sódio (NaCl) continua a ter variadíssimos usos em diferentes setores, desde a indústria à medicina. A versatilidade do sal traduz-se numa enorme procura por este mineral, levando a que a produção tradicional não consiga satisfazer essas necessidades, não só devido à sazonalidade desta prática, como à necessidade de condições meteorológicas específicas, impactadas pelas alterações climáticas, mas também devido aos custos e volumes de produção.

As alterações climáticas referem-se a modificações a longo prazo em elementos fundamentais como é o caso da temperatura, precipitação, humidade e vento. Estas alterações, que se fazem sentir a nível global, resultam de fatores antropogénicos e naturais. Neste contexto a atividade de produção de sal, dependente de condições meteorológicas específicas para o seu desenvolvimento, é afetada por estas mudanças.

A Ria de Aveiro é uma laguna natural da região centro de Portugal, com uma longa tradição de produção de sal marinho, utilizando ainda métodos tradicionais. A transformação do sapal em marinhas deu origem a um habitat de substituição cujo valor ambiental e da conservação da natureza é reconhecido, e.g. no âmbito da Rede Natura 2000.

O estudo pretende compreender os efeitos das alterações climáticas na produção de sal, na Ria de Aveiro, Portugal. Pretende-se assim analisar a evolução da produção de sal, identificar as condições meteorológicas associadas à produção, identificar as potenciais condições futuras de tendo em conta os cenários climáticos futuros e identificar os desafios e oportunidades suscitados pelos mesmos.

2. Materiais e métodos

Para o desenvolvimento do trabalho em curso fizemos uma revisão da literatura focada sobre os assuntos chave do trabalho, Sal, Produção de Sal, Alterações Climáticas, para a qual foi utilizado um repositório científico. Na componente empírica do trabalho (em curso), utilizamos a metodologia de caso-estudo com recurso, ao levantamento de informação em trabalho de campo nas marinhas de sal, como através de entrevistas semiestruturadas aos marnotos (produtores de sal) e a técnicos da administração central e regional ligados à gestão dos recursos marinhos e do território lagunar.

3. Resultados

Estando o estudo ainda em desenvolvimento, os resultados mencionados são resultados esperados decorrentes das hipóteses que a revisão de bibliografia nos suscitou. Assim sendo esperamos que as alterações climáticas tenham um impacto, permanente, significativo e irreversível na produção de sal. Quanto à natureza do impacto, antevemos tanto impactos positivos como negativos, diretos e indiretos, associados a mudanças no clima, seja pela eventual criação de condições para o alargamento do período de safra, seja pela instabilidade nas condições favoráveis para a produção de sal ou ainda pela necessidade de alterar os fatores de produção devido a alterações nas condições naturais do espaço de produção que suscitam o uso deste por espécies não habituais.

4. Conclusões

Tal como os resultados, as conclusões são também parciais tendo em conta que a pesquisa ainda está a decorrer. No entanto, podemos desde já destacar que a produção de sal na Ria de Aveiro transcende os aspetos diretamente relacionados com os desafios decorrentes do método de produção tradicional e a marcante sazonalidade do processo. Esses desafios estão marcados pela necessidade de valorização dos serviços que este território fornece e as ameaças que podem ocorrer com os impactos decorrentes das alterações climáticas. Da análise dos impactos das alterações climáticas emerge a necessidade de definição de estratégias de adaptação e mitigação em resposta aos desafios criados pelos cenários climáticos em constante evolução e a importância que estes impactos irão ter a nível socioeconómico nas regiões costeiras. Assim, com a identificação e avaliação de cenários futuros, oportunidades e desafios, esta pesquisa contribui para o desenvolvimento de um pensamento crítico de suporte a decisões e políticas relacionadas com o produto, o espaço de produção e a sustentabilidade e resiliência do território lagunar através da manutenção e/ou reforço dos serviços ambientais fornecidos.

Referências

- A química das coisas, 2011, *A química do sal*, [Online]. Disponível: <http://www.aquimicadascoisas.org/?episodio=a-qu%C3%ADmica-do-sal#> [27/11/2023].
- Kennish M.J., Paerl H.W., Crosswell J.R., 2024. 'Climate change and estuaries', CRC Press, New York. 9780367647520.
- Pielke R.A., 2004. 'What is climate change?', *Energy & Environment*, 15, 3, 515-520.
- Teixeira C., André V., Chaves S., Hermínio D., Lourenço N., Meneses F., 2007. 'Água quase tudo...e cloreto de sódio: purificação do cloreto de sódio', *Química e Ensino*, 106, 18-29.
- United Nations, 1992. 'United nations framework convention on climate change'. FCCC/INFORMAL/84 GE.05-62220 (E) 200705.

EFEITOS DA SUBIDA DO NÍVEL DO MAR NA DINÂMICA SEDIMENTAR DA BARRA DE AREIA DO ESTUÁRIO DO DOURO (PORTUGAL)

Paulo Avilez-Valente^(1,2), Ana Bio⁽²⁾, Francisca Caeiro-Gonçalves⁽¹⁾ e Isabel Iglesias⁽²⁾

⁽¹⁾ Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, Portugal, pvalente@fe.up.pt

⁽²⁾ Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental da Universidade do Porto, Matosinhos,
Portugal, abio@ciimar.up.pt, iiglesias@ciimar.up.pt

Resumo

Neste trabalho avaliaram-se os efeitos a curto prazo de uma tempestade na dinâmica sedimentar da restinga do Douro, considerando as condições atuais e projeções futuras com elevações do nível médio do mar (NMM) projetadas para os cenários do IPCC. Para avaliar esses efeitos foram reproduzidas as condições meteoceânicas da tempestade Christina (2014), utilizando uma configuração downscaling dos modelos numéricos SWAN e XBeach para transposição da agitação marítima de uma escala regional para uma escala local e para a simulação da erosão e transporte de sedimentos na embocadura do Douro.

Palavras-chave: Hidromorfodinâmica; Erosão costeira; Estuário; Eventos extremos; Alterações Climáticas.

1. Introdução

As restingas formam-se em águas pouco profundas de costas com deriva litoral, desempenhando um papel muito importante na proteção dos ambientes estuarinos e costeiros. São altamente dinâmicas, sendo modeladas pela ação das correntes, ondas, vento, marés, fluxo fluvial, transporte de sedimentos e atividades antropogénicas. Fenómenos extremos, como cheias e tempestades, podem ter um forte impacto na sua estrutura (Bastos et al. 2012).

O estuário do Douro tem uma restinga altamente dinâmica. Em consequência, foram realizadas diversas obras para evitar a sua migração para o interior do estuário. Nos últimos anos a restinga do Douro tem mostrado um aumento da sua área e do volume, o que pode afetar o nível da água no interior do estuário durante as cheias e a hidrodinâmica em condições extremas de ondulação, como as registadas durante a tempestade Christina, que impactou Portugal continental em janeiro de 2014 (Bastos et al. 2012; Iglesias et al. 2019; Santos et al. 2014). Dada a subida prevista do NMM, o impacto destes fenómenos pode tornar-se ainda mais gravoso.

2. Métodos

Foi construído um conjunto de três modelos aninhados: M1 (regional, Ibero-Atlântico), M2 (costeiro, Espinho-Lavra) e M3 (local, Foz do Douro). M1 e M2 utilizaram o SWAN para simular a propagação em grande escala das ondas desde águas profundas até à costa, e a propagação das ondas na zona costeira, respetivamente. M3 utilizou o XBeach para representar

a interação onda-corrente-sedimentos na zona costeira. Foram utilizadas diversas bases de dados batimétricos para a construção das grelhas. Os campos de velocidade do vento e de pressão atmosférica foram extraídos do projeto de reanálise ERA5, e as condições de fronteira ao largo utilizaram dados de ondulação dos projetos ERA5 e IBI. Nos modelos M2 e M3 foram consideradas as marés astronómicas do TPXO 7.2 e a sobrelevação meteorológica.

Para caracterizar os efeitos das alterações climáticas na dinâmica sedimentar foram analisados vários cenários de ocorrência de uma tempestade como a Christina, considerando a sobreposição dos efeitos da subida do NMM projetada nos cenários SSP2-4.5 e SSP5-8.5 para o ano 2100, para além do cenário histórico de 2021.

3. Resultados e Conclusões

Embora a energia da tempestade tenha atingido o seu pico entre as 14:00 UTC e as 18:00 UTC do dia 6 de janeiro de 2014, a ocorrência da preia-mar às 19:00 UTC provocou as maiores alturas significativas de onda sobre a vertente a sotavento da restinga. Durante o período de tempestade simulado, ocorreram erosão na zona de rebentação das ondas e acreção abaixo da linha de costa. O recuo da restinga para leste, provocado pela erosão, afetou toda a parte marítima da estrutura até à sua crista. A movimentação de sedimentos da zona emersa para a zona submersa causou uma redução do gradiente do talude. Junto ao quebramar, observou-se uma zona de erosão no lado do mar e acreção no lado do rio.

A subida do NMM correspondeu a um aumento da altura significativa de onda, facilitando a ocorrência de galgamento do quebramar destacado, o que se verificou em todos os cenários. Observou-se um ligeiro aumento da agitação máxima quando se consideraram cenários de NMM mais elevado, com algumas exceções devido à direção local de propagação da onda. A agitação só atingiu o topo do talude (+7 m NMM) para os cenários com o NMM mais elevado.

O volume de sedimentos deslocados aumenta à medida que se consideram cenários de NMM mais elevado. O saldo sedimentar na zona da restinga é negativo para os cenários de NMM mais baixo e positivo para os mais elevados, mas torna-se quase nulo para o cenário mais elevado de subida do NMM simulado.

Agradecimentos

Este trabalho foi apoiado pelo Financiamento Estratégico do CIIMAR (UIDB/04423/2020, UIDP/04423/2020), através de fundos nacionais da FCT e Europeus do ERDF, pelo Projeto EsCo-Ensembles (PTDC/ECIEGC/30877/2017) e pelo programa CEEC (2022.07420.CEECIND).

Referências

- Bastos, L., Bio, A., Pinho, J.L.S., Granja, H., Jorge da Silva, A., 2012. Dynamics of the Douro Estuary Sand Spit before and after Breakwater Construction. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 109, 53–69.
- Iglesias, I., Venâncio, S., Pinho, J.L., Avilez-Valente, P., Vieira, J.M.P., 2019. Two Models Solutions for the Douro Estuary: Flood Risk Assessment and Breakwater Effects. *Estuaries and Coasts*, 42, 348–364.
- Santos, Â., Mendes, S., Corte-Real, J. 2014. Impacts of the storm Hercules in Portugal, *Finisterra*, 49, 197–220.

