



# 6 CONFERÊNCIA MORFODINÂMICA ESTUARINA E COSTEIRA

Laboratório Nacional de Engenharia Civil

**6-8 JUNHO**  
2 0 2 2



Livro de Resumos  
Book of Proceedings



Livro de resumos

# 6ª Conferência Morfodinâmica Estuarina e Costeira

Apoio:



Organização:



**Organização**

LNEC- Laboratório Nacional de Engenharia Civil  
APRH- Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos  
Ciências ULisboa- Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa  
U.Porto- Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto  
UALg- Universidade do Algarve  
Universidade de Aveiro

**Título**

Livro de Resumos da 6ª Conferência Morfodinâmica Estuarina e Costeira

**Editores**

André B. Fortunato  
Carlos Coelho  
Óscar Ferreira  
Paula Freire  
Maria da Conceição Freitas  
Ana Matias  
Anabela Oliveira  
Filipa Oliveira  
Francisco Taveira Pinto  
Luís Portela  
Ana Rilo  
Paulo Silva  
Rui Tabor da

Sítio do evento: <http://mec2022.lnec.pt/>

E-mail MEC2022: [mec2022@aprh.pt](mailto:mec2022@aprh.pt)

**Aviso Legal**

A qualidade científica e os conteúdos dos resumos são da inteira responsabilidade dos respetivos autores. O editor não aceita qualquer responsabilidade pela informação contida nos resumos inseridos na presente publicação.

Copyright © LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL, I. P.

Setor de Divulgação Científica e Técnica

AV DO BRASIL 101 • 1700-066 LISBOA

e-e: [livraria@lnec.pt](mailto:livraria@lnec.pt)

**[www.lnec.pt](http://www.lnec.pt)**

Editor: LNEC

Coleção: : Reuniões Nacionais e Internacionais

Série: RNI 113

1ª edição: 2022 (pdf)

Descritores: Monitorização / Simulação numérica / Estuário / Zona costeira / Congresso / PT

Descriptors: Monitoring / Numerical simulation / Estuary / Coastal zone / Congress / PT

CDU 551.351:519.6(063)(469)

ISBN 978-972-49-2322-2



# ÍNDICE

NOTA INTRODUTÓRIA ..... VII

COMISSÕES.....IX

## PALESTRAS POR ORADORES CONVIDADOS 1

ECOLOGICAL BASIS FOR ACTIVE REMOBILISATION OF STABILISED COASTAL DUNES. REALLY?.....1

*Juan B. Gallego-Fernández*

HYDRO-SEDIMENTARY DYNAMICS OF COASTAL ZONES UNDER STORM WAVES .....3

*Xavier Bertin*

## RISCOS COSTEIROS 5

EFFECT OF VEGETATION ON WAVE OVERTOPPING: THE ROLE OF WAVE STEEPNESS .....5

*Diogo Mendes, Diogo Fonseca, Salomé Mormentyn and Piet Haerens*

INFLUÊNCIA DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NA PREVISÃO DE EVENTOS E CUSTOS DE GALGAMENTO NO LITORAL DE OVAR .....7

*Márcia Lima, Carlos Coelho e Filipa Jesus*

VARIAÇÕES ESPACIAS EM DEPÓSITOS DE TSUNAMI NO LITORAL ALGARVIO: INFERÊNCIAS SOBRE DISTÂNCIAS DE INUNDAÇÃO .....9

*Pedro J. M. Costa, Sebastião Braz Teixeira e César Andrade*

GERENCIAMENTO DE RISCOS DE EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS NAS ESTRATÉGIAS E PLANOS DE ADAPTAÇÃO CLIMÁTICA DE PAÍSES ATLÂNTICOS.....11

*Luiggia Girardi Bastos Reis de Araujo*

## IMPACTOS DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS 13

PROJECTING THE EVOLUTION OF MARSH AREAS: THE IMPORTANCE OF PROXIMAL TERRESTRIAL AREAS (TRÓIA SANDSPIT, PORTUGAL).....13

*M. Inácio, A.G. Cunha, M.C. Freitas, V. Lopes, M. Leira and C. Andrade*

THE SEA AND THE COAST: VIEWS FROM EUROPEAN JOURNALISTS .....15

*Ana Matias and Bruno Pinto*

## CONSERVAÇÃO DE DUNAS 17

DEVELOPMENT OF AN INDEX TO ASSESS THE STATE OF DUNE VEGETATION FROM RGB IMAGES .....17

*Lara Talavera, Susana Costas and Óscar Ferreira*

STATE OF COASTAL DUNES USING MORPHOLOGICAL PARAMETERS .....	19
<i>Luísa Bon de Sousa, Susana Costas and Óscar Ferreira</i>	
ECOGEOMORPHIC ADAPTATION OF A COASTAL DUNE IN SOUTHERN PORTUGAL .....	21
<i>Susana Costas, Juan B. Gallego-Fernández, Luisa Bon de Sousa and Katerina Kombiadou</i>	
<b>INTERVENÇÕES ANTRÓPICAS</b> .....	<b>23</b>
EVOLUÇÃO E COMPORTAMENTO DAS ALIMENTAÇÕES ARTIFICIAIS DE PRAIA EM VALE DO LOBO (ALGARVE – PORTUGAL) .....	23
<i>Celso Aleixo Pinto e Sebastião Braz Teixeira</i>	
MODELAÇÃO DA EVOLUÇÃO DE ALIMENTAÇÕES ARTIFICIAS DE PRAIA EM RESPOSTA A DIFERENTES CENÁRIOS DE FORÇAMENTO .....	25
<i>Soraia Romão, Rui Taborda, Paulo A. Silva e Paulo Baptista</i>	
EFEITO DE UM QUEBRAMAR DESTACADO NO ALARGAMENTO DA PRAIA DA VAGUEIRA E NO REFORÇO DA DEFESA CONTRA A EROÇÃO COSTEIRA .....	27
<i>Francisco Sancho, Filipa S.B.F. Oliveira e Carlos Coelho</i>	
ANÁLISE DA EVOLUÇÃO MORFOLÓGICA DO BAIXO ZAMBEZE BASEADA EM DIVERSAS ABORDAGENS	29
<i>Lara Carimo, Alessandra Crosato, Mick van der Wegen, Paolo Paron e Omar Khan</i>	
A TALE OF TWO RIAS: FORMOSA & AVEIRO LAGOON COASTAL WETLANDS .....	31
<i>Efi E. Konstantinidou, A. Rita Carrasco, Katerina Kombiadou and Ana I. Sousa</i>	
<b>METODOLOGIAS DE ESTUDO</b> .....	<b>33</b>
ASSIMILATION OF SHORELINE DATA INTO MORPHODYNAMIC MODEL PREDICTIONS.....	33
<i>A.B. Fortunato, A. Azevedo and R.J. Martins</i>	
MÉTODO DE INVERSÃO BATIMÉTRICA UTILIZANDO SISTEMAS DE VÍDEO: BARRA DA FIGUEIRA DA FOZ .....	35
<i>Diogo Santos, Tiago Abreu, Paulo A. Silva e Paulo Baptista</i>	
MONITORIZAÇÃO DE GALGAMENTOS NA PRAIA DO FURADOURO ATRAVÉS DA SURFCAM.....	37
<i>Rita Cavalinhos, Paulo Baptista, Rui Taborda e Fábio Santos</i>	
CONTRIBUTO PARA UM MODELO DE GESTÃO INTEGRADO DE OBRAS QUE INTERFEREM NO CICLO SEDIMENTAR COSTEIRO APOIADO NUMA MONITORIZAÇÃO 3D ENTRE CORTEGAÇA E A NAZARÉ .....	39
<i>António Mota Lopes, Tiago Mesuras, Carla Rebelo, José Carlos Ferreira, José António Tenedório, Duarte Silva, Catarina Jónia Santos e Ricardo Teixeira</i>	
USING HISTORICAL ESTUARINE FLOOD DATA: A CONCEPTUAL APPROACH .....	41
<i>Ana Rilo, Alexandre Oliveira Tavares, Paula Freire and José Luís Zêzere</i>	

DESAFIOS NA INTEGRAÇÃO DE CARTOGRAFIA HISTÓRICA NA ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DA LINHA DE COSTA: UM CASO PRÁTICO.....	43
<i>F. Valverde e C. Ponte Lira</i>	
AUTOMATIC IDENTIFICATION OF THE WAVE RUNUP LINE FROM CAMERA IMAGES.....	45
<i>R. Martins, A. Azevedo, G. Jesus, A. Oliveira, A.B. Fortunato, F.S.B.F. Oliveira, A. Nahon and P. Freire</i>	
<b>DINÂMICA ESTUARINA E COSTEIRA</b>	<b>47</b>
BALANÇO SEDIMENTAR NO DELTA DE VAZANTE DO RIO MONDEGO .....	47
<i>Jorge Dias, Erwan Garel, Paulo Baptista e Cristina Bernardes</i>	
CARACTERIZAÇÃO DOS GRADIENTES DA DERIVA LITORAL AO LONGO DO SETOR COSTEIRO ESMORIZ-NAZARÉ .....	49
<i>Margarida Ferreira, Carlos Coelho e Paulo A. Silva</i>	
ESTUDO DO ASSOAREAMENTO DO PORTO DA ERICEIRA (PORTUGAL).....	51
<i>Alexandra Costa e Rui Taborda</i>	
EROSÕES LOCALIZADAS NOS ESPORÕES DA COSTA DA CAPARICA.....	53
<i>Luís Ivens Portela</i>	
THE FAST-CHANGING COAST OF TUKTOYAKTUK PENINSULA (BEAUFORT SEA, CANADA): ANALYSIS OF CHANGES FROM 1985 TO 2020 .....	55
<i>Bernardo Costa, Gonçalo Vieira and Dustin Whalen</i>	
REMOTE SENSING ANALYSIS OF RECENT COASTAL DYNAMICS IN DARNLEY BAY (AMUNDSEN GULF, CANADA).....	57
<i>Rodrigue Tanguy, Gonçalo Vieira, Dustin Whalen and Gonçalo Prates</i>	
TRACKING ECOGEOMORPHOLOGIC STATES IN RENATURALIZED WETLANDS .....	59
<i>A. Rita Carrasco and Ana I. Sousa</i>	
INFLUENCE OF GEOMORPHOLOGY, SEA-LEVEL RISE AND LAND USE IN THE RECENT EVOLUTION OF SALTMARSHES ALONG THE TRÓIA PENINSULA, SADO ESTUARY.....	61
<i>A.G. Cunha, M. Inácio, M.C. Freitas and M.Leira</i>	
EVOLUTION OF THE NORTHWESTERN TIP OF TRÓIA PENINSULA - COUPLING MORPHODYNAMICS WITH HUMAN OCCUPATION .....	63
<i>M. Adelaide Ferreira, Tanya Silveira and Francisco Andrade</i>	
DINÂMICA RECENTE DO SAPAL E DO RASO DE MARÉ DA BAÍA MOITA-MONTIJO E IMPACTES DO TRASPORTE FLUVIAL .....	65
<i>Diana Martins, Andreia Alves da Silva, João Duarte, Gonçalo Vieira e João Canário</i>	
SOURCES OF BEACH-FILL MATERIAL OFFSHORE ALBUFEIRA (ALGARVE-PORTUGAL) .....	67
<i>Sebastião Braz Teixeira, Celso Aleixo Pinto and Marcos Rosa</i>	
CHARACTERIZATION OF SPECTRAL WAVE STEEPNESS OFFSHORE MAINLAND PORTUGAL .....	69
<i>Diogo Mendes and Tiago C.A. Oliveira</i>	

<b>INUNDAÇÃO EM ZONAS COSTEIRAS</b>	<b>71</b>
<b>MOSAIC.PT FLOOD RISK FRAMEWORK TO SUPPORT MANAGEMENT IN COASTAL ZONES</b> .....	<b>71</b>
<i>P. Freire, A. B. Fortunato, A. O. Tavares, A. Oliveira, P. P. Santos, A. Nahon, J. L. Barros, M. Rocha, F. S. B. F. Oliveira, C. Fortes, G. Jesus, A. Azevedo, J. Oliveira, A. Bortoli, A. Rilo, J. Rogeiro, R. Martins and M. J. Henriques</i>	
<b>IMPACT OF A SANDY SHORE MORPHOLOGY ON OVERTOPPING</b> .....	<b>73</b>
<i>A. Nahon, A.B. Fortunato, F.S.B.F. Oliveira and P. Freire</i>	
<b>MORPHOLOGICAL EVOLUTION OF COVA-GALA: UPDATE WITH THE COSMO 2020 AND 2021 TOPO-BATHYMETRY</b> .....	<b>75</b>
<i>F.S.B.F. Oliveira, J.N.C. Oliveira, P.M.S. Freire, A.B. Fortunato and A. Nahon</i>	
<b>PRAIA DA COVA-GALA: MODELAÇÃO NUMÉRICA DAS TEMPESTADES DE FEVEREIRO DE 2019 COM O MODELO XBEACH</b> .....	<b>77</b>
<i>Joana Simão, Alice Bortoli, Conceição J.E.M. Fortes, Ana Catarina Zózimo, Maria Teresa Reis and Alphonse Nahon</i>	
<b>THE EWCOAST CONTRIBUTION TO AN EARLY WARNING SYSTEM FOR COASTAL RISKS ASSESSMENT</b> .	<b>79</b>
<i>Óscar Ferreira, Juan Garzon, Andreia Ferreira, Ana Catarina Zózimo, Conceição Juana Fortes and Maria Teresa Reis</i>	
<b>METODOLOGIA PARA A DEFINIÇÃO DE ÁREAS INUNDÁVEIS PELA SUBIDA DO NÍVEL DO MAR EM LITORAIS EXPOSTOS, NA COSTA PORTUGUESA</b> .....	<b>81</b>
<i>Jorge Trindade, José Luís Zêzere, Eusébio Reis, Jorge Rocha, Pedro Pinto Santos, Ricardo A. C. Garcia, Sérgio C. Oliveira, Susana Pereira e Andreia Silva</i>	
<b>COASTAL TERRITORIAL VULNERABILITY INDEX: THE IMPORTANCE OF A LOCAL APPROACH IN ANTICIPATING THE IMPACTS OF COASTAL FLOODING</b> .....	<b>83</b>
<i>José Leandro Barros, Alexandre Oliveira Tavares, Pedro Pinto Santos and Paula Freire</i>	
<b>DEFINITION OF COASTAL TYPOLOGIES CONSIDERING FLOODING OCCURRENCES, IMPACTS AND THE TERRITORIAL COMPLEXITY</b> .....	<b>85</b>
<i>José Leandro Barros, Alexandre Oliveira Tavares, Pedro Pinto Santos, Paula Freire, André B. Fortunato, Ana Rilo and Filipa S. B. F. Oliveira</i>	



## NOTA INTRODUTÓRIA

A série de conferências sobre Morfofodinâmica Estuarina e Costeira (MEC) iniciou-se em 2011 no Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC). Na sua origem esteve uma equipa constituída por investigadores do LNEC e das Universidades do Algarve, Aveiro e Lisboa à qual mais tarde se juntou a Universidade do Porto. As edições seguintes foram organizadas nas universidades de Aveiro (2013), Algarve (2015), Porto (2017) e Lisboa (2019). Com esta 6ª edição, fecha-se um ciclo, com o regresso da MEC ao LNEC. Simultaneamente, a Comissão Organizadora foi reforçada pela Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos (APRH), instituição incontornável na divulgação do conhecimento e promoção da discussão de temas ligados às águas interiores e costeiras.

Desde a sua génese, a MEC pretendeu ser um evento pequeno, informal, muito focado, e que estimulasse a interação entre pessoas com interesses próximos. A longevidade deste evento, agora na sua 6ª edição, mostra que continua a ser um fórum importante no panorama de encontros nacionais sobre a zona costeira.

A edição de 2022 contou com mais de 40 apresentações, entre formato oral e póster. Foram ainda proferidas duas palestras por dois investigadores convidados de renome: *“Hydro-sedimentary dynamics of coastal zones under storm waves”* (Xavier Bertin) e *“Ecological basis for active remobilisation of stabilised coastal dunes. Really?”* (Juan B. Gallego-Fernández). A cada uma destas apresentações corresponde um resumo que consta do presente volume. As apresentações cobriram os seguintes temas: Riscos costeiros, Impactos das alterações climáticas, Conservação de dunas, Intervenções antrópicas, Metodologias de estudo, Dinâmica estuarina e costeira, e Inundação em zonas costeiras.

À semelhança da edição de 2019, foram ainda organizados uma mesa redonda sob o tema “O futuro da zona costeira”, que contou com especialistas de áreas distintas, e dois cursos: “WORSICA, novo serviço dedicado à deteção de água e linhas de costa através de deteção remota e dados *in situ*” (organizado por Alberto Azevedo) e “OPENCoastS+, ferramenta para a previsão a pedido da circulação e da qualidade da água” (organizado por Marta Rodrigues).

O sucesso deste evento muito deve a todos os autores e coautores das comunicações, aos oradores convidados, aos membros do painel, aos responsáveis pelos cursos, à Comissão Científica, responsável pela revisão dos resumos submetidos, e aos projetos apoiantes. A todos eles a Comissão Organizadora agradece o esforço e empenho, que permitiu levar este barco a bom porto.

Lisboa, junho de 2022

A Comissão Organizadora



## COMISSÕES

### **Comissão organizadora**

Alda Silveira (LNEC)  
Ana Matias (UALG)  
Ana Rilo(LNEC)  
Anabela Oliveira (LNEC)  
André B. Fortunato (LNEC)  
Carlos Coelho (UA)  
Filipa Oliveira (LNEC)  
Francisco Taveira Pinto (FEUP)  
Luis Portela (LNEC)  
Maria da Conceição Freitas (FCUL)  
Óscar Ferreira (UALG)  
Paula Freire (LNEC)  
Paulo Silva (UA)  
Rui Taborda (FCUL)

### **Comissão científica**

Alexandre Tavares (UC)  
Ana Matias (UALG)  
Ana Silva (FCUL)  
Anabela Oliveira (IH)  
Anabela Oliveira (LNEC)  
Adélio Silva (HIDROMOD)  
Aurora Rodrigues (IH)  
André Fortunato (LNEC)  
Carlos Coelho (UA)  
Carlos Pereira da Silva (UNL)

Celso Pinto (APA)  
César Andrade (FCUL)  
Cristina Bernardes (UA)  
Cristina Ponte Lira (FCUL)  
Elsa Alves (LNEC)  
Filipa Oliveira (LNEC)  
Francisco Taveira Pinto (FEUP)  
José Pinho (UM)  
João Miguel Dias (UA)  
Luís Portela (LNEC)  
Maria da Conceição Freitas (FCUL)  
Óscar Ferreira (UALG)  
Paula Freire (LNEC)  
Paulo Silva (UA)  
Paulo Renato Baptista (UA)  
Pedro Bettencourt (NEMUS)  
Pedro Costa (UC)  
Pedro Dinis (UC)  
Renato Henriques (UM)  
Rita Carrasco (UALG)  
Rui Taborda (FCUL)  
Sebastião Teixeira (APA)  
Teresa Drago (IPMA)  
Teresa Sá Pereira (Porto de Lisboa)  
Tiago Abreu (ISEP)  
Tiago Oliveira (UA)





# ECOLOGICAL BASIS FOR ACTIVE REMOBILISATION OF STABILISED COASTAL DUNES. REALLY?

Juan B. Gallego-Fernández<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> *Departamento de Biología Vegetal y Ecología, Universidad de Sevilla, Sevilla, Spain, galfer@us.es*

## ABSTRACT

Coastal dunes are highly dynamic ecosystems that naturally experience variations in their structure and functioning at different spatial and temporal scales, ultimately related to climatic variations at global and regional scales. They are now recognised as ecosystems of high conservation value because they are ecologically diverse and provide a wide range of ecosystem services. However, it is also clear that human activity, directly or indirectly, has resulted in significant alterations to the structure and functioning of coastal dunes, mainly due to change of use, management and the effects of climate change, both through sea level rise and modification of sedimentary dynamics. As a result, coastal dunes are now considered one of the most threatened ecosystems worldwide. Due to the high ecological and social value of these ecosystems, it is necessary to address the management of their restoration, first of all by identifying the possibilities and limitations.

The stabilisation of coastal dunes on a global scale due to increased vegetation cover has been considered a threat to the biodiversity of these ecosystems. In recent decades, re-mobilisation actions designed to supposedly maintain adequate levels of biological diversity have become increasingly common.

In this lecture, I will review 1) what are the key elements and processes in coastal dunes, 2) what are the drivers of their ecological diversity (Fig.1), 3) what are the drivers of biological diversity under anthropogenic influence, highlighting the process of dune stabilisation, and 4) I will discuss re-mobilisation as a management technique for biodiversity conservation.

Finally, I will propose how planning at the regional coastal dune landscape scale is the appropriate basis to address management and restoration, enabling the conservation of ecological diversity under the process of climate change and human pressure.

*Key-words: Ecological diversity, Coastal dune management, Regional landscape, Coastal dune restoration*

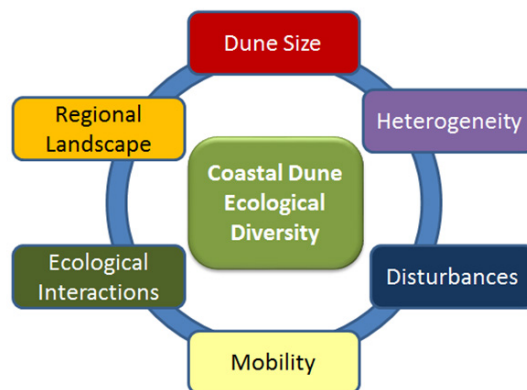


Figure 1. Drivers of ecological diversity in coastal dunes

## ACKNOWLEDGEMENTS

I am grateful to Susana Costas and the conference organisers for inviting me to give a lecture. I am also grateful to Irene Delgado-Fernández for the critical discussion we had on this topic.



# HYDRO-SEDIMENTARY DYNAMICS OF COASTAL ZONES UNDER STORM WAVES

Xavier Bertin<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> UMR 7266 LIENSs, CNRS-La Rochelle University, 2 rue Olympe de Gouges, 17000 La Rochelle, France  
xbertin@univ-lr.fr

## ABSTRACT

Coastal zones host a growing part of the world population, despite increasing coastal risks due to ongoing global changes. Yet, their present-day hydro-sedimentary dynamics is still partly understood only, particularly under storm waves. Here, we present a synthesis of field observations collected under storm waves complemented with state-of-the-art numerical modelling, which improved our understanding of the cross-shore distribution of wave-driven currents, sediment fluxes and infragravity waves.

*Keywords: storm waves, undertows, costal erosion, infragravity waves.*

## 1. INTRODUCTION

Coastal zones are ever more populated despite the increase of coastal risks due to global changes. Yet, their present-day dynamics is still partly understood only, particularly under storm waves because field observations are lacking. Here, we present field observations collected under storm waves, complemented with state-of-the-art numerical modelling. This combination firstly allowed for a better understanding of the processed controlling the cross-shore distribution of wave-driven flows and related sediment fluxes at a dissipative beach. Next, we present new knowledge on the dynamics of infragravity waves (hereafter IG) at the same dissipative beach and conclude with ongoing research on IG waves at the mouth of the Tagus Estuary.

## 2. HYDRO-SEDIMENTARY DYNAMICS OF A DISSIPATIVE BEACH UNDER STORM WAVES

A field campaign was carried out in winter 2021 to the South-West of Oléron Island (France) under storm waves with significant heights  $H_{m0} = 6$  m at breaking, where 7 pressures transducers (PTs) and 3 current profilers were deployed from the shoreline to water depths of 12 m.

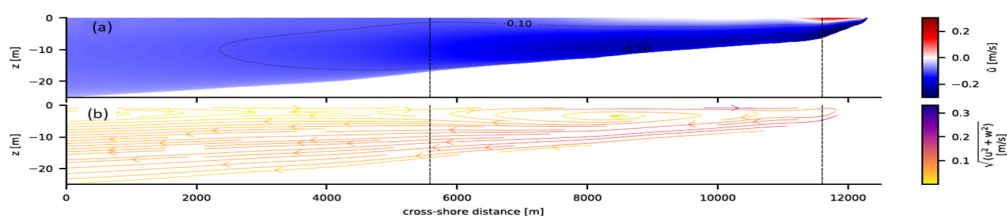


Figure 1. Simulated cross-shore quasi-Eulerian (a) and Lagrangian streamline velocities (b) at the peak of the storm, modified from Pezerat et al. (2022).

The analysis of field observations was complemented by 3D numerical modelling, which revealed firstly the development of undertows reaching 0.25 m/s by 12 m water depth (4 km from the shoreline, figure 1). This circulation was forced not only by wave depth-limited breaking but also by

whitecapping and dissipation by bottom friction (Pezerat *et al.*, 2022). This circulation drove a strong sediment transport offshore-directed, reinforced by infragravity (IG) waves and by the presence of a phase lag between orbital motions and sediment concentrations.

### 3. INFRAGRAVITY WAVES AT A DISSIPATIVE BEACH UNDER STORM WAVES

A field campaign was carried out in February 2017 at the same dissipative beach as in section 2, under storm waves of  $H_{m0} = 6$  m at breaking with a peak period over 20 s. A cross-shore array of PTs and current profilers was deployed from the shoreline to a mean water depth of 10 m. The analysis of this data was complemented by numerical modelling with XBeach, which revealed: (1) the development of exceptionally large IG waves driven by the bound wave mechanism, (2) the strong tidal modulation of their reflexion and dissipation and (3) the development of low frequency IG waves (periods of 300 s) at the storm peak through a new mechanism of IG wave merging across the km-wide surfzone (figure 2, Bertin *et al.*, 2020).

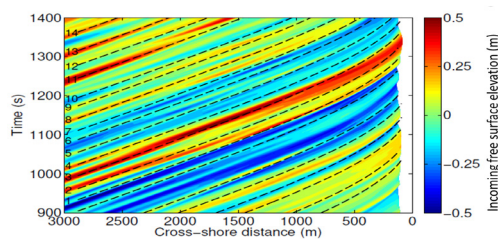


Figure 2. Time/space diagram of simulated incoming free surface elevation, showing the merging of IG waves across the km-wide surfzone (modified from Bertin *et al.*, 2020).

### 4. CONCLUSIONS AND ONGOING RESEARCH

The combination of field observations under storm waves complemented with state-of-the-art numerical modelling resulted in new knowledge regarding the wave driven circulation at sandy beaches and the associated sediment fluxes, having important implications for future model improvements. We next showed that IG waves can exceed 2 m under storm waves, which should be considered in future early warning systems. In particular, the development of low frequency IG waves through a mechanism of bore merging in km-wide surfzones is a new mechanism that should be verified at other sites, which is in progress at the mouth of the Tagus Estuary.

### ACKNOWLEDGEMENTS

The results presented in this study were funded by the Chair Regional project EVEX, the ANR-FCT project INLEX and the FEDER project DURALIT and involved many young researchers, including K. Martins, T. Guérin, A. de Bakker, M. Pezerat and L. Lavaud.

### REFERENCES

- Bertin, X., Martins, K., de Bakker, A., Guérin, T., Coulombier, T. and de Viron, O., 2020. 'Energy transfers and reflection of infragravity waves at a dissipative beach under storm waves', *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 125, e2019JC015714.
- Pezerat, M., Bertin, X., Martins, K. and Lavaud, L., 2022. 'Cross-shore distribution of the wave-induced circulation over a dissipative beach under storm wave conditions', *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 127, e2021JC018108.

# EFFECT OF VEGETATION ON WAVE OVERTOPPING: THE ROLE OF WAVE STEEPNESS

Diogo Mendes<sup>(1)</sup>, Diogo Fonseca<sup>(1)</sup>, Salomé Mormentyn<sup>(1)</sup> and Piet Haerens<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> HAEDES, Santarém, Portugal, [diogo.mendes@haedes.eu](mailto:diogo.mendes@haedes.eu), [diogo.fonseca@haedes.eu](mailto:diogo.fonseca@haedes.eu), [salome.mormentyn@haedes.eu](mailto:salome.mormentyn@haedes.eu)

<sup>(2)</sup> HAEDES, Wetteren-ten-Ede, Belgium, [piet.haerens@haedes.eu](mailto:piet.haerens@haedes.eu)

## ABSTRACT

This study investigates the effect of vegetation on wave overtopping events through numerical simulations performed with SWASH model on a cross-shore transect. This set of numerical experiments was specifically developed to analyse the role of wave steepness. Vegetation was included using a patch located seawards the depth of closure. The results without vegetation indicate that a change of wave steepness from 0.030 to 0.039 increases the number of overtopping events in 50% with approximately the same value for the average of mean wave overtopping discharge. With vegetation, overtopping events and average mean wave overtopping discharges displayed a decreasing tendency for longer vegetation lengths, especially for lengths larger than 100 m. Overall, the results of the numerical experiments suggest that vegetation located offshore the depth of closure, possibly materialized by seaweed farming, can reduce the wave overtopping coastal hazard.

*Keywords: Nature-Based Solutions; Seaweed; Coastal Hazards; Coastal Engineering.*

## 1. INTRODUCTION

The combination of nature-based solutions (NBS) with coastal defence structures may improve the resilience of coastal communities. Moreover, NBS have the additional advantage of providing ecosystem services. In more detail, the use of aquatic vegetation can provide both seaweed harvesting, carbon dioxide sequestration, incident wave amplitude attenuation and coastal protection. While the effect of vegetation on wave amplitude attenuation is relatively well understood, the combined effect of vegetation and coastal defence structures on wave overtopping reduction is not.

As a proof-of-concept, the numerical model SWASH (<https://swash.sourceforge.io/>) was used to assess the reduction of the average wave overtopping discharge promoted by vegetation (Mendes *et al.*, 2022). A reduction of about 15% of average wave overtopping discharge was obtained when vegetation was included. Moreover, the same percentage of reduction was achieved for a small (65 m<sup>3</sup>/m, hereafter small berm) and for a large (161 m<sup>3</sup>/m, hereafter large berm) beach volume. However, these results were obtained for a wave steepness, the ratio between wave height and wavelength, of 0.030.

Wave overtopping is a function of wave steepness, with large wave overtopping discharges typically associated with steeper waves. Wave steepness values along Portugal mainland were analysed based on records from oceanic wave buoys (Mendes and Oliveira, 2021). During storms, when wave overtopping events are more prone to occur, wave steepness values ranged from 0.020 to 0.060. Due to the link between wave steepness and wave overtopping, it becomes unclear if the previous results hold for a wider range of wave steepness values. Therefore, the present study aims to assess how vegetation can reduce wave overtopping for different values of wave steepness.

## 2. NUMERICAL MODELLING WITH SWASH

The numerical model SWASH was used because it is adequate to simulate linear and nonlinear wave propagation, the interaction of waves with vegetation and wave overtopping. SWASH was setup over two cross-shore topo-bathymetric profiles at Praia da Vagueira (Aveiro). These profiles (small berm



and large berm) were obtained through the COSMO programme (<https://cosmo.apambiente.pt/>). To allow for more overtopping events, the crest height of the coastal defence revetment was set to 8.5 m (CD). Consequently, the results of the numerical experiments can be seen as a proof-of-concept that vegetation located offshore the depth of closure can reduce wave overtopping, independently of wave steepness values.

### 3. RESULTS AND DISCUSSION

The results obtained so far suggest the number of overtopping events and the average mean overtopping discharge are smaller for a cross-shore profile with a large beach berm than with a small beach berm (Table 1). In general, as the vegetation length increases seawards, the number of overtopping events and the average mean overtopping discharge decreases (Table 1). An increase on the wave steepness value leads to a larger average mean wave overtopping discharge and to a larger number of overtopping events. These results constitute a first step to understand how the combination of vegetation with existent coastal defence structures can provide both ecosystem services and mitigate the wave overtopping coastal hazard.

Table 1. Average of mean wave overtopping discharge and number of events (in parenthesis) as a function of beach berm morphology, offshore wave steepness ( $s$ ) and vegetation length seaward of depth of closure ( $L$ ).

$L$ (m)	SMALL BERM ( $s = 0.030$ )	LARGE BERM ( $s = 0.030$ )	SMALL BERM ( $s = 0.039$ )
-	0.412 (13)	0.303 (8)	0.402 (24)
25	0.395 (9)	0.287 (8)	0.410 (22)
50	0.373 (9)	0.318 (5)	0.393 (21)
75	0.347 (8)	0.300 (5)	0.402 (22)
100	0.311 (8)	0.303 (4)	0.451 (15)
150	0.299 (8)	0.180 (3)	0.319 (14)
200	0.220 (6)	0.070 (1)	0.293 (10)

### REFERENCES

Mendes, D., Fonseca, D., Weber, L., & Haerens, P., 2022. 'Efeito da vegetação no espraiamento e galgamento: Experiências numéricas com o modelo SWASH', 10<sup>o</sup> Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária, Sines, (*accepted*).

Mendes, D., & Oliveira, T.C.A., 2021. 'Deep-water spectral wave steepness offshore mainland Portugal', *Ocean Engineering*, 236, 109548.



# INFLUÊNCIA DAS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS NA PREVISÃO DE EVENTOS E CUSTOS DE GALGAMENTO NO LITORAL DE OVAR

Márcia Lima<sup>(1,2)</sup>, Carlos Coelho<sup>(1)</sup> e Filipa Jesus<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> RISCO & Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal, [marcia.lima@ua.pt](mailto:marcia.lima@ua.pt); [ccoelho@ua.pt](mailto:ccoelho@ua.pt); [filipajesus@ua.pt](mailto:filipajesus@ua.pt)

<sup>(2)</sup> DREAMS & Universidade Lusófona do Porto, Porto, Portugal

## RESUMO

A severidade do clima de agitação marítima que caracteriza a costa portuguesa, nomeadamente no litoral de Ovar, leva frequentemente a situações de emergência devido a galgamentos e inundações, que põem em causa a segurança de pessoas, bens e infraestruturas, tendo consequências graves, que podem vir a agravar-se face às alterações climáticas, sendo por isso fundamental antecipar consequências e reduzir custos.

*Palavras-chave:* Subida do Nível do Mar, Clima de Agitação, Furadouro, Obra Longitudinal Aderente, Inundações

## 1. INTRODUÇÃO

O galgamento de estruturas de defesa costeira é um fenómeno que se caracteriza pelo transporte de massa de água sobre o coroamento da estrutura, e que, num último momento, afeta diretamente as populações provocando perdas e danos. A estimativa dos caudais galgados, a avaliação do risco de ocorrência dos galgamentos e a determinação das consequências e custos correspondentes são dependentes de vários aspetos, sendo fundamental perceber a influência dos agentes forçadores nos resultados. O litoral do concelho de Ovar foi identificado como uma das zonas com mais elevada vulnerabilidade e risco costeiro (Coelho *et al.*, 2015). O défice sedimentar ao longo do litoral de Ovar é enorme e prevê-se que continuará a ser num futuro próximo, pelo que as situações de galgamento e de recuo da posição da linha de costa tendem a ser cada vez mais frequentes. Por outro lado, espera-se que, em Portugal, a subida do nível do mar e as mudanças nas tempestades por efeito das alterações climáticas aumentem os episódios de galgamento (Abadie *et al.*, 2020). Neste sentido, é objetivo deste trabalho, com base na metodologia desenvolvida em Jesus (2020), compreender a influência das alterações climáticas na previsão de eventos e custos de galgamento no litoral de Ovar, mais concretamente na obra aderente do Furadouro.

## 2. PREVISÃO DOS CUSTOS DE GALGAMENTO E INUNDAÇÃO

### 2.1 Metodologia

A metodologia é baseada na recolha e análise do histórico de intervenções costeiras e respetivos custos de manutenção, bem como no número de eventos de dano registados no passado e consequentes impactos. É necessária a definição de um período de análise passado, onde é essencial conhecer o clima de agitação, custos de construção e/ou manutenção de estruturas costeiras, eventos de inundação e danos e custos correspondentes. Conhecido o clima de agitação histórico, é importante a definição de um cenário de referência, que deverá permitir a estimativa dos custos unitários de galgamento, custos de intervenção e manutenção das intervenções costeiras, facilitando a sua extrapolação no tempo. Os cenários futuros de agitação para os quais se pretende prever a frequência de galgamentos e consequentes custos de inundação são definidos para a área de estudo, ao longo do horizonte temporal, considerando o efeito das alterações climáticas e da taxa de atualização dos valores monetários.

## 4. RESULTADOS

O cenário de referência foi definido com base no registo de eventos da Agência Portuguesa do Ambiente, considerando o clima de agitação histórico. Os cenários futuros considerados englobam duas situações de subida do nível médio do mar (0.50 no cenário OS1 e 1.50 m no cenário OS2) e quatro climas de agitação futura possíveis (RCP4.5 a curto prazo, OS3, RCP4.5 a longo prazo, OS4, RCP8.5 a curto prazo, OS5, e RCP8.5 a longo prazo, OS6). A figura seguinte resume os resultados obtidos ao longo dos 20 anos de análise.

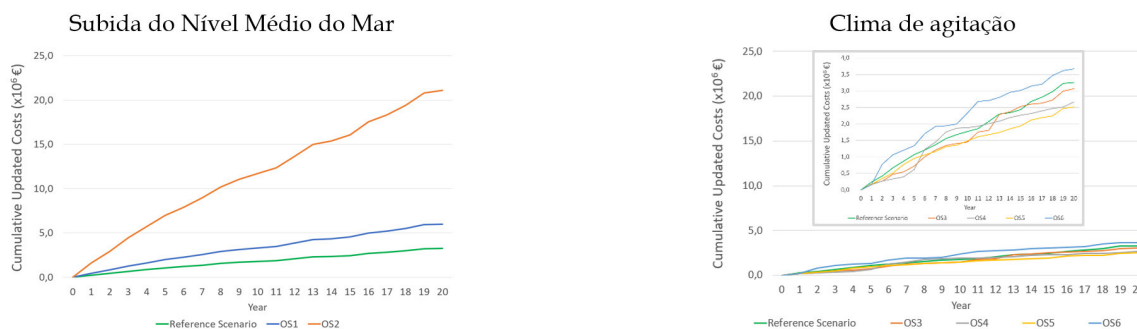


Figura 1. Impacto do efeito das alterações climáticas no desempenho económico dos eventos de galgamento e inundação no Furadouro, ao longo dos 20 anos de análise.

## 5. CONCLUSÕES

Para avaliar a influência das alterações climáticas na previsão de eventos futuros de galgamentos e respetivos custos na para do Furadouro, foi analisada a incerteza da subida do nível médio do mar e do clima de agitação futuro. A subida de 1,50 m corresponde ao pior cenário e estima-se um impacto direto, se outras medidas não forem tomadas, de um aumento dos custos atuais de galgamento e inundação em cerca de 2 a 7 vezes. Por outro lado, a incerteza no clima de agitação futuro, mostra que os custos associados a galgamentos, ao longo de 20 anos, poderão oscilar entre cerca de 2,5 e 3,7 milhões de euros, caso não sejam adotadas outras intervenções.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado pelo projeto “Adaptação Integrada às Alterações Climáticas para Comunidades Resilientes”, INCCA - POCI-01-0145-FEDER-030842, suportado pelos orçamentos do Programa Operacional Competitividade e Internacionalização, na sua componente FEDER, e da Fundação para a Ciência e a Tecnologia, na sua componente de Orçamento de Estado.

## REFERÊNCIAS

- Abadie, L. M., de Murieta, E. S., & Galarraga, I. (2020). The costs of sea-level rise: Coastal adaptation investments vs. inaction in Iberian coastal cities. *Water*, 12(4), 1–17.
- Coelho, C., Pereira, C., Costa, S., & Lima, M. (2015). Seção III, Capítulo III: A Erosão Costeira, as Tempestades e as Intervenções de Defesa Costeira no Litoral do Concelho de Ovar, Portugal.
- Jesus, F. (2021). Espraçamento, galgamento e inundação costeira: passado e futuro no concelho de Ovar. Dissertação de Mestrado. Universidade de Aveiro, Portugal.



# VARIAÇÕES ESPACIAS EM DEPÓSITOS DE TSUNAMI NO LITORAL ALGARVIO: INFERÊNCIAS SOBRE DISTÂNCIAS DE INUNDAÇÃO

Pedro J. M. Costa<sup>(1,2)</sup>, Sebastião Braz Teixeira<sup>(3)</sup> e César Andrade<sup>(2,4)</sup>

<sup>(1)</sup> Departamento de Ciências da Terra, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Portugal. [ppcosta@dct.uc.pt](mailto:ppcosta@dct.uc.pt)

<sup>(2)</sup> Instituto Dom Luiz, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Portugal

<sup>(3)</sup> Agência Portuguesa do Ambiente, Faro, Portugal. [sebastiao.teixeira@apambiente.pt](mailto:sebastiao.teixeira@apambiente.pt)

<sup>(4)</sup> Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Portugal. [candrade@fc.ul.pt](mailto:candrade@fc.ul.pt)

## RESUMO

Compararam-se as distâncias de inundações alcançadas na costa algarvia pelo tsunami de 1755 e a variação da espessura dos depósitos correspondentes. Sugere-se que o espaço de acomodação controla a relação entre o limite terrestre do depósito e a extensão máxima da inundações, com valores entre 20% (espaços de acomodação menores) e de 50% (espaços maiores).

*Palavras-chave: inundações tsunamigénicas; sedimentos; CE 1755; relações empíricas; variação espacial.*

## 1. INTRODUÇÃO

O estudo detalhado de depósitos de tsunami possibilita a reconstrução minuciosa da inundações, incluindo a determinação de parâmetros físicos (e.g. velocidade de fluxo, alcance vertical de galgamento, etc.). No entanto, para os decisores e gestores costeiros é importante conhecer a extensão horizontal da inundações para acautelar faixas de salvaguarda e desenvolver estratégias de adaptação a eventos futuros. Partindo do rico arquivo sedimentar e documental do tsunami de CE 1755 no Algarve, procuraram-se determinar relações empíricas entre a sua assinatura litoestratigráfica e a extensão observada da inundações. Para tal, consideraram-se cinco casos de estudo (Figura 1) e analisa-se a distribuição espacial de dados estratigráficos, geomorfológicos e documentais.

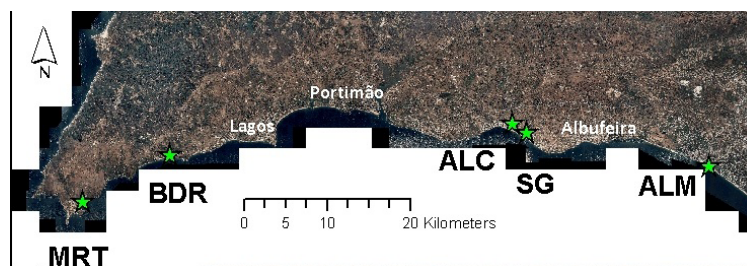


Figura 1. Localização dos casos de estudo analisados.

## 2. MÉTODOS E DISCUSSÃO

Os elementos de base utilizados na investigação das relações enunciadas acima encontram-se resumidos no Quadro 1. Através de análise na costa algarvia (Martihal-MRT, Boca do Rio-BDR, Alcantarilha-ALC, Salgados-SG, Almargem-ALM) tentou estabelecer-se uma relação empírica entre a presença do depósito e a distância de inundações tsunamigénicas registada em documentos históricos.

Quadro 1. Parâmetros geomorfológicos e sedimentares associados ao depósito de tsunami de CE 1755 e extensão da inundação reportada em dados históricos. \*Dados de Armação de Pêra. \*\* Dados de Quarteira. #Área calculada, incluindo campo de golfe dos Salgados.

Local	Geomorfologia	Espaço de acomodação (ha)	Espessura máxima (cm)	Cota média (NMM) (m)	Distância da costa (m) (Espessura máxima)	Extensão para terra (m)	Extensão inundação (m)
<b>MRT</b>	Laguna	7.6	58	2.1	180	305	~1500
<b>BDR</b>	Praia Encaixada	34.4	51	2.5	230	950	~1500
<b>ALC</b>	Laguna	105.0	33	2.1	290	735	~1500
<b>SG</b>	Laguna	99.7#	49	1.2	310	800	~1500*
<b>ALM</b>	Laguna	11.1	30	2.7	185	260	~1500**

Apesar de alguma subjectividade intrínseca, os dados históricos indicam distâncias da inundação semelhantes, de cerca de 1500m. Por sua vez, os dados geológicos sugerem que nos locais com menor espaço de acomodação (MRT e ALM) a relação entre as distâncias à linha de costa do local com maior representatividade litoestratigráfica do depósito e o seu limite interno é de 50 a 60%. Já em BDR, ALC e SG essa relação diminui para 25 a 40%. Não se detectou correlação significativa entre a espessura máxima do depósito e qualquer um dos outros parâmetros. Assim, a espessura máxima do depósito parece provavelmente relacionar-se com aspectos paleobatimétricos e, principalmente, paleotopográficos que terão favorecido a deposição em pequenas depressões da superfície inundada. Com base nestes casos de estudo pode sugerir-se que em zonas com menor espaço de acomodação o alcance horizontal da inundação excede 5- 6x a distância assinalada pelo depósito e que esta diferença diminui para 1.6- 2 x nos casos com espaço de acomodação significativamente superior (BDR, ALC e SG).

### 3. CONCLUSÕES

Os resultados, preliminares, indiciam que a relação entre a extensão dos depósitos de tsunami e a extensão total da inundação é principalmente controlada pelo espaço de acomodação disponível nas bacias inundadas durante um evento tsunamigénico.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao projeto OnOff (PTDC/CTAGEO/28941/2017).

# GERENCIAMENTO DE RISCOS DE EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS NAS ESTRATÉGIAS E PLANOS DE ADAPTAÇÃO CLIMÁTICA DE PAÍSES ATLÂNTICOS

Luiggia Girardi Bastos Reis de Araujo<sup>(1)</sup>

(1) *Escola Nacional de Ciências Estatísticas, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, Brasil, email luiggiajbastos@gmail.com*

## RESUMO

Países com extensas áreas costeiras são mais vulneráveis a eventos climáticos extremos, por isso precisam de políticas de planejamento. Na avaliação de planos de adaptação climática de países atlânticos, foi observado que os países com melhores indicadores podem ser melhor preparados para desastres, havendo correlação média com o desempenho no índice climático ND-GAIN.

*Palavras-chave: Zonas Costeiras; Adaptação Climática; Eventos Climáticos Extremos; Políticas Públicas.*

## 1. INTRODUÇÃO

O Sexto Relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2021) mostrou que a ação humana tem gerado mudanças generalizadas, rápidas e irreversíveis no clima e consequências como o aumento do nível e temperatura do mar (IPCC, 2021; ROCHA, 2021). Populações que vivem em áreas costeiras são as mais vulneráveis a eventos climáticos extremos e desastres naturais. No gerenciamento de riscos de desastres, já existe o entendimento de que o desenvolvimento de planos de adaptação climática representa medidas de redução dos perigos naturais e meios de prevenção de desastres (LAVELL, 2009; UNDP, 2004). O objetivo desse trabalho foi avaliar as ações de gerenciamento de risco de eventos climáticos extremos nos documentos de adaptação climática de países banhados pelo Oceano Atlântico, em relação às suas características de vulnerabilidade climática.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

A avaliação dos documentos de adaptação climática foi realizada a partir de uma pesquisa exploratória de caráter qualitativo, com levantamento documental das estratégias e planos nacionais de adaptação climática e outros documentos diretamente relacionados de 30 países com as maiores extensões litorâneas, banhados pelo Oceano Atlântico. Os dados da extensão litorânea (coastline) foram obtidos na publicação “The World Factbook 2020” (CIA, 2021). Foram selecionados 16 países da Europa, 4 países da América do Sul, 4 países da América Central, 3 países da África e 3 países da América do Norte. A maior parte dos planos e estratégias foi obtido na base de dados “Climate Change Laws of the World” (LSEPS, 2021). A metodologia baseou-se trabalho de Tang *et al.* (2013), que avaliaram a qualidade dos planos de adaptação climática de estados costeiros dos Estados Unidos em relação ao gerenciamento de riscos climáticos. O conteúdo dos documentos foi avaliado a partir de 32 indicadores, que estabelecem o grau em que os países reconhecem as evidências e as consequências das mudanças climáticas; a adequação da análise de perigos, vulnerabilidade, riscos associados à mudança do clima; a avaliação dos custos de adaptação e as ações previstas (políticas, ferramentas e estratégias para se adaptar às mudanças climáticas e reduzir o risco de eventos extremos e desastres em estados costeiros). O valor de cada indicador foi determinado a partir de um sistema de pontos, variando de 0 a 2. A pontuação 0 refere-se a não identificação e reconhecimento do indicador; a pontuação 1 refere-se à identificação ou menção do indicador sem detalhes; a pontuação 2 refere-se à identificação do indicador de forma completa, com detalhes. O somatório dos indicadores foi normalizado e instituiu uma pontuação de 0 a 10 para cada plano,

cuja correlação com o índice climático ND-GAIN (Universidade de Notre Dame, 2019) foi realizada. Numa escala de 0 a 100 no índice ND-GAIN, valores mais próximos a 100 indicam países com menor vulnerabilidade e maior prontidão à adaptação climática.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A pontuação média (M) dos planos foi de  $M = 6,27$ , em uma escala de 0 a 10, quanto à gestão dos riscos de eventos climáticos extremos e desastres naturais. A pontuação mínima foi de  $CP = 0,00$ , correspondente à Venezuela e máxima de  $CP = 8,91$ , correspondente a Noruega, Reino Unido, Croácia e Espanha. A Venezuela não desenvolveu nenhum documento de adaptação climática nem tão pouco um marco regulatório de mudança do clima (LSEPS, 2021). Noruega, Reino Unido, Croácia e Espanha foram os países cujos documentos apresentaram melhor pontuação, com a mesma para todos ( $CP = 8,91$ ). Canadá, Dinamarca, Alemanha, Suécia, Estônia, México e Brasil compõem, com esses quatro países, as 10 melhores avaliações dos seus documentos. Em comum, desenvolveram documentos com detalhamento de ações importantes para o gerenciamento de risco de eventos climáticos extremos e desastres naturais, como o monitoramento contínuo e o uso de dados científicos na tomada de decisões, o desenvolvimento de planos de emergência e procedimentos de respostas a desastres climáticos, sistemas de alerta precoce, políticas de implementação de planos locais para uso de solo e mitigação de danos. Todavia, Noruega, Reino Unido, Croácia e Espanha elaboraram e detalharam políticas e ações voltadas para a concessão de subsídios, créditos tributários e tarifação para atividades do setor de energia e transporte de baixa e alta emissão de carbono. Os países com as piores avaliações foram Chile, França, Islândia, Panamá, Cuba, Bahamas, Rússia, Haiti, Ucrânia, que desenvolveram documentos de adaptação climática com lacunas quanto a indicadores associados a procedimentos de emergência, uso do solo e tributação. Outra característica em comum é que muitos planos eram extremamente resumidos. Os planos de Cuba, Rússia, Ucrânia, França e Islândia tinham entre 7 a 26 páginas. Foi observada uma correlação média ( $r=0,55$ ) entre os planos e o índice ND-GAIN. Canadá, Noruega, Reino Unido, Dinamarca, Suécia, Alemanha e Estônia apresentam os melhores índices climáticos (ND-GAIN variando de 64 a 76) e também as melhores avaliações dos planos. França e Islândia apresentaram notas baixas na avaliação dos planos, mas são considerados pouco vulneráveis e de prontidão adequada para adaptação climática, conforme o índice.

### 4. CONCLUSÕES

A adaptação climática exige a preparação dos países costeiros aos desastres naturais. Por isso, a elaboração de estratégias e planos de adaptação climática deve conter objetivos, medidas e ações de gerenciamento espacial e de risco, cuja adequação deve ser avaliada por indicadores.

### PRINCIPAIS REFERÊNCIAS

LSEPS - London School of Economics and Political Science. 2021 [Online]. Disponível: <https://www.climate-laws.org/> [20 fev 2022].

CIA - Central Intelligence Agency, 04 jan 2022, The world factbook [Homepage of...], [Online]. Disponível: <https://www.cia.gov/the-world-factbook/> [20 jan 2022].

Tang, Z; Dai, Z; Fu, X; Li, X. 'Content analysis for the U.S. Coastal states' climate action plans in managing the risks of extreme climate events and disasters.', *Ocean & Coastal Management* 80, 46-54.

# PROJECTING THE EVOLUTION OF MARSH AREAS: THE IMPORTANCE OF PROXIMAL TERRESTRIAL AREAS (TRÓIA SANDSPIT, PORTUGAL)

M. Inácio<sup>(1,2)</sup>, A.G. Cunha<sup>(1,2)</sup>, M.C. Freitas<sup>(1,2)</sup>, V. Lopes<sup>(1,2)</sup>, M. Leira<sup>(2,3)</sup> and C. Andrade<sup>(1,2)</sup>

<sup>(1)</sup> Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal

<sup>(2)</sup> Instituto Dom Luiz, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal, [mfinacio@fc.ul.pt](mailto:mfinacio@fc.ul.pt), [agcunha@fc.ul.pt](mailto:agcunha@fc.ul.pt), [cfreitas@fc.ul.pt](mailto:cfreitas@fc.ul.pt), [vplopes@fc.ul.pt](mailto:vplopes@fc.ul.pt), [m.leira@udc.es](mailto:m.leira@udc.es), [candrade@fc.ul.pt](mailto:candrade@fc.ul.pt)

<sup>(3)</sup> BioCost Research Group, Facultad de Ciencias and Centro de Investigaciones Científicas Avanzadas, Universidade de A Coruña, A Coruña, Spain

## ABSTRACT

Salt marshes are important intertidal areas that are sensitive to climate change impacts, being necessary to project their future evolution. A reduced complexity rule-based model of marsh response (SMRM) was applied to Caldeira de Tróia salt marshes (Portugal). The results indicate that these areas will likely have significant losses until 2100. However, if free of occupation, landwards' space seems crucial to minimize the impacts of sea-level rise until the end of the 21st century.

*Keywords:* Sea-level rise; Rule-based models; Accretion rates; Intertidal areas.

## 1. INTRODUCTION AND STUDY AREA

Salt marshes are vegetated intertidal areas widely recognized for their services. Protecting these environments is essential because they are highly vulnerable to climate change impacts, particularly sea-level rise (SLR). However, these impacts can be minimized if the marshes have available landwards space to expand, compensating the seaward losses. This work proposes the application of a novel methodology to quantify the evolution of marsh areas until the end of the century. The study area is the Caldeira de Tróia (C. Tróia – Figure 1A), located in the NNW tip of Tróia sandspit (40 km South of Lisbon). Both the N (marsh area- 4.2 ha; tidal flat area – 5.7 ha) and S (marsh area- 10.2 ha; tidal flat area – 16.2 ha) C. Tróia sectors were analyzed in this work.

## 2. MATERIALS AND METHODS

The projection of the studied marshes evolution was made through the Simplified Marsh Response Model (SMRM) (Inácio *et al.*, 2018), a reduced complexity, two-dimensional rule-based model. Four parameters are required: (1) a high-resolution digital terrain model (2011 LIDAR in this case), (2) local tidal levels, representing the transition between environments (Tidal flat (TF)/ Low marsh (LM) = 0.90 m (mean sea level); LM / High marsh (HM) = 1.26 m; HM limit = 1.60 m), (3) a SLR projection (in this case, the NOAA Extreme – Sweet *et al.*, 2017 – was selected) and (4) accretion rates for each environment (TF = 2.73 mm/y; LM and HM = 2.92 mm/y – Cunha *et al.*, 2018).

## 3. RESULTS AND CONCLUSIONS

Considering NOAA Extreme SLR scenario, the SMRM projects a significant reduction in the marsh area of C. Tróia until the end of the 21st century (-35% (9.4 ha) and -54% (6.6 ha) until 2050 and 2100 in the global area, respectively) – Figure 1B. Tidal flat area will increase 30% until 2050 and double until 2100. Marsh will invade space landwards of its actual limit from 2030 onwards in both

C. Tróia sectors. In 2100 this sub-environment will only exist out of its present-day limit (Figure 1A). Due to inundation, present-day marsh area will be progressively replaced by tidal flat. After 2070 in C. Tróia (N) and 2060 in C. Tróia (S), this sub-environment will also be present landward of the present-day marsh limit. In this context, it is essential that the marsh surrounding areas remain free of occupation in order to allow translation of these intertidal areas. The irregularity of the 2100 area, compared to the 2020 regular limit, is due to the heights of the dune toe that constitutes the terrestrial area. However, the dune toe will possibly adapt and adjust to sea-level rise, something that we are not considering in this work.

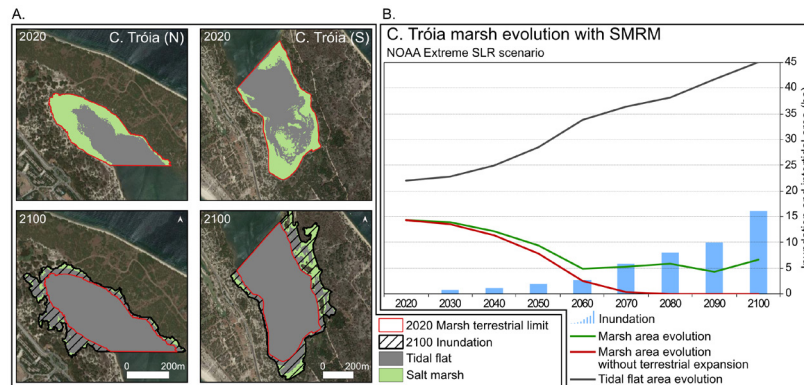


Figure 1. A. SMRM projections for C. Tróia (N and S) map evolution for 2020 and 2100, considering NOAA Extreme SLR scenario. B. Global area marsh and tidal flat evolution for C. Tróia salt marshes.

## FUNDING

This research was funded by Portuguese Foundation for Science and Technology, I.P./MCTES through national funds (PIDDAC) – UIDB/50019/2020 + PTDC/CTA-GEO/28412/2017 and Ph.D. Grants PD/BD/142781/2018 and PD/BD/106074/2015.

## REFERENCES

- Cunha, A.G., Inácio, M., Freitas, M.C., Silva, T., Andrade, C., 2018. Determining sedimentation rates for different intertidal environments: the case of the Tróia sandspit (Sado estuary, Portugal). *Proceedings of the IX Symposium on the Iberian Atlantic Margin*, 185-186.
- Inácio, M., Cunha, A.G., Freitas, M.C., Antunes, C., Andrade, C., Lopes, V., 2018. How will sea-level rise acceleration impact the Caldeira de Tróia (Sado estuary, Portugal) until the end of 21st century? *Proceedings of the IX Symposium on the Iberian Atlantic Margin*, 327-328.
- Sweet, V.W., Kopp, R.E., Weaver, P.C., Obeysekera, J., Horton, M.H., Thiele, E.R., Zervas, C., 2017. *Global and Regional Sea Level Rise Scenarios for the United States*. NOAA Technical Report NOS-CO-OPS 083.



# THE SEA AND THE COAST: VIEWS FROM EUROPEAN JOURNALISTS

Ana Matias<sup>(1)</sup> and Bruno Pinto<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Centro de Investigação Marinha e Ambiental. Universidade do Algarve, Faro, Portugal, [ammatias@ualg.pt](mailto:ammatias@ualg.pt)

<sup>(2)</sup> Centro de Ciências do Mar e do Ambiente. Faculdade de Ciências, Lisboa, Portugal, [bmpinto@fc.ul.pt](mailto:bmpinto@fc.ul.pt)

## ABSTRACT

The media play an important role in informing about new developments in public understanding of the sea and the coast. In this study we examined the views of journalists from 13 countries about the press coverage in Europe. We found that the main themes were climate change, pollution and biodiversity. Journalists confirmed the importance of trustful relations with scientists, more than with public relation professionals.

*Keywords: Marine and coastal communication; Media in Europe; Science journalism.*

## 1. INTRODUCTION

Many citizens and decision-makers get information about science mainly, or even exclusively, from news and online media (Schäfer, 2017). Thus, media have an important role in informing and raising awareness about coastal and marine sustainability. This work intends to explore the views of European science/environmental journalists about these issues' coverage in the press.

## 2. METHODS

Data collection was done through 26 semi-structured interviews with science/environmental journalists, from 13 European countries, in 2021. The selected countries covered the four regions of Europe: Northern (Denmark, England, Norway), Southern (Greece, Italy, Portugal, Spain), Western (France, Germany, The Netherlands) and Eastern (Bulgaria, Croatia, Poland). Journalists that publish about the sea in quality newspapers were selected, since these usually set the national news agenda (Boykoff, 2009). Interviewees' age ranged from 25 to 64 years, and they were gender balanced. Interviews gathered information about journalists' working context, how they choose the news topics, their main sources, motivations and difficulties. Interviewees were asked to account for the period before the COVID19 pandemic. Interviews were transcribed, anonymized, and content analysis was made using the software NVivo.

## 3. RESULTS AND DISCUSSION

Climate change was the most common theme mentioned by interviewees (Figure 1), including both the scientific and the environmental angles. Within this broad theme, particular interest was noticed in issues of national relevance such as sea-level rise in The Netherlands. Pollution by plastics and pollution in general were also frequent. Again, these subjects may have scientific national and regional components, but it was clear during the interviews that the environmental concerns were the main drive for many journalists. Interviewees frequently talked about biodiversity, including their experience in reporting aboard scientific cruises. Overfishing and fisheries (including regulations, fish stocks and quotas) were the fourth frequent topic, while management of the sea came out in relation to coastal management, regulation/legislation issues and Protected Areas.



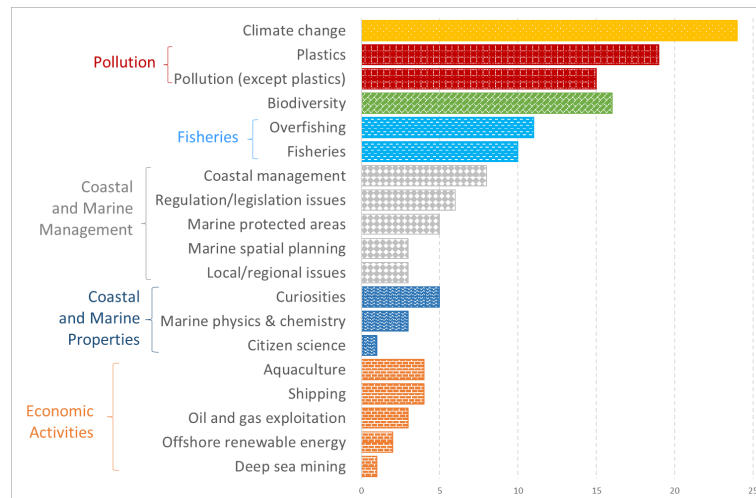


Figure 1. Frequency of themes grouped in general issues.

When asked about difficulties, many journalists talked about getting information from the right scientists, governmental organizations, and accessing appropriate data to tell a story. They also mentioned the struggles of choosing appropriate themes and dealing with the complexity of some issues. About preferred sources, they mostly mentioned scientists. On the one hand, it was stated that scientists can distrust the media, while others said scientists were sometimes too busy to read or comment on a new study. On the other hand, interviewees reinforced the importance of overcoming these boundaries and building a trustful and lasting connection with scientists. Indeed, it was referred that sometimes scientists reach out to them when new research is published. Moreover, interviewees talked about the advantages of having a network of scientists to enable a broader coverage of science issues and the rotation of sources.

## ACKNOWLEDGEMENTS

We thank all the interviewees in this study for their generous participation. This work was funded by FCT, I.P., by strategic projects UID/MAR/04292/2020 and UID/MAR/00350/2020, and B. Pinto was awarded with the contract CEECIND/03059/2017.

## REFERENCES

- Boykoff, M.T., 2009. We speak for the trees: Media reporting on the environment. *Annual Review of Environment and Resources*, 34, 431–457.
- Schäfer, M.S., 2017. How changing media structures are affecting science news coverage. (in) *The Oxford Handbook of the Science of Science Communication*, Jamieson, Kahan, and Scheufele (eds). Oxford University Press: 51–59.



# DEVELOPMENT OF AN INDEX TO ASSESS THE STATE OF DUNE VEGETATION FROM RGB IMAGES

Lara Talavera, Susana Costas and Óscar Ferreira

*Centre for Marine and Environmental Research, University of Algarve, Faro, Portugal*

*ltmadrigal@ualg.pt, scotero@ualg.pt, oferreir@ualg.pt*

## ABSTRACT

Understanding vegetation state changes in coastal dunes turns crucial to anticipate dune evolution paths. For that reason, we developed and tested an index to characterise the dune vegetation state from RGB images, which is useful to define dune habitat evolution, understand the associated drivers and to contribute to decision making regarding dune habitat conservation

*Keywords: Dune vegetation state index; Dune conservation; Dune vegetation mapping; Gull impact.*

## 1. INTRODUCTION

Vegetation on coastal dunes promotes dune growth and stabilisation and contributes to biodiversity. Physical, ecological, and human-related factors can disturb dune vegetation (Delgado-Fernandez *et al.*, 2019) and induce undesirable ecogeomorphic dune state shifts (Robin *et al.*, 2021). Therefore, dune vegetation monitoring and the development of tools to assess evolutionary trends turns crucial. In this work, we developed a multi-step index using easily accessible RGB imagery to characterise different dune vegetation states. The index was applied in Barreta Island (South Portugal), and allowed the identification, assessment and monitoring of dune vegetation perturbation, stability and growth at the landscape scale from 2002 to 2020, permitting to recognise their spatiotemporal trends as well as to detect the disturbance sources.

## 2. METHODS

The main steps followed to compute the index were: (1) Unsupervised classification of RGB images (orthophotos and drone mosaics) into shrubs and sand, (2) Computation of per cent cover maps for both classes and per cent cover change maps from year to year, (3) Classification of the cover changes to define vegetation states (stability, perturbation and growth), using the cover changes of the 2002-2008 period as a baseline, and (4) Reclassification of the per cent cover change maps into vegetation state maps. Besides, the human infrastructures and gull data (from existing colonies) were analysed in order to find possible dune vegetation disturbance sources.

## 3. RESULTS AND DISCUSSION

The index successfully identified dune vegetation stability, growth and two main areas in the grey dunes under moderate and high perturbation, which appeared during the 2008-2014 period (Figure 1). These were related to the spatial distribution and demographic increase of two gull-breeding colonies in the island, which have caused a ruderalization process induced by a plant ecological shift in the gull-breeding areas. Human infrastructures caused minor and very localized vegetation perturbation (Figure 1).

## 4. CONCLUSIONS

In this work, an effective index to identify, assess, and monitor dune vegetation stability, perturbation and growth was developed using as indicators the per cent cover changes of shrubs

and sand estimated from classifying easily accessible RGB imagery. The index application allowed to characterise the conservation status of the dune vegetation in Barreta Island from 2002 to 2020, and to identify hotspots of dune vegetation perturbation. Those were linked, to a small extent, to human-related activities and more importantly to the demographic increase and expansion of two gull breeding colonies.

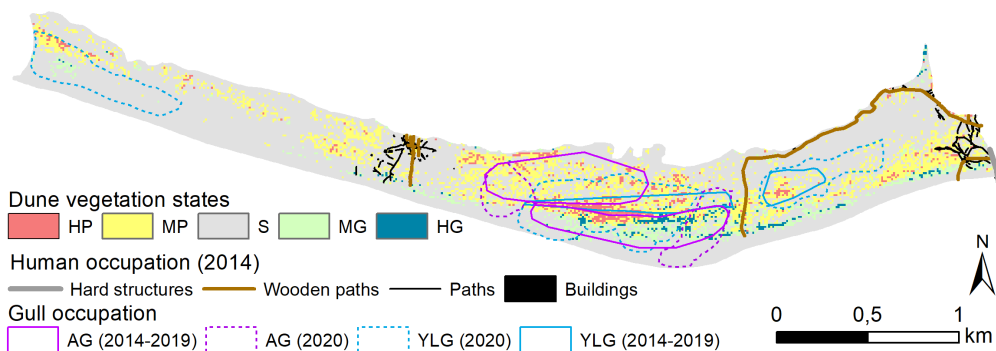


Figure 1 Dune vegetation state maps for the period 2008-2014 (HP = Highly Perturbed, MP = Moderately Perturbed, S = Stable, MG = Moderately Grown, HG = Highly Grown, AG = Audouin gull, YLG = Yellow-legged gull).

## ACKNOWLEDGMENTS

Special thanks go to Animaris for the logistical support, to UC and SPEA for sharing the gull data, and the DGT for the orthophotos. We also acknowledge ANAC, ANN, ICNF, and Capitania Maritima do Porto do Faro for granting the permits to fly the drone, and Luísa Bon de Sousa, Rita Carrasco, and Margarida Ramires for their field assistance. This work is funded by the project LIFE Ilhas Barreira (LIFE18 NAT/PT/000927) and the Portuguese Foundation of Science and Technology (FCT) to CIMA through UID/0350/2020.

## REFERENCES

- Delgado-Fernandez, I., O’Keeffe, N., Davidson-Arnott, R.G.D., 2019. ‘Natural and human controls on dune vegetation cover and disturbance’. *Sci. Total Environ.* 672, 643–656.
- Robin, N., Billy, J., Castelle, B., Hesp, P., Nicolae Lerma, A., Laporte-Fauret, Q., Marieu, V., Rosebery, D., Bujan, S., Destribats, B., Michalet, R., 2021. ‘Years of Foredune Initiation and Evolution Driven By Human and Natural Processes’. *Geomorphology* 374, 107516.



# STATE OF COASTAL DUNES USING MORPHOLOGICAL PARAMETERS

Luísa Bon de Sousa<sup>(1)</sup>, Susana Costas<sup>(1)</sup> and Óscar Ferreira<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup>Centre for Marine and Environmental Research (CIMA), University of Algarve, Campus of Gambelas, Faro, Portugal. e-mail [mlssousa@ualg.pt](mailto:mlssousa@ualg.pt), [scotero@ualg.pt](mailto:scotero@ualg.pt) and [oferreir@ualg.pt](mailto:oferreir@ualg.pt)

## ABSTRACT

The characterisation of coastal dunes through morphological parameters (*i.e.*, beach and dune width and dune elevation) permits to evaluate the state of these systems and assess their vulnerability. This work characterises two different coastal dunes systems by analysing different morphological parameters.

*Keywords: beach width; dune crest; orthophoto maps; digital terrain models; hydrodynamic parameters.*

## 1. INTRODUCTION

Coastal dunes are ecosystems that provide different services, as biodiversity and socio-economic resources, and constitute the first barrier of defence against the impact of erosional events. The state of these systems defines their vulnerability level and resilience capacity, dictating also if the provided services can be maintained over time. To assess the state of coastal dunes, different morphological parameters can be analysed and integrated, informing about the adaptative capacity of the systems and eventually their resilience. Here, the spatial variability of different morphological parameters is analysed along two coastal barriers (Peninsula of Ancão and Tavira Island, Ria Formosa, south Portugal) with distinct exposure to meteo-oceanic conditions, evaluating the implications of this variability to the characterization of dune states.

## 2. METHODS

The two coastal barriers analysed are Ancão Peninsula and Tavira Island, both in the Ria Formosa barrier island system, south of Portugal. The dataset analysed covers the period between 2008 and 2018, consisting of digital terrain models (DTMs, horizontal resolution between 0.5 and 1 m and vertical RMSE between 0.035 and 0.15 m) and orthophoto maps (made available by *Direção Geral do Território*). Indicators were mapped (see Figure 1-A), and their positions, each 10 m alongshore, were extracted to estimate the width of the dry beach and of the dune. The DTMs were used to extract the elevation of different parameters, such as dune crest and dune toe height (Figure 1-B). Hydrodynamic conditions (waves and water levels) for both sites were collected from Puertos del Estado (Spain) to calculate the wave runup for both sites, considering the beach orientation, sediment grain sizes and beach slopes that characterise each system.

## 3. RESULTS AND DISCUSSION

The dune crest height and the beach width vary alongshore Ancão Peninsula, separating morphologically the east and west sides of the peninsula. Higher elevations and narrower beaches were found along the western part and lower elevations and wider beaches characterise the eastern one. In Tavira, the dune elevation also varies alongshore, however the spatial distribution does not divide the island as clearly as in Ancão, showing three modal values similar to the ones along eastern Ancão. The beach width in Tavira is wider at the east side of the island (> 100 m), and between 30 and 50 m in most of its extension, showing rhythmic patterns alongshore. Runup values were higher in Ancão than in Tavira for the period of analysis. The intra-barrier and inter-barrier differences

documented by the morphological parameters evaluated suggest that different drivers (*e.g.*, runup or sediment availability) can control the variability of these barriers. The state (from vulnerable to robust) of these dunes can be evaluated using different parameters, as the ones analysed, with some sections of the systems presenting dune crest fragmentation but the overall view indicating that they maintained their morphological characteristics over the analysed period.

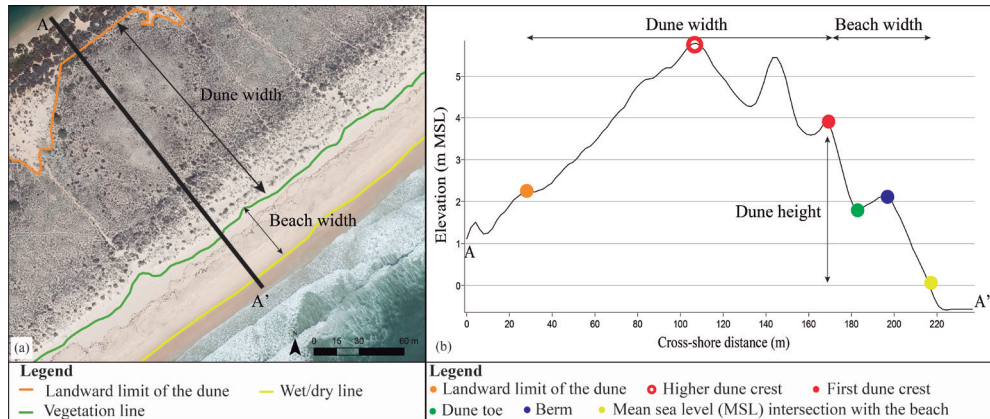


Figure 1 – (a) Parameters retrieved using orthophoto maps. (b) Example of topographic profile obtained from a DTM.

## ACKNOWLEDGMENTS

The first author was supported by the Portuguese Foundation of Science and Technology (FCT) grant number SFRH/BD/144869/2019. Susana Costas and the overall work were supported by the project UID/0350/2020 granted to CIMA by the FCT. The authors also acknowledge to the research project ENLACE, grant number PTDC/CTA-GFI/28949/2017. Wave data were obtained from Puertos del Estado (<https://www.puertos.es/en-us>). The authors also acknowledge *Direção Geral do Território* the availability of the LiDAR survey from 2011, and the orthophoto maps used.

# ECOGEOMORPHIC ADAPTATION OF A COASTAL DUNE IN SOUTHERN PORTUGAL

Susana Costas<sup>(1)</sup>, Juan B. Gallego-Fernández<sup>(2)</sup>, Luisa Bon de Sousa<sup>(1)</sup> and Katerina Kombiadou<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Centre for Marine and Environmental Research (CIMA), University of Algarve, Faro, Portugal, [scotero@ualg.pt](mailto:scotero@ualg.pt), [mlssousa@ualg.pt](mailto:mlssousa@ualg.pt), [akompiadou@ualg.pt](mailto:akompiadou@ualg.pt)

<sup>(2)</sup> Departamento de Biología Vegetal y Ecología, Universidad de Sevilla, Sevilla, Spain, [galfer@us.es](mailto:galfer@us.es)

## ABSTRACT

Coastal dunes are complex landforms, whose morphology results from interactions between biotic and abiotic factors. This work explores the ecogeomorphic longshore variability and recent multidecadal shoreline evolution of a coastal segment (1.4 km-long), located at the downdrift end of Ancão peninsula (Ria Formosa, Portugal), aiming to understand the main drivers of the observed variability and the implications in terms of dune ecogeomorphic adaptation.

*Key-words: Plant community distribution, foredune height, shoreline, dune states, Ria Formosa*

## 1. INTRODUCTION

Coastal dunes frequently show significant morphologic variance alongshore, which results from the combined effect and potential interactions of a number of factors. Understanding and mapping dune morphologic variability is key to understand the vulnerability of these systems to storms, as well as their adaptation at longer time scales. The present work aims to identify the possible links between the variation in the long-term (*i.e.* 65 years) evolution of the shoreline along a coastal segment and the present-day dune ecogeomorphic (*i.e.* interdisciplinary approach to the study of the linkages between ecology and geomorphology) configurations. Such links can inform about the possible adaptation strategies to be adopted by dune systems.

## 2. METHODS AND DATA

The study area is located at the eastern end of the Ancão Peninsula, within the Ria Formosa barrier island system (S Portugal). It comprises a 1.4 km-long coastal barrier stretch, delimited to the west by the Praia de Faro settlement and to the east by a narrow migrating inlet (*i.e.*, Ancão Inlet). To identify the main factors controlling the recent ecogeomorphic evolution of the dunes in the area, long-term shoreline trends (past 65 years) were combined with high-resolution data on short-term topographical changes and data on the distribution of dune plants and morphological characterization (Figure 1). Data from different sources were integrated through multivariate statistical analyses.

## 3. RESULTS

The data extracted from the different temporal scales and properties to characterize the system indicate that some variables were uniform alongshore (*e.g.*, dune ridge elevation, ridge width) while others showed significant variability (*e.g.*, long-term shoreline change trends, active dune elevation, patterns of volume change). One principal component, produced by a principal components analysis, explained 82.03% of the total variance of the dune system in terms of morphology, vegetation coverage, shoreline trends and recent topographical changes, and divided the system into three sectors, defining distinct dune states (prograding, transitional and inland migrating). Detrended correspondence analysis showed cross-zone zonation in species composition and abundance in the eastern sector and squeeze of the gradient in the western part.

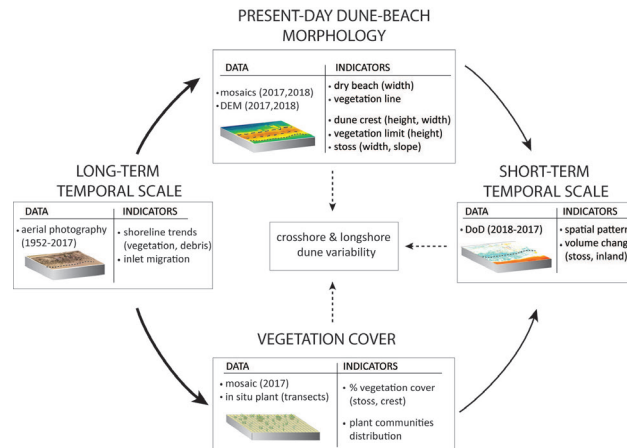


Figure 1. Approach of the present study, indicating the interactions between different factors and temporal scales.

#### 4. DISCUSSION AND CONCLUSIONS

The obtained correlations can be interpreted as the statistical representation of morphologic and biologic feedbacks and can help to define different dune states. Overall, the main driver controlling the high variability of dune states over this narrow barrier stretch appears to be the long-term evolution of the shoreline. In addition, it is found that the role of vegetation on dune growth is rather passive and mainly controlled by regional (low precipitation and sediment transport potentials) and local conditions, namely variations in the sediment supply alongshore. Therefore, despite the undeniable role of vegetation in reinforcing dune topography, local external forces may dominate dune adaptation, inhibiting, allowing or reinforcing ecogeomorphic interactions in the long-term.

#### ACKNOWLEDGMENTS

The present work has been developed within the framework of the research project ENLACE, grant number PTDC/CTA-GFI/28949/2017, funded by the Portuguese Foundation of Science and Technology (FCT). The authors would like to acknowledge the financial support of FCT to CIMA through UID/0350/2020.

# EVOLUÇÃO E COMPORTAMENTO DAS ALIMENTAÇÕES ARTIFICIAIS DE PRAIA EM VALE DO LOBO (ALGARVE – PORTUGAL)

Celso Aleixo Pinto<sup>(1)</sup> e Sebastião Braz Teixeira<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Agência Portuguesa do Ambiente, Amadora, Portugal, [celso.pinto@apambiente.pt](mailto:celso.pinto@apambiente.pt)

<sup>(2)</sup> Agência Portuguesa do Ambiente (ARH Algarve), Faro, Portugal, [sebastiao.teixeira@apambiente.pt](mailto:sebastiao.teixeira@apambiente.pt)

## RESUMO

O presente trabalho sintetiza a evolução, comportamento e longevidade dos enchimentos, tendo por base a análise da variação temporal da largura média da praia (baseada numa série de seis perfis transversais realizados desde outubro de 1997) e a comparação na célula de monitorização comum de levantamento topo-hidrográfico (LTH) realizado após a intervenção em 2010 e o mais recente de 2020 efetuado no âmbito do Programa de Monitorização da Faixa Costeira de Portugal Continental – COSMO.

*Palavras-chave: Alimentação artificial, granulometria dos sedimentos, perfil de praia, longevidade*

## 1. INTRODUÇÃO

A alimentação artificial de praias 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.*, 2020). As intervenções realizadas nas praias de Vale do Lobo 1998 ( $0.7 \times 10^6 \text{ m}^3$ ) e 2006 ( $0.37 \times 10^6 \text{ m}^3$ ), no troço Forte Novo – Garrão, em 2010 ( $1.25 \times 10^6 \text{ m}^3$ ) recorreram a mancha de empréstimo (areia grosseira =  $0.3 \Phi/0.81 \text{ mm}$ ) previamente identificada ao largo, cujas reservas atingem atualmente os  $15.7 \times 10^6 \text{ m}^3$  (Teixeira *et al.*, 2019).

## 2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da evolução temporal do enchimento de Vale do Lobo mostra, como esperado, a redução progressiva da largura média da praia (média integrada dos seis perfis) após a concretização das três intervenções (Figura 1a). No entanto, enquanto após as duas primeiras intervenções (1998 e 2006) a largura da praia nativa inicial foi atingida em 7 e 5 anos, respetivamente, na terceira intervenção (2010) este limiar ainda não foi alcançado passados 11 anos (2021).

A comparação entre o LTH de 2010 (imediatamente após a intervenção) e o mais recente de 2020 (efetuado no âmbito do Programa COSMO (Pinto *et al.*, 2021)) na área comum até aos – 6 m ZH, utilizando as ferramentas de cálculo do GlobalMapper e ArcGIS, mostra erosão generalizada da praia emersa acima do Zero Hidrográfico (Figura 1c), materializada pela translação/recuo da face de praia paralelamente ao perfil (Figura 1b). Não obstante, verifica-se o robustecimento altimétrico em toda a área da berma da praia, com valores máximos da ordem dos 0.5 m. Verifica-se igualmente um padrão de acumulação contínuo na zona imersa a sul de Vale do Lobo até ao Garrão, em regra entre os -0.5 m ZH e -2 m ZH, com variação vertical positiva máxima da ordem de 1 m.

A comparação dos levantamentos integrais revela perda de  $\approx -1.3 \times 10^6 \text{ m}^3$ , o que corresponde a  $\approx 1.3 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{ano}$ . Este valor pode ser entendido como uma estimativa do transporte longilitoral residual anual dirigido de poente para nascente, ligeiramente superior ao valor obtido por Teixeira (2019) de  $\approx 1.0 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{ano}$ , mas dentro da mesma ordem de grandeza, o que confere confiança aos resultados obtidos e às diferentes metodologias utilizadas.

O aumento do declive médio da face de praia ocorrido entre 2010 ( $5.1^\circ$ ) e 2020 ( $7.2^\circ$ ) deve ser



atribuído ao aumento da granulometria dos sedimentos depositados ( $D_{50} = 0.9 \Phi/0.54 \text{ mm}$  para  $D_{50} = 0.3 \Phi/0.81 \text{ mm}$ ), que terá imposto uma nova configuração de equilíbrio ao perfil, conferindo-lhe maior estabilidade e, simultaneamente, uma maior residência temporal ao enchimento no domínio emerso.

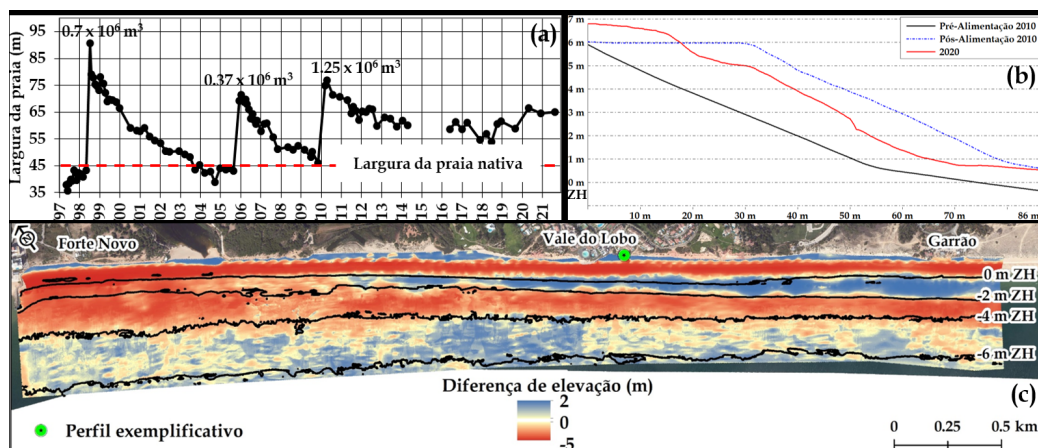


Figura 1 – (a) Evolução temporal da largura média da praia de Vale do Lobo; (b) Alteração do perfil de praia; (c) Mapa de diferenças de elevação no domínio emerso e imerso da praia.

### 3. CONCLUSÕES

A análise efetuada mostra que a totalidade do volume da alimentação artificial depositado em 2010 já terá abandonado a área intervencionada e respetiva célula de monitorização (na sua grande maioria pela fronteira nascente), tendo tido uma longevidade da ordem dos 10 anos, o que sugere a necessidade de nova intervenção de realimentação no curto prazo. Os resultados sugerem que a variação da granulometria é um fator relevante na análise da longevidade.

As perdas volumétricas observadas não são exatamente concordantes com o outro indicador de diagnóstico considerado (*i.e.* largura da praia), o que evidencia a importância da monitorização, a qual deve abranger a totalidade da área sujeita ao transporte sedimentar ativo, de modo a permitir a análise integrada dos indicadores (*e.g.* largura, volume, posição da linha de costa), otimizando a avaliação do desempenho e longevidade das alimentações artificiais de praia e o respetivo processo de decisão quanto à necessidade de novas intervenções.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Pinto, C.A, Silveira, T, Teixeira, S.B, 2020. Beach nourishment practice in mainland Portugal (1950–2017). Overview and retrospective, *Ocean Coastal Management*, 192, 105211.

Pinto, C.A, Penacho, N, Pires, B, 2021. Programa de Monitorização da Faixa Costeira de Portugal Continental (COSMO). Da Conceção à Implementação. X CPGZCPEP, Rio de Janeiro, APRH, Lisboa, Portugal, 3p.

Teixeira, S.B, 2019. Beach nourishment as a coastal management solution to mitigate soft cliff erosion on Quarteira coast (Algarve-Portugal), MEC2019, Livro de Resumos, Lisboa.



# MODELAÇÃO DA EVOLUÇÃO DE ALIMENTAÇÕES ARTIFICIAIS DE PRAIA EM RESPOSTA A DIFERENTES CENÁRIOS DE FORÇAMENTO

Soraia Romão<sup>(1,2)</sup>, Rui Taborda<sup>(1)</sup>, Paulo A. Silva<sup>(2)</sup> e Paulo Baptista<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Instituto Dom Luiz, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal, [srmr@ua.pt](mailto:srmr@ua.pt), [rtaborda@fc.ul.pt](mailto:rtaborda@fc.ul.pt)

<sup>(2)</sup> Centro de Estudos do Ambiente e do Mar, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal, [psilva@ua.pt](mailto:psilva@ua.pt), [renato.baganha@ua.pt](mailto:renato.baganha@ua.pt)

## RESUMO

A alimentação artificial de praias tem sido aplicada frequentemente como uma forma de proteção da zona costeira. Ainda existe alguma incerteza sobre a eficiência das alimentações efetuadas na praia submarina e os seus impactos no litoral adjacente. Este trabalho pretende estudar a influência que uma alimentação na praia submarina induz nos campos hidrodinâmicos e no transporte sedimentar, através do modelo Delft3D. Os resultados mostram que a alimentação constitui um elemento de proteção da praia em frente à alimentação, mas também pode gerar focos de acreção e erosão nas zonas costeiras adjacentes.

*Palavras-chave: Alimentações artificiais; Erosão costeira; Modelação; Praia submarina; Delft3D.*

## 1. INTRODUÇÃO

As alimentações artificiais têm sido um método de proteção frequentemente aplicado para mitigar os efeitos da erosão costeira e reduzir o risco de galgamento e perda de território. As alimentações podem ser realizadas na praia subaérea promovendo o aumento da área útil de praia e robustecimento da mesma, na duna, constituindo uma barreira física mitigando o galgamento costeiro, ou na praia submarina. Nesta última, a alimentação tem como função dissipar a energia das ondas e ir alimentando e robustecendo a praia emersa ao longo do tempo. A eficácia das alimentações depende das condições hidrodinâmicas e sedimentares locais e carece de certezas devido à natureza complexa dos processos responsáveis pelo transporte sedimentar. Em particular, existe algum desconhecimento sobre a forma como a dispersão da areia depositada se processa e para onde se desloca. O objetivo deste trabalho é compreender a evolução das alimentações artificiais a curto e médio termo (dias a meses) em função de diferentes cenários de forçamento. Este trabalho aplica a modelação numérica no estudo de alimentações artificiais realizadas na praia submarina e nos processos hidro-sedimentares. Considera-se como caso de estudo a mega alimentação artificial realizada na Costa Nova (Aveiro) entre junho e setembro de 2020. Esta alimentação depositou 2.2 M m<sup>3</sup> de areia na praia submarina, entre o 3º e o 5º esporão da Costa Nova e entre -4 e -8 m ZH.

## 2. MÉTODOS

Aplicou-se o modelo numérico Delft3D na simulação de 5 cenários de forçamento, mas no presente trabalho só se considerou o estado de mar mais frequente na costa ocidental portuguesa, uma onda de noroeste com um Hs de 2.5 m e Tp de 9 s. Para avaliar o efeito destas condições sobre a alimentação, considera-se uma situação de referência onde se utilizam os dados topobatimétricos de junho de 2020 do Programa COSMO da Agência Portuguesa do Ambiente e uma situação pós-alimentação com base na batimetria da zona de vazadouro disponibilizada pelo porto de Aveiro de setembro de 2020.

### 3. RESULTADOS

A Figura 1 mostra a distribuição espacial da taxa de transporte sedimentar correspondente ao estado de mar mais frequente na costa ocidental. A perturbação batimétrica associada à alimentação induz um aumento do transporte sobre a alimentação na direção da costa e para sul, enquanto se observa uma diminuição junto à praia, promovendo acreção nesta zona. A deriva litoral que se processa de norte para sul para esta condição de onda, apresenta também perturbações induzidas pela alimentação, promovendo a sul da alimentação uma tendência de acreção, seguida de um incremento da erosão na praia a sotamar da zona de deposição.

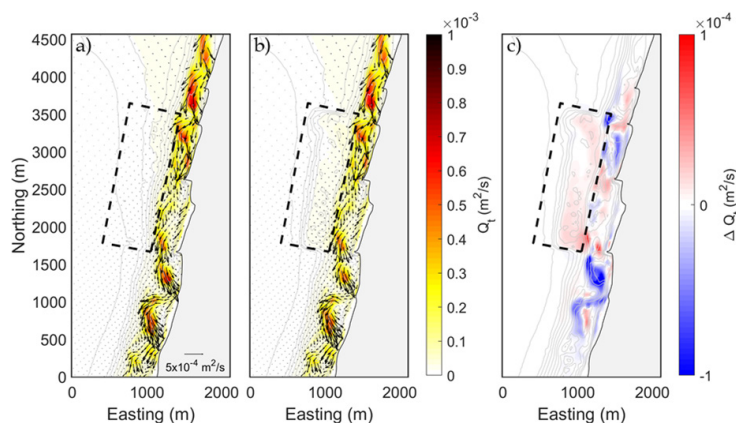


Figura 1. Resultados do transporte sedimentar: a) situação de referência, b) situação após alimentação e c) diferença (alimentação - referência). O polígono a tracejado preto corresponde ao local da alimentação e as linhas a cinzento são as isóbatas.

### 4. CONCLUSÕES

As características da agitação incidente têm uma influência determinante na resposta da praia à alimentação. Existe uma proteção direta da praia emersa aquando da ocorrência de eventos mais energéticos, em resultado da dissipação da energia das ondas sobre a zona de depósito. A zona de influência da alimentação estende-se para barlar e sotamar da zona onde foi efetuada a alimentação dando origem a fenómenos localizados de erosão e acreção, em função da direção da agitação incidente.

### AGRADECIMENTOS

Pelos dados topo-batimétricos cedidos da Administração do Porto de Aveiro e do Programa COSMO - Agência Portuguesa do Ambiente I.P. O projeto “SandTrack”, “PTDC/CTA-GEO/31779/2017”, financiado pelo FEDER através do COMPETE2020- POCI, e por fundos nacionais (OE) através da FCT/MCTES. A FCT financia a bolsa de doutoramento de SR (SFRH/BD/129079/2017). À FCT através do projeto UIDB/50019/2020 – IDL. Ao CESAM através dos fundos nacionais FCT/MCTES (UIDP/50017/2020+UIDB/50017/2020+ LA/P/0094/2020).

# EFEITO DE UM QUEBRAMAR DESTACADO NO ALARGAMENTO DA PRAIA DA VAGUEIRA E NO REFORÇO DA DEFESA CONTRA A EROÇÃO COSTEIRA

Francisco Sancho<sup>(1)</sup>, Filipa S.B.F. Oliveira<sup>(1)</sup> e Carlos Coelho<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Dpt. de Hidráulica e Ambiente, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal  
fsancho@lnec.pt, foliveira@lnec.pt

<sup>(2)</sup> RISCO & Dpt. de Eng. Civil, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal, ccoelho@ua.pt

## RESUMO

Com o objetivo de promover o acréscimo do areal da praia emersa em frente à defesa aderente da Praia da Vagueira, reforçando a defesa natural contra a erosão e inundações costeiras e fomentando a segurança balnear e o maior usufruto pela população, foi efetuado um estudo de caracterização e viabilidade de um quebramar destacado multifuncional em frente à Praia da Vagueira, para a Agência Portuguesa do Ambiente (APA). O estudo envolveu trabalhos de modelação física e numérica, complementares, que permitiram selecionar a(s) melhor(es) configuração de estrutura que satisfaça os requisitos.

*Palavras-chave: Modelação numérica; Modelação física; Linha de costa; Circulação costeira.*

## 1. INTRODUÇÃO

O estudo de caracterização e viabilidade de um quebramar destacado (QMD) multifuncional em frente à Praia da Vagueira envolveu a definição de um programa de trabalhos considerando como objetivos, por ordem decrescente de importância, a: i) redução do risco de galgamento; ii) eventual promoção da acumulação de areia na praia emersa a sotamar do quebramar e, iii) melhoria das condições locais, induzidas pela obra marítima, para a prática de surf. Apresenta-se neste artigo uma síntese da análise efetuada com vista ao cumprimento do segundo objetivo.

## 2. METODOLOGIA

Para execução desta análise recorreu-se a duas metodologias complementares, modelação numérica e modelação física. No âmbito da modelação numérica, simulou-se o efeito: i) de um conjunto de diferentes configurações de QMD na evolução morfológica da linha de costa à escala espaço-temporal das ordens de dezenas de quilómetros e de décadas, usando os modelos LITMOD e LTC (Sancho *et al.*, 2021); e ii) de um QMD na evolução morfológica à escala espaço-temporal das ordens de centenas de metros e dias-semanas, usando o modelo DELFT3D (Oliveira e Sancho, 2021). No âmbito da modelação física simulou-se em modelo tri-dimensional, à escala geométrica vertical 1:65, o efeito de duas configurações de QMD (com comprimento de 300 m e distância à linha de costa de 400 m), orientadas paralela e obliquamente à costa, na evolução morfológica a curto prazo (Sancho *et al.*, 2022).

## 3. PRINCIPAIS RESULTADOS

Os principais resultados obtidos através de modelação numérica e em modelo físico reduzido, são:

- Todas as configurações de QMD estudadas numericamente induzem o crescimento de um saliente, cuja largura máxima varia, aproximadamente, entre 10 e 60 m, dependendo das características geométricas do QMD, do coeficiente de transmissão,  $K_t$ , e das características da agitação marítima incidente;

- A solução de QMD c300d400 (comprimento igual a 300 m e distância à linha de costa igual a 400 m), paralelo à costa, é a que melhor compatibiliza os resultados numéricos da redução do risco de erosão e promoção do acréscimo de praia com os da redução do risco de galgamento;
- O desenvolvimento do saliente na linha de costa depende fortemente do coeficiente de transmissão sobre o QMD. Os resultados em modelo reduzido indicam o valor médio de  $K_t=0,77$ , para uma estrutura com a cota de coroamento igual a +0,34 m (ZH), em condições de nível médio e para várias combinações de altura de onda e período. Nessas condições, estima-se o desenvolvimento de um saliente, para o QMD c300d400, da ordem de 10 a 20 m (considerando os resultados numéricos e de modelação física, e as incertezas que lhes estão associadas);
- O QMD c300d400 paralelo à costa pode favorecer a formação de correntes de circulação de elevada magnitude na zona adjacente, que poderão pôr em causa a segurança de banhistas;
- O QMD c300d400 oblíquo  $45^\circ$  à praia conduz à formação de dois salientes na zona protegida, de dimensões semelhantes às do saliente único formado com a solução de QMD paralelo à praia;
- A forte variabilidade morfológica à profundidade de implantação do QMD c300d400 ( $7.0 < z < 4.0$  m ZH) altera o impacto do QMD na morfologia adjacente e favorece a mobilidade dos canais formados pelas correntes geradas pelo QMD, limitando, assim, o crescimento e estabilidade do saliente.

## AGRADECIMENTOS

Os resultados do presente estudo decorrem do Programa coordenado pela APA e cofinanciado pelo Programa Operacional Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos, POSEUR-02-1809-FC-000039.

## REFERÊNCIAS

Oliveira, F.S.B.F.; Sancho, F., 2021. 'Modelação numérica para apoio à modelação física do efeito de um quebra-mar destacado na dinâmica sedimentar próxima'. X Congresso sobre Planeamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa; Rio de Janeiro, 6 a 10 de dezembro de 2021.

Sancho, F.; Pombo, R., Teixeira-Canelas, S.; Coelho, C.; 2021. 'Análise de soluções de conceção de um quebramar destacado: evolução da linha de costa'. X Congresso sobre Planeamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa; Rio de Janeiro, 6 a 10 de dezembro de 2021.

Sancho, F., Freire, P., Brito, F., 2022. 'Evolução morfológica da linha de costa a sotamar de um quebramar destacado submerso: ensaios em modelo físico', 10as Jornadas de Engenharia Costeira e Portuária, Sines, 7 e 8 de abril de 2022.



# ANÁLISE DA EVOLUÇÃO MORFOLÓGICA DO BAIXO ZAMBEZE BASEADA EM DIVERSAS ABORDAGENS

Lara Carimo<sup>(1)</sup>, Alessandra Crosato<sup>(2,3)</sup>, Mick van der Wegen<sup>(3)</sup>, Paolo Paron<sup>(3)</sup> e Omar Khan<sup>(4)</sup>

<sup>(1)</sup> *MHYD Atlântico, Lisboa, Portugal, lara.carimo@mhyd.group*

<sup>(2)</sup> *Faculty of Civil Engineering and Geosciences, Delft University of Technology, Delft, the Netherlands,*

<sup>(3)</sup> *Department of Water Science and Engineering, IHE Delft Institute for Water Education, Delft, the Netherlands,*

<sup>(4)</sup> *Departamento de Engenharia Civil, Universidade Eduardo Mondlane, Maputo, Moçambique.*

## RESUMO

Este estudo foca no Baixo Zambeze, a região do Rio Zambeze a jusante da barragem de Cahora Bassa. Como consequência da construção desta e da barragem de Kariba, ocorreram alterações na morfologia do rio. Dada a necessidade de investigar a evolução morfológica destas mudanças, foram aplicadas diversas abordagens: análise de dados existentes, balanço hídrico e de sedimentos, e modelação morfodinâmica. O estudo conclui que ainda há expressivas alterações a serem propagadas pelo leito do rio até ao delta do Zambeze.

*Palavras-chave: Baixo Zambeze; Balanço Hídrico; Balanço de Sedimentos; Modelação Morfodinâmica.*

## 1. INTRODUÇÃO

O rio Zambeze é o quarto maior de África, e a sua bacia hidrográfica abrange 8 países com uma área de 1.4 milhões de km<sup>2</sup> (Pasanisi, *et al.*, 2016). O seu caudal é estimado em mais de 3000 m<sup>3</sup>/s. Neste rio, foram construídas as barragens de Cahora Bassa (1974) e Kariba (1959). Estas estruturas têm sido associadas a mudanças na morfologia do Baixo Zambeze, o trecho de 600 Km a jusante da Cahora Bassa. As alterações descritas são: estreitamento do leito e erosão do talvegue, crescimento de vegetação nos bancos e margens do rio, maior desenvolvimento de canais anastomosados, diminuição de pântanos, maior intrusão salina (Ronco, *et al.*, 2010), corte de bifurcações, erosão costeira e perda de mangais (Davies, *et al.*, 2000).

Existe uma falta e inconsistência de dados de escoamento, geometria, tamanho e transporte de sedimentos para a análise desta evolução morfológica do Baixo Zambeze. Ainda que os dados sejam limitados, é importante produzir resultados indicativos de previsão da evolução morfológica. Com esse intuito, combinou-se diversas abordagens para análise da escala temporal da propagação das mudanças morfológicas sobre o Baixo Zambeze que impactam o delta.

## 2. METODOLOGIA

Este estudo incluiu as seguintes abordagens: (1) caracterização do Baixo Zambeze e análise dos dados disponíveis de geometria, sedimentos e caudais pré e pós barragem; (2) balanço hídrico e de sedimentos para condições anterior e posterior a barragem, com base nos dados obtidos, na relação entre escoamentos e áreas das sub-bacias, e na equação de transporte de sedimentos; (3) identificação de incertezas relacionadas aos dados e esquematização simplificada do rio; e (4) modelação morfodinâmica baseada no Delft3D-FLOW.

### 3. RESULTADOS E CONCLUSÕES

O Baixo Zambeze apresenta quatro zonas com características distintas: vale em garganta, zona de leito aluvial, canal anastomosado e delta. A análise foi feita subdividindo estas zonas. A caracterização a partir dos dados disponíveis para período anterior e posterior a construção das barragens não permite fazer uma comparação rigorosa da evolução geométrica e da dimensão de sedimentos, uma vez que os dados são insuficientes para observar as tendências. Contudo, é possível observar-se, pelos perfis levantados em 1962 e 2007, a incisão do leito do rio, podendo ser este o processo de alteração morfológica dominante. O balanço hídrico permitiu estimar aceitavelmente o escoamento sazonal a jusante, assumindo-se então estas estimativas como características pós-construção da barragem na secção a montante do Delta, onde há falta de dados recentes. O escoamento mensal máximo em Tete reduz em cerca de 60%, o que implica uma redução significativa na capacidade de transporte. Considerando que cem por cento dos sedimentos são retidos pela barragem, e combinado a redução de caudais pico observada, o balanço de sedimentos indica uma taxa substancial de erosão no Baixo Zambeze. O processo de modelação resultou numa análise de sensibilidade em relação aos diferentes parâmetros e na determinação da escala temporal sobre a qual se espera que o leito do rio atinja um equilíbrio.

Análises realizadas no âmbito desta pesquisa revelaram que a escala temporal para a propagação das alterações morfológicas ao longo do leito é de centenas de anos. As características que tiveram maior implicação na modelação e melhor influenciaram o perfil de equilíbrio para a condição anterior a barragem foram a largura da secção do rio e a fórmula de transporte de sedimentos, Engelund & Hansen (comparado ao Van Rijn (1993)).

A determinação da evolução morfológica de um rio como consequência da construção de uma barragem é um processo complexo, uma vez que altera o equilíbrio do rio com efeitos contrários (Pasanisi, *et al.*, 2016), e que depende de vários fatores. Quando apresentada sobre um caso como o Baixo Zambeze que apresenta trechos de características tão distintas, torna-se ainda mais complexo determiná-la. Lane (1955) elabora qualitativamente a relação entre os fatores. Ao combinar diversas abordagens, é possível explorar melhor as questões relacionadas à complexidade dos processos e à falta e inconsistência de dados. Apesar de algumas incertezas relacionadas com as questões mencionadas, o estudo conclui que ainda há expressivas alterações a serem propagadas pelo leito do rio até ao delta do Zambeze.

### REFERÊNCIAS

Davies, B. R., Beilfuss, R. D., & Thoms, M. C. (2000). Cahora Bassa retrospective, 1974–1997: effects of flow regulation on the Lower Zambezi River. *Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie: Verhandlungen*, 27(4), 2149-2157.

Ronco, P., Fasolato, G., Nones, M., & Di Silvio, G. (2010). Morphological effects of damming on lower Zambezi River. *Geomorphology*, 115(1-2), 43-55.

Pasanisi, F., Tebano, C., & Zarlenga, F. (2016). A Survey near Tambara along the Lower Zambezi River. *Environments*, 3(1), 6.

Lane, E. W. (1955). Design of stable channels. *Transactions of the American society of Civil Engineers*, 120(1), 1234-1260.



# A TALE OF TWO RIAS: FORMOSA & AVEIRO LAGOON COASTAL WETLANDS

Efi E. Konstantinidou<sup>(1,2)</sup>, A. Rita Carrasco<sup>(1)</sup>, Katerina Kombiadou<sup>(1)</sup> and  
Ana I. Sousa<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Centre for Marine and Environmental Research (CIMA), University of Algarve, Faro, Portugal,  
[eekonstantinidou@ualg.pt](mailto:eekonstantinidou@ualg.pt), [azarcos@ualg.pt](mailto:azarcos@ualg.pt), [akompiadou@ualg.pt](mailto:akompiadou@ualg.pt)

<sup>(2)</sup> Department of Biology & Centre for Environmental and Marine Studies, University of Aveiro, Aveiro,  
Portugal, [anaissousa@ua.pt](mailto:anaissousa@ua.pt)

## ABSTRACT

The response of lagoon salt marshes to anthropogenic and environmental stressors depends upon complex interactions of biotic and abiotic processes that occur on a range of spatio-temporal scales. Such interactions can be studied within the context of resilience theory. The present work focuses on highlighting the past evolution of two lagoon coastal wetlands, in Ria Formosa and Ria de Aveiro, that are severely impacted by natural and anthropogenic stressors.

*Keywords: Salt Marshes; Image Analysis; Ecogeomorphology; Resilience.*

## 1. INTRODUCTION

Salt marshes are complex ecogeomorphic systems with a demonstrated ability to reorganize and adapt to external disturbance (Fagherazzi *et al.*, 2020). These ecosystems provide important ecosystem services such as climate regulation through carbon sequestration and flood defense. The impact of sea-level rise and human activity (*e.g.* dredging for navigation, inlet stabilization), are factors that affect salt marsh stability. The sensitivity of lagoon wetlands to such drivers depends on a variety of local factors, including tidal range and vegetation characteristics, sediment availability and depositional processes. The present work focuses on the review of natural and human impacts on the past (~ last 100 years) evolution of salt marshes in the two main coastal lagoons of Portugal, Ria Formosa and Ria de Aveiro (Figure 1). Ria Formosa is a barrier island system, while Ria de Aveiro is a single inlet lagoon. Both coastal lagoons consist of a complex system of channels, tidal flats, seagrass meadows and salt marshes, and hydrodynamics are tide dominated (Figure 1).

## 2. DATA AND METHODS

A comparative analysis of salt marshes of the two coastal lagoons, based on available literature and on metrics of the evolution of intertidal morphologies from imagery analysis, is performed.

## 3. RESULTS AND CONCLUSIONS

Applying spatial metrics on aerial imagery, Carrasco *et al.* (2021) concluded that Ria Formosa is a relatively stable system over the past decades, with localized erosion and progradation. Ria de Aveiro exhibits an overall retreat of the vegetated area while tidal flats tend to expand (this study and Sousa, pers. commun). We observed that both systems were predominantly impacted in the past by human activity, rather than by sea-level rise. The two lagoon salt marshes faced differing evolutionary trends in the last decades, as a function of the typology and extent of human intervention. While in the Ria Formosa, human intervention was more localized, (*i.e.* inlet stabilization or dredging) generating both accretional and erosional trends in the salt marsh-tidal flat system, in Ria de Aveiro, interventions (*i.e.* inlet stabilization or dredging) seem to have impacted a more extensive area, resulting in an overall erosional trend in the salt marsh-tidal flat system, and wetlands fragmentation. Further research is



focused on detailing the specific anthropogenic changes in each intertidal compartment, through satellite imagery analysis.



Figure 1. Map of study areas.

## ACKNOWLEDGEMENTS

E.E.K. was supported by PhD fellow contract no. 2021.08425.BD, A.R.C. by the contract DL57/2016/CP1361/CT0002, K.K. by the project ENLACE (ref. PTDC/CTA-GFI/28949/2017), and A.I.S. under the project CEECIND/00962/2017, all funded by Foundation for Science and Technology, I.P. Thanks are also due to FCT/MCTES for the financial support to CIMA (UID/0350/2020) and to CESAM (UIDP/50017/2020+UIDB/50017/2020+LA/P/0094/2020).

## REFERENCES

- Carrasco, A. R., Kombiadou, K., Amado, M., & Matias, A., 2021. 'Past and future marsh adaptation: lessons learned from the Ria Formosa lagoon', *Science of The Total Environment*, 790, 148082.
- Fagherazzi, S., Mariotti, G., Leonardi, N., Canestrelli, A., Nardin, W., & Kearney, W. S., 2020. 'Salt Marsh Dynamics in a Period of Accelerated Sea Level Rise'. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 125(8), 1–31.



# ASSIMILATION OF SHORELINE DATA INTO MORPHODYNAMIC MODEL PREDICTIONS

A.B. Fortunato<sup>(1)</sup>, A. Azevedo<sup>(1)</sup> and R.J. Martins<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> *Hydraulics and Environment Department, National Laboratory for Civil Engineering, Lisbon, Portugal, {afortunato, azevedo, rjmartins}@lnec.pt*

## ABSTRACT

A new method to assimilate shoreline data extracted from satellite images into coastal morphodynamic simulations is introduced. The verification of the assimilation method in a preliminary application to the Caparica coast beaches shows encouraging results.

*Keywords: SCHISM; WORSICA; Caparica coast.*

## 1. INTRODUCTION

The ability of coastal area morphodynamic models to reproduce the long-term evolution of the coastal bathymetry remains limited by the inadequate representation of some physical processes. Errors can accumulate over time, progressively degrading the quality of the predictions. While these limitations should ideally be overcome through a better representation of the physics, data assimilation appears as an attractive alternative, given the availability of bathymetric data derived from satellite imagery. A new approach for the assimilation of shoreline data into a morphodynamic modeling system (SCHISM) is introduced herein, and preliminary results from an application to the Caparica beaches are discussed. Shoreline data are extracted from the WORSICA platform ([worsica.lnec.pt/](http://worsica.lnec.pt/)).

## 2. METHODS

Numerical morphodynamic models predict future bathymetries by computing circulation, waves, sediment fluxes and bathymetric changes. In general, the predicted bathymetry ( $h_f$ ) can be written as  $h_f = h_i + \Delta h_m + \Delta h_d$ , where  $h_i$  is the initial bathymetry,  $\Delta h_m$  is the model-predicted bottom evolution between times  $i$  and  $f$  and  $\Delta h_d$  is a correction associated with data assimilation, if any. Here, we focus on determining the assimilation term  $\Delta h_d$  in a user-specified portion of the model domain ( $\Omega$ ), containing  $N_a$  grid nodes. The primary inputs are shorelines determined from satellite images along the wet-dry interface, using the WORSICA platform. The terrain elevation along the wet-dry interface can be obtained using results from the circulation model at the time of the satellite images, and then interpolated using an inverse distance weighed method to provide the observed bathymetry ( $h_o$ ) at  $N_o$  grid nodes.

Three sets of equations are used to determine  $\Delta h_d$ : 1) model predictions are valid, *i.e.*  $\Delta h_d = 0$  ( $N_o$  equations); 2) observations are valid, *i.e.*  $\Delta h_d = h_o - \Delta h_m - h_i$  (No equations); 3) data assimilation does not introduce or remove mass, *i.e.*  $\int_{\Omega} \Delta h_d dx dy = 0$  (1 equation). Because there are more equations than unknowns (*i.e.*,  $N_a + N_o + 1 > N_a$ ), the system of equations is solved using a least squares method.

The shoreline is determined on the WORSICA service by extracting and processing Sentinel-2 images and their corresponding water indexes (*e.g.*, NDWI, MNDWI, AWEI). The terrain elevation along the shoreline is estimated from predictions from hydrodynamic models, considering that the total water depth at the shoreline is zero.

### 3. PRELIMINARY TESTS

Tests were performed at the Caparica beaches for October-December 2021 based on a previous model application without data assimilation (Fortunato *et al.*, 2021). Results along the Caparica beach indicate that the model accumulates sand in the upper beach, particularly in the intertidal area (red areas in Fig. 1b). This behavior is attributed to the lack of representation of undertow in the 2DH version of the model, which prevents the reproduction of the seaward-directed cross-shore transport. Because the intertidal area is where shoreline data can be determined from satellite images, the potential for the exploitation of these data for assimilation is high. As a preliminary verification, the initial bathymetry was used as surrogate data and assimilated along the shoreline at low tide (end of October), mean sea level (end of November) and high tide (end of December). The assimilation procedure preserves the volume with negligible errors and significantly reduces the discrepancy between model results and the initial bathymetry (Fig. 1c). These preliminary results show that the method is effective.

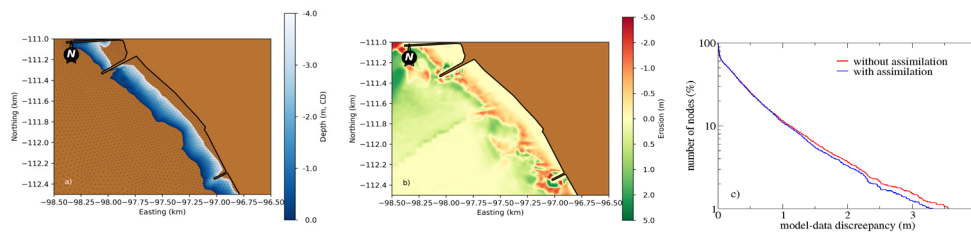


Figure 1. Result details in the S. João beach: a) grid and intertidal bathymetry; b) erosion without data assimilation; c) method assessment for the December 31st results

### 4. DISCUSSION AND CONCLUSIONS

The slow deterioration of morphodynamic model predictions along the coast remains a limitation for the automatic forecasting of beach evolution and coastal inundation. Preliminary tests indicate that data assimilation can improve the model results near the shoreline, where improvement is most needed. Further tests are underway to assess the dependency of the results on the frequency of assimilation, and the importance of assimilating real data.

### ACKNOWLEDGEMENTS

Funding from the Fundação para a Ciência e a Tecnologia (project MOSAIC.pt, PTDC/CTA-AMB/28909/2017) and H2020 (project EOSC-Synergy, grant number 857647) is acknowledged.

### REFERENCE

Fortunato, A.B., P. Freire, B. Mengual, X. Bertin, C. Pinto, K. Martins, T. Guérin, A. Azevedo, 2021. 'Sediment dynamics and morphological evolution in the Tagus Estuary inlet', *Marine Geology*, 440: 106590. DOI: 10.1016/j.margeo.2021.106590



# MÉTODO DE INVERSÃO BATIMÉTRICA UTILIZANDO SISTEMAS DE VÍDEO: BARRA DA FIGUEIRA DA FOZ

Diogo Santos<sup>(1)</sup>, Tiago Abreu<sup>(2)</sup>, Paulo A. Silva<sup>(3)</sup> e Paulo Baptista<sup>(4)</sup>

<sup>(1)</sup> Departamento de Geociências, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal. E-mail: dmeps@ua.pt

<sup>(2)</sup> CESAM & Departamento de Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, Portugal. E-mail: taa@isep.ipp.pt

<sup>(3)</sup> CESAM e Departamento de Física, Universidade de Aveiro, Portugal. E-mail: psilva@ua.pt

<sup>(4)</sup> CESAM & Departamento de Geociências, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal. E-mail: renato.baganha@ua.pt

## RESUMO

Quando as ondas se propagam em áreas costeiras sofrem alterações no comprimento de onda resultantes da interação com o fundo do mar. As técnicas de deteção remota permitem identificar as ondas e seu comprimento, e através da relação de dispersão, inferir a profundidade do meio em que se propagam. Neste trabalho é apresentada uma metodologia que permite mapear a batimetria costeira através de sistemas de vídeo utilizando a transformada por wavelets.

*Palavras-chave: Deteção remota; Inversão batimétrica; Transformada por wavelets.*

## 1. INTRODUÇÃO

Em regiões costeiras, o fundo do mar é um sistema extremamente dinâmico, onde podem ocorrer variações na sua morfologia em curtos períodos de tempo. O conhecimento da elevação do fundo do mar tem uma elevada importância sobretudo em zonas portuárias. Em Portugal, uma das regiões portuárias que mais é afetada pela variação rápida do fundo é a Figueira da Foz (FF). A região adjacente à embocadura do porto da FF é uma região muito dinâmica caracterizada a norte pela presença de uma barra arenosa que progride para sul sempre que existe um temporal marítimo, podendo em alguns casos limitar a navegação no canal de acesso ao porto. Esta constante movimentação da barra para sul, implica a realização de levantamentos batimétricos com elevada frequência para que não existam riscos para a navegação. No entanto, durante períodos de agitação marítima mais energética não é possível realizar levantamentos batimétricos. Sabendo que é esperado um deslocamento da barra em direção ao canal de navegação durante estes períodos, o desconhecimento da batimetria implica sempre um fator de risco para a navegação. Para tentar reduzir estes riscos, o projeto NAVSAFETY propôs-se desenvolver uma metodologia que permita obter a batimetria em zonas costeiras utilizando métodos indiretos como é o caso dos sistemas de vídeo (por exemplo, câmaras fixas ou drones).

## 2. METODOLOGIA

À medida que as ondas se propagam em direção à costa, estas sofrem variações nas suas características (por exemplo no comprimento de onda e na celeridade) devido à interação com o fundo. Sendo as ondas distinguíveis em vídeos, podem ser geradas *timestacks*, ou seja, imagens onde se representa a evolução espacial da onda ao longo do tempo segundo um perfil, de modo a estimar o comprimento e o período de onda. Para estimar estas variáveis, é utilizada a transformada por *wavelets*, uma técnica que decompõe um sinal em várias partes e posteriormente analisa cada uma delas separadamente, permitindo representar um sinal no domínio do espaço e da frequência (comprimento de onda) em simultâneo. Segue-se a aplicação da relação de dispersão da teoria linear de ondas para inferir a profundidade a partir destas variáveis. A metodologia foi inicialmente aplicada a dados de ondulação

resultantes de simulações numéricas e, depois de validada, foi aplicada a dados de vídeo obtidos por uma câmara fixa montada na Figueira da Foz que permite visualizar a entrada da embocadura. Para avaliar a precisão dos resultados obtidos para a FF foram utilizados dados disponibilizados pela APFF (Administração do Porto da Figueira da Foz).

### 3. RESULTADOS E CONCLUSÕES

A aplicação da metodologia a dados de ondulação obtidos por modelos numéricos (Figura 1.A) mostrou que o perfil estimado (linha vermelha) e o perfil utilizado no modelo (preto) estão praticamente sobrepostos mostrando a elevada precisão dos resultados permitindo identificar com precisão o topo da barra. Os erros obtidos neste caso de estudo foram sempre menores que  $\pm 1\text{m}$ , verificando-se que o erro aumenta gradualmente para offshore e na zona da barra. Quando aplicada a metodologia a dados de vídeo da câmara da FF (Figura 1.B), os resultados mostraram capacidade em detetar a posição e a cota do topo da barra, apesar de não ser possível estimar a profundidade de todo o perfil com a mesma precisão, o que para determinadas aplicações, pode ser uma limitação. Para o caso específico da FF, a navegação na embocadura é condicionada principalmente pelo topo da barra, pelo que, a metodologia proposta constitui uma alternativa para quando não se pode utilizar métodos diretos de medição. Futuramente, esta metodologia poderá ser utilizada com drones podendo assim ser aplicada em qualquer região costeira uma vez que não existe a necessidade de estruturas fixas para a instalação das câmaras.

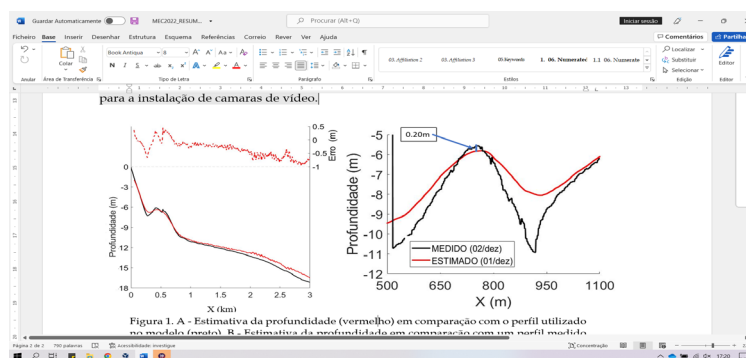


Figura 1. A - Estimativa da profundidade (vermelho) em comparação com o perfil utilizado no modelo (preto).  
B - Estimativa da profundidade em comparação com um perfil medido pela APFF (preto).

### AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado pela Direção Geral da Política do Mar, através do projeto NAVSAFETY do programa Fundo Azul. Agradecimentos ao CESAM através dos fundos nacionais FCT/MCTES (UIDP/50017/2020+UIDB/50017/2020+ LA/P/0094/2020) e à APFF pela disponibilização de dados batimétricos.

# MONITORIZAÇÃO DE GALGAMENTOS NA PRAIA DO FURADOURO ATRAVÉS DA SURFCAM

Rita Cavalinhos<sup>(1)</sup>, Paulo Baptista<sup>(2)</sup>, Rui Taborda<sup>(3)</sup> e Fábio Santos<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Departamento de Física, Universidade de Aveiro (UA), Aveiro, Portugal, [rcavalinhos@ua.pt](mailto:rcavalinhos@ua.pt)

<sup>(2)</sup> Departamento de Geociências, UA, Aveiro, Portugal, [renato.baganha@ua.pt](mailto:renato.baganha@ua.pt), [fabioacsantos@ua.pt](mailto:fabioacsantos@ua.pt)

<sup>(3)</sup> Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal, [rtaborda@fc.ul.pt](mailto:rtaborda@fc.ul.pt)

## RESUMO

A vídeo-monitorização tem-se revelado uma técnica de grande utilidade em estudos de dinâmica costeira. Com este trabalho, estudou-se a potencialidade de utilizar *surfcams*, como alternativa às estações de vídeo-monitorização dedicadas, para a deteção de galgamentos em obras de proteção costeira. Desenvolveu-se uma abordagem metodológica que permitiu ultrapassar os desafios técnicos associados a este tipo de câmara e que constitui a primeira iteração para a geração de um serviço operacional de previsão de galgamentos costeiros.

*Palavras-chave:* Vídeo-monitorização; Erosão costeira; Furadouro; Praia.

## 1. INTRODUÇÃO

Na costa portuguesa, existe um elevado número de *surfcams* que transmitem gratuitamente, e em tempo real, as condições das praias para a prática de atividades lúdicas. Este trabalho, explora a possibilidade da criação de um serviço operacional de disponibilização de informação útil, tendo por base o conhecimento das relações entre os parâmetros de agitação marítima, em situações de temporal e a ocorrência de galgamentos em estruturas de proteção costeira.

## 2. MÉTODOS

### 2.1 Aquisição e Transmissão dos vídeos

Foi definida uma metodologia em cooperação com o operador das *surfcams* para a sua fixação quando as previsões da altura significativa ( $H_s$ ) da agitação marítima ultrapassassem os 2.5 m, uma vez que as *surfcams* estão em constante movimento. As gravações eram acionadas remotamente através da transmissão de dados de fluxo *Real Time Streaming Protocol* (RTSP) a 25 *frames/s* (convertidos para 2 *frames/s*), criando vídeos de 10 minutos (Santos *et al.*, 2020). Gravaram-se 3260 vídeos da praia do Furadouro, desde outubro de 2020 a abril de 2021.

### 2.2 Pré-processamento e Processamento

De forma a ser extraída informação quantitativa das imagens, foi efetuada a correção das distorções induzidas pela lente (calibração) e a retificação das imagens utilizando o software COSMOS (Taborda e Silva, 2010). Em seguida, foram geradas imagens *Timestack* a partir de um perfil transversal que intercepta a defesa aderente e sobre estas foi traçado um perfil longitudinal com o objetivo de analisar a intensidade RGB dos píxeis, permitindo detetar os galgamentos da defesa aderente com um limiar de intensidade de 250.

## 3. RESULTADOS

A Figura 1 apresenta os resultados da aplicação do para o dia 29/10/2020 às 12h50 com  $H_s$  de 8.7m e período de pico ( $T_p$ ) de 20s, na qual é possível identificar e quantificar os picos de intensidade

detetados ao longo de 10 minutos. Possibilitando a comparação com os registos de ocorrências disponibilizado pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA) (Quadro 1).

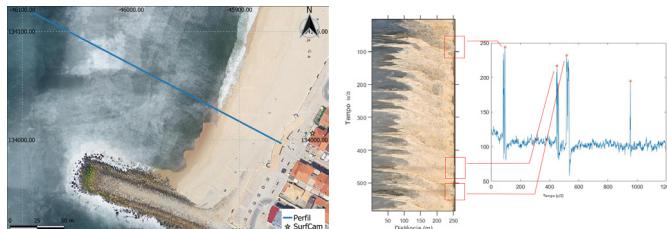


Figura 1. Perfil para gerar as *Timestack* e, à direita, um perfil longitudinal sobre a *Timestack* para contabilizar os galgamentos.

Quadro 1. Períodos das gravações, condições de agitação marítima e nº de galgamentos.

	$H_s$ (m)	$T_p$ (s)	Dir (°)	Nº galgamentos	Validação
<b>28 a 30/10/2020</b>	8.7	20	295	67	✓
<b>25 a 30/11/2020</b>	4.7	20	293	0	✗
<b>4 a 17/12/2020</b>	3.9	17	238	37	✓
<b>20 a 27/01/2021</b>	4.2	18	253	0	-
<b>01/03/2021</b>	1.2	14	285	3	-
<b>20 a 27/04/2021</b>	3.3	14	240	241	-

## 6. CONCLUSÕES

As maiores dificuldades para aplicação do método, deveram-se à presença de gotículas na lente nos dias de chuva, à sombra das nuvens ou à presença de pessoas no topo do enrocamento. Contudo, quando comparada com outras técnicas de deteção remota, a vídeo-monitorização é a que apresenta melhor relação custo/benefício, possibilitando recolher dados antes e após eventos de temporal (Aarninkhof *et al.*, 2003). Com este trabalho, iniciou-se o estudo para automatização da deteção de galgamentos, podendo servir para validação de sistemas de alerta.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho resultou de um protocolo de colaboração entre a APA, a UA e a MEO Beachcam.

## REFERÊNCIAS

- Aarninkhof, S. G. J., Turner, I. L., Dronkers, T. D. T., Caljouw, M., & Nipius, L. ,2003. “A video-based technique for mapping intertidal beach bathymetry”, *C. E.*, 49 (4): 275–89
- Santos, F., P. Baptista, P. Silva, J. Pais-Barbosa, U. Andriolo and F.E. Sancho, 2020. “Sistema de Vídeo-Monitorização Para Extração de Parâmetros Hidromorfológicos. O Caso de Estudo Da Vagueira.”- 6as Jornadas de E. H./ 1as Jornadas Luso-Espanholas de Hidrografia.
- Taborda, R.; Silva, A., 2012. COSMOS: A lightweight coastal video monitoring system. *C&G*, 49.

# CONTRIBUTO PARA UM MODELO DE GESTÃO INTEGRADO DE OBRAS QUE INTERFEREM NO CICLO SEDIMENTAR COSTEIRO APOIADO NUMA MONITORIZAÇÃO 3D ENTRE CORTEGAÇA E A NAZARÉ

António Mota Lopes<sup>(1)</sup>, Tiago Mesuras<sup>(1,3)</sup>, Carla Rebelo<sup>(2)</sup>,  
José Carlos Ferreira<sup>(3,4)</sup>, José António Tenedório<sup>(5)</sup>, Duarte Silva<sup>(4)</sup>,  
Catarina Jónia Santos<sup>(4)</sup> e Ricardo Teixeira<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> *Agência Portuguesa do Ambiente; Lisboa, Portugal (mota.lobes@apambiente.pt/ tiago.mesuras@apambiente.pt/ ricardo.teixeira@apambiente.pt)*

<sup>(2)</sup> *CICS.NOVA – Centro de Investigação em Ciências Sociais, Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Lisboa, Portugal (crrebelo@gmail.com)*

<sup>(3)</sup> *MARE – Centro de Ciências do Mar e do Ambiente, Agência Portuguesa do Ambiente; Lisboa, Portugal.*

<sup>(4)</sup> *NOVA School of Science and Technology, Campus da Caparica, Portugal (jcrf@fct.unl.pt/ csj.santos@fct.unl.pt/ dv.silva@campus.fct.unl.pt)*

<sup>(5)</sup> *Centro de Ecologia Funcional (Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Lisboa, Portugal (ja.tenedorio@fctsh.unl.pt)*

## RESUMO

O presente artigo assume-se como um contributo para o desenvolvimento de um Modelo de Gestão Integrado de Intervenções (Sedimentos e Obras de Defesa) que interferem no ciclo sedimentar e cuja necessidade está implícita em vários documentos estratégicos, dos quais destacam-se o Relatório do Grupo de Trabalho do Litoral (APA, 2014) e a Estratégia Nacional para a Gestão Integrada da Zona Costeira (PCM, 2009). Trata-se de um tema complexo, pois para além da necessidade de haver controle sobre os processos a montante face ao défice sedimentar instalado, designadamente sobre o potencial dos sedimentos das bacias hidrográficas e da plataforma continental, há ainda a considerar a necessidade de serem criados mecanismos mais formais e institucionais que contribuam para uma maior coordenação e integração das intervenções costeiras realizadas por diferentes entidades (APA, 2014, 2017). Acresce ainda a necessidade de uma monitorização baseada em levantamentos integrais das células sedimentares, de alta precisão, sistemáticos, o mais instantâneos possível, essencial para operacionalizar o modelo proposto.

*Palavras-chave: Modelo de gestão; Monitorização; Ciclo sedimentar; Sustentabilidade costeira; Gestão integrada*

## ENQUADRAMENTO

Embora existam trabalhos sobre esta matéria, persistem importantes lacunas que dificultam a implementação de um modelo de gestão integrada e sustentável, nomeadamente, o conhecimento sobre o papel (efetivo) que as bacias hidrográficas podem desempenhar nesta problemática (APA, 2017) e a integração dos vários atores com intervenção direta e indireta no ciclo sedimentar que otimize oportunidades e processos e que carecem do empenho político e institucional tal como defendido pela ENGIZC. Ultrapassar estas lacunas é fundamental para a otimização e maior sustentabilidade dos instrumentos financeiros nas intervenções costeiras e na prevenção do risco (APA 2017, PCM 2009).

Assim, dar-se-á conta dos trabalhos em curso no SIARL - Sistema de Administração do Recurso do Litoral, sistema este que está a ser relançado pela APA, I.P. e que conta com o apoio da NOVA.ID.FCT – Associação para a Inovação e Desenvolvimento da FCT (que coordena um consórcio entre a NOVA School of Science and Technology, Faculdade de Ciências Sociais e Humanas da NOVA, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, a Universidade de Aveiro, a Universidade do Minho e a Universidade Aberta) (CM, 2009), nomeadamente os trabalhos de recolha e tratamento de dados a serem carregados neste sistema de informação. Para a definição do referido modelo, são considerados os seguintes temas: a) Quantificação dos sedimentos potencialmente disponíveis para a alimentação artificial designadamente os existentes na plataforma continental (trabalhos em curso na APA) e os com origem nas bacias hidrográficas (por fazer); b) Inventário atualizado sobre as obras que interferem no ciclo sedimentar e c) Monitorização de elevada precisão e que abranja toda a célula sedimentar. Estes dois últimos em curso no SIARL.



No que respeita à monitorização com VANT (Veículos Aéreos Não Tripulados) já efetuada no âmbito do SIARL, serão apresentadas conclusões baseadas nos dados preliminares já tratados para as zonas baixas arenosas das subcélulas sedimentares entre Cortegaça e a Nazaré. Estes evidenciam a importância da existência dos referidos levantamentos com uma elevada resolução espacial (10 cm). Como ainda não existem levantamentos com características semelhantes, ou seja, de alta precisão e que abranjam toda a célula sedimentar, para analisar e comparar com os dos levantamentos já efetuados, recorreu-se aos dados LIDAR 2011 da DGT/APA, com um espaçamento temporal de uma década. Apesar da diferente precisão e resolução entre os dois levantamentos, é possível: a) A obtenção de um indicador sobre volumes de erosão e de acreção por célula sedimentar, de fácil leitura, e que permita intuir rapidamente o contraste de situações que ocorrem simultaneamente numa mesma célula sedimentar e assim ajudar a compreender melhor o seu comportamento diferenciado e respetivas causas; b) Identificar os troços em equilíbrio dos troços em desequilíbrio e avaliar melhor a eficácia e o comportamento das obras de defesa que têm vindo a ser executadas; c) Correlacionar o comportamento das obras com as tempestades costeiras, o que permite análises mais detalhadas sobre a rentabilidade das alimentações artificiais, os efeitos destas sobre a sustentabilidade das obras “pesadas” e um mais adequado dimensionamento das alimentações artificiais e gestão dos *bypass* artificiais.

Defende-se assim que para haver uma gestão integrada e sustentável da zona costeira, deverá adotar-se um Modelo de Gestão baseado: a) Na necessidade de serem criados mecanismos para a otimização de soluções e investimentos a médio e longo prazo (Ferreira, 2021); b) No comportamento estrutural da célula sedimentar (Dias e Freitas, 2015) em função das diversas intervenções; c) Na identificação dos volumes dos sedimentos necessários introduzir no sistema consoante os objetivos a atingir (APA, 2014); d) Na otimização da relação da distância entre a origem dos sedimentos e os locais mais adequados de depósito; e) Na otimização da relação entre alimentação artificial e a eficácia e rentabilidade das obras pesadas; e f) Na necessidade de haver uma manutenção e/ou reforço atempado das obras em detrimento de ações mais reativas, de emergência ou não planeadas.

## CONCLUSÃO

Neste trabalho apresenta-se e discute-se um Modelo de Gestão Integrada de Obras e Sedimentos com impacto no equilíbrio num dos troços mais sensíveis da costa continental portuguesa. Este, justifica-se devido à necessidade de um maior controle sobre os processos que interferem no ciclo sedimentar e na eficiência das obras de defesa costeira, com o propósito de introduzir-se maior sustentabilidade e eficácia nos avultados investimentos a realizar a médio e longo prazo. São igualmente apresentados resultados preliminares de levantamentos de alta precisão já efetuados neste troço com UAV, explorando-se qualitativamente e quantitativamente, os comportamentos assimétricos que ocorrem ao longo de toda a célula, permitindo correlações entre tempestades e o comportamento de cada obra e melhor por forma a apoiar a estratégia de manutenção, reparação e reforço atempado das intervenções.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do SIARL- Sistema de Administração do Recurso do Litoral da Agência Portuguesa do Ambiente (APA, I.P.) financiado pelo POSEUR- Programa Operacional Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos, com o apoio do MARE- Centro de Ciências do Mar e do Ambiente (UIDB/04292/2020 e a ref. UIDP/04292/2020), do CICS.NOVA – Centro de Investigação em Ciências Sociais e do Centro de Ecologia Funcional.

## REFERÊNCIAS

- APA, 2017. Plano de Ação Litoral XXI, Agência Portuguesa do Ambiente, Lisboa, 128p.
- APA, 2014. Gestão da Zona Costeira O Desafio da Mudança - Relatório do Grupo de Trabalho do Litoral, Agência Portuguesa do Ambiente, Lisboa, 237p.
- Dias, A., Freitas, J. (2015) O caso de Espinho (Portugal): Um exemplo das consequências das ações antrópicas nas zonas costeiras, FAPERJ- Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro, 14p.
- Ferreira, José C., Fábio S. Cardona, Catarina Jónia Santos, and José A. Tenedório. (2021). “Hazards, Vulnerability, and Risk Analysis on Wave Overtopping and Coastal Flooding in Low-Lying Coastal Areas: The Case of Costa da Caparica, Portugal” *Water* 13, no. 2: 237. <https://doi.org/10.3390/w13020237>
- PCM, 2009. Estratégia Nacional para a Gestão Integrada da Zona Costeira, Presidência do Conselho de Ministros, Resolução do Conselho de Ministros n.º 82/2009 (Diário da República n.º 174/2009, Série I de 2009-09-08), Lisboa, pág. 6056 – 6088





# USING HISTORICAL ESTUARINE FLOOD DATA: A CONCEPTUAL APPROACH

Ana Rilo<sup>(1,3)</sup>, Alexandre Oliveira Tavares<sup>(2)</sup>, Paula Freire<sup>(1)</sup> and José Luís Zêzere<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> National Laboratory for Civil Engineering, Lisbon, Portugal, arilo@lnec.pt; pfreire@lnec.pt

<sup>(2)</sup> Centre for Social Studies and Earth Sciences Department, Coimbra University, Coimbra, Portugal, atavares@ci.uc.pt

<sup>(3)</sup> Centre for Geographical Studies of the Institute of Geography and Spatial Planning, University of Lisbon, Portugal, zezere@campus.ul.pt

## ABSTRACT

Estuarine margins are complex areas where different triggers interact in an often-occupied territorial fringe, thus estuarine flood risk is still a challenge for coastal managers due to the need of combining the river and the sea dimensions. The use of historical data is widely used to obtain this information requiring a reliable approach to coherently organize and extract information and perform adequate statistical analysis. This work presents a conceptual approach already tested in previous works to deal with diverse typologies of qualitative historical sources.

*Keywords: estuaries; floods; historical sources; methodologies*

## 1. INTRODUCTION

Estuaries are complex areas lying between the river and the sea, where different flood triggers interact along with diverse human occupation. These facts create a challenge to coastal managers since it is critical to understand and characterize how triggers and damages interact to better inform management. Historical information has proved its usefulness due to the low-cost and easy access. Newspapers are a relevant source due to its ability of consistently covering a continuous temporal range, along with its richness on damages information while scientific articles are better sources to extract triggers information. To extract information from this type of sources is crucial to set up an approach that assures coherence and replicable results. The use of statistical methods is frequent since it provides an unbiased approach to obtain results (Wolkers and Kuenzer, 2015) Nevertheless, statistical methods selection should consider the objective of the study and the type of data (*e.g.*, nominal, categorical etc).

## 2. METHODOLOGICAL APPROACH

Based on earlier works (Rilo *et al*, 2017; Rilo *et al*, 2022) a conceptual approach to use qualitative historical estuarine flood data is presented (Figure 1). The approach starts with compilation and organization of a representative collection of documents (historical data) that fits the purpose of the study, followed by the coding table design to set up the rules to extract the information from the sources and to categorize into thematic groups (Bardin, 2020). The information is stored in a database whose structure is based on the thematic groups obtained. Data typology is often nominal (binary) since this type of sources describes at most the presence or absence of a certain trigger or damage. This fact together with the objective of the study (*e.g* to extract the most relevant indicators that characterize estuarine flood risk) should guide the choice of the statistical method to be applied (Marôco, 2014; Carvalho, 2017).

## 3. MAIN ACHIEVEMENTS

The framework presented was tested first with a single case study (Tagus estuary, Portugal) where the main typology of historical data were newspapers (Rilo *et al*, 2017), and later with two case

studies (Tagus estuary, Portugal and Shannon estuary, Ireland) where diverse historical sources were used including newspapers, minute meetings or photographs (Rilo *et al*, 2022). The presented approach proved its usefulness to deal with qualitative historical flood data thus contributing to improve estuarine flood risk appraisal.

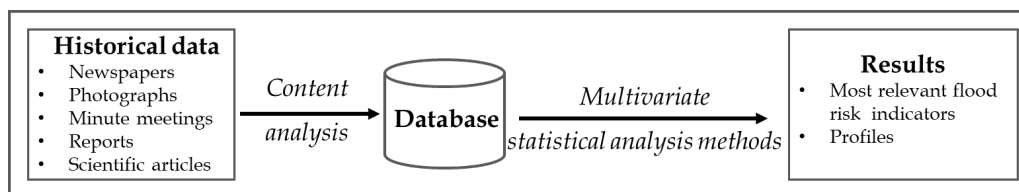


Figure 1. Conceptual approach to use historical estuarine flood data.

## ACKNOWLEDGMENTS

The first author benefits from a doctoral grant by Portuguese Foundation for Science and Technology (FCT) (SFRH/BD/111166/2015). The authors acknowledge Project “MOSAIC.pt: *Multi-source flood risk analysis for safe coastal communities and sustainable development*” funded by FCT (PTDC/CTA-AMB/28909/2017).

## REFERENCES

- Bardin, L. 2020. *Análise de conteúdo*. Edições 70, Lisboa. ISBN 978-972-44-1154-5.
- Carvalho, H. 2017. *Análise multivariada de dados qualitativos. Utilização da análise de correspondências múltiplas com o SPSS*. Edições Sílabo, Lisboa. ISBN 978-972-618-873-5.
- Marôco, J. 2014. *Análise estatística com o SPSS Statistics*. Report Number, Pêro Pinheiro. ISBN 978-989-96763-4-3.
- Rilo, A.R., Tavares, A., Freire, P., Zêzere, J.L. 2017. The contribution of historical information to flood risk management in the Tagus estuary. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 25, 22-35.
- Rilo, A.R., Tavares, A., Freire, P., Zêzere, J.L. 2020. O contributo de fontes históricas para a avaliação da vulnerabilidade à inundação em estuários. *6.as Jornadas de Engenharia Hidrográfica/ 1.as Jornadas Luso-Espanholas de Hidrografia*, Lisboa, 320-323.
- Rilo, A.R., Tavares, A., Freire, P., Zêzere, J.L. 2022. Dealing with multisource information for estuarine flood risk appraisal in two western European coastal areas. *International Journal of Disaster Risk Science*. <https://doi.org/10.1007/s13753-022-00403-8>.
- Wolkers, M., and Kuenzer, C. 2015. Vulnerability assessments of coastal river deltas – categorization and review. *Journal of Coastal Conservation* 19(3), 345-368.

# DESAFIOS NA INTEGRAÇÃO DE CARTOGRAFIA HISTÓRICA NA ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DA LINHA DE COSTA: UM CASO PRÁTICO

F. Valverde<sup>(1,2)</sup> e C. Ponte Lira<sup>(1,2)</sup>

<sup>(1)</sup> Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal,

<sup>(2)</sup> Instituto Dom Luiz, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal,  
valverde1966@gmail.com; fclira@fc.ul.pt.

## RESUMO

Estudos sobre a variação da posição da linha de costa (LC) são essenciais na avaliação do risco costeiro. Os dados históricos permitem a extensão do período de análise a épocas com menor influência antrópica, mas o seu uso integra desafios importantes. Este estudo apresenta a evolução da LC entre 1862-1958-2015, estimando taxas de evolução e a respetiva incerteza, no litoral adjacente à Figueira da Foz (Portugal). Confirma-se a tendência de avanço a N, e recuo a S da foz do Mondego. A integração da LC oitocentista permitiu obter uma situação de referência anterior ao aumento exponencial da ação do homem, revelando o potencial da utilização destes dados. A avaliação da incerteza da posição e a escolha dos indicadores de LC, é essencial.

*Palavras-chave: Posição da linha de costa; Quantificação da incerteza; Portugal.*

## 1. INTRODUÇÃO

Conhecer as alterações morfodinâmicas a várias escalas temporais é fundamental para uma gestão sustentável das zonas costeiras e que, idealmente, deverá incorporar uma análise de longo termo da evolução da linha de costa (LC) (Ponte Lira *et al.*, 2016). A integração de LsC históricas na análise da evolução costeira (Lukas, 2014) pode permitir estabelecer uma situação de referência pré intervenção antrópica, mas apresenta desafios para utilização numa vertente quantitativa (Gupta & Rajani, 2020). São objetivos deste trabalho a realização de uma análise quantitativa secular da variação da posição da LC, num troço litoral baixo e arenoso, usando cartografia litoral do século XIX e a avaliação das vantagens e limitações da utilização.

## 2. DADOS E MÉTODOS

A área de estudo (AE), situada entre Buarcos-Figueira da Foz–Lavos, é representada em 3 datas/ suportes diferentes: cartografia antiga–1862 (*Europeana*), fotografia aérea–1958 (Ponte Lira *et al.*, 2016) e ortofotografia-2015 (DGT) (Figura 1. a), b), c)). O mapa de 1862 foi georreferenciado em ambiente GIS e as LsC vetorizadas manualmente nas 3 datas, usando como indicador a preia-mar (PM) (Carapuço *et al.*, 2016): limite seco-molhado para 1958 e 2015, e linha interpretada no mapa de 1862 (Figura 1.d)). Os valores de incerteza de cada posição de LC foram estimados, contabilizando as fontes de erro: escala da representação cartográfica, resolução da imagem, georreferenciação, vetorização e erro associado à posição do indicador. Calcularam-se as taxas de evolução (TE) (Ponte Lira *et al.*, 2016) entre pares de datas (positiva- avanço da LC para o mar; negativa- recuo da LC para terra) e os valores de incerteza (usando a incerteza posicional de cada linha/data e o número de anos entre pares de datas).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A TE da posição da LC (tabela na Figura 1.) é tendencialmente de acreção a N da foz do Mondego e com tendência ligeira de erosão a S, para o intervalo temporal 1862-1958. O intervalo temporal

1958-2015 apresenta uma clara tendência de acreção, com TE de  $4.86 \pm 0.06$  m/ano a N, e erosiva a S, com  $-1.42 \pm 0.04$  m/ano. As TE refletem a tendência de avanço da LC a N da foz do Mondego e um recuo na zona a S, entre 1862 e 2015. A escolha do indicador de posição LC é importante. O indicador PM está presente nos 3 suportes cartográficos e permite uma efetiva comparação (e.g. base da duna não visível). No entanto, a incerteza posicional da PM no mapa de 1862 é elevada (a simbologia/documentação não é esclarecedora). Foi maximizado o erro associado à posição do indicador- média da distância linear entre as posições das linhas- que integrou a incerteza posicional da LC de 1862 e que, ainda assim, conduziu a valores de TE representativos.

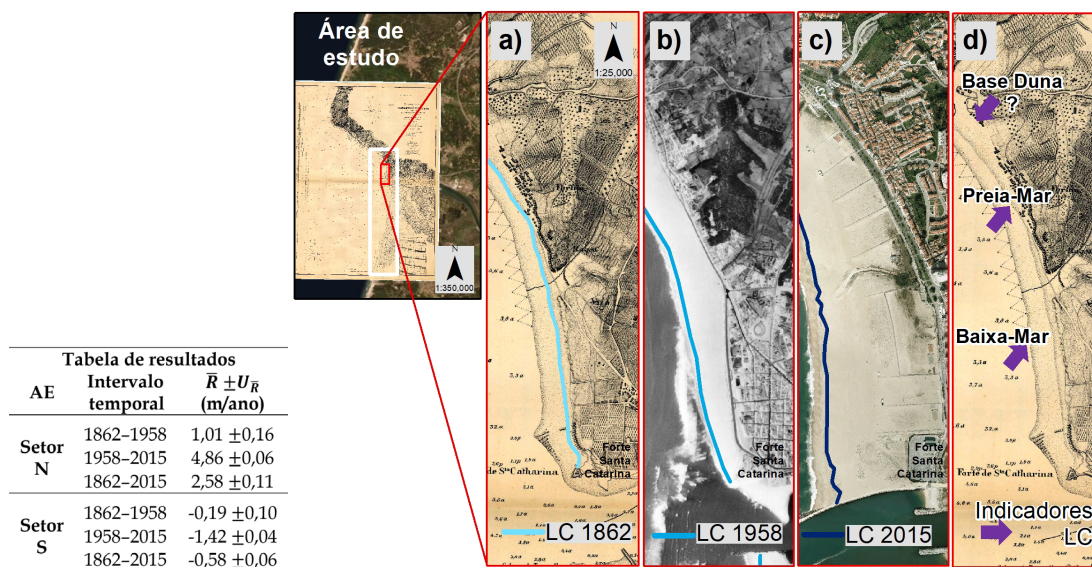


Figura 1. Área de estudo. Detalhes dos elementos cartográficos utilizados ((a), b) e c)), com as LC vetorizadas e d) indicadores de LC no mapa de 1862. Tabela de resultados: média ( $\bar{R}$ ) das TE da posição da LC ( $R$ ) e incerteza da taxa média de alteração ( $U_{\bar{R}}$ ).

#### 4. CONCLUSÕES

O cálculo da incerteza permitiu a utilização de cartografia histórica na quantificação da variação secular da posição da LC. Desenvolvimentos futuros são o aumento da representatividade das linhas de costa nos séculos em análise, métodos alternativos de validação dos resultados obtidos e análise/avaliação dos diferentes indicadores presentes na cartografia antiga.

#### AGRADECIMENTOS

Financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P./MCTES através de fundos nacionais (PIDDAC) – UIDB/50019/2020.

#### REFERÊNCIAS

- Carapuço, M., Taborda, R., Silveira, T., Psuty, N., Andrade, C. & Freitas, C., 2016. "Coastal geoinicators: towards the establishment of a common framework for sandy coastal environments", *Earth-Science Reviews*, 154 (2016), 183-190.
- Gupta, E. & Rajani, M., 2020. "Historical coastal maps: importance and challenges in their use in studying coastal geomorphology", *Journal of Coastal Conservation*, 24(2), 1-7.
- Lukas, M., 2014. "Cartographic reconstruction of historical environmental change", *Cartographic Perspectives*, 78, 5-24.
- Ponte Lira, C., Silva, A. N., Taborda, R. & Andrade, C., 2016. "Coastline evolution of Portuguese low-lying sandy coast in the last 50 years: an integrated approach", *Earth System Science Data*, 8(1), 265-278.



# AUTOMATIC IDENTIFICATION OF THE WAVE RUNUP LINE FROM CAMERA IMAGES

R. Martins<sup>(1)</sup>, A. Azevedo<sup>(1)</sup>, G. Jesus<sup>(1)</sup>, A. Oliveira<sup>(1)</sup>, A.B. Fortunato<sup>(1)</sup>,  
F.S.B.F. Oliveira<sup>(1)</sup>, A. Nahon<sup>(1)</sup> and P. Freire<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> LNEC; Av. do Brasil 1700-066 Lisbon, Portugal,

*rjmartins, aazevedo, gjesus, aoliveira, afortunato, foliveira, anahon, pfreire@lnec.pt*

## ABSTRACT

We propose a novel methodology for an automated coastline runup detection from high-resolution remote camera images. As part of a multi-source integrated flood risk assessment platform, this methodology will further improve the characterization of the beach hydrodynamics and define automated procedures for the surveillance of coastal overtopping and overwash.

*Keywords: camera, coastline, high-resolution, runup detection, MOSAIC.pt.*

## 1. INTRODUCTION

The Portuguese coast is subject to extreme events that create high flooding risks (Fortunato *et al.*, 2019; Freire *et al.*, 2020). Understanding these hazardous events is necessary to improve planning and emergency responses to reduce flood damage. Project MOSAIC.pt will improve the response capability to coastal flooding events by implementing flood prediction engines using data from multiple sources.

The current MOSAIC.pt platform (Rocha *et al.*, 2021) combines a range of hydro- and morphodynamic models with real-time monitoring data network to simulate the propagation of the wave energy up to the shore. Consists in a workflow of numerical models and procedures to predict basin-scale offshore wave generation up to wave propagation at the beach scale. A method for continuous coastal surveillance is introduced here, that complements the deployment of sensors, field campaigns data and periodical satellite images, which all support model predictions. Herein, we focus on high-resolution remote stationary cameras (used for leisure, security and safety applications) and discuss their use for the application of the automatic procedures directly to the camera feed or stream, which is translated into static frames, in order to detect the instantaneous position of the breaker line, the instantaneous wet-dry line and the runup line. The runup line is defined here as the landward limit of the wet-dry interface for a time interval of a few minutes.

The methodology consists in processing images from a stationary camera in real-time (Amiko BW40M400, with 1920x1080 resolution, set at 15m above mean sea level), applied and validated for a case study at the S. Pedro de Moel beach, on the central Portuguese coast. By correctly detecting water limits in any type of conditions, including low-light or stormy days, we will be able to both enrich the MOSAIC.pt platform and provide a powerful tool to the water authorities.

## 2. DETECTION OF THE RUNUP LINE

The methodology uses an algorithm to process the remote camera images. This algorithm is composed of Python 3 scripts that use OpenCV, a module for video and image processing; and NumPy, a mathematical module.

The procedure is composed of the following steps: 1) image segmentation for sand detection and water pixels masking; 2) image binarization, *i.e.*, apartness of the sand from water pixels; and 3) maximum binary image for a customizable period of T seconds (by default, 3 seconds) and determine runup.

The averaging procedure filters out the variability associated with wind waves, making the data readily comparable to phase-averaged wave models. Images are processed before rectification to minimize errors. First, wet and dry sand are detected for all images, by i) applying a Bilateral Filter, ii) converting to HSV (Hue-Saturation-Value) colorspace, iii) normalize the image brightness, iv) applying a thresholding using inRange operator to filter the sand zones, v) applying an erosion morphological filter, and vi) apply image masking to filter unneeded information of the image for our detection. Then, we apply binarization, where we assign 0 as sand (black) and 1 as water (white) (Figure 1). Finally, in order to know if a pixel gets wet during a certain period  $T$ , we fetch the binary images for that period and create an maximum binary image, by applying the formula  $Mxi = \max(Pxt: t0+iT < t < t0+(i+1)T)$ , where  $x$  is pixel,  $t$  is time, and  $i$  is binary image, and determine the runup line by checking these maximum images for pixels.



Figure 1: Left: original image; center: sand detection in HSV and masking; right: image binarization.

### 3. CONCLUSIONS

A new methodology for camera static images processing is proposed herein, aiming at supporting early warning systems for inundation and overtopping in coastal areas. Planned work consists in applying calibration to the original images, and application of image rectification software to the final images.

### ACKNOWLEDGEMENTS

This work was funded by FCT through project MOSAIC.pt (PTDC/CTA-AMB/28909/2017). We want to acknowledge FCUL for providing the software for the image rectification.

### REFERENCES

- Fortunato, A.B., E.P. Meredith, M. Rodrigues, P. Freire, H. Feldmann, 2019. Near-future changes in storm surges along the Atlantic Iberian coast, *Nat. Haz.*, 98(3): 1003-1020.
- Freire, P., F.S.B.F. Oliveira, J.N.C. Oliveira, 2020. Coastal flooding process: comparing different coastal typologies response to extreme hydrodynamic conditions. *J. Coast. Res.*, SI 95: 797-802.
- Rocha, M., A. Oliveira, P. Freire *et al.*, 2021. Multi-Hazard WebGIS Platform for Coastal Regions. *Appl. Sci.*, 11, 5253.



# BALANÇO SEDIMENTAR NO DELTA DE VAZANTE DO RIO MONDEGO

Jorge Dias<sup>(1)</sup>, Erwan Garel<sup>(2)</sup>, Paulo Baptista<sup>(3)</sup> e Cristina Bernardes<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Departamento de Física, Universidade de Aveiro, Portugal (jorgemiguel@ua.pt)

<sup>(2)</sup> Centro de Investigação Marinha e Ambiental (CIMA), Universidade do Algarve, Faro, Portugal (egarel@ualg.pt)

<sup>(3)</sup> Departamento de Geociências & Centro de Estudos do Ambiente e do Mar (CESAM), Universidade de Aveiro, Campus de Santiago, 3810-193 Aveiro, Portugal (renato.baganha@ua.pt, cbernardes@ua.pt)

## RESUMO

Este trabalho pretende analisar a transposição sedimentar na zona do delta de vazante do rio Mondego, nas suas várias componentes. Foram utilizados os modelos digitais de elevação da zona submersa disponibilizados pelo programa COSMO, para o período 2018 – 2021, tendo os resultados indicado elevada variabilidade morfológica e volumétrica, com diminuição de 0,84 Mm<sup>3</sup> no volume na área circundante à desembocadura.

*Palavras-chave: Morfodinâmica; Dinâmica costeira; Batimetria; Balanço sedimentar.*

## 1. INTRODUÇÃO

O setor costeiro analisado abrange a foz do rio Mondego onde a construção de molhes levou à alteração profunda da dinâmica sedimentar (Figura 1a). A erosão existente obriga ao fornecimento artificial de areia às praias a sul da embocadura para minimizar o impacto de temporais e do défice sedimentar que caracteriza este setor. A navegabilidade do canal exige dragagens frequentes, tornando-se essencial para a gestão deste sistema o conhecimento da dinâmica sedimentar no delta e bypass de material entre as praias a barlar e sotamar dos molhes. Neste estudo, propõe-se uma análise do balanço sedimentar suportada na evolução morfológica e volumétrica do delta, tendo-se optado por considerar a descarga sólida fluvial nula para simplificar o modelo.

## 2. METODOLOGIA

A partir dos modelos digitais de elevação (COSMO, 2018 – 2021), definiram-se 4 áreas representativas das principais trajetórias sedimentares e locais de acumulação (Figura 1b): ao longo do canal de navegação, complexos sedimentares a barlar e a sotamar dos molhes, que protegem a entrada ao estuário, constituídos por barras submersas retilíneas condicionadas pela ação das ondas, e a barra externa, de forma lobulada resultante da interação dos fluxos de enchente e vazante com a ondulação. O volume de cada elemento morfológico foi calculado usando uma superfície de referência planar no referencial temporal de 2018 (isobatimétrica 0 m, volume = 0 m<sup>3</sup>). No balanço sedimentar considerou-se o volume dos elementos morfológicos e a acreção/erosão local.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De 2018 a 2021, o volume a barlar calcula-se em 600.000 m<sup>3</sup>/ano, de acordo com a estimativa da deriva litoral (1.1 Mm<sup>3</sup>/ano) e a retenção (0.5 Mm<sup>3</sup>/ano) devido à presença do molhe norte [1]. Os dados indicam uma elevada variabilidade inter-anual da morfologia e volume do delta de vazante, apenas parcialmente explicada pelas frequentes dragagens do canal de navegação. Em 2021, identifica-se uma zona de elevada acumulação sedimentar no complexo a sotamar, evidenciado por uma diminuição significativa da profundidade de -3,6 m (ZH) (Figura 1b e c).

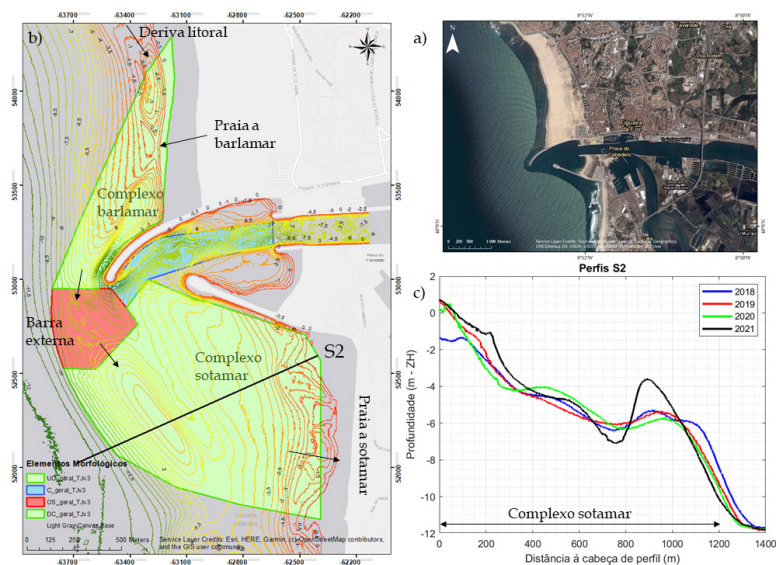


Figura 1. Mapa de localização da zona de estudo (a); batimetria, elementos morfológicos e trajetórias sedimentares (b); linhas de perfil S2 (c). Profundidade em metros e referida ao ZH.

O delta de vazante experimentou uma diminuição gradual do volume no período considerado, de 5.71 Mm<sup>3</sup>, em 2018, a 4.87 Mm<sup>3</sup>, em 2021. Por outro lado, a análise do balanço sedimentar indicou que terão chegado à zona a sotamar dos molhes, aproximadamente, 309.500 m<sup>3</sup> de sedimentos, em 2019, 618.000 m<sup>3</sup> em 2020, e 641.100 m<sup>3</sup> em 2021.

#### 4. CONCLUSÕES

O delta de vazante apresenta elevada variabilidade morfológica, colocando dificuldades acrescidas à gestão portuária, devido à dificuldade em prever a sua evolução e a resposta às dragagens. O trabalho futuro deverá relacionar a evolução morfológica e volumétrica, com as condições hidrodinâmicas que afetam este setor costeiro.

#### REFERÊNCIAS

- [1] G.T.L. (2014). Relatório do Grupo de Trabalho do Litoral. Gestão da zona costeira, o desafio da mudança. 255p.
- [2] <https://cosmo.apambiente.pt>, acedido em [16/12/2020]



# CARACTERIZAÇÃO DOS GRADIENTES DA DERIVA LITORAL AO LONGO DO SETOR COSTEIRO ESMORIZ-NAZARÉ

Margarida Ferreira<sup>(1)</sup>, Carlos Coelho<sup>(1)</sup> e Paulo A. Silva<sup>(2)</sup>

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

<sup>(2)</sup> CESAM & Departamento de Física, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal, *psilva@ua.pt*

## RESUMO

Uma extensão considerável do litoral Oeste Português, onde se insere o setor costeiro EsmorizNazaré, caracteriza-se por apresentar problemas de erosão devido à existência de défice sedimentar significativo. Neste contexto, torna-se essencial caracterizar a deriva litoral potencial, antecipando as zonas com maior potencial de transporte sedimentar longitudinal e maiores saldos negativos por trecho sedimentar, portanto, mais suscetíveis à erosão costeira.

*Palavras-chave: Transporte Sedimentar; Agitação Marítima; CERC; Mil-Homens; Erosão Costeira*

## 1. INTRODUÇÃO

A agitação marítima é considerada o principal agente que promove o transporte sedimentar, sendo a evolução da linha de costa nos setores arenosos resultante da relação dinâmica entre o volume de sedimentos em transporte e a disponibilidade de areias existentes na zona costeira e que a ela afluem. De acordo com Santos *et al.* (2014), o setor Esmoriz-Nazaré está exposto a uma agitação marítima muito energética, que potencia uma deriva litoral estimada em  $1.1 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/ano de sedimentos (valor de referência utilizado para calibração), com uma resultante de norte para sul. Este trabalho teve como objetivo caracterizar a deriva litoral potencial ao longo do setor EsmorizNazaré, dividindo-se a área de estudo em 10 trechos costeiros. A divisão dos trechos foi definida pela existência de singularidades morfológicas e/ou obras costeiras (Figura 1).

## 2. DERIVA LITORAL

### 2.2 Metodologia

Com recurso à série de agitação marítima Histórica, disponibilizada no âmbito do projeto MarRisk (2017) com 46 anos de registos (1960-2005), e à aplicação das fórmulas de cálculo de transporte sólido longitudinal de sedimentos CERC (1984) e modificação de MilHomens *et al.* (2013), quantificou-se a deriva litoral potencial (componente NS, S-N, saldo líquido e bruto), para cada trecho da área de estudo. Para isso, definiu-se a orientação média de cada trecho e, por aplicação da teoria linear de Airy, obtiveram-se as características da agitação marítima na rebentação. Estas características foram utilizadas para quantificar o potencial de deriva litoral.

### 2.2 Resultados

A análise dos resultados indica que, independentemente da fórmula de cálculo aplicada para quantificar a deriva potencial, em todos os trechos costeiros o transporte de sedimentos ocorre predominantemente no sentido NS. Para todos os trechos, segundo CERC (1984) o valor de transporte na direção N-S é superior a  $1.0 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/ano e S-N inferior a  $0.5 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/ano. Por aplicação de MilHomens *et al.* (2013), a componente N-S é superior a  $2.9 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/ano e S-N inferior a  $0.8 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/ano. Genericamente, os valores dos saldos bruto e líquido obtidos pela fórmula de MilHomens *et al.* (2013) são superiores ao dobro dos estimados com CERC (1984), sendo a diferença

devida ao coeficiente empírico das fórmulas que na fórmula de Mil-Homens *et al.* (2013) depende das características da agitação. No entanto, para as duas formulações os trechos localizados mais a norte da área de estudo, trechos T1 a T5, estão entre os que apresentam maiores valores de potencial de transporte líquido de sedimentos com valores superiores a  $1 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/ano, segundo CERC (1984), e superiores a  $2.5 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/ano, segundo Mil-Homens *et al.* (2013). A capacidade de transporte de sedimentos diminui entre a Tocha e o Cabo Mondego e a sul do Porto da Figueira da Foz. Na Figura 1 apresenta-se a percentagem do saldo líquido de transporte em cada trecho, em relação ao valor obtido para o trecho T1 que segundo CERC (1984) é de  $1.33 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/ano e segundo Mil-Homens *et al.* (2013) é de  $3.03 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/ano.

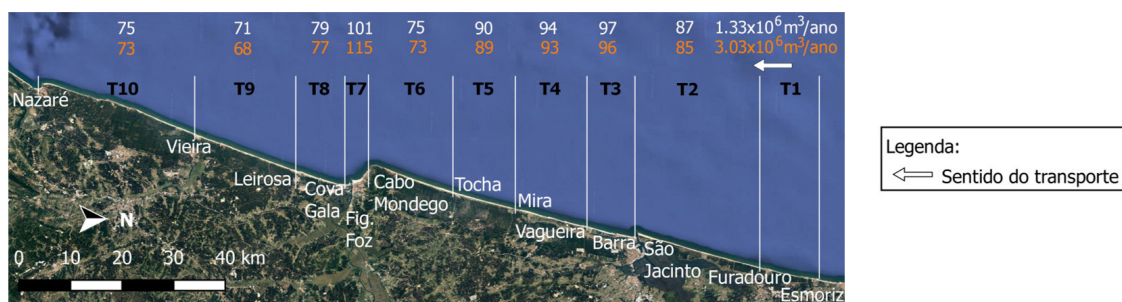


Figura 1. Percentagem do saldo líquido da deriva potencial em cada trecho em relação ao trecho T1: valores a branco obtidos segundo CERC (1984); valores a laranja obtidos segundo Mil-Homens *et al.* (2013).

## 5. CONCLUSÕES

O estudo mostra que o setor em análise apresenta variação nos valores da deriva potencial, sendo essa variabilidade atribuída à distribuição do rumo de proveniência das ondas, maioritariamente do quadrante NW, e à orientação média de cada trecho. Os trechos T1, T3, T4, T5 e T7 são as extensões que apresentam maior deriva potencial. As maiores diferenças do potencial de transporte líquido entre dois trechos consecutivos ocorrem entre os trechos que apresentam maiores variações na orientação média. O maior valor ocorre entre os trechos T6 e T7 (Cabo Mondego), seguindo-se entre T7 e T8 (Cova Gala), T5 e T6 (Tocha) e T1 e T2 (Furadouro).

## AGRADECIMENTOS

Margarida Ferreira é financiado pela FCT através da bolsa com a referência 2021.07269.BD.

## REFERÊNCIAS

- CERC (1984). “Shore Protection Manual, Vol. 1. DC: U.S. Army Corps of Engineers”, Coastal Engineering and Research Center, U.S. Government Printing Office.
- MarRisk (2017). “Adaptação Costeira às Alterações Climáticas: Conhecer os Riscos e Aumentar a Resiliência”, EP-INTERREG V A Espanha-Portugal (POCTEP).
- Mil-Homens, J., Ranasinghe, R., van Thiel de Vries, J., 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
- Santos, F., Lopes, A., Moniz, G., Taborda, R., Ramos, L. (2014). “Gestão da Zona Costeira: O Desafio da Mudança”, Relatório do Grupo de Trabalho do Litoral, 237 p.



# ESTUDO DO ASSOREAMENTO DO PORTO DA ERICEIRA (PORTUGAL)

Alexandra Costa<sup>(1)</sup> e Rui Taborda<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal,  
ancosta97@gmail.com, rtaborda@fc.ul.pt

## RESUMO

O assoreamento do porto da Ericeira tem colocado importantes constrangimentos na atividade portuária. Este trabalho teve por objetivo caracterizar a origem e evolução do assoreamento e estudar os processos sedimentares associados. Os resultados permitiram associar a intensificação do processo de assoreamento à reabilitação e reforço do molhe do porto da Ericeira e estimar a magnitude do transporte sedimentar longilitoral (nos domínios da praia submarina e emersa) em cerca de  $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{ano}$ .

*Palavras-chave:* Porto da Ericeira; Assoreamento; Linha de água; Perfis topo-batimétricos; Sedimento.

## 1. INTRODUÇÃO

O porto da Ericeira está inserido numa zona de interesse piscatório e turístico, servindo como porto de abrigo às embarcações de pesca artesanal. O porto tem vindo a ser objeto de assoreamento, o que tem condicionado a entrada e saída para o mar das embarcações. O objetivo deste trabalho é caracterizar o processo de assoreamento do porto da Ericeira.

## 2. MÉTODOS

Para fazer uma síntese sobre a evolução do porto da Ericeira e da praia dos Pescadores foi efetuada uma extensa compilação bibliográfica e analisadas imagens antigas. O cálculo do volume do assoreamento, desde o início do século XXI até ao presente, baseou-se no tratamento de dados obtidos por levantamento fotogramétrico com *drone* e DGPS (outubro de 2020), dados de imagens de satélite e análise de levantamentos topo-batimétricos realizados por outras entidades em 2011 e em junho de 2020. A variação volumétrica dos vários elementos morfológicos, entre 2011 e 2020, foi determinada diretamente através da comparação dos modelos digitais de terreno. A evolução temporal do processo de assoreamento foi ainda estimada através da evolução da linha de água identificada em imagens de satélite em conjunto com o modelo de perfil de praia sobre uma plataforma rochosa proposta Taborda & Ribeiro (2015). As características dos sedimentos foram determinadas a partir de amostragem realizada na praia e a partir de uma síntese dos dados disponíveis em Sousa *et al.* (2011).

## 3. RESULTADOS E CONCLUSÕES

A análise bibliográfica e comparação das imagens disponíveis mostrou que a construção das infraestruturas portuárias na praia dos Pescadores (e, em particular, do molhe de proteção nos anos 70 do século XX) alterou significativamente a configuração de uma praia natural que ali existia e sobre a qual existem referências pelo menos desde meados do século XIX. A comparação dos MDTs indicou um volume de acreção médio, entre 2011 e 2020, da praia emersa e submarina de aproximadamente  $7500 \text{ m}^3/\text{ano}$  e os  $14400 \text{ m}^3/\text{ano}$ , respetivamente. A análise da evolução da linha de água forneceu valores de assoreamento para o domínio da praia emersa que são concordantes com os anteriores ( $9400 \text{ m}^3/\text{ano}$  para o período entre 2009 e 2019). Os resultados mostraram ainda que o assoreamento aumentou significativamente após reabilitação e reforço do molhe, em 2010,

como consequência do efeito de retenção sedimentar associada ao aumento do abrigo na bacia portuária (Fig. 1). Os resultados obtidos, sugerem ainda, que depois de um rápido crescimento da praia entre 2010 e 2019, o sistema atingiu a saturação.

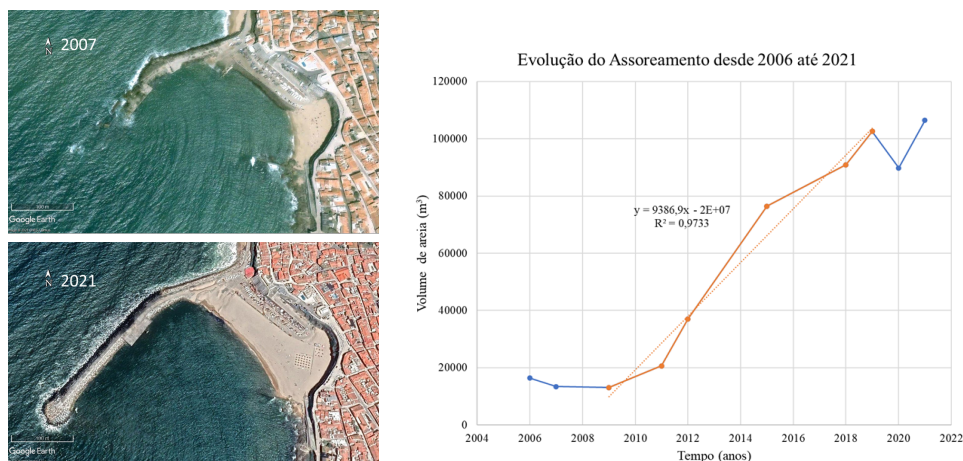


Figura 1. Evolução do assoreamento na praia dos Pescadores. Painel esquerdo) Imagens Google Earth dos anos 2007 e 2021; Painel direito) variação do volume retido entre 2006 e 2021 (valores estimados a partir da evolução da linha de água); o declive da reta de regressão corresponde à taxa média de acreção em m<sup>3</sup>/ano.

Os resultados da análise textural do sedimento mostraram que o processo de transporte é seletivo, com as partículas mais grosseiras a serem transportadas no domínio intertidal, e a acumularem-se na praia dos Pescadores, enquanto as partículas de menores dimensões (areia média) foram transportadas no domínio submarino e promoveram um assoreamento mais intenso na bacia portuária.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho é uma contribuição dos projetos UIDB/50019/2020 – IDL e To-SEAlert (PTDC/EAM-OCE/31207/2017). Os autores agradecem à Direção Geral de Recursos Naturais, Segurança e Serviços Marítimos pela disponibilização do levantamento topo-hidrográfico.

## REFERÊNCIAS

- Sousa, M. J., Leal, J., Faria, A., Lopes, C., Batista, V., Milhomens, J., Vicente, C., Cristóvão, A., Tavares, M., Salgueiro, N., Faria, A., Melo, M., Valle, M., Fonseca, C., & Fernandes, C. (2011). Projecto das obras complementares do porto da Ericeira: Fase 2 – Estudo Do Impacte Ambiental.
- Taborda, R., & Ribeiro, M. A. (2015). A simple model to estimate the impact of sea-level rise on platform beaches. *Geomorphology*, 234, 204–210.

# EROSÕES LOCALIZADAS NOS ESPORÕES DA COSTA DA CAPARICA

Luís Ivens Portela<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Departamento de Hidráulica e Ambiente, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal, [lportela@lnec.pt](mailto:lportela@lnec.pt)

## RESUMO

Analisa-se a ocorrência de erosões localizadas na vizinhança dos esporões da Costa da Caparica, em 21 levantamentos hidrográficos realizados entre 2007 e 2020. As erosões localizadas são mais frequentes e apresentam maiores profundidades nos esporões mais longos e situados mais a norte, EC6 (9,4 m ZH), EC4 (7,6 m ZH) e EC7 (6,5 m ZH). Este resultado indica que as condições hidrodinâmicas não são uniformes, *i.e.*, a resultante das correntes de maré e da ação das ondas parece ser mais forte a norte do que a sul. As intervenções de alimentação artificial reduzem a presença e a profundidade das erosões localizadas.

*Palavras-chave: Estruturas marítimas; Morfodinâmica; Praia; Transporte sedimentar.*

## 1. INTRODUÇÃO

O campo de esporões da Costa da Caparica, formado por 7 esporões (de sul para norte, EC1 a EC7) construídos no início da década de 70, com 180 m de comprimento cada e distribuídos por uma frente de 2000 m, foi objeto de uma intervenção entre 2004 e 2006. Nesta intervenção, efetuou-se um prolongamento dos esporões EC6, EC4 e EC2, que passariam a ser estruturantes e que adquiriram comprimentos de cerca de 260, 230 e 200 m, tendo-se encurtado parcialmente os restantes (Velooso-Gomes *et al.*, 2007). No presente trabalho, analisa-se a ocorrência de erosões localizadas devidas a correntes e ondas na vizinhança dos esporões da Caparica, desde 2007, e a influência exercida nessas erosões pelas intervenções de alimentação artificial.

## 2. METODOLOGIA

Analisaram-se 18 levantamentos hidrográficos da Costa da Caparica, realizados entre julho de 2007 e dezembro de 2017, propriedade da Agência Portuguesa do Ambiente, e 3 levantamentos do Programa COSMO, realizados em 2018, 2019 e 2020. Para distinguir as cavidades de erosão induzidas pelas estruturas de outras alterações do fundo, admitiu-se que as primeiras se situam num raio máximo de 150 m da extremidade de cada esporão.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados relativos à presença e à profundidade máxima das erosões localizadas são apresentados em síntese no Quadro 1. Verifica-se que as maiores profundidades das cavidades de erosão estão associadas aos esporões EC6 (9,4 m), EC4 (7,6 m) e EC7 (6,5 m). As erosões localizadas são também mais frequentes em EC6 e EC4 (cerca de 2/3 dos levantamentos), e ainda em EC7, sendo pouco frequentes nos restantes. Porém, no esporão EC7 tendem a confundir-se com a evolução dos fundos frente à praia de S. João da Caparica. Conclui-se que as erosões localizadas são mais importantes: nos esporões longos do que nos esporões curtos; e nos esporões a norte do que nos esporões a sul. Esta última conclusão indica que a resultante das correntes de maré e da ação das ondas seja mais forte no sector norte do trecho costeiro em análise. As profundidades máximas observadas nos esporões da Caparica são inferiores à profundidade máxima no esporão EV2 da Cova do Vapor (Figura 1 a), refletindo condições hidrodinâmicas distintas. As intervenções de alimentação artificial

parecem reduzir a presença e a profundidade das erosões localizadas (Figura 1 b-c), o que sugere que estas intervenções contribuam temporariamente para a proteção das estruturas.

Quadro 1. Erosões na extremidade dos esporões EC1 a EC7: número de levantamentos em que se observam ( $n$ ) e valor máximo da profundidade da cavidade de erosão ( $H_{máx}$ ).

	ESPORÃO						
	EC7	EC6	EC5	EC4	EC3	EC2	EC1
$n$	11	15	1	14	0	2	0
$H_{máx}$ (m ZH)	6,5	9,4	1,6	7,6	-	3,4	-

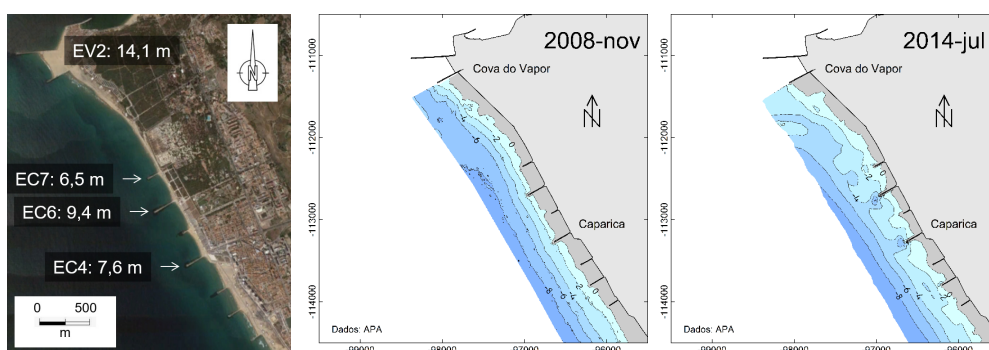


Figura 1. a Erosões localizadas máximas (m ZH) no esporão EV2 da Cova do Vapor (Portela, 2019) e nos esporões da Costa da Caparica. b-c Levantamentos topo-hidrográficos da Costa da Caparica de novembro de 2008 (pós-alimentação artificial), sem erosões localizadas, e julho de 2014 (pré-alimentação), com erosões associadas aos esporões mais longos.

## AGRADECIMENTOS

Os levantamentos de 2007 a 2017 foram amavelmente disponibilizados pela Agência Portuguesa do Ambiente. Os levantamentos de 2018 a 2020 foram obtidos no âmbito do Programa COSMO, encontrando-se disponíveis em: <https://cosmo.apambiente.pt>.

## REFERÊNCIAS

- Portela, L.I., 2019. 'Erosões localizadas na vizinhança do esporão EV2 da Cova do Vapor', 5ª Conferência sobre Morfodinâmica Estuarina e Costeira, FCUL, 9-10.
- Veloso-Gomes, F., Taveira-Pinto, F., Pais-Barbosa, J., Costa, J. e Rodrigues, A., 2006. 'Estudo das intervenções na Costa da Caparica', 1.as Jornadas de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente, FEUP, 27-35.



# THE FAST-CHANGING COAST OF TUKTOYAKTUK PENINSULA (BEAUFORT SEA, CANADA): ANALYSIS OF CHANGES FROM 1985 TO 2020

Bernardo Costa<sup>(1)</sup>, Gonçalo Vieira<sup>(1,2)</sup> and Dustin Whalen<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> *Institute of Geography and Spatial Planning, University of Lisbon, Portugal, bcosta4@edu.ulisboa.pt*

<sup>(2)</sup> *Centre of Geographical Studies, Institute of Geography and Spatial Planning, University of Lisbon, Portugal, vieira@edu.ulisboa.pt*

<sup>(3)</sup> *Natural Resources Canada, Dartmouth, Nova Scotia, Canada, dustin.whalen@nrcan-rncan.gc.ca*

## ABSTRACT

Pléiades satellite imagery from 2020 and aerial imagery from 1985 are used to delineate the shoreline change in Tuktoyaktuk Peninsula and to assess its change rates. Backshore and foreshore coastal morphology types are characterized from Pléiades imagery and ArcticDEM assessment. Average shoreline change rates are -1.06 m/yr with variations between differing morphology areas.

*Keywords: Arctic Coastal Change; Erosion; Submersion; Remote Sensing; Coastal Morphology.*

## 1. INTRODUCTION

The average rate of coastal change in the Arctic Ocean is -0.5 m/yr, despite significant local and regional variations, with large areas well above -3 m/yr (Lantuit *et al.*, 2012). Recent data suggests an acceleration of coastal retreat in many areas due to an increasingly shorter sea ice season, higher storminess, warmer ocean waters and sea-level rise (O'Rourke, 2017). This work consists of the characterization and analysis of the main controlling factors influencing recent shoreline change in the Tuktoyaktuk Peninsula, Beaufort Sea Coast. The specific objectives are: I. mapping Tuktoyaktuk Peninsula's shoreline at different time-steps using remote sensing imagery, II. quantifying the recent shoreline change rates, III. characterizing the coastal morphology, and IV. assessing shoreline change dynamics according to coastal geomorphology. The Tuktoyaktuk Peninsula is located in the Inuvik Region of the Northwestern Territories of Canada. It is a lowland composed of Holocene to Late Pleistocene sediments, overlaying continuous ice-rich permafrost, with a Tundra Climate.

## 2. METHODS

A very high-resolution Pléiades survey from 2020 (0.5 m resolution), aerial photos from 1985 (0.75 m resolution) and the ArcticDEM at 2m resolution were used to characterize the coast and quantify c. 560 km of shoreline change rates. The backshore was classified into: 1) Tundra Bluffs, subdivided according to cliff height and presence of ice-wedge polygons, 2) Tundra Flats, subdivided by foreshore intertidal lakes existence and 3) Barrier Beaches and Sandspits. The foreshore was classified as: 1) Beaches, 2) Tundra flats and 3) Active Bluffs. The wet-dry line was the proxy chosen to represent the shoreline in both dates and was delineated by photointerpretation in GIS environment.

## 3. RESULTS

### 3.1 Coastal Morphology of the Tuktoyaktuk Peninsula

Tuktoyaktuk Peninsula is divided in four sectors with different geomorphological characteristics: Tuktoyaktuk Hamlet – Hutchinson Bay; Hutchinson Bay – Atkinson Point; McKinley Bay; Seal Bay – Cape Dalhousie. Tundra bluffs are the main backshore morphology, occupying c. 56% of the





Tuktoyaktuk Peninsula coast, while Tundra Flats represent c. 30% of the study area and Barrier Beaches and Sandspits encompass the remaining c. 14%. In the foreshore classification beaches represent 51%, whereas Tundra Flats occupy c. 34% of the foreshore area and active bluffs represent c. 15%.

### 3.2 Analysis of the shoreline change of the Tuktoyaktuk Peninsula

Results show an average shoreline change rate of -1.06 m/yr between 1985 and 2020, a number higher than the Arctic average rate. The shoreline changes rates varied between -30.9 m/yr and 11.2 m/yr, with the Tuktoyaktuk Peninsula losing c. 48 ha of land yearly for the past 35 years. The results display an influence of coastal morphology on change rates. The shoreline retreat was higher in backshore tundra flats (-1.74 m/yr), whereas more aggradation cases exist in barrier beaches and sandspits, although still with retreat prevailing (-0.81 m/yr). The presence of *ice-wedge* polygons in bluffs contributes to increasing retreat. Foreshore assessment is crucial, as beaches present a hindering impact on coastal retreat (-0.76 m/yr), whereas foreshore submerged tundra flats present no significant barrier to its occurrence (-1.74 m/yr). There are several areas with retreat rates higher than -4 m/yr, most being submersion cases (65%).

## 6. CONCLUSIONS

This study identifies the interconnection between coastal morphology and change rates, raising attention to the distinct impacts of erosion and submersion, which hampers the interpretation of results from automated coastal delineations. These two processes have distinct effects in sediment fluxes, volume loss and estimation of permafrost carbon fluxes, hence on assessment of its climate impacts.

## ACKNOWLEDGEMENTS

This research is part of the Nunataryuk project funded by the European Union's Horizon 2020 Research and Innovation Programme under grant agreement no. 773421 and from the Climate Change Preparedness in the North Program (Government of Canada). We thank the support for remote sensing imagery access by the WMO Polar Space Task Group.

## REFERENCES

- Lantuit, H., Overduin, P., Couture, N., Wetterich, S., Aré, F ... Vasiliev, A., 2012. 'The Arctic Coastal Dynamics Database: A New Classification Scheme and Statistics on Arctic Permafrost Shorelines', *Estuaries and Coasts*, 35, 2, 383–400. <https://doi.org/10.1007/s12237-010-9362-6>
- O'Rourke, M., 2017. 'Archaeological site vulnerability modelling: The influence of high impact storm events on models of shoreline erosion in the Western Canadian arctic'. *Open Archaeology*, 3, 1, 1–16. <https://doi.org/10.1515/opar-2017-0001>





# REMOTE SENSING ANALYSIS OF RECENT COASTAL DYNAMICS IN DARNLEY BAY (AMUNDSEN GULF, CANADA)

Rodrigue Tanguy<sup>(1)</sup>, Gonçalo Vieira<sup>(1)</sup>, Dustin Whalen<sup>(2)</sup> and Gonçalo Prates<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> *Institute of Geography and Spatial Planning – Centre for Geographical Studies, University of Lisbon, Lisbon, Portugal, rodrigue.tanguy@edu.ulisboa.pt*

<sup>(2)</sup> *Natural Resources Canada, Dartmouth, Canada, dustin.whalen@NRCan-RNCan.gc.ca*

<sup>(3)</sup> *University of Algarve, Faro, Portugal, gprates@ualg.pt*

## ABSTRACT

As the Arctic warms, permafrost coasts are experiencing higher erosion rates, threatening coastal communities and infrastructures, and altering sediment and nutrient budgets. However, some areas are still neglected by research. The mouth of the Amundsen Gulf is home to Darnley Bay, while the coast of the ecologically important Cape Parry to Paulatuk area included in the Anguniaqvia Niqiqyuam Marine Protected Area has been still little studied. It is also an important area for the Inuvialuit ensuring the survival of their culture and food source. This study aims to quantify shoreline change rates in function of the type of coast over 55 years along the eastern coast of Parry Peninsula, using a new very high-resolution survey based on CNES Pleiades imagery from 2020, and historical aerial imagery from 1965 and 1993.

*Keywords: Parry Peninsula, Coastal morphology, Coastline evolution, Carbon fluxes, Permafrost.*

## 1. INTRODUCTION

Permafrost coasts are particularly vulnerable to coastal erosion. In the Arctic the average coastal erosion rate is 0.5 m/year (Obu *et al.*, 2017), but these rates are heterogeneous and dependent of various factors. The sea-ice decline increases the impact of storms and waves on Arctic coasts. Moreover, sea level rise and the loss of material cohesion by thawing permafrost is exacerbating erosion along the Arctic coastlines, threatening infrastructures and local communities, but also playing a major role in the release of organic carbon to the atmosphere and coastal waters (IPCC, 2019). Darnley Bay is a large inlet situated in the Inuvialuit Settlement Region (Canadian Northwest Territories), in the southern shore of the Amundsen Gulf. The westward area is classed as a Marine Protected Area since 2009 in reason of its important ecological and biological values (Paulic *et al.*, 2011). It is the habitat of various mammals, such as the beluga or the bowhead whale, but also for Arctic Char, an important source of food for the Inuvialuit. The analysed coast extends from Cape Parry to Paulatuk Peninsula.

## 2. OBJECTIVES AND METHOD

The present study aims to (1) establish a coastal morphology classification of the backshore and foreshore zone of the eastern coast of Parry Peninsula and (2) measure shoreline change rates between 1965 and 2020. The methodology applied was (1) the coastal morphology classification using new satellite imagery of 2020, (2) the ortho-rectification of historical aerial imagery, (3) the manual shoreline digitizing in order to (4) calculate shoreline change rates with a Digital Shoreline Analysis System procedure (DSAS).



### 3. RESULTS AND DISCUSSION

The eastern coast of Parry Peninsula shows two distinct lithological units: an unconsolidated coast made of morainal deposits and a coast of consolidated sedimentary rocks, which represents 60% of the backshore zone. The mean change rate for the 1965-2020 period is  $-0.13 \pm 0.05$  m/year along the backshore zone and  $-0.20 \pm 0.05$  m/year along the foreshore zone. These values express an overall slowly retreating coastline, with greater variability of changes along the foreshore zone, while the backshore zone remains more stable. The highest retreat rates were measured along tundra bluffs and sandy beaches. The dominant rocky composition and the sheltered orientation from storms swells of the studied coastline may explain its low retreat rates. However, erosion is accelerating in recent decades, along with some unlithified sectors.

### 4. CONCLUSIONS

This study provides the first regional quantification of coastal changes in the Amundsen Gulf with high resolution airborne and satellite imagery. The east coast of Parry Peninsula is made of two distinct coast types and shows coastline changes specific to rocky coasts. A sedimentary rocky coast in the north, constituting 60 % of the shoreline and an unconsolidated coast of moraine deposits. The foreshore zone is characterized by extensive mobile sedimentary features homogeneously distributed along the coast acting as a buffer, and showing higher shoreline changes. This study confirms a significant increase in the foreshore zone retreat rates, showing an acceleration of the erosion of 100 % in recent decades in some specific sectors of the south.

### ACKNOWLEDGMENTS

This research is part of the Nunataryuk project. Funding under the European Union's Horizon 2020 Research and Innovation Programme under grant agreement no. 773421 and from the Climate Change Preparedness in the North Program (Government of Canada). We thank the support for remote sensing imagery access by the WMO Polar Space Task Group.

### REFERENCES

- Obu, J., Lantuit, H., Grosse, G., Günther, F., Sachs, T., Helm, V., & Fritz, M., 2017. Geomorphology Coastal erosion and mass wasting along the Canadian Beaufort Sea based on annual airborne LiDAR elevation data. *Geomorphology*, 293, 331–346
- Paulic, J.E., B. Bartzen, R. Bennett, K. Conlan, L. Harwood, K. Howland, V. Kostylev, L. Loseto, A. Majewski, H. Melling, A. Neimi, J.R. Reist, P. Richard, E. Richardson, S. Solomon, W. Walkusz and B. Williams., 2012. "Ecosystem Overview Report for the Darnley Bay Area of Interest (AOI)", *Canadian Science Advisory Secretariat Research Document*, 63.
- Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer, H.-O., 2019. "IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate", *in press*



# TRACKING ECOGEOMORPHOLOGIC STATES IN RENATURALIZED WETLANDS

A. Rita Carrasco<sup>(1)</sup> and Ana I. Sousa<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Centre for Marine and Environmental Research (CIMA), University of Algarve, Campus of Gambelas, 8005-139, Faro, Portugal, azarcos@ualg.pt

<sup>(2)</sup> CESAM – Centre for Environmental and Marine Studies, Department of Biology, University of Aveiro, Campus Universitário de Santiago, 3810-193, Aveiro, Portugal, anaisousa@ua.pt

## ABSTRACT

Here we analyze the recent biophysical adjustment of renaturalized wetlands based on remote sensing techniques. Departing from habitat mapping we developed a State-and-transition model to describe ecological changes. This is the first study in Portugal tracking the ecogeomorphologic states of renaturalized and restored wetlands.

*Keywords: rewilded wetlands; remote sensing; biogeomorphologic indicators; management.*

## 1. INTRODUCTION

From an ecological and socio-economic perspective, wetlands are one of the most valuable natural assets on Earth. Wetland restoration has become a fundamental part of the EU strategy for biodiversity and of the climate action, but also one of the goals of the United Nations Decade on Ecosystem Restoration (2021-2030). Far from the long-lasting experience of Central Europe, many of the Southern European countries are still in the early stages of wetland restoration, renaturalization or realignment. Indeed, the passive wetland restoration strategy based on the reconversion of abandoned salt pans and aquacultures to restored and rewilded wetlands became popular in Portugal over the last decade. The objective of this study is to assess the ecogeomorphologic evolution of renaturalized areas in the two main coastal lagoons of Portugal, Ria Formosa and Ria de Aveiro.

## 2. METHODS

Data imagery included orthophotomaps and GoogleEarth images (since 2007). The photos were georeferenced, and wetlands' habitats were mapped in 5 renaturalized wetlands in Ria Formosa and Ria de Aveiro, following criteria described in Carrasco *et al.* (2021) and Blount *et al.* (2022).

## 3. RESULTS AND DISCUSSION

During ten years of natural evolution, we identified four main ecogeomorphologic states in these environments: (1) hydrodynamic readjustment and sediment infilling; (2) channelization; (3) mud or sand flats built-up and pioneer vegetation colonization; and (4) vertical accretion and replacement of the tidal flat by the low marsh (Figure 1). The morphological development of the tidal flat (and its colonization by primary producers) was relatively fast, occurring in the first 1-2 years after renaturalization, whereas the development of a bimodal interface between tidal flat and low marsh occurred at slower rates (colonization by pioneer vegetation started ~ 3 years after renaturalization). In restored wetlands facing high sediment supply, salt marsh areas increased at rates ranging between 500 and 1 000 m<sup>2</sup>year<sup>-1</sup>. Our results show that the effectiveness of these restoration projects is primarily driven by sediment availability. This means that restored wetland-based solutions can contribute to climate change mitigation but are effective only in coastal locations where abundant sediment supply is available.

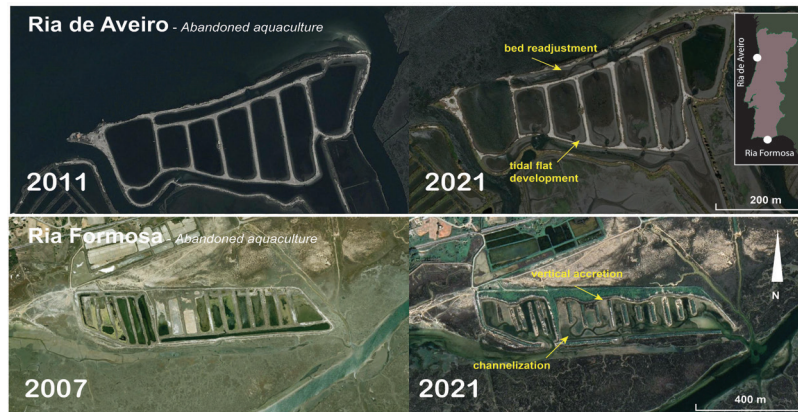


Figure 1. Aerial photos showing morphological changes on wetlands' systems: abandoned aquaculture in Ria de Aveiro (from 2011 to 2021; upper panel), and abandoned aquaculture in Ria Formosa, intervened in 2007 (from 2007 to 2021; lower panel); the yellow arrows point the main ecogeomorphologic states. Images from GoogleEarth (Landsat/ Copernicus, 2021).

Currently, there is no effective management strategy for renaturalized wetlands in Portugal, meaning there are no standard indicators to benchmark the success of ongoing interventions. Research on restored wetlands should in the future merge *in situ* observations and resilience assessment schemes, as well as develop biogemorphologic indicators of evolution after interventions.

#### ACKNOWLEDGEMENTS

A. Rita Carrasco was supported by the contract DL57/2016/CP1361/CT0002, Ana I. Sousa was supported by the project CEECIND/00962/2017, both funded by Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT). The work is also supported by FCT/MCTES through CIMA (UID/00350/2020) and CESAM (UIDP/50017/2020+UIDB/50017/2020+LA/P/0094/2020).

#### REFERENCES

- Blount, T., Carrasco, A.R., Cristina, S., Silvestri, S., 2022. 'Tracking Marsh Shoreline Evolution Using Open-Source Multispectral Satellite: A Cost-Effective Ecosystem Assessment Tool?' *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 2066, 107664.
- Carrasco, A.R., Kombiadou, K., Amado, M., Matias, A., 2021. 'Past and future marsh adaptation: Lessons learned from the Ria Formosa lagoon'. *Science of the Total Environment*, 790, 148082.

# INFLUENCE OF GEOMORPHOLOGY, SEA-LEVEL RISE AND LAND USE IN THE RECENT EVOLUTION OF SALTMARSHES ALONG THE TRÓIA PENINSULA, SADO ESTUARY

A.G. Cunha<sup>(1,2)</sup>, M. Inácio<sup>(1,2)</sup>, M.C. Freitas<sup>(1,2)</sup> and M.Leira<sup>(2,3)</sup>

<sup>(1)</sup> Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal

<sup>(2)</sup> Instituto Dom Luiz, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal,

<sup>(3)</sup> Biodiversity and Applied Botany Research Group, Departamento de Botánica, Facultad de Biología, Universidade de Santiago de Compostela, Spain, [agcunha@fc.ul.pt](mailto:agcunha@fc.ul.pt), [mfinacio@fc.ul.pt](mailto:mfinacio@fc.ul.pt), [cfreitas@fc.ul.pt](mailto:cfreitas@fc.ul.pt), [mleira@fc.ul.pt](mailto:mleira@fc.ul.pt)

## ABSTRACT

Aerial photographs and orthophoto maps from 1942 to 2018 were used to study the evolution of saltmarshes in six sites of the Tróia sand spit, Sado estuary. Landcover maps were produced, the saltmarsh area was determined, and maps of differences were created for different time intervals. The changes observed were then interpreted considering three main aspects: geomorphology, anthropogenic pressure, and sea level rise.

*Palavras-chave: saltmarsh, aerial photographs, geomorphology, anthropogenic pressure.*

## 1. INTRODUCTION

Saltmarshes are valuable ecosystems, crucial in shoreline protection and many other services. Understanding their recent dynamics is essential to create mitigation plans, especially against sea level rise (Almeida *et al.*, 2014). Historical aerial photographs are a proven source of information about saltmarsh evolution (Civco *et al.*, 1986). In the region of the Tróia peninsula (Sado estuary), aerial photographs are available for the past 70 years. This timespan can give information on how the saltmarshes have responded to recent human and natural driven changes in the estuary and surrounding areas (*e.g.* land use changes and SLR) (Civco *et al.*, 1986).

This work studies the evolution of six saltmarsh patches located along the Tróia sandspit: Caldeira de Tróia (CT-N and CT-S), Malha da Costa (MC-N and MC-S) and Comporta (Cmp-N and Cmp-S) (Figure 1A). Historical aerial photographs were used with the goal of (1) determining multi-decadal trends of saltmarsh change; (2) interpret them in the context of saltmarsh geomorphology; and (3) relate them to concurrent changes in sea-level and land-use.

## 2. METHODS

A large dataset of aerial photographs and orthophoto-maps was acquired, spanning the period 1942-2018. The photographs were georeferenced through back-stepping and landcover maps were created through heads-up digitizing. Overlay analysis was performed to assess landcover changes between sequential years and for the entire study period (1942-2018). Lastly, several landscape indices were calculated to assess saltmarsh fragmentation throughout.

## 3. RESULTS AND CONCLUSIONS

The progression of the saltmarsh area and the overall changes are shown in Figure 1.

Only CT-N (Figure 1B) and Cmp-S (Figure 1G) increase in size, all the other saltmarshes suffer substantial losses in total area. Where saltmarsh islands exist, they start to fragment and disappear,

leaving the main unit more exposed to wave action. The sequential maps (not presented) suggest that the saltmarsh edge retreat tends to accelerate at this stage. There appears to be a link between the rise of the mean sea-level and the colonization of terrestrial areas (saltmarsh displacement to inland), as well as with the drowning of the saltmarsh islands. Availability of accommodation space and level of protection seem to be key factors in saltmarsh resilience. Direct human action can be observed in CT-S (Figure 1C) where the presence of a tide mill in the past defined the saltmarsh's morphology; and in MC-N (Figure 1D) where the saltmarsh was destroyed to build a cement platform. Globally, these saltmarshes combined shrunk over 30 ha ( $\approx 27\%$ ) in the past 70 years.

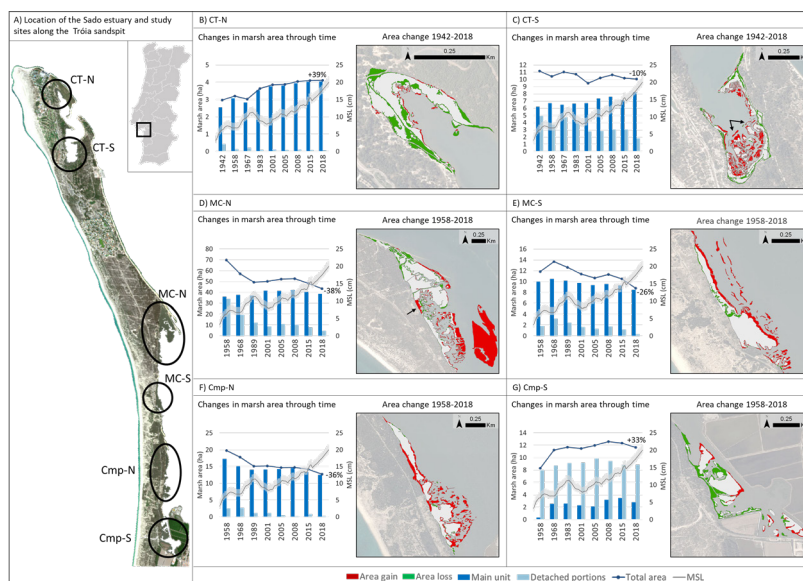


Figure 1. Progression of the saltmarsh area and the overall changes during the study period.

## FUNDING

This research was funded by Portuguese Foundation for Science and Technology, I.P./MCTES through national funds (PIDDAC) – UIDB/50019/2020 + PTDC/CTA-GEO/28412/2017 and Ph.D. Grants PD/BD/106074/2015 + PD/BD/142781/2018.

## REFERENCES

- Almeida, D., Neto, C., Esteves, L.S., Costa, J.C., 2014. The impacts of land-use changes on the recovery of saltmarshes in Portugal. *Ocean & Coastal Management*, vol. 92, 40-49.
- Civco, D.L., Kennard, W.C., Lefor, M.W., 1986. Changes in Connecticut salt-marsh vegetation as revealed by historical aerial photographs and computer-assisted cartographics. *Environmental Management*, vol. 10, Nº2, 229-239.



# EVOLUTION OF THE NORTHWESTERN TIP OF TRÓIA PENINSULA - COUPLING MORPHODYNAMICS WITH HUMAN OCCUPATION

M. Adelaide Ferreira<sup>(1)</sup>, Tanya Silveira<sup>(2)</sup> and Francisco Andrade<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> FCIências.ID, Centro de Ciências do Mar e do Ambiente da Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal, [maferreirac.ul.pt](mailto:maferreirac.ul.pt)

<sup>(2)</sup> Núcleo de Navios de Investigação e Observatórios, Instituto Português do Mar e da Atmosfera, I.P., Lisboa, Portugal, [tanya.silveira@ipma.pt](mailto:tanya.silveira@ipma.pt)

<sup>(3)</sup> Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Centro de Ciências do Mar e do Ambiente da Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal, [faandrade@fc.ul.pt](mailto:faandrade@fc.ul.pt)

## ABSTRACT

The study of the recent multidecadal and annual morphodynamics of the Tróia peninsula terminus through analysis of aerial photographs and topographic surveys, reveals a drastically changing coastline over the last 70 years. Locally, shoreline advance reaches 600 m, with a gain of beach and dune area of c. 500,000 m<sup>2</sup>. Long-term monitoring of the coastal system (since 2004) has guided local management, freeing the most dynamic areas from permanent human occupation, and allowing the dune field to evolve naturally.

*Keywords: Morphodynamics; Coastline change; Coastal management; Coastal monitoring; Sand dunes.*

## 1. INTRODUCTION

The terminus of Tróia peninsula presents a highly dynamic coastline, part of a wider system that includes the Sado ebb delta (*e.g.*, Rebêlo *et al.*, 2012; Costas *et al.*, 2015). Planning of the Troia Resort tourism project in the early 2000s, integrated known coastal morphodynamics, through a *non-edificandi* buffer. This study analyses coastline evolution, in relation to human occupation, stressing the importance of securing adequate buffers in the management of coastal areas.

## 2. METHODS

Analysis of the evolution of the coastline from 1948 to 2002 was based on available georeferenced aerial photographs. From 2004 onwards, analysis was based on large scale annual topographic surveys, covering the subaerial beach, from the frontal dune system to the low water mark, with a total station (Leica TCR307) and, since 2012, a GNSS equipment (Leica Viva GS/CS15 RTK).

## 3. RESULTS

Between 1948 and 2021 (Figure 1) coastline progression reached 600 m locally, translating into a major gain of beach and dune area (c. 500,000 m<sup>2</sup>). Urban development started in the 1960's and lasted until the early 2000s, generally circumscribed by the 1958 coastline. Despite the tourism expansion, this spatial constraint and the use of elevated boardwalks, permitted dunes to naturally evolve. The sand spit continued to grow by sand deposition at its terminus, accompanied by the installation and growth of pioneer and primary dune vegetation, allowing for new areas to be rapidly stabilized while increasing the area's resilience.



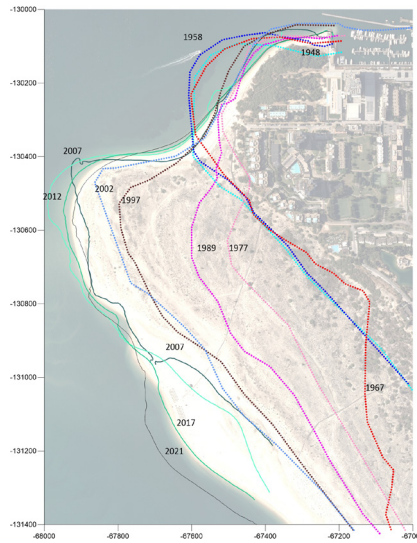


Figure 1. Evolution of the coastline in the study area between 1948 and 2021 (over 2018 orthophotomap).

#### 4. CONCLUSIONS

Understanding the highly dynamic behaviour of Troia peninsula's coastline and morphology is proving key to the effective management of the occupation of this territory by keeping the most active areas free from permanent occupation. It has allowed for the beach-dune system to evolve naturally, safeguarding sediment transfers and foredune morphology enhancement, which leads to increased coastal resilience, particularly in view of climate change and expected sea level rise, while promoting valorisation of the natural landscape. This pattern is contrary to the dominant erosional trend detected along the mainland Portuguese beach-dune systems (Lira *et al.*, 2016).

#### ACKNOWLEDGEMENTS

This study has been funded through FCIências.ID project "Monitorização ambiental do Troiaresort", reference MARE#0379.

#### REFERENCES

- Lira, C.P., Silva, A.N., Taborda, R., Andrade, C.F., 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., Ferraz, M., Brito, P., 2012. Quantification of sediments accumulated in the NW sector of Tróia Peninsula (Portugal) between 1928 and 1995. *J. Coast. Conserv.*, 16, 261–268.
- Costas, S., Rebêlo, L., Brito, P., Burbidge, C.I., Prudêncio, M.I., FitzGerald, D., 2015. The Joint History of Tróia Peninsula and Sado Ebb-Delta. In: Randazzo, G., Jackson, D., Cooper, J. (eds) *Sand and Gravel Spits*. Coastal Research Library, vol 12. Springer, Cham.



# DINÂMICA RECENTE DO SAPAL E DO RASO DE MARÉ DA BAÍA MOITA-MONTIJO E IMPACTES DO TRANSPORTE FLUVIAL

Diana Martins<sup>(1)</sup>, Andreia Alves da Silva<sup>(1)</sup>, João Duarte<sup>(1)</sup>, Gonçalo Vieira<sup>(1,2)</sup> e João Canário<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Instituto de Geografia e Ordenamento do Território, Universidade de Lisboa, Portugal.

<sup>(2)</sup> Centro de Estudos Geográficos e Laboratório Associado TERRA, Instituto de Geografia e Ordenamento do Território, Universidade de Lisboa, Portugal.

<sup>(3)</sup> Centro de Química Estrutural, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Portugal.

## RESUMO

A ocupação humana das áreas estuarinas causou impactes importantes nos ecossistemas nelas inseridos, como é o caso dos sapais. O presente estudo pretende avaliar a evolução das áreas de sapal e de raso de maré da Baía Moita-Montijo, entre 1958 e 2018, e identificar qual a sua relação com as mudanças no tráfego fluvial no canal do Montijo.

*Palavras-chave: Deteção Remota; Evolução; Influência Humana; Raso de Maré; Sapal.*

## 1. INTRODUÇÃO

O aumento da intensidade de utilização das áreas estuarinas em Portugal a partir de finais do século XIX, proporcionou a degradação e destruição dos ecossistemas nelas inseridos, como é o caso dos sapais (Freire, 2003). No estuário do Tejo, a área de sapal foi gradualmente urbanizada e industrializada, tendo sido ocupada por atividades marítimo-portuárias, agricultura, salinicultura e aquicultura (Gonçalves, 2016), muitas das quais abandonadas a partir de 1970 (Marques, 2011).

A área de estudo engloba a área intertidal e de sapal da Baía Moita-Montijo, correspondendo a uma superfície com 24,2 km<sup>2</sup>. É uma área com cerca de 2,7 km<sup>2</sup> de sapal e 15,0 km<sup>2</sup> de raso de maré, sendo a restante área ocupada essencialmente por canais permanentemente inundados. O transporte fluvial assume uma particular importância histórica nesta área, permitindo uma alternativa de ligação a Lisboa através do uso do cais do Seixalinho. A navegação faz-se ao longo do estreito canal do Montijo, entalhado no raso de maré, que tem sido afetado por mudanças morfossedimentares nas últimas décadas.

## 2. OBJETIVOS E METODOLOGIA

O presente estudo tem como objetivos: (1) identificar as alterações verificadas na área intertidal e de sapal da Baía Moita-Montijo entre 1958 e 2018, (2) quantificar as respetivas taxas de erosão e acreção, e (3) compreender a influência do uso do estuário, em especial do tráfego fluvial, na erosão e acreção verificadas.

A metodologia aplicada consiste na: (1) análise de fotografias aéreas e ortofotomapas de forma a inferir as taxas de acreção e erosão verificadas no período em análise, (2) análise das alterações da linha de costa e das margens da área de sapal, (3) quantificação do tráfego de embarcações e tipo de ondas geradas, relacionando-o com as alterações verificadas nas áreas intertidais e de 1

sapal, e (4) cartografia da área de sapal contida em salinas abandonadas, aplicando uma classificação supervisionada sobre uma imagem Worldview-3 de 2018, de forma a avaliar a influência das alterações no uso do solo nos ecossistemas de sapal.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos mostram o predomínio da erosão no sapal exterior às antigas salinas em praticamente toda a área de estudo no decorrer de todo o período de análise, com valor médio de 0,44 m/ano. O maior aumento na erosão ocorreu paralelamente à rota do transporte fluvial, desde 1995. No caso do raso de maré no canal do Montijo, apenas ocorre erosão a partir de 1995, unicamente nas áreas correspondentes à rota do transporte fluvial, com valor médio de 3,4 m/ano. Estes resultados denotam os impactes causados pela ondulação gerada pelos catamarãs, introduzidos na baía em 1995 e que transitam a velocidades superiores e com mais frequência do que as embarcações anteriormente utilizadas (cacilheiros). A ondulação mais forte fomentou a ressuspensão de sedimentos finos e o espessamento de depósitos grosseiros compostos por sedimentos grosseiros e cascas de bivalves nas margens do canal. No período de estudo, destaca-se ainda o aumento de áreas de sapal em salinas abandonadas.

### 4. CONCLUSÃO

A análise realizada a partir de fotografias aéreas e imagens de satélite mostra que desde 1958 o sapal exterior às áreas com antigas salinas foi dominado pela erosão. A introdução dos catamarãs a partir de 1995, gerou o agravamento da erosão do sapal e a elevada erosão do raso de maré nas margens do canal do Montijo. Esta última ocorreu paralelamente à rota das embarcações, tendo-se formado depósitos de cascas de bivalves nas margens. Não obstante, no interior das salinas abandonadas verificou-se a formação de sapal.

### AGRADECIMENTOS

Este trabalho integra-se no projeto PLANTA II- O papel das plantas de sapal no ciclo do mercúrio em cenários de mudança climática: padrões de mobilização à luz da toxicocinética e toxicodinâmica do metal (nº 031208), co-financiado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER) através do Programa Operacional financiador Programa Operacional Regional de Lisboa e da Fundação para a Ciência e Tecnologia, através dos fundos nacionais (PIDDAC).

### REFERÊNCIAS

- Freire, P. (2003). *Evolução Morfo-Sedimentar de Margens Estuarinas: Estuário do Tejo, Portugal*. (Tese de Doutoramento).
- Gonçalves, P. (2016). *Os sapais em Portugal continental. Levantamento e evolução das suas envolventes desde 1990 a 2012*. (Tese de Doutoramento).
- Marques, M., (2011). As Salinas de Alcochete- Um Património a Musealizar. In A. Semedo, & P. Costa, *Ensaio e Práticas em Museologia* (p. 178-197). Porto. Universidade do Porto.

# SOURCES OF BEACH-FILL MATERIAL OFFSHORE ALBUFEIRA (ALGARVE-PORTUGAL)

Sebastião Braz Teixeira<sup>(1)</sup>, Celso Aleixo Pinto<sup>(2)</sup> and Marcos Rosa<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Agência Portuguesa do Ambiente (ARH Algarve), Faro, Portugal, [sebastiao.teixeira@apambiente.pt](mailto:sebastiao.teixeira@apambiente.pt).

<sup>(2)</sup> Agência Portuguesa do Ambiente, Amadora, Portugal, [celso.pinto@apambiente.pt](mailto:celso.pinto@apambiente.pt)

<sup>(3)</sup> Instituto Português do Mar e da Atmosfera, Tavira, Portugal, [marcos.rosa@ipma.pt](mailto:marcos.rosa@ipma.pt)

*Palavras-chave: Sea cliffs hazards; beach nourishment; borrow sand, Algarve, Portugal.*

## 1. INTRODUCTION

Beach nourishment is a solution that has been progressively adopted in continental Portugal as an option for coastal erosion management (Pinto *et al.*, 2020). In Algarve beach nourishment has proven to be an effective measure to reduce the risk to users of pocket beaches backed by rocky cliffs (Teixeira, 2016). Maintaining this coastal protection option requires previous identification of potential borrow areas. In the case of the Algarve, where there is no availability of sand reserves on land (Teixeira *et al.*, 2019), prospecting should be directed to the offshore area, in the nearby continental shelf. Here we present offshore prospection study for sand sources suitable for beach nourishment projects on Albufeira, where a series of pocket beaches backed by rocky cliffs exist.

## 2. METHODS AND RESULTS

Between 2000 and 2006, a detailed seabed site survey was performed offshore Albufeira coast (until -30m CD- chart datum) using side scan sonar, combined with 151 scuba dives, manual drilling of 0.6m thick, 98 surface sand sample collection and subsequent granulometric analysis. Results show that the area offshore Albufeira coast consists of an extensive deposit of medium to coarse sand, with dispersed rock outcrops of yellow calcarenites (fig.1). Manual drilling allowed to verify that, landward the 15m bathymetric, the sedimentary cover is very thin (less than 0.4m thick) and overlaps the rocky outcrops of yellow calcarenites.

## 3. DISCUSSION AND CONCLUSION

The collection and analyses of the data allowed to identify a large area with sediments compatible with the native beach sands of this coastal stretch (medium-coarse sands). The borrow area, at depths greater than the estimated offshore depth of closure (15m-CD on the Algarve's southern coast, Teixeira & Macedo, 2001) and out of the artificial reefs protection zone, occupies an area of about 15.7 Km<sup>2</sup> (fig.1) where the thickness of the sedimentary deposit exceeds 0.6 m. Assuming an exploration thickness of 0.6m, the volume of this borrow site is at least 9.42 Mm<sup>3</sup>. From this borrow area, a volume of 0.940 Mm<sup>3</sup> was already explored for beach nourishment on seven projects developed between 2011 and 2014 (table 1). The magnitude of sand reserves still available are about 8.46 Mm<sup>3</sup>, which allows the maintenance of the beach nourishment strategy as a preventive measure to reduce the risk to users (*i.e.* from rockfall, landslides) of pocket beaches backed by rocky cliffs.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The authors gratefully acknowledge the diving partners, Salvador Rocha, Vasco Pinhol, Fernando Macedo, Paula Gaspar, António Contreiras, João Quintela and Hugo Marçal.

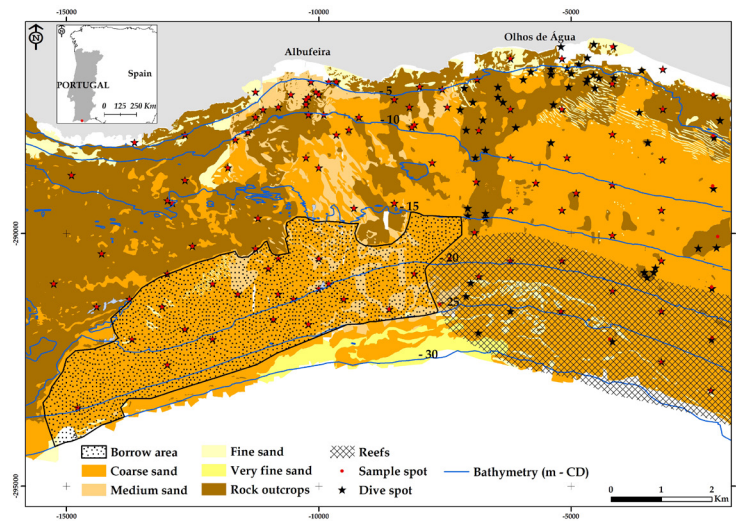


Figure 1 – Interpretation of the scan sonar image, location of dive and sand sample spots, granulometric sand spatial distribution and borrow area location.

Table 1. Chronology of the exploitation of borrow sand reserves offshore Albufeira

	<b>NOURISHED BEACHES</b>	<b>NOURISHED LENGTH (M)</b>	<b>DATE</b>	<b>EXPLOITED VOLUME (MM3)</b>	<b>AVAILABLE RESERVES ( MM3)</b>
1	Albufeira	2 000	2011	0.600	8.800
2	Carvoeiro	125	2014	0.034	8.766
3	Benagil	125	2014	0.027	8.739
4	Nova	300	2014	0.090	8.649
5	Cova Redonda	250	2014	0.067	8.582
6	Castelo	150	2014	0.045	8.537
7	Coelha	280	2014	0.075	8.462
	<b>TOTAL</b>			<b>0.938</b>	<b>8.462</b>

## REFERENCES

Pinto, C. P., 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.

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, S.B., Macedo, F. (2001) - Prospecção de manchas de empréstimo do largo de Albufeira (Algarve). *Relatório Técnico, DRAOT Algarve, Faro.* DOI: 10.13140/RG.2.2.27809.51040.

Teixeira, S. B., Pinto, C. P, Rosa, M. (2019) – Off-shore sources of beach-fill material in Quarteira (Algarve-Portugal). *5ª Conf. Morf. Est. Costeira /MEC2019, Livro de Resumos*, pp-85-86.



# CHARACTERIZATION OF SPECTRAL WAVE STEEPNESS OFFSHORE MAINLAND PORTUGAL

Diogo Mendes<sup>(1)</sup> and Tiago C.A. Oliveira<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> HAEDES, Santarém, Portugal, [diogo.mendes@haedes.eu](mailto:diogo.mendes@haedes.eu)

<sup>(2)</sup> Physics Department & Centre of Environmental and Marine Studies (CESAM), University of Aveiro, Portugal, [toliveira@ua.pt](mailto:toliveira@ua.pt)

## ABSTRACT

Wave steepness plays an important role in coastal morphodynamics. Therefore, a characterization of wave steepness constitutes an important topic for both research and consultancy engineering studies. However, such a characterization is currently lacking for mainland Portugal. The present study aims to fill this gap through a characterization of spectral wave steepness using field observations collected between 2009 and 2020 by the currently available deep-water wave buoy network along mainland Portugal. Results show spectral wave steepness mean, minimum and maximum values of 0.031, 0.004 and 0.072, respectively. The monthly averaged spectral wave steepness values decrease to 0.027 between September and October months at all locations (Faro, Nazaré and Leixões). Under storm conditions, the values of spectral wave steepness ranged between 0.020 and 0.060.

*Keywords:* Wind-waves; Wave buoys; EMODnet.

## 1. INTRODUCTION

The ratio between wave height and wavelength, called wave steepness, constitutes an important parameter for coastal morphological evolution and physical processes. Storm and non-storm beach profiles can be discriminated based on values of wave steepness and dimensionless sediment fall velocity (Dean, 1973). Moreover, wave steepness can be used as a descriptor of beach erosion or accretion. Wave steepness is also associated with several physical processes that can take place in coastal areas, such as wave energy dissipation by whitecapping or by depth-induced breaking. Nonlinear wave parameters important for coastal sediment transport, such as wave skewness or asymmetry were found to have a dependency on wave steepness (Rocha *et al.*, 2017). Therefore, a characterization of wave steepness values is of interest, but currently lacking.

In this study, we used field measurements obtained between 2009 and 2020 by three deep-water wave buoys located in mainland Portugal (Faro, Nazaré and Leixões) to characterize wave steepness. The objectives are two-fold. First, it aims to investigate seasonal deep-water wave steepness. Second, it seeks to analyse wave steepness variability during storm events. The results of this characterization have been previously published in Mendes and Oliveira (2021).

## 2. DATA ANALYSIS

Time series of significant wave height ( $H_{m0}$ ) and mean wave period ( $T_{m02}$ ) were used to calculate the spectral wave steepness ( $s_m$ ). A storm event was defined when  $H_{m0}$  exceeds 4.5 m (3.0 m) for the Western (South) coast, with a minimum event duration of 6h and an independence criterion of 12 h. Each storm event was classified from less (0) to more energetic (5) using the storm “energy content” which is a function of the square of  $H_{m0}$ . For more details about storm event definition and classification, the interested reader can see Mendes and Oliveira (2021).

### 3. RESULTS AND CONCLUSIONS

The results of this analysis show a mean value of  $s_m$  equal to 0.031 along mainland Portugal (Table 1). This value is independent of the location (Faro, Nazaré or Leixões). A seasonal fluctuation of  $s_m$  occurred between September and October months at the three locations, dropping to 0.027. In March, a growth of  $s_m$  to  $\sim 0.034$  occurred at Faro.

Table 1. Mean, standard deviation (S.D.), minimum and maximum values of wave steepness ( $s_m$ ) based on deep-water buoy observations.

$s_m$	MEAN	S.D.	MIN.	MAX.
LEIXÕES	0.032	0.012	0.005	0.072
NAZARÉ	0.031	0.011	0.004	0.077
FARO	0.030	0.012	0.002	0.068

On a storm time scale, values of  $s_m$  were highly variable between about 0.020 and 0.060 (Table 2). In general, the values of  $s_m$  during storm conditions are larger than those during non-storm conditions. There was no relation between  $s_m$ , the mean wave direction and the storm classification index. This lack of relationship and the large  $s_m$  variability observed during storm events time series highlights some challenges associated to the physical modelling of storm events. Also, the consequences of  $s_m$  seasonal change for beach morphodynamics are unclear.

Table 2. Mean, standard deviation (S.D.), minimum and maximum values of wave steepness based on deep-water buoy observations during storm events.

Max $s_m$ (m)	MEAN	S.D.	MIN.	MAX.
LEIXÕES	0.046	0.011	0.022	0.065
NAZARÉ	0.047	0.009	0.021	0.066
FARO	0.050	0.011	0.026	0.068

### REFERENCES

- Dean, R.G., 1973. 'Heuristic models of sand transport in the surf zone', In Australian Conference on Coastal Engineering, 215-221.
- Mendes, D., & Oliveira, T.C.A., 2021. 'Deep-water spectral wave steepness offshore mainland Portugal', *Ocean Engineering*, 236, 109548.
- Rocha, M.V.L., Michallet, H., & Silva, P.A., 2017. 'Improving the parameterization of wave nonlinearities – The importance of wave steepness, spectral bandwidth and beach slope', *Coastal Engineering*, 121, 77-89.

## MOSAIC.PT FLOOD RISK FRAMEWORK TO SUPPORT MANAGEMENT IN COASTAL ZONES

P. Freire<sup>(1)</sup>, A. B. Fortunato<sup>(1)</sup>, A. O. Tavares<sup>(2)</sup>, A. Oliveira<sup>(1)</sup>, P. P. Santos<sup>(3)</sup>, A. Nahon<sup>(1)</sup>, J. L. Barros<sup>(1)</sup>, M. Rocha<sup>(1)</sup>, F. S. B. F. Oliveira<sup>(1)</sup>, C. Fortes<sup>(1)</sup>, G. Jesus<sup>(1)</sup>, A. Azevedo<sup>(1)</sup>, J. Oliveira<sup>(1)</sup>, A. Bortoli<sup>(1)</sup>, A. Rilo<sup>(1)</sup>, J. Rogeiro<sup>(1)</sup>, R. Martins<sup>(1)</sup> and M. J. Henriques<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> National Laboratory for Civil Engineering, Lisbon, Portugal, pfreire, afortunato, aoliveira, anahon, jlbarros, morocha, foliveira, jfortes, gjesus, aazevedo, abortoli, arilo, jrogeiro, rjmartins, mjoao(@lnec.pt), joao.bugalhos1@gmail.com

<sup>(2)</sup> Centre for Social Studies and Earth Sciences Department, Coimbra University, Coimbra, Portugal, atavares@ci.uc.pt

<sup>(3)</sup> Centre for Geographical Studies of the Institute of Geography and Spatial Planning, University of Lisbon, Portugal, pmpsantos@campus.ul.pt

### ABSTRACT

Extending for more than 900 km with diverse geomorphologies and land-use occupations, the Portuguese coastal zone is highly vulnerable to overtopping and flooding. The project Mosaic.pt developed a flood risk framework to support management in coastal zones taking the territorial diversity into account. The framework delivers improved hazard prediction strategies and guidelines for spatial planning and increased coastal community resilience.

*Key words: Coastal flooding; Critical typologies; Real-time prediction and monitoring; Vulnerability; Safe communities*

### 1. INTRODUCTION

The continental Portuguese coast is exposed to oceanographic and weather conditions promoting extreme high water levels and leading to inland flooding occurrences. As flooding processes and related impacts depend on the natural and anthropogenic territorial characteristics, accurate hazard and risk analyses should take into account the coastline diversity. This abstract presents the main results of the project Mosaic.pt, which aimed at developing an innovative framework to support coastal flood risk management.

### 2. METHODOLOGICAL APPROACH

Two different spatial scales were considered. At a regional scale (continental Portuguese coast) historical data supported spatial and temporal characterisation of flood occurrences and impacts. Indicators, integrating historical occurrences, coastline geomorphology, elements at risk and hazard forcings, were treated with statistical techniques to identify critical coastal typologies. Based on historical flood records, three observatories located on the Portuguese central west coast showing different territorial contexts (Costa Nova, Cova-Gala and São Pedro de Moel) were used for comprehensive local studies: hazard and territorial vulnerability analyses, and forecasting tools improvement by integrating numerical models (SCHISM and XBeach) with multi-source data (e.g. images from video cameras, Sentinel images).

### 3. MAIN ACHIEVEMENTS

A new flood risk framework considering the territorial diversity was developed. It provides strategies for accurate real-time flood hazard predictions, based on local scale assessments, to support emergency planning and response, and guidelines for spatial planning and to improve the

resilience of local communities (Figure 1). Specific results include: 1) a database of coastal flooding occurrences for the period 1980-2018 (Tavares *et al.*, 2021); 2) critical coastal typologies to flooding for the continental Portuguese coast; 3) flood hazard and territorial vulnerability assessments at the observatory scale (Freire *et al.*, 2020); 4) the implementation and validation of hydrodynamic forecasts at the observatory scale (Oliveira *et al.*, 2020, 2021); 5) the implementation and testing of the model XBeach within the Water Information and Forecast Framework (WIFF, Fortunato *et al.*, 2017) at the observatory scale for 48 hour flood predictions; and 6) a dedicated WebGIS platform to access multi-source data, hydrodynamic and morphodynamic predictions, and historical information (Rocha, *et al.*, 2021).

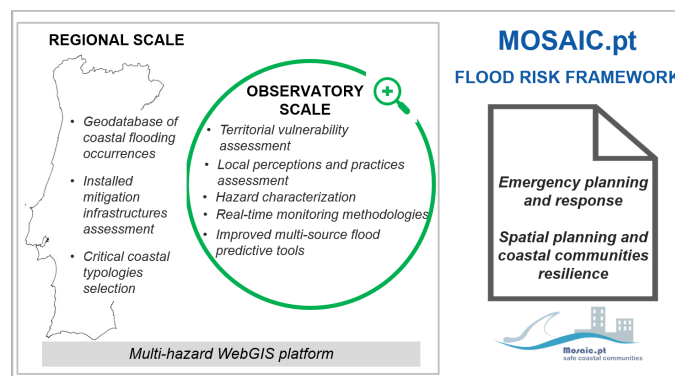


Figure 1. Mosaic.pt Flood Risk Framework

## ACKNOWLEDGMENTS

The Portuguese Foundation for Science and Technology (FCT) for the financial support of the MOSAIC.pt project (PTDC/CTA-AMB/28909/2017), P. Santos (CEEIND/00268/2017) and J. Oliveira (PD/BD/128508/2017); and L. Pedro and F. Brito for their collaboration.

## REFERENCES

- Fortunato, A.B., Oliveira, A., Rogeiro, J. *et al.*, 2017. Operational forecast framework applied to extreme sea levels at regional and local scales, *J. Oper. Oceanogr.*, 10, 1–15
- Freire, P., Oliveira, F.S.B.F., Oliveira, J.N., 2020. Coastal flooding process: Comparing different coastal typologies response to extreme hydrodynamic conditions, *J. Coast. Res.*, SI 95, 797–802
- Oliveira, A., Fortunato, A.B., Rodrigues, M. *et al.*, 2021. Forecasting contrasting coastal and estuarine hydrodynamics with OPENCoastS, *Env. Model. & Software*, 143, 105132.
- Oliveira, J.N.C., Oliveira, F.S.B.F., Freire, P.M.S. *et al.*, 2020. A hybrid monitoring-modelling analysis on the storm induced sediment dynamics of a structure controlled beach, *J. Coast. Res.*, SI 95, 605-609
- Rocha, M., Oliveira, A., Freire, P. *et al.*, 2021. Multi-Hazard WebGIS Platform for Coastal Regions, *Appl. Sci.*, 11, 5253
- Tavares, A.O., Barros, J. L., Freire, P. *et al.*, 2021. Coastal flooding database from 1980 to 2018 for the continental Portuguese coastal zone, *Appl. Geography*, 135, 102534



# IMPACT OF A SANDY SHORE MORPHOLOGY ON OVERTOPPING

A. Nahon<sup>(1)</sup>, A.B. Fortunato<sup>(1)</sup>, F.S.B.F. Oliveira<sup>(1)</sup> and P. Freire<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> National Laboratory for Civil Engineering, Lisbon, Portugal, [anahon@lnec.pt](mailto:anahon@lnec.pt)

## ABSTRACT

To assess the exposure of coastal communities to marine flooding, process-based models rely on topo-bathymetric data in areas subject to morphological changes. To infer on the impact of ongoing changes at Cova-Gala, in central Portugal, a calibrated overtopping model was run with recent winter and summer morphologies. The model was forced with moderate and extreme swells. In both cases, the inundation probability increased with a lower concave beach profile or in the absence of a steep foredune.

*Key words: Coastal flooding; Infragravity wave; Runup; XBeach; Portugal*

## 1. INTRODUCTION

An objective of the project MOSAIC.pt is to develop an operational forecasting system for coastal flooding capable of accounting for storm driven morphodynamics. The developed system relies on the OPENCoastS architecture for downscaling North-Atlantic metocean conditions at any local beach or waterfront (Oliveira *et al.*, 2021). The downscaled conditions then serve to force local applications of XBeach (Roelvink *et al.*, 2018), in 2DH and using its surfbeat hydrodynamic solver. Based on hydro- and geomorphological data collected within the project (Freire *et al.*, 2020), an application was setup and validated for the waterfront of Cova-Gala, south of the entrance to the Figueira da Foz harbour. The system runs for now with or without morphological evolution over 48-hour periods. So it is important to quantify the errors induced by geomorphological changes over longer timescales.

## 2. METHODS

In the present study, the focus was on the impact of shore and nearshore morphologies in the inundation-prone area south of the harbour's southern jetty. Two hindcasted swells were chosen. The first occurred on 21 February 2019. It had a moderate 3.25 m significant wave height ( $H_s$ ), with a 17.6 s peak wave period and a 278°N mean wave direction, and has been previously used for validating the overtopping model. The second is Storm Hercules' swell which occurred on 6 January 2014, with the latter wave characteristics reaching 7.03 m, 21.3 s and 287°N at 15-m depth in front of the harbour entrance. These were combined with a steady mean sea level of 2.39 m ALTH38, corresponding to a total water level (storm surge plus tidal level) with a return period of 70 years. To account for the random phase model of XBeach, each combination was run 10 times, and identical series of simulations were run with topo-bathymetries from February and August 2019 and a third from July 2021. In 2019 morphologies, the shoreface was identical (surveyed in August) and the model bathymetry changed from the intertidal zone landward. In August, the beach was gently sloping until a sharp junction with a steeper foredune. In February, the beach was much lower, having the beach-foredune transition a concave upward shape with an unchanged dune height. In July 2021, the beach slope was the smoothest and ran as a ramp up to the top of dune, which was higher and had moved landward. Figure 1 shows the spatial probability (out of 10 simulations) of inundation for the six swell-morphology combinations.

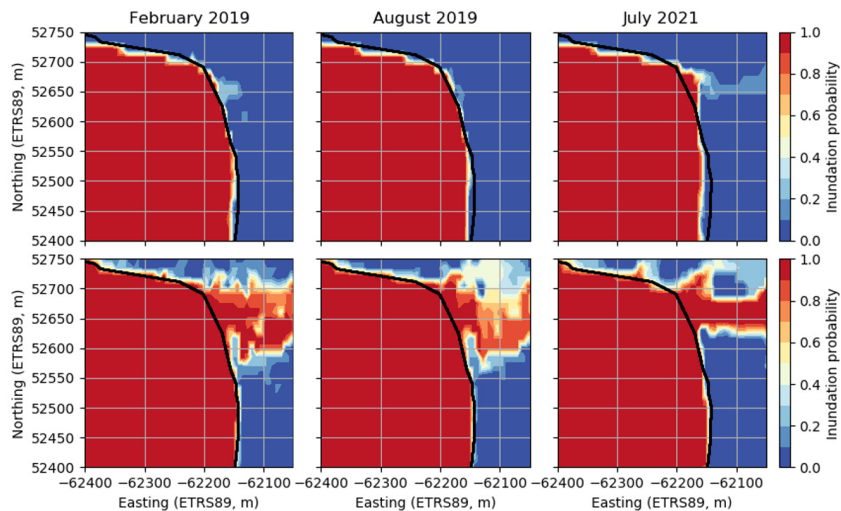


Figure 1. Top panels: Probability of inundation maps for winter 2019 (left) and summers of 2019 (center) and of 2021 (right) with February 2019's swell, the black line is the maximum spring tide reach. Lower panels: same as top, but for January 2014's swell.

### 3. MAIN RESULTS AND DISCUSSION

For both swells, the minimum probability of back dune inundation occurred with the August morphology (Figure 1). With the February morphology, the lower intertidal elevation increased the short-wave mean  $H_s$  towards the shoreline, forcing higher infragravity waves and leading to higher runoff and more frequent overtopping. With the July morphology, changes along the shoreface profile did not impact the level of incident energy, but infragravity waves dissipated more smoothly across the gently sloping beach ramp, also leading to more frequent overtopping. Results indicate that forecast systems at this location, accounting or not for morphodynamics, should be well constrained in terms of intertidal beach state. The assimilation of products derived from satellite imagery (*e.g.*, weekly waterlines) is sought as a means to achieve this.

### ACKNOWLEDGMENTS

Study funded by the Portuguese Foundation for Science and Technology (FCT) through MOSAIC.pt (PTDC/CTA-AMB/28909/2017) and CPU4MOSAIC+ (CPCA\_A1\_402953\_2021).

### REFERENCES

- Freire, P., Oliveira, F.S.B.F., Oliveira, J.N., 2020. Coastal flooding process: Comparing different coastal typologies response to extreme hydrodynamic conditions, *J. Coast. Res.*, SI95.
- Oliveira, A., Fortunato, A.B., Rodrigues, M., *et al.*, 2021. Forecasting contrasting coastal and estuarine hydrodynamics with OPENCoastS, *Env. Model. & Soft.*, 143.
- Roelvink, D., McCall, R., Mehvar, S., *et al.*, 2018. Improving predictions of swash dynamics in XBeach: The role of groupiness and incident-band runoff, *Coast. Eng.*, 134.



# MORPHOLOGICAL EVOLUTION OF COVA-GALA: UPDATE WITH THE COSMO 2020 AND 2021 TOPO-BATHYMETRY

F.S.B.F. Oliveira<sup>(1)</sup>, J.N.C. Oliveira<sup>(1)</sup>, P.M.S. Freire<sup>(1)</sup>, A.B. Fortunato<sup>(1)</sup> and A. Nahon<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Departamento de Hidráulica e Ambiente, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal, foliveira@lnec.pt, joao.bugalhos1@gmail.com, pfreire@lnec.pt, afortunato@lnec.pt, anahon@lnec.pt

## ABSTRACT

The Mondego River mouth downdrift topo-bathymetric evolution is analysed based on the three latest COSMO monitoring programme surveys and on the March/2020 MOSAIC.pt research project topographic survey. The analysis accounts for the nourishment operations performed in Cova-Gala to partially restore the littoral drift captured by the river mouth jetties, and complements a previous analysis, for the 1975-2019 period, building upon the consolidated knowledge. The results highlight the vulnerability of the two southern cells of the groyne field and the short duration of the geotextile sand bags based dune protection solution.

*Keywords: Topo-bathymetry; Monitoring; Morphodynamics; Erosion; Inundation.*

## 1. INTRODUCTION

Cova-Gala, in the west coast of Portugal, is an urbanized maritime front threatened by erosion and wave overtopping. It is protected with a five groyne field and a backshore system of dunes and three seawalls (Figure 1a). The extension of the Mondego River mouth north jetty, in 2008-2010, triggered the updrift sand trapping. In 2007, the Port Authority started a nourishment plan of Cova-Gala. The sediments dredged from the river mouth are deposited between the 1st and 3<sup>rd</sup> groynes and the 2 and 8 m ZH bathymetric contours (Figure 1a). In 2018, dune erosion and overwash have escalated south of the 5<sup>th</sup> groyne. In response, during the first semester of 2019, the dune base was protected with geotextile sand bags, covered with 120x103 m<sup>3</sup> of sand. This work aims to update the morphological evolution analysis ended in 2019 (Oliveira *et al.*, 2021).

## 2. METHODOLOGY

Surveys of successive dates were compared, through surface mapping software, for the identification of erosion/accretion patterns and quantification of associated areas and volumes. They were: the topo-bathymetric COSMO monitoring programme surveys of August/2019, August/2020 and July/2021 (<https://cosmo.apambiente.pt/>); and the MOSAIC.pt research project topographic survey of 11/March/2020 (<http://mosaic.lnec.pt>).

## 3. RESULTS

The maps of the annual evolution (Figure 1, b and c) indicate that: i) the topo-bathymetry of the area compared, 4.6x106 m<sup>2</sup>, had annual variations,  $\Delta z$ , in the range 5 to 4 m; ii) the larger magnitude of accretion was verified in the first year in front of the groyne field, certainly due to the 580x103 m<sup>3</sup> nourishment operation, whereas the larger erosion, verified in the second year, occurred south of the 5<sup>th</sup> groyne, in an alongshore submerged trench; and iii) the balance erosion/accretion was 1105/1059x103 m<sup>3</sup> in 2019-2020 and 1186/1478x103 m<sup>3</sup> in 2020/2021, indicating that the nourishment operations performed in the beginning and end of the maritime winter (including the 230x103 m<sup>3</sup> estimated in 2020), provided an overall sediment equilibrium within the zone, despite the high fluxes involved.

The maps of the seasonal evolution (Figure 1, d and e) reveal that between August/2019 and March/2020, the central zone of the sector north of the 1<sup>st</sup> groyne is the least vulnerable to erosion, like in previous maritime winters (Oliveira *et al.*, 2021). The sector between groynes reveals accretion in the lower beach face in the two northern cells, likely with sediments from the nourishment interventions. South of the 5<sup>th</sup> groyne, high erosion is detected, despite the 120x103 m<sup>3</sup> of sand locally deposited in the previous season. From March to August/2020 there was an overall accretion at the beach face except in the two southern cells. The erosion observed around the 1<sup>st</sup> groyne head was likely due to the spreading of the shoal deposits. However, these sediments neither benefited the two southern cells nor the sector south of the 5<sup>th</sup> groyne.

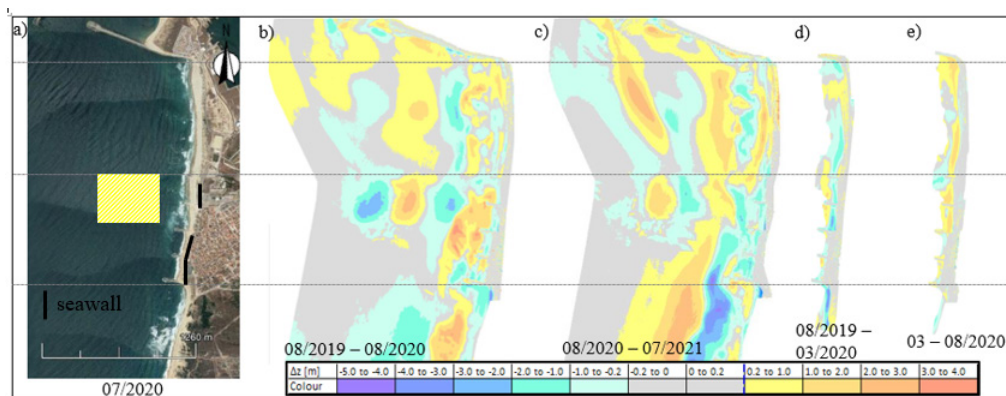


Figure 1. Cova-Gala coastal zone: dredged deposit location (a); and maps of the morphological differences,  $\Delta z$ , in 08/2019 - 08/2020 (b), 08/2020 - 07/2021 (c), 08/2019 - 03/2020 (d), and 03/2020 - 08/2020 (e).

#### 4. CONCLUSIONS

The 2019-2021 topo-bathymetric evolution of Cova-Gala suggests that the nourishment interventions should be extended to the backshore and foreshore because, despite the overall benefit of the submerged nourishments, the cells between the 3<sup>rd</sup> and 5<sup>th</sup> groynes reveal insufficient profile recovery after the maritime winter, and the geotextile encapsulated sand bags based solution, south of the 5<sup>th</sup> groyne, only grants temporary dune protection.

#### ACKNOWLEDGMENTS

FCT: MOSAIC.pt project (PTDC/CTA-AMB/28909/2017) and João Oliveira Ph.D. Grant (PD/BD/128508/2017); Collaboration: Fernando Brito, Maria João Henriques and Hugo Silva.

#### REFERENCES

Oliveira, F.S.B.F., Oliveira, J.N.C., Freire, P.M.S., 2021, Evolução da morfologia costeira a sul da embocadura do rio Mondego, de 2011 a 2019. X Cong. PGZCPEP, Brasil. Proc., pp 354-356.



# PRAIA DA COVA-GALA: MODELAÇÃO NUMÉRICA DAS TEMPESTADES DE FEVEREIRO DE 2019 COM O MODELO XBEACH

Joana Simão, Alice Bortoli, Conceição J.E.M. Fortes, Ana Catarina Zózimo,  
Maria Teresa Reis and Alphonse Nahon

*Departamento Hidráulica e Ambiente, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal,  
jsimao@lnec.pt, abortoli@lnec.pt, jfortes@lnec.pt, aczozimo@lnec.pt, treis@lnec.pt, anahon@lnec.pt*

## RESUMO

A previsão de galgamentos e inundações em zonas costeiras baseada em metodologias numéricas, é fundamental para a garantia da segurança de pessoas e bens e para a gestão integrada da zona costeira. Neste estudo, utiliza-se o programa XBeach na modelação das tempestades ocorridas na praia da Cova-Gala, Figueira da Foz. Pretende-se a validação dos resultados do modelo com os dados de monitorização obtidos na praia, com o objetivo de desenvolver um sistema de previsão de galgamentos e inundação.

*Palavras-chave: XBeach, galgamento, espraiamento, riscos costeiros.*

## 1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho insere-se no projeto MOSAIC.pt ([www.mosaic.lnec.pt](http://www.mosaic.lnec.pt)), que visa desenvolver um quadro de referência inovador de apoio à gestão do risco de inundação na zona costeira, incluindo estuários, com base na integração de modelos de previsão e monitorização em tempo real das variáveis relevantes ao processo de inundação, e tendo em conta as diferentes dimensões da vulnerabilidade do território.

O objetivo do presente estudo é avaliar o desempenho do modelo numérico XBeach (Roelvink *et al.*, 2018) na modelação do espraiamento e do galgamento em situações de eventos extremos, e, em particular, a sua aplicabilidade ao trecho da praia da Cova-Gala. Este trecho situa-se na zona central da costa ocidental portuguesa, a sul do porto de Figueira da Foz, onde se registam eventos de galgamento. Nesse sentido, aplicou-se a versão XBeach bidimensional não-hidrostática na modelação das tempestades ocorridas em fevereiro de 2019 na praia, com determinação do espraiamento e estimativa do caudal médio galgado. Compararam-se os resultados com dados obtidos *in situ* (Freire *et al.*, 2020) e com os resultados obtidos por Bortoli *et al.* (2021) com a utilização da versão unidimensional do modelo.

## 2. LOCAL DE ESTUDO: PRAIA DA COVA-GALA

Na costa ocidental portuguesa, a sul da entrada do porto da Figueira do Foz, localiza-se a praia da Cova-Gala. É uma praia arenosa com uma extensão de cerca de 2 km, um conjunto de 5 esporões e uma estrutura de defesa frontal aderente no seu setor sul. A faixa em análise corresponde à zona onde se verificaram galgamentos em fevereiro de 2019, entre os dois últimos esporões situados na zona mais a sul da praia tal como a sul do esporão 5, numa zona protegida com tubo em geotêxtil.

## 3. MODELO XBEACH

Para possibilitar a modelação do fenómeno de espraiamento e a estimativa do caudal médio galgado, utilizou-se a versão não-hidrostática do Programa XBeach. Foi definido um domínio computacional com 5,0 m de espaçamento ao largo e 0,3 m junto da costa. Para a definição da batimetria do

domínio computacional, foram utilizados dados topo-batimétricos de alta resolução ( $dx=0,3$  m) do programa COSMO (COSMO, 2019).

As características da agitação marítima e dos níveis do mar impostos na fronteira oceânica do modelo (altura significativa de onda,  $H_s$ , período de pico,  $T_p$ , nível de maré + sobrelevação atmosférica,  $NM$ ) foram obtidos com o sistema de previsão em tempo real OPENCoastS (Oliveira *et al.*, 2020) para o mês de fevereiro de 2019 e foram selecionadas as condições para as quais se obteve o maior espriamento através da aplicação da fórmula empírica de Mase em Bortoli *et al.* (2021). A parametrização inicialmente utilizada no modelo 3D foi resultado da análise de sensibilidade realizada no modo 2D, tomando como referência um perfil onde foi detetado galgamento. No entanto, foi ainda necessário reajustar/calibrar os parâmetros determinados em 2D para a situação 3D.

#### 4. RESULTADOS E CONCLUSÕES

Na zona em estudo, a cota máxima de espriamento registada nos dados de campo foi de 10,10 m (ZH) a qual foi medida no dia 21 de fevereiro de 2019, após a passagem da tempestade, que se iniciou a 18 de fevereiro. Neste trabalho serão apresentados os resultados da aplicação da versão 3D do modelo para as condições de forçamento do mês de fevereiro de 2019, assim como a sua comparação com os resultados apresentados em Bortoli *et al.* (2021) e com os dados de campo existentes. É de referir que o modelo previu a situação de galgamento do dia 19 de fevereiro.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos projetos MOSAIC.pt (PTDC/CTA-AMB/28909/2017) e EWCoast (ALG-LISBOA-01-145- FEDER-028657).

#### REFERÊNCIAS

- Bortoli, A., Ferreira, A., Fortes, C., Nahon, A., 2021. “Análise de eventos de inundação com o recurso a modelação numérica XBeach e a fórmulas empíricas. Caso de estudo: Cova-Gala”. X Congresso sobre Planeamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa, Rio de Janeiro, 6 a 10 de dezembro de 2021.
- COSMO, 2019. Modelo Digit. Elev. DEM Praia Imersa e Emersa entre a Praia do Cabo Mondego e a Praia Cova Gala. URL <https://cosmo.apambiente.pt/data/1264>.
- Oliveira, A., Fortunato, A., Rogério, J., Teixeira, J., Azevedo, A., Lavaud, L., Bertin X., Gomes, J., 2020. OPENCoastS: An open-access service for the automatic generation of coastal forecast systems, Environ. Modell. Softw., // [doi.org/10.1016/j.envsoft.2019.104585](https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2019.104585)
- Freire, P., Oliveira, F.S.B.F., Oliveira, J.N.C., 2020. “Critical flood conditions in two beaches of the Portuguese central west coast”. Proceedings 6.as Jornadas de Engenharia Hidrográfica / 1.as Jornadas Luso-Espanholas de Hidrografia, 316–319.
- Roelvink, D., McCall, R., Mehvar, S., Nederhoff, K., Dastgheib, A., 2018. Improving predictions of swash dynamics in XBeach: The role of groupiness and incident-band runup. Coastal Engineering 134, 103–123. <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2017.07.00>.



# THE EWCOAST CONTRIBUTION TO AN EARLY WARNING SYSTEM FOR COASTAL RISKS ASSESSMENT

Óscar Ferreira<sup>(1)</sup>, Juan Garzon<sup>(1)</sup>, Andreia Ferreira<sup>(2)</sup>, Ana Catarina Zózimo<sup>(2)</sup>,  
Conceição Juana Fortes<sup>(2)</sup> and Maria Teresa Reis<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> FCT/CIMA (Centro de Investigação Marinha e Ambiental), Universidade do Algarve, Faro, Portugal,  
oferreir@ualg.pt, jlhervas@ualg.pt

<sup>(2)</sup> Departamento de Hidráulica e Ambiente, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal,  
acozimo@lnec.pt, aferreira@lnec.pt, jfortes@lnec.pt, treis@lnec.pt

## ABSTRACT

Early warning systems are a fundamental tool to reduce risks in coastal areas. Nevertheless, their development and current use are still in their early stages. The EWCoast project contributed to the development, test and validation of three overwash (dunes)/overtopping (structures) and one storm-induced erosion warning system prototypes at the Portuguese coast, based on a process-based model for the impact and a risk evaluation derived from indicators (*i.e.* mean water discharge and shoreline retreat during storms).

*Keywords: Overwash; Overtopping; Erosion; Risk Assessment; Storms.*

## 1. INTRODUCTION

Storms impacting sandy coastal areas produce hazards such as erosion and overwash that, in turn, promote risk to life and property damage in occupied areas. Coastal damage and risks are expected to increase in the future not only in association with climate change but also due to the increasing human occupation in coastal areas (van Dongeren *et al.*, 2018). Since the threatened coastal areas are often densely populated, there is a need to implement measures to prevent risks. One of such measures is the use of Early Warning Systems (EWS) that can anticipate expected risks and, therefore, work as management tools to minimise or avoid disaster. The EWCoast project (Early Warning system for Coastal risks induced by storms) aims to develop, test and apply EWS prototypes to alert about potential consequences of overwash/overtopping and erosion induced by storms, at coastal areas. This work presents the common basis of the systems and the areas where the prototypes are currently under testing and validation.

## 2. MODELLING AND RISK ASSESSMENT

The EWS developed at EWCoast uses wave and water level data from available sources and existing or collected topo-bathymetric data as inputs for a model train. This model train includes SWAN for wave propagation and XBeach (Roelvink *et al.*, 2009) for the impact assessment. XBeach is a process-based model employed to determine both coastal erosion and flooding, and was calibrated against available data from previous storms. It is computationally demanding and, therefore, all possible storm events combinations (*i.e.* tide, surge, wave parameters) have been previously modelled and stored at a Bayesian Network. This procedure ensures that the EWS is timely providing alerts up to 3 days before the occurrence.

## 3. OVERWASH/OVERTOPPING

Three Overwash/Overtopping EWS prototypes were built for Praia de Faro, Quarteira and Costa da Caparica. The overwash/overtopping was predicted by using XBeach in the non-hydrostatic mode, without considering morphological changes during the event. The model provides the mean





overtopping discharge at defined points (*e.g.* roads, walkways) and the risk severity (four levels of risk) is evaluated for three coastal receptors: pedestrians, buildings and vehicles (Table 1), based on different intervals of mean overtopping discharge.

Table 1. Risk level definition used for the characterization of wave overwash/overtopping risks.

Risk level	Pedestrians	Recreational facilities & buildings	Vehicles
No risk	No injuries or threats on individuals	No damage	Safe to drive any vehicle at any speed
Low risk	Minor injuries and caution with elderly and children	Minor damage to fittings, signs, posts, etc.	Light motorbikes or bicycles become unstable
Moderate risk	Dangerous for most people	Severe damage on non-structural elements ( <i>e.g.</i> windows, doors)	Unsafe to drive and standard SEDAN cars become unstable
High risk	Very dangerous for all	Severe structural damage and building collapsing	Dangerous to drive standard passengers' cars and risk to all

#### 4. EROSION

An Erosion EWS was built for Praia de Faro. The coastal erosion induced by storms was predicted by using XBeach on the surfbeat mode and focusing on the possibility of building/infrastructure collapsing due to sand removal. It also includes four levels of risk using the vertical erosion and distance to the target as proxies.

#### 5. CONCLUSIONS

The EWCoast project developed, tested and calibrated three overwash/overtopping and one storm-induced erosion EWS prototypes, which are currently being validated against existing data and new storms and will be incorporated at the HIDRALERTA system from LNEC. These systems aim to be the start of an expanded network of EWS prototypes for the Portuguese coast.

#### ACKNOWLEDGMENTS

FCT funding to CIMA through grant UIDP/00350/2020 and the research project EWCOAST (ALG-LISBOA-01-145- FEDER-028657).

#### REFERENCES

- 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. *Coast. Eng.* 56:1133–1152.
- van Dongeren, A., Ciavola, P., Martinez, G., *et al.* (2018) Introduction to RISC-KIT: resilience-increasing strategies for coasts. *Coast. Eng.* 134:2–9.



# METODOLOGIA PARA A DEFINIÇÃO DE ÁREAS INUNDÁVEIS PELA SUBIDA DO NÍVEL DO MAR EM LITORAIS EXPOSTOS, NA COSTA PORTUGUESA

Jorge Trindade<sup>(1)</sup>, José Luís Zêzere<sup>(2)</sup>, Eusébio Reis<sup>(3)</sup>, Jorge Rocha<sup>(4)</sup>,  
Pedro Pinto Santos<sup>(5)</sup>, Ricardo A. C. Garcia<sup>(6)</sup>, Sérgio C. Oliveira<sup>(7)</sup>,  
Susana Pereira<sup>(8)</sup> e Andreia Silva<sup>(9)</sup>

<sup>(1)</sup> Centro de Estudos Geográficos (CEG), Instituto de Geografia e Ordenamento do Território (IGOT),  
Universidade de Lisboa (UL); Laboratório Associado Terra; Universidade Aberta, Lisboa, Portugal – jorgetrd@  
campus.ul.pt

<sup>(2)</sup> CEG, IGOT, UL; Laboratório Associado Terra, Lisboa, Portugal – zezere@campus.ul.pt

<sup>(3)</sup> CEG, IGOT, UL; Laboratório Associado Terra, Lisboa, Portugal – eusebioreis@edu.ulisboa.pt

<sup>(4)</sup> CEG, IGOT, UL; Laboratório Associado Terra, Lisboa, Portugal – jorge.rocha@campus.ul.pt

<sup>(5)</sup> CEG, IGOT, UL; Laboratório Associado Terra, Lisboa, Portugal – pmpsantos@campus.ul.pt

<sup>(6)</sup> CEG, IGOT, UL; Laboratório Associado Terra, Lisboa, Portugal – rgarcia@campus.ul.pt

<sup>(7)</sup> CEG, IGOT, UL; Laboratório Associado Terra, Lisboa, Portugal – cruzdeoliveira@campus.ul.pt

<sup>(8)</sup> CEG, IGOT, UL; Laboratório Associado Terra, Lisboa, Portugal – susana-pereira@campus.ul.pt

<sup>(9)</sup> CEG, IGOT, UL; Laboratório Associado Terra, Lisboa, Portugal – andreiaalvessilva@campus.ul.pt

## RESUMO

Os cenários futuros de subida do nível do mar em Portugal colocam, previsivelmente, em risco áreas sensíveis do ponto de vista natural e urbano. Partindo da definição da linha de máxima preia-mar de águas-vivas equinociais, a suscetibilidade à inundação costeira   avaliada recorrendo às alturas de sobre-eleva o meteorológica, ao espraio de ondas de temporal e   subida do nível do mar, para os cenários Shared Socioeconomic Pathway 1, 2 e 5.

*Palavras-chave: Subida do nível do mar; exposi o; vulnerabilidade; adapta o.*

## 1. INTRODU O

A ocupa o do litoral representa atualmente um paradoxo globalizado. O valor estratégico do território litoral nacional, que concentra grande parte da popula o e do PIB, do poder produtivo e das infraestruturas estratégicas, implica a salvaguarda destes valores face a amea as, como a subida do nível do mar (SNM), que comprometer  a sua localiza o no médio longo prazo.   neste contexto que o ordenamento e gestão estratégica de médio longo prazo do território costeiro face   SNM se pode apresentar como a soluço preventiva, que permitirá obviar a perda de bens, infraestruturas críticas e serviços, assim como contribuir para uma ocupa o mais sustentável no futuro relativamente aos perigos associados   SNM.

## 2. OBJETIVO E METODOLOGIA

O objetivo deste trabalho centra-se na delimita o de áreas sujeitas   SNM no litoral exposto de Portugal continental para os horizontes temporais de 2040, 2070 e 2100. A metodologia definida para a concretiza o deste objetivo tem por base três etapas:

i) identifica o e delimita o dos sistemas costeiros no litoral exposto de Portugal continental. Recorre-se   linha de 0 m ortom trico como referência para uma delimita o linear e longilitoral de

sistemas arenosos, rochosos e com forte intervenção antrópica, recorrendo a critérios biofísicos e de ocupação do solo. Os critérios biofísicos incluem: a presença/ausência de morfologias de praia/duna e presença de espécies vegetais características deste ambiente costeiro; e a presença de morfologias de arriba ou plataforma rochosa com evidências de contacto com o espraio das ondas. O critério de ocupação do solo aplica-se sempre que o segmento de litoral seja ocupado por estruturas antrópicas urbanas e de proteção costeira. Excluem-se desta classificação ambientes costeiros de transição, como estuários ou lagunas costeiras.

ii) delimitação da linha de máxima preia-mar de águas-vivas equinociais (LMPAVE), reportada ao ano de 2011, de acordo com os critérios altimétricos e biofísicos (*e.g.*, presença ou ausência de vegetação ou depósito de vertente) estabelecidos no Despacho nº. 12/2010, de 25 de janeiro. A partir deste referencial, projeta-se para os sistemas arenosos a posição da LMPAVE ao longo do litoral de Portugal continental para 2040, 2070 e 2110, tendo como referência as taxas de erosão registadas localmente, entre 1953 e 2010 (Ponte-Lira *et al.*, 2016). Os sistemas rochosos e com forte influência humana são considerados de relativa estabilidade. A projeção da LMPAVE em sistemas litorais rochosos com elevadas taxas de recuo será considerada caso a caso;

iii) Tendo em conta a LMPAVE projetada, consideram-se, para cenarização futura das áreas sujeitas à SNM, as alturas associadas à sobre-elevação meteorológica, ao espraio de ondas de temporal e à SNM. A sobre-elevação meteorológica é calculada a partir dos dados de reconstrução de séries maregráficas entre 1979 e 2019 (Vigo, Cascais e Lagos) usados como referências para o litoral norte, centro e sul, respetivamente (Tadesse & Wahl, 2021). O espraio das ondas de temporal é assumido de acordo com estimativas locais baseadas na literatura, excluindo os litorais rochosos onde a LMPAVE contacta diretamente com a base da arriba. A SNM esperada para 2040, 2070 e 2100 nos cenários Shared Socioeconomic Pathway (SSP) 1 (2.7), SSP2 (4.5) e SSP5 (8.5) assume os valores previstos pelo modelo global Nasa Sea Level Projection Tool, de acordo com o relatório do IPCC (Fox-Kemper *et al.*, 2021; Garner *et al.*, 2021). A aplicação desta metodologia ao litoral exposto de Portugal continental permitiu o zonamento de áreas sujeitas à SNM e à possível intensificação de processos costeiros de erosão e galgamento oceânico, excluindo a submersão permanente ou semi-permanente.

## AGRADECIMENTOS

Trabalho financiado no quadro do projeto High Waters – Avaliação de cenários de exposição e vulnerabilidade social à subida do nível do mar para o uso sustentável do território (EXPL/GES-AMB/1246/2021) e do projeto RISKCOAST, Programa Interreg Sudoeste (SOE3/P4/E0868). Pedro Pinto Santos é financiado pela FCT no âmbito do contrato CEEIND/00268/2017.

## REFERÊNCIAS

- Fox-Kemper, B., H. T. Hewitt, C. Xiao, ... Y. Yu, 2021, Ocean, Cryosphere and Sea Level Change. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, ... B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In press.
- Garner, G. G., T. Hermans, R. E. Kopp, ... B. Pearson, 2021. IPCC AR6 Sea-Level Rise Projections. Version 20210809. PO.DAAC, CA, USA.
- Ponte Lira, C; Silva, AMAN; Taborda, R (2016): Portuguese coastline between 1958-2010 in shapefile format. <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.853654>
- Tadesse, M.G., Wahl, T. (2021). A database of global storm surge reconstructions. *Sci Data* 8, 125 <https://doi.org/10.1038/s41597-021-00906-x>



# COASTAL TERRITORIAL VULNERABILITY INDEX: THE IMPORTANCE OF A LOCAL APPROACH IN ANTICIPATING THE IMPACTS OF COASTAL FLOODING

José Leandro Barros<sup>(1)</sup>, Alexandre Oliveira Tavares<sup>(2)</sup>, Pedro Pinto Santos<sup>(3)</sup> and Paula Freire<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> National Laboratory for Civil Engineering, Lisbon, Portugal, [jlbarros@lnec.pt](mailto:jlbarros@lnec.pt); [pfreire@lnec.pt](mailto:pfreire@lnec.pt)

<sup>(2)</sup> Centre for Social Studies and Earth Sciences Department, Coimbra University, Coimbra, Portugal, [atavares@ci.uc.pt](mailto:atavares@ci.uc.pt)

<sup>(3)</sup> Centre for Geographical Studies of the Institute of Geography and Spatial Planning, University of Lisbon, Portugal, [pmpsantos@campus.ul.pt](mailto:pmpsantos@campus.ul.pt)

## ABSTRACT

The coastal zone of continental Portugal presents a great diversity of morpho-sedimentary systems such as estuaries, lagoons, barrier islands, beaches, dunes, and cliffs. The high population density and range of land uses, occupation and activities make it an area of great national strategic value. It is also an area subjected to multiple risks. In this study, a multidimensional methodology to analyze, evaluate and interpret local vulnerability (Coastal Territorial Vulnerability Index - CTVI) has been developed and applied in three study areas.

*Keywords: Coastal zone, Flood; Overtopping; Vulnerabilities; Multidimensional methodology*

## 1. INTRODUCTION

According to Tavares *et al.* (2021), during the period 1980-2018, 650 overtopping and coastal flooding occurrences were identified in mainland Portugal. Moreover 1708 associated impacts were also detected. This study is motivated by the need to enhance the assessment of coastal vulnerability to flooding on a local scale using multilayer variables. In this approach, coastal vulnerability is calculated based on a composite index that aggregates the different dimensions of vulnerability within a given territory. The scale of analysis and the variety of variables differentiate this methodological approach, that was applied in three study areas located on the western coast of continental Portugal (Figure 1).

## 2. METHODOLOGICAL APPROACH

The CTVI is a multidimensional approach that results from the analysis and evaluation of four components- morphology, land value, buildings and public areas-, represented by 33 variables (*e.g* artificial protection infrastructures, land use and occupation). After analyzing and evaluating each vulnerability component, the CTVI is calculated by adding the four components scores (Figure 1). Each component of vulnerability and the CTVI are classified from very low to very high.

## 3. MAIN ACHIEVEMENTS

The results show that in the different studied areas the CTVI is predominantly very low to moderate (86.2%), essentially corresponding to natural areas (Figure 1). There is a marked contrast between these areas and the artificial ones, which generally have high to very high CTVI. With regard to natural and transition areas, the CTVI obtained is fundamentally influenced by the morphological and land value component of the vulnerability. Whereas artificial areas are fundamentally influenced by the land, public areas and buildings components. The comparison of the results and the distribution of

the flooding and overtopping occurrences observed between 1980 and 2018, shows that 83.3% of the occurrences are in areas classified as moderate, high and very high CTVI.

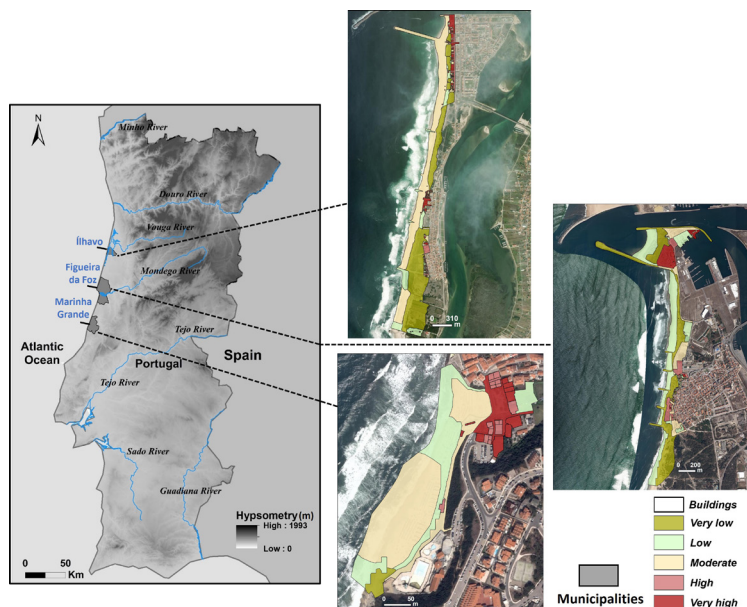


Figure 1. The Coastal Territorial Vulnerability Index in the study areas

#### 4. CONCLUSIONS

The increasing complexity that characterizes coastal areas makes it necessary to provide user-friendly tools for the different stakeholders and coastal managers. In this sense, the CTVI methodology is a comprehensive and functional tool that integrates the different dimensions of vulnerability. The CTVI methodology can contribute towards obtaining a unique framework for evaluating and measuring coastal flood vulnerability with a high level of detail (local scale).

#### ACKNOWLEDGMENTS

The project MOSAIC.pt (PTDC/CTA-AMB/28909/2017) is funded by the Portuguese Foundation for Science and Technology (FCT). Pedro P. Santos is funded by FCT (CEEIND/00268/2017).

#### REFERENCES

Tavares, A. O., Barros, J. L., Freire, P., Santos, P. P., Perdiz, L., & Fortunato, A. B. 2021. A coastal flooding database from 1980 to 2018 for the continental Portuguese coastal zone. *Applied Geography*, 135, 102534.



# DEFINITION OF COASTAL TYPOLOGIES CONSIDERING FLOODING OCCURRENCES, IMPACTS AND THE TERRITORIAL COMPLEXITY

José Leandro Barros<sup>(1)</sup>, Alexandre Oliveira Tavares<sup>(2)</sup>, Pedro Pinto Santos<sup>(3)</sup>, Paula Freire<sup>(1)</sup>, André B. Fortunato<sup>(1)</sup>, Ana Rilo<sup>(1)</sup> and Filipa S. B. F. Oliveira<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> National Laboratory for Civil Engineering, Lisbon, Portugal, [jlbarros@lnec.pt](mailto:jlbarros@lnec.pt); [pfreire@lnec.pt](mailto:pfreire@lnec.pt); [afortunato@lnec.pt](mailto:afortunato@lnec.pt); [arilo@lnec.pt](mailto:arilo@lnec.pt); [foliveira@lnec.pt](mailto:foliveira@lnec.pt)

<sup>(2)</sup> Centre for Social Studies and Earth Sciences Department, Coimbra University, Coimbra, Portugal, [atavares@ci.uc.pt](mailto:atavares@ci.uc.pt)

<sup>(3)</sup> Centre for Geographical Studies of the Institute of Geography and Spatial Planning, University of Lisbon, Portugal, [pmpsantos@campus.ul.pt](mailto:pmpsantos@campus.ul.pt)

## ABSTRACT

Continental Portugal presents an extensive and diversified coastal zone. This diversity gives rise to the existence of a wide range of geomorphologic features, namely sand beaches, sand/rocky beaches, gravel/sand beaches, high cliffs and low-lying rocky shores, coastal lagoons and barrier islands, which support distinct levels of human occupancy. To identify and distinguish the different coastal typologies, a cluster analysis was used based on a set of variables, expressing the territorial complexity, as well as the occurrences and impacts resulting from coastal flooding.

*Keywords: Coastal typologies; cluster analysis; occurrences; impacts; territorial complexity*

## 1. INTRODUCTION

A coastal zone is characterized by its dynamics, complexity, and constant interactions between the terrestrial and oceanic systems. In the last two decades, several studies and different techniques related to the identification and definition of coastal typologies have been carried out (Buddemeier *et al.*, 2008) with the existence of several methodologies for its definition (Dürr *et al.*, 2011). The scale of the analysis, the objective of the study and the variables that support the definition of the are crucial aspects in the development of the most appropriate methodology.

## 2. METHODOLOGICAL APPROACH

Based on the history of occurrences and impacts related to floods and coastal overtopping (Tavares *et al.*, 2021), the Portuguese continental coast was divided into 53 sectors. A set of 17 variables that represent the territorial complexity were selected to characterize the sectors, as well as the occurrences and impacts resulting from coastal flooding. These variables were grouped into 5 distinct subsets (Table 1). The coastal typologies were defined using cluster analysis.

## 3. MAIN ACHIEVEMENTS

The application of a cluster analysis made possible to extract 4 clusters for representing the natural and territorial diversity and complexity of the Portuguese continental coastal zone. The classification differentiates the clusters considering their impacts, occupation, susceptibility, and coastal protection. Thus, the following coastal typologies are identified: a) natural systems with few impacts showing equilibrium with forcing factors; b) natural systems with impacts in disequilibrium with forcings; c) artificial areas, predominantly without coastal protection, with impacts; and d) predominantly artificial areas with coastal protection, showing multiple impacts.

Table 1. Variables used in the cluster analysis

VARIABLES GROUP	NUMBER OF VARIABLES
SUSCEPTIBILITY TO COASTAL FLOODING	3
COASTAL PROTECTION	3
COASTAL FLOOD OCCURRENCES	1
TERRITORIAL OCCUPATION	2
IMPACTS	8

#### 4. CONCLUSIONS

The selection of variables and the methodology adopted proved to be suitable to identify different coastal typologies, representing the diversity and complexity that characterizes the continental Portuguese coastal zone, for flood risk assessment. Within the scope of the Mosaic.pt project, the selection of these typologies, combined with the history of flood occurrences and impacts, can offer an important contribution informing a comprehensive coastal flood risk assessment and management.

#### ACKNOWLEDGMENTS

The project MOSAIC.pt (PTDC/CTA-AMB/28909/2017) is funded by the Portuguese Foundation for Science and Technology (FCT). Pedro P. Santos is funded by the project Riskcoast- Development of tools to prevent and manage geological risks on the coast linked to climate change (SOE3/P4/EO868, Interreg Sudoe) and by FCT (Ref. CEECIND/00268/2017).

#### REFERENCES

- Buddemeier, R. W., Smith, S. V., Swaney, D. P., Crossland, C. J., & Maxwell, B. A. 2008. Coastal typology: An integrative “neutral” technique for coastal zone characterization and analysis. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 77(2), 197-205.
- Dürr, H. H., Laruelle, G. G., van Kempen, C. M., Slomp, C. P., Meybeck, M., & Middelkoop, H. 2011. Worldwide typology of nearshore coastal systems: defining the estuarine filter of river inputs to the oceans. *Estuaries and coasts*, 34(3), 441-458.
- Tavares, A. O., Barros, J. L., Freire, P., Santos, P. P., Perdiz, L., & Fortunato, A. B. 2021. A coastal flooding database from 1980 to 2018 for the continental Portuguese coastal zone. *Applied Geography*, 135, 102534.



## Apoio:



## Organização:

