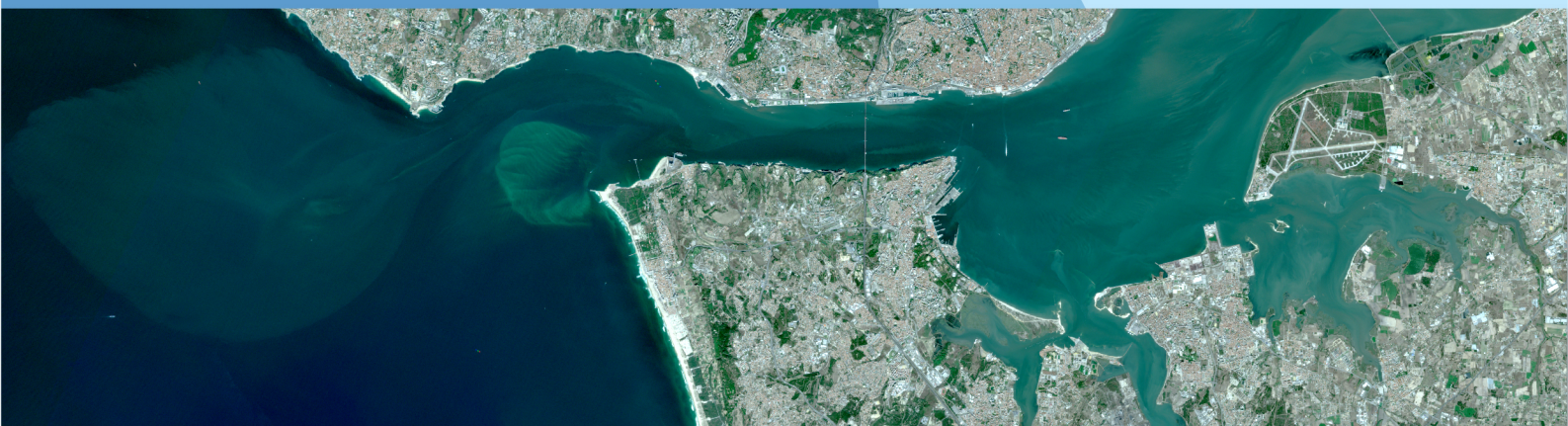




# 5 CONFERÊNCIA MORFODINÂMICA ESTUARINA E COSTEIRA

FACULDADE DE CIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DE LISBOA

**24-26 JUNHO**  
2 0 1 9



Livro de Resumos  
Book of Proceedings



# 5ª Conferência sobre Morfoodinâmica Estuarina e Costeira

MEC2019

**Editores:**

Maria da Conceição Freitas

João Cascalho

Pedro J.M. Costa

Miguel Inácio

Manel Leira

Cristina Ponte Lira

Ana Nobre Silva

Rui Taborda

**ISBN:** 978-989-20-9612-4

Lisboa, junho de 2019

# Índice

<b>Nota Introdutória</b>	<b>VI</b>
<b>Comissões MEC2019</b>	<b>VII</b>
<b>Palestras por Oradores Convidados</b>	<b>VIII</b>

## Sessão I

### Dinâmica estuarina e costeira

<b>RECENT COASTAL MORPHODYNAMICS OF THE NORTHERN PORTUGUESE COAST</b>	<b>1</b>
<i>Ana Bio, José Alberto Gonçalves, Américo Magalhães, José Pinho, Luís Vieira, José Vieira, Gueorgui Smirnov, Isabel Iglesias and Luísa Bastos</i>	

<b>EVOLUÇÃO DOS INDICADORES GEOMORFOLÓGICOS NO SETOR BARRA - COSTA NOVA (W PORTUGAL)</b>	<b>3</b>
<i>Sandra Fernández-Fernández, Paulo A. Silva, Paulo Baptista, Cristina Bernardes, Ángela Bouzas-Fontán, Laura López-Olmedilla e Caroline C. Ferreira</i>	

<b>BEACH-DUNE SHORT TERM MORPHODYNAMICS ON A HIGH-ENERGY SANDY BARRIER SYSTEM (MIRA BEACH, NW PORTUGAL)</b>	<b>5</b>
<i>Ángela Fontán-Bouzas, Umberto Andriolo, Caroline C. Ferreira, Sandra Fernández-Fernández, Laura López-Olmedilla, Laura Tubarão, Paulo Baptista and Paulo Silva</i>	

<b>MODELAÇÃO NUMÉRICA DO IMPACTO DE ALIMENTAÇÕES ARTIFICIAIS DE SEDIMENTOS</b>	<b>7</b>
<i>Carlos Coelho, Margarida Ferreira e Bárbara Marinho</i>	

<b>EROSÕES LOCALIZADAS NA VIZINHANÇA DO ESPORÃO EV2 DA COVA DO VAPOR</b>	<b>9</b>
<i>Luís Ivens Portela</i>	

## Sessão II

### Dinâmica estuarina e costeira

<b>USING HISTORICAL AERIAL PHOTOGRAPHS TO STUDY THE EVOLUTION OF CALDEIRA DE TRÓIA SALT MARSHES (PORTUGAL)</b>	<b>11</b>
<i>Ana Graça Cunha, Miguel Inácio, Maria de Conceição Freitas, Manel Leira and Vera Lopes</i>	

<b>WAVE RUNUP FIELD MEASUREMENTS: A CASE STUDY AT COSTA NOVA BEACH (WEST PORTUGAL)</b>	<b>13</b>
<i>Laura López-Olmedilla, Umberto Andriolo, Paulo A. Silva, Ángela Fontán-Bouzas and Sandra Fernández-Fernández</i>	

<b>FIELD OBSERVATIONS OF INFRAGRAVITY WAVES DURING STORM LESLIE IN A WAVE-DOMINATED INLET</b>	<b>15</b>
<i>Diogo Mendes, André B. Fortunato, Xavier Bertin, Kévin Martins, Laura Lavaud, Ana N. Silva, António A. Pires-Silva and José P. Pinto</i>	

<b>INFLUÊNCIA DA BARRA DE MARÉ NA EROÇÃO DA DUNA ARTIFICIAL DA LAGOA DE ALBUFEIRA</b>	<b>17</b>
<i>Sandra Moreira, Maria da Conceição Freitas César Andrade e Xavier Bertin</i>	

<b>TOPO-BATHYMETRIC MONITORING SOUTH OF THE MONDEGO RIVER MOUTH AFTER THE EXTENSION OF THE NORTH JETTY</b>	<b>19</b>
<i>João Nuno C. Oliveira, Filipa S. B. F. Oliveira and António A. Trigo-Teixeira</i>	

<b>ALTERAÇÕES NA ESTABILIDADE DE SEDIMENTOS FINOS INDUZIDAS PELA COLONIZAÇÃO DE PLANTA INVASIVA NO BASSIN D'ARCACHON (SW DE FRANÇA)</b>	<b>21</b>
<i>Bárbara Proença, Aldo Sottolichio, Richard Michalet e Florian Ganthy</i>	

<b>EVALUATING A CIRCULATION MODEL CAPACITY TO INCLUDE WAVES AND SIMULATE SEDIMENT TRANSPORT PROCESSES</b>	<b>23</b>
<i>Marili Viitak, Jesús Dubert, Rita Nolasco, Paulo A. Silva, Nuno G.F. Cordeiro, Carmen G. Castro and Villacieros-Robineau Nicolás</i>	

### **Sessão III**

#### **Dinâmica estuarina e costeira**

<b>MORPHODYNAMIC MODELING OF THE TAGUS ESTUARY INLET</b>	<b>25</b>
<i>André B. Fortunato</i>	

<b>LONGSHORE SEDIMENT TRANSPORT RATE BASED ON THE VOLUMETRIC GROWTH OF EBB-TIDAL DELTAS</b>	<b>27</b>
<i>Erwan Garel, Alejandro López-Ruiz and Óscar Ferreira</i>	

<b>MORPHOLOGICAL CHANGES OVER THE TAGUS ESTUARY MOUTH</b>	<b>29</b>
<i>Baptiste Mengual, Anne Jaouen, Xavier Bertin, Kévin Martins, André B. Fortunato, Paula Freire, Rui Taborda, Livio Riboli-Sasco, João cão Duarte and Tatiana Arquizan</i>	

<b>SEDIMENT DYNAMICS BASED ON ACOUSTIC DATA - CASE STUDY OF THE DOURO ESTUARY MOUTH</b>	<b>31</b>
<i>Ana Isabel Santos, Anabela Oliveira, Dora Carinhas, José Paulo Pinto, A. Jorge da Silva and M. Conceição Freitas</i>	

<b>BEACH NOURISHMENT AS COASTAL MANAGEMENT SOLUTION TO MITIGATE SOFT CLIFF EROSION ON QUARTEIRA COAST (ALGARVE-PORTUGAL)</b>	<b>33</b>
<i>Sebastião Braz Teixeira</i>	

### **Sessão de Posters I**

#### **Dinâmica estuarina e costeira**

<b>AVALIAÇÃO DO ESTADO MORFODINÂMICO DA PRAIA DE ATALAIA NOVA, BARRA DOS COQUEIROS - SERGIPE, BRASIL</b>	<b>35</b>
<i>Neise Mare de Souza Alves, Débora Barbosa da Silva e Lucas Silva Leite</i>	



<b>BRIEF TIDAL CYCLE SEDIMENT DYNAMIC DATA (MADEIRA ISLAND)</b>	<b>37</b>
<i>Anabela Oliveira, Ana Isabel Santos and Nuno Zacarias</i>	
<b>ESCO-ENSEMBLES: ENSEMBLES DE MODELOS NUMÉRICOS APLICADOS A ÁREAS ESTUARINAS E COSTEIRAS</b>	<b>39</b>
<i>Isabel Iglesias, Ana Bio, Paulo Avilez-Valente, José Luís Pinho, José Manuel Vieira, Luísa Bastos e Fernando Veloso-Gomes</i>	
<b>INFLUENCE OF BATHYMETRIC CHANGES ON THE RIA DE AVEIRO VEGETATION</b>	<b>41</b>
<i>Carina L. Lopes, Renato Mendes, Isabel Caçador and João M. Dias</i>	
<b>AVALIAÇÃO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO DAS DUNAS ENTRE A NOVA PRAIA E A FONTE DA TELHA (CONCELHO DE ALMADA)</b>	<b>43</b>
<i>Daniela Nascimento, César Andrade e Maria da Conceição Freitas</i>	
<b>PHYSICAL MODELLING OF WAVE-INDUCED PLANT DRAG COEFFICIENT</b>	<b>45</b>
<i>Rui Reis, Tomohiro Suzuki, Boyd Lubbers, Conceição J.E.M. Fortes and António A. Pires-Silva</i>	
<b>SALINITY DYNAMICS IN THE UPPER TAGUS ESTUARY</b>	<b>47</b>
<i>Marta Rodrigues, André B. Fortunato and Paula Freire</i>	
<b>BEACH MONITORING PROJECT ON CENTRAL CHILE</b>	<b>49</b>
<i>Elena Sánchez-García, Idania Briceño, Jesús Palomar-Vázquez, Josep Pardo-Pascual, Carlos Cabezas-Rabadán and Ángel Balaguer-Beser</i>	
<b>Sessão IV</b>	
<b>Metodologias de estudo e análise de dados</b>	
<b>TOWARDS AN INTEGRATED VIDEO-BASED SYSTEM FOR DESCRIBING NEARSHORE MORPHODYNAMICS</b>	<b>51</b>
<i>Umberto Andriolo and Rui Taborda</i>	
<b>IMAGE ANALYSIS OF HETEROMETRIC FLUORESCENT SAND</b>	<b>53</b>
<i>Caroline C. Ferreira, Paulo A. Silva and Ana M. Bernabeu</i>	
<b>TRACING RELATIVE SEA LEVEL CHANGES IN SALT MARSHES USING ORGANIC MATTER</b>	<b>55</b>
<i>Manel Leira, Ana G. Cunha, Maria C. Freitas, Miguel Inácio, Vera Lopes, Roberto Bao and César Andrade</i>	
<b>ASSETS OF COASTAL GEOSCIENCE COMMUNICATION</b>	<b>57</b>
<i>Ana Matias and Rita Carrasco</i>	
<b>NUMERICAL STUDY ON THE INFLUENCE OF MORPHOLOGY ON UNDERWATER SOUND PROPAGATION IN THE MONDEGO ESTUARY MOUTH</b>	<b>59</b>
<i>Tiago C. A. Oliveira, Paulo A. Silva and Tiago Abreu</i>	

<b>MAGNETIC SEDIMENT TRACERS: A NEW APPROACH</b> <i>Soraia Romão, João Duarte, Rui Taborda, Caroline Ferreira, Paulo A. Silva and Franziska Staudt</i>	<b>61</b>
---	-----------

## **Sessão V**

### **Riscos Costeiros**

<b>ASSINATURAS DEPOSICIONAIS DE TSUNAMIS NA PLATAFORMA E VERTENTE CONTINENTAL</b> <i>Pedro J.M. Costa, Klaus Reicherter e a equipa do RV Meteor M152</i>	<b>63</b>
---	-----------

<b>VALIDAÇÃO DE UM SISTEMA DE ALERTA PARA RISCOS COSTEIROS: APLICAÇÃO À PRAIA DE FARO</b> <i>Óscar Ferreira, Theocharis Plomaritis e Susana Costas</i>	<b>65</b>
---	-----------

<b>MODELAÇÃO DO GALGAMENTO COSTEIRO: EFEITOS DA TEMPESTADE EMMA NO LITORAL DE OEIRAS</b> <i>Andreia Ferreira, Rui Taborda e César Andrade</i>	<b>67</b>
--	-----------

<b>MODELLING TRÓIA SANDSPIT SALT MARSHES (SADO ESTUARY, PORTUGAL) UNTIL THE END OF 21ST CENTURY</b> <i>Miguel Inácio, Ana Graça Cunha, Maria da Conceição Freitas, Carlos Antunes, Vera Lopes, Manel Leira and César Andrade</i>	<b>69</b>
---	-----------

<b>MULTI-SOURCE FLOOD RISK ANALYSIS FOR SAFE COASTAL COMMUNITIES AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT</b> <i>Paula Freire, André B. Fortunato, Alexandre Tavares, Anabela Oliveira and Pedro P. Santos</i>	<b>71</b>
--	-----------

## **Sessão VI**

### **Divulgação de Projetos**

<b>CARACTERIZAÇÃO DO IMPACTE DA EXTRAÇÃO DE AREIAS E AVALIAÇÃO DA TAXA DE RECUPERAÇÃO DO ECOSISTEMA - O PROJETO ECOEXA</b> <i>Teresa Drago, Rui Taborda, Sebastião Teixeira, Marcos Rosa, João P. Cascalho, Miriam Tuaty-Guerra, Maria José Gaudêncio, Jorge Gonçalves, Paulo Relvas, Erwan Garel, Luciano Júnior, Victor Henriques, Pedro Terrinha e Ana Ramos</i>	<b>73</b>
--	-----------

<b>CARATERIZAÇÃO DE MANCHAS DE EMPRÉSTIMO PARA ALIMENTAÇÃO ARTIFICIAL DE PRAIAS - PROJETO CHIMERA</b> <i>Celso Aleixo Pinto, Bruno Pires, Nuno Penacho, Tanya Silveira, Mário Mil-Homens, Pedro Terrinha, Marcos Rosa, Pedro Brito, Marta Neres e Vitor Magalhães</i>	<b>75</b>
--	-----------

<b>COASTSNAP CASCAIS: A COMMUNITY BEACH MONITORING PROGRAM FOR CASCAIS BEACHES</b> <i>Cristina Ponte Lira, Ana Nobre Silva, Elena Sánchez-García and Mitchell Harley</i>	<b>77</b>
---	-----------

<b>MONITORIZAÇÃO PÓS-OCORRÊNCIA À ESCALA LOCAL COM RECURSO A MEIOS DE RÁPIDA MOBILIZAÇÃO E AQUISIÇÃO DE DADOS: CAPACIDADE OPERACIONAL DO PROGRAMA COSMO</b>	<b>79</b>
<i>Tanya M. Silveira, Nuno Penacho, Celso Pinto e Bruno Pires</i>	

## **Sessão de Posters II**

### **Metodologias de estudo e análise de dados, Riscos Costeiros e Intervenções antrópicas na zona costeira**

<b>ANÁLISE MICROMORFOLÓGICA EM DEPÓSITOS DE TSUNAMI: DETERMINAÇÃO COMPOSICIONAL E ESTABELECIMENTO DE FASES DE INUNDAÇÃO EM WHALE FIRTH (ESCÓCIA)</b>	<b>81</b>
--	-----------

*Ana Patrícia Abrantes e Pedro J.M. Costa*

<b>SEPARAÇÃO DE SEDIMENTOS ARENOSOS POR DENSIDADE PARA OBTENÇÃO DIRECTA DAS CURVAS DE DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA</b>	<b>83</b>
---	-----------

*João Cascalho*

<b>OFF-SHORE SOURCES OF BEACH-FILL MATERIAL IN QUARTEIRA (ALGARVE-PORTUGAL)</b>	<b>85</b>
---	-----------

*Sebastião Braz Teixeira, Celso Pinto e Marcos Rosa*

<b>DEPÓSITOS SEDIMENTARES DO ARQUIPÉLAGO DA MADEIRA - RESULTADOS GEOQUÍMICOS PRELIMINARES</b>	<b>87</b>
---	-----------

*Sandra Moreira, Aurora Rodrigues, João Duarte e Anabela Oliveira*

<b>REFORÇO DUNAR NA PRAIA DE MIRA: MORFODINÂMICA DA ALIMENTAÇÃO COM BASE NA MONITORIZAÇÃO</b>	<b>89</b>
---	-----------

*André Guimarães, Carlos Coelho e Paulo A. Silva*

<b>RP INDEX AS A POTENTIAL PROXY TO ESTABLISH ORGANIC MATTER SOURCE AND SINK</b>	<b>91</b>
--	-----------

*Vera Lopes, Manel Leira, Maria da Conceição Freitas, Ana Cunha, Miguel Inácio and Ana Costa*

<b>COASTAL BATHYMETRY DERIVED FROM UAV: A CASE STUDY AT LAGOA DE ALBUFEIRA INLET</b>	<b>93</b>
--	-----------

*Cristina Ponte Lira, Ana Nobre Silva, Diogo Mendes and Maria João Henriques*

<b>DETERMINAÇÃO DE FORMAS DE FUNDO COM RECURSO A UAV NA LAGOA DE ALBUFEIRA</b>	<b>95</b>
--	-----------

*Ana N. Silva, Cristina Ponte Lira, Diogo Mendes e Maria João Henriques*

## Nota Introdutória

Realiza-se na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (FCUL), nos dias 24 a 26 de maio de 2019, a 5ª Conferência sobre Morfodinâmica Estuarina e Costeira – MEC2019.

Esta conferência pretende ser um fórum de apresentação de trabalhos de investigação relacionados com os temas associados à morfodinâmica das zonas costeiras, de discussão de ideias e de partilha de conhecimento sobre a zona costeira de Portugal e do mundo.

A organização da conferência MEC2019 foi coordenada pela Comissão Organizadora que integra membros da Universidade do Algarve, da Universidade de Aveiro, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa e do Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

A edição de 2019 contou com quase meia centena de resumos, os quais foram distribuídos em 32 apresentações orais e 15 apresentações em forma de poster, e ainda duas conferências plenárias. Esta edição fica marcada pela renovação da imagem do MEC e pela introdução de um terceiro dia dedicado a um workshop sobre modelação numérica.

A Comissão Organizadora agradece a todos os investigadores que enviaram resumos, aos membros da Comissão Científica que os avaliaram, aos oradores convidados e ao painel da Mesa Redonda, às Instituições apoiantes e aos voluntários. A contribuição de todos mantém vivo este encontro de uma comunidade preocupada com a zona costeira e é responsável pelo seu sucesso.

Lisboa, junho de 2019

Maria da Conceição Freitas

# Comissões

## 1. Comissão Organizadora Local

Ana Silva (FCUL)  
Célia Lee (FCUL)  
Cristina Ponte Lira (FCUL)  
João Cascalho (FCUL)  
Manel Leira (FCUL)

Maria da Conceição Freitas (FCUL)  
Miguel Inácio (FCUL)  
Pedro Costa (FCUL)  
Rui Taborda (FCUL)

## 2. Comissão Organizadora Nacional

Ana Matias (UALG)  
André Fortunato (LNEC)  
Francisco Taveira Pinto (FEUP)  
Paula Freire (LNEC)

Maria da Conceição Freitas (FCUL)  
Óscar Ferreira (UALG)  
Paulo Silva (UA)  
Rui Taborda (FCUL)

## 3. 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)  
António Pires Silva (IST-UL)  
Carlos Coelho (UA)  
Carlos Pereira da Silva (UNL)  
César Andrade (FCUL)  
Cristina Bernardes (UA)  
Cristina Ponte Lira (FCUL)  
Fernando Veloso Gomes (FEUP)

Francisco Taveira Pinto (FEUP)  
João Miguel Dias (UA)  
Manel Leira (FCUL)  
Maria da Conceição Freitas (FCUL)  
Óscar Ferreira (UALG)  
Paula Freire (LNEC)  
Paulo Silva (UA)  
Paulo Batista (UA)  
Pedro Bettencourt (NEMUS)  
Pedro Costa (FCUL)  
Pedro Dinis (UC)  
Renato Henriques (UM)  
Rui Taborda (FCUL)  
Sebastião Teixeira (ARH - Algarve)  
Teresa Drago (IPMA)

## WATERSHED RESPONSE TO MODERN CLIMATE AND LAND USE: IMPLICATIONS FOR COASTAL MORPHODYNAMICS

Amy E. East<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> U.S. Geological Survey, Pacific Coastal and Marine Science Center, Santa Cruz, USA

### Abstract

This presentation will consider how watershed response to modern climate and land use will affect coastal morphodynamics and shoreline evolution in the 21st century, reviewing human land-use effects on watershed sedimentary processes and fluxes, as well as the state of the science in understanding ongoing hydroclimatic changes that affect watersheds. Recent and ongoing hydroclimatic changes that affect watershed sedimentary processes are primarily related to changes in hydrology (whether precipitation falls as rain or snow, the prevalence of extreme dry and wet conditions including severe storms, and the seasonal timing of runoff) and wildfire (the area and intensity of fires, as well as extreme fire behavior). We will consider what these hydrologic and wildfire changes mean for watershed sedimentary processes, including the occurrence of landslides, debris flows, flooding, and hillslope sediment production in the aftermath of fires.

We will then examine how watershed and coastal processes may co-evolve in the 21st century. Especially important in understanding actual or likely coastal responses to changes in terrestrial watersheds is the concept of connectivity: how sediment sources, transfer zones, and depositional sink zones must all be connected and must lack substantial sediment-storage, i.e., signal-buffering capacity, in order for the signals of landscape change to be transmitted down to the coastal zone. In landscapes where sediment transfer is interrupted by dams and reservoirs, or by long-term storage in floodplain deposits, coastal morphodynamics may remain unaffected by upper-watershed changes on long time scales. However, particularly in small, steep watersheds, coastal response to watershed disturbance can often occur rapidly and at a large scale. Examples include recent landscape responses to the transition from severe drought to extreme wet conditions and back to dry conditions again along the California coast over 2012–2018, when sediment flux to the nearshore zone varied over 2–3 orders of magnitude.

To make substantial advances in understanding landscape response to the modern disturbance regime caused by human land use and climate, the community of watershed geomorphologists and coastal morphodynamics experts can work together in especially three major areas: (1) understanding how the scale of landscape response corresponds to the scale of disturbance; (2) anticipating more accurately the likely lag times between a landscape disturbance and the downstream coastal response; and (3) untangling the complex superposition of multiple disturbance events and types of events – i.e., the role of “memory” in morphodynamically evolving systems.

## RECENT COASTAL MORPHODYNAMICS OF THE NORTHERN PORTUGUESE COAST

Ana Bio<sup>(1)</sup>, José Alberto Gonçalves<sup>(1,2)</sup>, Américo Magalhães<sup>(3)</sup>, José Pinho<sup>(4)</sup>, Luís Vieira<sup>(4)</sup>, José Vieira<sup>(4)</sup>, Gueorgui Smirnov<sup>(5)</sup>, Isabel Iglesias<sup>(1)</sup> and Luísa Bastos<sup>(1,2)</sup>

<sup>(1)</sup> CIMAR/CIIMAR – Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental, Universidade do Porto

<sup>(2)</sup> Dep. de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

<sup>(3)</sup> Observatório Astronómico, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

<sup>(4)</sup> Dep. de Engenharia Civil, Universidade do Minho

<sup>(5)</sup> Dep. de Matemática, Universidade do Minho

anabio@ciimar.up.pt, jagoncal@fc.up.pt, americo.magalhaes@fc.up.pt, jpinho@civil.uminho.pt,

luis.vasquez.vieira@gmail.com, jvieira@civil.uminho.pt, smirnov@math.uminho.pt,

iiglesias@ciimar.up.pt, lcbastos@fc.up.pt

### Abstract

Coastal erosion is a serious problem, likely to increase with predicted climate change effects. The assessment of coastal morphology and morphodynamics is essential to identify vulnerabilities and risks, and to be able to manage coastal areas in a sustainable way. We present a study of the northern-Portuguese coastline, where recent (2011-2018) surveys were used to identify stretches prone to erosion or accretion and to derive morphometric indicators for erosion risk assessment.

*Keywords:* Morphodynamics; coastal erosion; photogrammetry; digital elevation models.

### 1. Introduction

Coasts are complex land-ocean interface systems of high ecological and economic value. They are generally and increasingly densely populated and vulnerable to climate and ocean impacts. In Europe and in spite of the efforts and investments in coastal protection, about 15% (15,100 km) of the coasts were actively retreating in 2004, causing severe losses [1]. Coastal erosion and flood risk is thus an important issue, particularly in the light of possible climate change predictions of future increases in relative sea level and storminess that may result in increased coastal erosion rates. A study of the northern-Portuguese coast's morphodynamics in recent years is presented, based on a national LiDAR survey performed in 2011 (supplied by the DGT – Direção-Geral do Território) and digital elevation models (DEMs) obtained from two coastal airborne photogrammetric surveys, carried out in November 2017 and May 2018. The short-term morphodynamics for that period was quantified in terms of shoreline and beach volume changes, and related to beach wave exposure and coast type (considering geologic characteristics, presence of fore dunes, defence works and, rocky outcrops).

### 2. Methods

Two airborne surveys were carried out in November 2017 and May 2018 between Espinho and Caminha. For each survey, overlapping photographs (80% overlap, 9420×14430 pixels, 1900 m flight height, 15 cm ground sampling distance) were taken along a single track, covering beaches,



dunes and part of the inland (stretch length 80 km, width 2 km). Photographs were processed using Agisoft Photoscan software to generate a dense point cloud, a DEM and an orthomosaic with precise georeferencing derived from ground control points [2, 3]. The DEM was generated with a resolution of 50 cm and has a vertical accuracy better than 20 cm. The resulting DEMs and the coastal (land) DEM from the national LiDAR survey from 2011 were divided into segments, considering beach type and shore orientation. Shoreline changes and beach volume dynamics, as well as beach profiles were analysed per segment.

### **3. Results and discussion**

Results allowed identification of stretches with erosion and accretion tendencies. As expected, sandy beaches were more dynamic than rocky and protected beaches. Shoreline orientation was a relevant factor, representing beach exposure to the dominant wave impact directions. Overall, a net accretion was observed for the study period. According to the obtained DEMs, between 2011 and November 2017, the altitude of 31% of the surveyed area increased by 0.5 m or more, whereas 15% decreased by 0.5 m or more. Between the November 2017 and May 2018, these values were 13% and 16%, respectively. Part of the accretion measured between 2011 and 2017 may be apparent since it may result from the distinct survey and DEM processing methodologies. Next to sediment budgets, parameters such as shoreline position, dune height, and beach slope were obtained from the DEMs and DEM-based beach profiles.

### **4. Conclusions**

The short-term coastal morphodynamics of the northern-Portuguese coast was assessed, identifying the accretion and erosion tendencies at a local scale. Repeated acquisition of DEMs and beach profiles allowed for the determination of morphodynamic parameters that can be used as vulnerability indicators, for coastal erosion risk assessment and for coastal modelling.

### **Acknowledgments**

This research was partially supported by the Strategic Funding UID/Multi/04423/2013 through national funds provided by FCT - Foundation for Science and Technology and European Regional Development Fund (ERDF) and by the European Union MarRISK project: Adaptación costera ante el Cambio Climático: conocer los riesgos y aumentar la resiliencia (0262\_MarRISK\_1\_E), through EP INTERREG V A España-Portugal (POCTEP) program.

### **References**

- [1] Pranzini, E., A. Williams (eds.). 2013. Coastal erosion and protection in Europe. Routledge, Oxon, 457 pp.
- [2] Gonçalves, J.A., L. Bastos, S. Madeira, A. Magalhães, A. Bio. 2018. Three-dimensional data collection for coastal management - efficiency and applicability of terrestrial and airborne methods, *International Journal of Remote Sensing*, 39:24, 9380–9399, DOI: 10.1080/01431161.2018.1523591
- [3] Gonçalves, J.A., R. Henriques. 2015. UAV Photogrammetry for topographic monitoring of coastal areas. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 104 (2015), pp. 101–111. DOI: 10.1016/j.isprsjprs.2015.02.009

## EVOLUÇÃO DOS INDICADORES GEOMORFOLÓGICOS NO SETOR BARRA – COSTA NOVA (W PORTUGAL)

Sandra Fernández-Fernández <sup>(1)</sup>, Paulo A. Silva <sup>(1)</sup>, Paulo Baptista <sup>(1)</sup>, Cristina Bernardes<sup>(1)</sup>,  
Ángela Fontán-Bouzas <sup>(1,2)</sup>, Laura López-Olmedilla<sup>(1)</sup> e Caroline C. Ferreira <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Centro de Estudos do Ambiente e do Mar (CESAM), Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal,  
sandrafernandez@ua.pt; psilva@ua.pt; renato.baganha@ua.pt; cbernardes@ua.pt; abouzas@ua.pt;  
lauraolmedilla@ua.pt; carolineferreira@ua.pt

<sup>(2)</sup> Grupo de Geología Marina y Ambiental (GEOMA), Dep. Geociencias Marinas y Ordenación del Territorio,  
Universidad de Vigo, Vigo, España

### Resumo

O conhecimento da evolução dos sistemas praia-duna é primordial para mitigar os impactes da erosão. Este trabalho estima indicadores geomorfológicos na zona costeira de Aveiro a partir dos dados topográficos. Os resultados mostram que a evolução dos indicadores está relacionada com as atividades antrópicas e as condições de agitação marítima.

*Palavras-chave:* Sistema Praia-Duna; Morfodinâmica; Erosão costeira; Obras defesa costeira; Tempestades.

### 1. Introdução

A avaliação do risco de erosão potencial dos sistemas praia-duna é essencial para melhorar a sua gestão. No âmbito do projeto MarRISK realizaram-se levantamentos topográficos da praia subaérea no trecho costeiro de Barra até Costa Nova (Aveiro, W Portugal) (Figura 1a). Os dados permitiram calcular indicadores geomorfológicos de acordo com a metodologia proposta em Carapuço et al. (2016). O objetivo do presente trabalho é avaliar a relação desses indicadores com as condições de agitação marítima e atividades antrópicas.

### 2. Metodologia

Os levantamentos topográficos anuais foram realizados com o sistema INSHORE, no inverno, no período 2013-2018. Os dados foram processados e determinados os modelos digitais de terreno (MDT) (Figura 1a), a partir dos quais foram estimados os indicadores geomorfológicos: linha de costa, linha de praia, largura da praia, volume da praia, declive da face da praia e altura da base da duna. As tempestades foram identificadas com dados do modelo WAM para o ponto SIMAR 1040062 (10°W 40.50°N) (www.puertos.es), a partir do momento em que a altura significativa da onda  $H_s \geq 4.7$  m e mantiveram-se enquanto  $H_s \geq 3.5$  m.

### 3. Resultados e discussão

Os indicadores geomorfológicos variam no espaço, nomeadamente na proximidade dos molhes (M) e dos esporões (E) (Figura 1b, c). Também se observam variações interanuais relacionadas

com os depósitos de sedimento dragado e com o número e intensidade das tempestades. Por exemplo, o avanço da linha de costa em 2016, no setor sul, (Figura 1b) é eventualmente devido aos depósitos de areia efetuados entre o 3º e 4º esporão em novembro e dezembro de 2015. O recuo da linha de costa (Figura 1b) e da linha de praia, a diminuição da largura (Figura 1c) e do volume de praia e uma menor altura da base da duna no ano 2014 relacionam-se com o número e intensidade das tempestades.

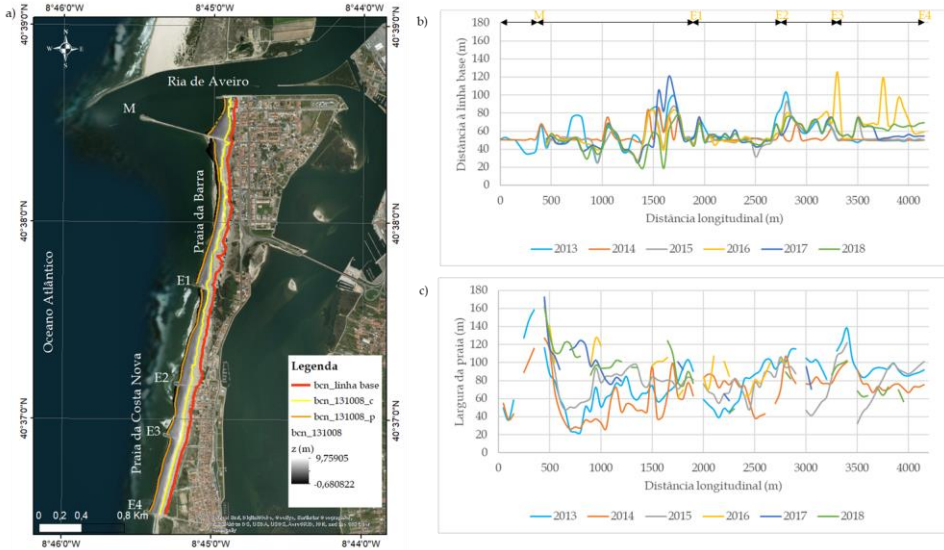


Figura 1. a) Área de estudo Barra-Costa Nova (Aveiro, Portugal) com o MDT e linhas (base, costa-c e praia-p) do ano 2013. b) Evolução da linha de costa. c) Evolução da largura da praia.

#### 4. Conclusões

Os indicadores geomorfológicos estimados no setor Barra-Costa Nova apresentam variações devido a obras de defesa costeira (esporões, alimentação artificial) e ao regime de tempestades.

#### Agradecimentos

Este trabalho foi realizado no âmbito do projeto MarRISK (0262\_MarRISK\_1\_E) financiado através do programa EP-INTERREG V A Espanha-Portugal (POCTEP). Agradece-se à FCT pelo apoio financeiro ao CESAM (UID/AMB/50017/2019) através de fundos nacionais.

#### Referências

- Carapuço, M.M., Taborda, R., Silveira, T.M., Psuty, N.P., Andrade, C., Freitas, M.C., 2016. 'Coastal geoinicators: Towards the establishment of a common framework for sandy coastal environments', *Earth-Science Reviews*, 154, 183-190.doi: 10.016/j.earscirev.2016.01.002.
- Puertos del Estado (Espanña)[[www.puertos.es/es-es/oceanografia/Paginas/portus.aspx](http://www.puertos.es/es-es/oceanografia/Paginas/portus.aspx)]

# BEACH-DUNE SHORT TERM MORPHODYNAMICS ON A HIGH-ENERGY SANDY BARRIER SYSTEM (MIRA BEACH, NW PORTUGAL)

Ángela Fontán-Bouzas <sup>(1,2)</sup>, Umberto Andriolo <sup>(3)</sup>, Caroline C. Ferreira <sup>(1)</sup>, Sandra Fernández-Fernández <sup>(1)</sup>, Laura López-Olmedilla <sup>(1)</sup>, Laura Tubarão <sup>(1)</sup>, Paulo Baptista <sup>(1)</sup> and Paulo Silva <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Centro de Estudos do Ambiente e do Mar (CESAM), Universidade de Aveiro, Portugal,  
carolineferreira@ua.pt; sandrafernandez@ua.pt; lauraolmedilla@ua.pt; renato.baganha@ua.pt; psilva@ua.pt

<sup>(2)</sup> Grupo de Geología Marina y Ambiental (GEOMA), Dep. Geociencias Marinas y Ordenación del Territorio,  
Universidade de Vigo, España, afontan@uvigo.es

<sup>(3)</sup> Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores (INESC), Universidade de Coimbra, Portugal,  
uandriolo@inescc.pt

## Abstract

This communication presents the preliminary results obtained from the analysis of a high frequency and high-resolution beach survey program that was carried out on the Portuguese coastal stretch of Mira beach. 2D and 3D topographic surveys were analysed to identify the features generally used as morphodynamic indicators of the dune-beach system, namely beach slope, beach volume, shoreline, frontal dune toe and crest. Results indicate the importance of short-term beach characterization for understanding and predicting beach-dune system morphodynamics and storm impact on a mesotidal wave-dominated environment.

*Keywords:* Storm erosion; Beach-dune system; Beach slope; Beach state.

## 1. Introduction

The sandy coast of the Aveiro Region is a mesotidal wave-dominated environment exposed to high-energy swells, where intense dune erosion and coastline retreat have been observed in the last decades (e.g., Fontán Bouzas et al., 2017; López-Olmedilla et al., 2018). Within this area, Mira Beach is a beach-dune system that acts as a natural barrier to the low-lying urbanized coastal area against marine flooding. Due to high variability of the foredune ridge of Mira Beach, the aim of this study is to relate the beach subaerial morphological state changes to the impact of storm waves on the dune system.

## 2. Methods

A high frequency and high-resolution beach survey program (in total, 25 topographic surveys) was conducted at Mira beach between October 2016 and February 2017 (Fontán-Bouzas et al., 2017). A GPS four-wheel motor quad prototype system was used to collect subaerial beach morphology data for an area of about 2 km alongshore and 100 m cross-shore. Besides, a traditional RTK-GPS system was used to survey 6 cross-shore beach profiles spaced around 500 m alongshore, covering also the dune system backward the beach (Figure 1). Morphological geo-indicators such as beach slope, beach volume, shoreline position, dune toe and dune crest

locations were automatically extracted by a dedicated Matlab-based algorithm. Hydrodynamic and morphological parameters were combined to obtain the morphological classification of beach states, and to evaluate storm impact on the dune system.

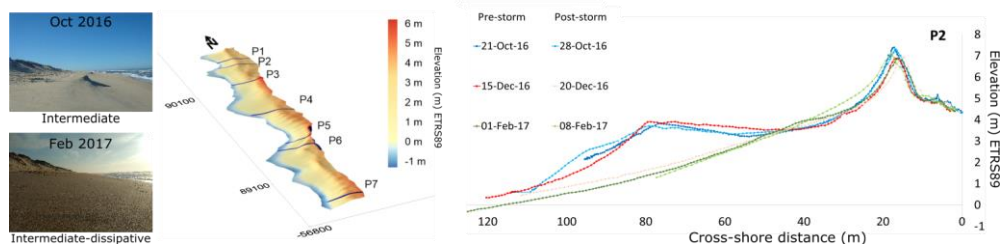


Figure 1. Examples of morphological states at Mira Beach (photos, left) and pre-storm beach digital elevation model (DEM) obtained on 14 October 2016 (middle). Example of dune-beach profiles measured during winter 2016/17 (right).

### 3. Results and Conclusions

Results showed a large morphological variability at Mira Beach both in the cross-shore and alongshore directions over the monitored period, with distinct response to winter storms and beach recovery in the different sectors (Figure 1). In the northern sector, which is characterized by low dune crest back the beach, the berm formation mitigated the storm impact on the dune. In the central sector of the coastal stretch, dune foot was impacted by storm due the low foreshore beach slope. The southern area did not vary significantly, showing an almost constant beach slope over the winter season. Future work will characterize the beach-dune system vulnerability to hydrodynamic forcing, improving the knowledge of beach morphodynamics at the study site.

### Acknowledgments

Thanks are due to FCT/MCTES for the financial support to CESAM (UID/AMB/50017/2019), to through national funds, and the co-funding by the FEDER, within the PT2020 Partnership Agreement and Compete 2020, and the MarRISK project (0262\_MarRISK\_1\_E). A.F.-B., C.C.F. and L.L.-O. are awarded fellowships ED481B2016/141-0-Xunta de Galicia, PD/BD/127993/2016 and SFRH/BD/131429/2017 respectively. U.A. is supported by the project UAS4LITTER (PTDC/EAM-REM/30324/2017).

### References

- Fontán-Bouzas, A., Baptista, P., Silva, P.A., Tubarão, L., Ferreira C., Alcántara-Carrió, J., Pais-Barbosa, J., Bernardes, C., 2017. 'Nearshore morphodynamics of Poço da Cruz - Mira coastal stretch (NW Portugal) during the winter 2016/2017', Book of Proceedings IX *Jornadas Geomorfología Litoral*, 343-346.
- López-Olmédilla, L., Fontán-Bouzas, A., Fernández-Fernández, S., Silva, P. A., Baptista, P., Ferreira, C., Bernardes, C., Alcántara-Carrió, J., Barbosa, J., 2018. 'Geomorphic vulnerability to 2017/2018 winter storms from Aveiro to Mondego Cape coastal stretch', Book of proceedings IX *Symposium on the Iberian Atlantic Margin*, 313-314.

## MODELAÇÃO NUMÉRICA DO IMPACTO DE ALIMENTAÇÕES ARTIFICIAIS DE SEDIMENTOS

Carlos Coelho<sup>(1)</sup>, Margarida Ferreira<sup>(1)</sup> e Bárbara Marinho<sup>(2)</sup>

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

<sup>(2)</sup> RISCO, INEGI & Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal,  
bmarinho@inegi.up.pt; barbaramarinho@ua.pt

### Resumo

Em geral, os problemas de erosão costeira estão associados à existência de défices sedimentares significativos. Uma possível estratégia de defesa costeira passa pela reposição do balanço sedimentar, através da alimentação artificial de sedimentos. Nesse sentido, torna-se essencial a capacidade de modelação da evolução da linha de costa e do perfil transversal de praia ao longo do tempo, antecipando o desempenho da alimentação e servindo de suporte à definição de cenários de intervenção.

*Palavras-chave:* LTC; CS-model; Erosão costeira; Cenários de intervenção; evolução a médio-prazo.

### 1. Introdução

A morfologia que o litoral adquire é dependente da dinâmica sedimentar e a agitação incidente é considerada o principal agente modelador e o maior responsável pela capacidade de transporte de sedimentos. Os sedimentos podem adquirir movimentos paralelos ou perpendiculares à linha de costa (Figura 1). Os movimentos perpendiculares à linha de costa refletem o comportamento a curto prazo da evolução morfológica do perfil transversal de praia e os movimentos paralelos estão associados às alterações da linha de costa a longo-termo. Regra geral, a análise e modelação do efeito destas componentes de transporte sedimentar são realizadas de forma independente devido à incompatibilidade entre as respetivas escalas temporais de interesse.

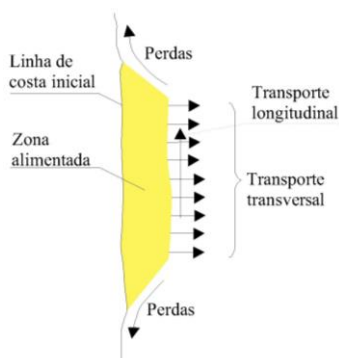


Figura 1. Vista em planta dos processos de transporte sedimentar associados às alimentações artificiais de sedimentos (adaptado de Bodegon, 2004)

Este trabalho teve como principal objetivo o estudo do impacto das alimentações artificiais, como medida de defesa costeira, na evolução da morfologia do litoral. Com recurso aos modelos numéricos LTC (*Long-Term Configuration*, Coelho, 2005) e CS-model (Marinho *et al.*, 2017), analisou-se a distribuição espacial e temporal dos sedimentos induzidos pela alimentação artificial ao longo da costa e do perfil transversal, para diferentes cenários de intervenção de alimentação artificial de sedimentos.

## 2. Modelos numéricos

Com recurso ao modelo numérico LTC avaliou-se o impacto que a alimentação artificial de sedimentos provoca na evolução da linha de costa e procedeu-se à quantificação do volume de sedimentos da alimentação em diferentes trechos ao longo do litoral e do tempo. O modelo de perfil, CS-model, foi utilizado para avaliar o desempenho de múltiplos cenários de intervenção, em função da localização, frequência e volume da alimentação artificial (Figura 2).

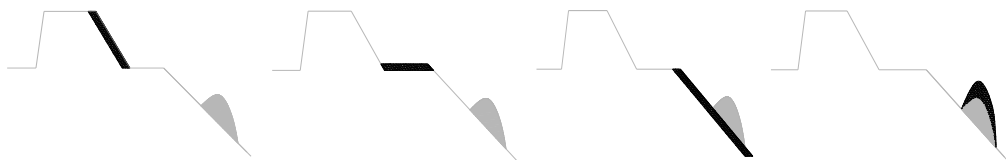


Figura 2. Esquema de diferentes localizações da alimentação artificial no perfil transversal (duna, berma, perfil de praia e barra submersa), de acordo com Marinho *et al.* (2017)

## 3. Conclusões

A complexidade dos processos físicos nas zonas costeiras, bem como as alterações morfológicas que ocorrem a curto e a longo-prazo dificultam a previsão da evolução do efeito das alimentações artificiais de sedimentos com modelos numéricos morfodinâmicos. A realização deste tipo de intervenção traduz-se, de um modo geral, num menor recuo da linha de costa e no aumento da robustez do perfil transversal durante um período de tempo limitado. Os resultados obtidos visam otimizar a definição de intervenções de alimentação artificial e contribuir para uma gestão mais eficiente da zona costeira.

## Agradecimentos

Projeto SANDTRACK (POCI-01-0145-FEDER-031779) financiado pelo FEDER, através de COMPETE2020 - POCI, e por fundos nacionais (OE), através de FCT/MCTES.

## Referências

- Bodegon, M. J. (2004). "Beach Nourishment: An evaluation of equilibration design methods. Cancún Beach Rehabilitation Project"; Master thesis, Delft University of Technology, 149 p.
- Coelho, C. (2005). "Riscos de Exposição de Frentes Urbanas para Diferentes Intervenções de Defesa Costeira"; PhD thesis, Aveiro University, 404 p.
- Marinho, B., Coelho, C., Larson, M., Hanson, H. (2017). Simulating Cross-Shore Evolution Towards Equilibrium of Different Beach Nourishment Schemes. Proc. Coast. Dynamics '17, Paper no.121, 15 p.



# EROSÕES LOCALIZADAS NA VIZINHANÇA DO ESPORÃO EV2 DA COVA DO VAPOR

Luís Ivens Portela<sup>(1)</sup>

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

## Resumo

Analisa-se a evolução batimétrica na envolvente do esporão EV2, na Cova do Vapor, ao longo dos últimos 50 anos, com base em levantamentos hidrográficos. A ocorrência de erosões localizadas está associada ao prolongamento inicial do esporão, em 1969-1971. A profundidade máxima (-14,1 m ZH, 200 m a WNW da cabeça) foi atingida em 2006, na sequência de uma intervenção de reparação da estrutura. Verifica-se que, em certos períodos (e.g. 1990-1995), a posição dos pontos de profundidade máxima sofre a influência da evolução do sector nascente da Golada, confundindo-se com essa mesma evolução.

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

## 1. Introdução

O esporão EV2, ou da Ponta da Calha, na embocadura do estuário do Tejo, tem origem num esporão curto (ca. 100 m) construído em 1963, num período em que os fundos da Golada apresentavam cotas da ordem de -2 m ZH. Em resposta ao agravamento do processo erosivo na Costa da Caparica, o esporão foi prolongado em 1969-1971 de modo a atingir um comprimento de cerca de 500 m, tendo sido no decorrer desta obra, em 1969, que se observaram pela primeira vez erosões junto à cabeça da estrutura, a -6 m ZH (Barceló, 1971). O esporão viria a sofrer uma intervenção de recuperação entre 2004 e 2006, tendo então adquirido um comprimento de cerca de 550 m. Neste trabalho, procede-se a uma análise da evolução batimétrica e da ocorrência de erosões localizadas na envolvente do esporão EV2 ao longo dos últimos 50 anos.

## 2. Metodologia

Compararam-se levantamentos hidrográficos cobrindo o período de 1969 a 2015, realizados pela Direção dos Serviços Marítimos (1969) e pelo Instituto Hidrográfico (1974-2015). Procurou distinguir-se entre erosões: (a) frente à cabeça do esporão e destacadas deste, devidas à contração das linhas de corrente e à formação de vórtices, tidas como principais; e (b) adjacentes à estrutura, possivelmente com maior influência da rebentação da onda (Fredsoe e Sumer, 1997).

## 3. Resultados e discussão

A origem das erosões está associada ao prolongamento inicial do esporão, em 1969-1971, observando-se em 1974 uma cavidade a -11,1 m ZH (Figura 1). A profundidade máxima de erosão manteve-se razoavelmente estável entre 1974 e 1990, sofrendo posteriormente a influência da migração para nascente do banco do Bugio. O valor registado em 1996 (-6,1 m ZH) reflete a aproximação desse banco à Cova do Vapor, imediatamente a norte. O esporão foi objeto de uma

empregada de reparação entre 2004 e 2006, registando-se em 2006 uma nova profundidade máxima (-14,1 m ZH, 200 m a WNW da cabeça), aparentemente associada ao prolongamento e reperfilamento da estrutura. Posteriormente, tem-se verificado uma evolução para valores próximos dos medidos nas décadas de 70 e 80.

A distribuição dos pontos de profundidade máxima indica que, entre 2005 e 2015, estes se situaram em média 250 m a NW da cabeça do esporão (Figura 2). Estes pontos coexistem com outras cavidades de erosão, incluindo infraescavações adjacentes ao esporão, sendo provável que estas tenham contribuído para a degradação da estrutura no passado. A distribuição dos pontos de profundidade máxima desde 1974 indica também que, em certos períodos, nomeadamente em 1990-1995, a localização desses pontos sofreu a influência da evolução do sector nascente da Golada, confundindo-se com essa mesma evolução.

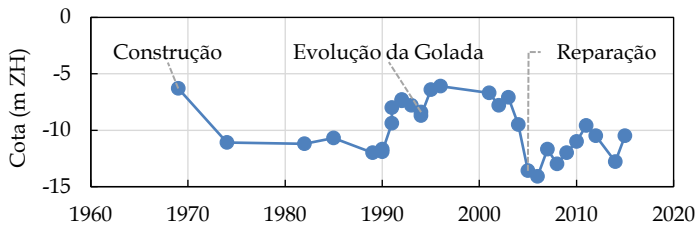


Figura 1. Profundidade máxima de erosão na vizinhança do esporão EV2 entre 1969 e 2015.

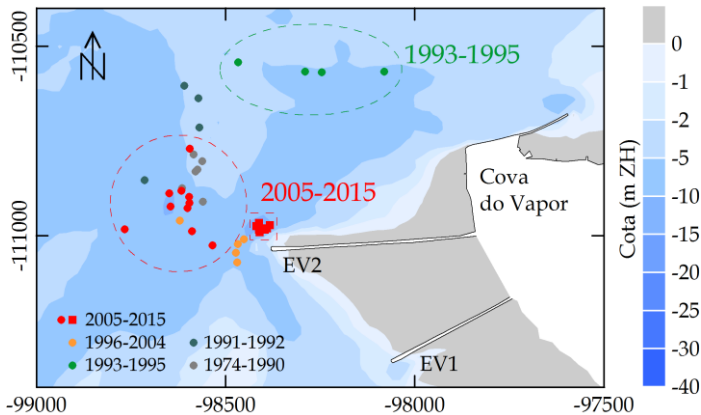


Figura 2. Localização dos pontos de profundidade máxima entre 1974 e 2015 (círculos) e de erosão adjacente à estrutura entre 2005 e 2015 (quadrados), sobre batimetria de 2015.

## Referências

- Barceló, J.P., 1971. 'Experimental study of the hydraulic behaviour of inclined groyne systems', *Memória n° 394*, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.
- Fredsøe, J. e Sumer, B.M., 1997. 'Scour at the round head of a rubble-mound breakwater', *Coastal Engineering*, 29, 231-262.

# USING HISTORICAL AERIAL PHOTOGRAPHS TO STUDY THE EVOLUTION OF CALDEIRA DE TRÓIA SALT MARSHES (PORTUGAL)

Ana Graça Cunha<sup>(1,2)</sup>, Miguel Inácio<sup>(1,2)</sup>, Maria de Conceição Freitas<sup>(1,2)</sup>, Manel.Leira<sup>(2)</sup> and Vera Lopes<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

agcunha@fc.ul.pt, mfinacio@fc.ul.pt, cfreitas@fc.ul.pt, mleira@fc.ul.pt, vlopes@fc.ul.pt

## Abstract

Aerial shots were used to study the evolution of the saltmarshes in *Caldeira de Tróia* between 1942 and 2015 and determine their area at different points in time. The colonization of the surrounding dunes results in a significant increase in total area in the North bank marsh, while in the South bank there is a small decrease in total area mostly due to losses in the estuarine face.

*Keywords:* Sado estuary; tidal wetlands; marsh dynamics; geomorphological maps.

## 1. Introduction and Study Area

The Sado estuary is located 40 km south of Lisbon, with an area of approximately 24km<sup>2</sup>. It is classified as a bar-built estuary, separated from the sea by a large sand spit, the Tróia barrier. Thanks to the shelter provided by the barrier, a ≈14ha saltmarsh developed in Caldeira de Tróia, on the tip of the sand spit. Aerial photographs of the region exist since the 1940's and can be used to study the evolution of these saltmarshes since that time. Understanding the marshes recent dynamic is critical for making projections and setting up functional management and rehabilitation plans, especially under scenarios of sea level rise.

## 2. Methods

Aerial images of the coastal stretch south of Setúbal were purchased at the *Centro de Informação Geoespacial do Exército*. Based on their quality and the tidal level at the time of capture, a group of photos were selected for study, namely: SPLAL (1942) (Fig. 1A), FAP (1967, 1983) and ERFOTO (2001). For the years 2008 and 2015 the orthophotomaps available at *Direção-Geral do Território* website were used. Using the software ArcGIS, most aerial photos were geo-referenced in relation to the 2015 orthophotomap. Interior (dune) and exterior (water) limits of the saltmarshes were defined (Fig. 1B), and, using those limits, polygons were created (Fig. 1C).

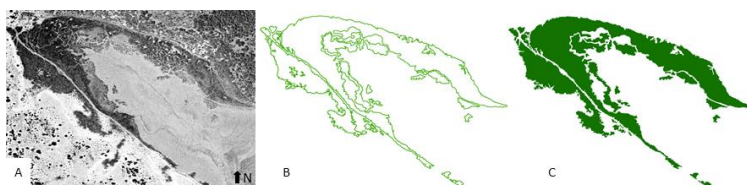


Fig. 1 - A) Aerial photograph of the saltmarsh in the North bank of *Caldeira de Tróia*, from the SPLAL flight (1942); B) saltmarsh limits; C) polygons derived from the previous limits.

The polygons represent the saltmarsh area and can differentiate between high and low marsh, as well as between continuous marsh and areas of smaller marsh islands or patches. Maps of differences were created by overlapping the polygons of sequential years and between the polygons of the first and last available photos (Fig. 2A). The maps of differences can illustrate the loss and gain of marsh area, significant losses in density within a certain environment, and the transitions between environments (i.e. low marsh shifting to high marsh).

### 3. Results and discussion

The differences in morphology between the saltmarshes in the North and South sectors of *Caldeira de Tróia* are reflected in their evolution through time (Fig. 2). The high marsh presents a similar pattern in both sectors, increasing over the years due to accretion of the low marsh and colonization of the surrounding dunes. However, while in the North bank the overall change is also positive (Fig. 2A), in the South sector (Fig. 2B) there is a small loss in total area. In this region, the marsh areas closer to the water are mostly formed by small marsh islands and patchy areas, which are very dynamic and seem to be more sensitive to sea level and sediment availability variations. Thus, it is expected that future sea level rise will make these areas disappear first.

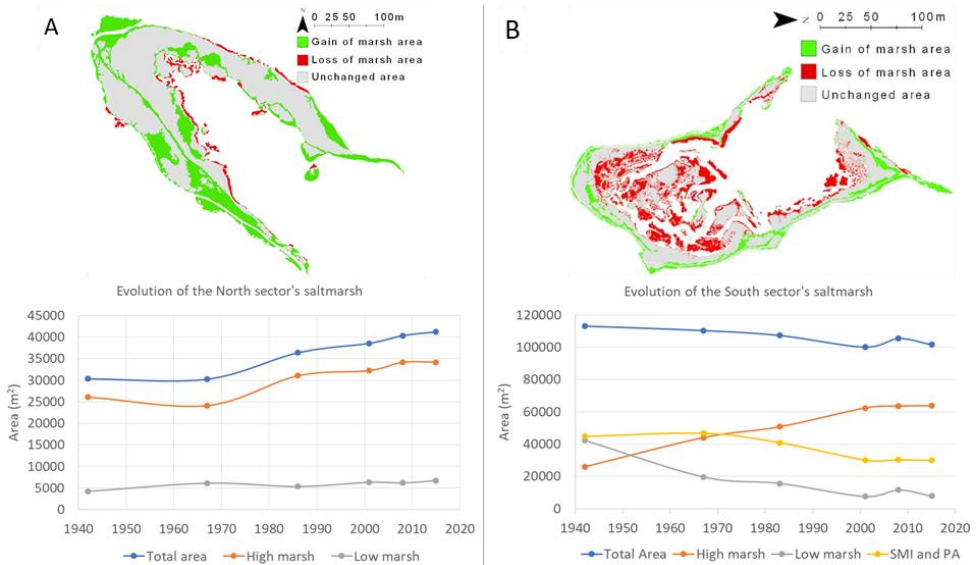


Fig. 2 - A) Map of differences 1942-2015 (top) and evolution of marsh area with time (bottom) in the North sector's saltmarsh; B) Map of differences 1942-2015 (top) and evolution of marsh area with time (bottom) in the South sector's saltmarsh. SMI - small marsh islands; PA- patchy areas.

While this work presents the results only in terms of total marsh area, a more thorough evaluation can be made taking into account losses in density, transitions between environments and other variations. The results of this work are intended to be correlated with the cores collected at the site, sea level rise information, and the projection model under development.

#### Acknowledgments

Study supported by FCT - project UID/GEO/50019/2019 - Instituto Dom Luiz; PTDC/CTA-GEO/28412/2017-CLIMARES; PhD Grants PD/BD/106074/2015 and PD/BD/142781/2018.

# WAVE RUNUP FIELD MEASUREMENTS: A CASE STUDY AT COSTA NOVA BEACH (WEST PORTUGAL)

Laura López-Olmedilla <sup>(1)</sup>, Umberto Andriolo <sup>(2)</sup>, Paulo A. Silva <sup>(1)</sup>, Ángela Fontán-Bouzas <sup>(1,3)</sup>,  
Sandra Fernández-Fernández <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Centro de Estudos do Ambiente e do Mar (CESAM), Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal,  
lauraolmedilla@ua.pt; psilva@ua.pt; abouzas@ua.pt; sandrafernandez@ua.pt

<sup>(2)</sup> Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores (INESC), Universidade de Coimbra, Portugal  
andriolo.umberto@libero.it

<sup>(3)</sup> Grupo de Geología Marina y Ambiental (GEOMA), Universidad de Vigo, Vigo, España

## Abstract

Wave runup is a fundamental parameter for coastal studies to predict the impact of waves on coastal systems. This work reports wave runup measurements at Costa Nova beach, using video-derived measures in comparison to empirical wave runup prediction formulas. The Stockdon et al. (2006) empirical formula suits to the observations.

*Key words:* Sandy Beach; Swash processes; Remote sensing; Image processing, Empirical formula

## 1. Introduction

Wave runup is defined as the maximum water level elevation reached by a wave on the foreshore. Numerous formulations have been proposed for runup prediction (see review in Atkinson et al., 2017), being dependent on the local water level, the incident wave conditions and the beach slope.

The main goal of this work is to improve knowledge of wave runup process at Costa Nova beach (West Portuguese coast). Field video-derived wave runup measurements were compared to wave runup prediction formulations, in order to evaluate which empirical formula better represented the processes.

## 2. Methodology

The field survey was conducted at Costa Nova beach on 26<sup>th</sup> November 2018 (Figure 1a). Topographic cross-shore beach profiles were measured with RTK-GPS during low tide. An optical camera Mobotix M12 (2018 x 1536 image resolution) was installed at the top of the dune acquiring images at 1 Hz during increasing tide (Figure 1a). Wave swash excursions were manually marked on 10 min Timestack images for 5 hours (Figure 1b), as in Andriolo et al. (2015). The video-derived records were compared to empirical runup formulas proposed by Stockdon et al. (2006), Voudoukas et al. (2012) and Atkinson et al. (2017), which were calculated with offshore wave data (blue point in Figure 1a) and beach profile slope ( $\tan \beta$ ).

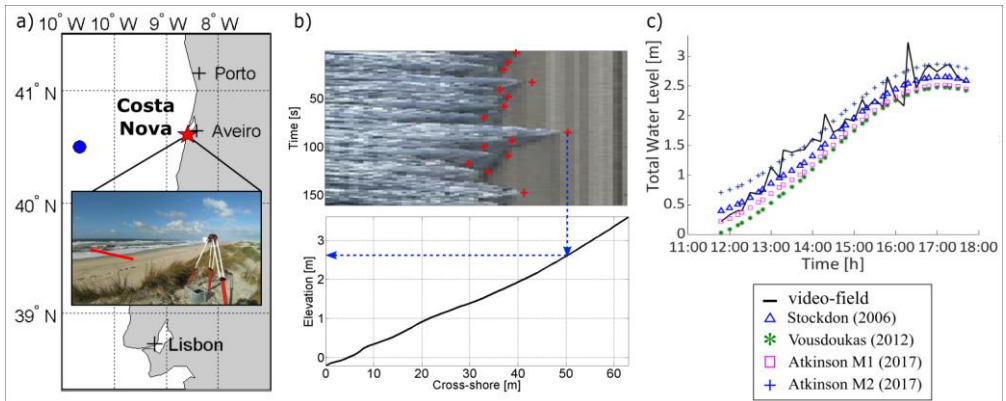


Figure 1. a) Study area (red star) and photo of the experiment (inset) with the video-camera and the beach profile considered for Timestack production (red dashed line); b) Timestack image (upper) and corresponding beach profile (lower); c) Wave runup observed (dark line) and modelled (see legend).

### 3. Results and Conclusions

The video-derived total water level (TWL, runup + tide) values ranged from 0.31 m to 3.21 m (black line in Figure 1c). The values obtained with empirical formulas varied between 0.22 m and 2.86 m. The empirical formula proposed by Stockdon et al. (2006), whose RMSE was equal to 0.23 m, fitted better than the others. Further studies will use longer video acquisitions during different oceanographic conditions and beach morphodynamic states, in order to improve swash process insights at the coast of Aveiro region.

### Acknowledgements

This work was financially supported by the MarRISK project (0262\_MarRISK\_1\_E), by the CESAM (UID/AMB/50017/2019) to FCT/MEC through national funds, and by the co-funding by the FEDER, within the PT2020 Partnership Agreement and Compete 2020. The 1<sup>st</sup> and 4<sup>th</sup> authors are awarded fellowships (SFRH/BD/131429/2017 and ED481B2016/141-0, respectively). The 2<sup>nd</sup> author is supported by UAS4LITTER (PTDC/EAM-REM/30324/2017).

### References

- Andriolo, U., Herminio, J., Ribeiro, M., Taborda, R. 2015. 'Insights on run-up processes through high resolution video measurements'. Proceedings of VIII International Symposium on the Iberian Atlantic Margin (MIA15), Málaga, Spain.
- Atkinson, A. L., Power, H. E., Moura, T., Hammond, T., Callaghan, D.P., Baldock, T. E. 2017. 'Assessment of runup predictions by empirical models on non-truncated beaches on the south-east Australian coast.' *Coastal Engineering*, 119, 15-31.
- Stockdon, H.F., Holman, R.A., Howd, P.A., Sallenger, A.H. 2006. 'Empirical parameterization of setup, swash, and runup'. *Coastal Engineering*, 53, 573 - 588.
- Vousdoukas, M.I., Wziatek, D., Almeida, L.P., 2012. 'Coastal vulnerability assessment based on video wave run-up observations at a mesotidal, steep-sloped beach'. *Ocean Dynamics* 62, 123-137.

# FIELD OBSERVATIONS OF INFRAGRAVITY WAVES DURING STORM LESLIE IN A WAVE-DOMINATED INLET

Diogo Mendes<sup>(1,2,3)</sup>, André B. Fortunato<sup>(2)</sup>, Xavier Bertin<sup>(4)</sup>, Kévin Martins<sup>(4)</sup>, Laura Lavaud<sup>(4)</sup>,  
Ana N. Silva<sup>(5)</sup>, António A. Pires-Silva<sup>(1)</sup> and José P. Pinto<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Lisbon, Portugal,  
ddiogosm@gmail.com, antonio.pires.silva@tecnico.ulisboa.pt

<sup>(2)</sup> Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisbon, Portugal,  
afortunato@lnec.pt

<sup>(3)</sup> Departamento de Oceanografia, Instituto Hidrográfico, Lisbon, Portugal,  
paulo.pinto@hidrografico.pt

<sup>(4)</sup> UMR 7266 LIENSs, CNRS-Université de La Rochelle, La Rochelle, France,  
xbertin@univ-lr.fr, kmartins@univ-lr.fr, llavaud@univ-lr.fr

<sup>(5)</sup> Instituto Dom Luiz, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisbon, Portugal,  
amasilva@fc.ul.pt

## Abstract

This study investigates the role of infragravity waves (IGW) on the hydrodynamics of a wave-dominated inlet (Albufeira lagoon, Portugal) during storm Leslie (October 2018) through the analysis of field observations. Measured significant IGW heights reached up to 0.9 m in the surf zone, at adjacent ocean beaches, and 0.4 m at the flood-delta. At the flood-delta, IGW were more energetic than wind-generated short-waves by up to a factor of 2. These large IGW are expected to contribute significantly to sediment transport during storm conditions.

*Keywords:* Albufeira lagoon; Hydrodynamics; Storm conditions.

## 1. Introduction

The morphological changes at wave-dominated inlets are well known to be dependent on the wave forcing. For instance, the Albufeira lagoon (Portugal) naturally closes during winter after storm events. Infragravity waves (IGW) are ocean waves with periods between 25 s to 250 s in certain cases associated and enhanced by wave grouping in the incident wind-generated waves (SW). The IGW amplitude increases during storms so that IGW can dominate the hydrodynamics near the shoreline (e.g. Bertin *et al.*, 2018). However, their role on the hydrodynamics in a wave-dominated inlet under storm conditions has scantily been explored before. The present study tackles this research gap through an analysis of field observations.

## 2. Field experiment and data analysis

The field experiment took place at the Albufeira lagoon between October 12 and 15, 2018. During this period, the Portuguese coastline was hit by the storm Leslie, which made landfall on October 14 and triggered energetic offshore wave conditions recorded by Sines buoy (Figure 1a).



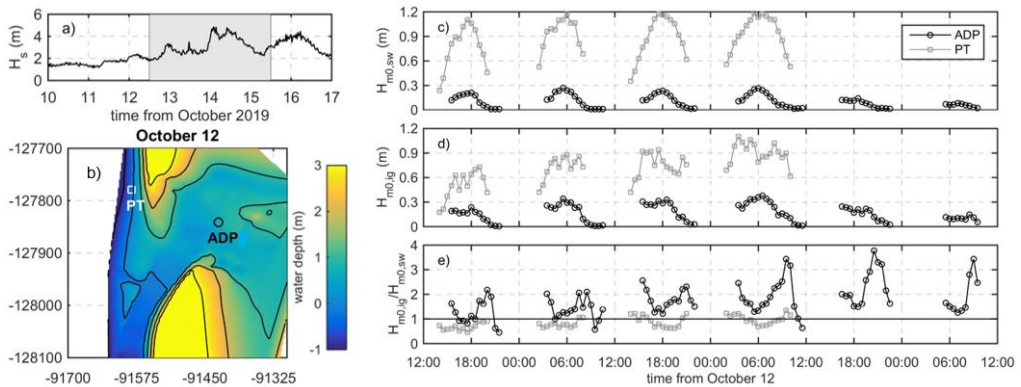


Figure 1. Time-series of significant wave height (a) recorded by Sines wave buoy. Digital elevation model obtained with the topographic survey performed on October 12 (b) and spatial locations of the acoustic Doppler current profiler (ADP) and the pressure transducer (PT). Water depth is referred to mean sea level and the horizontal coordinates are referred in the ETRS89 PT-TM06 system. Time-series of significant short-wave (c) and infragravity wave (d) height and the ratio between significant infragravity and short wave heights (e) at the ADP (circles) and PT (squares) locations.

The present analysis considered pressure measurements registered by a pressure transducer (PT) at 4 Hz and by an acoustic Doppler current profiler (ADP) at 2 Hz (Figure 1b). The wave energy spectrum was computed every 20 min using Welch’s method. We calculated the significant IGW height ( $H_{m0,ig}$ ) and the significant SW height ( $H_{m0,sw}$ ). The integration limits were set to (0.0039-0.04) Hz and to (0.04-0.3) Hz, respectively.

### 3. Results and discussion

The propagation of SW and IGW between the adjacent beach (PT) and the flood-delta (ADP) is strongly influenced by the inlet channel (Figure 1b). During storm conditions, the depth-limited  $H_{m0,sw}$  decreases by  $\sim 80\%$ , from 1.2 m outside to 0.3 m inside the lagoon (Figure 1c) while  $H_{m0,ig}$  only decreases by  $\sim 40\%$ , from 0.9 m outside to 0.4 m inside the lagoon. As a result, the ratio between  $H_{m0,ig}$  and  $H_{m0,sw}$  is, in general, larger at the flood-delta than at the adjacent beach (Figure 1e). This analysis highlights the role of IGW inside the Albufeira lagoon. These IGW are expected to drive large orbital velocities and, therefore, to contribute to the sediment transport in wave-dominated inlets particularly in high energy wave conditions.

### Acknowledgments

The first author acknowledges a PhD fellowship granted by Fundação para a Ciência e a Tecnologia (grant PD/BD/114463/2016). This study was partially funded by the INLEX project through the Programa Pessoa of the Fundação para a Ciência e a Tecnologia and the Agence Nationale de la Recherche.

### References

Bertin *et al.*, 2018. “Infragravity waves: From driving mechanisms to impacts”, *Earth-Science Reviews*, 177, 774-799.

# INFLUÊNCIA DA BARRA DE MARÉ NA EROÇÃO DA DUNA ARTIFICIAL DA LAGOA DE ALBUFEIRA

Sandra Moreira<sup>(1,3)</sup>, Maria da Conceição Freitas<sup>(2,3)</sup>, César Andrade<sup>(2,3)</sup> e Xavier Bertin<sup>(4)</sup>

<sup>(1)</sup> Instituto Hidrográfico, Lisboa, Portugal, sandra.moreira@hidrografico.pt

<sup>(2)</sup> Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal

<sup>(3)</sup> Instituto Dom Luiz (IDL), Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal

<sup>(4)</sup> UMR 7266 LIENSs, CNRS, Université de La Rochelle, La Rochelle, France.

## Resumo

A evolução topo-batimétrica da barreira litoral da Lagoa de Albufeira revelou o papel preponderante da barra e canais de maré, no encurtamento e redução volumétrica da duna artificial. A amputação da sua extremidade sul foi promovida 1) pela divagação da barra de maré, em períodos de deriva litoral para norte, e 2) pela meandrização do canal norte, em períodos de deriva litoral para sul. O primeiro processo foi mais importante até 2007, ocorrendo taxas de erosão menores, e a partir de 2008 ocorre a ação conjunta destes dois processos, conduzindo à magnificação das taxas de erosão.

*Palavras-chave:* Laguna; Barreira litoral; Deriva litoral; Meandrização.

## 1. Introdução

Em 1996 iniciaram-se os trabalhos de construção de uma duna artificial (DA) na barreira litoral da Lagoa de Albufeira, para reforçar e estabilizar a duna frontal de modo a prevenir galgamentos e a fixar a localização da barra de maré. Inicialmente a DA era formada por um aterro de secção trapezoidal com 90000 m<sup>3</sup> de material resultante da dragagem dos bancos arenosos lagunares, disposto ao longo de uma extensão de 550 m e até uma cota apical de 8 m (n.m.m.). Ao longo dos anos a DA foi perdendo expressão morfológica, especialmente em relação à sua extensão. Nesta comunicação pretende-se sumariar as principais modificações observadas na DA ao longo de duas décadas, e os respetivos fatores forçadores, e avaliar a eficácia desta obra de engenharia.

## 2. Metodologia

A caracterização das modificações morfológicas da DA ao longo das duas últimas décadas baseia-se no processamento em ambiente SIG de dados adquiridos com recurso a um GPS-diferencial em 7 campanhas topo-batimétricas realizadas entre abril de 2010 e dezembro de 2018, em situação de barra fechada, e extraídos de levantamentos topo-batimétricos efetuados com metodologias distintas por outras entidades públicas/privadas (Julho 1998, Julho 2002, Outubro 2008 e Novembro 2011). Informação adicional sobre a extensão da DA foi extraída de fotografias aéreas e ortofotomapas (Verão 1999, Novembro 2004, Agosto 2007, Outubro 2008 e Junho 2012). Os parâmetros da agitação marítima (direção, período e altura) para o período 1997-2007 foram obtidos, para a batimétrica dos 20 m em frente à Lagoa de Albufeira, com recurso ao modelo software SWAN. A modelação partiu da reconstituição do estado de mar num domínio regional do Atlântico N através do modelo WaveWatchIII. Esta informação permitiu o cálculo da potência da componente de deriva litoral (PIs) através da teoria de Airy.

### 3. Principais Resultados e Conclusões

- O encurtamento da DA (Fig. 1), que em Abril de 1997 exibia extensão de 488 m, ocorreu a uma taxa de  $\sim 22$  m.ano<sup>-1</sup>. A taxa média de erosão volumétrica desde 1998 é de  $\sim 3000$  m<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup>.
- O encurtamento da DA não ocorreu a um ritmo constante, tendo sido identificadas duas fases principais (A: 1997-2007 e B: 2008-2019) que se traduzem em taxas de erosão linear distintas. A fase A é caracterizada por uma baixa taxa de erosão linear ( $\sim 5$  m.ano<sup>-1</sup>), e na fase B observa-se uma taxa média de  $\sim 38$  m.ano<sup>-1</sup>.
- A erosão linear da DA por amputação da extremidade sul em resultado da divagação da barra de maré para norte ocorre essencialmente nos primeiros meses a seguir à sua abertura, devido a esta ser efetuada na proximidade da base da DA.
- O maior encurtamento da DA ocorreu em 2010. A perda de 67 m, em extensão, resultou da combinação de 2 processos: 1) a ocorrência de agitação marítima promotora de deriva litoral para norte, desde a abertura da barra de maré até meados de Maio, e 2) a meandrização do canal interno norte em resultado da acreção de uma restinga de areia aquando da inversão da obliquidade das ondas incidentes e consequente reversão da direção da deriva litoral para sul.

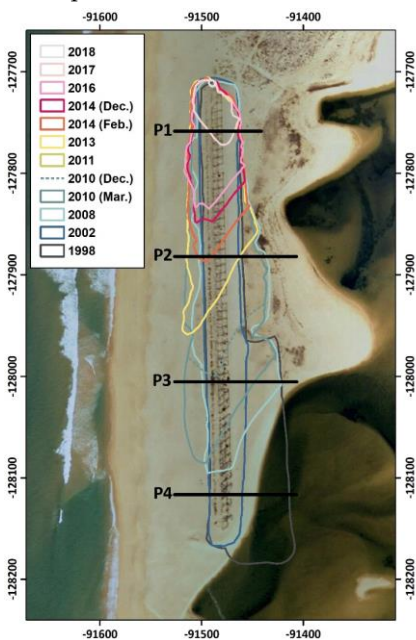


Figura 1 - Encurtamento da duna artificial entre 1998 e 2018. Fotografia aérea de 1997.

- A meandrização do canal interno norte, independentemente do sentido e magnitude da deriva litoral, promove o encurtamento da DA e confere um aspeto biselado à sua extremidade. Este processo desempenhou um papel preponderante na obliteração da DA na Fase B, magnificando as taxas de erosão linear.

- O encurtamento da DA é parcialmente controlado pela direção e magnitude do transporte longilitoral, que no sector do arco litoral Trafaria-Espichel onde se localiza a Lagoa de Albufeira ocorre predominantemente para sul; porém, variações intra e inter-anuais nestas componentes da deriva litoral desempenham um papel crucial no controlo da dinâmica da barra de maré.

- Após 22 anos a barreira litoral retornou à sua configuração natural em resultado da obliteração do aterro arenoso; embora a DA tenha constituído um obstáculo eficaz na prevenção de galgamentos oceânicos, foi ineficiente na constrição da posição da barra de maré e da sua área de divagação.

### Agradecimentos

Os autores estão gratos aos inúmeros estudantes e investigadores que participaram nos levantamentos topobatimétricos efetuados desde 2010. O trabalho aqui apresentado foi financiado por projetos da Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT- UID/GEO/50019/2013 - Instituto Dom Luiz; FCT - PTDC/MAR/65585/2006 (DETI - *Dynamic of ephemeral tidal inlets*)) e da Agência Portuguesa do Ambiente (CISML).

# TOPO-BATHYMETRIC MONITORING SOUTH OF THE MONDEGO RIVER MOUTH AFTER THE EXTENSION OF THE NORTH JETTY

João Nuno C. Oliveira <sup>(1,2)</sup>, Filipa S. B. F. Oliveira <sup>(2)</sup> e António A. Trigo-Teixeira <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal, joao.c.oliveira@tecnico.ulisboa.pt

<sup>(2)</sup> Departamento de Hidráulica e Ambiente, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal

## Abstract

This work evaluates the morphological evolution of the coastal frontage south of Figueira da Foz (west coast of Portugal) after the extension of the north jetty based on the analysis of topobathymetric surveys located in twelve equidistant transects in the study site. The results show that the study site has large inter-annual morphological variations and the complex morphological behaviour shows an erosive tendency of the beach face downdrift of the structures.

*Keywords:* Nearshore monitoring; Hydro-topographic profiles; Beach morphodynamics; Erosion; Figueira da Foz.

## 1. Introduction

The study site is the Portuguese sandy coastal stretch bounded at north by the Mondego river inlet and extending south of Leirosa (orientation NNE-SSW). After the construction of the Mondego river inlet jetties in the 70s, the southern beaches started facing serious erosion problems, particularly troublesome in Gala-Cova, Costa de Lavos and Leirosa. This led to the implementation of combined groyne and seawall defence schemes to intercept the southwards predominant littoral drift and to protect these maritime fronts. The extension of the north jetty in 2008-2010, the regular dredging operations in the Mondego river mouth and the sea level rise can increase erosion and flood problems, particularly during extreme maritime events (APA, 2014). In the present work, twelve topobathymetric profiles of the study site are analysed to characterize the morphological evolution during the period 2011-2017.

## 2. Data and Methods

The 2011 topobathymetric data were obtained from the high-resolution LiDAR survey (APA-DGT, 2011) and the 2014-2017 data were surveyed by the Figueira da Foz Port Administration (APFF, S.A.) in the scope of the Environmental Monitoring Plan of the Figueira da Foz Port Maintenance Dredging Operations, during October-November of each year. The twelve profiles are approximately spaced by 1.0 km along the coast (see Figure 1a) and were named according to their proximity to the study site's maritime fronts: Gala-Cova (CG), Costa de Lavos (CL) and Leirosa (L). The interpretation of the morphological evolution is based on the analysis of the following morphological profile parameters: i) dune crest elevation; ii) position of the dune crest, iii) the mean sea level (MSL, 2.08 m CD), iv) the 0 m CD, v) the -10 m CD, and vi) the -20 m CD isobathymetric lines (where CD is the national vertical Chart Datum reference level).

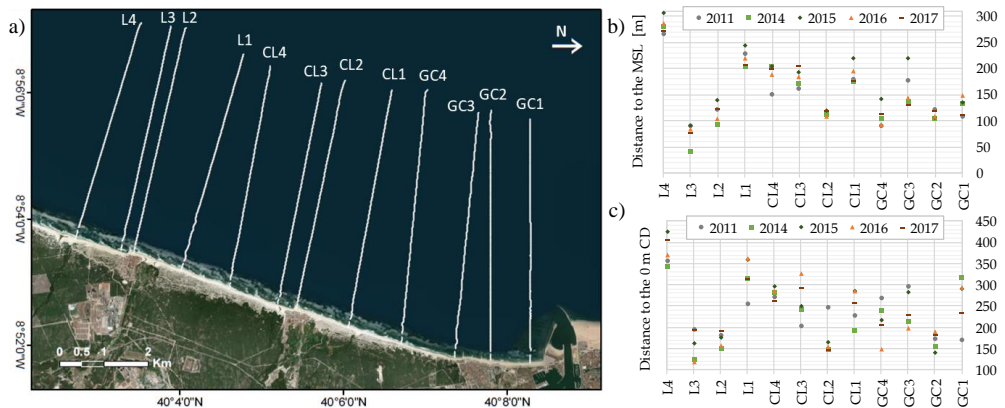


Figure 1. (a) Location of the transects in the study site; evolution of the (b) MSL and (c) 0 m CD positions.

### 3. Results and Conclusions

The evolution of the above-mentioned morphological parameters across the study site was analysed. Results show that the most stable values of the dune elevation and position parameters are in the natural beach profiles GC4, CL1, CL4, L1 and L4, located in-between and further from Gala-Cova, Costa de Lavos and Leirosa. Downdrift of the groynes, profiles GC3, CL3 and L3 show a lowering of the dune crest height in the last three years, revealing an erosive tendency. In 2015 (Figure 1b) there is a generalized advance in the MSL line, followed by a recession in 2016 that endured until 2017 in profiles GC3 and L3. The 0 m CD line is highly variable (Figure 1c), with a tendency to move landwards in GC2, GC3 and CL2.

The inter-annual variations in the -10 m CD line are larger in profiles GC2 to CL3; the line constantly moves landwards in the profiles updrift of the groynes GC2, CL2 and L2. The profiles GC2 to CL2 have steeper slopes from 0 m CD to -10 m CD, while the profiles CL3 to L3 have steeper slopes further offshore, from -10 m CD to -20 m CD. The -20 m CD line is located further offshore in the northern area of the study site and its position varied more significantly in the profiles GC1 to CL1, being the active beach wider in profiles GC2 to CL2.

In conclusion, there is a large inter-annual morphological variation in the study site, especially adjacent to the Mondego river mouth. In Gala-Cova and Costa de Lavos, the morphological variations in the beach face show an erosive behaviour and no stabilization tendency was found further offshore.

### Acknowledgments

The first author is funded by FCT under the Ph.D. Grant PD/BD/128508/2017. This study is supported by the project CYTED 2017-PE-PROTOCOL. The authors are grateful to the Figueira da Foz Port Administration (APFF, S.A.) for the data provided.

### References

APA, 2014. 'Littoral occurrences records, the storm of January 3 to 7, 2014', *Agência Portuguesa do Ambiente (MAOTE)*, Technical Report, 123 pp.

# ALTERAÇÕES NA ESTABILIDADE DE SEDIMENTOS FINOS INDUZIDAS PELA COLONIZAÇÃO DE PLANTA INVASIVA NO BASSIN D'ARCACHON (SW DE FRANÇA)

Bárbara Proença<sup>(1)</sup>, Aldo Sottolichio<sup>(1)</sup> Richard Michalet<sup>(1)</sup> e Florian Ganthy<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> EPOC - OASU, Université de Bordeaux, Bordeaux, França,  
barbara.proenca@u-bordeaux.fr, aldo.sottolichio@u-bordeaux.fr, richard.michalet@u-bordeaux.fr

<sup>(2)</sup> Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (IFREMER), Arcachon, França,  
Florian.Ganthy@ifremer.fr

## Resumo

Com o objectivo de avaliar a influência na dinâmica sedimentar da espécie invasiva *Spartina anglica*, relativamente à nativa *Spartina maritima*, foram efetuadas, no Bassin d'Arcachon (SW de França), medições acopladas de ondas e altimetria do fundo sob a ação de ambas as espécies. A espécie nativa, com folhagem mais densa, apresentou uma capacidade de retenção de sedimento em suspensão duas vezes superior à invasiva que, em contrapartida, se mostrou mais eficaz na resistência à erosão.

*Palavras-chave:* Bio-geomorfodinâmica; Engenharia ecológica; Sapal; Invasões biológicas; *Spartina*.

## 1. Introdução

Em zonas húmidas costeiras a vegetação pode assumir um papel de grande importância contra a erosão. Nesse sentido, a introdução de novas espécies pode alterar significativamente o equilíbrio da biodiversidade local e consequentemente impactar a resiliência do sistema às perturbações físicas naturais a que este é sujeito. Assim, a compreensão das condições e tolerâncias que favorecem a instalação de espécies invasivas torna-se crucial na avaliação de eventuais cenários de substituição de espécies vegetais bem como dos impactos que tais alterações possam ter na estabilidade morfológica da zona intertidal. No Bassin d'Arcachon (localizado no SW da costa Atlântica de França - Figura 1a)), a zona intertidal era inicialmente dominada pela espécie *Spartina maritima* (Figura 1b). Entre os anos 70 e 80 deu-se a introdução de uma nova espécie, da mesma família da anterior e considerada como invasiva em diversos países, a *Spartina anglica* (Figura 1c). A chegada desta espécie invasiva trouxe preocupações ligadas à sua capacidade de colonizar diversos níveis da plataforma intertidal e questões relacionadas com a sua capacidade de alterar o meio físico que coloniza. Neste contexto e no âmbito deste trabalho, foram realizadas medições de terreno para uma melhor compreensão dos impactos físicos e ecológicos inerentes à invasão da *Spartina anglica* neste sistema lagunar.

## 2. Metodologia

Na zona intertidal, foram consideradas duas populações isoladas de ambas as espécies de vegetação em questão, a nativa *S. maritima* e a invasiva *S. anglica*. Ambas as populações apresentavam dimensões semelhantes e encontravam-se sujeitas às mesmas condições hidrodinâmicas. Em cada população instalou-se um sistema ALTUS (sensor de pressão + altímetro acústico - Figura 1d) para obter medições de ondas e as variações sedimentares

associadas, entre o Inverno de 2016/2017 e o Inverno de 2017/2018. Foram também efectuadas amostragens de biomassa e cálculos de produtividade para cada espécie (Proença et al., 2019).

### 3. Resultados e conclusões

Verificou-se que as duas espécies de *Spartina* apresentam alocações de biomassa opostas (Proença et al., 2019) que se traduzem em padrões de erosão/acrecção diferentes. A espécie de *Spartina* invasiva apresenta uma forte alocação em raízes e importante perda sazonal de biomassa aérea. Isto traduziu-se numa capacidade de retenção de sedimento em suspensão limitada mas uma elevada resistência à mobilização de sedimento do fundo. Por outro lado, a *Spartina* nativa, que favorece a alocação de biomassa a tecido aéreo de forma perene, mostrou forte propensão à acumulação de sedimento em suspensão. Os resultados deste trabalho mostraram que para a *Spartina* invasiva, mesmo em períodos em que a sua biomassa aérea se encontra reduzida a um mínimo, durante o Inverno, e quando os eventos hidrodinâmicos são mais energéticos, a estabilização do fundo tende a ser maior sobre a influência desta espécie, relativamente à espécie nativa (Figura 1e). Tais considerações são importantes na aplicação de estratégias de combate à erosão em zonas de sapal, em particular num contexto de alterações globais e maior frequência de eventos de tempestade.

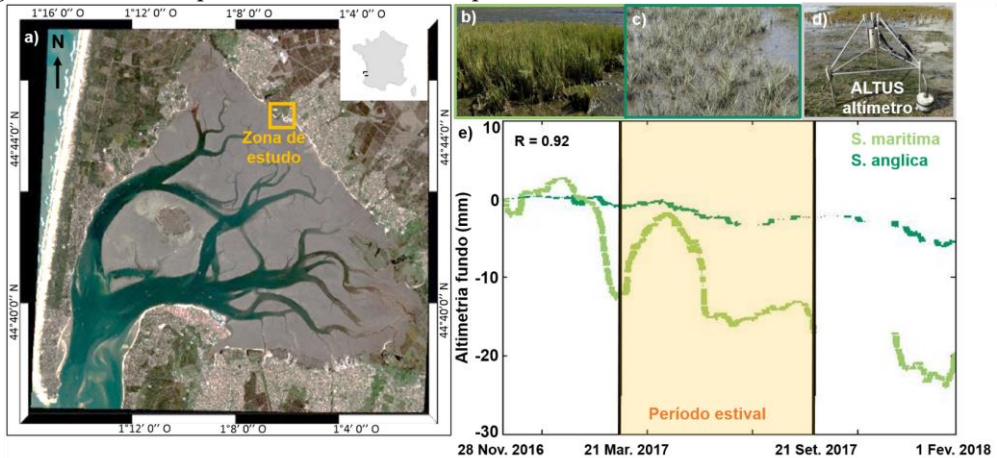


Figura 1. a) Zona de estudo; b) *Spartina maritima*; c) *Spartina anglica*; d) Estrutura ALTUS - altímetro acústico; e) Variação temporal da altimetria de fundo sob a influência das espécies *Spartina anglica* e *Spartina maritima*.

### Agradecimentos

Este trabalho foi realizado em colaboração com o projecto ZODARSED com o financiamento de do Programa Cluster of Excellence COTE da Agência Nacional Francesa (ANR-10-LABX-45).

### Referências

Proença B., Nez T., Poli A., Ciutat A., Devaux L., Sottolichio A., Montaudouin X. de, Michalet R. 2019. Intraspecific facilitation explains the spread of the invasive engineer *Spartina anglica* in Atlantic salt marshes, *Journal of Vegetation Science*, Advanced online publication. Doi: 10.1111/jvs.12720



# EVALUATING A CIRCULATION MODEL CAPACITY TO INCLUDE WAVES AND SIMULATE SEDIMENT TRANSPORT PROCESSES

Marili Viitak<sup>(1)</sup>, Jesús Dubert<sup>(1)</sup>, Rita Nolasco<sup>(1)</sup>, Paulo A. Silva <sup>(1)</sup>, Nuno G.F. Cordeiro <sup>(1)</sup>,  
Carmen G. Castro <sup>(2)</sup> and Villaceros-Robineau Nicolás <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> CESAM & Departamento de Física, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal,  
mviitak@ua.pt, jdubert@ua.pt, rita.nolasco@ua.pt, psilva@ua.pt, ngfc@ua.pt

<sup>(2)</sup> Instituto de Investigaciones Mariñas (IIM-CSIC), Vigo, Spain,

cgcastro@iim.csic.es, nvrobineau@iim.csic.es

## Abstract

A three dimensional modelling system, capable of representing the sediment transport processes on the continental shelf of NW Iberian peninsula is being developed. For this purpose, an ocean circulation model was validated. Thereafter, waves were included in the simulations to understand the current and wave interactions in the model and their influence on an idealized sediment seabed.

*Key-words: CROCO; numerical modelling; NW Iberian Peninsula; sediment transport processes; currents and waves*

## 1. Introduction

Several studies in NW Iberian peninsula (NWIP) have described the patterns of sediment transport and its spatial distribution through observations (e.g. Dias *et al.*, 2002). Only a handful of numerical modelling studies have represented the sediment transport, using a 2D model (i.a. Davies *et al.*, 2002) and so far, only one study employed a 3D model, studying the storm-driven bottom sediment transport during September 2014 (Zhang *et al.*, 2016).

Using a 3D numerical tool, this study aims to contribute to the understanding of long-term spatial and temporal variability of sediment transport processes in the continental shelf of the NWIP. To develop such a tool, a validation of the modelling system is necessary. The objective of this study is to validate the oceanic circulation model and include wave activity on the modelling system.

## 2. Methods

A three dimensional oceanic circulation model CROCO (Coastal and Regional Ocean Community model, <https://www.croco-ocean.org>) covering an area between Nazaré and Coruña from 39N to 44.5N and extending out from -8W to -12W, reaching a maximum depth of 5500 m was developed (Cordeiro, 2018) (Figure 1. a). The model was provided with non-stationary atmospheric and climatological information. The results were compared with ADCP *in situ* measurements of current velocity ( $u,v$ ) at various vertical levels along the water column, obtained close to Cape Silleiro (42.09N/-8.97W) at 63 m depth (Figure 1. a and b).

After the validation of CROCO, an internal spectrum-peak WKB wave-refraction model and sediment transport module were included in the simulations. An idealized sediment seabed and two different stationary wave fields were considered: firstly, 2 m waves height with 10 s period and a second set of waves with 8 m height and 14 s, both coming from West. These simplified

configurations give insight about the sediment transport processes and wave-current interaction, described by the model.

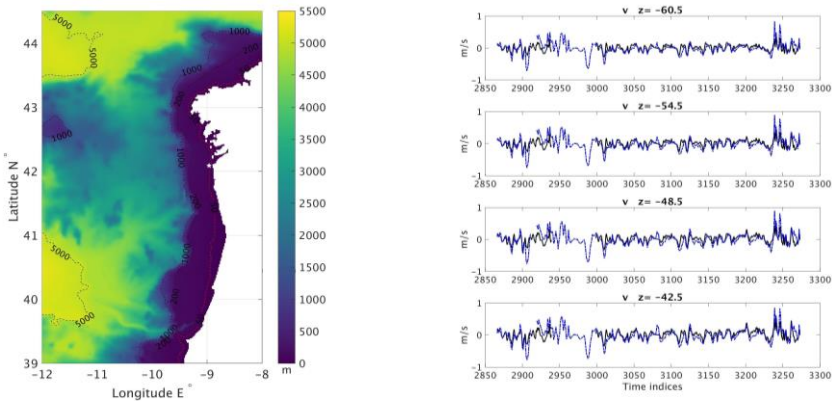


Figure 1. a) Topography of the study area (resolution: 1350 m). White star represents the observations location. b) Simulated (blue dashed line) and measured (black line)  $v$  component of current velocity between 06/11/08 (2866) – 18/12/09 (3273) at different levels in the water column.

### 3. Results and conclusions

Comparison between numerical model results and observations of current velocity ( $u,v$ ) demonstrate high accordance at various levels on the water column (Figure 1. b), confirming that the oceanic circulation model produces relatively realistic results. Nevertheless, some differences can be noted, that may be caused by the low resolution of the grid or by the fact that tides were not included in the simulation. Adding a homogeneous wave field and considering one-way interaction between waves and currents, disturbs the flow in the water column and induces unusually high currents, that lead to unrealistic erosion and deposition rate of sediments. This indicates that the model does not represent correctly the influence of waves to the currents. As excluding the interaction, normalizes the current velocities and the simulated sediment transport patterns were in the expected range of order of magnitude.

### Acknowledgments

Thanks are due for the financial support to CESAM (UID/AMB/50017/2019), to FCT/MCTES through national funds, and the co-funding by the FEDER, within the PT2020 Partnership Agreement and Compete 2020. Marili Viitak awards a PhD fellowship (SFRH/BD/131256/2017) by FCT.

### References

- Cordeiro, N., (2018). “Numerical and observational processes study of Northwestern Iberian margin circulation”. Doctoral dissertation, University of Aveiro, 134.
- Davies, A. M., Xing, J., Huthnance, J. M., Hall, P., & Thomsen, L., 2002. “Models of near-bed dynamics and sediment movement at the Iberian Margin”, *Prog. Oceanogr.*, 52, 2-4, 373-397.
- Dias, J. M. A., Gonzalez, R., Garcia, C., & Diaz-del Rio, V., 2002. “Sediment distribution patterns on the Galicia-Minho continental shelf”, *Prog. Oceanogr.*, 52, 2-4, 215-231.
- Zhang, W., Cui, Y., Santos, A. I., & Hanebuth, T. J., 2016. “Storm-driven bottom sediment transport on a high-energy narrow shelf (NW Iberia) and development of mud depocenters”, *J. Geophys. Res. Ocean.*, 121, 8, 5751-5772.

# MORPHODYNAMIC MODELING OF THE TAGUS ESTUARY INLET

André B. Fortunato<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> *Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal*

## Abstract

A morphodynamic model of the Tagus estuary inlet is implemented and validated. The model reproduces the known behavior of the inlet. The application of the model provides new insight into the inlet's behavior and allows the test of scientific hypotheses.

*Key words:* Morphodynamics; Numerical modeling; Tidal inlet.

## 1. Introduction

Existing knowledge on the evolution of the Tagus estuary inlet morphology derives mostly from analyses of bathymetric surveys and aerial images. The limitations of this approach prevent a detailed understanding of the processes responsible for this evolution, as well as the prediction of the future evolution. A 2DH morphodynamic model was therefore applied to shed new light into the sediment dynamics of this tidal inlet. Description of the method

## 2. Methods

The morphodynamics of the Tagus estuary inlet is simulated with the SCHISM modelling system, which includes modules for circulation (Zhang et al., 2016), wave propagation (Roland et al., 2013) and sediment dynamics (Guerin et al., 2016). The model is applied to the whole estuary (Fortunato et al., 2017a), forced by regional circulation and wave models (Fortunato et al., 2017b) and atmospheric reanalyses (ERA-INTERIN).

## 3. Preliminary results

The hydrodynamic modules are very accurate: tidal elevations and the significant wave heights are reproduced with root mean square errors of the order of 5 cm and 24 cm, respectively. Although the reproduction of the bathymetric evolution is less accurate, the model reproduces the known qualitative behavior of the inlet mouth, such as the northward advance of the Bugio Bank and the eastward migration of emerged sandbanks.

The response of the morphology to selected environmental forcings was identified. Waves are the dominant driver. Sediment fluxes increase by roughly an order of magnitude when  $H_s$  doubles. The impact of waves is maximal when they come from the South. Sediment pathways in the estuary mouth are then determined for representative maritime winters and summers. Results are consistent with the known behavior (Figure 1): fluxes are directed seaward along the navigation channel and landward over the Bugio Bank. Sediment transport over this bank is fed by the littoral drift from the Costa da Caparica beaches and by sand that moves out of the estuary and follows along the edges of the bank.

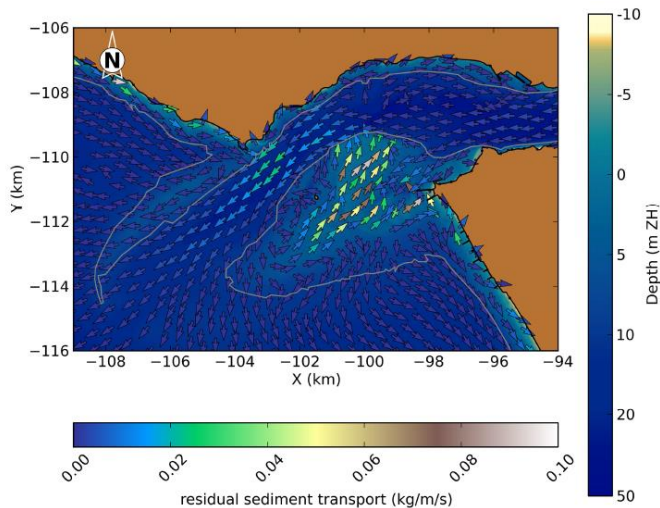


Figure 1 - Residual transport during a mean maritime winter (1990/91)

#### 4. Conclusões

The model presented herein provides new insight into the morphodynamics of the Tagus inlet and allows the test of scientific hypotheses. For instance, preliminary results show that sediment fluxes over the Bugio Bank are directed towards the estuary in the winter, whereas in the summer they can be directed seawards.

#### Acknowledgments

The present work was funded by the Agência Portuguesa do Ambiente, and benefited from previous efforts funded by the Administração do Porto de Lisboa.

#### References

- Fortunato, A.B., Oliveira, A., Rogeiro, J., et al. 2017a. 'Operational forecast framework applied to extreme sea levels at regional and local scales', *J. Operat. Ocean.*, 10, 1, 1 - 15.
- Fortunato, A.B., Freire, P., Bertin, X., et al., 2017b. 'A numerical study of the February 15, 1941 storm in the Tagus estuary', *Cont. Shelf Res.*, 144, 50-64.
- Guerin, T., Bertin, X., Dodet, G., 2016. 'A numerical scheme for coastal morphodynamic modelling on unstructured grids', *Ocean Modelling*, 104: 45-53.
- Roland, A., Zhang, Y., Wang, H.V., et al., 2012. 'A fully coupled wave-current model on unstructured grids', *J. Geoph. Res. - Oceans*, 117, C00J33.
- Zhang, Y.J., Ye F., Stanev, E.V., et al., 2016. 'Seamless cross-scale modeling with SCHISM', *Ocean Modelling*, 102, 64-81.

# LONGSHORE SEDIMENT TRANSPORT RATE BASED ON THE VOLUMETRIC GROWTH OF EBB-TIDAL DELTAS

Erwan Garel<sup>(1)</sup>, Alejandro López-Ruiz<sup>(2)</sup> and Óscar Ferreira<sup>(3)</sup>

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

<sup>(2)</sup> Departamento de Ingeniería Aeroespacial y Mecánica de Fluidos, Universidad de Sevilla, Spain,  
alopez50@us.es

<sup>(3)</sup> Centro de Investigação Marinha e Ambiental (CIMA), Universidade do Algarve, Faro, Portugal,  
oferreir@ualg.pt

## Abstract

An approach is proposed to estimate the average longshore sediment transport in the vicinity of ebb-tidal deltas that developed in response to barrier breaching or jetty installation. A sediment budget analysis is conducted at the outer shoal, for which the average sediment input rate is obtained from an inverse application of the inlet reservoir model. The method is applied to the Guadiana ebb delta, yielding an average rate of 85,000 m<sup>3</sup>/yr over the period 1972-2017.

*Key words:* Sediment budget; Inlet Reservoir Model; Outer shoal; Guadiana.

## 1. Introduction

Longshore sediment transport (LST) is the main driver of the shoreline planform evolution along many coastal environments and must be reliably quantified for sustainable management and planning. In the present study, an innovative approach is described to constrain the medium term (decadal) LST rate at the updrift beach of ebb-tidal deltas based on a sediment budget analysis of the outer shoal development. The method is applied to the Guadiana (South Portugal), a mixed-energy, tide-dominated inlet where a new ebb-tidal delta has developed in response to jetty installation in 1972-74.

## 2. Description of the method

Typically, the outer shoal (i.e., the terminal lobe located seaward off the estuary mouth) is the first morphological element that develops at a new ebb-tidal delta. The proposed method is based on a sediment budget analysis to specify the sediment transport pathways towards the outer shoal during its growth and the associated rates (other than LST). The total sand input rate to the shoal ( $Q_{in}$ ) generally corresponds to the longshore transport plus other significant contributions (e.g., river export, local erosion) which are estimated from previous or complementary studies.  $Q_{in}$  is derived from a reverse application of the Inlet Reservoir Model (IRM), an analytical model describing the long-term evolution of deltas based on sediment mass conservation (Kraus, 2000). The longshore transport is obtained from the balance of  $Q_{in}$  with other contributions.

### 3. Application to the Guadiana Estuary

The volumetric evolution of the Guadiana ebb delta after jetty installation was evaluated based on a series of 13 bathymetric maps ranging from 1969 to 2017. Sediment bypass from the updrift to the downdrift areas is achieved through three morphological units for which the volumetric evolution was established: the updrift lateral bar, the inlet channel and the outer shoal. Contributions from the updrift bar (11,000 m<sup>3</sup>/yr) and inlet channel (44,000 m<sup>3</sup>/yr) to the outer shoal were derived from their bathymetric evolution. The average river export (20,000 m<sup>3</sup>/yr) was derived from previous works. The best fit ( $r^2=0.92$ ) between the outer volume observations and predictions by the IRM model corresponds to a best estimate of  $Q_{in}$  of 160,000 m<sup>3</sup>/yr. The balance of  $Q_{in}$  with local sources (inlet channel and updrift bar) and river export yields an average longshore transport of 85,000 m<sup>3</sup>/yr since jetty installation. This rate is in good agreement with expectations for the region of ~110,000 m<sup>3</sup>/yr at maximum. Considering the 75% uncertainty level for  $Q_{in}$ , the predicted rate is constrained to an upper limit of ~145,000m<sup>3</sup>/yr.

### 4. Conclusions

The proposed method provides best estimate of the average LST rate along with upper bounds (at confidence levels) that are often desirable for the design of management and planning strategies. The novelty of the approach lies on the inverse application of the IRM to constrain the total sediment input rate to the outer shoal. At the Guadiana case study, the estimated LST rate (85,000 m<sup>3</sup>/s) is in good agreement with expectations for the region (Santos et al., 2014).

The method is applicable to ebb-tidal deltas where the main transport pathways towards the outer shoal can be specified. It is also required that the outer shoal development from an early to a relatively mature state is well-documented by bathymetric maps. Hence the approach is limited to new ebb-tidal deltas that formed in response to barrier breaching or jetty installation and to more mature ebb-tidal deltas where the (pre-existing) outer shoal has been largely wiped out (e.g., by dredging or an extreme event). Overall, the approach provides an alternative mean to constrain the average LST rate over decades that smooth out any shorter-term variability.

### Acknowledgments

The Ministry of Public Works, Hydrographic Institute and Port and Maritime Transport Institute are acknowledged for providing some of the bathymetric maps. The work of EG was supported by FCT research contract IF/00661/2014/CP1234. ALR acknowledges support from the Spanish Ministry of Science, Innovation and Universities (Ref. CTM2017-89531-R).

### References

- Kraus NC. 2000. Reservoir model of ebb-tidal delta evolution and sand bypassing. *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering* **126**: 305-313
- Santos FD, Lopes AM, Moniz G, Ramos L, Tabor da R. 2014. *Gestão da Zona Costeira - O Desafio da Mudança*. Litoral RFdGdTd (ed); 260.

## MORPHODYNAMICS OF THE TAGUS ESTUARY MOUTH: CONTRIBUTIONS FROM A CITIZEN-SCIENCE PROJECT

Baptiste Mengual<sup>(1)</sup>, Anne Jaouen<sup>(1)</sup>, Xavier Bertin<sup>(1)</sup>, Kévin Martins<sup>(1)</sup>, André B. Fortunato<sup>(2)</sup>,  
Paula Freire<sup>(2)</sup>, Rui Taborda<sup>(3)</sup>, Livio Riboli-Sasco<sup>(4)</sup>, João cão Duarte<sup>(5,6)</sup>, Tatiana Arquizan<sup>(6)</sup>

<sup>(1)</sup> UMR 7266 LIENSs CNRS-Université de La Rochelle, La Rochelle, France, baptiste.mengual@univ-lr.fr,  
anne.jaouen@insa-strasbourg.fr, xbertin@univ-lr.fr; kevin.martins@univ-lr.fr

<sup>(2)</sup> National Laboratory for Civil Engineering, Lisbon, Portugal, afortunato@lnec.pt, pfreire@lnec.pt

<sup>(3)</sup> Geology department, University of Lisbon, Lisbon, Portugal, rtaborda@fc.ul.pt

<sup>(4)</sup> Atelier des Jours à Venir, Bidart, France, livio@joursavenir.org

<sup>(5)</sup> Center for Philosophy of Sciences, University of Lisbon, Lisbon, Portugal, cao.joao@gmail.com

<sup>(6)</sup> Canto do Curió Cultural Association, Lisbon, Portugal, tatiana.arquizan@gmail.com

*Keywords:* Morphodynamics, Tagus estuary, Remote sensing, Bathymetric data, In-situ measurements.

### 1. Introduction

Due to their exposure to various forcings such as tides and waves, estuary mouths constitute dynamic coastal environments where sediment transport can result in abrupt and significant morphological changes. They concentrate relevant socio-economic and ecological values, which will become even more challenging in the climate change context. Despite their importance worldwide, the dynamics of these environments remains partly understood only and fosters many studies from the scientific community. This work is part of a citizen-science project (named *Nouveaux Commanditaires Sciences*) which aims at studying the hydro-sedimentary dynamics of the Tagus estuary mouth (bordered by a metropolitan area of 2 million inhabitants), especially during storms, by combining *in-situ* field observations, remote sensing data and numerical modelling. This research program has been set up following the request for a better understanding of the coastal erosion and marine flooding during storms expressed by severely affected inhabitants from an informal neighbourhood, Segundo Torrão (Southern margin of the inlet). In addition, local populations provide support for instrumental deployments and data acquisitions. In return, new knowledge derived from scientific studies will be used to improve coastal management over these threatened areas. In this presentation, we will present the main actions that are being carried out in the scope of this project.

### 2. Assessment of morphological changes from remote sensing and bathymetric data

Satellite images from Sentinel 2 and Landsat (5 and 8) missions and bathymetric data are being used to investigate past morphological changes over the estuary mouth. Qualitatively, the data set provides evidence for major evolutions of the system over the last decades with a significant retreat of the coast at the southern margin and a very dynamic behaviour of the Bugio Bank that is part of the estuary ebb delta (see Lira and Taborda, 2014). Different inversion algorithms are being tested to reconstruct past bathymetry from satellite images (e.g. Capo et al., 2014; Lira and Taborda, 2014). Sensitivity analyses revealed that several parameters linked to seabed, water (e.g. turbidity) or atmospheric properties have a large impact on the accuracy of depth estimates. Numerous inversions were made starting from the 1980's, with an extensive

validation effort focused over the 2015-2017 period along the Costa da Caparica Beach (southern adjacent shoreline of the estuary). The exploitation of reconstituted and measured bathymetries enabled to highlight a dynamic behaviour of seabed structures over key regions like the Bugio Bank. The links between these observed evolutions and forcing conditions (e.g. wind, waves) are being investigated based on existing retrospective simulations and available measurements (e.g. Bertin et al., 2013; Fortunato et al., 2016).

### 3. Infragravity waves: a major forcing acting on coastal erosion and flooding?

Pressure sensors were deployed at Segundo Torrão Beach (cf. Introduction) in order to provide first insights on hydrodynamics at this location particularly sensitive to extreme events. Data acquired during 12 days in December 2018 revealed the presence of significant infragravity waves (long waves associated with the presence of groups in incident short waves), reaching up to 0.8 m at the coast under moderate-energy offshore wave conditions (around 3-4 m). This suggests that infragravity waves could be a good candidate to explain flooding events reported by the local populations during extreme events.

### 4. Conclusions and perspectives

Inversion methods were used to derive bathymetries from satellite images starting from the 1980's. Their combination with additional bathymetric data revealed that the Tagus Estuary Mouth experienced major morphological evolutions at decadal timescales. In addition, a dynamic behaviour of seabed structures has been underlined over the last years, the reasons of which are being investigated. Significant infragravity waves measured at Segundo Torrão motivate the setting up of new field campaigns to assess hydrodynamic conditions and the associated sediment transport at key locations of the estuary. A sophisticated numerical model (resolving circulation, waves and sediment transport) is currently in development and will be applied to assess the link between the morphological evolution of the estuary mouth and coastal flooding occurring during extreme events at particular sites, like Segundo Torrão.

### Acknowledgments

This study was funded by the Fondation de France and Fondation Edouard et Geneviève Buffard. Inhabitants are deeply thanked for their support on the field. Bathymetric data were provided by the Portuguese Environmental Agency.

### References

- Bertin, X., Prouteau, E., Letetrel, C., 2013. 'A significant increase in wave height in the North Atlantic Ocean over the 20th century', *Global and Planetary Change*, 106, 77-83.
- Capo, S., Lubac, B., Marieu, V., Robinet, A., Bru, D., Bonneton, P., 2014. 'Assessment of the decadal morphodynamic evolution of a mixed energy inlet using ocean color remote sensing', *Ocean Dynamics*, 64, 10, 1517-1530.
- Fortunato, A.B., Li, K., Bertin, X., Rodrigues, M., Miguez, B.M., 2016. 'Determination of extreme sea levels along the Iberian Atlantic coast', *Ocean Engineering*, 111, 1, 471-482.
- Lira, C., Taborda, R., 2014. 'Advances in Applied Remote Sensing to Coastal Environments Using Free Satellite Imagery', *Advances in Coastal and Marine Resources: Remote Sensing and Modeling [Coastal Research Library, Finkl, Charles W., Makowski, Christopher (Eds.)]*, 9, 4, 77-102.



## SEDIMENT DYNAMICS BASED ON ACOUSTIC DATA - CASE STUDY OF THE DOURO ESTUARY MOUTH

Ana Isabel Santos<sup>(1,2)</sup>, Anabela Oliveira<sup>(1)</sup>, Dora Carinhas<sup>(1,3)</sup>, José Paulo Pinto<sup>(1)</sup>, A. Jorge da Silva<sup>(1)</sup> and M. Conceição Freitas <sup>(2,4)</sup>

<sup>(1)</sup> Instituto Hidrográfico, R. das Trinas, n° 49 – 1249-093 Lisboa, Portugal; ana.santos@hidrografico.pt

<sup>(2)</sup> Instituto Dom Luiz, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Campo Grande, 1749-016 Lisboa, Portugal

<sup>(3)</sup> IIFA/Universidade de Évora, Palácio do Vimioso Largo Marquês de Marialva, 7002-554 Évora, Portugal

<sup>(4)</sup> Dpt. de Geologia, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Campo Grande, 1749-016 Lisboa, Portugal

### Abstract

Under the scope of Project ECOIS, several ADCP (acoustic Doppler current profiler) datasets were collected inside the Douro estuary between 2005 and 2007, covering seasonally different forcing scenarios. In this work, one of these datasets is re-processed in order to provide a new insight regarding suspended sediment signatures present in the ensonified water column using common multivariate exploratory statistical techniques. Three different acoustic populations were identified crossing the estuary outlet in both seasonal scenarios, one representing the “standard” suspended particle population and two deviations from this first one: “Higher (fine)” and “Lower (coarse)”, present at different forcing conditions.

*Key words:* Suspended Sediments; Estuary; River Flow; Tide; Acoustics

### 1. Introduction

The assessment of suspended sediment signatures from the response of acoustics relies on the assumption that a relation exists between the acoustic response of an ADCP (acoustic Doppler current profiler) and the suspended sediment signature present in the water column (Guerrero et al., 2016, among others). Based on this assumption, it is expectable that different suspended sediment signatures (concentration and grain size distributions) will yield different ADCP acoustic responses. Recent work presented by Santos et al. (2018) applied common multivariate statistical analysis (K-means clustering) to ADCP acoustic response time series, resulting in statistically differentiated acoustic “populations”. In a second step, these identified sample sets or “acoustic populations” were confronted with concurrent suspended sediment measurements. Results showed that each of these populations corresponded to statistically different suspended sediment signatures, characterized as: Population I (“Higher Fine” – higher than average acoustic response, higher concentration and fine sediment content), Population II (“Lower Coarse” – lower than average acoustic response, lower than average concentrations and coarser grain size), and Population III (“Standard” representing the “average” suspended sediment signature in the ensonified medium in terms of concentration and grain size distribution).

## 2. Materials and Methods

Under the scope of Project ECOIS (Portuguese Foundation for Science and Technology-POCTI/CTA/48461/2002) 2007 field survey, ADCP datasets were collected near Cantareira, approximately 1.5 km upstream from the Douro estuary mouth. The ADCP's were bottom moored in pyramidal structures looking up, allowing for collection of acoustic intensity, current magnitude and direction in the water column from 1.6 m above bottom, mooring depth and near-bottom temperature.

## 3. Results and discussion

K-means cluster analysis was applied to normalized (z-score) fluid corrected acoustic backscatter (acoustic intensity corrected for geometrical spreading and fluid sound attenuation) values in the Cantareira datasets for the first 7 ADCP bins for  $k=3$  (3 clusters or populations). The clustering algorithm separated 3 populations for each one of the datasets: Population I ("Higher (fine)"), Population II ("Lower (coarse)") and Population III ("Standard").

The estuarine dynamics near the mouth of the Douro estuary is governed primarily by the semi-diurnal tide and, during the wet winter, by the Douro river flow. In the analyzed ADCP data, the identified acoustic signatures, besides being characterized by the acoustic intensity magnitude, also correspond to distinct current signatures: Population I seems to be associated with higher than average current magnitudes (average of  $\approx 0.75 \text{ ms}^{-1}$ ) headed downstream in periods when river flow is more significant. Population II is associated with lower than average current magnitudes ( $\approx 0.3 \text{ ms}^{-1}$ ) generally headed upstream and higher than average depths (floods and high tides), and Population III is typical of average current magnitudes and lower depths (ebbs and low tides).

## 4. Conclusions

Taking into account the characterization of the suspended sediment signatures established by Santos et al. (2018), it can be recognized that during the 2007 winter the Douro estuary outlet was characterized by the presence of three suspended sediment populations in transit: a finer sediment enriched population present during clear downstream flow characterizes periods of higher fluvial discharge (Population I - "higher fine"); a coarser population (Population II - "lower coarse") present when the transport is close to null (flood slacks) in low concentrations that may be the result of the aggregation of finer particles left in suspension; and Population III representing the "resident" population of the estuary that is in permanent upstream/downstream movement with the tidal fluxes.

## References

- Guerrero, M., R  ther, N., Szupiany, R., Haun, S., Baranya, S., Latosinski, F., 2016. The acoustic properties of suspended sediment in large rivers: Consequences on ADCP methods applicability. *Water (Switzerland)* 8, 1–22. <https://doi.org/10.3390/w8010013>
- Santos, A.I.; Carinhas, D.; Oliveira, A. (2018). Exploratory statistical tools to understand ADCP backscatter response to suspended sediment attribute variations. Proceedings of the 6<sup>th</sup> PiE – Particles in Europe Conference. Lisbon, 14-16<sup>th</sup> October, 2018

# BEACH NOURISHMENT AS A COASTAL MANAGEMENT SOLUTION TO MITIGATE SOFT CLIFF EROSION ON QUARTEIRA COAST (ALGARVE-PORTUGAL)

Sebastião Braz Teixeira<sup>(1)</sup>

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

## Abstract

Here we discuss and evaluate the sand volume magnitude needed to feed longshore drift as alternative to cliff erosion, based on the results of three beach nourishment projects. Results show that, in a 21 year period, net alongshore transport averages  $97.000\text{m}^3/\text{year}$ .

*Key words:* Coastal erosion; beach nourishment; Algarve; Portugal.

## 1. Introduction

Quarteira coast is part of a sediment circulation cell where the main source of sand that feeds longshore drift is the erosion of soft sandy cliffs, that extend from Olhos de Água to Garrão (fig. 1A). The longshore drift is directed eastwards and is mainly wave induced. At the beginning of the 1970s, the construction of the Vilamoura marina jetties triggered a dramatic process of changes on the sedimentary dynamics. Cliff erosion downdrift of the jetties increased significantly. At Vale do Lobo, cliff mean retreat rate increased from  $0.5\text{m}/\text{year}$  between 1947 and 1974 to  $2.0\text{m}/\text{year}$  in the 1983-92 period (Marques, 1998). Following the first buildings damages to the Vale do Lobo Resort in the winter of 1996, it was decided to carry out a systematic beach nourishment program. The first beach nourishment was carried out at the end of 1998, making use of offshore borrow sand and involving a  $0.70\text{Mm}^3$  subaerial beach fill volume (fig. 1B). This first fill had limited longevity (5.5 years) In May 2006 a second project was developed, with a  $0.37\text{Mm}^3$  subaerial fill, which was almost exhausted in 2010 (Teixeira, 2011). A third project was then developed, a larger scale solution, on a  $5\text{km}$  stretch (fig. 1A), involving  $1.25\text{Mm}^3$  of fill, a volume considered sufficient to supply the net longshore drift on the cliffed coast for a decade.

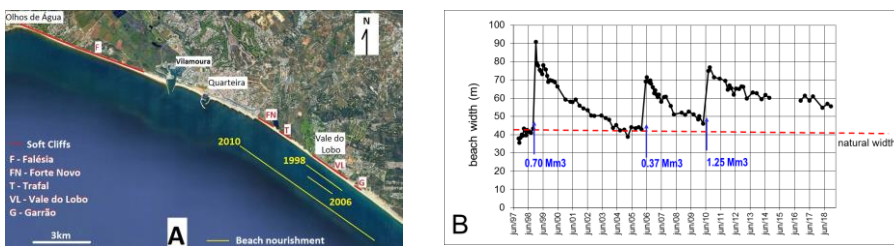


Figura 1. A) Study area; B) Time series of beach width at Vale do Lobo beach and fills volume.

## 2. Methods and Results

The systematic monitoring of the evolution of Vale do Lobo beach started in October 1997, through the execution of six cross-shore profiles, complemented by topographic surveys. Figure

1B shows the results of the average cross-shore beach width (distance between a fixed point and the mean sea level contour) in the last 21 years.

### 3. Discussion and Conclusion

By individualizing the evolution of each beach nourishment, it is possible to verify that the beach fill decay fits well with a linear trend (fig. 2) thus allowing to estimate fill decay rate, fill longevity and date of fill exhaustion (fig. 2, table 1). The ratio between filling volume and fill longevity provides a good estimate of the volume of sand removed from the beach to longshore drift, that is, the magnitude of annual net alongshore transport. The calculated volume based on the results for the three beach nourishment projects is 97,000 m<sup>3</sup> / year and provides a good estimate of sand requirements to sustain the beach nourishment program on the coast between Forte Novo and Garrão. Results show that this intervention option, allowing the cessation of the direct action of the waves at the base of the cliffs was able to counter the erosion and restore this coastal stretch dynamics. Beach nourishment proved to be an adequate solution to mitigate soft cliff erosion and can be replicated in the future dependent on sedimentary availability of the offshore borrow area.

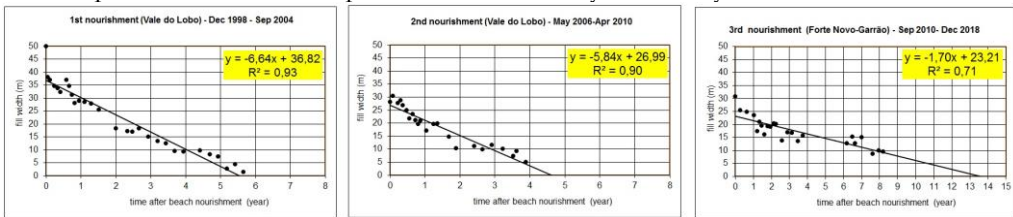


Figure 2 –Fill evolution; a) 1998-2004; b) 2006-2010; c) 2010-2018.

Table 1. Beach nourishment parameters

	START	END	LENGTH (M)	VOLUME (10 <sup>6</sup> M <sup>3</sup> )	LONGEVITY (YEAR)	DECAY RATE M <sup>2</sup> /YEAR)
1	Dec 1998	Jun 2004®	1.400	0.70	5.5	127.000
2	May 2006	Dec 2010©	1.100	0.37	4.6	80.000
3	Oct 2010	Mar 2024©	5.000	1.25	13.7	91.000
GLOBAL				2.32	23.8	97.000

® real; © estimated

### Acknowledgements

The author thanks Luis Santos, Ricardo Almeida and José António Bentes for their support in topographic surveys.

### References

- Marques, F.M.S.F. 1998. Sea cliff retreat in Portugal: overview of existing quantitative data. V Cong. Nacional Geologia, 18-20 Nov. 1998, Lisboa. Comunicações do IGM, T. 84 (1), C-75-78.
- Teixeira, S.B. 2011. Alimentação Artificial de Praias com Dragados no Algarve. In: Coelho C., Silva P.A., Pinheiro L.M. and Gonçalves D.S. (eds), Dragagens - Fundamentos, Técnicas e Impactos. Universidade de Aveiro, *Lusoimpress*, 221-240.

# AVALIAÇÃO DO ESTADO MORFODINÂMICO DA PRAIA DE ATALAIA NOVA, BARRA DOS COQUEIROS – SERGIPE, BRASIL

Neise Mare de Souza Alves<sup>(1, 2)</sup>, Débora Barbosa da Silva<sup>(1)</sup>, Lucas Silva Leite<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>*Departamento de Geografia, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão-Sergipe, Brasil*  
*neisemare@gmail.com; deborabarbs@gmail.com; silva\_lukas@hotmail.com*

<sup>(2)</sup>*Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão-Sergipe, Brasil*

## Resumo

A morfodinâmica atuante nos ambientes costeiros reflete interações complexas entre os processos naturais e as intervenções antrópicas, em razão dos tipos de uso e ocupação das terras. A praia de Atalaia Nova encontra-se sujeita aos processos da dinâmica oceanográfica, eólica e estuarina do rio Sergipe. Os estudos permitiram inseri-la no estágio morfológico dissipativo, com setores em distintos estados morfodinâmicos, sendo predominante a erosão.

*Palavras-chave:* Dinâmica costeira, estado morfodinâmico, erosão costeira, progradação, praia de Atalaia Nova.

## 1. Introdução

O estado de Sergipe possui um litoral com aproximadamente 163 km, compartimentado nos setores – Norte, Centro e Sul. Barra dos Coqueiros está no litoral Norte. Geomorfologicamente, o território municipal é formado por feições que compõem a planície costeira holocênica. As intervenções antrópicas descaracterizam a paisagem e têm interferido nos processos costeiros, a exemplo do molhe na desembocadura da margem esquerda do rio Sergipe, que provocou uma progradação na praia de Atalaia Nova (Figura 1A). Diante desse contexto, o estudo teve como objetivo avaliar o estado morfodinâmico da praia de Atalaia Nova com base na atuação dos processos naturais e antrópicos.

## 2. Metodologia

A avaliação da morfodinâmica da praia de Atalaia Nova apoiou-se nos princípios sistêmicos, que permitem a análise integrada dos componentes da paisagem. Os procedimentos metodológicos foram: análise do material cartográfico; interpretação de fotografias aéreas; elaboração de mapas temáticos com o uso dos *softwares* QGIS 2.18 e do *Google Earth Pro*® e trabalhos de campo. Na extensão linear de 1,5 km foram coletadas oito amostras de sedimentos na face praial, a cada 200 m, a partir do molhe instalado na foz do rio Sergipe. O ponto da coleta foi definido num transecto, na distância média entre a maré alta e a maré baixa. Na análise granulométrica utilizou-se o programa SysGran 3.0. Em uma ficha de campo, registrou-se as características da praia, que permitiram identificar os geoindicadores de erosão, progradação e de equilíbrio; os parâmetros oceanográficos e feições. Quanto à morfodinâmica foi adotada a classificação de Muehe (1995), baseada em Wright & Short (1984), que consiste em seis estados distintos para as praias: dissipativo, refletivo e quatro tipos intermediários.

## 3. Resultados e conclusão

A praia de Atalaia Nova encontra-se num litoral exposto sujeito a grande nível de energia. De modo geral, o trem de ondas é extenso, composto por oito a dez vagas. A zona de espraiamento

é larga, devido a baixa declividade da face praial, entre 1° e 2,5° com ondas progressivas ou deslizantes. A linha de costa é bordejada por um cordão de dunas frontais com altura entre 1,5m e 3m. Em alguns trechos existem corredores de deflação eólica. Os sedimentos da face praial são compostos por areia fina e muito fina. Essas características, enquadram a praia de Atalaia Nova no estágio morfológico dissipativo.

A instalação do molhe na margem esquerda do rio Sergipe concluída no ano 2000 ocasionou o bloqueio parcial de sedimentos transportados pela corrente de deriva litorânea. Assim, em 2003 constatava-se um processo de progradação crescente. Em 2009, sobre os terraços marinhos, formavam-se pequenos montículos arenosos vegetados, que Alves (2010) identificou como dunas embrionárias. Em 2015, o pós-praia apresentava dunas frontais com altura entre 1,5m e 3,0m, alterando a composição das feições da planície costeira (Figura 1A). Nos anos de 2016 e 2017 os estudos permitiram identificar presença de setores sob erosão e em equilíbrio dinâmico na praia de Atalaia Nova. No setor compreendido entre os pontos 02 e 06 foram identificados geoindicadores de erosão – dunas escarpadas, raízes expostas e ausência de berma praial, e nos segmentos entre os pontos 01-02 e 06-08 constatou-se um equilíbrio dinâmico, apresentando desenvolvimento de vegetação típica de Restinga herbácea (Figura 1B).

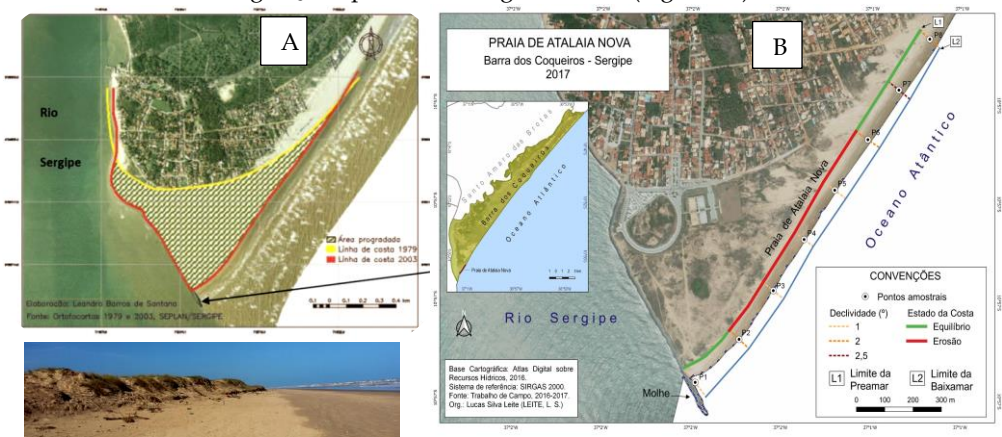


Figura 1A- Progradação na Praia de Atalaia ocorrida entre 1979 e 2003, influenciada pela instalação do molhe na margem esquerda do rio Sergipe. Fonte: ALVES (2010, p.122, adaptado de SANTANA, 2007, p.68)

Figura 1B – Estado morfodinâmico da Praia de Atalaia Nova, Povoado Atalaia Nova, Barra dos Coqueiros, Sergipe. Fonte: LEITE, L. S. (2017)

## Referências

ALVES, N. M. S. ALVES, N. M. S., 2010. *Análise geoambiental e socioeconômica dos municípios costeiros do litoral norte do estado de Sergipe – diagnóstico como subsídio ao ordenamento e gestão do território*. São Cristóvão, 2v.: II. Tese (Doutorado em Geografia) – Núcleo de Pós-Graduação em Geografia, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, Universidade Federal de Sergipe, 2010.

LEITE, L. S., 2017. *Estudos dos processos costeiros e feições morfológicas da praia de Atalaia Nova, Barra dos Coqueiros – Sergipe*. São Cristóvão: UFS, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, 2017. 48 f. Relatório final do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica.

MUEHE, D., 1995. Geomorfologia costeira. In: GUERRA, A.J.T.; CUNHA, S. B. da. (Org.). *Geomorfologia – uma atualização de bases e conceitos*. 2ª ed. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil S.A., p. 253-308.

# TOPO-BATHYMETRIC MONITORING SOUTH OF THE MONDEGO RIVER MOUTH AFTER THE EXTENSION OF THE NORTH JETTY

João Nuno C. Oliveira <sup>(1,2)</sup>, Filipa S. B. F. Oliveira <sup>(2)</sup> e António A. Trigo-Teixeira <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal, joao.c.oliveira@tecnico.ulisboa.pt

<sup>(2)</sup> Departamento de Hidráulica e Ambiente, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal

## Abstract

This work evaluates the morphological evolution of the coastal frontage south of Figueira da Foz (west coast of Portugal) after the extension of the north jetty based on the analysis of topo-bathymetric surveys located in twelve equidistant transects in the study site. The results show that the study site has large inter-annual morphological variations and the complex morphological behaviour shows an erosive tendency of the beach face downdrift of the structures.

*Keywords:* Nearshore monitoring; Hydro-topographic profiles; Beach morphodynamics; Erosion; Figueira da Foz.

## 1. Introduction

The study site is the Portuguese sandy coastal stretch bounded at north by the Mondego river inlet and extending south of Leirosa (orientation NNE-SSW). After the construction of the Mondego river inlet jetties in the 70s, the southern beaches started facing serious erosion problems, particularly troublesome in Gala-Cova, Costa de Lavos and Leirosa. This led to the implementation of combined groyne and seawall defence schemes to intercept the southwards predominant littoral drift and to protect these maritime fronts. The extension of the north jetty in 2008-2010, the regular dredging operations in the Mondego river mouth and the sea level rise can increase erosion and flood problems, particularly during extreme maritime events (APA, 2014). In the present work, twelve topo-bathymetric profiles of the study site are analysed to characterize the morphological evolution during the period 2011-2017.

## 2. Data and Methods

The 2011 topo-bathymetric data were obtained from the high-resolution LiDAR survey (APA-DGT, 2011) and the 2014-2017 data were surveyed by the Figueira da Foz Port Administration (APFF, S.A.) in the scope of the Environmental Monitoring Plan of the Figueira da Foz Port Maintenance Dredging Operations, during October-November of each year. The twelve profiles are approximately spaced by 1.0 km along the coast (see Figure 1a) and were named according to their proximity to the study site's maritime fronts: Gala-Cova (CG), Costa de Lavos (CL) and Leirosa (L). The interpretation of the morphological evolution is based on the analysis of the following morphological profile parameters: i) dune crest elevation; ii) position of the dune crest, iii) the mean sea level (MSL, 2.08 m CD), iv) the 0 m CD, v) the -10 m CD, and vi) the -20 m CD isobathymetric lines (where CD is the national vertical Chart Datum reference level).

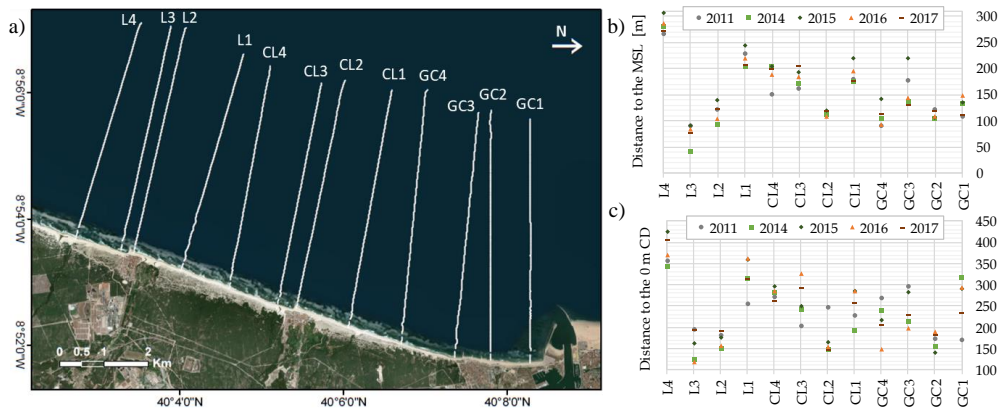


Figure 1. (a) Location of the transects in the study site; evolution of the (b) MSL and (c) 0 m CD positions.

### 3. Results and Conclusions

The evolution of the above-mentioned morphological parameters across the study site was analysed. Results show that the most stable values of the dune elevation and position parameters are in the natural beach profiles GC4, CL1, CL4, L1 and L4, located in-between and further from Gala-Cova, Costa de Lavos and Leirosa. Downdrift of the groynes, profiles GC3, CL3 and L3 show a lowering of the dune crest height in the last three years, revealing an erosive tendency. In 2015 (Figure 1b) there is a generalized advance in the MSL line, followed by a recession in 2016 that endured until 2017 in profiles GC3 and L3. The 0 m CD line is highly variable (Figure 1c), with a tendency to move landwards in GC2, GC3 and CL2.

The inter-annual variations in the -10 m CD line are larger in profiles GC2 to CL3; the line constantly moves landwards in the profiles updrift of the groynes GC2, CL2 and L2. The profiles GC2 to CL2 have steeper slopes from 0 m CD to -10 m CD, while the profiles CL3 to L3 have steeper slopes further offshore, from -10 m CD to -20 m CD. The -20 m CD line is located further offshore in the northern area of the study site and its position varied more significantly in the profiles GC1 to CL1, being the active beach wider in profiles GC2 to CL2.

In conclusion, there is a large inter-annual morphological variation in the study site, especially adjacent to the Mondego river mouth. In Gala-Cova and Costa de Lavos, the morphological variations in the beach face show an erosive behaviour and no stabilization tendency was found further offshore.

### Acknowledgments

The first author is funded by FCT under the Ph.D. Grant PD/BD/128508/2017. This study is supported by the project CYTED 2017-PE-PROTOCOL. The authors are grateful to the Figueira da Foz Port Administration (APFF, S.A.) for the data provided.

### References

APA, 2014. 'Littoral occurrences records, the storm of January 3 to 7, 2014', *Agência Portuguesa do Ambiente (MAOTE)*, Technical Report, 123 pp.



## ESCO-ENSEMBLES: ENSEMBLES DE MODELOS NUMÉRICOS APLICADOS A ÁREAS ESTUARINAS E COSTEIRAS

Isabel Iglesias<sup>(1)</sup>, Ana Bio<sup>(1)</sup>, Paulo Avilez-Valente<sup>(1,2)</sup>, José Luís Pinho<sup>(3)</sup>, José Manuel Vieira<sup>(3)</sup>,  
Luísa Bastos<sup>(1,4)</sup>, Fernando Veloso-Gomes<sup>(1,2)</sup>

<sup>(1)</sup> Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental, Universidade do Porto, Matosinhos, Portugal,

<sup>(2)</sup> Faculty of Engineering, University of Porto, Porto, Portugal,

<sup>(3)</sup> Center of the Territory, Environment and Construction, University of Minho, Braga, Portugal,

<sup>(4)</sup> Faculty of Sciences, University of Porto, Porto, Portugal,

iiglesias@ciimar.up.pt, anabio@ciimar.up.pt, pvalente@fe.up.pt, jpinho@civil.uminho.pt, jvieira@civil.uminho.pt,

lcbastos@fc.up.pt, vgomes@fe.up.pt

### Resumo

A aplicação de modelos numéricos que simulam de forma precisa a hidro-morfodinâmica dos sistemas aquáticos pode antecipar e prever os efeitos de intervenções antrópicas, de eventos extremos ou de alterações climáticas, constituindo uma poderosa e relevante ferramenta de suporte a uma gestão costeira eficaz e integrada, promovendo, assim, a segurança das populações e a salvaguarda de valores patrimoniais e ambientais.

O principal objetivo do projeto *EsCo-Ensembles* é implementar modelos numéricos em zonas estuarinas recorrendo à técnica de *ensembles*, demonstrando que a utilização combinada de diferentes modelos diminui a incerteza nos resultados obtidos e aumenta a capacidade, confiança e consistência das previsões.

*Palavras-chave:* Estuário; Hidrodinâmica; Modelação Numérica; Eventos extremos; Alterações Climáticas.

### 1. Introdução

A Zona Costeira (ZC) é importante sob os pontos de vista ambiental, económico e social. Estas áreas geográficas, geralmente de grande densidade populacional, atraem atividades antropogénicas de significativo valor económico e social, como são os casos da pesca, do turismo e outras indústrias marinhas. Nas últimas décadas, a ZC tem experimentado crescentes pressões devidas a novos afluxos demográficos, atividades económicas e intensificação urbanística, incrementando a sua vulnerabilidade, em especial, a eventos extremos. Em cenário de alterações climáticas, o aumento na frequência e intensidade de eventos extremos pode ter consequências graves ou até catastróficas, com impactos em vidas humanas e em infraestruturas, e resultando na perda de património construído, habitats e serviços ecossistémicos (alimentos, pesca, turismo, serviços culturais, energia, captação de água, matérias-primas, regulação do clima, etc.).

Para atender a todos estes fenómenos, é fundamental uma gestão costeira sustentável, para o que é determinante dispor de ferramentas que permitam a implementação de sistemas de avaliação e gestão de riscos, baseados em informação fiável e adequada aos sistemas em análise.

Os parâmetros meteorológicos, oceanográficos, morfológicos, químicos e biológicos, obtidos através de campanhas, são descritores chave para compreender o estado atual e as principais

tendências de evolução dos sistemas costeiros. Estas campanhas, geralmente dispendiosas e nem sempre eficazes, carecem de observações contínuas e de longo prazo, assim a ZC é geralmente subamostrada e pouco compreendida [1]. Os modelos numéricos podem completar esta caracterização e conseguir avaliar as condições futuras expectáveis [2]. No entanto, e apesar do desenvolvimento de sistemas de modelação numérica de alta resolução, as soluções podem exibir incertezas relacionadas com parâmetros de calibração ou forçamentos, afetando a fiabilidade dos resultados. A técnica de *ensembles* pode ajudar a minimizar este problema.

## 2. Técnica de *ensembles*

Esta técnica baseia-se na combinação de soluções obtidas a partir de diferentes modelos numéricos, contribuindo, assim, para a melhoria da previsão. Ensemble é uma palavra francesa que significa ‘conjunto’, referindo-se a uma unidade ou grupo de partes complementares que contribuem para um único efeito. A técnica consiste em executar dois ou mais modelos numéricos com distintas complexidades estruturais mas com as mesmas condições iniciais e de forçamento. Os resultados são sintetizados em uma única solução utilizando ferramentas estatísticas (média, mediana, regressão linear, média ponderada, etc.), o que irá melhorar a precisão da previsão final quando comparada com as soluções obtidas individualmente [3].

## 3. EsCo-Ensembles

O principal objetivo do EsCo-Ensembles (2018-2021) é melhorar as previsões dos padrões hidromorfodinâmicos com a técnica de ensembles. Aplicada a dois dos principais estuários da costa portuguesa, Minho e Douro, e utilizando dois modelos numéricos, Delft3D e openTELEMAC-MASCARET, espera-se que os resultados contribuam para: (i) fornecer uma caracterização hidromorfodinâmica completa; (ii) avaliar futuras tendências; (iii) entender a distribuição da biota e o funcionamento dos ecossistemas; e (iv) estimar os riscos de inundações face à elevação do nível do mar associado ao aquecimento global.

## Agradecimentos

Financiamento Estratégico (UID/Multi/04423/2013) através de fundos da FCT e do FEDER. *EsCo-Ensembles* (PTDC/ECI-EGC/30877/2017), financiado pela FCT e pelo NORTE2020, Portugal 2020 e a UE através do FEDER.

## Referências

- [1] Bastos L, Bio A, Iglesias I, 2016. ‘The Importance of Marine Observatories and of RAIA in Particular’, *Frontiers in Marine Science*; 3, 1-11
- [2] Iglesias I, Venancio S, Peixoto R, Pinho J, Avilez-Valente P, Vieira J. The Douro Estuary: Modelling comparison for floods prevention. In: Actas das 4.as Jornadas de Engenharia Hidrográfica. Lisbon: Instituto Hidrográfico; 2016. p. 159-162
- [3] Iglesias I, Venâncio S, Pinho JL, Avilez-Valente P, Vieira JMP, 2019. ‘Two models solutions for the Douro estuary: Flood risk assessment and breakwater effects’, *Estuaries and Coasts*, 42, 2, 348-364

# INFLUENCE OF BATHYMETRIC CHANGES ON THE RIA DE AVEIRO VEGETATION

Carina L. Lopes<sup>(1,2)</sup>, Renato Mendes<sup>(1,3)</sup>, Isabel Caçador<sup>(2)</sup> and João M. Dias<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> CESAM, Departamento de Física, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal, [carinalopes@ua.pt](mailto:carinalopes@ua.pt); [rpsm@ua.pt](mailto:rpsm@ua.pt);  
[joao.dias@ua.pt](mailto:joao.dias@ua.pt)

<sup>(2)</sup> MARE, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal, [micacador@fc.ul.pt](mailto:micacador@fc.ul.pt)

<sup>(3)</sup> CIIMAR, Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Porto, Portugal

## Abstract

Salt marshes have a great ecological value for estuarine ecosystems, providing a broad range of services; however, their general decline is being observed worldwide, in large part due to undergoing threats posed by human actions. Accordingly, there is a growing concern about salt marsh preservation status towards their conservation and restoration. The main objective of this work is to evaluate the effects of bathymetric changes on the estuarine vegetation of Ria de Aveiro. A historical review of the lagoon bathymetric evolution was carried out and assessed alterations in estuarine vegetation through the interpretation of Landsat satellite imagery. Over the last 30 years, the lagoon experienced mostly a deepening of its main channels, which was partially motivated by dredging activities. Satellite-derived vegetation indices highlight that these bathymetric changes affected the estuarine vegetation. Particularly, a decrease of vegetation indices was detected in most of the intertidal regions. This study reinforced the potential of Landsat archives to monitor coastal wetlands, highlighting their importance for assessing salt marsh status.

*Keywords:* salt marshes; shallow lagoon; anthropogenic actions; remote sensing; vegetation indices.

## 1. Ria de Aveiro evolution over the last 30 years

The Ria de Aveiro is a tidally dominated lagoon located on the NW Portuguese coast. The lagoon presents extensive salt marsh communities which high ecological importance was recognized by the National Classified Areas System (SNAP), integrating the Nature 2000 network as a Special Protection Area (SPA) and Site of Community Importance (SCI). Over the last 30 years, the lagoon experienced mostly a deepening of its main channels (Figure 1a). The inlet channel deepened more than 10 m in some regions and the main channels depth increased up to 8 m (S. Jacinto and Espinheiro) and 3 m (Mira and Ílhavo). These changes were motivated in part by dredging activities: 1) regularly at the inlet; and 2) between 1996 and 1999 on the lagoon main channels (Lopes and Dias, 2015). The interpretation of satellite images revealed that these bathymetric alterations affected the intertidal regions vegetation cover, promoting mostly a decrease of vegetation indices (Figure 1b). The Global Environmental Monitoring Index (GEMI) decreased in the upper reaches of S. Jacinto channel and increased in restricted regions located in the extremities of Mira, Ílhavo and Espinheiro channels. In the central lagoon were identified regions in which the GEMI remained unchanged and others in which it decreased. This pattern reveals that: 1) the vegetated area decreased; 2) the type of vegetation cover changed over this

period (Lopes et al., 2019). Lopes et al. (2019) found significant evidence that the vegetation indices patterns observed prior to and after 1999 are due to morphological changes in the lagoon, namely the deepening of the lagoon main channels.

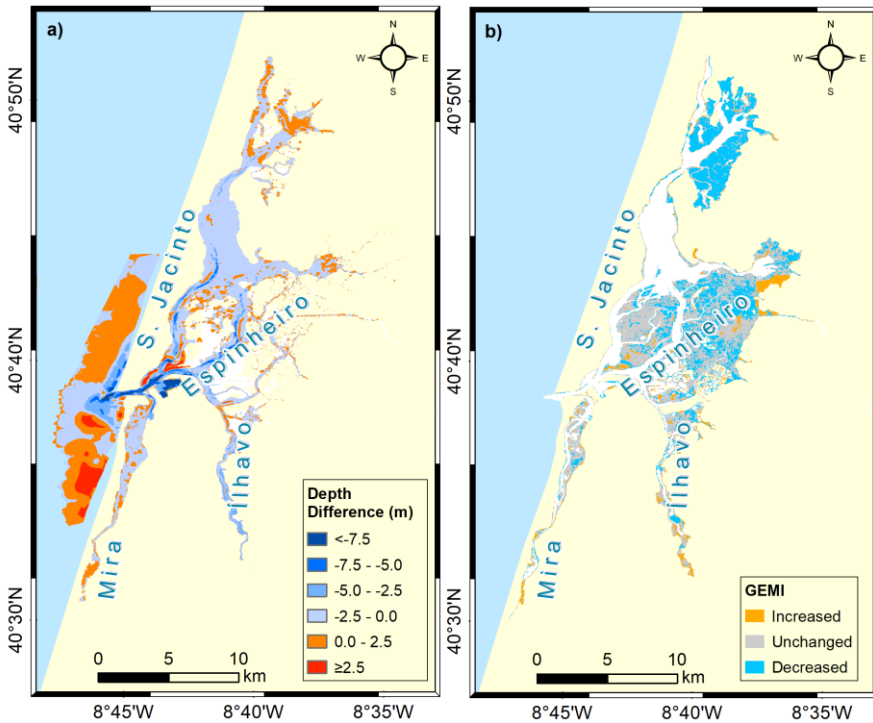


Figure 1. a) Depth difference between 1987 and 2012 bathymetries; b) GEMI variation between 1987 and 2017.

## Acknowledgments

The first and second authors benefit from Post-Doctoral grants (SFRH/BPD/114906/2016, SFRH/BPD/115093/2016) given by the Portuguese Science Foundation (FCT). Thanks are due for the financial support to CESAM (UID/AMB/50017/2019), to FCT/MCTES through national funds, and the co-funding by the FEDER, within the PT2020 Partnership Agreement and Compete 2020.

## References

- Lopes, CL and Dias, JM, 2015. 'Tidal dynamics in a changing lagoon: Flooding or not flooding the marginal regions', *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 167, Part A, 14-24.
- Lopes, CL, Mendes, R, Caçador, I, Dias, JM, 2019. 'Evaluation of long-term estuarine vegetation changes through Landsat imagery ', *Science of The Total Environment*, 653, 512-522.

# AVALIAÇÃO DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO DAS DUNAS ENTRE A NOVA PRAIA E A FONTE DA TELHA (CONCELHO DE ALMADA)

Daniela Nascimento<sup>(1)</sup>, César Andrade<sup>(1,2)</sup> e Maria da Conceição Freitas<sup>(1,2)</sup>

<sup>(1)</sup>Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal  
danielarnascimento@hotmail.com; candrade@fc.ul.pt; cfreitas@fc.ul.pt

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

## Resumo

O cordão de dunas frontais entre a Nova Praia e a Fonte da Telha (região da Costa da Caparica, Almada) tem vindo a deteriorar-se devido ao uso intensivo do território costeiro. O estado de degradação das dunas é variável no espaço e aumenta em relação com a presença de equipamentos de praia e parques de estacionamento, bem como de vias de acesso à praia.

*Palavras-chave:* Duna frontal, conservação dunar, degradação dunar, análise morfológica, fotografia aérea.

## 1. Introdução

O sistema praia-duna da região entre a Nova Praia e a Fonte da Telha inclui um cordão frontal descontínuo numa extensão de 6,4 km, com largura média de 80-90 m. As dunas são compostas por areias quártzicas médias a finas, bem a moderadamente bem calibradas. A expansão de ocupação pouco criteriosa e intrusiva sobre estas dunas tem vindo a incrementar a sua degradação morfológica e do coberto vegetal. De modo a objetivar o estado de conservação das dunas, efetuou-se a sua classificação utilizando descritores da morfologia e coberto vegetal.

## 2. Metodologia

Este estudo tem por base observações estereoscópicas de fotografias aéreas verticais de 2018 e de terreno. O cordão frontal foi caracterizado a intervalos regulares de 100 m, utilizando a classificação de Hesp (1988), que considera cinco estádios de desenvolvimento/degradação das dunas, de acordo com parâmetros morfo-ecológicos. O estádio 1 representa o melhor estado de conservação, com percentagem de coberto vegetal (CV) superior a 90% e continuidade morfológica lateral da duna. O estádio 5 corresponde às formas mais degradadas, onde a alta praia confina essencialmente com estruturas de deflação (corredores eólicos - *blowouts*) e de galgamento, ocorrendo pontualmente pequenos edifícios dunares remanescentes, eventualmente vegetados, muito degradados do ponto de vista morfológico.

## 3. Resultados e conclusão

O cordão dunar pode ser dividido em três troços (A, B e C), de acordo com a predominância dos estádios considerados na classificação de Hesp (1988) (Figura 1). O troço norte (troço A) é caracterizado por dunas muito degradadas (predominam os estádios 4 e 5): ocorrem formas eólicas isoladas e “desordenadas”, com pouca vegetação remanescente (CV 29%, em média). Corresponde ao segmento com maior densidade e consolidação de edificados sendo também o mais frequentado, dada a proximidade ao núcleo urbano da Costa da Caparica e aos parques de campismo. No troço central (troço B), as dunas são classificadas nos estádios 2 e 3, uma vez que

a morfologia se mantém algo irregular, observando-se edifícios com perfil característico e cristas definidas, mas a vegetação oferece cobertura apenas parcial (CV 74% em média), sendo que as manchas vegetadas alternam com corredores explorados pelas ondas e pelo vento, desprovidos de vegetação. O troço sul (troço C) representa o estágio de melhor preservação e desenvolvimento dunar, com morfologia correspondente aos estádios 1 e 2. O cordão dunar apresenta-se razoavelmente contínuo, com algumas cristas bem definidas, coberto vegetal significativo e denso (CV 74 a 98%). O estado de conservação diminui junto à Fonte da Telha, e varia também, localmente, com a presença de apoios de praia, parques de estacionamento e consolidação de vias de acesso à praia.

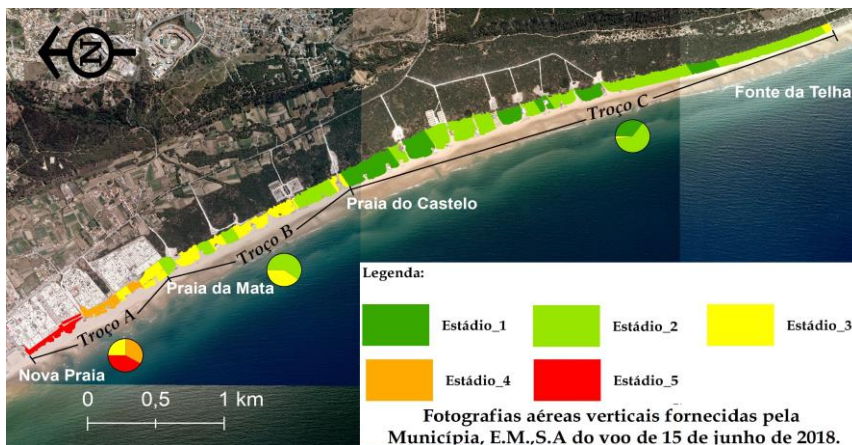


Figura 1- Distribuição espacial do estado de conservação/degradação do cordão dunar entre a Nova Praia e a Fonte da Telha, de acordo com o Hesp (1988). Fotografia aérea vertical de 15/07/2018.

Conclui-se que a ocupação do território costeiro, a facilitação do acesso à praia através da construção de vias de atravessamento do cordão dunar e o pisoteamento são os principais fatores responsáveis pela degradação do cordão dunar frontal. A duna frontal apresenta-se degradada a muito degradada em cerca de 30% do seu comprimento, mas no sector sul o estado de conservação é suficiente para fornecer um padrão de organização que se julga próximo de condições pristinas e que pode servir de modelo a replicar em iniciativas de restauro. No contexto aqui descrito, a implementação de medidas de protecção, preservação e recuperação do edifício dunar frontal, especialmente nos troços A e B, devem ser consideradas com urgência.

### Agradecimentos

À Município, E.M., S.A. pelas fotografias aéreas de 15/07/2018. Este estudo foi financiado pelos projetos FCT- UID/GEO/50019/2019 - Instituto Dom Luiz, e “Mapeamento de vulnerabilidades territoriais, conceção de medidas de adaptação às alterações climáticas em Almada e promoção da resiliência local” (FFCUL / C.M. Almada.).

### Referências

Hesp, P., 1988. Morphology, dynamics and internal stratification of some established foredunes in southeast Australia. *Sedimentary Geology*. 55: 17-41.

# PHYSICAL MODELLING OF WAVE-INDUCED PLANT DRAG COEFFICIENT

Rui Reis<sup>(1,2)</sup>, Tomohiro Suzuki<sup>(3)</sup>, Boyd Lubbers<sup>(2)</sup>, Conceição J.E.M. Fortes<sup>(2)</sup> and António A. Pires-Silva<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Lisbon, Portugal,  
rui.reis@tecnico.ulisboa.pt; antonio.pires.silva@ist.utl.pt

<sup>(2)</sup> DHA, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisbon, Portugal,  
rreis@lnec.pt; boydlubbers@gmail.com; jfortes@lnec.pt

<sup>(3)</sup> Flanders Hydraulics Research, Antwerp, Belgium,  
tomohiro.suzuki@mow.vlaanderen.be

## Abstract

Most of the previous studies on wave propagation over vegetation fields estimated drag coefficients ( $C_D$ ) for rigid and flexible plants by the so called calibration method which gave similar  $C_D$  for both types of plants. However,  $C_D$  may actually be considerably different when the drag force is directly measured. In order to investigate the wave dissipation and  $C_D$  further, flume experiments for wave propagation over vegetation are conducted with a special focus on the benchmark single cylinder test that calculates  $C_D$  by direct measurements in single rigid and flexible artificial plants.

*Keywords:* Vegetation; Plant flexibility; Wave propagation; Flume experiments.

## 1. Introduction

We have initiated flume experiments aiming to study the wave propagation over vegetation and drag coefficients ( $C_D$ ). Previous studies on this topic calculated  $C_D$  by the calibration approach that is based on the decay of wave height over vegetation. Notwithstanding, Hu *et al.* (2014) showed that this method leads to more scatter on the  $C_D$  values than when the drag force is directly measured (*i.e.* direct measurement method). The ongoing experiments include a benchmark single cylinder test that aims to obtain  $C_D$  by the direct measurement method in single rigid and flexible plants.

This paper overviews the flume experiments and specially focuses on the referred benchmark single cylinder test for different hydrodynamic conditions and plant flexibilities.

## 2. Experimental setup for wave propagation over vegetation

Figure 1 shows the main characteristics of the wave flume experimental setup. The experiments comprise an artificial vegetation field made of cylinders over a plywood false bottom. The vegetation area is 5 m in length per 0.6 m wide. Cylinders with 1 cm of diameter and 0.25 m high represent plants/stems with homogenous and constant shape.

The instruments wave gauges (WG), acoustic Doppler velocimeters (ADV) and force transducers (FT) will be used to measure, respectively, the free surface elevation, the flow velocity and the longitudinal force applied on the artificial plants. Measurements will be taken at the flume cross

sections correspondent to the start edge, middle and end locations of the vegetation field (Figure 1). Regular wave conditions will be tested for two relative vegetation heights (vegetation height/water depth), two densities of artificial plants per area and for rigid and flexible artificial plants.

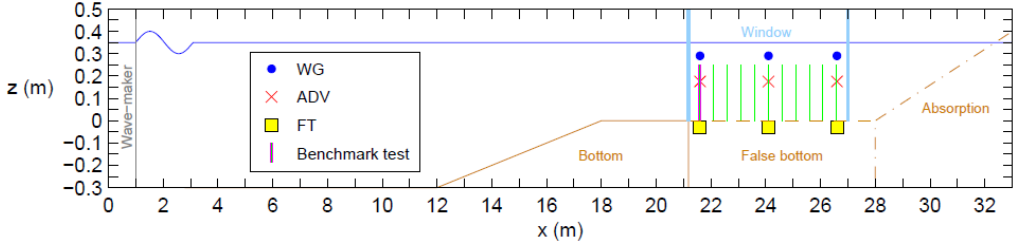


Figure 1. Wave flume experimental setup.

### 3. Benchmark single cylinder test

The tests consist in testing a single cylindrical artificial plant positioned at  $x=21.6$  m (Figure 1), made of different materials, such as rigid pine wood and sponged soft rubber, under four regular waves (combinations of wave periods 1.4 s and 3.2 s and wave heights 0.08 m and 0.16 m), for two relative vegetation heights of 0.35/0.25 and 0.25/0.25 at the flat vegetation zone.

The flow-induced longitudinal force acting on a cylindrical plant can be expressed in terms of a Morison-type equation by:

$$F=F_D=\frac{1}{2}\rho C_D h_v b_v u|u| \quad [1]$$

where  $F_D$  is the longitudinal drag force [N],  $\rho$  is the fluid specific mass [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ],  $C_D$  is the drag coefficient [-],  $h_v$  is the height of the plant under water [m],  $b_v$  is the plant diameter [m] and  $u$  is a longitudinal velocity in the plant region [m/s]. A period-averaged  $C_D$  can be obtained by quantifying the work done by  $F$  in a wave period:

$$C_D=\frac{2\int_{-\pi/\omega}^{\pi/\omega} F u dt}{\int_{-\pi/\omega}^{\pi/\omega} \rho h_v b_v u^2 |u| dt} \quad [2]$$

where  $\omega$  is the wave angular frequency [Hz]. Note that, for  $F$  to be a more realistic nonlinear force that also considers flexible plants, the  $C_D$  should account for the plant motion and  $u$  should be a relative velocity between flow ( $u_{\text{flow}}$ ) and plant ( $u_{\text{plant}}$ ).

We estimate  $C_D$  through Eq. [2] by considering  $u=u_{\text{flow}}-u_{\text{plant}}$  and based on combined measurements at the same flume cross section ( $x=21.6$  m) (Figure 1): the  $F$  acting on the cylinder by an FT, the  $u_{\text{flow}}$  by an ADV and the  $u_{\text{plant}}$  through a particle tracking velocimetry (PTV) technique.

The obtained  $C_D$  results are analyzed for the different hydrodynamic conditions and plant flexibilities.

### References

Hu, Z., Suzuki, T., Zitman, T., Uittewaal, W., Stive, M., 2014. 'Laboratory study on wave dissipation by vegetation in combined current-wave flow'. *Coast. Eng.*, 88, 131-142.



## SALINITY DYNAMICS IN THE UPPER TAGUS ESTUARY

Marta Rodrigues<sup>(1)</sup>, André B. Fortunato<sup>(1)</sup> and Paula Freire<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Departamento de Hidráulica e Ambiente, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal  
mfrodrigues@lnec.pt, afortunato@lnec.pt, pfreire@lnec.pt

### Abstract

The influence of freshwater discharge and sea level rise in the salinity in the upper Tagus estuary is assessed using a numerical model. Results suggest that the river flow is the main driver of the salinity in the upper estuary and that salinity intrusion increases with the duration of the droughts. For the analyzed scenarios, salinity reaches concentrations that are inadequate for irrigation during some periods, which can harm the agricultural activities.

*Key words:* Estuary; River flow; Sea level rise; SCHISM

### 1. Introduction

Salt water intrusion in the upper Tagus estuary can have negative social, economic and environmental impacts by affecting the uses and activities in this area (e.g. agriculture, water supply). The salinity propagation in this estuary is mainly controlled by the tides and the river flow (Rodrigues and Fortunato, 2017). A reduction of the freshwater discharge entering the Tagus estuary or sea level rise promotes the landward intrusion of saltwater. To assess the salt water intrusion in the upper reaches of the estuary a process-based model was implemented, calibrated and validated (Rodrigues and Fortunato, 2017) and is used herein to explore different scenarios of freshwater discharge and sea level rise, providing information to help end-users cope with future changes.

### 2. Model application and results

The three-dimensional model of the Tagus estuary (Rodrigues and Fortunato, 2017) was implemented using the system of models SCHISM (Zhang *et al.*, 2016). The model was forced by tides at the oceanic boundary, river flows at the riverine boundaries (Tagus and Sorraia) and atmospheric data at the surface. The validation of the salinity model for drought conditions was done for July 2017. Given the uncertainty on the river flow data, two alternative input flows were used: data from Almourol and the sum of the outflows from Belver and Castelo de Bode dams (data from SNIRH). See BINGO (2018) for further details.

To evaluate the salinity propagation during droughts five scenarios were established for the summer season - July (Figure 1). The river flow scenarios were based on the climatological data available in SNIRH and taking into account that the Tagus river flow is mainly controlled by decisions on the operation of dams. The Sorraia river flow was taken as 5% of the Tagus river flow. To allow the comparison between the scenarios, the tidal and atmospheric forcing were similar in all the simulations and aimed to represent average conditions. A sea level rise (SLR) of 0.5 m was considered at the oceanic boundary in S5. Simulations were performed for 30 days using similar initial conditions. See BINGO (2018) for further details.

Validation assessments suggested that, using the Almourol flow data, the model tends to overestimate the salinity by about 2 in the upper reaches of the estuary (Conchoso) and that the

river flow data used to specify the boundary conditions is a major source of uncertainty in the model results (BINGO, 2018), which should be taken into account when analyzing the results. Time series of surface salinities were extracted and analyzed at four locations (Figure 1). Results suggest that for climatological conditions salinity does not reach the Conchoso, Rio do Risco and Valada stations, which is consistent with empirical knowledge. For the recent drought scenario (S2), salinity reaches about 10 at Conchoso and exceeds the threshold acceptable for irrigation. For the remaining river flow scenarios (S3 and S4) salinity increases and aggravates the consequences for irrigation. Salinity differences for the SLR scenario are small when compared with the differences between the various river flows. The tidal signal present in the salinity time series suggests that during droughts water should only be abstracted from the river at low tide, in order to provide fresher water. Results also show that salinity intrusion in the upper estuary depends not only on the river flow alone, but also on the duration of the droughts, as the tidally-averaged salinities display a rising trend.

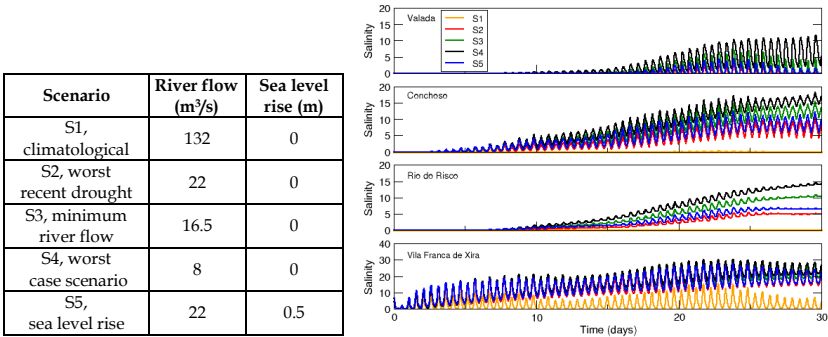


Figure 1. Scenarios simulated and time series of surface salinity at the four virtual stations. For scenario S1, salinity at Rio do Risco, Conchoso and Valada is approximately 0.

### 3. Conclusions

The numerical assessment of the salinity dynamics in the upper Tagus estuary suggests that the river flow is the main driver of the salinity in this area. For the analyzed scenarios, salinity reaches concentrations that are inadequate for irrigation during some periods and increases with the duration of the droughts. These results can contribute for the management of the agricultural activities in the upper Tagus estuary.

### Acknowledgments

This study was funded by the EU's H2020 programme (Grant Agreement n. 641739) and by the FCT project UBEST (PTDC/AAG-AA/6899/2014). This work used the resources from the FCT's National Distributed Computing Infrastructure.

### References

- BINGO, 2018. 'Model results for water and land use scenarios completed and analyzed', Beek T. (ed.), Deliverable D3.4 - Project BINGO, 250 pp.
- Rodrigues M., Fortunato A.B., 2017. 'Assessment of a three-dimensional baroclinic circulation model of the Tagus estuary', *AIMS Environmental Science*, 4(6), 763-787.
- Zhang Y.J., Ye F., Stanev E.V., Grashorn S., 2016. 'Seamless cross-scale modeling with SCHISM', *Ocean Modelling*, 102, 64-81.

## BEACH MONITORING PROJECT ON CENTRAL CHILE

Elena Sánchez-García<sup>(1)</sup>, Idania Briceño<sup>(2)</sup>, Jesús Palomar-Vázquez<sup>(1)</sup>, Josep Pardo-Pascual<sup>(1)</sup>,  
Carlos Cabezas-Rabadán<sup>(1)</sup>, Ángel Balaguer-Beser<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Geo-Environmental Cartography and Remote Sensing Group, Universitat Politècnica de València, Valencia, Spain,  
e-mails: elena.sanchez.upv@gmail.com, (jpalomav, carcara4, jepardo, abalague)@upv.es

<sup>(2)</sup> Hémera Centro de Observación de la Tierra, Universidad Mayor, Chile, e-mail: idania.briceno@umayor.cl

### Abstract

This work presents a coastal monitoring project using remote sensing and photogrammetry to obtain accurate information of beaches and characterize evolutionary trends along the coast of Chile. The acquisition of multiple shorelines on a large temporal and spatial scale from free mid-resolution (30 m/pixel) satellite images with SHOREX system expects to bring very promising results. Terrestrial photos processed by C-Pro system will be used as precise calibration data on a local scale.

*Keywords:* satellite imagery; image processing; coastline extraction; sub-pixel precision

### 1. Introduction and Method

The pilot study is carried out on a microtidal sandy beach of 1.2 km at Reñaca (Valparaíso, central Chile). It was chosen because its high recreational value and since there it was accessible an elevated point to take the photos. In order to establish a solid beach monitoring project, a preliminary 2-month evaluation is underway with 7 satellite-derived shorelines (SDS) –resulting of applying a Shoreline Extraction System termed as SHOREX (Palomar-Vázquez et al., 2018)– compared against other more accurate shorelines (GPS or Photo-derived). These latter, acquired simultaneously with the satellite capture, are used as reference data (see Fig. 1). Concurrently, GPS shorelines (measured following the mean swash of the waves) served to calibrate the Photo-derived shores obtained and georectified with C-Pro (Sánchez-García et al., 2017) over every mean sea level value (MSL). As each SDS is integrated by points, the distance from those points to their respective reference shore (GPS or Photo-derived) is a measure of the error committed –been these stipulated positive seawards and negative landwards.

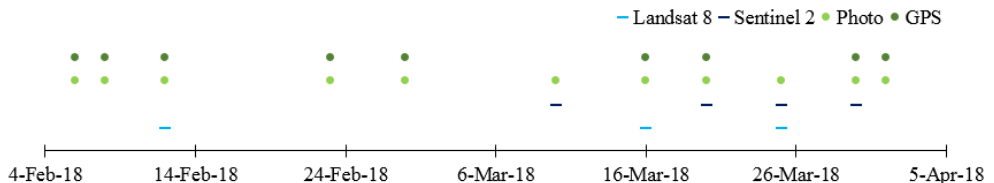


Fig. 1. Temporal distribution of the satellite images (L8 and S2) and the simultaneous reference data (Photo or GPS measurement) used for the evaluation.

### 2. Results and Discussion

A first assessment between Photo-derived and GPS shorelines suggested that both sets of data may be used in a synergistic way as reference data (Fig. 2). Horizontally, the difference between them reaches a mean error of  $-0.11 \pm 2.75$  m. Once checked the usefulness of these

reference data, it was possible to deeply analyze which shoreline proxy was being extracted with SHOREX from Landsat 8 and Sentinel 2 satellite images. The SDS defined the instantaneous land-water border for all days with an overall RMSE of 4.55 m.

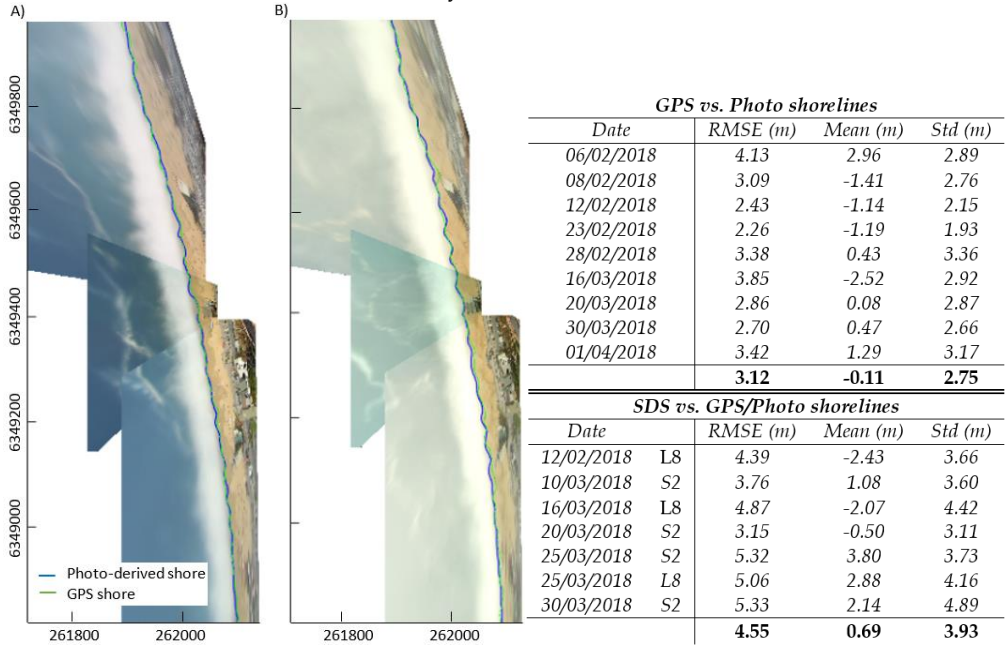


Fig. 2. On the left, C-Pro projection map with 10-min Timex rectified photos (three different shots) of A) 30/03/2018 (at 4.09 m above MSL), and B) 01/04/2018 (at 4.17 m above MSL) for Reñaca beach. Grid coordinates: GCS\_ETRS89 UTM19S. On the right, a table summarizing the error statistics achieved.

### 3. Conclusions

This work seeks to bring the photogrammetry and remote sensing worlds closer to regional scientists, engineers, government and coastal managers by providing new evidence about the usefulness of low-cost and feasible techniques such as C-Pro and SHOREX. These can turn freely available information into high-quality data for the continuous monitoring of beaches and a consequent sustainable decision-making for coastal resources.

### Acknowledgments

This study is part of the PhD dissertation of E. Sánchez-García, which was supported by a grant from the Spanish Ministry of Education, Culture and Sports (I+D+i 2013-2016). The authors appreciate the financial support provided by the Spanish Ministry of Economy and Competitiveness (CGL2015-69906-R), and the Start-Up Universidad Mayor of Santiago de Chile (Code: I-20018003: “Espacios Litorales”) within the Hémera research group for all the support and dedication.

### References

- Sánchez-García, E., Balaguer-Beser, A., Pardo-Pascual, J.E., 2017. C-Pro: A coastal projector monitoring system using terrestrial photogrammetry with a geometric horizon constraint. *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing*, 128, 255–273.
- Palomar-Vázquez, J.M., Almonacid-Caballer, J., Pardo-Pascual, J.E., Sánchez-García, E., 2018. SHOREX: a new tool for automatic and massive extraction of shorelines from Landsat and Sentinel 2 imagery. *Proceedings of the 7th International Conference on the Application of Physical Modelling in Coastal and Port Engineering and Science (Coastlab18)*, Santander.

# TOWARDS AN INTEGRATED VIDEO-BASED SYSTEM FOR DESCRIBING NEARSHORE MORPHODYNAMICS

Umberto Andriolo <sup>(1)</sup>, Rui Taborda<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> *Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores (INESC), Universidade de Coimbra, Portugal*  
*andriolo.umberto@libero.it*

<sup>(2)</sup> *Instituto Dom Luiz, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal*  
*uandriolo@fc.ul.pt, rtaborda@fc.ul.pt*

## Abstract

This communication describes a comprehensive set of video-based techniques which allows an integrated description of nearshore morphodynamics. The images acquired by a surfcam device at a rocky-shore platform at the Portuguese west coast were used to develop new complementary methodologies to estimate wave breaking height and wave period, to measure wave runup, to retrieve subtidal bathymetry and intertidal beach topography.

*Keywords:* Remote sensing; Nearshore; Beach morphodynamics; Wave height; Bathymetry.

## 1. Introduction

In order to analyse the complex coastal morphological processes in the nearshore, the coastal studies should be as much comprehensive as possible, covering both hydrodynamic and morphological measurements. The coverage in spatial and temporal scales of the forcing mechanisms controlling coastal evolution is also crucial to fully describe and understand their interaction. As many nearshore processes have a visible signature on the sea surface, remote sensing has emerged in this context as a valuable technique for high resolution spatio-temporal nearshore measurements. Among numerous remote sensing methodologies and approaches (e.g., aerial photography, satellite imagery, wave radar, LiDAR), shore-based coastal video monitoring has been proved as a cost-effective and high-quality data collection tool to support coastal scientists and engineers over the last three decades (Andriolo et al. 2019).

## 2. Methods

The main aim of this work was the development of an integrated set of methodologies to achieve synoptic hydrodynamic and morphology measurements in the nearshore through the exploitation of video monitoring technique. Six major automated techniques (Fig.1) were developed based on the combined use of Timex, Variance and Timestack images (Andriolo, 2018). In particular:

- identification of shoaling, surf and swash;
- estimation of wave celerity;
- estimation of wave breaking height and wave period;
- measurements of wave runup (Andriolo et al., 2016);
- intertidal beach topography assessment (Andriolo et al., 2018);
- nearshore bathymetry retrieval.

The techniques were developed with the use of images acquired by an online streaming surfcam (Andriolo et al. 2019).

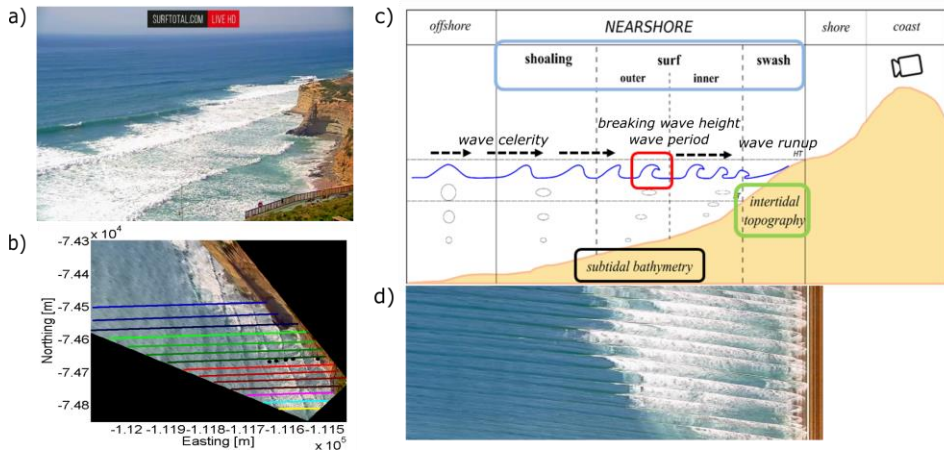


Figure 1. a) original surfcam image; b) rectified image and transects used to produce Timestacks (colored lines); c) beach profile and hydrodynamic and morphological parameters derivable from the developed techniques; d) Timestack image associated to beach profile

### 3. Results and conclusions

With the combination of the methodologies developed in this work, it is possible to achieve hydrodynamic and morphology measurements from video imagery. The coastal processes acting from the nearshore to the shoreline can be accurately described, with the potential of sustaining, for instance, quasi-real time measurements and early-warning systems.

### Acknowledgments

The authors acknowledge the scientific and financial support by the Portuguese Foundation for Science and Technology (FCT) for the projects UAS4LITTER (PTDC/EAM-REM/30324/2017), To-SEAlert (PTDC/EAM-OCE/31207/2017) and BSAFE4SEA (PTDC/ECI-EGC/31090/2017). Publication supported by FCT- project UID/GEO/50019/2019 - Instituto Dom Luiz. We are grateful to all colleagues involved in fieldwork activities and to Surftotal (www.surftotal.com).

### Reference

- Andriolo, U., Taborda, R., Sanchez-Garcia, E., 2016. Measuring wave runup and intertidal beach topography from online streaming surfcam. *X Jornadas do Mar, Naval School of Lisbon*, November 2016, Lisbon, Portugal
- Andriolo, U., 2018. Nearshore hydrodynamics and morphology derived from video imagery. *PhD thesis*. University of Lisbon, Portugal, 197 pp
- Andriolo, U., Almeida, L.P., Almar, R., 2018. Coupling terrestrial LiDAR and video imagery to perform 3D intertidal beach topography. *Coastal Engineering*, Vol. 140, pp. 232-239
- Andriolo, U., Taborda, R., Sánchez-García, E. 2019. Operational use of surfcam online-streaming images for coastal morphodynamic studies. *Remote Sensing*, 11, 78

# IMAGE ANALYSIS OF HETEROMETRIC FLUORESCENT SAND

Caroline C. Ferreira<sup>(1)</sup>, Paulo A. Silva<sup>(1)</sup>, Ana M. Bernabeu<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Center for Environmental and Marine Studies, University of Aveiro, Aveiro, Portugal, [carolineferreira@ua.pt](mailto:carolineferreira@ua.pt),  
[psilva@ua.pt](mailto:psilva@ua.pt)

<sup>(2)</sup> Department of Marine Geosciences and Territorial Planning, University of Vigo, Vigo, Spain, [bernabeu@uvigo.es](mailto:bernabeu@uvigo.es)

## Abstract

The conventional methods to measure sediment transport does not have the necessary accuracy to study the behaviour of the distinct sand fractions. The fluorescence tracer technique facilitates to track the sediment transport paths of a variable range of grain sizes. The present work studies the effect of a heterometric sample on the analysis of a fine fraction of fluorescent tracer.

*Key-words:* Fluorescent Tracer; Sediment Transport, Heterometric sediment.

## 1. Introduction

The methodology usually applied to calculate the net transport rates from the movement of the mass centre of marked sands with fluorescent ink, analyses the sediment samples as a whole. In the presence of heterometric sands, the classification of distinct grain diameters is fundamental for the study of differential sediment transport. The fluorescent tracer technique also enables that different grain size fractions can be separated in each collected sample (Ingle and Gorsline, 1973).

The present work aims to establish the methodology that will be taken into account in the analysis of the data obtained in the experiment carried out in the Large Wave Flume (GWK), of Coastal Research Centre (FZK - Forschungszentrum Küste, Leibniz Universität Hannover, Germany).

## 2. Methodology

The experiment consisted of four mixtures of well-calibrated sand with different proportions of fine (F, D<sub>50</sub>=0.21 mm) and coarse (C, D<sub>50</sub>=0.58 mm) fractions: 100%F/0%C; 75%F/25%C; 50%F/50%C and 25%F/75%C. Each mixture was placed at the bottom of the GWK in a 30m long and 5 m wide test section. Fluorescent tracer with the same sand distribution was placed along a transversal line on the wave flume. Two regular wave conditions with the same wave period, 7s, and different wave heights, 1 and 1.5m, were considered for each sand mixture. Bottom sediment samples were collected aiming to estimate the total and fractional sediment transport. For estimation of the tracer concentration, each sample is subject to ultraviolet (UV) light and an image analysis is performed.

In order to study the effect that sediment mixtures have on the image analysis, a sensitivity study was made. For this, a sample of 10 g was kept fixed for the 4 sediment mixtures, for example to the 50%F/50%C bed, 5g is fine sand and 5g is coarse sand. A fixed value of 0.05g of fine fluorescent tracer was added to all samples, maintaining the number of fine tracer particles in each sample, and the mixture was stirred.

Tracer particles detection and counting were done by image analysis using a MATLAB toolbox available at SANDCODE, 2010 (SedPhoto toolbox). This program detects and count fluorescent tracer particles on digital images of sediment acquired under UV light.

### 3. Results and conclusions

As can be seen in Figure 1, as the fine fraction is reduced and the coarse increased in the mixture, the detection of the fine tracer reduces. Only 1/3 of the fine tracer is detected in the 25%F/75%C mixture. As the sample gets more heterometric, less the fine fraction it is detected with image analysis, as the fine grains are hidden by the coarser ones. These results suggest that a detailed calibration must be made for each mixture to provide a reasonable estimation of tracer concentration.

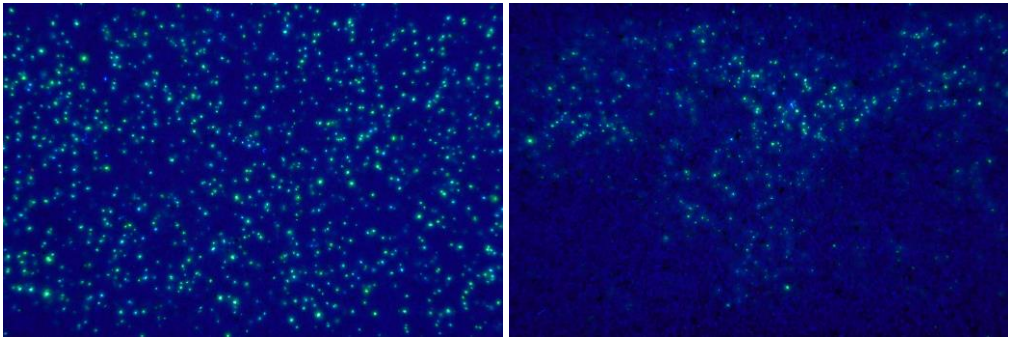


Figure 1. Digital images of a sediment sample containing marked grains under UV light for the 100%F/0%C (left) and 25%F/75%C (right) mixtures.

### Acknowledgements

The flume experiments were funded through the project STENCIL (German Federal Ministry of Education and Research/BMBF, contract no. 03F0761). Thanks are due for the financial support to CESAM (UID/AMB/50017 - POCI-01-0145-FEDER-007638), to IDL (UID/GEO/50019/2019), to FCT/MCTES through national funds (PIDDAC), and the co-funding by the FEDER, within the PT2020 Partnership Agreement and Compete 2020 and SANDTRACK project (POCI-01-0145-FEDER-031779) funded by FEDER, through COMPETE2020 - Programa Operacional Competitividade e Internacionalização (POCI), and by national funds (OE), through FCT/MCTES. C.C.F. awards PhD fellowship (PD/BD/127993/2016) by FCT.

### References

Ingle, J.C. Jr., Gorsline, D.S., 1973. Use of Fluorescent tracer in the Nearshore environment, In: *Tracer Techniques in Sediment Transport*, Technical Reports Series n° 145, pp. 125-148.  
SANDCODE, 2010: FCUL, IH, LNEC, 2010, *Beach Sand Code*, [Online]. Available: <http://sandcode.rd.ciencias.ulisboa.pt/> [10/02/2019].



## TRACING RELATIVE SEA LEVEL CHANGES IN SALT MARSHES USING ORGANIC MATTER

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

<sup>(1)</sup> Instituto Dom Luiz, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal

<sup>(2)</sup> Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal

<sup>(3)</sup> Centro de Investigacións Científicas Avanzadas (CICA), Faculdade de Ciencias, Universidade da Coruña, 15071 A  
Coruña, Spain

mleira@fc.ul.pt; agcunha@fc.ul.pt; cfreitas@fc.ul.pt; mfinacio@fc.ul.pt; vlopes@fc.ul.pt; roberto.bao@udc.es;  
candrade@fc.ul.pt

### Abstract

Bulk organic matter and stable carbon isotopes in saltmarshes surface sediment vary as a function of vertical gradient in relation to sea level. This offers the possibility of defining sea level index points (SLIPs) using this information for the reconstruction of the Holocene relative sea-level (RSL). In this work we explore their potential to provide quantitative estimates of former RSL positions.

*Keywords:* Relative Sea Level; Holocene; stable carbon isotopes; bulk organic matter; saltmarsh.

### 1. Introduction

Reconstruction of the Holocene RSL is based on the definition of SLIPs (Shennan and Horton, 2002). Most RSL reconstructions for the Holocene rely on the microfossil record (Kemp et al., 2012). However, in many coastal areas, this is either poorly preserved or absent, complicating their use (e.g. Lloyd et al., 1999). Bulk organic matter and stable carbon isotope analysis may offer an alternative (Khan et al., 2015). Variation in  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ , Organic carbon (TOC) and nitrogen (TN) values in saltmarsh surface sediments can be related to the spatial distribution of plant species in response to ecological factors (e.g. Lamb et al., 2007). This variation is, actually, a function of the vertical position of saltmarsh surface in relation to sea level. In this work we explore its potential for the Sado estuary.

### 2. Material and methods

Sampling sites cover as extensively as possible the full range of ecological zones within the estuary. The plant species found within a 1m<sup>2</sup> quadrant were identified. Position and altitude of the sites were also measured using a differential GPS. Samples were analyzed by Dumas combustion using a Thermo Flash EA 1112 coupled online to a Thermo Delta V Plus isotope ratio mass spectrometer in the Servizos de Apoio á Investigación from the Universidade da Coruña. The data obtained were used to build a modern geochemical inventory and identify the main plant groups defined by specific values of the geochemical indicators.

### 3. Results and discussion

The Sado saltmarshes are characterized by the higher marsh colonized by C3 type plants while the lower marsh is colonized by C4 type plants. The sediment of the C3 plant zone shows  $\delta^{13}\text{C}$  values between -27 to -22‰, while C4 plants range from -18 to -15‰. TOC/TN ratio in marine phytoplankton spans between 4-10, while for the terrestrial plants it varies between 18-40 and

30-43 for C3 and C4 plants, respectively. The applicability for reconstructing Holocene RSL is tested on a sediment core and evaluated with SLIPs previously obtained for the Sado estuary (Costas et al., 2016). Post-depositional degradation can also have an influence on the accuracy of the reconstructions.

#### 4. Conclusions

Different groups of sediments can be identified according to their isotopic signature and TOC and TN content, which may help to define SLIPs. However, the diagenetic behaviour of these proxies still raises some questions on their reliability.

#### Acknowledgements

This work was developed with the support of the FCT funded project CLIMARES - Long-term assessment of climate induced regime shifts in coastal areas, (PTD/CTA-GEO/28412/2017) and Instituto Dom Luiz - IDL (UID/GEO/50019/2019).

#### References

- Costas, S., Ferreira, Ó., Plomaritis, T.A. and Leorri, E. 2016. 'Coastal barrier stratigraphy for Holocene high-resolution sea-level reconstruction' in *Scientific reports*, 6, 38726.
- Kemp, A.C., Horton B.P., Vann D.R., Engelhart S.E., Grand Pre C.A., Vane C.H., Nikitina D. and Shimon C., 2012. 'Quantitative vertical zonation of salt-marsh foraminifera for reconstructing former sea level; an example from New Jersey, USA' in *Quaternary Science Reviews*, 54, 26-39.
- Khan, N.S., Vane, C.H., Horton, B.P., Hillier, C., Riding, J.B. and Kendrick, C.P., 2015. 'The application of  $\delta^{13}\text{C}$ , TOC and C/N geochemistry to reconstruct Holocene relative sea levels and paleoenvironments in the Thames Estuary, UK' in *Journal of Quaternary Science*, 30, 417-433.
- Lamb, A.L., Vane, C.H., Wilson, G.P., Rees, J.G. and Moss-Hayes, V.L. 2007. 'Assessing  $\delta^{13}\text{C}$  and C/N ratios from organic material in archived cores as Holocene sea level and palaeoenvironmental indicators in the Humber Estuary, UK' in *Marine Geology*, 244, 109-128.
- Lloyd, J.M., Shennan, I., Kirby, J.R. and Rutherford, M.M., 1999. 'Holocene relative sea-level changes in the inner Solway Firth' in *Quaternary International*, 60, pp.83-105.
- Shennan, I. and Horton, B., 2002. 'Holocene land-and sea-level changes in Great Britain' in *Journal of Quaternary Science*, 17, 511-526.

# ASSETS OF COASTAL GEOSCIENCE COMMUNICATION

Ana Matias<sup>(1)</sup> and A. Rita Carrasco<sup>(1)</sup>

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

## Abstract

Geoscience communication to non-peer audiences is becoming an imperative of researcher's activities. In this work, advantages of coastal geoscience communication (topics, publics, and formats) within current science communication paradigms are identified.

*Key-words:* Engagement with Science; Science Publics; Communication Paradigms.

## 1. Introduction

The main vehicle of scientist's communication is peer-reviewed periodicals, on specific research areas and directed at well-circumscribed audiences. Thus, researchers have guidance on how to communicate to peers, but limited background about science communication to non-peers. The discussion of science communication as moved over time through three paradigms: 'Science Literacy' (1960s to mid-1980s), 'Public Understanding of Science' (until mid-1990s), and 'Science and Society' (mid-1990s onwards; e.g., Bauer *et al.*, 2007). In 'Science and Society' paradigm, the distinction between research and intervention is blurred, hence scientists are encouraged to inform audiences about what they are doing, but they also have an imperative to listen (Claessens, 2012). This work intends to identify geoscience communication main assets and possible resistances within the latest paradigm, addressing topics, publics and methods.

## 2. Topics of coastal geosciences

Coastal geoscience provides a number of topics adequate for public engagement with science, which focus on current science or science-related societal issues. Topics that are controversial, have direct implications on people's lives or that elicit emotional response are better suited for engagement. Within coastal geosciences, several topics were identified to fit these criteria: e.g., coastal evolution, coastal management, geo-hazards, ecosystem services, and climate change. Hence, coastal geosciences provide good opportunities for 'Science and Society' activities.

## 3. Publics of coastal geosciences communication

Publics, to acknowledge the multitude and diversity that exist within the concept of public, have substituted the term 'general public'. In a survey on a UK university, researchers gave a wide range of responses about the communities with which they engaged: media professionals, teachers, parents, students, policy-makers, non-governmental organizations, companies, charities, community groups, amongst others (Grand *et al.*, 2015). Identified coastal geoscience publics may be interested in science, but also may be those for which the coast is part of their social or professional lives, for example, coastal managers, coastal communities, maritime transport companies, and shellfish gatherers.

#### 4. Methods of coastal geoscience communication

As for other sciences, there is a vast range of approaches to communicate geosciences, depending on topics, publics and resources (e.g., debates, blogs, science centres, gaming, science café, arts). For example, Matias *et al.* (2018) developed an activity to promote children engagement with coastal evolution using creative dance (Fig. 1). Carapuço *et al.* (2017) were involved in a seaside science-based exhibition about beach evolution. Still, a web search through the main scientific institutions shows that researchers preferably use lectures as a way to communicate to non-peers.

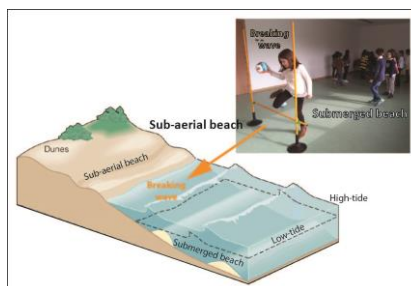


Fig. 1. Wave breaking on an image or embodied as a jump.

#### 5. Conclusion and challenges

A number of assets of coastal geoscience communication was acknowledged with a main edge of dealing with processes that directly affect society. Although good examples of geoscience communication exist, a couple described here, one-way rather than dialogue describe most activities. This can arise from: 1) traditional training do not prepare researchers to be effective communicators outside academic circles, 2) time management between research and outreach inevitably nod towards the first; and 3) science communication to non-peers has little influence on researcher's funding and career development.

#### Acknowledgements

The work was funded by FCT, I.P., in the framework of EVREST project (PTDC/MAR-EST/1031/2014). A.R. Carrasco was funded by FCT under the scope of the D.L. n.º 57/2016.

#### References

- Bauer M., Allum N., Miller S., 2007. 'What Can We Learn from 25 Years of PUS Survey Research? Liberating and Expanding the Agenda', *Public Underst. Sci.*, 16, 79-95.
- Carapuço M., Tabora R., Silveira T., Andrade C., 2017. 'Upstream public engagement on coastal issues: Audience response to a science-based exhibition', *Ocean Coast. Manage.*, 144, 83-89.
- Claessens M., 2012. Slowly but surely: How European Union promotes science communication. (in) *Science Communication in the world* (ed.) Schiele, Claessens and Shi, Springer, pp. 227-240.
- Grand A., Davies G., Holliman R., Adams A., 2015. 'Mapping public engagement with research in a UK university'. *PLOS ONE*, 10(4), e0121874.
- Matias A., Carrasco A.R., Ramos A., Borges R., 2018. 'Coastal geology to children through performative arts', *Geophysical Research Abstracts*, vol. 20, EGU2018-2729.

# NUMERICAL STUDY ON THE INFLUENCE OF MORPHOLOGY ON UNDERWATER SOUND PROPAGATION IN THE MONDEGO ESTUARY MOUTH

Tiago C. A. Oliveira <sup>(1)</sup>, Paulo A. Silva <sup>(1)</sup> and Tiago Abreu <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Centre of Environmental and Marine Studies (CESAM) & Physics Department (dfis), University of Aveiro (UA), Aveiro, Portugal, [toliveira@ua.pt](mailto:toliveira@ua.pt), [psilva@ua.pt](mailto:psilva@ua.pt)

<sup>(2)</sup> Centre of Environmental and Marine Studies (CESAM), School of Eng.- Polytechnic of Porto (ISEP-IPP), Portugal, [taa@isep.ipp.pt](mailto:taa@isep.ipp.pt)

## Abstract

In this work, we investigate the influence of morphology on underwater sound propagation in the Mondego estuary mouth. A new methodology to assimilate 2-D and 3-D hydro-morphodynamic models with 2-D and 3-D underwater acoustic models is used. Numerical simulations showing how the underwater acoustic field can be affected due to morphodynamic changes are presented.

*Keywords:* Underwater sound modeling.

## 1. Introduction

Underwater sound propagation can be profoundly influenced by three-dimensional (3-D) effects (e.g., Lin, 2013). A variety of geological and physical oceanographic features can cause horizontal refraction, reflection, and diffraction of underwater sound. When these elements are considered, 3-D underwater sound models are required for accurately predicting the underwater sound pressure field. In this regard, several 3-D oceanic acoustic propagation models have been developed over the past decades (e.g., Lin, 2013). However, solving the underwater sound propagation accurately for fully 3-D environments involves significant scientific challenges and still leads to very high computational costs.

The Western Iberian Margin (WIM) region is known for its complex bathymetry and energetic waves (Oliveira et al., 2018), a complex oceanic system (Nolasco et al., 2013) and high morphodynamic activity (Plecha et al., 2012). These facts make the Mondego estuary mouth a region where significant 3-D effects on underwater sound propagation can occur. In this regard, here we study through numerical modeling the potential effects of morphology changes on underwater sound propagation.

## 2. Results

For a 0-dB point source transmitting 4000 Hz sound and placed at 7 m water depth at the Mondego estuary mouth, sound intensity results obtained with a 3D normal mode model (Porter, 1992) are presented in Figure 1. In this example, the bathymetry of 26/04/2016 (upper plot) and 03/10/2016 (bottom plot) are considered. For both dates, the same environmental conditions (such as water temperature, water salinity, geoacoustic properties of the bottom and sea surface waves) are considered in the numerical simulations. Then, changes in the underwater

acoustic field results are induced by variations in the bathymetry. Results presented in Figure 1 show that at 7 m water depth and 450 m from the sound source, Transmission Loss (TL) decreases by approximately 10 dB between the two dates.

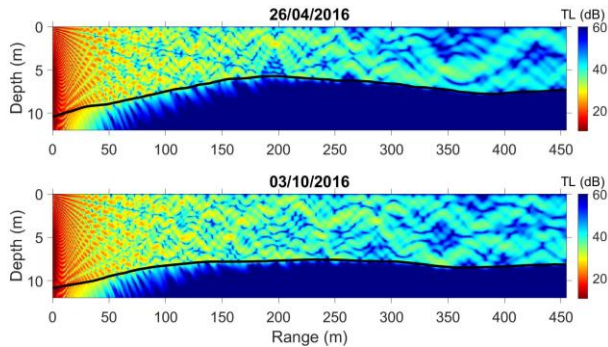


Figure 1: Sound intensity profile between two points at the Mondego estuary mouth for 26/04/2016 and 03/10/2016. A 4000 Hz sound source placed at 7 m depth is considered.

## Acknowledgments

The authors are grateful to APFF, S.A. - Administração do Porto da Figueira da Foz for providing the bathymetric data and Soraia Romão for the bathymetric data analysis. This work was financially supported by the CESAM (UID/AMB/50017/2019) to FCT/MEC through national funds, and by the co-funding by the FEDER, within the PT2020 Partnership Agreement and Compete 2020.

## References

- Lin, Y.-T., 2013. 'A higher-order tangent linear parabolic-equation solution of three-dimensional sound propagation', *J. Acoust. Soc. Am.*, 134, 251-257.
- Nolasco, R., Pires, A. C., Cordeiro, N., Le Cann, B., & Dubert, J., 2013. 'A high-resolution modeling study of the Western Iberian Margin mean and seasonal upper ocean circulation', *Ocean Dynamics*, 63(9-10), 1041-1062.
- Oliveira, T.C.A., M. Neves, R. Fidalgo, R. Esteves, 2018. 'Variability of wave parameters and Hmax/Hs relationship under storm conditions offshore the Portuguese continental coast', *Ocean Eng.*, 153, 10-22
- Plecha, S., P. A. Silva, A. Oliveira, J. Dias, 2012. 'Establishing the wave climate influence on the morphodynamics of a coastal lagoon inlet', *Ocean Dynamics*, 62, 799-814.
- Porter, M.B., 1992. The KRAKEN normal mode program (No. NRL/MR/5120-92-6920), *Naval Research Lab Washington DC*.

## MAGNETIC SEDIMENT TRACERS: A NEW APPROACH

Soraia Romão<sup>(1,2)</sup>, João Duarte<sup>(1,3)</sup>, Rui Taborda<sup>(1)</sup>, Caroline Ferreira<sup>(2)</sup>, Paulo A. Silva<sup>(2)</sup> and Franziska Staudt<sup>(4)</sup>

<sup>(1)</sup> Instituto Dom Luiz, Faculdade de Ciências Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal, rtaborda@fc.ul.pt

<sup>(2)</sup> Centro de Estudos do Ambiente e do Mar, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal, srmr@ua.pt, carolineferreira@ua.pt, psilva@ua.pt

<sup>(3)</sup> Instituto Hidrográfico, Lisboa, Portugal, joao.duarte@hidrografico.pt

<sup>(4)</sup> Forschungszentrum Küste, Leibniz Universität Hannover, Germany, staudt@fzk.uni-hannover.de

### Abstract

Sediment tracing is a valuable tool to assess sediment transport processes, but the large sampling effort frequently restrains its application. The development of approaches based on magnetic coated sands will facilitate the evolution of tracer concentration dispersion. This work describes an experiment conducted in a large-scale wave flume to estimate sediment transport under non-linear waves from magnetic tracer signature. Magnetic susceptibility in sediment samples was found to vary linearly with tracer concentration. The analysis of the displacement of the tracer centre of mass shows a consistent sediment transport rate in the direction of wave propagation.

*Keywords:* Sediment transport; Magnetic tracer; Fluorescent tracer; Magnetic susceptibility.

### 1. Introduction

Particle tracking is a practical method to determine sediment transport which has experienced the development of sediment tagging techniques, sediment sampling devices and analytical methods (Black *et al.*, 2007). The sediment tracer technique has been one of the most suitable methods to measure sediment transport in the cross-shore and alongshore components of the beach, with accuracy in the range of 30-60% (White, 1998). The present work presents an experiment carried out in a wave flume in Hannover, Germany, to test and apply a magnetic tracer technique to estimate sediment transport in non-linear wave conditions. The methodology developed in this experiment aims to optimize techniques to measure *in situ* sediment transport.

### 2. Methodology

An experiment with magnetic sand was conducted in the Large Wave Flume of the FZK - Forschungszentrum Küste, Leibniz Universität Hannover, in the scope of the project STENCIL. The experiment included about 60 kg of well-calibrated sand with  $D_{50} = 0.58$  mm, coated with magnetic ink and fluorescent ink. The test section, located in the middle of the flume, covered an area of 30 m (length)  $\times$  5 m (width). The magnetic tracer was placed in the test section in a strip of 5 m width, 0.5 m length and 0.02 m depth. Another tracer consisting of fluorescent sand only was placed parallel to the magnetic strip, as shown in Figure 1. The experiment consisted of regular waves with a wave height of 1.5 m and a period of 7 s. In total, 5 wave runs with a duration of 23.3 minutes (200 waves) each were conducted in one day. At the end of each run the bottom elevation was measured with an acoustic bed profiler and sand samples were taken. Due

to equipment malfunction it was not possible to take measures of magnetic susceptibility *in situ*. The bed samples were obtained with corers along the test section in some pre-established points. The cores were divided into layers of 1 cm (in the superficial layer) and 2 cm (in the deeper layers). The relation of magnetic susceptibility with tracer concentration, using mixtures produced in laboratory with calibrated balances, corresponds to a linear response. Preliminary results confirm the transport occurred in the direction of wave propagation at a rate of 2 mm.s<sup>-1</sup>.



Figure 1. Test section of the experiment and the sediment tracer: green strip - fluorescent tracer; black strip - magnetic tracer.

### 3. Conclusions

A pioneer procedure to magnetise sands was tested in the Large Wave Flume, with promising results. Magnetic susceptibility response was found to be linearly related to tracer concentration, which facilitates the interpretation of the results. The sediment transport occurs in the direction of wave propagation at 2 mm.s<sup>-1</sup>. The results obtained will be compared with those obtained from the fluorescent tracers' technique.

### Acknowledgements

Thanks are due to CESAM (UID/AMB/50017 - POCI-01-0145-FEDER-007638), to IDL (UID/GEO/50019/2019), to FCT/MCTES through national funds (PIDDAC), and the co-funding by the FEDER, within the PT2020 Partnership Agreement and Compete 2020. S. R. and C. F. are financed by FCT (SFRH/BD/129079/2017 and PD/BD/127993/2016). Work performed under the scope of SANDTRACK project (POCI-01-0145-FEDER-031779) funded by FEDER, through COMPETE2020 - Programa Operacional Competitividade e Internacionalização (POCI), and by national funds (OE), through FCT/MCTES. The flume experiments were funded through the project STENCIL - Strategies and Tools for Environment-friendly Shore Nourishment as Climate Change Impact Low-Regret Measures (German Federal Ministry of Education and Research/BMBF, contract no. 03F0761).

### References

- Black, K. S., Athey, S., Wilson, P., Evans, D. (2007). "The use of particle tracking in sediment transport studies: a review", *Journal of the Geological Society of London*, 274, 73-91.
- White, T.E., 1998. "Status of measurement techniques for coastal sediment transport", *Coastal Engineering*, 35, 17 - 45.



## ASSINATURAS DEPOSICIONAIS DE TSUNAMIS NA PLATAFORMA E VERTENTE CONTINENTAL

Pedro J.M. Costa <sup>(1)</sup> Klaus Reicherter<sup>(2)</sup> e a equipa do RV Meteor M152

<sup>(1)</sup> Instituto Dom Luiz, Departamento de Geologia, Faculdade de Ciência, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal,  
ppcosta@fc.ul.pt

<sup>(2)</sup> Neotectonics and Natural Hazards, RWTH Aachen University, Aachen, Germany

k.reicherter@nug.rwth-aachen.de

### Resumo

Neste trabalho apresentam-se os resultados preliminares da campanha Meteor 152, que decorreu a bordo do RV Meteor, na plataforma interna e vertente continental ao largo da costa algarvia. Recolheram-se vários *gravity cores* e *vibrocores*, com o objetivo de estudar as assinaturas deposicionais de eventos tsunamigénicos. Complementando dados já conhecidos de depósitos tsunamigénicos, em zonas estuarinas e costeiras do Algarve, uma primeira análise das sondagens de sedimentos, revelaram a presença de um evento associado ao tsunami de 1755 e de outro que terá ocorrido há cerca de 4000 anos.

*Palavras-chave:* Transporte sedimentar; RV Meteor; Sedimentologia; Litoestratigrafia; Tsunami

### 1. Introdução

O estudo do registo sedimentar de tsunamis na plataforma interna e vertente continental (abaixo da profundidade de fecho em episódios de tempestade) tem sido uma área de investigação muito negligenciada, apesar do altíssimo potencial de preservação deste tipo de eventos e, mais especificamente, do registo sedimentar do seu *backwash* ou onda de retorno.

A expedição M152 realizada a bordo do RV Meteor cartografou e amostrou dois transectos ortogonais à costa sul de Portugal (um leste e outro a oeste de Portimão, ao largo do sector Sagres - Martinhal). Estes transectos foram selecionadas por se localizarem perpendicularmente às planícies aluviais e às áreas lagunares do Martinhal, Barranco, Furnas, Boca do Rio, Alcantarilha e Salgados, onde existem evidências sedimentares do tsunami de 1755. A análise litoestratigráfica da plataforma interna e vertente continental também permitirá melhorar a definição dos períodos de retorno, porque amplia a janela temporal de observação e minimiza as limitações geomorfológicas e sedimentares causada pelas variações do nível do mar durante o Holocénico.

O principal objetivo científico do RV M152 foi o de detetar eventos tsunamigénicos desde o Dryas Recente, ao longo da costa do Algarve e obter informações sobre a periodicidade, frequência e intensidade destes eventos.

## 2. Métodos

Os trabalhos iniciaram-se com a realização de perfis de hidroacústica e de sísmica de alta resolução, ao longo dos transectos pré-definidos, por forma a determinar os locais das sondagens. Posteriormente, foram recolhidas amostras verticais de sedimentos com amostradores de gravidade e por vibração, a profundidades entre 60 m e 800 m. Foram recolhidos cerca de 80 metros de sondagens em 25 estações diferentes. Um vasto conjunto de análises decorreu logo a bordo do navio (*e.g.* ondas P, susceptibilidade magnética, XRF, análises de química orgânica, descrição litoestratigráfica e amostragem para análises preliminares de micropaleontologia). Após a campanha de mar, estão em execução várias análises sedimentológicas (granulometria, composição mineralógica e micropaleontológica, TAC, microtexturas, entre outras), ampliando a diversidade de dados obtidos. Finalmente, estabeleceu-se uma cronologia para a sequência sedimentar através de métodos de datação por radiocarbono e luminescência opticamente estimulada.

## 3. Resultados e interpretação preliminares

De forma genérica, a coluna litoestratigráfica pode ser caracterizada como uma sequência dominada por sedimentos siltosos, intercalada por alguns horizontes de cascalho bioclástico ou areia detrítica. A base da sequência litoestratigráfica amostrada atingiu idades que correspondem ao Dryas recente. Salienta-se a deteção, em quase todas as sondagens (principalmente as sondagens mais longas recolhidas na plataforma interma) de uma camada de cascalho bioclástico, associada a um evento de alta energia. Esta camada com espessura variável - máxima na proximidade da costa - encontra-se 25 cm abaixo do fundo e caracteriza-se por ter uma base erosiva e uma composição diversificada, rica em fragmentos de conchas e de clastos bem rolados. Um resultado inesperado foi a identificação de uma segunda camada de areia grosseira, *ca.* 150 cm abaixo do fundo, que também revelou uma clara associação com um evento deposicional de alta energia (*i.e.* base erosiva, composição mineralógica diversificada, elevado teor de microfósseis). Uma interpretação preliminar permite-nos associar a camada superior com o evento de 1755, e a mais profunda com um evento mais antigo (*ca.* 4000 anos antes do presente). O desenvolvimento dos trabalhos de laboratório têm permitido o aumento de progressivo dos dados disponíveis que, até ao momento, confirmam esta interpretação preliminar. O sucesso desta campanha parece confirmar o enorme potencial da plataforma interna e vertente continental como arquivo sedimentar de eventos extremos.

## Agradecimentos

Os autores beneficiaram de apoio dos projectos: OnOff - PTDC/CTA-GEO/28941/2017 - *Coupling onshore and offshore tsunami record: complementary tools for a broader perspective on tsunami events* e do contrato-programa FCT- Instituto Dom Luiz UID/GEO/50019/2013.

# VALIDAÇÃO DE UM SISTEMA DE ALERTA PARA RISCOS COSTEIROS: APLICAÇÃO À PRAIA DE FARO

Óscar Ferreira<sup>(1)</sup>, Theocharis Plomaritis<sup>(2)</sup> e Susana Costas<sup>(1)</sup>

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

<sup>(2)</sup> Departamento de Física Aplicada, Universidade de Cádiz, Cádiz, Espanha. [haris.plomaritis@uca.es](mailto:haris.plomaritis@uca.es)

## Resumo

A tempestade Emma, Março de 2018, impactou o sul de Portugal, em particular a Praia de Faro, sendo responsável por erosão acentuada e por danos no edificado. Os dados morfológicos e de impactos recolhidos foram usados para analisar a eficácia de previsão de um sistema de alerta com base em redes bayesianas. Os resultados da rede bayesiana e da modelação são bastante coincidentes com as observações de campo, tanto para a perigosidade como para a consequência/impacto.

*Palavras-chave:* Tempestade; Erosão; Redes bayesianas; Perigosidade.

## 1. Introdução

A ação erosiva e o galgamento promovidos por tempestades têm como consequência frequente danos para o edificado ou risco para a população. A minimização de impactos de tempestades, no futuro, inclui o desenvolvimento de sistemas de alerta eficazes, testados e validados, capazes de prever em tempo real (ou *ex ante*) os potenciais riscos. Neste trabalho, aplicou-se um sistema de alerta (SA) com base em redes bayesianas (RB) para determinar os impactos associados à passagem da tempestade Emma na Praia de Faro, efetuando-se uma análise da qualidade de previsão face a observações de campo.

## 2. O sistema de alerta

O SA utilizado foi desenvolvido para a Praia de Faro (Poelhekke et al., 2016; Plomaritis et al., 2018) incluindo um conjunto de modelos de larga escala, ao largo, até à determinação local de impactos na zona costeira. A estimativa de perigosidade (galgamento e erosão) e dos impactos foi feita com o modelo morfodinâmico XBeach (Roelvink et al., 2009). A RB foi desenvolvida como um substituto ao conjunto de modelos para minimizar o tempo computacional necessário à previsão, tornando-a imediata. A RB foi treinada com 232 tempestades sintéticas diferentes, representativas de todas as condições de tempestade na região. As variáveis de entrada correspondem a nodos da RB separados por intervalos ("bins"). Por exemplo, a altura de onda e o nível do mar estão enquadrados em intervalos de 1 m e os períodos de pico em intervalos de 1.5 s. A avaliação de dano (D), dano potencial (DP) ou segurança (S) para galgamento foi efetuada com base em intervalos de descarga, enquanto que para a erosão se baseou na distância ao edificado (casas ou infraestruturas) e na erosão vertical (ver Plomaritis et al., 2018).

### 3. A tempestade Emma e a sua modelação

A tempestade Emma (28 Fev/3 Mar de 2018) atingiu uma altura significativa ( $H_s$ ) ao largo de 6.9 m com período de pico ( $T_p$ ) de 13 s e um máximo nível do mar (maré + sobrelevação) 2.1 m acima do nível médio do mar. A tempestade produziu variações verticais máximas de 3 m, na Praia de Faro, promoveu a destruição de muros, escadas e passeio marítimo, ameaçando casas, ruas e parques de estacionamento. Os resultados do modelo XBeach foram positivos, com Brier Skill Scores entre 0.67 e 0.98 quando comparados com perfis de praia obtidos após a tempestade (3 Março). Conhecendo as condições da tempestade e em que intervalos das variáveis da RB esta se enquadrava, foram modeladas as situações extremas desses intervalos ( $H_s/T_p$ ; 6 m/11.5 s; 7 m/13 s), representativas do menor e maior impacto que a RB poderia indicar para a tempestade.

A comparação da modelação da tempestade Emma ou das simulações de extremos da RB com as observações de campo relativas a danos ou danos potenciais produziu resultados muito positivos. Para a erosão, a variação média entre modelado e observado nas consequências potenciais é sempre inferior a 9% do total edificado, com extremos absolutos de -13 a +10% para casas e -11 a +14% para infraestruturas. Para o galgamento o modelo produziu alguma subestimativa, mas os danos verificados foram também reduzidos.

### 4. Conclusões

A variabilidade observada nas diferentes simulações efetuadas é satisfatória e indicadora de que este sistema de alerta, com recurso a uma rede bayesiana treinada, produz resultados fiáveis, com erros aceitáveis quando comparados com observações no terreno e genericamente inferiores a 15% da ocupação total considerada. A eficácia preditiva da rede bayesiana pode ser melhorada através da redução da amplitude dos intervalos das variáveis (ex. altura de onda ou nível do mar) ou através da inclusão da duração da tempestade como uma variável adicional independente.

### Agradecimentos

Projeto EC 7th FP RISC-KIT (“Resilience increasing Strategies for Coasts - Toolkit”), contrato no. 603458. Projeto EW-COAST (ALG-LISBOA-01-0145-FEDER-028657). Susana Costas financiada pelo programa “FCT Investigador” (IF/01047/2014). Theocharis Plomaritis financiado pelo grupo de investigação RNM-328 do PAI.

### Referências

- Plomaritis T.A., Costas S., Ferreira Ó. (2018). “Use of a Bayesian Network for coastal hazards, impact and disaster risk reduction assessment at a coastal barrier (Ria Formosa, Portugal),” *Coastal Engineering*. 134, 134-147.
- Poelhekke L., Jäger W.S., van Dongeren A., Plomaritis T.A., McCall R., Ferreira Ó. (2016). “Predicting coastal hazards for sandy coasts with a Bayesian Network,” *Coastal Engineering*. 118, 21-34.
- Roelvink D., Reniers A., van Dongeren A., van Thiel de Vries J., McCall R., Lescinski J. (2009). “Modelling storm impacts on beaches, dunes and barrier islands,” *Coastal Engineering*. 56, 1133-1152.

## MODELAÇÃO DO GALGAMENTO COSTEIRO: EFEITOS DA TEMPESTADE EMMA NO LITORAL DE OEIRAS

Andreia Ferreira<sup>(1)</sup>, Rui Taborda<sup>(1)</sup> e César Andrade<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Departamento de Geologia, Instituto Dom Luiz, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal,  
andrea\_mmj@hotmail.com, rtaborda@fc.ul.pt, candrade@fc.ul.pt

### Resumo

A zona costeira está sujeita a fenómenos de galgamento que podem pôr em causa a segurança de pessoas e bens. Nesse sentido, é necessário desenvolver métodos de previsão fiáveis que antecipem estas ocorrências. Apresenta-se uma estratégia de modelação do galgamento em zonas costeiras urbanizadas através da aplicação dos modelos SWAN e SWASH. Os resultados do modelo foram comparados com dados de campo obtidos durante a tempestade *Emma* no litoral da região de Lisboa. A estratégia de modelação adotada foi validada, permitindo sustentar a sua utilização na previsão de fenómenos de galgamento neste troço de costa.

*Palavras-chave:* Riscos costeiros; Espraio das ondas; SWASH; Modelação numérica; Validação.

### 1. Introdução

A previsão de fenómenos de galgamento é um elemento essencial para poder reduzir os impactos associados a eventos extremos na zona costeira. Apesar dos desenvolvimentos recentes (e.g. *Hidralerta*, LNEC, 2012), ainda existe grande escassez de dados de campo que permitam validar as metodologias adotadas. Neste trabalho utilizam-se os dados colhidos durante a passagem da tempestade *Emma* para validar uma estratégia de modelação do galgamento no troço costeiro (geralmente artificializado) de Oeiras, onde se encaixam praias de areia.

### 2. Trabalhos de Campo e Análise dos Dados Recolhidos

A passagem da depressão *Emma* pela região de Lisboa (28.02 a 01.03.2018), gerou forte agitação marítima, incrementando a probabilidade de galgamento na avenida marginal e passeio marítimo no concelho de Oeiras. No dia 01.03.2018 foi realizada uma campanha de campo para recolher informação sobre a agitação marítima no litoral, medir a cota do máximo espraio e registar episódios de galgamento no pico da tempestade. Instalaram-se dois transdutores de pressão (PT) junto ao INATEL e na praia das Fontainhas mediram-se as cotas máximas atingidas por 100 espraio consecutivos, na preia-mar, na praia de Santo Amaro de Oeiras, tendo sido levantados dois perfis dessa praia; foram ainda feitos registos fotográficos e levantamento das ocorrências de galgamento oceânico ao longo do troço em estudo, reportados pelos meios de comunicação social e redes sociais (Ferreira *et al.*, 2018). A cota do espraio das ondas, na preia-mar, atingiu um valor máximo de 4.6 m e média de 3.49 m (NMM - nível médio do mar).

### 3. Estratégia de Modelação

A modelação propagação de agitação marítima considerou duas fases; na primeira, propagaram-se as ondas do largo até à batimétrica dos 10 m, através do modelo SWAN (*Simulating Waves*

*Nearshore*) (SWAN, 2018); na segunda as ondas foram propagadas dos 10 m até ao limite do espraio, recorrendo ao modelo SWASH (*Simulating WAVes till SHore*) (SWASH, 2018), 1D, ao longo de 86 perfis perpendiculares à linha de costa, igualmente espaçados e distribuídos ao longo do litoral do concelho. Assim, estimou-se o caudal médio galgado,  $q$ , ao nível do passeio marítimo, da avenida Marginal e da linha ferroviária de Cascais, em cada perfil; e ainda o alcance, vertical e horizontal, do espraio das ondas na praia de Santo Amaro de Oeiras. Para as condições fronteira do modelo, recorreu-se aos dados de forçamento oceanográfico registados na boia ondógrafo de Faro e Sines e aos registos de nível do mar do marógrafo de Cascais.

#### 4. Validação

O alcance, vertical e horizontal, do espraio das ondas foi verificado por comparação entre os resultados da modelação de  $Ru_{2\%}$  e as medições na praia de Santo Amaro. Foi ainda efetuada uma validação qualitativa da modelação de galgamento, através do confronto entre os resultados de  $q > 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ , assumido como limite crítico para a segurança de pessoas e bens (adaptado de CEM, 2002), e os locais onde houve registo de galgamento, ao longo de todo o litoral de Oeiras.

#### 5. Discussão e Conclusões

Os resultados da modelação forneceram estimativas de altura significativa das ondas junto à costa semelhantes aos obtidos pelos PTs. O modelo SWASH descreveu o alcance vertical e horizontal do espraio das ondas de modo muito satisfatório, com diferenças de cota entre valores modelados e observados da ordem de 0.1 m. Verificou-se grande correspondência entre os locais onde o modelo previu galgamento significativo e os locais onde foram observados e reportados eventos de galgamento. Acresce ainda que os locais onde o modelo previu maiores caudais correspondem aos locais onde se observaram episódios de galgamento mais significativos. Os resultados obtidos validam a estratégia de modelação adotada e suportam a sua utilização na avaliação do risco de galgamento.

#### Agradecimentos

Ao CCIAM/ce3c - *Centre for Ecology, Evolution and Environmental Changes*. À investigadora Ana Bastos, Instituto Dom Luiz, FCUL. Esta publicação foi suportada pelo projeto FCT UID/GEO/50019/2019 - Instituto Dom Luiz, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

#### Referências

- EM. (2002). CEM: Coastal Engineering Manual, EM 1110-2-1100. Washington, DC: U.S. Army Corps of Engineers (USACE).
- Ferreira, A., Bastos, A., Silva, A., Taborda, R., Andrade, C. (2018). Impactos da depressão *Emma* no litoral da região de Lisboa. 5.<sup>as</sup> Jornadas de Engenharia Hidrográfica. Lisboa.
- LNec. (2012). HIDRALERTA - Sistema de Previsão e Alerta de Inundações em Zonas Costeiras e Portuárias - LNec. <http://www.lnec.pt/pt/>
- SWAN. (2018). SWAN User Manual - SWAN Cycle III version 41.20A. Delft: Delft University of Technology. <http://swanmodel.sourceforge.net/>
- SWASH. (2018). SWASH User Manual - Version 5.01. Delft University of Technology. <http://swash.sourceforge.net>

# MODELLING TRÓIA SANDSPIT SALT MARSHES (SADO ESTUARY, PORTUGAL) UNTIL THE END OF 21<sup>ST</sup> CENTURY

M. Inácio<sup>(1,2)</sup>, A. G. Cunha<sup>(1,2)</sup>, M.C. Freitas<sup>(1,2)</sup>, C. Antunes<sup>(2)</sup>, V. Lopes<sup>(1,2)</sup>, M. Leira<sup>(2)</sup>,  
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; agcunha@fc.ul.pt; cfreitas@fc.ul.pt; cmantunes@fc.ul.pt; vlopes@fc.ul.pt; mleira@fc.ul.pt;  
candrade@fc.ul.pt

## Abstract

The evolution of salt marshes mainly depends on the balance between sedimentation and sea level rise (SLR) rates. A salt marsh evolution model was used to perform simulations with few SLR projections, in order to quantify the variations of these environments in Tróia sandspit. The conclusion is that these areas should be resilient to moderately accelerated SLR projections, but the changes should be quite significant when a more accelerated SLR projection is considered.

*Keywords:* Sea level rise, Sedimentation rates, MATLAB script, DTM, Intertidal areas.

## 1. Introduction and Study Area

Salt marshes are intertidal areas with a high ecological value because of their biodiversity and protection role of the estuarine coastline. Due to SLR, the future survival of these environments is not guaranteed, increasing the risk of flooding of the surrounding areas. The aim of this work is to evaluate how SLR will threaten the role of salt marshes. The study area is Tróia sandspit (Setúbal, Portugal), which has an estuarine margin of 21 km in length, being 48% protected by salt marshes and 52% protected by beach and dunes (Figure 1A). Caldeira de Tróia (C. Tróia (N) and (S)) and Malha da Costa (M. Costa (N) and (S)) salt marshes were studied, covering more than 85% of Tróia sandspit salt marsh areas.

## 2. Materials and Methods

The projection of the future evolution of the studied areas until the end of the 21<sup>st</sup> century was made using: (1) a digital terrain model (DTM) with 2 m of horizontal resolution, (2) local tidal levels, representing the transition between environments (TF/LM = 0.89 m (mean sea level); LM/HM = 1.26 m; HM limit = 2.01 m), (3) SLR projections (IPCC (2013) RCP4.5, Antunes (2019) Mod.FC\_2b and NOAA (2017) Extreme), (4) sedimentation rates (high marsh (HM) and low marsh (LM) = 2.92 mm/y; tidal flat (TF) = 2.73 mm/y (Cunha et al., 2018)). The modelling process is based on a MATLAB script developed by the authors, in which the DTM is yearly updated, adding sedimentation rates to each pixel, according to the tidal levels for each year.

## 3. Results and Conclusions

The evolution of the salt marshes area until the end of 21<sup>st</sup> century, considering SLR projections is observed in Figure 1B.

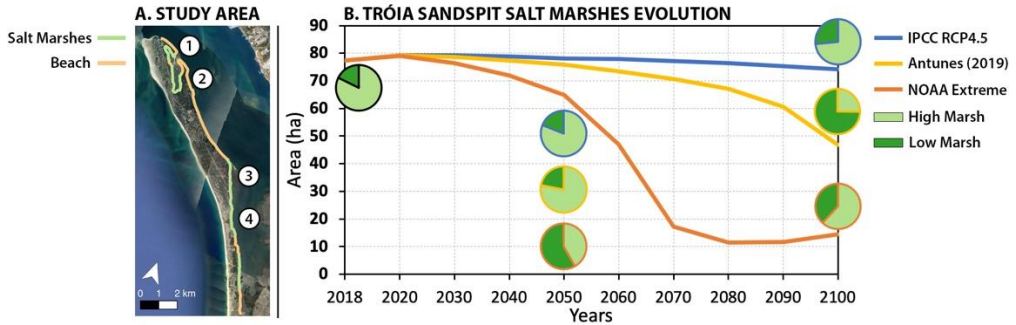


Figure 1. (A) Distribution of each margin protection type along the estuarine margin of Tróia sandspit, (1) C. Tróia (N), (2) C. Tróia (S), (3) M. Costa (N) and (4) M. Costa (S). (B) Evolution of salt marshes area throughout the years for each SLR projection, and pie charts of the relative areas of HM vs LM.

Until 2050, the total marsh area will vary between +1% (IPCC RCP 4.5) and -16% (NOAA extreme). When NOAA Extreme is considered, a major change in the HM vs LM distribution is expected, with LM becoming dominant. For 2100, considering IPCC RCP4.5, the total marsh area should remain almost constant (-4% relatively to 2018), despite the increase of LM area. Considering Mod.FC\_2b SLR projection, 39% of area loss is expected, as well as the change of the dominant environment to LM. Finally, when the NOAA Extreme is considered, the total area loss should be quite significant (-80% relatively to 2018). However, this area will progressively increase from 2080 on, due to the landward colonization by HM vegetation. In fact, there are evidences to affirm that Tróia sandspit estuarine margin protection provided by salt marshes will be threatened in the future.

## Acknowledgments

This study was supported by the Portuguese Foundation for Science and Technology through the project UID/GEO/50019/2019 - Instituto Dom Luiz, PTDC/CTA-GEO/28412/2017 - CLIMARES and PhD Grants PD/BD/142781/2018 and PD/BD/106074/2015.

## References

- Antunes, C. (2019). Assessment of Sea Level Rise at West Coast of Portugal Mainland and Its Projection for the 21st Century. *J. Mar. Sci. Eng. Int.*, 7(3), 61;
- Cunha, A.G., Inácio, M., Freitas, M.C., Silva, T., Andrade, C., 2018. Determining sedimentation rates for different intertidal environments: the case of Tróia sandspit (Sado estuary, Portugal). *IX Symposium on the Iberian Atlantic Margin, MIA2018*, 185-186;
- IPCC, 2013. Climate Change (2013): The Physical Science Basis. Contribution of WG1 to the AR5 of the Intergovernmental Panel on Climate Change. New York, USA: Cambridge Univ. Press;
- NOAA, 2017. NOAA Technical Report NOS CO-OPS 083: Global and Regional Sea Level Rise Scenarios for the United States. Silver Spring, United States: U.S. Department of Commerce / NOAA / NOS/ COOPS.



## MULTI-SOURCE FLOOD RISK ANALYSIS FOR SAFE COASTAL COMMUNITIES AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Paula Freire<sup>(1)</sup>, André B. Fortunato<sup>(1)</sup>, Alexandre Tavares<sup>(2)</sup>, Anabela Oliveira<sup>(1)</sup>, Pedro P. Santos<sup>(3)</sup>

(1) *Hydraulics and Environment Department, National Civil Engineering Laboratory, Lisbon, Portugal*  
*pfreire@lnec.pt, afortunato@lnec.pt, aoliveira@lnec.pt*

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

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

### Abstract

To increase the response capability to coastal flooding events in an accelerating sea level rise context, the ability to predict floods has to improve and be integrated with other components of risk, such as vulnerability and exposure. The MOSAIC.pt project aims at developing an advanced flood risk management framework for coastal zones, integrating robust predictive tools and multi-source data with the different dimensions of the risk, to adequately contribute to emergency planning and response.

*Key words:* Risk assessment; Real-time prediction and monitoring; Territorial vulnerability; Safe communities

### 1. Introduction

About 60% of the Portuguese population inhabits the coastal zone, increasing up to 80% during the summer months (European Commission, 2009). The Portuguese coast presents a high risk of flooding, as shown by the impact of recent events (e.g. the Hercules storm in 2014, Santos et al., 2015), that is increasing with the sea level rise. More exposed to extreme events, the Portuguese West coast stretches through about 640 km showing a variety of coastal typologies, such as sand beaches, rocky, cliffed and artificialized coasts. To improve the response capability to flooding events, the understanding of hazard, vulnerability and exposure of people and assets should be integrated in efficient methodologies that adequately support the planning and emergency response. This paper presents the project MOSAIC.pt t - *Multi-source flood risk analysis for safe coastal communities and sustainable development*.

### 2. Objectives and methodological approach

MOSAIC.pt aims to develop an innovative flood risk management framework for coastal zones based on the integration of predictive models and real-time monitoring data, and accounting for the different dimensions of the vulnerability. The project is anchored on a relevant scientific challenge: how to predict the flooding process in an efficient way to support the emergency management needs considering the singularities of a diverse exposed territory. To answer this question, the project addresses the following specific objectives: 1) to improve flood prediction in different coastal typologies, through the integration of data from multiple *in-situ* and remote

sources; 2) to identify the coastal typologies affected by flooding aiming to support the development of an integrated risk analysis methodology; 3) to contribute to the emergency response capacity of the coastal management institutions and the affected communities. A preliminary evaluation of past flood events in the Portuguese West coast allows the selection of critical coastal typologies used as testbeds in an observatory context for a) innovative methodology development, combining model predictions and multi-source monitoring data; b) assessment of the different vulnerability dimensions. The observatory context provides guidelines for the development of an integrated, generic risk framework to be applied for other areas, upon multi-scenario criteria of hazard. To contribute to the capacity improvement of the emergency management decisions-makers, a real-time flood emergency component will be conceptualized taking advantage of LNEC's forecast framework (Fortunato *et al.*, 2017). The evaluation of the current emergency response capability of the communities will support the design of the participative methodologies to increase their involvement and preparedness.

### 3. Results

The project main outcomes will be: 1) a database representing the historical conditions of past flood events at the West Portuguese coast; 2) the identification of the coastal typologies, connecting flood hazard and impacts, that characterize the West Portuguese coast; 3) a multi-source methodology for flood hazard prediction; 4) the conceptualization and operation of a real-time flood emergency system; 5) proposals of thresholds and tools for community training actions, adjusted practices, and insurance streamlines and accountability references.

### 4. Final remarks

The main challenge and innovation of this project is to identify the coastal critical typologies affected by flooding in the Portuguese West coast and to improve for those predictive tools by integrating data from multiple sources. The project results will support more realistic and efficient flood risk assessments that will be able to inform and support public policy instruments (e.g. National Strategy for Coastal Zone Management or the National Strategy for Climate Change adaptation) promoting safer and more resilient communities in line with the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction (2015-2030).

### Acknowledgments

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

### References

- European Commission, 2009. The economics of climate change adaptation in EU coastal areas. Country overview and assessment. Maritime Affairs. [https://ec.europa.eu/maritimeaffairs/sites/maritimeaffairs/files/docs/body/portugal\\_climate\\_change\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/maritimeaffairs/sites/maritimeaffairs/files/docs/body/portugal_climate_change_en.pdf).
- 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: 1-15.
- Santos, A., Mendes, S., Corte-Real, J., 2015. Impacts of storm Hercules in southwestern Europe, RIMMA - Risk Information Management, Risk Models, and Applications, Horst Kremers and Alberto Susini (eds), *Lecture Notes In Science*, Vol. 7, 39-48.

## CARACTERIZAÇÃO DO IMPACTE DA EXTRAÇÃO DE AREIAS E AVALIAÇÃO DA TAXA DE RECUPERAÇÃO DO ECOSISTEMA – O PROJETO ECOEXA

T.Drago<sup>(1,2)</sup>, R.Taborda<sup>(2,3)</sup>, S. Teixeira<sup>(4)</sup>, M.Rosa<sup>(1)</sup>, J. P. Cascalho<sup>(2,3)</sup>, M. Tuaty-Guerra<sup>(1)</sup>, M. J. Gaudêncio<sup>(1)</sup>, J. Gonçalves<sup>(5)</sup>, P.Relvas<sup>(5)</sup>, E. Garel<sup>(6)</sup>, L. Júnior<sup>(6)</sup>, V. Henriques<sup>(1)</sup>, P.Terrinha<sup>(1,2)</sup>,  
A. Ramos<sup>(7)</sup>

<sup>(1)</sup> Instituto Português do Mar e da Atmosfera, Lisboa, Portugal,  
tdrago@ipma.pt, marcos.rosa@ipma.pt, mguerra@ipma.pt, mgaudencio@ipma.pt, victorh@ipma.pt,  
pedro.terrinha@ipma.pt

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

<sup>(3)</sup> Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências, Universidade Lisboa, Lisboa, Portugal  
rtaborda@fc.ul.pt, jpcascalho@gmail.com

<sup>(4)</sup> Agência Portuguesa do Ambiente, ARH-Algarve, Faro, Portugal  
sebastiao.teixeira@apambiente.pt

<sup>(5)</sup> Centro de Ciências do Mar, Universidade do Algarve, Faro, Portugal  
jgoncal@ualg.pt, prelvas@ualg.pt

<sup>(6)</sup> Centro de Investigação Marinha e Ambiental, Universidade do Algarve, Faro, Portugal  
egarel@ualg.pt, lojunior@ualg.pt

<sup>(7)</sup> Centro de Ciência Viva Tavira, Tavira, Portugal  
aramos@cvtavira.pt

### Resumo

O projeto “Caracterização do impacte da extração de areias e avaliação da taxa de recuperação do ecossistema - ECOEXA” tem por objetivo estudar o impacto associado à extração de areia em manchas de empréstimo de sedimento, destinadas à alimentação artificial de praias, na integridade do fundo marinho. A monitorização servirá para estudar a evolução a médio e curto prazo associada ao processo de enchimento sedimentar dos locais de extração, monitorizar a recuperação das comunidades bentónicas e estimar o transporte sedimentar na plataforma continental interna.

Palavras-chave: Manchas de empréstimo, Diretiva-Quadro “Estratégia Marinha”, Comunidades bentónicas, Morfodinâmica, Modelo transporte sedimentar

### 1. Introdução e objetivos

A alimentação artificial de praias com areia extraída de “manchas de empréstimo” na plataforma continental é cada vez mais uma solução preconizada para reverter o processo de erosão que afeta grande parte do litoral. No entanto o impacte que a extração de areia tem nas comunidades bentónicas é mal conhecido, o que contribui para uma escassez de informação necessária para a avaliação do Descritor 6 (Integridade dos fundos) da Diretiva-Quadro “Estratégia Marinha” (DQEM). Este projeto, financiado pelo Programa Operacional MAR2020, tem por objetivo

caracterizar o impacto da extração de areia nos ecossistemas marinhos e, simultaneamente, avaliar sua taxa de recuperação. A prossecução destes objetivos levará a uma avaliação do estado ambiental dos fundos marinhos. A monitorização será realizada em parceria com a ARH-Algarve, pelo que a articulação com a entidade regional responsável pela gestão litoral está assegurada.

## 2. Plano de trabalhos

O projeto ECOEXA prevê a monitorização das duas manchas de empréstimo, Quarteira e Albufeira, utilizadas em 2010 e 2014 para a alimentação do troço Forte Novo-Garrão e de um conjunto de 6 praias dos concelhos de Lagoa e Albufeira. O projeto inclui também a monitorização de duas novas manchas, situadas numa zona próxima da Marina de Vilamoura, que forneceram sedimentos à praia das Belharucas (localizada na zona oeste da praia da Falésia) em 2017 (Figura 1). Esta operação foi financiada pela ARH Algarve.



Figura.1 – a -Localização das manchas de empréstimo efetuadas no Barlavento algarvio, objeto de estudo no âmbito do projeto ECOEXA. O retângulo branco representa a localização da fig.1b; b – Localização da mancha de empréstimo relacionada com a alimentação artificial da praia das Belharucas realizada em 2017.

A monitorização de manchas de empréstimo mais antigas pretende avaliar a capacidade de recuperação a médio termo, enquanto que as duas manchas de empréstimo mais recentes servirão de referência para estimar a recuperação a curto prazo. A operação de monitorização irá prolongar-se por cerca de 1 ano e meio e, será efetuada, com base em campanhas de mar, onde se executarão levantamentos batimétricos com multifeixe e de sonar de varrimento lateral, complementados com a recolha de sedimentos superficiais, medições de ondas e correntes e a realização de uma experiência com areia marcada com traçador fluorescente. Os dados adquiridos servirão para estudar e monitorizar os processos associados à recuperação morfológica e das comunidades bentónicas em manchas de empréstimo.

As atividades referidas estão distribuídas pelas seguintes tarefas: 1. Caracterização morfológica e sedimentar; 2. Caracterização das comunidades bentónicas; 3. Aquisição e tratamento de dados oceanográficos e morfodinâmicos e 4. Integração dos resultados. O projeto incluirá ainda uma tarefa relacionada com a divulgação de resultados, ações de formação e sensibilização ambiental.

## Agradecimentos

A presente comunicação é uma contribuição do projeto ECOEXA (MAR2020) e é suportada por FCT- projeto UID/GEO/50019/2019 - Instituto Dom Luiz.

## CARATERIZAÇÃO DE MANCHAS DE EMPRÉSTIMO PARA ALIMENTAÇÃO ARTIFICIAL DE PRAIAS - PROJETO CHIMERA

Celso Aleixo Pinto<sup>(1)</sup>, Bruno Pires<sup>(1)</sup>, Nuno Penacho<sup>(1)</sup>, Tanya Silveira<sup>(1)</sup>, Mário Mil-Homens<sup>(2)</sup>, Pedro Terrinha<sup>(2)</sup>, Marcos Rosa<sup>(2)</sup>, Pedro Brito<sup>(2)</sup>, Marta Neres<sup>(2)</sup> e Vitor Magalhães<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Núcleo de Monitorização Costeira e Risco, Agência Portuguesa do Ambiente, I.P., Amadora, Portugal, [celso.pinto@apambiente.pt](mailto:celso.pinto@apambiente.pt); [bruno.pires@apambiente.pt](mailto:bruno.pires@apambiente.pt); [nuno.penacho@apambiente.pt](mailto:nuno.penacho@apambiente.pt); [tanya.silveira@apambiente.pt](mailto:tanya.silveira@apambiente.pt)

<sup>(2)</sup> Instituto Português do Mar e da Atmosfera, I.P., Lisboa, Portugal, [mario.milhomens@ipma.pt](mailto:mario.milhomens@ipma.pt); [pedro.terrinha@ipma.pt](mailto:pedro.terrinha@ipma.pt); [marcos.rosa@ipma.pt](mailto:marcos.rosa@ipma.pt); [pedro.brito@ipma.pt](mailto:pedro.brito@ipma.pt); [neres.marta@gmail.com](mailto:neres.marta@gmail.com); [vitor.magalhaes@ipma.pt](mailto:vitor.magalhaes@ipma.pt)

### Resumo

A Agência Portuguesa do Ambiente, I.P., enquanto entidade gestora do litoral, desenvolveu o projeto CHIMERA com o objetivo de realizar um conjunto de trabalhos de reconhecimento sedimentar, morfológico e de caracterização físico-química de potenciais manchas de empréstimo em locais na plataforma continental. Apresenta-se sumariamente os resultados obtidos no projeto, os quais são fundamentais para o planeamento de intervenções de alimentação artificial, com vista à reposição do balanço sedimentar, em troços costeiros em situação de erosão.

*Palavras-chave:* adaptação, erosão; sedimentos; manchas de empréstimo; alimentação artificial de praias.

### 1. Introdução

A erosão costeira é um fenómeno amplamente reconhecido no litoral português, sendo que cerca de 45 % dos 415 km de litoral baixo e arenoso apresenta tendência erosiva instalada de longo prazo. A alimentação artificial de praias afigura-se atualmente como a medida de adaptação, e conseqüente proteção, mais consentânea com as boas práticas de gestão costeira integrada a nível internacional e nacional, sendo disso exemplo a Estratégia Nacional para a Gestão Integrada da Zona Costeira (RCM 82/2009, 8 setembro), Relatórios do Grupo de Trabalho do Litoral (Santos et al., 2014) e dos Sedimentos (GTS - Andrade et al., 2015) e os Programas da Orla Costeira. Por forma a caracterizar potenciais depósitos sedimentares, i.e. manchas de empréstimo, com características compatíveis com o local de deposição, e exploráveis do ponto de vista logístico e operacional, a Agência Portuguesa do Ambiente, I.P. concebeu o projeto “Caracterização de manchas de empréstimo na plataforma continental para alimentação artificial de troços costeiros – CHIMERA”, durante o ano de 2018.

### 2. Metodologia

Os resultados preliminares obtidos no âmbito do GTS permitiram identificar potenciais manchas de empréstimo na plataforma continental próxima (entre os -20 m e os -35 m ZH), nas áreas adjacentes a quatro locais identificados com tendência erosiva instalada de longo prazo: 1) Espinho-Torreira – ET (10 km<sup>2</sup>); 2) Barra-Mira – BM (10 km<sup>2</sup>); 3) Figueira da Foz-Leirosa – FF (10 km<sup>2</sup>); 4) Costa da Caparica – CC (5 km<sup>2</sup>). A abordagem, de caráter multidisciplinar, conjugou a realização de levantamentos hidrográficos, sísmica ligeira de reflexão, amostragem superficial e

em profundidade (até aos 3 m) e levantamento do campo magnético total, permitindo caracterizar a morfologia, estratigrafia, volumes e características dos sedimentos.

### 3. Resultados

Os resultados obtidos confirmam a existência quase generalizada de sedimento útil (finos - silte e argila <10%; cascalho <15%; carbonatos <30%; sem contaminantes) nas manchas de empréstimo selecionadas, dominando a classe dimensional das areias (Figura 1). Para uma profundidade de exploração de 3 m estima-se a existência de um volume da ordem dos  $14 \times 10^6$  m<sup>3</sup> nas manchas de empréstimo ET e CC, e  $28 \times 10^6$  m<sup>3</sup> e  $29 \times 10^6$  m<sup>3</sup> nas manchas de BM e FF, respetivamente. O modelo sísmo-estratigráfico inferido a partir dos dados da geofísica indica a presença de substrato rochoso entre os 6 m e os 57 m abaixo do fundo do mar nas quatro áreas.

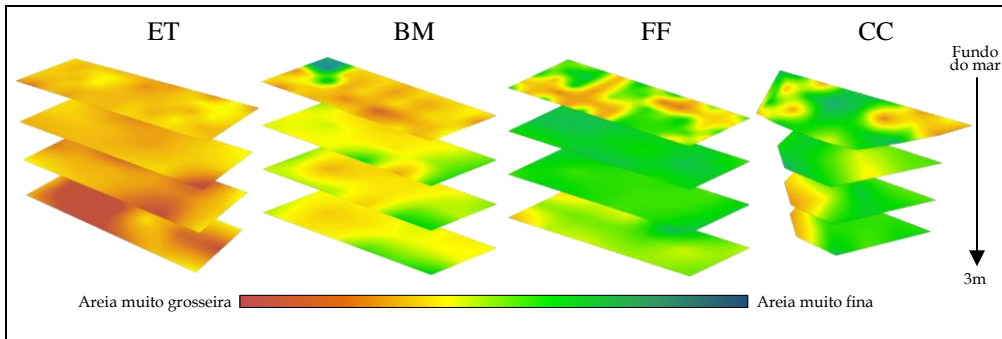


Figura 1. Mapas de distribuição espacial do diâmetro médio do sedimento, por camadas em profundidade.

### 4. Conclusões

Os resultados obtidos mostram a existência de recursos sedimentares (numa espessura de 3 m), compatíveis com a estratégia de proteção baseada na reposição do ciclo sedimentar até 2035 (ET) e até 2050 (BM, FF e CC), assumindo que os volumes de alimentação necessários são iguais à magnitude da deriva litoral residual na situação de referência em cada um dos locais. A longevidade das manchas poderá ser potencialmente prolongada, uma vez que a espessura sedimentar interpretada com base nos dados de sísmica de reflexão ligeira sugere a possibilidade de se aumentar a profundidade de exploração.

### Agradecimentos

O projeto CHIMERA foi cofinanciado pelo Fundo de Coesão Programa Operacional de Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos (POSEUR), através da candidatura POSEUR-02-1809-FC-000030. Os autores agradecem à empresa Xavisub pela execução da amostragem de sedimentos e a toda restante equipa do Projeto CHIMERA pelo trabalho desenvolvido.

### Referências

- Andrade, C., Rodrigues, A., Pinto, C.A., Taborda, R., Couto, A., Portela, L.I., Pina, C., Ramos, L., Rodrigues, A., Terrinha, P., Brito, P., Caldeirinha, V., Ferreira, A.S., 2015. Grupo de Trabalho dos Sedimentos - Relatório Final. 31p.
- Santos, F., Lopes, A., Moniz, G., Ramos, L., Taborda, R., 2014. Gestão da Zona Costeira - O Desafio da Mudança. Relatório do Grupo de Trabalho do Litoral, 237p.

## COASTSNAP CASCAIS: A COMMUNITY BEACH MONITORING PROGRAM FOR CASCAIS BEACHES

Cristina Ponte Lira<sup>(1)</sup>, Ana Nobre Silva<sup>(1)</sup>, Elena Sánchez-García<sup>(2)</sup> and Mitchell Harley<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Instituto Dom Luiz e Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal, [fclira@fc.ul.pt](mailto:fclira@fc.ul.pt), [amasilva@fc.ul.pt](mailto:amasilva@fc.ul.pt)

<sup>(2)</sup> Geo-Environmental Cartography and Remote Sensing Group, Universitat Politècnica de València, Valencia, Spain, [elena.sanchez.upv@gmail.com](mailto:elena.sanchez.upv@gmail.com)

<sup>(3)</sup> Water Research Laboratory, School of Civil and Environmental Engineering, UNSW Sydney, Sydney, Australia, [m.harley@unsw.edu.au](mailto:m.harley@unsw.edu.au)

### Abstract

CoastSnap Cascais is part of a citizen science initiative network that uses fixed points (monitoring stations) to allow beach users to take mobile photos of the beach at the same location. The monitoring project was implemented at Cascais in 13 beaches and after a month has already received closed to 100 photos. The next step is to process the imagery and present to the community the state of each studied beach.

*Palavras-chave:* Citizen science; beach erosion/accretion; mobile phone photos.

### Introduction

Beach environments are extremely dynamic, with changes occurring at a wide range of temporal-spatial scales. Monitoring these environments have been proven challenging, but information is needed to fully understand its dynamics and provide efficient management options. Traditional monitoring programmes around the world exist to provide information on beach change and evolution but they can be very expensive to implement and maintain. CoastSnap is a community beach monitoring initiative developed in Australia by researchers of the UNSW Water Research Laboratory and NSW Office of Environment and Heritage (Harley et al., in review). It has been implemented in several spots along the Australian coastline and is also active in other countries (e.g. Spain, England, Brazil, Fiji and the USA). Cascais Municipality (CMC) wanted to join this initiative and was very keen to set the project in motion at Cascais beaches: CoastSnap Cascais. The main objective of this work is to present the CoastSnap Cascais project and preliminary results.

### Methods

A total of 16 monitoring station were installed on 13 beaches, allowing to acquire photos of the beach at the same position. Photos are acquired with regular mobile phones and can be shared via social media using the hashtag #CoastSnapCascais or sent by email to [coastsnapcascais@gmail.com](mailto:coastsnapcascais@gmail.com). Using the photos and by knowing the exact location of the photo, together with terrain information, it is possible to extract precise measurements and establish indicators of beach state and change. With the availability of longer time-series it is possible to establish cycles of beach erosion/recovery and long-term tendencies, including climate change.

## Results and Discussion

CoastSnap Cascais kick-started in 2019 with the implementation of 8 stations on 11 February and the remaining 8 stations were implemented on 18 February. The first photo shared on social media was from Parede beach on 12 February. Since then we have received 95 photos in the span of 1 month: 60 photos on Instagram, 23 on Facebook and 12 sent by email. Ribeira beach was the one presenting the largest number of photos shares (17 photos after one month), which is easy to understand as Ribeira beach is located right in centre of Cascais. Cascais beaches present a fair degree of seasonal variability and this can already be perceived from the CoastSnap Cascais photo database. Figure 1 displays the difference in sand volume in the upper beach profile of Tamariz beach (top left) within a 2 days difference, and at Parede beach (bottom left) which presents a 15 days difference. Both examples can illustrate the opportunity in using this type of monitoring techniques to acquire high-temporal resolution data about beach state.

## Conclusion and future work

The CoastSnap Cascais project has been a success from the start by being able to involve the community in beach monitoring activities. In the span of one month we have received already close to 100 coast snaps and we are beginning to analyse the photo database. Future work will include the quantification of shoreline change (as described in Harley et al., in review) and the definition of other beach state indicators. Also planned is the presentation of the results to the community in order to further encourage citizen science projects but also to increment community knowledge about beach sediment dynamics.

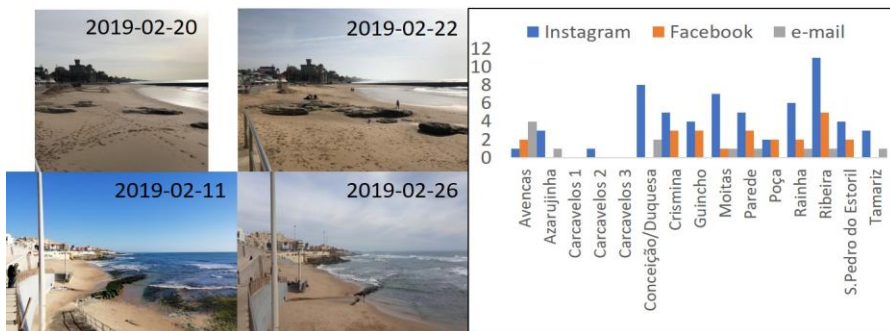


Figure 1. CoastSnap Cascais beach images (Tamariz beach and Parade beach respectively at top left and bottom left) and bar chart of the received photos from the beach community.

## Acknowledgments

Authors thank Cascais Municipality (CMC) support in the implementation of the monitoring stations, project SIL Cascais – Sistema de Informação Litoral para o Município de Cascais and FCT project UID/GEO/50019/2019–IDL. CPL thanks SFRH/BPD/81800/2011 fellowship.

## References

Harley, M.D., Kinsela, M.A., Sánchez-García, E. and Vos, K. (in press) Shoreline change mapping using crowd-sourced smartphone images, *Coastal Engineering*. DOI: [10.1016/j.coastaleng.2019.04.003](https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2019.04.003)



# MONITORIZAÇÃO PÓS-OCORRÊNCIA À ESCALA LOCAL COM RECURSO A MEIOS DE RÁPIDA MOBILIZAÇÃO E AQUISIÇÃO DE DADOS: CAPACIDADE OPERACIONAL DO PROGRAMA COSMO

Tanya Silveira<sup>(1)</sup>, Nuno Penacho<sup>(1)</sup>, Celso Pinto<sup>(1)</sup> e Bruno Pires<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Núcleo de Monitorização Costeira e Risco, Agência Portuguesa do Ambiente, I.P.

*tanya.silveira@apambiente.pt; nuno.penacho@apambiente.pt; celso.pinto@apambiente.pt; bruno.pires@apambiente.pt*

## Resumo

A importância da monitorização costeira é largamente reconhecida pelas entidades competentes pela gestão do litoral e comunidade técnica-científica. O COSMO - Programa de Monitorização da Faixa Costeira de Portugal Continental, foi criado para garantir a aquisição de dados objetivos e sistemáticos sobre a evolução do litoral a uma escala espaço-temporal alargada, incluindo eventos extremos de caráter esporádico e singular. Descreve-se a capacidade operacional do programa para mobilizar e adquirir dados de forma célere e eficiente após uma ocorrência extrema, através de dois exemplos de monitorização de eventos de elevada magnitude ou risco.

*Palavras-chave:* Monitorização costeira; Fotogrametria; Topo-Hidrografia.

## 1. Introdução

O Programa COSMO, da Agência Portuguesa do Ambiente, procede à aquisição de dados de forma sistemática e uniformizada, procurando descrever os padrões sazonais e tendências de longo prazo do litoral. Áreas selecionadas são alvo de levantamentos com periodicidade bem definida, garantindo assim a consistência dos dados, e a sua replicabilidade ao longo do tempo. Adicionalmente, o Programa COSMO dispõe de capacidade operacional para mobilizar, de forma rápida e atempada, meios de aquisição de dados à escala local, para caracterizar ocorrências extremas de caráter imprevisível no tempo e no espaço e potencialmente geradoras de risco. Assim, e sempre que se justifique, são executados “levantamentos extraordinários”, por forma a: 1) quantificar os impactos reais do evento, contribuindo para a criação de modelos causa-efeito; 2) validar faixas de risco e salvaguarda; e 3) desencadear medidas de salvaguarda para pessoas e bens.

## 2. Procedimento

Em caso de ocorrências extremas, designadamente, episódios erosivos de elevada magnitude associados a temporais extremos, ou movimentos de massa de vertente de dimensões excecionais, são executados levantamentos de caráter extraordinário. Consoante a natureza da ocorrência e área afetada, são mobilizados, no espaço de 2 a 5 dias, meios para adquirir os seguintes produtos: ortofotomapas; nuvens de pontos; perfis topo-batimétricos; modelos 3D realista; e modelos digitais de elevação (MDE); recorrendo a topografia tradicional (GNSS-RTK), batimetria (sondas acústicas de feixe simples e multifeixe), e fotogrametria (fotografia aérea vertical com *drone*).

### 3. Resultados

Desde o início do programa de monitorização, em julho de 2018, foram efetuados dois levantamentos extraordinários, pós-ocorrência, um no âmbito de um movimento de massa de vertente numa arriba de São Martinho do Porto (1 dia após a ocorrência) e outro na sequência dos impactos da tempestade Helena na zona da Cova-Gala (entre 2 a 5 dias após a ocorrência).

Os levantamentos extraordinários permitiram a análise de imagens, volumes, e variações altimétricas nos locais afetados (Figura 1). No caso de São Martinho do Porto, quantificou-se uma instabilização com uma área de 9600m<sup>2</sup>, ao longo de uma frente de 100m. O escorregamento levou à abertura de fendas de tração e de cisalhamento até 30m em relação à antiga posição da crista da arriba. Na zona da Cova-Gala, o recuo da linha de costa atingiu 8m, provocando o escarpamento da face barlar da duna. Detetaram-se vários galgamentos, com um alcance máximo de 70m. Em relação ao levantamento de setembro de 2018, houve uma perda de cerca de 45000m<sup>3</sup> de sedimento da praia emersa, numa extensão de 2km para sul do esporão 5.

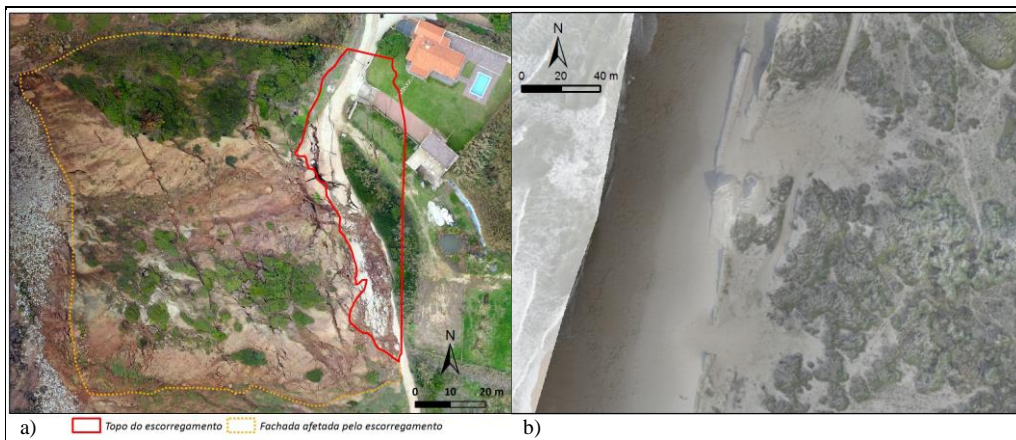


Figura 1. Monitorização pós-ocorrência: a) ortofotomapa da arriba em São Martinho do Porto e b) extrato do ortofotomapa sobre MDE na Cova-Gala (Figueira da Foz), evidenciando as cicatrizes dos galgamentos.

### 4. Conclusões

Os levantamentos extraordinários, feitos após ocorrências de elevada magnitude no litoral são fundamentais, especialmente quando constituem algum tipo de risco para pessoas e bens. No âmbito do Programa COSMO, o recurso a meios de rápida mobilização e aquisição de dados, permite a criação de ortofotomapas, MDE e perfis topo-batimétricos dos locais afetados, poucos dias após a ocorrência. Estes dados permitem a extração de indicadores de impacto das ocorrências, e uma real avaliação do risco associado.

### Agradecimentos

O COSMO - Programa de Monitorização da Faixa Costeira de Portugal Continental é cofinanciado pelo Programa Operacional Sustentabilidade e Eficiência no Uso de Recursos (POSEUR), e a sua execução está a cargo do consórcio Geoglobal, Atlanticland e Geoatributo.

# ANÁLISE MICROMORFOLÓGICA EM DEPÓSITOS DE TSUNAMI: DETERMINAÇÃO COMPOSICIONAL E ESTABELECIMENTO DE FASES DE INUNDAÇÃO EM WHALE FIRTH (ESCÓCIA)

Ana Patrícia Abrantes <sup>(1)</sup> e Pedro J.M. Costa <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Departamento de Biologia Vegetal, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal,  
patricia.abrantes.94@gmail.com

<sup>(2)</sup> Instituto Dom Luiz, Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal,  
ppcosta@fc.ul.pt

## Resumo

Neste trabalho apresentam-se resultados da observação micromorfológica de alta resolução efetuada em sedimentos arenosos depositados em Whale Firth (Escócia) por um tsunami que ocorreu há cerca de 8200 anos no Atlântico Norte. A análise da variação vertical da composição permite o reconhecimento de diferentes fases de inundação. Tendo por base a relação entre quartzo, feldspatos, micas e matéria orgânica, é possível distinguir três modos de deposição em Whale Firth.

*Palavras-chave:* Análise composicional; Transporte sedimentar; Mineralogia; Storegga; Deslizamento.

## 1. Introdução

Há cerca de 8200 anos um devastador tsunami gerado por um deslizamento submarino, afetou vastas zonas costeiras do Atlântico Norte. Vestígios sedimentares deste evento foram descritos sobretudo nas ilhas Shetland (Escócia) mas também na Noruega, Gronelândia, e Ilhas Faroé. Apesar de vários desenvolvimentos recentes, o parco conhecimento sobre o nível do mar naquela região do Atlântico Norte, quando o tsunami a afetou, e o desconhecimento da dinâmica do evento, têm levado a um esforço de reconstituição do evento baseado em critérios sedimentológicos e modelação numérica. Neste trabalho são estudadas variações composicionais verticais ao longo dos sedimentos depositados por este tsunami, recolhidos em dois locais de Whale Firth (arquipélago das Shetland, Escócia).

## 2. Métodos

Em afloramentos costeiros de Whale Firth foram recolhidas amostras do depósito arenoso associado ao tsunami de Storegga. A amostragem foi realizada com *box-cores*, tendo capturado a totalidade da espessura do depósito, que foi impregnado com resina e processado para obter lâminas delgadas com 13,8 cm x 6,7 cm e espessura de 30 µm (permitindo análise ao microscópio petrográfico). As contagens e a determinação composicional efectuaram-se sobre 5 sectores de igual dimensão (1,15x1,67 cm) em cada lâmina, nomeadas, da base para o topo como A, B, C, D e E, respetivamente. Em cada secção foram contadas pelo menos 100 partículas (minero-, lito- e bioclastos).

### 3. Resultados

A análise composicional indica que em ambos os locais os sedimentos apresentam predomínio de quartzo, feldspatos e micas, sendo ainda possível observar matéria orgânica, principalmente no topo e base do depósito. A base (sector A) é caracterizada por grande abundância de matéria orgânica (MO). Na secção B há uma diminuição considerável de MO e um aumento da densidade\concentração mineralógica na matriz. Verifica-se também, heterogeneidade na dimensão dos mineroclastos assim como evidências de alteração química (relacionada com a fonte sedimentar, localizada a jusante). A fase seguinte, correspondente aos sectores C e D, caracteriza-se por densidade mineralógica elevada, grãos de maiores dimensões e em contacto (matriz “grain supported”). No sector de topo (E) a matriz de matéria orgânica abundante envolve pontualmente grãos minerais de dimensões reduzidas e apresentando maior abundância de micas.

### 4. Discussão e considerações finais

Os resultados obtidos em Whale Firth indicam uma forte correlação com o modelo de Jaffe *et al.* (2012). Assim, a fase inicial (i.e. grande abundância de matéria orgânica e grãos de menores dimensões) corresponde a transporte por tração, seguido por uma sequência gradativa positiva (i.e. elevada densidade de partículas mineroclastos e grãos de maiores dimensões) e finalizando numa fase de acalmia que favorece a deposição de partículas mais finas ou de geometria planar (e.g. micas). A cada uma destas fases correspondem condições de escoamento diversqs que traduzem a velocidade de fluxo e a concentração de sedimento na coluna de água aquando da inundação.

### Agradecimentos

Os autores beneficiaram de apoio dos projectos: OnOff - PTDC/CTA-GEO/28941/2017 - *Coupling onshore and offshore tsunami record: complementary tools for a broader perspective on tsunami events* e do contrato-programa FCT- Instituto Dom Luiz UID/GEO/50019/2013.

### Referências

Jaffe, B.E., Goto, K., Sugawara, D., Richmond, B.M., Fujino, S. & Nishimura, Y. (2012). “Flow speed estimated by inverse modeling of sandy tsunami deposits: results from the 11 March 2011 tsunami on the coastal plain near the Sendai Airport, Honshu, Japan”. *Sedimentary Geology*, 282, 90–109.

# SEPARAÇÃO DE SEDIMENTOS ARENOSOS POR DENSIDADE PARA OBTENÇÃO DIRECTA DAS CURVAS DE DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA

João Cascalho

*Instituto Dom Luiz e Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Portugal.*

*jpcascalho@fc.ul.pt*

## Resumo

A separação por densidade de sedimentos essencialmente arenosos por centrifugação utilizando o politungestato de sódio (densidade = 2,90 g/cm<sup>3</sup>) demonstra a possibilidade de obter de forma directa o valor da massa ponderal dos sedimentos de maior densidade relativamente ao valor da massa total do sedimento. A obtenção das curvas granulométricas e seus parâmetros estatísticos relativos às fracções assim separadas pode também constituir uma importante mais-valia nos estudos sedimentológicos.

*Palavras-chave:* Areia, líquido denso, técnicas laboratoriais

## 1. Introdução

Em muitos estudos sedimentológicos é necessário proceder à separação dos sedimentos por diferenças de densidade. De uma forma tradicional esta separação tem sido realizada utilizando líquidos densos, dos quais se destacam o bromofórmio ou o licor de Clerici. Dado o elevado grau de toxicidade destes líquidos foi introduzida no final da década de 1980 a possibilidade de utilização do politungestato de sódio (PTS) como líquido de separação. Esta solução tem à partida a enorme vantagem de não ser tóxica e de ser solúvel em água. Todavia, a sua utilização seguindo os métodos laboratoriais tradicionais, isto é, recorrendo a funis de decantação levanta muitos problemas técnicos. Entre eles destaca-se a sua elevada viscosidade que faz tornar a tarefa de separação muito demorada. Por outro lado, se os funis de decantação forem de vidro, há o risco de o PTS consolidar com a evaporação da água, tornando impossível o funcionamento da torneira do funil de decantação. Assim sendo, o presente trabalho tem como objectivo a apreciação dos resultados de um teste de separação de sedimentos essencialmente arenosos utilizando o PTS (a uma densidade de 2,90 g/cm<sup>3</sup>), recorrendo ao movimento rotativo de uma centrífuga e com posterior congelamento das amostras de sedimento. Neste trabalho são utilizadas 2 amostras. Uma recolhida na Praia Grande (Colares, Sintra, Portugal) e outra da praia do Curral Velho (ilha da Boa Vista, Cabo Verde).

## 2. Resultados

Os resultados discutidos dizem respeito ao cálculo da massa ponderal das partículas mais densas no total do sedimento e à obtenção dos principais parâmetros estatísticos e respectivas curvas de distribuição granulométrica (Quadro 1 e Figura 1).

Quadro 1. Resultados da média mediana e desvio padrão referentes às amostras estudadas. Grande - Praia Grande, Boa Vista – Praia do Curral Velho. Valores obtidos pelo método dos momentos. A % de densos é expressa em relação ao total do sedimento.

Amostra	VALORES EM UNIDADES $\phi$			% DENSOS
	MÉDIA	MEDIANA	DESV. PAD.	
GRANDE_TOTAL	1.17	1.18	0.32	n/a
GRANDE_DENSOS	1.57	1.67	0.47	11.43
BOA VISTA_TOTAL	1.26	1.13	0.86	n/a
BOA VISTA_DENSOS	2.35	2.59	0.82	0.72

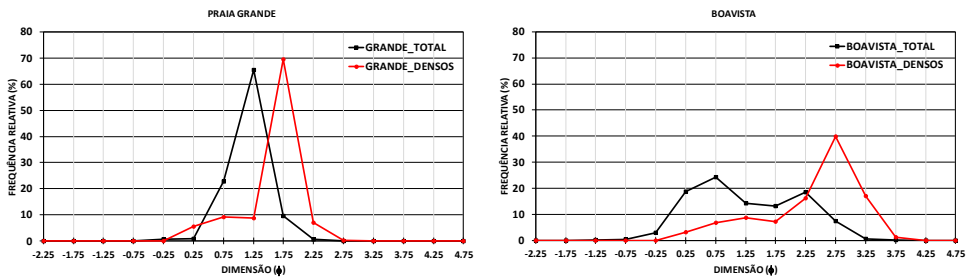


Figura 1. Distribuições granulométricas das duas amostras recolhidas.

Os resultados obtidos mostram que as dimensões granulométricas dos sedimentos das duas praias são muito semelhantes (areia média). Contudo, o desvio padrão mostra que na Praia Grande os sedimentos são muito bem calibrados e, na praia do Curral Velho são moderadamente calibrados. A comparação entre as curvas de distribuição mostra um afastamento de cerca de 0.5  $\phi$  entre as principais modas do sedimento total e das partículas densas, no caso da Praia Grande. No caso da praia do Curral Velho esse afastamento é consideravelmente maior (de 2  $\phi$ ).

### 3. Conclusões

Os resultados obtidos provam que existe um grande potencial na exploração dos dados sedimentológicos quando se procede à separação por densidade dos sedimentos arenosos. O maior afastamento entre as curvas de distribuição observado na praia do Curral Velho poderá estar relacionado com a influência dominante dos processos eólicos e com a presença dominante de partículas bioclásticas (fragmentos de conchas de diversos organismos). Por sua vez, na Praia Grande o menor afastamento entre as curvas de distribuição poderá resultar da selecção das partículas quando há transporte por tracção na face da praia.

### Agradecimentos

Publicação apoiada pelo projecto FCT: UID/GEO/50019/2019 - Instituto Dom Luiz

# OFF-SHORE SOURCES OF BEACH-FILL MATERIAL IN QUARTEIRA (ALGARVE-PORTUGAL)

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

## Abstract

Here we present the results of offshore prospection of sand sources suitable for beach nourishment, based on a detailed seabed site survey performed offshore Quarteira coast. The identified borrow area, occupies 31 Km<sup>2</sup> and the sand volume is 18.6 Mm<sup>3</sup>. From this borrow area, a volume of 2.87 Mm<sup>3</sup> was already explored for beach nourishment since 1998.

*Key words: Coastal erosion; beach nourishment; borrow sand.*

## 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.*, 2018). Maintaining this option requires previous identification of potential borrow areas. In the case of the Algarve, where there is no availability of sand reserves on land, prospecting should be directed to the offshore area. Here we present the results of offshore prospection of sand sources suitable for beach nourishment projects on Quarteira coast, where long-term soft cliff erosion is more severe, and where this option has been adopted since 1998.

## 2. Methods and results

Between 2000 and 2017, a detailed seabed site survey was performed offshore Quarteira coast until -40m Chart Datum (CD) using side scan sonar, combined with 383 scuba dives, 313 manual drilling of 0.6m thick, 137 sand sample collection and subsequent granulometric analysis. Results show that the area offshore Quarteira coast consists of an extensive deposit of medium to coarse sand, with dispersed rock outcrops of yellow calcarenites and reddish silty sandstones (fig.1A). Manual drilling allowed to verify that, landward the 15m bathymetric, the sedimentary cover is very thin (less than 0.4m thick) and overlaps the shore platform of the reddish sandy silty sea cliffs or the muddy sediments of the Quarteira river paleo estuary (fig. 1B), previously identified by Teixeira (2005).

## 3. Discussion e 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. The borrow area, at depths greater than the estimated offshore depth of closure (15m on the Algarve's southern coast, Teixeira & Macedo, 2001) and out of the artificial reefs protection zone, occupies an area of about 31 Km<sup>2</sup> where the thickness of the sedimentary deposit exceeds 0.6 m (fig. 1B). Assuming an exploration depth of 0.6m thick, the volume of this borrow site is 18.6 Mm<sup>3</sup>. From this

borrow area, a volume of 2.87 Mm<sup>3</sup> was already explored for beach nourishment on five projects developed between 1998 and 2010 (table 1). The magnitude of sand reserves still available are about 15.7 Mm<sup>3</sup>, which allows the maintenance of the beach nourishment strategy as a preventive measure of coastal erosion.

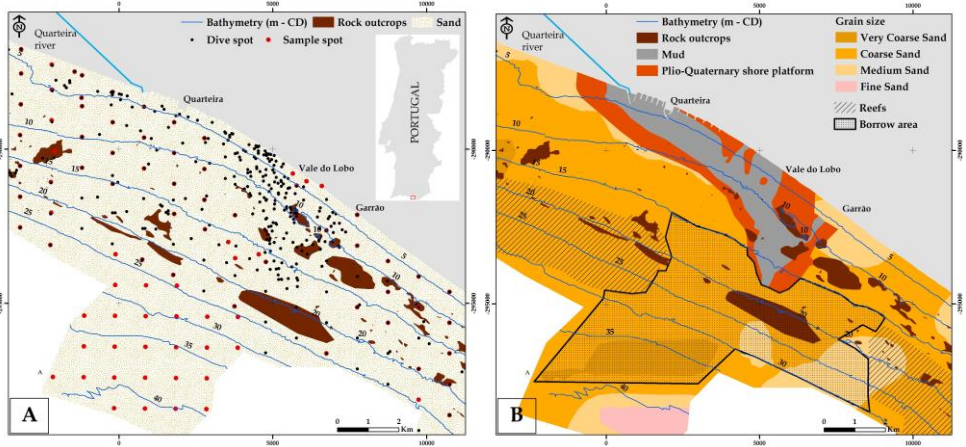


Figure 1 – A) Map of seafloor based on side scan sonar interpretation, location of dive spots and sand sample spots; B) Granulometric sand spatial distribution and borrow area location.

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

	NOURISHED BEACHES	LENGTH (M)	DATE	EXPLOITED VOLUME (MM <sup>3</sup> )	AVAILABLE RESERVES (MM <sup>3</sup> )
1	Vale do Lobo	1 400	1998	0.70	18.60
2	Quarteira	900	1998	0.28	17.90
3	Vilamoura	1 000	1999	0.27	17.62
4	Vale do Lobo	1 100	2006	0.37	17.35
5	Quarteira-Garrão	5 000	2010	1.25	16.98
<b>TOTAL</b>				<b>2.87</b>	<b>15.73</b>

## Acknowledgements

The authors gratefully acknowledge Maria João Pires for the support in the compilation of the data in GIS and the diving partners, Salvador Rocha, Vasco Pinhol, Fernando Macedo, Paula Gaspar, António Contreiras, Hugo Marçal, António Pato and José Felizardo.

## References

- Pinto, C., Silveira, T., Teixeira, S.B. 2018. Beach nourishment practice along the Portuguese coastline: Framework and review (1950-2017), Technical Report, Agência Portuguesa do Ambiente, Lisboa. DOI: 10.13140/RG.2.2.24446.48969.
- Teixeira, S.B. 2005. Evolução holocénica do litoral em regime transgressivo: o caso da costa de Quarteira, (Algarve, Portugal). *Proceedings Iberian Coastal Paleoenvironmental evolution - Coastal Hope 2005*, Lisboa, pp. 121-124.
- 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.



## DEPÓSITOS SEDIMENTARES DO ARQUIPÉLAGO DA MADEIRA - RESULTADOS GEOQUÍMICOS PRELIMINARES

Sandra Moreira<sup>(1)</sup>, Aurora Rodrigues<sup>(1)</sup>, João Duarte<sup>(1)</sup> e Anabela Oliveira<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Instituto Hidrográfico, Lisboa, Portugal, [sandra.moreira@hidrografico.pt](mailto:sandra.moreira@hidrografico.pt)

### Resumo

A análise elementar da cobertura sedimentar dos fundos marinhos do arquipélago da Madeira mostra que a sul da ilha de Porto Santo estes são constituídos por sedimentos predominantemente carbonatados. No entanto, na plataforma insular sul da ilha Madeira ocorrem sedimentos maioritariamente resultantes da erosão das rochas vulcânicas aflorantes, à exceção de dois depósitos carbonatados, de origem biogénica, localizados nas extremidades E e W da ilha.

*Palavras-chave:* ilhas vulcânicas; plataforma insular; sedimentos carbonatados; análise elementar.

### 1. Introdução

Os Programas de Mapeamento do Mar Português e de Cartografia dos Sedimentos Marinhos do Instituto Hidrográfico (IH) visam a caracterização da natureza dos fundos marinhos numa abordagem multidisciplinar. Na presente comunicação serão apresentados resultados exploratórios que permitem caracterizar, do ponto de vista geoquímico, a cobertura sedimentar dos fundos marinhos adjacentes às ilhas da Madeira, das Desertas e de Porto de Santo (arquipélago da Madeira), procurando distinguir diferentes ambientes sedimentação.

### 2. Metodologia

A amostragem de sedimentos superficiais foi efetuada, pelo Instituto Hidrográfico, entre maio e agosto de 2017 nos fundos marinhos a oeste da Madeira, entre esta ilha e as Desertas, e ao longo de um perfil segmentado de ~54 km entre a Madeira e Porto Santo. As amostras foram obtidas com colhedores de sedimento do tipo Smith-McIntyre e Petite Ponar e analisadas nos laboratórios da Divisão de Geologia Marinha. Neste estudo apenas serão discutidos os resultados do teor em carbono inorgânico total ( $C_{inorg}$ ), potássio (K), cálcio (Ca) e ferro (Fe) em 73 amostras. Informação relativa aos métodos analíticos utilizados podem ser consultadas em Moreira *et al.* (2018).

### 3. Resultados Preliminares e Discussão

A distribuição espacial do teor em  $C_{inorg}$  exhibe um comportamento similar ao Ca e oposto ao dos restantes elementos (Fig.1), apontando para a ocorrência de um efeito de diluição promovido pela presença de minerais de carbonato de cálcio no sedimento. Os sedimentos do fundo oceânico a SW de Porto Santo exibem elevados teores em  $C_{inorg}$  (~5-9%) que tendem a aumentar com a distância à linha de costa, até aos 125 m de profundidade. Nos fundos marinhos a sul da ilha da Madeira os teores em  $C_{inorg}$  variam entre 0,3 e 12%, e de acordo com a observação macroscópica das amostras de sedimento a componente carbonatada é de carácter bioclástico. Por sua vez, a componente não carbonatada é essencialmente composta por clinopiroxena,

plagioclase Ca/Na e magnetite (Oliveira *et al.*, 2018), e exibe uma assinatura elementar similar à das rochas vulcânicas aflorantes na ilha da Madeira (Moreira *et al.*, 2018). Na área em estudo verifica-se a ocorrência de depósitos predominantemente carbonatados ( $C_{inorg} > 6,6\%$ , equivalendo a  $\sim 55\%$  de  $CaCO_3$ ) em três áreas principais: 1) nos fundos adjacentes a SW de Porto Santo, 2) no canal entre a extremidade oriental da Madeira e o ilhéu do Chão (Desertas), e 3) ao largo da Ponta do Pargo (W Madeira). Considerando que um terço da superfície de Porto Santo é coberta por arenitos calcários, constituídos por fragmentos de algas calcárias e de exoesqueletos de organismos marinhos e terrestres (eolianitos), o dismantelamento destas formações poderá contribuir significativamente para a componente carbonatada da cobertura sedimentar da plataforma sul, em adição à provável produção biogénica *in situ*. Nas restantes ilhas, considerando que a erosão das litologias aflorantes fornece contributos negligenciáveis de material carbonatado, a deposição de sedimentos com teores consideráveis de  $C_{inorg}$ , nas extremidades oriental e ocidental da ilha da Madeira indica a ocorrência de condições ambientais locais propícias à formação de depósitos biogénicos.

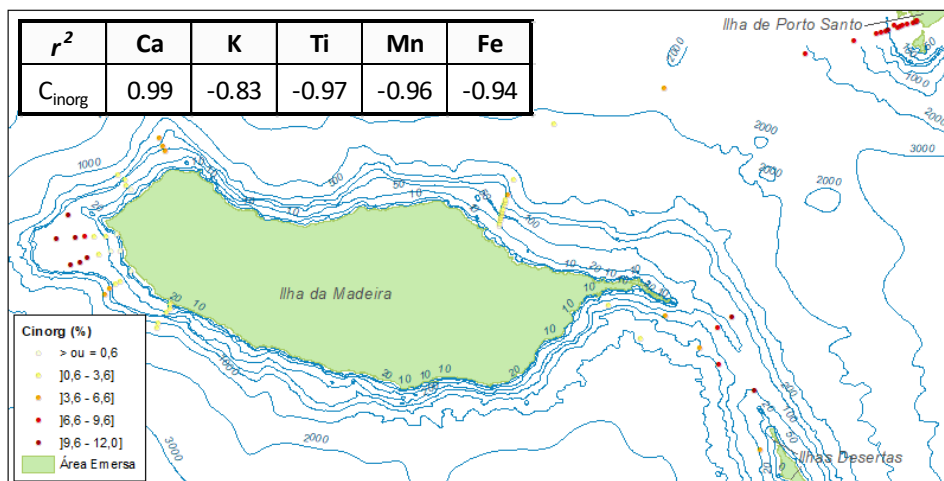


Figura 1. Distribuição espacial do teor em carbono inorgânico ( $C_{inorg}$ ) e coeficientes de correlação de Pearson ( $n=62$ ) entre elementos.

## Agradecimentos

Os autores agradecem às guarnições e equipas técnicas que participaram na aquisição e processamento das amostras processadas neste estudo. Os trabalhos entre a Madeira e o Porto Santo tiveram o apoio financeiro da Empresa Elétrica da Madeira, S.A..

## Referências

- Oliveira, A; Santos, A.I. & Cunha, S. (2018) - Bottom sediments mineralogical and textural variability in the Madeira shelf. Actas das 5.as Jornadas de Engenharia Hidrográfica, pp. 337-340.
- Moreira, S.; Duarte, J. & Oliveira, A. (2018) - Caracterização elementar dos depósitos sedimentares ao largo da costa Oeste da ilha da Madeira -Dados preliminares. Livro de Actas do IX Simpósio sobre a Margem Ibérica Atlântica, pp. 55-56.

# REFORÇO DUNAR NA PRAIA DE MIRA: MORFODINÂMICA DA ALIMENTAÇÃO SEDIMENTAR COM BASE EM MONITORIZAÇÃO TOPOGRÁFICA

André Guimarães<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,  
asaguimarães@ua.pt; ccoelho@ua.pt

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

## Resumo

Foi monitorizada a topografia de um trecho costeiro entre o Poço da Cruz e a Praia de Mira, na costa Noroeste de Portugal, após uma intervenção de reforço dunar, realizada durante o inverno de 2017/2018. As medições da topografia da praia, da duna, do dique arenoso alimentado e de 7 perfis transversais foram efetuadas com sistemas GPS diferencial. Os dados medidos permitiram seguir a evolução temporal dos sedimentos da alimentação e o seu impacto na morfologia da célula costeira monitorizada.

*Palavras-chave:* Alimentação artificial; Dique arenoso; Sistemas de Informação Geográfica; Erosão costeira.

## 1. Introdução

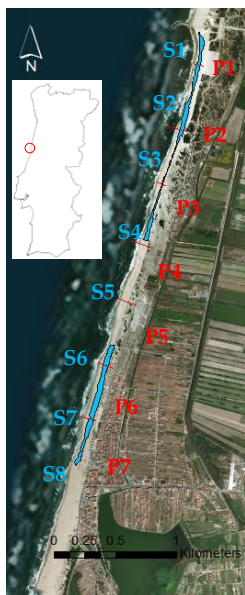
A monitorização das zonas costeiras é essencial para apoiar estratégias de planeamento e gestão costeira. Entre novembro de 2017 e abril de 2018 foi efetuada a monitorização da praia e do reforço dunar no trecho costeiro localizado a norte da Praia de Mira. Com base em levantamentos topográficos e recorrendo a ferramentas SIG (Sistema de Informação Geográfica), fez-se a análise de volumes de praia e duna e largura média e altura da praia, no sentido de avaliar o comportamento da praia e o desempenho do reforço dunar.

## 2. Monitorização e Caracterização do Local de Estudo

Foram realizados 4 levantamentos, entre 21/11/2017 e 27/04/2018 (Figura 1 e Quadro 1), com o objetivo de recolher informação topográfica da praia. Foram monitorizados 7 perfis transversais, espaçados de cerca de 1km e fez-se o levantamento da praia, da duna e da alimentação entre os perfis transversais. Todos os levantamentos recorreram a um sistema GPS com RTK (*Real Time Kinematic*). O setor costeiro monitorizado, entre Poço da Cruz e a Praia de Mira, encontra-se limitado por dois esporões. É uma praia arenosa (areia fina) em situação de erosão/déficé sedimentar. O reforço do cordão dunar foi feito em duas fases e dois locais, com um volume total de sedimentos de 276 800m<sup>3</sup> (na zona mais a sul do setor, em 2017, numa extensão de cerca de 1.5km, e mais a norte, em 2018, em cerca de 1.1km).

### 3. Resultados

Neste resumo só se apresentam os dados relativos à área comum entre os 4 levantamentos, expondo-se as diferenças de cotas entre levantamentos dos sectores S7 e S8 (Figura 1b e 1c), que permitem avaliar os padrões de erosão/acreção e o volume de cada setor (Quadro 1).



a) Praia de Mira

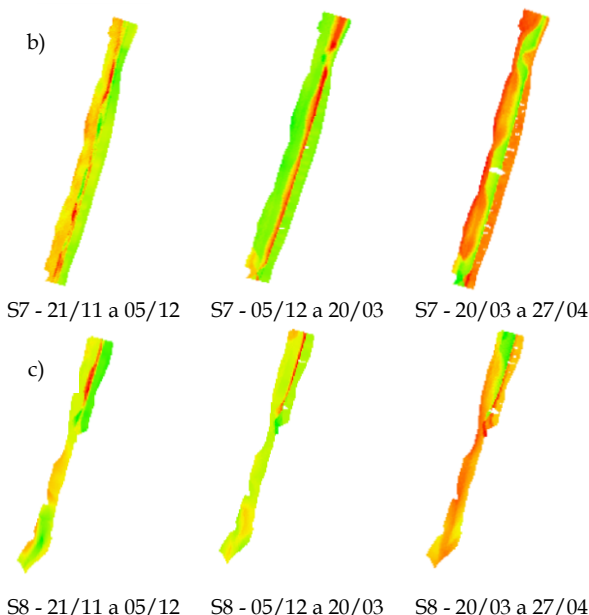


Figura 1. Local de estudo e mapas de acreção (verde) e erosão (vermelho) nos setores S7 e S8.

Quadro 1. Volumes ( $m^3$ ) de praia e da duna acima da cota 1.05m (NMM), nos levantamentos realizados.

Levantamento	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
21/11/2017	13791	44597	10203	18489	-	28539	87286	44070
05/12/2017	13436	45164	9933	20860	-	30254	80540	45696
20/03/2018	20661	45720	11009	15405	-	18374	80540	36866
27/04/2018	22530	46430	8358	18383	-	23547	92459	35827

### 4. Conclusões

A base do reforço dunar apresenta as maiores taxas de erosão ao longo do tempo, em todos os setores. A 27/04/2018 verificam-se alguns ganhos na zona alta da praia, próxima da duna alimentada. O ataque à duna durante os temporais do inverno de 2017/18 mobilizou os sedimentos da duna para a praia, mas regista-se erosão na zona baixa da praia.

### Agradecimentos

O André Guimarães é suportado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia com a bolsa SFRH/BD/103694/2014. Agradecemos o apoio da Laura Olmedilla e do Paulo Baptista na realização dos levantamentos topográficos.

## RP INDEX AS A POTENTIAL PROXY TO ESTABLISH ORGANIC MATTER SOURCE AND SINK

Vera Lopes<sup>(1,2)</sup>, Manel Leira<sup>(2)</sup>, Maria da Conceição Freitas<sup>(1,2)</sup>, Ana Cunha<sup>(1,2)</sup>, Miguel Inácio<sup>(1,2)</sup>,  
Ana Costa<sup>(2,3)</sup>

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

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

<sup>(3)</sup> Laboratório de Arqueociências, Direção-Geral do Património Cultural, Lisboa, Portugal,  
vlpopes@fc.ul.pt; mleira@fc.ul.pt; cfreitas@fc.ul.pt; agcunha@fc.ul.pt; mfinacio@fc.ul.pt; acosta@dgpc.pt

### Abstract

This work presents methodological developments on Organic Matter (OM) determination that, coupled with organic geochemistry (OG), constitute an expeditious tool for OM typology identification and consequently paleoenvironmental reconstructions (PR). The Rp index allows to deduce OM typology and to determine its proportion in a depositional environment. Present day OM characterization, using the Rp Index and OG in different environments, associated to statistical analysis, can be a powerful tool to PR.

*Keywords:* Labile and refractory organic matter; Isotopic and elemental geochemistry; statistical analysis; Paleoenvironmental interpretation.

### 1. Introduction

OM, usually constituting a small fraction present in sediments, can be an important evidence of the fauna and flora. The existing OM is always a mixture of OM from various sources, representing the biodiversity of the environment surrounding the sediment deposit and reflecting the environmental conditions that influenced ecosystems in the past (Meyers, 1997). Isotopic ( $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{15}\text{N}$ ) and elemental (total organic carbon (TOC), total nitrogen (TN)) geochemistry are widely used tools in paleoenvironmental reconstruction studies in conjunction with the determination of OM typology (Lamb et al., 2006, 2007, Burdloff et al., 2008, Thevenon et al., 2012). Present-day sediments can be collected and analyzed with the aim of providing a modern training dataset to infer paleoenvironments. With this in mind, several contemporary samples and sediment cores of various environments (marshes, lagoons, estuaries) were analyzed for OM and organic geochemistry quantification. These sediments will be object of exploratory and statistical analysis to develop a model/tool that can, in an expeditious way, serve for paleoenvironmental reconstructions by means of OM source and typology either alone or in conjunction with other proxies in multidisciplinary studies.

### 2. Material and Methods

Several samples were collected in different environments (Sado estuary, Caldeira de Tróia salt marshes and Stº André and Melides Lagoons, SW Portugal). Content and typology of OM was determined through the two-stage calcination of 0.5 g of sediment during 6 hours at two temperatures (105°C-280°C - Labile OM / 280°C-520°C - Refractory OM) using a muffle

(Kristensen, 1990). Organic geochemistry was determined by isotopic mass spectrometry (CF-IRMS) at a continuous flux, on a Sercon Hydra 20-22 mass spectrometer (Sercon, England) coupled to an EuroEA elemental analyzer (EuroVector, Italy) using sample preparation by combustion (Dumas method) at CRIE/SIAF from FCUL and at Serviços de Apoio a Investigação (SAI) from Coruña University by a FlashEA1112 combustion elemental analyzer (ThermoFinnigan) coupled on-line with a Delta Plus Finnigan MAT Isotope Ratio Mass Spectrometer.

### 3. Future perspectives

Departing from a detailed statistical analysis of the already obtained data, tests will be conducted on the reliability of the present-day dataset of OM characteristic for each environment. Furthermore, sources of sedimentary OM will be determined and its applicability to paleoenvironmental reconstruction will be applied.

### Acknowledgements

This work was developed in the scope of the FCT projects CLIMARES - Long-term assessment of climate induced regime shifts in coastal areas (PTD/CTA-GEO/28412/2017) and Instituto Dom Luiz - IDL (UID/GEO/50019/2019); PhD Grants PD/BD/106074/2015, PD/BD/142781/2018 and SFRH/BD/110270/2015. Authors thank the referee comments to this abstract.

### References

- Burdloff, D., Araújo, M.F., Jouanneau, J.-M., Mendes, I., Monge Soares, A.M., Dias, J.M.A., 2008. 'Sources of organic carbon in the Portuguese continental shelf sediments during the Holocene period', *Applied Geochemistry*, Vol. 23, 2857-2870.
- Lamb, Angela L., Vane, Christopher H., Wilson, Graham P., Rees, John G., Moss-Hayes, Vicky L., 2007. 'Assessing  $\delta^{13}\text{C}$  and C/N ratios from organic material in archived cores as Holocene sea level and palaeoenvironmental indicators in the Humber Estuary, UK', *Marine Geology*, Vol. 244, 109-128.
- Lamb, Angela L., Wilson, Graham P., Leng, Melanie J., 2006. 'A review of coastal palaeoclimate and relative sea-level reconstructions using  $\delta^{13}\text{C}$  and C/N ratios in organic material', *Earth-Science Reviews*, Vol. 75, 29- 57.
- Meyers, Philip A., 1997. 'Organic geochemical proxies of paleoceanographic, paleolimnologic, and paleoclimatic processes', *Organic Geochemistry*, vol. 27, N° 5-6, 213-250.
- Preston, T. e Owens, N.J.P., 1983. 'Interfacing an automatic elemental analyser with an isotope ratio mass spectrometer: the potential for fully automated total nitrogen and nitrogen-15 analysis', *Analyst*, Vol. 108, 971-977.
- Kristensen, E., 1990. 'Characterization of biogenic organic matter by stepwise thermogravimetry (STG). *Biogeochemistry*, 9, 135-159.
- Thevenon, F., Adatte, Spangenberg, T. J. E., and Anselmetti, F. S., 2012. 'Elemental (C/N ratios) and isotopic ( $\delta^{15}\text{N}_{\text{org}}$ ,  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ ) compositions of sedimentary organic matter from a high-altitude mountain lake (Meidsee, 2661 m a.s.l., Switzerland): Implications for Lateglacial and Holocene Alpine landscape evolution', *The Holocene*, Vol. 22, N° 10, 1135-1142.

# COASTAL BATHYMETRY DERIVED FROM UAV: A CASE STUDY AT LAGOA DE ALBUFEIRA INLET

Cristina Ponte Lira<sup>(1)</sup>, Ana Nobre Silva<sup>(1)</sup>, Diogo Mendes<sup>(2,3,4)</sup> and Maria João Henriques<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Instituto Dom Luiz e Departamento de Geologia, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal, [fc.lira@fc.ul.pt](mailto:fc.lira@fc.ul.pt), [amasilva@fc.ul.pt](mailto:amasilva@fc.ul.pt)

<sup>(2)</sup> CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal; <sup>(4)</sup> Departamento de Oceanografia, Instituto Hidrográfico, Lisboa, Portugal, [ddiogsm@gmail.com](mailto:ddiogsm@gmail.com)

<sup>(3)</sup> Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal, [mjoao@lnec.pt](mailto:mjoao@lnec.pt)

## Abstract

This study presents an optical-derived bathymetry model using a UAV survey conducted at Lagoa de Albufeira inlet. Results highlight the use of these type of surveys in coastal studies, being capable, with little effort and cost, of producing a high-resolution bathymetry. UAV-derived bathymetry models are extremely dependent upon good calibration/ validation data.

*Palavras-chave:* Flood-tidal deltas; UAV survey; low-cost survey; UAV-derived bathymetry.

## 1. Introduction

Coastal bathymetry is essential to study and to manage the coastal zone, but accurate and fine-scale bathymetric surveys using traditional methods are expensive and time-consuming. Unmanned Aerial Vehicle (UAV) is a low-cost and easy-to-use solution that enables the acquisition of high-temporal and spatial resolution data (Long et al., 2016; Bastos et al., 2018). Additionally, coastal bathymetry has been successfully extracted from optical-satellite imagery (Stumpf et al., 2003) (SDB - satellite-derived bathymetry) and the same principal can be easily applied to UAV surveys. This study presents the first results of Lagoa de Albufeira flood-tidal delta bathymetry using a UAV survey and orthomosaic to derive bottom-depth.

## 2. Methodology

The UAV survey was conducted on Oct. 16<sup>th</sup>, 2018 at the Lagoa de Albufeira inlet during low-tide. The flight at 80 m altitude lasted 15 minutes, acquired RGB images with 80% of superposition and covered the transition channel, flood-tidal delta and an adjacent sandbank. Alongside, several ground control points (GCP) were surveyed with DGPS-RTK and total station equipment. The RGB orthomosaic was generated using the Agisoft Metashape software® and 10 GCP, with a total uncertainty of ~0.06 m (x,y and z directions) and resolution of 3.7 cm per pixel. The RGB orthomosaic was used to derive the bathymetry through the linear regression presented in Stumpf et al. (2003), that relates ground-truth depths at known locations with blue and green bands reflectance values. Ground-truth depth values totalized 140 points and validation 345 points (Figure 1), both acquired between October 13<sup>th</sup> and 15<sup>th</sup>. Due to the lack of near-infrared information the land mask was outlined manually and there was no sun glint to correct for.

### 3. Results, Discussion and Conclusions

Results show that the derived bathymetry model presents a bias of +0.02 m and a root mean square error (RMSE) of 0.24 m. The largest differences are located along the transition channel and near the south delta channel (Figure 1 - left). The validation data is from up to 3 days earlier than the UAV survey and the transition channel region is the most dynamic, experiencing important changes throughout the surveying days. The RMSE of all validation points without the channel area points yield a RMSE of 0.14 m and a bias of -0.02 m. Results highlight the potential in using this type of surveys to derive high-resolution bathymetry of similar coastal areas, with fewer efforts. Nonetheless, results also show how important it is to have calibration and validation data from the same time as the UAV survey.

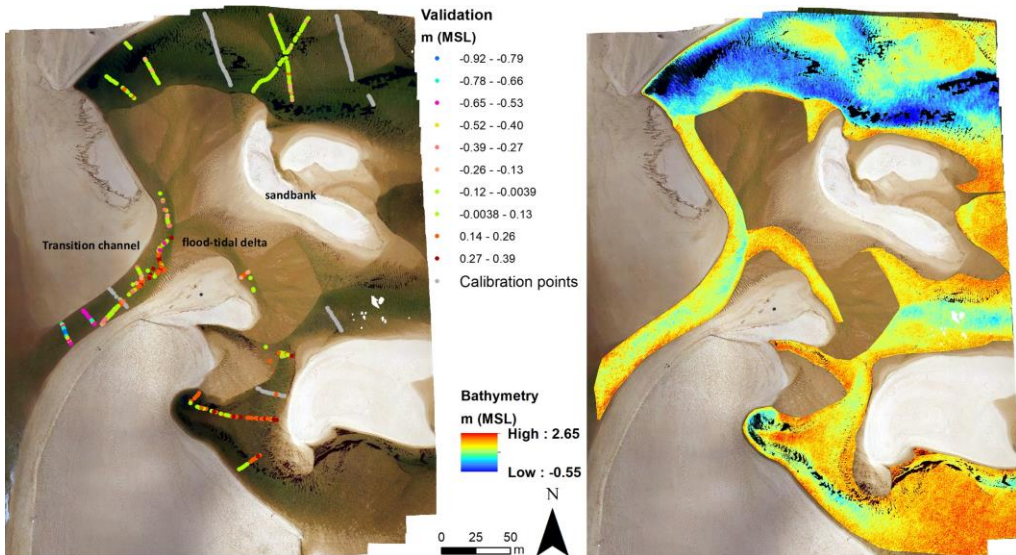


Figure 1. Left: RGB orthomosaic and calibration/validation points. Right: bathymetry of immersed areas.

### Acknowledgments

Authors thank the support of FCT project UID/GEO/50019/2019-IDL, and fellowships SFRH/BPD/81800/2011 - BPD of CPL and PD/BD/114463/2016 - BD of DM.

### References

- Bastos, A.P.; Ponte Lira, C.; Calvão, J.; Catalão, J.; Andrade, C.; et al., 2018. UAV Derived Information Applied to the Morphological Study of Slow-changing Dune Systems. *Journal of Coastal Research*, SI 85,226-230.
- Long, N., Millescamp, B., Pouget, F., Dumon, A., Lachaussée, N., and Bertin, X., 2016. Accuracy Assessment of Coastal Topography Derived from UAV Images, *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLI-B1, 1127-1134.
- Stumpf, R. P., Holderied, K. and Sinclair, M. 2003. Determination of water depth with high-resolution satellite imagery over variable bottom types. *Limnology and Oceanography: Methods* 48:547-556.



# DETERMINAÇÃO DE FORMAS DE FUNDO COM RECURSO A UAV NA LAGOA DE ALBUFEIRA

Ana N. Silva<sup>(1)</sup>, Cristina Ponte Lira<sup>(1)</sup>, Diogo Mendes<sup>(2,3,4)</sup> e Maria João Henriques<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Instituto Dom Luiz, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal,  
amasilva@fc.ul.pt, fclira@fc.ul.pt

<sup>(2)</sup> CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal; <sup>(4)</sup> Departamento de Oceanografia,  
Instituto Hidrográfico, Lisboa, Portugal  
ddiogsm@gmail.com

<sup>(3)</sup> Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal  
mjoao@lnec.pt

## Resumo

Este estudo determina a geometria das formas de fundo (altura e comprimento) com recurso a levantamento aéreo utilizando um UAV na lagoa de Albufeira. A altura e comprimento das formas de fundo variam, respetivamente, entre 2-8 cm e entre 70-160 cm.

*Palavras-chave:* Morfodinâmica; Geometria de formas de fundo;

## 1. Introdução

A determinação da geometria das formas de fundo (FF) tem várias aplicações no domínio da geomorfologia e engenharia costeira. A quantificação da evolução espacial das cristas das FF no tempo permite estimar o transporte sedimentar por arrastamento (Miles *et al.*, 2014). O coeficiente de atrito utilizado nos modelos numéricos de propagação da agitação marítima de média-em-fase é também função das FF (Soulsby, 1997), pelo que a sua quantificação se torna relevante. Este trabalho pretende determinar a geometria das FF na lagoa de Albufeira utilizando ortomosaico e modelo digital de terreno (MDT) obtidos por levantamento aéreo realizado por UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*).

## 2. Metodologia

O levantamento aéreo foi realizado a 16 de outubro de 2018 na lagoa de Albufeira durante a baixa-mar da tarde. O voo (15 min de duração, 80m de altitude, 80% sobreposição de imagem) cobriu a zona do canal de transição, o delta de enchente e banco de areia adjacente (Fig. 1). Vários pontos de apoio foram coordenados com GPS (DGPS-RTK) e estação total. O processamento das imagens com o software Agisoft gerou o MDT e o ortomosaico (este com uma resolução de 3.7 cm por pixel). O ortomosaico RGB foi convertido em intensidade de brilho (tons de cinzento). A quantificação da geometria das FF ocorreu em quatro áreas (A1 a A4 na Fig. 1) por interpolação da intensidade e da altimetria (no MDT) ao longo de um perfil central de cada área (efetuado em ArcMap). As FF da A1 estavam submersas enquanto as restantes se encontravam emersas. A quantificação da altura e comprimento das FF efetuou-se através das distâncias médias entre máximos e mínimos dos valores de intensidade e da altimetria (Fig.1, direita), filtrados por média móvel (no caso do comprimento, esta distância foi multiplicada por 2).

### 3. Resultados, discussão e conclusões

A imagem em tons de cinzento permite a identificação do comprimento das FF em todas as áreas (Fig. 1, Intensidades) variando este aproximadamente entre os 70 e os 160 cm (Quadro 1). As amplitudes medidas na imagem de intensidades não apresentam relação direta com a alturas das FF. O MDT representa a morfologia (altura e comprimento) das FF emersas (Fig. 1, MDT). Aqui, os valores estimados variam entre os 70 e os 160 cm de comprimento e os 2 e os 8 cm de altura, com diferenças muito reduzidas relativamente aos comprimentos calculados pela intensidade (Quadro 1). Os resultados mostram o potencial de utilização de levantamentos aéreos por UAV no estudo da evolução espacial, e possivelmente temporal, das FF.

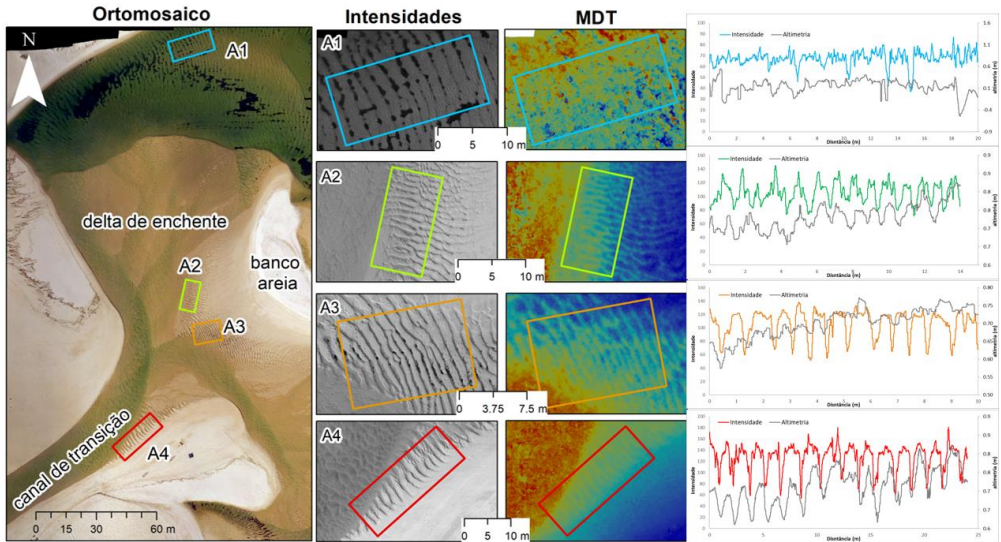


Figura 1. Ortomosaico obtido pelo levantamento aéreo com localização das áreas teste (esquerda), FF na imagem de intensidade (centro) e FF no MDT (direita).

Quadro 1. Alturas e comprimentos das FF nas áreas da lagoa de albufeira, estimadas pela intensidade (imagem em tons de cinzento) e pela altimetria (MDT).

Sinal	Intensidade	altimetria	Intensidade	altimetria	Intensidade	altimetria	Intensidade	altimetria
<b>Altura</b>	11.747 n.a.	0.198 m	27.391 n.a.	0.042 m	26.471 n.a.	0.020 m	51.679 n.a.	0.076 m
<b>Comprimento</b>	1.641 m	1.175 m	0.984 m	1.133 m	0.737 m	0.773 m	1.506 m	1.591 m
	<b>Área 1</b>		<b>Área 2</b>		<b>Área 3</b>		<b>Área 4</b>	

#### Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio de FCT: (UID/GEO/50019/2019-IDL), (SFRH/BPD/81800/2011 - BPD de CPL) e (PD/BD/114463/2016 - BD de DM)

#### Referências

- Soulsby, R, 1997. 'Dynamics of marine sands', Thomas Telford, 249 pp.  
 Miles, J, Thorpe, A, Russel, P and Masselink, G, 2014. 'Observations of bedforms on a dissipative macrotidal beach', *Ocean Dynacmis*, 62, 2, 225-239.

## Apoio:



Fundação  
para a Ciência  
e a Tecnologia



CESAM  
universidade de aveiro  
centro de estudos de materiais



ISEL  
INSTITUTO  
SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA



Ciências  
ULisboa



LABORATÓRIO NACIONAL  
DE ENGENHARIA CIVIL



PORTO  
FEUP  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
UNIVERSIDADE DO PORTO



universidade  
de aveiro



UAig  
UNIVERSIDADE DO ALGARVE



INSTITUTO  
DOM LUIZ

## Organização: