



DESENVOLVIMENTOS INICIAIS DO PROJETO TO-SEALERT: GALGAMENTO E INUNDAÇÃO EM ZONAS PORTUÁRIAS E COSTEIRAS

Conceição FORTES¹, Maria Teresa REIS¹, João Alfredo SANTOS², Pedro POSEIRO¹, Rui CAPITÃO¹,
Liliana PINHEIRO¹, Rute LEMOS¹, Ana FONSECA¹, José BARATEIRO¹, Vera SERRAZINA¹, João
CRAVEIRO¹, José Carlos FERREIRA³, Cláudio Macedo DUARTE³, Umberto ANDRIOLO⁴, Rui
TABORDA⁵, Ana SILVA⁵, Javier LARA⁶

1. LNEC, Av. do Brasil, 101, 1700-066, Lisboa, jfortes@lnec.pt, treis@lnec.pt, pposeiro@lnec.pt, rcapitao@lnec.pt,
lpinheiro@lnec.pt, rlemos@lnec.pt, anafonseca@lnec.pt, jcraveiro@lnec.pt

2. ISEL, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Instituto Politécnico de Lisboa, Lisboa, jasantos@dec.isel.ipl.pt

3. Universidade NOVA de Lisboa, FCT NOVA & MARE - Marine and Environmental Sciences Centre
jcrf@fct.unl.pt, cj.duarte@fct.unl.pt

4. INESC, Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores, Universidade de Coimbra, Portugal,
andriolo.umberto@libero.it

5. Instituto Dom Luiz, Faculdade de Ciências Universidade de Lisboa, 1749-016 Lisboa, Portugal, rtaborda@fc.ul.pt

6. Universidade de Cantábria, Santander, Espanha, jav.lopez@unican.es

RESUMO

O desenvolvimento de capacidade para prever a agitação marítima ao nível das bacias oceânicas com alguns dias de antecedência estimulou o aparecimento de sistemas informáticos para previsão dos efeitos da agitação marítima em zonas costeiras e portuárias. O HIDRALERTA é um desses sistemas: partindo das características da agitação marítima ao largo e utilizando modelos numéricos para a propagação da agitação marítima estima os parâmetros relevantes da agitação marítima para a avaliação do galgamento e do espraiamento quer em zonas portuárias, quer em zonas costeiras. O projeto de investigação e desenvolvimento To-SEAlert financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia e envolvendo o LNEC, a FCIências.ID, a NOVA.ID.FCT e o ISEL pretende melhorar as funcionalidades daquele sistema no que se refere às metodologias de previsão do galgamento e da delimitação da zona inundada, bem como no apoio à resposta a situações de emergência envolvendo aquele fenómeno.

Esta comunicação pretende descrever o racional que justifica a existência do projeto, as tarefas em que o mesmo foi dividido e os principais resultados esperados.

Palavras-Chave: HIDRALERTA; galgamento; inundação; previsão e alerta; emergência

1. INTRODUÇÃO

A costa portuguesa está diretamente exposta à ação das ondas do Oceano Atlântico. São frequentes as tempestades com grande energia, que põem em perigo populações e infraestruturas portuárias/costeiras e acarretam consequências económicas e ambientais locais sérias. Por essa razão, é fundamental dotar as autoridades responsáveis de ferramentas para a gestão dos perigos e riscos associados a estes fenómenos.

Embora já existam alguns sistemas de aviso precoce que têm em conta as inundações de zonas costeiras causadas por níveis de marés elevados ou por sobrelevação do nível do mar devido a tempestades, são muito poucos os que consideram os volumes de água associados ao galgamento e ondas naquelas previsões e mais raros ainda os que tratam destas inundações em zonas portuárias.

14.º SILUSBA

O HIDRALERTA (Sabino *et al.* 2018), Fig. 1, é um dos poucos sistemas que considera o galgamento de estruturas marítimas, e a inundação associada, quer em zonas costeiras, quer em zonas portuárias. Este sistema foi implementado no porto da Praia da Vitória e fornece atualmente previsões, com 72 horas de antecipação, das características da agitação marítima, bem como dos níveis de risco naquele porto. O sistema já demonstrou a sua utilidade para as autoridades locais durante o temporal *Alex*, em janeiro de 2016, fornecendo indicações exatas para o período de encerramento do porto e da marginal da Praia da Vitória. Contudo, o sistema ainda não foi alvo de uma validação exaustiva e necessita ainda de melhorias ao nível da precisão da previsão das áreas inundadas e na implementação de abordagens mais quantitativas na avaliação do risco. Além disso, a componente de aviso precoce ainda carece de validação, tem que ser melhorada a robustez e flexibilidade do sistema, bem como deverá ser introduzida uma componente de apoio à tomada de decisão em situações de emergência.

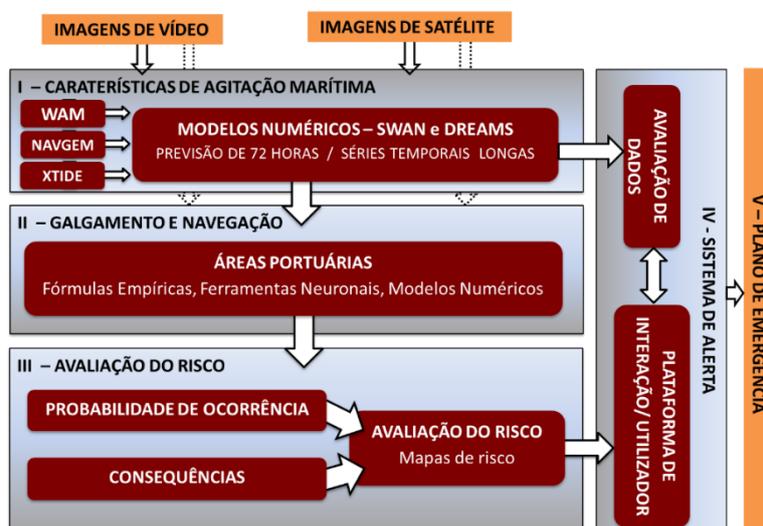


Fig. 1. Metodologia do sistema HIDRALERTA

O objetivo do projeto To-SEAlert é, assim, o desenvolvimento, implementação, e validação, num sistema WebGIS, de um conjunto de ferramentas e metodologias para previsão do galgamento e inundação em zonas portuárias e costeiras. Este projeto tem como finalidade principal ajudar as autoridades responsáveis na monitorização, prevenção e gestão de situações de emergência. O sistema a desenvolver constituirá uma ferramenta de gestão, a longo prazo, de portos e zonas costeiras, que dará suporte aos decisores (Proteção Civil, Autoridades Portuárias), permitindo a prevenção e a gestão de situações de emergência, acrescentando valor e potenciais benefícios às áreas sob sua responsabilidade.

2. METODOLOGIA

Pretende-se implementar, e validar, no sistema To-SEAlert, um conjunto de ferramentas e metodologias complementares para obter um sistema mais eficiente, fiável e robusto. Assim, no projeto em curso estão previstas as seguintes tarefas:

- **T1 Metodologias de imagens de satélite:** serão desenvolvidos procedimentos para permitir, quer a caracterização da zona costeira, quer a identificação de zonas inundadas, a partir de imagens de satélite, de acordo com a metodologia de Roque *et al.* (2014). Esta constituirá fonte de informação muito relevante para a validação dos modelos numéricos envolvidos na modelação das inundações costeiras; nesta tarefa será estabelecida uma ligação com o programa de observação da Terra europeu Copernicus
- **T2 Integração de vídeo-monitorização:** implementação de sistemas de vídeo-monitorização nas zonas de estudo, para caracterizar os galgamentos e as zonas inundadas em situações extremas de agitação

14.º SILUSBA

marítima incidente, de acordo com as metodologias desenvolvidas por Tabora e Silva (2012) e Andriolo (2018). Estes sistemas permitirão a observação em tempo real deste fenómeno e a construção de séries longas de dados para apoiar a calibração e validação de modelos numéricos;

- **T3 Modelação física:** construção e exploração de um modelo físico bidimensional, e de outro tridimensional, de uma das zonas em estudo, para caracterizar em situações controladas o volume galgado e a área inundada. Espera-se que as ferramentas desenvolvidas na tarefa anterior para processamento de imagens de vídeo possam ser utilizadas nestes ensaios;
- **T4 Modelos numéricos:** implementação e validação de dois procedimentos para simulação de galgamento e inundação em zonas costeiras e portuárias. No primeiro caso utilizar-se-á o modelo XBEACH que leva em conta a própria modificação do perfil da praia na determinação do volume de água galgado e da consequente inundação. Nas zonas portuárias, a determinação do volume galgado e da área inundada será realizada com o modelo SWASH (Zijlema *et al.* 2011), baseado nas equações não lineares de águas pouco profundas, e com o modelo IHFOAM (Higuera *et al.* 2013), baseado nas equações RANS;
- **T5 Avaliação do risco e planos de emergência:** implementação de metodologias quantitativas para avaliação da exposição, vulnerabilidade, consequências e risco dos galgamentos oceânicos e consequentes inundações em termos de custos para infraestruturas estratégicas. Isto incluirá a aplicação de análise multicritério (AHP e ANP) apresentada em Lourenço *et al.* (2015), Ferreira (2016) e Perini *et al.* (2016), bem como de métodos probabilísticos baseados na simulação de Monte Carlo e descritos em Moell *et al.* (2012). Na construção dos mapas de vulnerabilidade será incorporada a vulnerabilidade percebida pela população. No que se refere à implementação, validação e funcionamento de planos de emergência, utilizar-se-ão os procedimentos desenvolvidos no âmbito do projeto LIFESAVER por Sabino *et al.* (2008).
- **T6 Ferramenta WebGIS:** desenvolvimento de sistema de informação geográfica que inclui toda a informação das tarefas anteriores. Será dada especial atenção à robustez e flexibilidade do sistema para que possa ser aplicado em outras zonas costeiras e portuárias;
- **T7 Casos de teste:** o protótipo do To-SEAlert será implementado e validado na zona costeira da Costa de Caparica e no porto da Ericeira, Fig. 2. Esta tarefa incluirá a adaptação da ferramenta WebGIS desenvolvida na tarefa anterior, bem como preenchimento da informação relevante da zona em estudo e a validação do sistema completo.



Fig. 2. a) Costa da Caparica; b) Porto da Ericeira

3. RESULTADOS ESPERADOS

Os principais resultados do projeto serão

- um sistema para monitorização, previsão e aviso precoce, bem como planeamento de resposta a emergências e avaliação de risco associado ao galgamento oceânico e à consequente inundação de áreas vizinhas;

- metodologias para avaliação de galgamentos oceânicos das áreas inundadas a partir de imagens de satélite e de vídeo e de modelos numéricos;
- metodologias para processamento de imagens de vídeo suficientemente versáteis para aplicações em protótipo e em modelos físicos reduzidos;
- um modelo numérico validado para simulação de galgamento e de inundação;
- um conjunto de metodologias quantitativas para avaliação do risco;
- um novo sistema de planeamento para situações de emergência numa plataforma WebGIS;
- protótipos do To-SEAlert operacionais e validados para o porto da Ericeira e para a zona costeira da Costa de Caparica;
- melhor preparação em Portugal para lidar com vulnerabilidades associadas a inundações costeiras e a mudanças climáticas e melhores ferramentas para monitorização e previsão daqueles fenómenos.

A inovação do sistema To-SEAlert resulta da junção, interligação e validação das metodologias acima referidas, utilização dos mais avançados modelos numéricos de galgamento e inundação, novos métodos para validar/calibrar a simulação dos galgamentos (e.g. imagens de satélite e vídeo), assim como um novo módulo de planeamento de emergência e avaliação do risco.

AGRADECIMENTOS

Agradece-se aos projetos To-SEAlert - *Wave overtopping and flooding in coastal and port areas: Tools for an early warning, emergency planning and risk management system*, Ref. PTDC/EAM-OCE/31207/2017, EW-Coast:Early warning for coastal risks induced by storms, Ref. 28657 FEDER, BSAFE4SEA - *Breakwaters SAFETY control through a FORecast and decision support SystEm Analysis*, Ref. PTDC/ECI-EGC/31090/2017, e ECOMARPORT (MAC/1.1.b/081 – FEDER 2014-2020).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andriolo, U., 2018. Nearshore hydrodynamics and morphology derived from video imagery. PhD thesis. University of Lisbon, Portugal, 197 pp
- Ferreira, JCR (2016) Ordenamento Ambiental de Frentes Urbanas Litorais em Áreas Baixas de Elevado Risco e Vulnerabilidade ao Galgamento Costeiro. As Infraestruturas Verdes como Estratégia de Resiliência para as Comunidades Costeiras. (Doctoral Thesis), Faculdade de Ciências e Tecnologia – Univ. Nova de Lisboa.
- Higuera P, Lara JL, Losada IJ (2013) Realistic wave generation and active wave absorption for Navier-Stokes models: Application to OpenFOAM. *Coastal Engineering*, 71: 102-118.
- Lourenço I, Santos JA, Fortes CJEM, Reis MT, Garcia T, Poseiro P, Craveiro J (2015) Evaluation of wave overtopping consequences for risk assessment. The case study of Praia da Vitória harbour (Azores, Portugal). Proc. SCACR 2015 - 7th International Short Course & Conference on Applied Coastal Research, Florence, Italy, 28 de setembro a 1 de outubro de 2015.
- Moell H, Asselman NEM, Aerts, JCJH (2012) Uncertainty and sensitivity analysis of coastal flood damage estimates in the west of the Netherlands. *Journal of Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 12: 1045-1058.
- Perini L, Calabrese L, Salerno G, Ciavola P, Armaroli C (2016) Evaluation of coastal vulnerability to flooding: comparison of two different methodologies adopted by the Emilia-Romagna region (Italy). *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 16(1): 181-194.
- Roque D, Afonso N, Fonseca A, Heleno S. (2014) OBIA Flood Delimitation Assisted by Threshold Determination with Principal Component Analysis. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 80(6): 551-557.
- Sabino A, Nóbrega R, Rodrigues A, Correia N (2008) Life-Saver: flood emergency simulator. In: F. Fiedrich and B. Van de Walle (eds): *Proceedings of 5th Int. ISCRAM Conf.*, Washington, DC, May 2008.
- Sabino A, Poseiro P, Rodrigues A, Reis MT, Fortes CJEM, Reis R, Araújo J (2018) Coastal Risk Forecast System. *Journal of Geographical Systems*, 20(2): 159-184.



14. SILUSBA

Taborda R, Silva A (2012) COSMOS: A lightweight coastal video monitoring system. *Comp. & Geosciences*, 49: 248-255.
Zijlema M, Stelling G, Smit P (2011) SWASH: An operational public domain code for simulating wave fields and rapidly varied flows in coastal waters. *Coast. Eng.* 58: 992-1012.