

APLICAÇÃO DO SISTEMA HIDRALERTA NA AVALIAÇÃO DO RISCO ASSOCIADO AO GALGAMENTO NO PORTO DA PRAIA DA VITÓRIA

C. Fortes, R. Reis, M.T. Reis, P. Poseiro, R. Capitão, L. Pinheiro, J. Craveiro

Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) jfortes@lneec.pt, rreis@lneec.pt, treis@lneec.pt, pposeiro@lneec.pt, rcapitao@lneec.pt, lpinheiro@lneec.pt, jcraveiro@lneec.pt

J. A. Santos

Instituto Superior de Engenharia de Lisboa (ISEL)
d1486@dec.isel.pt

Silva, J.C. Ferreira, M. Martinho, A. Sabino, A. Rodrigues, P. Raposeiro, C. Silva

Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT) da Universidade Nova de Lisboa (UNL) s.silva@campus.fct.unl.pt, jcrf@fct.unl.pt, mf.martinho@campus.fct.unl.pt, andre.sabino@gmail.com, a.rodrigues@fct.unl.pt, praposeiro@fct.unl.pt, cpsilva@fct.unl.pt

Simões, E.B. Azevedo, F. Vieira

Centro de Estudos do Clima, Meteorologia e Mudanças Globais (CMMG) e Laboratório de Ambiente Marinho e Tecnologia (LAMTec) / Universidade dos Açores
anabela@uac.pt; edubrito@uac.pt, fvieira@lneec.pt

M.C. Rodrigues

Sociedade de Gestão Ambiental e Conservação da Natureza - AZORINA, SA
Maria.CS.Rodrigues2@azores.gov.pt

RESUMO

O sistema HIDRALERTA é um sistema de previsão, alerta e avaliação do risco associado ao galgamento e inundação em zonas costeiras e portuárias, tendo como ideia base a utilização de medições/previsões da agitação marítima nessas zonas, para calcular os efeitos dos galgamentos e inundações. Trata-se de um sistema modular que permite: a avaliação, em tempo real, de situações de emergência, a consequente emissão de alertas às entidades competentes, e a produção de mapas de risco para apoio ao processo de tomada de decisão, em particular, e à gestão costeira e portuária, em geral.

Nesta comunicação descrevem-se os principais desenvolvimentos efetuados, até ao presente, na componente avaliação de risco do sistema HIDRALERTA e apresenta-se uma das aplicações do sistema ao porto e baía da Praia da Vitória, ilustrando as potencialidades do mesmo.

Palavras-chave: HIDRALERTA; Agitação marítima; Galgamento; Inundação; Risco.

Introdução

A avaliação do risco de ocorrência de galgamentos/inundações de zonas costeiras e portuárias tem grande relevância para a segurança e gestão destas zonas. Encontra-se em desenvolvimento, desde 2012, o sistema HIDRALERTA (Poseiro *et al.*, 2013a, b, Fortes *et al.*, 2013 e 2014), que é um sistema de previsão, alerta e avaliação de risco associado ao galgamento e inundação em zonas costeiras e portuárias, a partir de medições/previsões da agitação marítima ao largo. O sistema está a ser desenvolvido, por componentes, em linguagem Python e implementado numa plataforma WebGIS.

O sistema consiste em quatro módulos, Figura 1: I - Agitação marítima, para a determinação das características da agitação marítima ao largo e em áreas costeiras e portuárias; II - Galgamento e inundação, para a avaliação dos galgamentos e inundações em zonas costeiras e infraestruturas portuárias; III - Avaliação do risco, para a análise de séries temporais longas

de agitação e galgamentos (ou cenários pré-definidos associados às mudanças climáticas e/ou eventos extremos) e elaboração de mapas de risco para apoio à gestão costeira e portuária; e IV - Sistema de alerta, para a análise, em tempo real, das situações de emergência e envio automático de mensagens de alerta para as autoridades responsáveis. Os protótipos do sistema estão a ser construídos para dois locais da costa portuguesa: o porto da Praia da Vitória, Terceira, Açores e a praia de S. João da Caparica, Almada.



Figura 1. Esquema do sistema HIDRALERTA.

O presente trabalho descreve os desenvolvimentos recentes do sistema HIDRALERTA no que respeita à avaliação do risco (Módulos I a III, Figura 1) e a sua aplicação ao caso de estudo do porto e baía da Praia da Vitória.

Desenvolvimentos do Sistema HIDRALERTA

Os desenvolvimentos recentes para os Módulos I a III, i.e., no âmbito da avaliação do risco, Figura 1, consistiram em:

Módulo I: a) Automatizar o processo de *download* (Poseiro *et al.*, 2013a) dos dados referentes: à agitação marítima provenientes do modelo de previsão WaveWatchIII (FNMOOC - *The Fleet Numerical Meteorology and Oceanography Center*) ou do modelo WAM (ECMWF - *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*); às marés astronómicas, com o modelo WXTide; e aos ventos, fornecidos também pelo FNMOOC ou pelo ECMWF; b) Acoplar os modelos numéricos SWAN e DREAMS (incluindo o forçamento do SWAN com resultados dos modelos referidos em a), Poseiro *et al.*, 2013a) e validar cada modelo, bem como o seu acoplamento, através da comparação com dados *in situ*, obtidos na zona da Costa da Caparica em campanhas de medição de agitação marítima (29-30 outubro 2012) e de levantamento de perfis de praia (29-30 abril 2014); c) Automatizar os processos de criação dos *layouts* gerados por cada um dos modelos numéricos (Poseiro *et al.*, 2013a); d) Desenvolver uma rede neuronal do tipo ARTMAP com lógica Fuzzy (Santos *et al.*, 2014) para determinação de

condições de agitação marítima à entrada e no interior de portos, que tem grande eficiência computacional e poderá substituir a utilização dos modelos SWAN e DREAMS.

Módulo II: a) Realizar programas em FORTRAN para a implementação das fórmulas empíricas (Neves *et al.*, 2013), de modo a efetuar o acoplamento destas fórmulas e da ferramenta neuronal NN_OVERTOPPING2 (Coeveld *et al.*, 2005) com os modelos numéricos de propagação de ondas, bem como a visualização automática dos resultados; b) Considerar novas formulações de espraiamento e galgamento para o caso de estruturas localizadas em zonas de águas pouco profundas ou com o pé da estrutura essencialmente acima do nível de água (Mase *et al.*, 2013); c) Utilizar outra ferramenta neuronal, OVERTOPPING Predictor v1.1 (Verhaeghe, 2005), em alternativa à NN_OVERTOPPING2, com o objetivo de comparar os resultados de galgamentos destas duas ferramentas (Reis *et al.*, 2014).

Módulo III: a) Avaliar o risco de galgamento e inundação com base numa metodologia qualitativa de avaliação das consequências para os dois casos de estudo

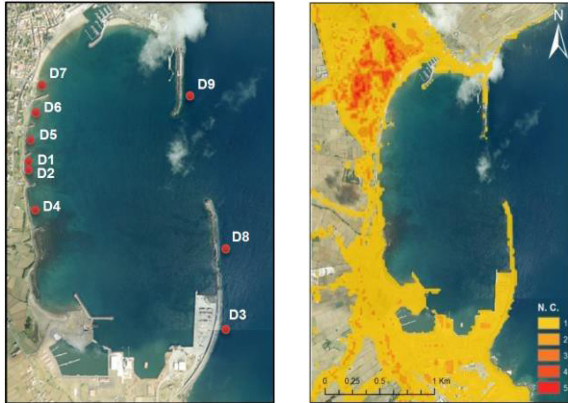
(Praia da Vitória e Costa da Caparica); b) Analisar a evolução do risco costeiro na Costa de Caparica através da aplicação do Índice Vulnerabilidade Costeira (CVI), Índice de Perigosidade Costeira (CHI) e Índice do Valor dos Elementos Expostos (VEI); c) Avaliar as consequências (Poseiro *et al.*, 2013b) através da aplicação do Processo de Análise Hierárquica (AHP) que consiste no desenvolvimento de um índice espacial de pressão antrópica (Antunes, 2012; Craveiro, 2014), para o caso da Praia da Vitória. A metodologia AHP baseia-se na ponderação de dimensões e indicadores de vulnerabilidade com recurso a sucessivas avaliações emparelhadas através de uma escala e testes de consistência próprios para a sua aplicação.

Aplicações do Sistema HIDRALERTA ao Porto e Baía da Praia da Vitória

O porto e a baía da Praia da Vitória situam-se na costa Este da ilha Terceira, no arquipélago dos Açores. A baía, limitada a norte pela Ponta da Má Merenda e a sul pela Ponta do Espírito Santo, tem cerca de 2400 m de comprimento e 1100 m de largura máxima. Uma defesa frontal, com 5 esporões, e 2 quebra-mares (norte e sul) à entrada, protegem a baía e as instalações portuárias, Figura 2a.

São várias as aplicações do sistema na sua vertente de avaliação de risco de galgamento (Módulos I, II e III), ao longo do porto e baía da Praia da Vitória, com a construção de mapas de consequências pela metodologia simples (Poseiro *et al.*, 2013a) e pelo método AHP (Poseiro *et al.*, 2013b), Figura 2b, bem como com a definição de mapas risco, Figura 2d, considerando 9 secções-tipo das estruturas marítimas portuárias (quebra- mares, sul e norte, e defesa frontal aderente). Um dos recentes estudos neste porto (Reis *et al.*, 2014) foi a aplicação de duas ferramentas neuronais distintas, NN_OVERTOPPING2 e OVERTOPPING Predictor v1.1, para o cálculo dos galgamentos das várias estruturas portuárias, sendo o período de estudo de 5 anos (2008 a 2012). Avaliou-se comparativamente quais as implicações que a utilização de cada uma destas ferramentas tem em termos de número de eventos de galgamento e magnitude dos caudais médios galgados, bem como o grau de risco associado, para as 9 secções D1 a D9, Figura 2c, d. Dos resultados obtidos, constata-se que NN_OVERTOPPING2 conduz a um grau de risco de galgamento igual ou superior à

da ferramenta OVERTOPPING Predictor v1.1, uma vez que a ferramenta NN_OVERTOPPING2 calcula valores significativamente superiores em termos de caudal médio galgado em relação ao obtido com OVERTOPPING Predictor v1.1, apesar de com esta última a identificação da ocorrência de eventos de galgamento ser muito superior, mas de baixo valor.



Perfil	Probabilidade (%)		Grau de probabilidade		Grau de consequências	Grau de risco	
	NN_OVER	OVER	NN_OVER	OVER		NN_OVER	OVER
Quebra-mar Sul							
D3	0.56	0.10	1	1	2	2	2
D8	7.35	-	2	-	2	4	-
Defesa Frontal							
D1	0.02	0.00	1	1	1	1	1
D2	3.04	0.03	2	1	2	4	2
D4	1.22	0.00	2	1	2	4	2
D5	1.04	0.00	2	1	2	4	2
D6	0.36	0.00	1	1	2	2	2
D7	0.01	0.00	1	1	2	2	2
Quebra-mar Norte							
D9	0.28	0.00	1	1	2	2	2

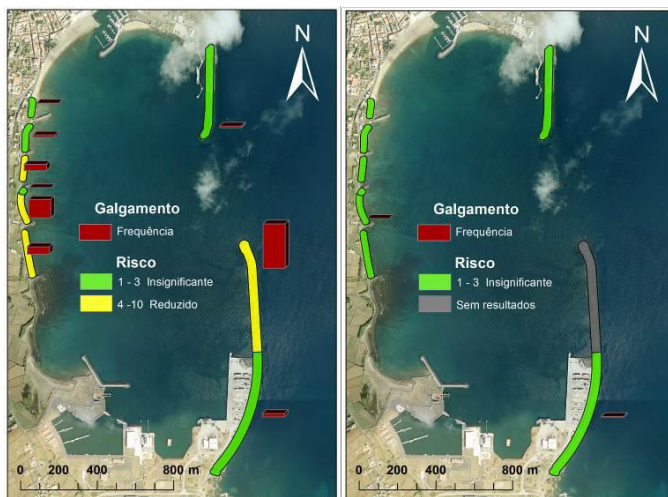


Figura 2. Porto da Praia da Vitória: a) Secções D1 a D9; b) Mapa de consequências pelo AHP; c) Resultados das duas ferramentas neuronais (categoria pessoas); d) Mapa de risco, com avaliação das consequências pelo método simples e utilizando os resultados em c) de NN_OVERTOPPING2 e de OVERTOPPING Predictor v1.1.

Conclusão

Esta comunicação descreve alguns dos recentes desenvolvimentos do sistema HIDRALERTA, na sua componente de avaliação do risco, que ilustram as suas potencialidades. De entre os resultados obtidos destaca-se a aplicação de duas redes neuronais para cálculo dos galgamentos, a construção de mapas de consequências e de risco. O trabalho futuro passa necessariamente por uma validação de cada componente do sistema e também do sistema como um todo, quer para o caso de estudo aqui referido, quer para outros locais da costa portuguesa.

Agradecimentos

Os autores agradecem o financiamento da FCT através do projeto HIDRALERTA - PTDC/AAC-AMB /120702/2010. A participação de E.B. Azevedo e de F. Vieira foi feita no âmbito do projecto ESTRAMAR (FEDER - MAC/3/C177). Agradecem também à WW, aos Portos dos Açores e à Câmara Municipal de Praia da Vitória pela disponibilização dos dados de base necessários à realização deste trabalho.

Bibliografia

- Antunes, O. (2012). Análise Multicritério em SIG para Determinação de um Índice Especializado de Pressão Antrópica Litoral. Casos de Espinho, Caparica e Faro. Tese de Mestrado, FCSH, Universidade Nova de Lisboa.
- Coeveld, E.M., Van Gent, M.R.A. e Pozueta, B. (2005). Neural Network Manual NN_OVERTOPPING2. CLASH WP8, June.

- Craveiro, J.L. (2014). A percepção do risco de erosão costeira e galgamento oceânico e a produção de um índice de vulnerabilidade social: a metodologia multicritério AHP (Analytic Hierarchy Process), âmbito de aplicação e limitações de análise. Atas do VIII Congresso Português de Sociologia. Évora, Universidade de Évora, 14-16 de abril.
- Fortes, C.J.E.M., Reis, M.T., Poseiro, P., Capitão, R., Santos, J.A., Pinheiro, L.P., Rodrigues, A., Sabino, A., Rodrigues, M.C., Raposeiro, P., Ferreira, J.C., Silva, C., Simões, A. e Azevedo, E.B. (2013). O Projeto HIDRALERTA. Sistema de Previsão e Alerta de Inundações em Zonas Costeiras e Portuárias. 8^os JPECP, LNEC, 10 e 11 de outubro.
- Fortes, C.J.E.M., Reis, M.T., Poseiro, P., Santos, J.A., Capitão, R., Pinheiro, L., Sabino, A., Rodrigues, A., Ferreira, J.C., Martinho, S., Raposeiro, P., Silva, C., Simões, A., Azevedo, E.B., Rodrigues M.C. (2014). Desenvolvimentos recentes do HIDRALERTA - Sistema de previsão e alerta de inundações em zonas costeiras e portuárias. 3as Jor.de Eng. Hidrográfica, IH, 24-26 de junho.
- Mase, H., Tamada, T., Yasuda, T., Hedges, T.S. e Reis, M.T. (2013). Wave runup and overtopping at seawalls built on land and in very shallow water. JWPCOE, Vol. 139(5), pp. 346-357.
- Neves, P., Poseiro, P., Fortes, C.J.E.M., Reis, M.T., Capitão, R., Antunes do Carmo, J.S., Raposeiro, P. e Ferreira, J.C. (2013). Aplicação da metodologia de avaliação do risco de inundações/galgamento na praia de São João da Caparica. 8^os JPECP, LNEC, 10 e 11 de outubro.
- Poseiro, P., Fortes, C.J.E.M., Reis, M.T., Santos, J.A., Simões, A., Rodrigues, C. e Azevedo, E. (2013a). A methodology for overtopping risk assessment in port areas: Application to the Port of Praia da Vitória (Azores, Portugal). Proc. SCACR 2013, LNEC, 4 a 7 de junho.
- Poseiro, P., Fortes, C.J.E.M., Santos, J.A., Reis, M.T. e Craveiro, J. (2013b). Aplicação do processo de análise hierárquica (AHP) à análise das consequências de ocorrência de galgamentos. O caso da baía da Praia da Vitória. 8^os JPECP, LNEC, 10 e 11 de outubro.
- Reis, R., Fortes, C.J.E.M., Reis, M.T., Poseiro, P. e Santos, J.A. (2014). Avaliação comparativa de ferramentas neuronais. Aplicação à Praia da Vitória, Terceira, Açores. VI SEMENGO - Seminário e Workshop em Engenharia Oceânica, Rio Grande, RS-Brasil, 12-14 novembro.
- Santos, F.L., Neves, D.R.C.B., Reis, M.T., Fortes, C.J.E.M., Poseiro, P., Lotufo, A.D. e Maciel, G.F. (2014). Definition of Sines Port Wave Regime Using an ARTMAP Artificial Neural Network With Fuzzy Logic. Proc. 3rd IAHR Europe Congress, 14 a 16 de abril, Porto.
- Verhaeghe, H. (2005). Neural Network Prediction of Wave Overtopping at Coastal Structures. PhD Thesis, Universiteit Gent, Belgium.