



PREVISÃO DE EVENTOS DE GALGAMENTO COSTEIRO E RISCOS ASSOCIADOS NA COSTA DA CAPARICA

A.M. Ferreira*, J.L. Garzon, C.J.E.M. Fortes, Ó. Ferreira, M.T. Reis

*DHA-NPE, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Portugal, afferreira@lnec.pt

Palavras chave: XBeach, Rede Bayesiana, Sistema de Previsão e Alerta, HIDRALERTA.

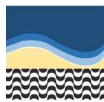
INTRODUÇÃO

A contínua expansão dos aglomerados costeiros e a subida do nível médio do mar conduzirão a um contínuo aumento do risco de galgamentos costeiros, tanto em exposição e vulnerabilidade do território como em magnitude e frequência dos eventos de galgamento. A previsão em tempo útil destes eventos é uma ferramenta chave para a gestão e redução do risco e na adaptação às alterações climáticas. Usualmente, os sistemas de previsão utilizam modelos empíricos que fornecem uma resposta num curto espaço de tempo. No entanto, estes modelos têm uma resposta limitada havendo necessidade de se recorrer a sistemas mais complexos como é o caso da modelação numérica, mas que requerem muito tempo de computação. Para obter uma previsão em tempo útil, tem vindo a ser estudada a aplicação de redes Bayesianas (RB) nos sistemas de previsão de riscos costeiros (Poelhekke *et al.*, 2016), com base na modelação prévia de tempestades sintéticas. Neste trabalho, apresenta-se a metodologia adotada no desenvolvimento de um sistema de previsão a galgamentos costeiros com base na utilização de RB e a aplicação ao caso de estudo do setor costeiro urbano da Costa da Caparica, em Portugal.

MÉTODO

O sistema de previsão adotado baseia-se em métodos probabilísticos através da aplicação de redes Bayesianas (Poelhekke *et al.*, 2016). A RB parte da causa-efeito de experiências passadas para determinar a probabilidade condicional entre eles, a fim de prever eventos futuros. Devido à falta de registos sistémicos de eventos de galgamento costeiro e devido às alterações das condições de fronteira, tais como a subida do nível médio do mar, os eventos documentados são insuficientes para descreverem todas as condições de forçamento que possam ocorrer numa região, não sendo possível alimentar a RB apenas com experiências passadas. Assim, recorre-se à formulação de tempestades sintéticas (causa) por forma a descrever uma gama de tempestades características da zona em estudo, para as quais se determinou o galgamento (efeito), designadas por corridas de treino da RB. Para cada local de estudo é definida a topologia da rede atendendo às especificidades do troço costeiro. As corridas de treino são obtidas através da modelação numérica dos processos hidrodinâmicos recorrendo ao modelo XBeach 1D, modo não-hidrostático (Roelvink *et al.*, 2009).

A zona de estudo é descrita através de perfis perpendiculares à linha de costa, considerados representativos, calculando-se o caudal médio de galgamento, q (l.s-1 por metro linear de desenvolvimento da estrutura costeira), nos pontos onde o perfil cruza um elemento vulnerável ao galgamento, designado por recetores (e.g., passeios pedonais, estradas, na frente de edifícios, entre outros). A avaliação do risco associado a cada evento de galgamento é feita através da comparação entre os resultados obtidos na modelação com os limites críticos adotados para cada elemento exposto. A determinação dos valores críticos teve por base as referências existentes na literatura confrontadas com os registos históricos de danos decorrentes de eventos extremos na área analisada.



REDE BAYESIANA APLICADA À COSTA DA CAPARICA

A Costa da Caparica situa-se na costa oeste de Portugal continental, imediatamente a sul da foz do rio Tejo (Figura 1). O troço em estudo corresponde ao sector urbano da vila da Costa da Caparica, entre o troço sul da praia de São João da Caparica até ao troço norte da Nova Praia. Este troço costeiro de ~2.7 km de comprimento longitudinal, com orientação predominantemente NNW-SSE, apresenta-se intervencionado com uma estrutura de proteção aderente acompanhada de um campo de esporões, criando um conjunto de seis células arenosas confinadas pelas estruturas rígidas. Encontrando-se sob elevada pressão antropogénica, pois compreende praias urbanas e periurbanas de uso intensivo com apoios de praia (bares e restaurantes) junto à linha de costa, acessíveis durante todo o ano. Tratando-se de uma zona de grande vulnerabilidade e exposição a eventos de galgamento e erosão.

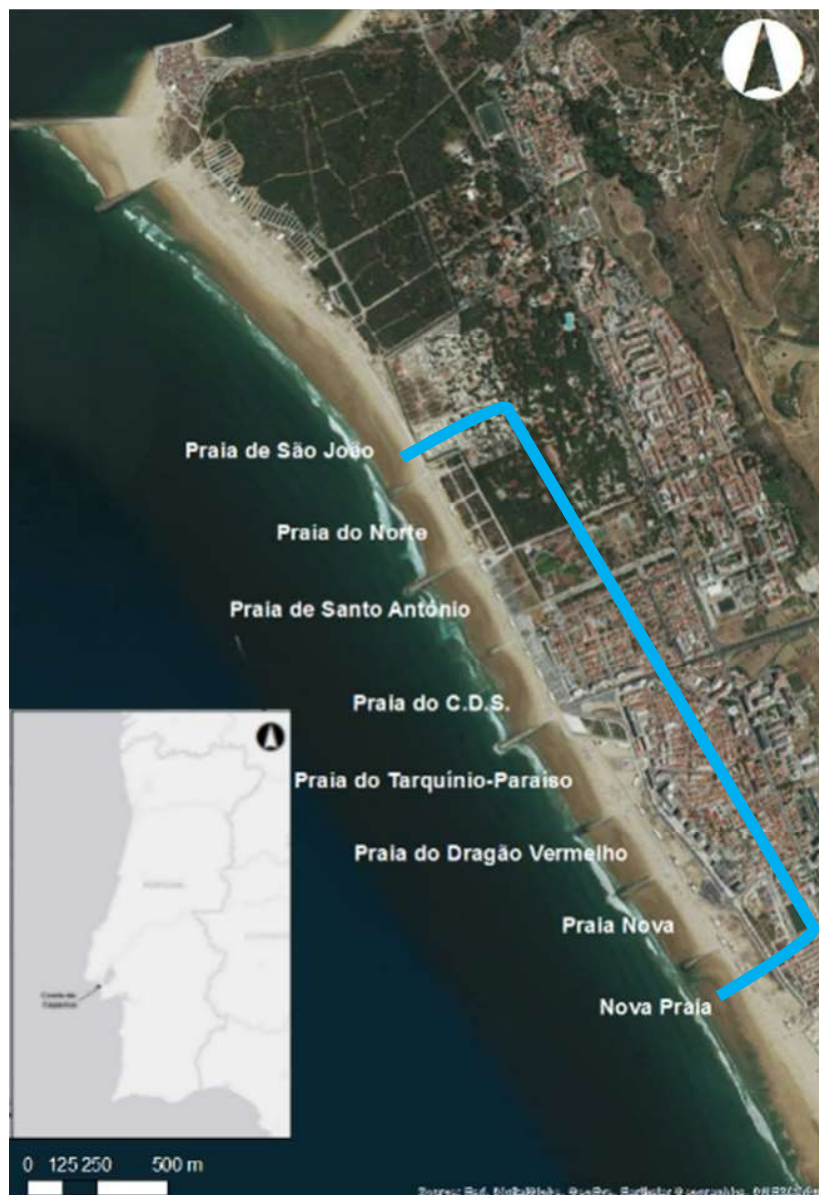


Figura 1. Área de estudo da Costa da Caparica (destacado a azul), com indicação do nome das praias abrangidas.



Uma RB é composta hierarquicamente por classes, nodos (variáveis de interesse) e bins (intervalos de interesse).

Neste estudo definiram-se 4 classes (Figura 2): Condições de fronteira, que corresponde aos forçamentos oceanográfico, com os seguintes nodos: Hs (altura significativa, m), Tp (período de pico, s) e NM (nível do mar, m referente ao zero hidrográfico, ZH); Perigosidade, definida pelo caudal médio de galgamento; Riscos por recetor, integrando risco para: pedestres, veículos, edifícios, revestimento da estrutura de proteção e equipamentos urbanos, para os quais foram considerados 4 níveis de risco, a saber, verde, amarelo, laranja e vermelho, sendo o vermelho o risco máximo; e Localização: que corresponde à crista da estrutura, à localização dos edifícios (bares implantados na crista da estrutura), estradas e áreas de acesso no tardoz da estrutura de proteção aderente, por cada praia deste troço de costa. Para esta RB foram utilizadas 123 tempestades sintéticas, com forçamentos que variam nos seguintes intervalos: Hs = [2.50, 7.50] m; Tp = [9, 21] s; e NM = [2.75, 4.75] m ZH.

RESULTADOS PRELIMINARES

Para uma avaliação preliminar da RB, recorreu-se à simulação e comparação de resultados para duas tempestades históricas, representadas pelas suas condições de pico na zona de estudo, a tempestade Hércules (jan. 2014) caracterizada por: Hs=4.53 m; Tp=20 s; NM=4.13 m ZH, e a tempestade Emma (mar. 2018) caracterizada por: Hs=4.15 m; Tp=11 s; NM=4.30 m ZH. Recorrendo a esta RB, para a tempestade Hércules (Figura 2) obteve-se risco vermelho para pedestres na crista da estrutura, ou seja, no passeio marítimo e risco laranja a vermelho para os edifícios (bares/restaurantes) implantados na crista. No tardoz da estrutura os resultados são de risco laranja para veículos e vermelho para pedestres.

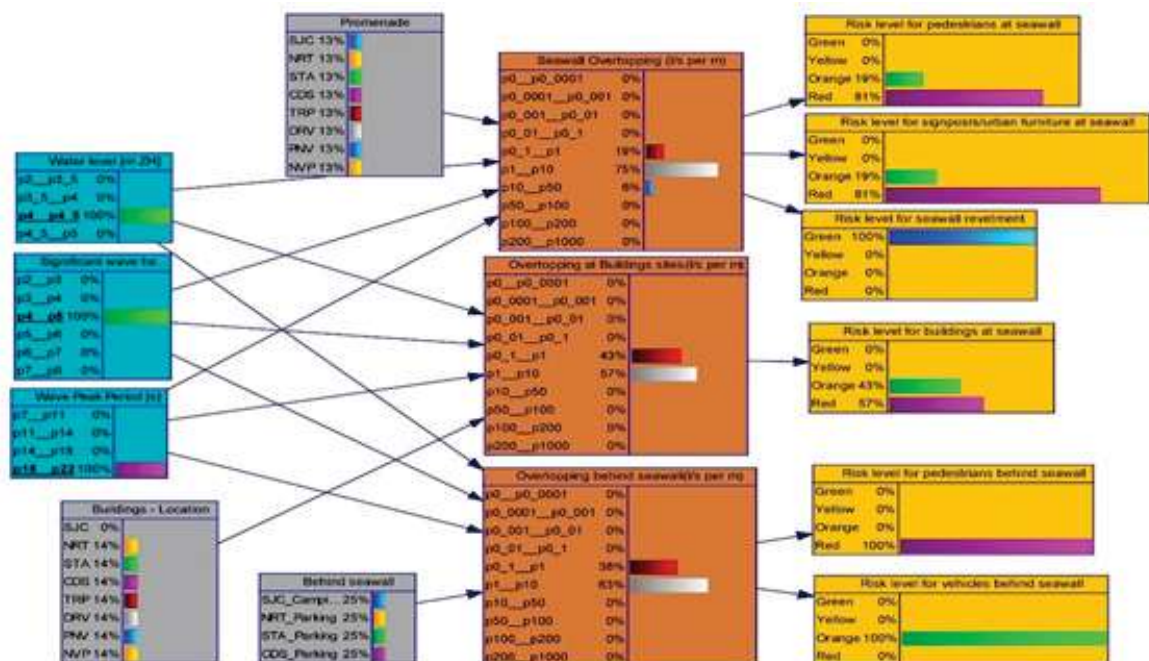
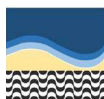


Figura 2. Arquitetura da rede Bayesiana definida para a Costa da Caparica (Azul – Condições de Fronteira; Cinzento – Localização; Laranja – Perigosidade; Amarelo: Risco) e exemplo de aplicação para a tempestade Hércules (2014).



Para a tempestade Emma obteve-se risco verde na generalidade, à exceção do risco para pedestres no passeio marítimo, com nível amarelo, com 75% de probabilidade de ocorrência.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta RB encontra-se, ainda, em fase de validação e calibração. Os resultados preliminares obtidos indicam uma aproximação muito positiva entre previsões e observações no terreno das tempestades consideradas. Após calibração e validação, pretende-se que esta RB venha a integrar o sistema de previsão e alerta HIDRALERTA, em funcionamento, e assim ampliar os pontos de análise do sistema sem que represente uma sobrecarga computacional face à capacidade instalada atual ao introduzir a rede Bayesiana enquanto ferramenta de previsão.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos projetos EW-Coast, (ALG-LISBOA-01-145-FEDER-028657), To-SEAlert (PTDC/EAM-OCE/31207/2017) e ao CIMA (UIDP/00350/2020), todos financiados pela FCT, IP.

REFERÊNCIAS

- 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. *Coast. Eng.* 118, 21– 34. <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2016.08.011>
- Roelvink, D., Reniers, A., Van Dongeren, A., Van Thiel de Vries, J., McCall, R., Lescinski, J., 2009. Modelling storm impacts on beaches, dunes and barrier islands. *Coast. Eng.* 56, 1133– 1152. <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2009.08.006>