

## Avaliação da suscetibilidade das linhas de água a cheias utilizando análise multicritério. Aplicação em Portugal

Pedro Pinto SANTOS<sup>1\*</sup>, Susana PEREIRA<sup>1</sup>, Eusébio REIS<sup>1</sup>, Mónica SANTOS<sup>2</sup>

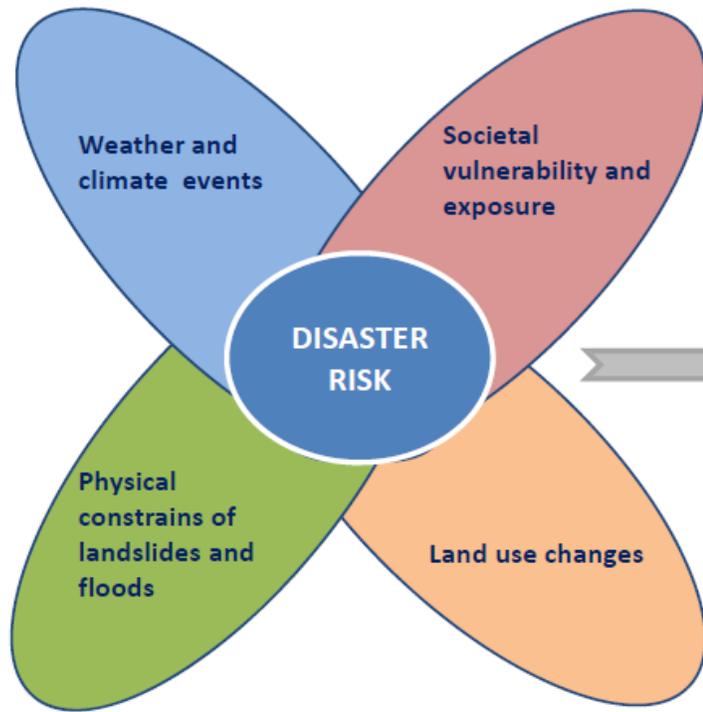
1 Centro de Estudos Geográficos, IGOT, Universidade de Lisboa, Portugal

2 Centro de Investigação e de Tecnologias Agroambientais e Biológicas, CITAB, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal

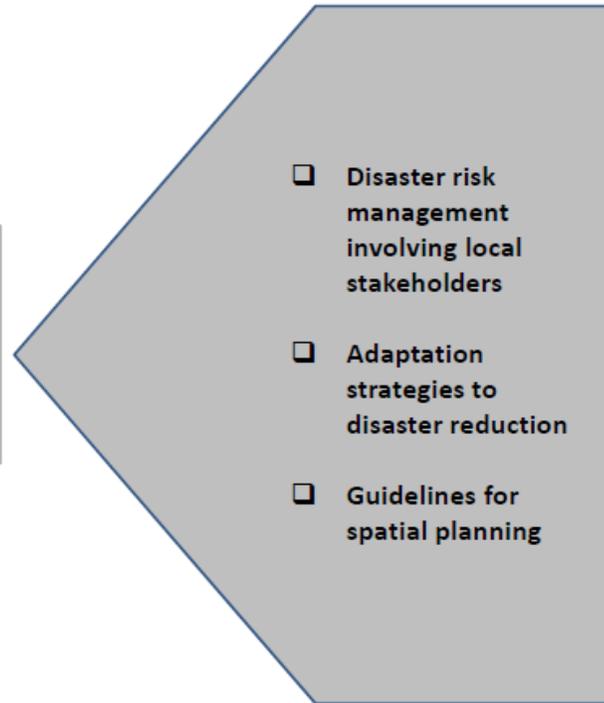
\* [pmpsantos@campus.ul.pt](mailto:pmpsantos@campus.ul.pt)

11-12 de novembro 2019 » Universidade do Minho (Guimarães)

HYDRO-GEOMORPHOLOGIC DISASTER RISK SYSTEM



ADAPTATION AND MITIGATION TO MUNICIPAL LEVEL



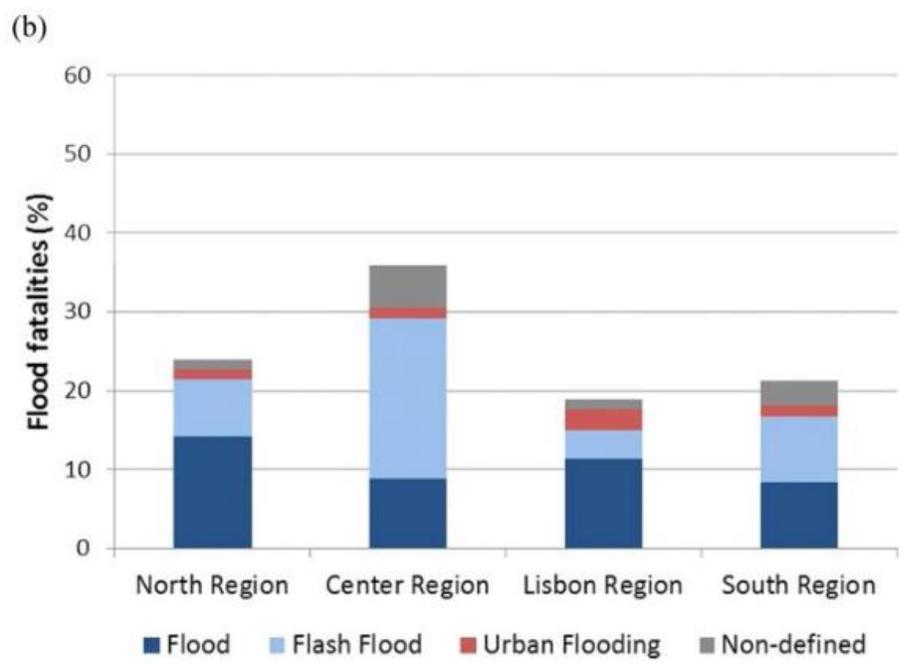
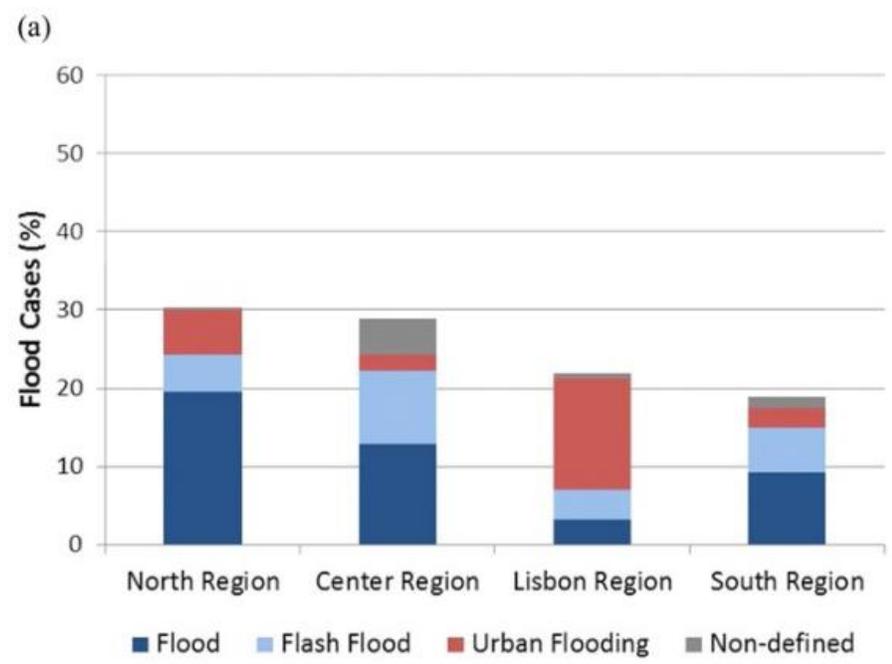
- Disaster risk management involving local stakeholders
- Adaptation strategies to disaster reduction
- Guidelines for spatial planning

**FORLAND -**  
Hydro-geomorphologic risk in Portugal: driving forces and application for land use planning (PTDC/ATPGEO/1660/2014).

Environmental Hazards and Risk Assessment and Management  
www.riskam.ul.pt



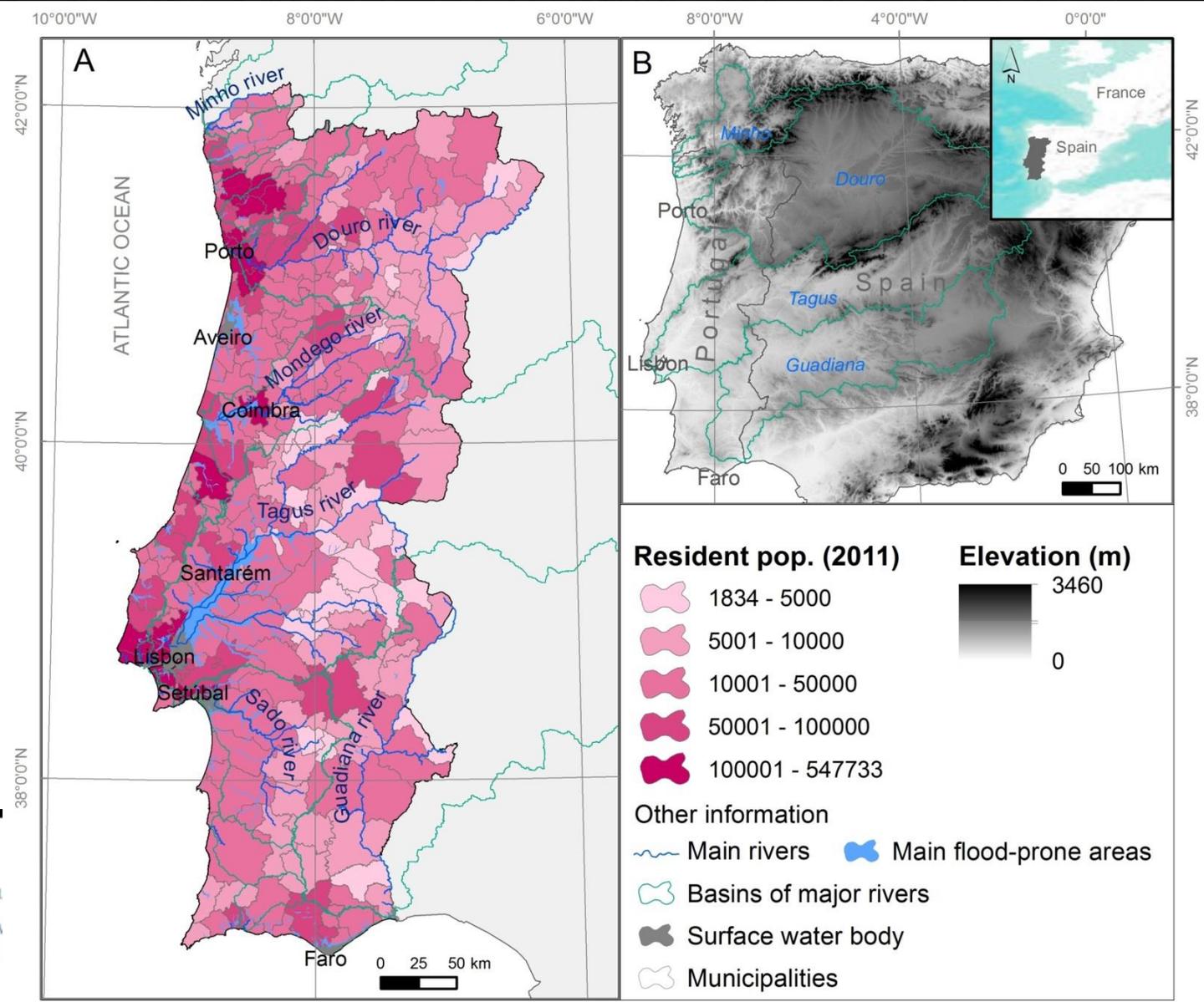
## Contexto geográfico das perdas por cheias



Frequency of flood DISASTER cases (a) and flood mortality (b) by flood type for each Portuguese region in the period of 1865–2010. The flash flood event of November 1967 was not considered.

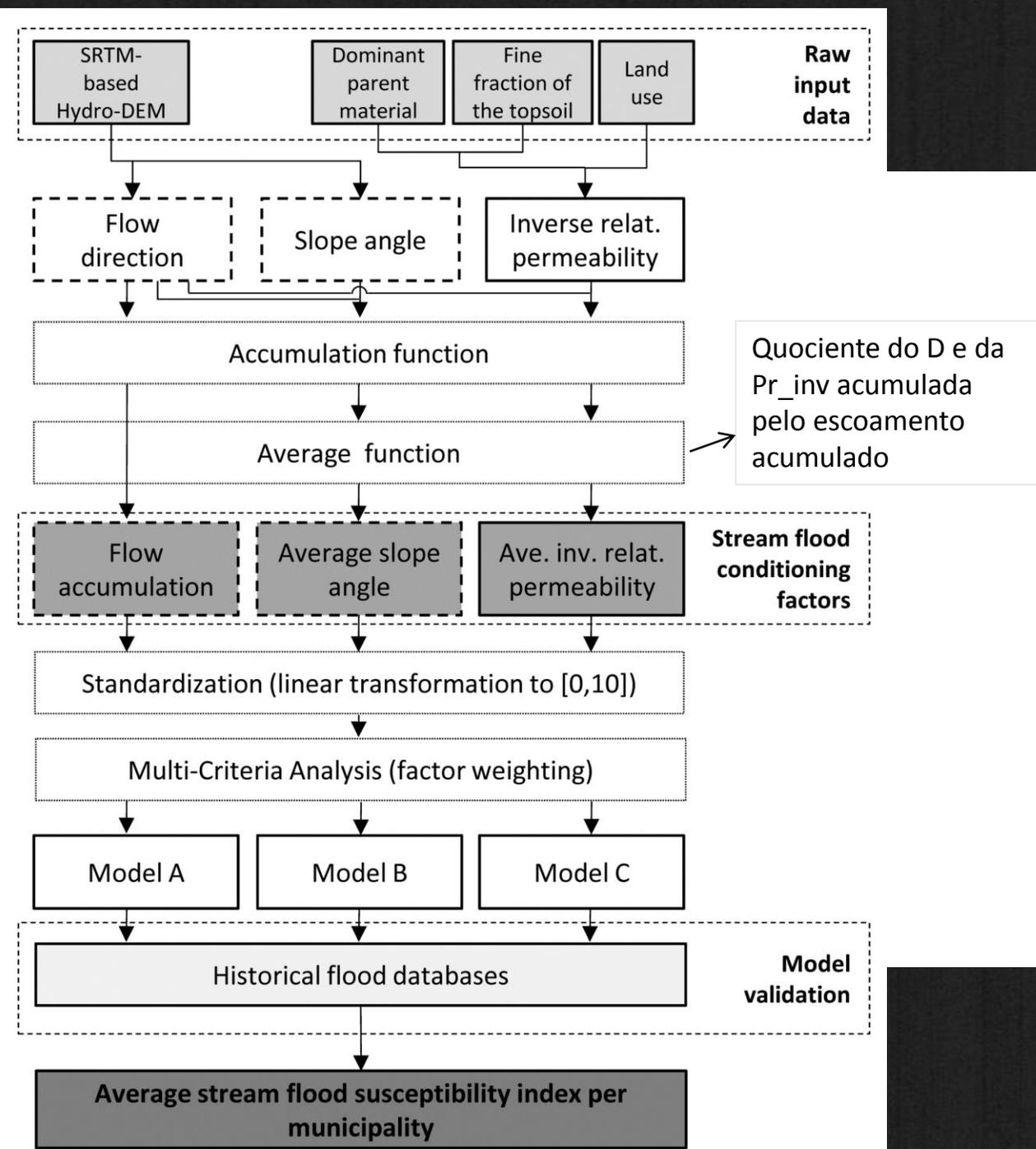
## Contexto geográfico das cheias

*População residente (2011) por município em Portugal continental (A) mapa hipsométrico da Península Ibérica (B).*



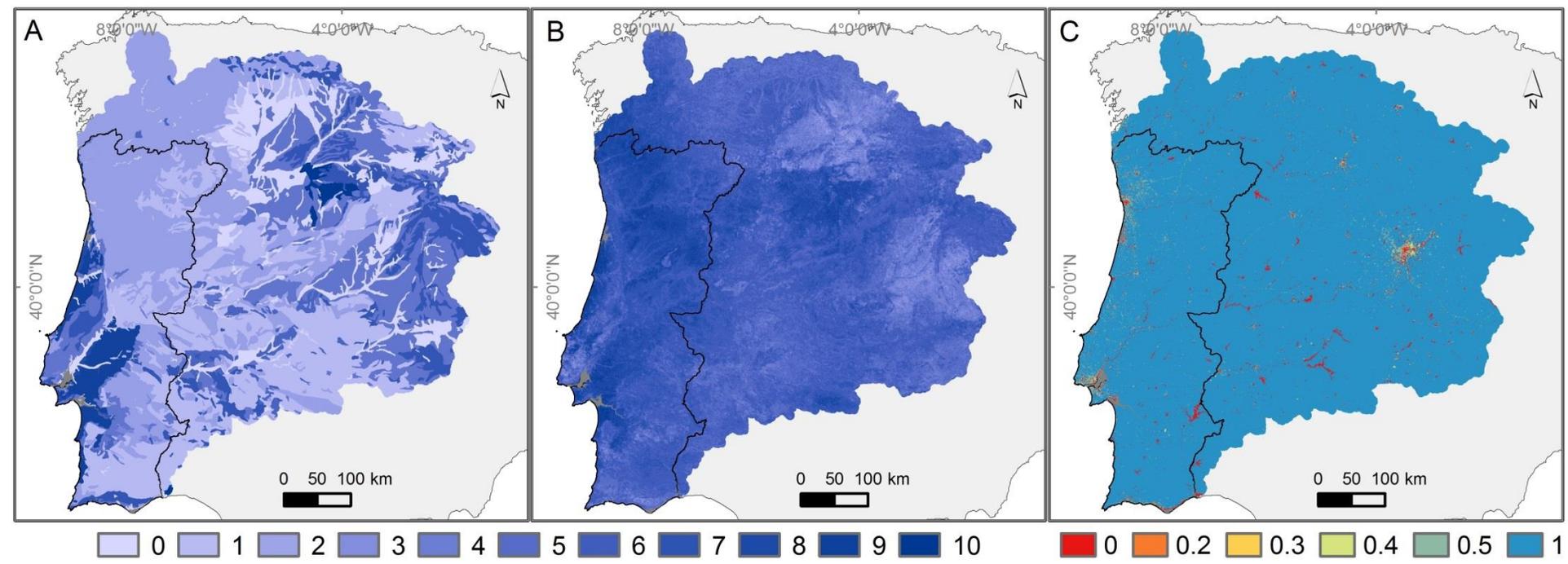
# Metodologia de avaliação da suscetibilidade das linhas de água a cheias

A avaliação de suscetibilidade, baseada no modelo conceptual definido por E. Reis (2011), à escala nacional considera três fatores condicionantes: área de escoamento acumulado, declive e permeabilidade relativa, analisadas com um pixel de 90 m



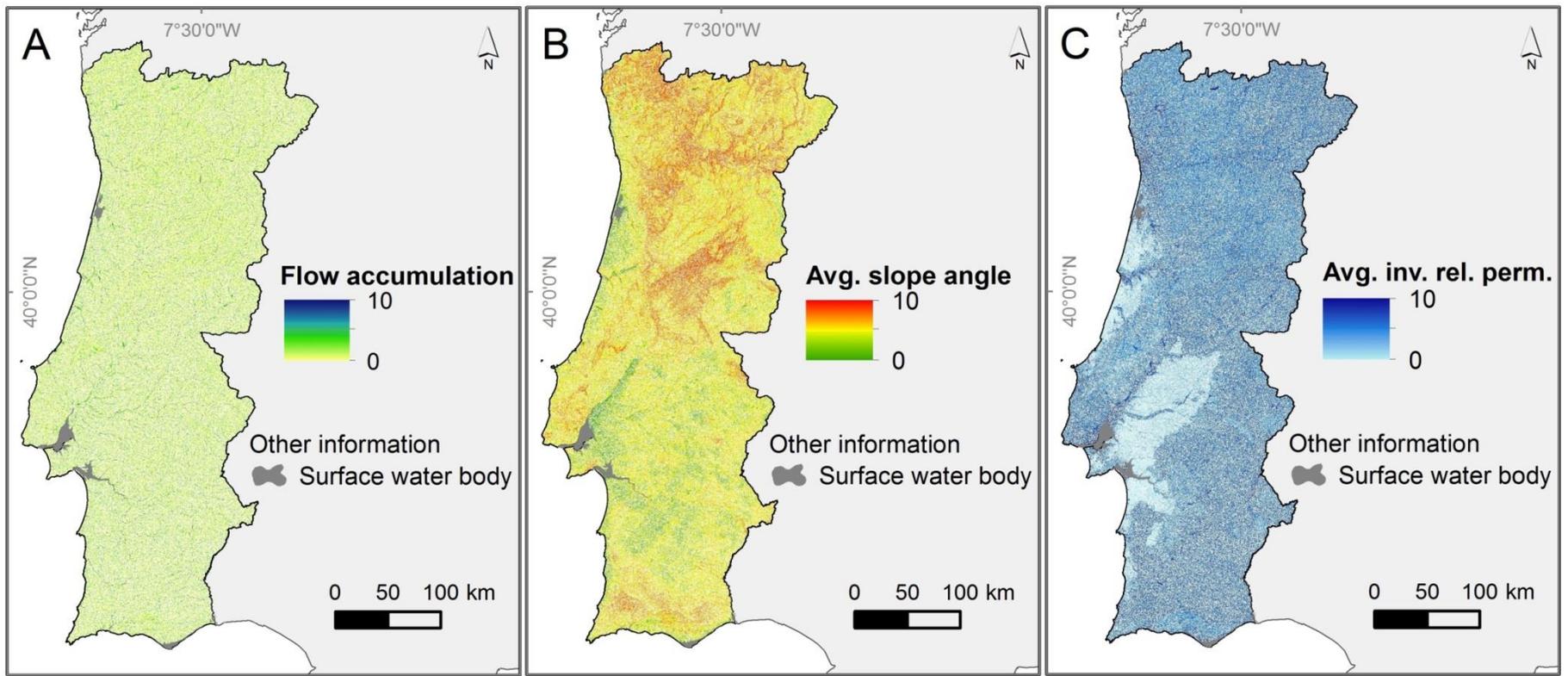
## Informação utilizada na avaliação da permeabilidade relativa média invertida

Valores atribuídos ao *Dominant Parent Material* (A), % de fração final do solo (B) e cobertura do solo (C)



## Fatores condicionantes da susceptibilidade das linhas de água a cheias

Fatores condicionantes: escoamento acumulado (A), declive médio (B) e permeabilidade relativa média invertida (C).



## Cálculo do índice de suscetibilidade das linhas de água a cheia

$$SFS = F_{acc} * w_{F_{acc}} + S_{avg} * w_{S_{avg}} + Prel_{inv}_{avg} * w_{Prel_{inv}_{avg}} \quad (2)$$

Based on previous applications of this methodological approach in weighting flood conditioning factors through this methodology (Jacinto et al., 2014; Santos and Reis, 2018), the following three models were tested at the national scale:

- 1) Model A, with  $w_{F_{acc}} = 0.75$ ,  $w_{S_{avg}} = 0.15$  and  $w_{Prel_{inv}_{avg}} = 0.10$ ;
- 2) Model B, with  $w_{F_{acc}} = 0.80$ ,  $w_{S_{avg}} = 0.10$  and  $w_{Prel_{inv}_{avg}} = 0.10$ ;
- 3) Model C, with  $w_{F_{acc}} = 0.85$ ,  $w_{S_{avg}} = 0.10$  and  $w_{Prel_{inv}_{avg}} = 0.05$ .

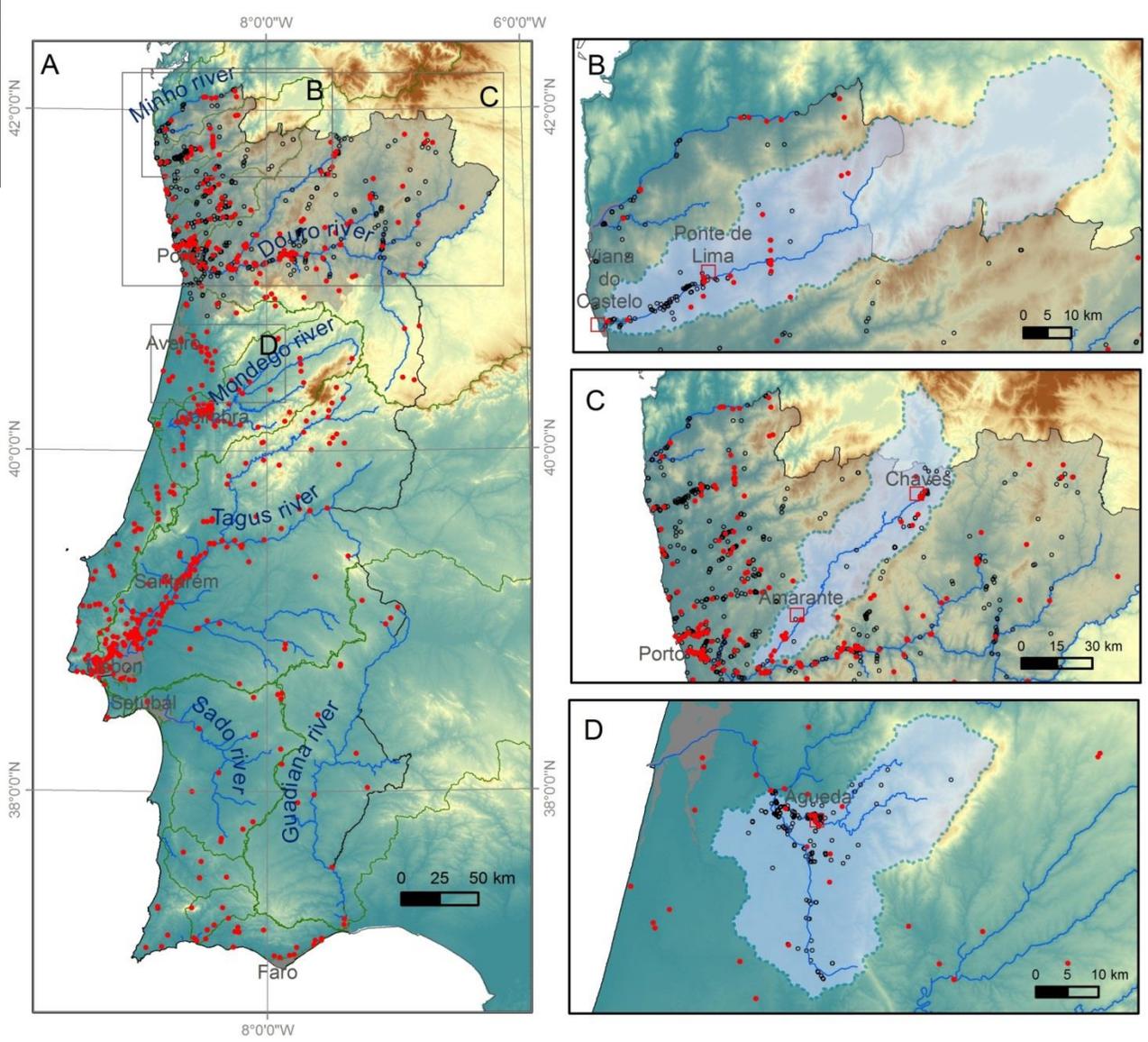
# Áreas de validação das combinações testadas

Com ocorrências DISASTER e ocorrências de unicamente com consequências materiais:

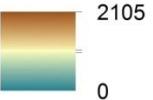
- Bacias hidrográficas dos rios Lima, Tâmega e Águeda;
- NUTS II Norte (Santos *et al.*, 2018)

Com ocorrências DISASTER:

- Portugal continental (Zêzere *et al.*, 2014).



• DISASTER cases  
• Minor flood cases  
 North  
 Validation basins

Elevation (m)  


Other information  
 Main cities in each basin  
 Main rivers  
 Basins of major rivers  
 Surface water body

## Correlação entre modelos testados e os registos históricos

**Table 4**

Pearson correlation coefficients between validation areas and the SFS models A, B and C.

Pearson correlations	Models	Mainland Portugal	North	Lima River basin	Tâmega River basin	Águeda River basin
P1 – number of cells in each SFS class correlated with the number of flood cases per cell	Model A	-0.6402	-0.5962	<b>-0.6725</b>	<b>-0.7597</b>	-0.85228
	Model B	-0.6400	-0.6151	-0.5753	-0.7260	-0.90544
	Model C	<b>-0.6687</b>	<b>-0.6729</b>	-0.3845	-0.6965	<b>-0.99609</b>
P2 – class of SFS, from 1 (very low) to 5 (very high) correlated with the number of flood cases per cell in each SFS class	Model A	<b>0.9131</b>	0.8647	0.9482	<b>0.9387</b>	0.86278
	Model B	0.9094	0.8807	<b>0.9586</b>	0.8953	0.9315
	Model C	0.9098	<b>0.9249</b>	0.9205	0.8154	<b>0.99690</b>

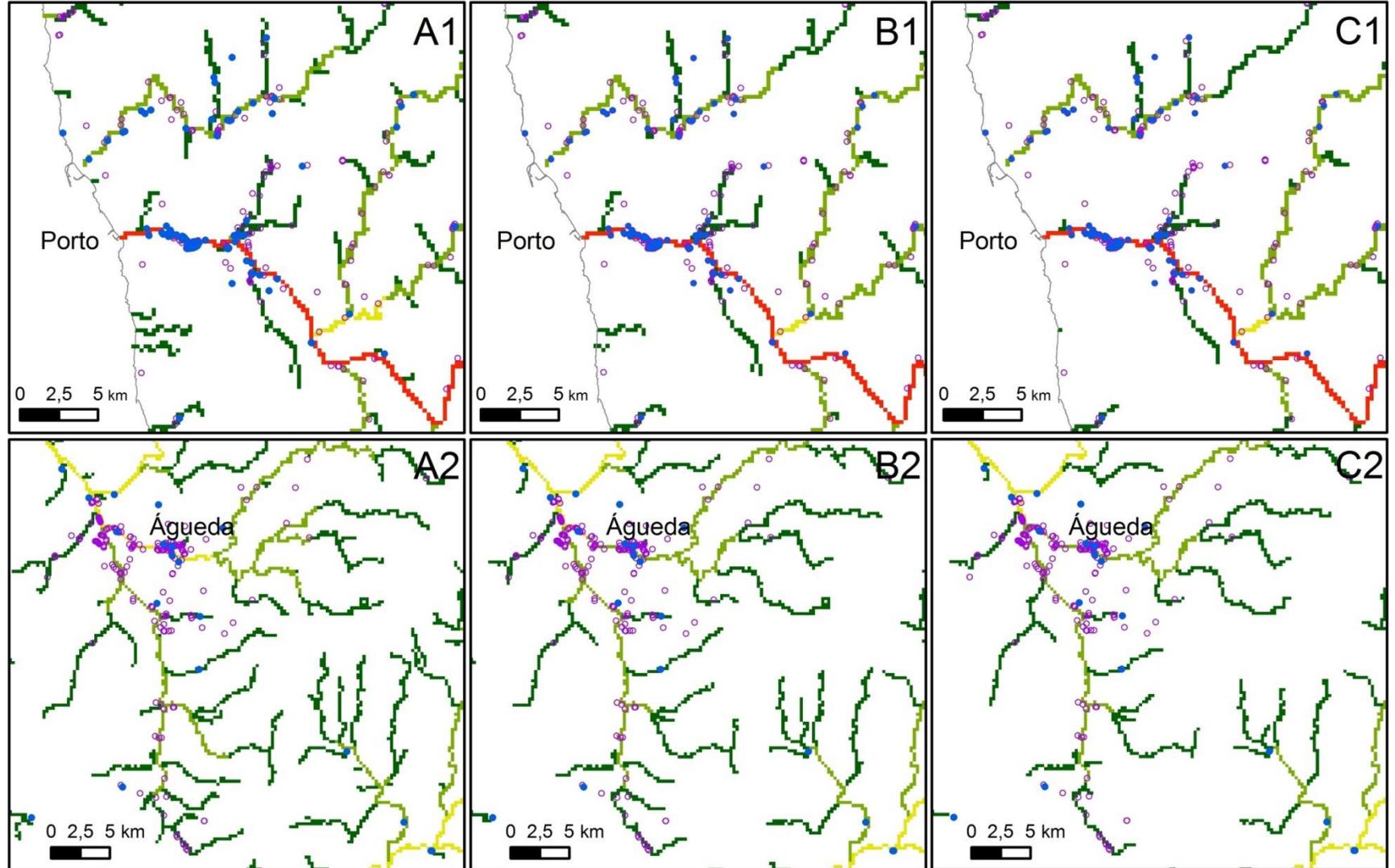
Note: highest correlation coefficients in each validation area are presented in bold.

**Correlação do tipo P1:** quanto menor melhor pois significa que se registam elevado número de ocorrências num número restrito de células de elevada suscetibilidade.

**Correlação do tipo P2:** quanto maior melhor pois significa que se registam elevado número de ocorrências nas classes de suscetibilidade mais elevadas.

Resultados

*Classes of SFS according to models A, B and C near the Douro River mouth (A1, B1 and C1) and on the Águeda River basin (A2, B2 and C2).*



SFS classes  
 Very low Low Moderate High Very high

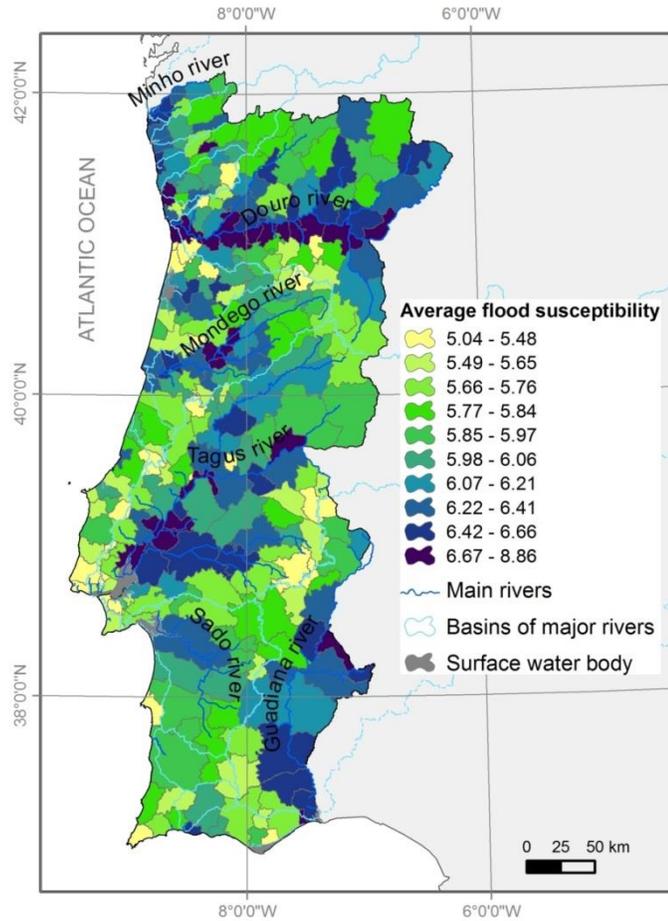
DISASTER flood cases  
 Minor flood cases

## Perfis de risco

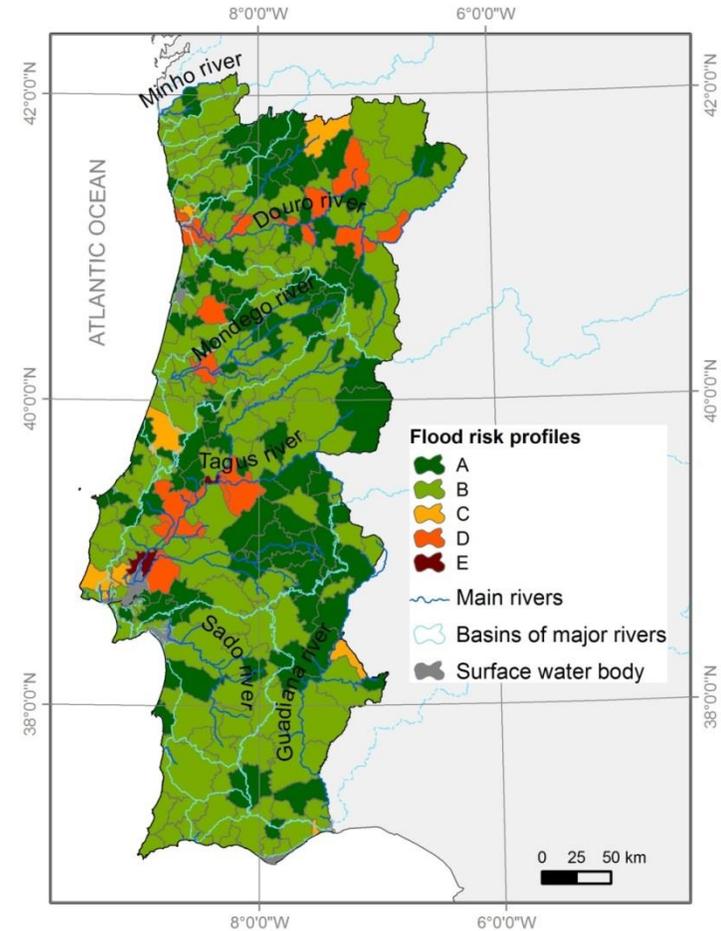
*Classes of average SFS per municipality and classes of DISASTER cases per municipality*

Classes of average SFS per municipality	Classes of DISASTER flood cases per municipality				Nr. of municipalities
	1 - 0 cases	2 - 1 to 9 cases	3 - 10 to 19 cases	4 - 20 to 90 cases	
1 – Very low [5.24, 6[	64	78	4	3	149
2 – Low [6, 7[	39	66	8	5	118
3 – Moderate [7, 8[	1	6	1	1	9
4 – High [8, 9[	1	1	0	0	2
5 – Very high [9, 10]	0	0	0	0	0
<i>No. of municipalities</i>	105	151	13	9	278

Índice de susceptibilidade das linhas de água a cheias médio por município. Classificação em quantis.



**Profiles:**  
**A** – the safest (absence of DISASTER-type cases)  
**B** – few cases, low and very low susceptibility -> high exposure?  
**C and D** – intermediate contexts of susceptibility and losses.  
**E** – Moderate to Very High SFS and extensive record of losses



## Notas finais

- Os resultados fornecem uma diferenciação gradual e detalhada das linhas de água, segundo a dimensão da bacia drenante, do declive médio acumulado e da permeabilidade relativa média acumulada, distinguindo os rios transfronteiriços, regionais e locais.
- A representação da suscetibilidade natural das linhas de água a processos de cheia serve de apoio à decisão quanto à identificação dos troços prioritários para a aplicação de metodologias mais complexas de modelação hidrológica e hidráulica, para caracterização da perigosidade.
- Ao nível da gestão do risco, os resultados permitem identificar os troços prioritários para a elaboração de instrumentos de gestão territorial e de planeamento de emergência, assim como para a execução pontual de medidas estruturais de redução da perigosidade, exposição e/ou vulnerabilidade.

## **Referências bibliográficas:**

Jacinto, R., Grosso, N., Reis, E., Dias, L., Santos, F.D., Garrett, P., 2015. Continental Portuguese Territory Flood Susceptibility Index - contribution to a vulnerability index. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 15, 1907–1919. <https://doi.org/10.5194/nhess-15-1907-2015>.

Pereira, S., Zêzere, J. L., Quaresma, I., Santos, P.P., Santos, M., 2016. Mortality Patterns of Hydro-Geomorphologic Disasters, *Risk Analysis*, 36(6), 1188-1210. <https://doi.org/10.1111/risa.12516>

Reis, E., 2011. Análise de bacias hidrográficas, susceptibilidade à ocorrência de cheias e sistemas de informação geográfica: da definição do quadro conceptual até à proposta de um modelo de avaliação, in: VIII Congresso Da Geografia Portuguesa. Associação Portuguesa de Geógrafos, Lisboa, pp. 1–6.

Santos, M., Fragoso, M., Santos, J.A., 2018. Damaging flood severity assessment in Northern Portugal over more than 150 years (1865-2016). *Natural Hazards* 91(3): 983-1002. <https://doi.org/10.1007/s11069-017-3166-y>.

Santos, P.P., Reis, E., Pereira, S., Santos, M., 2019. A flood susceptibility model at the national scale based on multicriteria analysis. *Science of The Total Environment* 667: 325-337. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.328>.

Santos, P.P., Reis, E., 2017. Stream's flood susceptibility assessment: a cross-analysis between model results and flood losses. *Journal of Flood Risk Management* 11(S2): 1038-1050. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12290>.

This work was financed by national funds through FCT – Portuguese Foundation for Science and Technology, I.P., under the framework of the project FORLAND – Hydro-geomorphologic risk in Portugal: driving forces and application for land use planning (**PTDC/ATPGEO/1660/2014**) and by the research unit **UID/GEO/00295/2019**. Pedro P. Santos is funded by FCT through the project with the reference **CEEIND/00268/2017**.

*Obrigado pela atenção!*

<http://www.ceg.ulisboa.pt/forland/>



Research Group on Environmental Hazard and Risk Assessment and Management  
 Centre for Geographical Studies  
 Institute of Geography and Spatial Planning, Universidade de Lisboa  
<http://riskam.ul.pt/>