

# Perfis municipais de risco de instabilidade de vertentes



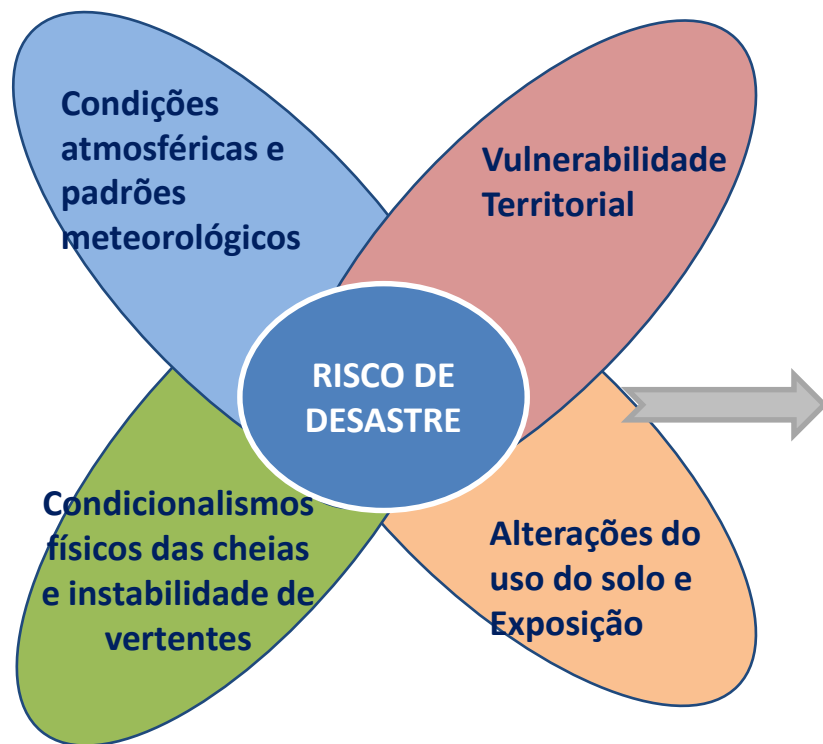
**PEREIRA, Susana<sup>a</sup>; SANTOS, Pedro Pinto<sup>a</sup>; ZÊZERE, José Luís<sup>a</sup>; TAVARES, Alexandre Oliveira<sup>b</sup>; REIS, Eusébio<sup>a</sup>; GARCIA, Ricardo A. C. <sup>a</sup>; OLIVEIRA, Sérgio Cruz<sup>a</sup>**

<sup>a</sup> Centro de Estudos Geográficos, IGOT, Universidade de Lisboa, susana-pereira@campus.ul.pt

<sup>b</sup> Centro de Estudos Sociais, Departamento de Ciências da Terra, Universidade de Coimbra

Riscos hidro-geomorfológicos em Portugal: forçadores e aplicações ao ordenamento do território (PTDC/ATPGEO/1660/2014).

## RISCO DE DESASTRES HIDRO-GEOMORFOLÓGICOS



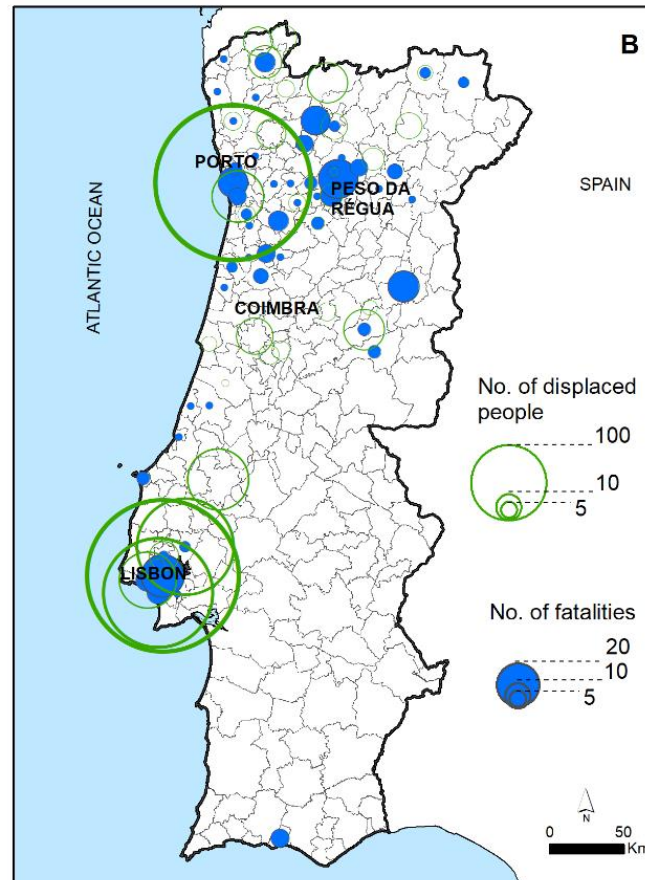
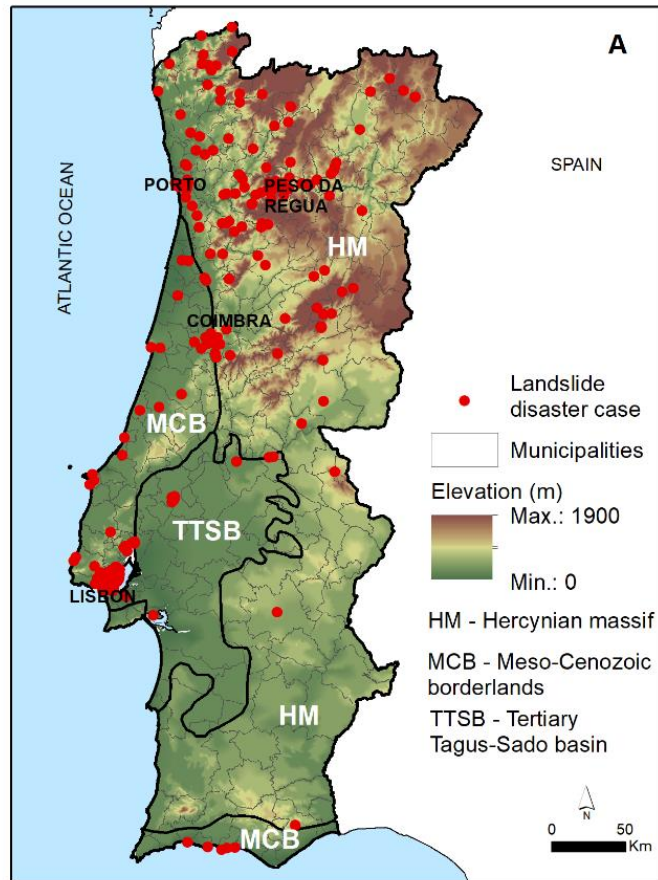
## ADAPTAÇÃO E MITIGAÇÃO AO NÍVEL MUNICIPAL



- Gestão do risco de desastre
- Estratégias de adaptação para a redução dos desastres
- Orientações para o Ordenamento do Território

# Instabilidade de vertentes

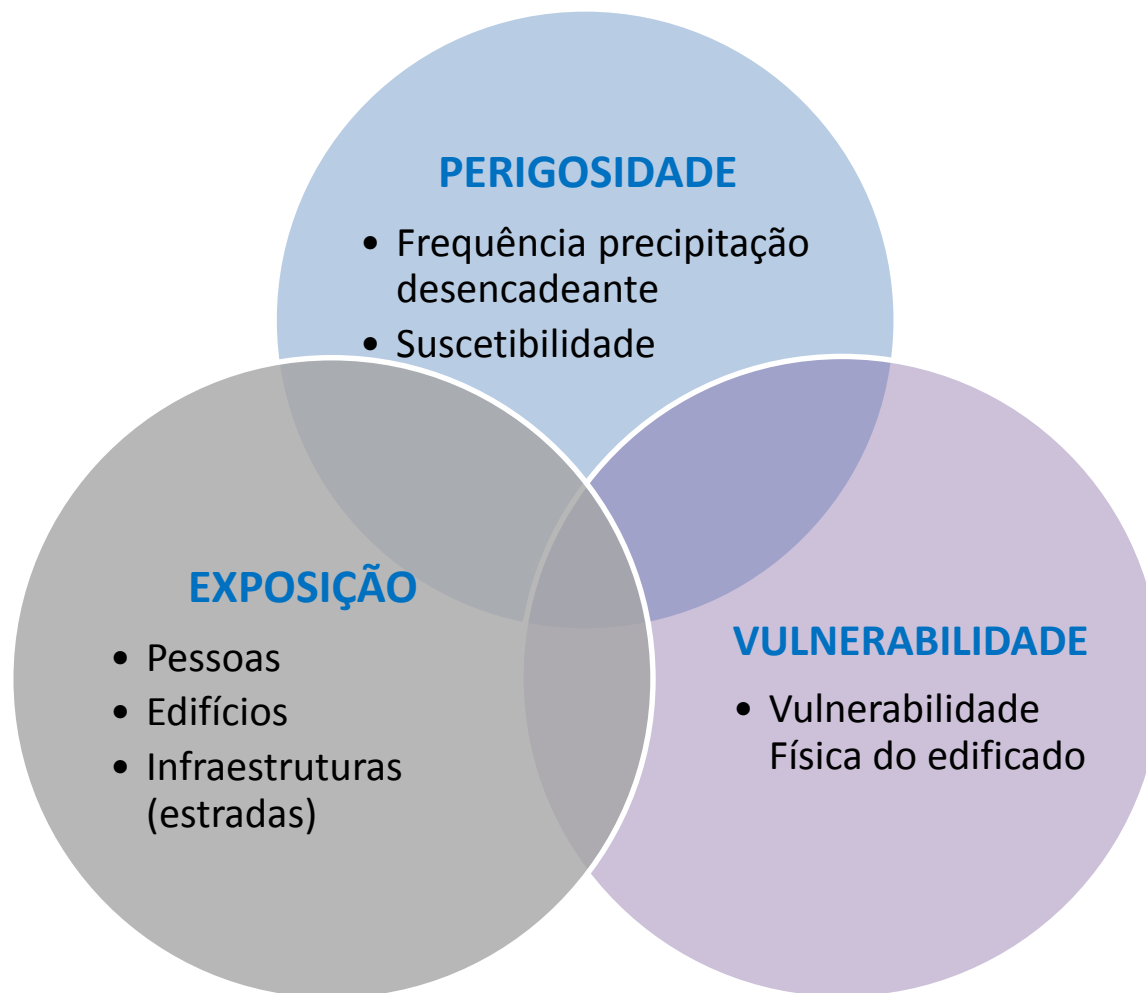
Movimentos de massa em vertentes Disaster (A), número de mortos e desalojados por município (B) no período de 1865-2015.



<b>Nr. Casos Disaster</b>	<b>292</b>
<b>Nr. Mortos</b>	<b>237</b>
<b>Nr. Feridos</b>	<b>434</b>
<b>Nr. Evacuados</b>	<b>823</b>
<b>Nr. Desalojados</b>	<b>1620</b>
<b>Nr. Desaparecidos</b>	<b>15</b>

# Conceptualização do Índice Municipal de Risco (IMR)

$$\text{Índice Municipal de Risco} = (\text{Perigosidade}^{\frac{1}{3}}) * (\text{Exposição}^{\frac{1}{3}}) * (\text{Vulnerabilidade}^{\frac{1}{3}})$$



# Conceptualização do Índice Municipal de Risco (IMR)

$$\text{Índice Municipal de Risco} = (\text{Perigosidade}^{\frac{1}{3}}) * (\text{Exposição}^{\frac{1}{3}}) * (\text{Vulnerabilidade}^{\frac{1}{3}})$$

COMPONENTE	VARIÁVEL AO NÍVEL MUNICIPAL	UNIDADES	CÓDIGO
PERIGOSIDADE	Clima e índice de eventos climáticos extremos (Trigo e DaCâmara, 2000; Santos <i>et al.</i> , 2017)	adimensional	WCE
	Area com valores informativos positivos (>0) resultante do modelo de suscetibilidade do método do Valor Informativo	%	SUSCL
EXPOSIÇÃO	Densidade Populacional	hab./km <sup>2</sup>	PD
	Densidade da rede rodoviária	km/km <sup>2</sup>	RD
VULNERABILIDADE FÍSICA DOS EDIFÍCIOS	Técnica e materiais de construção	Nr. de edifícios por classe	CM
	Placa de reforço	Nr. de edifícios por classe	RS
	Número de pisos	Nr. de edifícios por classe	NF
	Estado de conservação	Nr. de edifícios por classe	CS

Todas as variáveis de entrada direta no cálculo do IMR são normalizadas ao intervalo [0, 1]

# Suscetibilidade

## Dados e Métodos

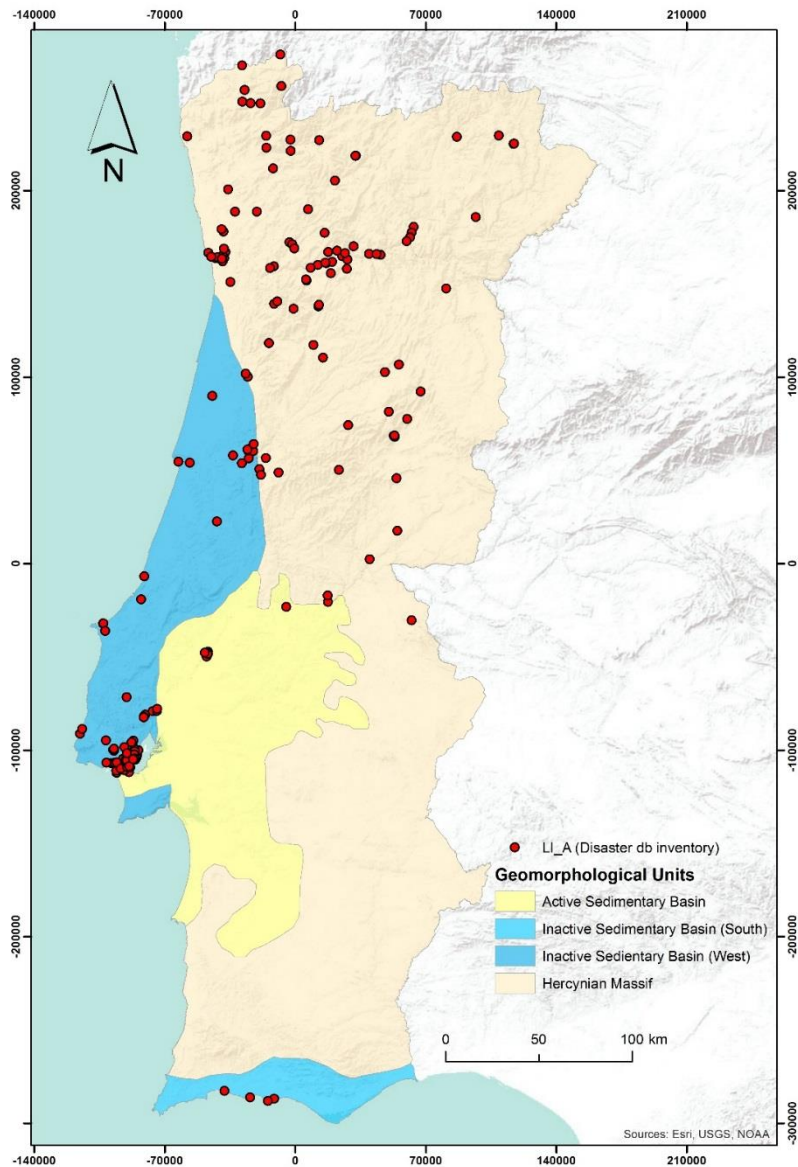
- Inventário(s) de movimentos de massa em vertentes
- Base de dados cartográfica com fatores de predisposição da instabilidade
- Método (estatístico) para ponderação dos fatores de predisposição classificados: Valor Informativo

$$I_i = \ln \frac{S_i}{N_i} / \frac{S}{N}$$

$$I_j = \sum_{i=0}^m X_{ij} I_i$$

- Modelação com células de 25 m<sup>2</sup>
- Validação com Taxas de Sucesso e Taxas de Predição + AUC (Área Abaixo da Curva)

# Suscetibilidade



## INVENTÁRIO A – Movimentos de massa em vertentes da base de dados DISASTER (235 movimentos)

### Critérios:

Movimentos de massa em vertentes que provocaram mortos, feridos, desaparecidos, evacuados ou desalojados.

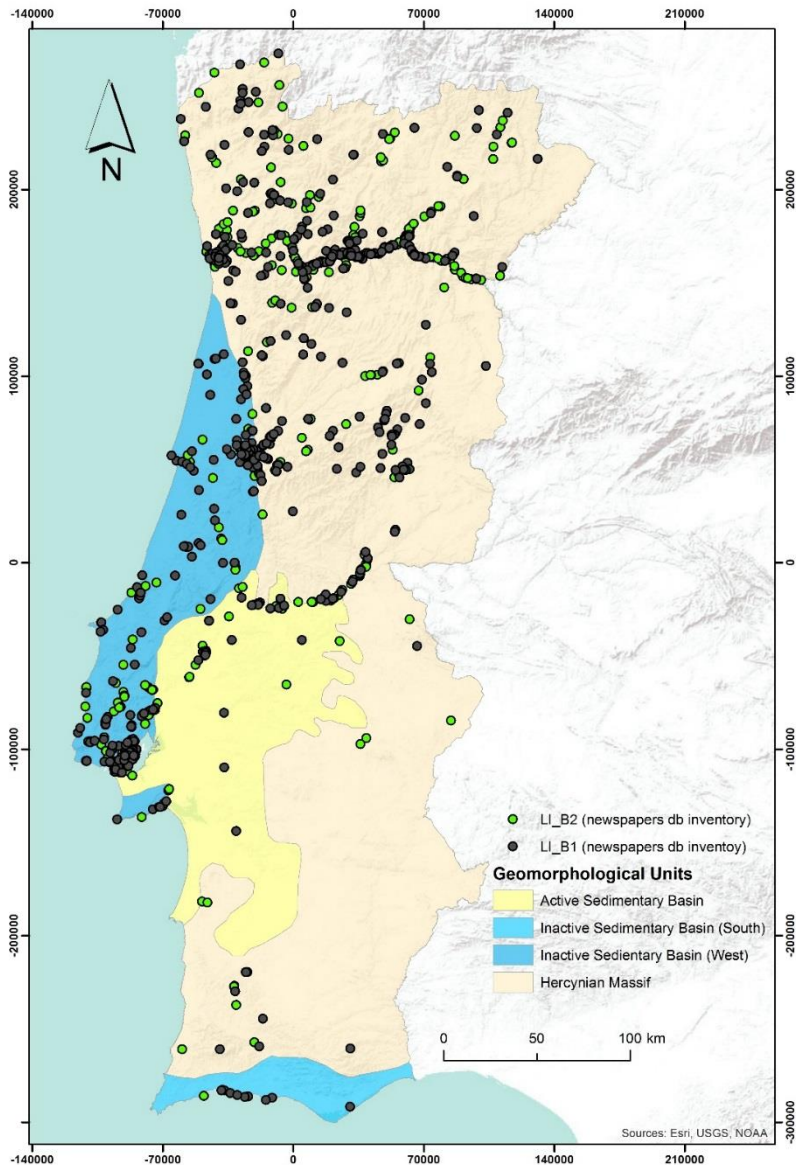
Resolução temporal: excelente

Resolução espacial: média

Fonte dos dados: jornais

Período: 1865 - 2010

# Suscetibilidade



**INVENTÁRIO B – Movimentos de massa em vertentes reportados em jornais (1421 movimentos)**

**B1 (1865-1959) = 766 movimentos**

**B2 (1960-2010) = 655 movimentos**

## **Crítérios:**

Movimentos de massa em vertentes reportados em jornais.

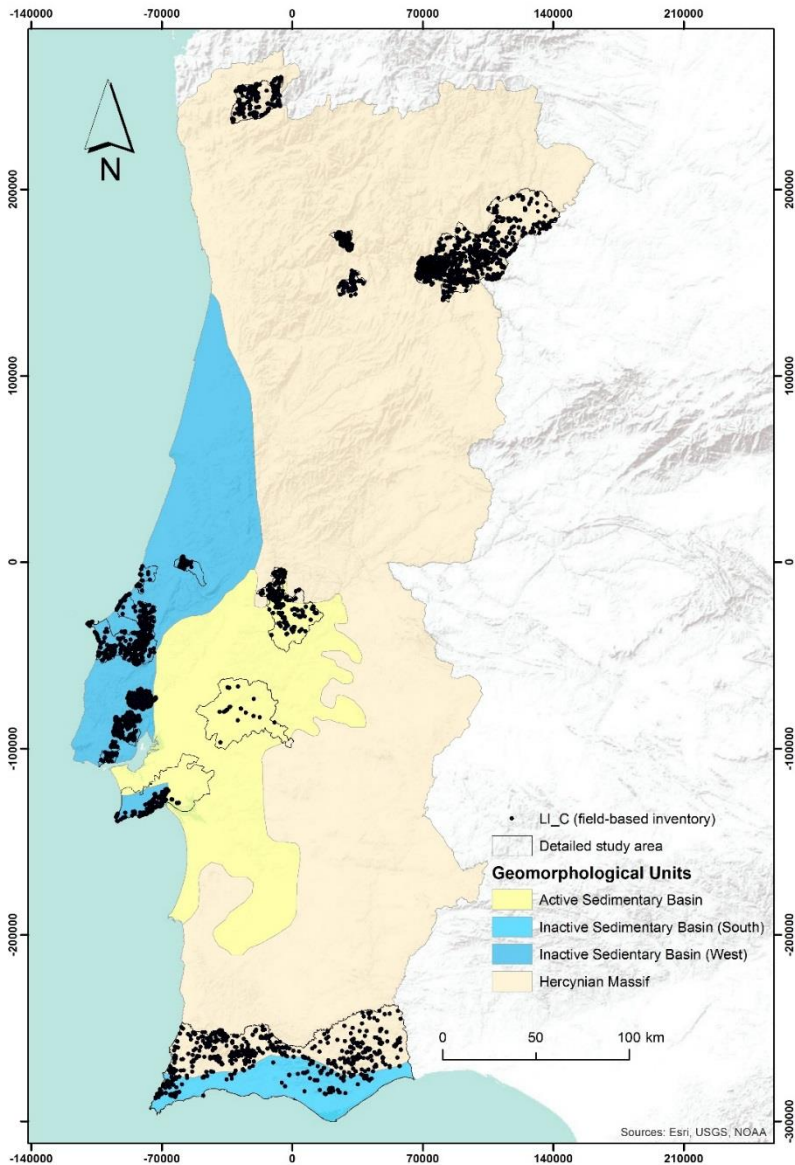
Resolução temporal: excelente

Resolução espacial: média

**Fonte dos dados:** jornais

**Período:** 1865 - 2010

# Suscetibilidade



**INVENTÁRIO C** – Inventário detalhado (**7387** movimentos de massa em vertentes) obtido numa **área-amostra** (14 subáreas). Área-amostra = 11.547 km<sup>2</sup> (13% da superfície de Portugal Continental)

## **Critério:**

Movimentos identificados por foto-interpretação e trabalho de campo

Resolução temporal: baixa

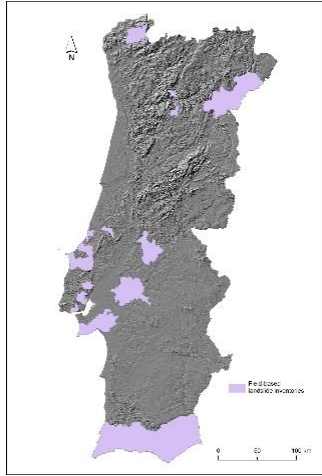
Resolução espacial: muito boa

**Fonte dos dados:** RISKAM – IGOT - ULisboa

**Período:** ~1950 - 2015

# Suscetibilidade

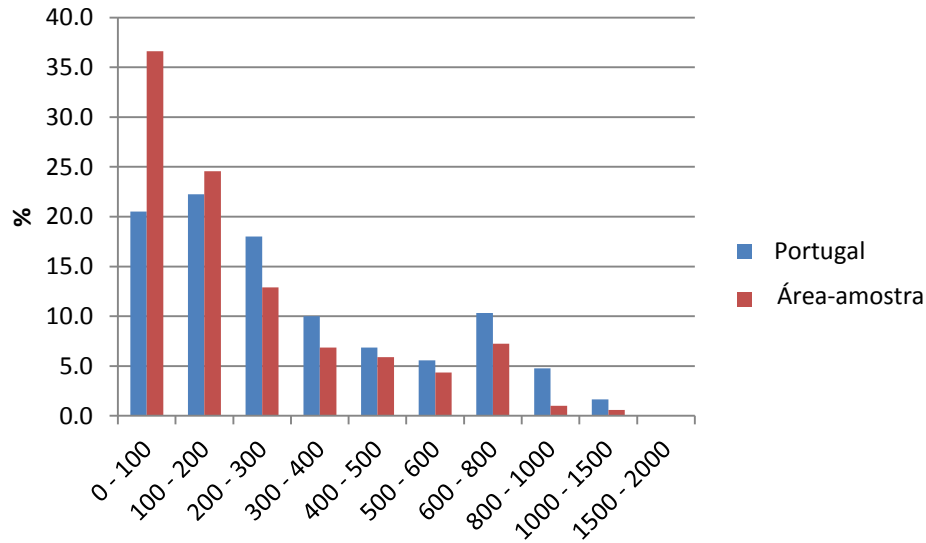
## Representatividade da área-amostra do inventário C



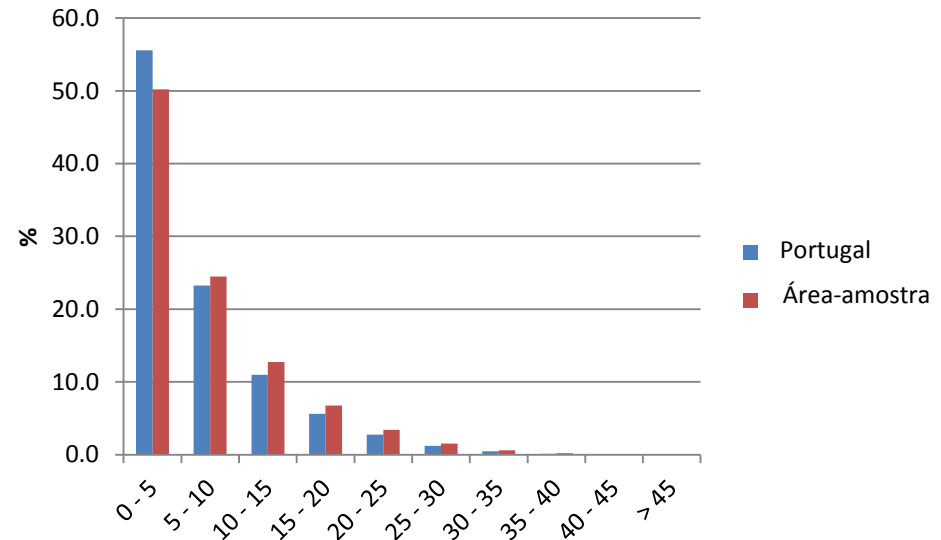
Portugal continental = 25 unidades litológicas

Área-amostra = 23 unidades litológicas

### Altitude

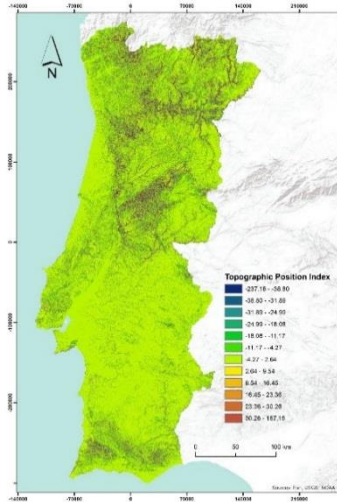
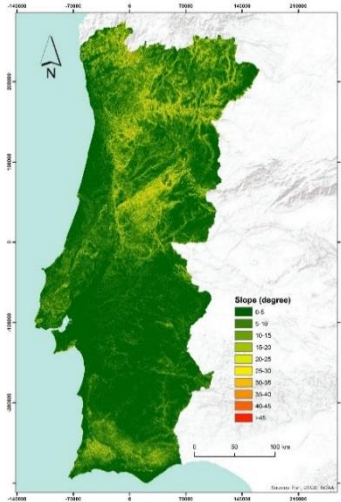
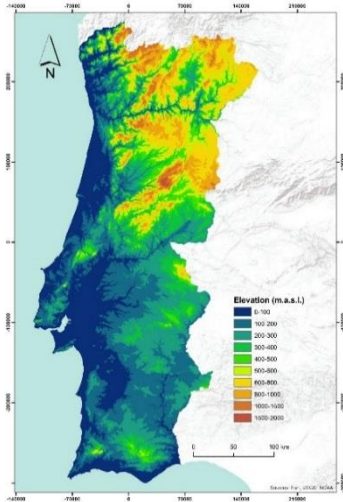


### Declive

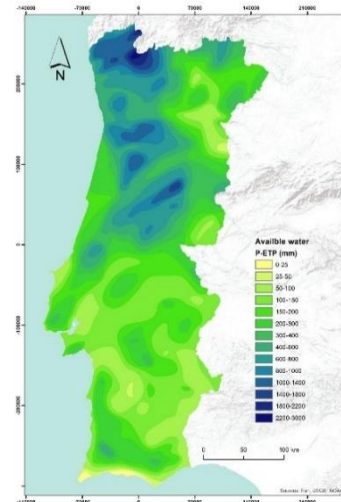
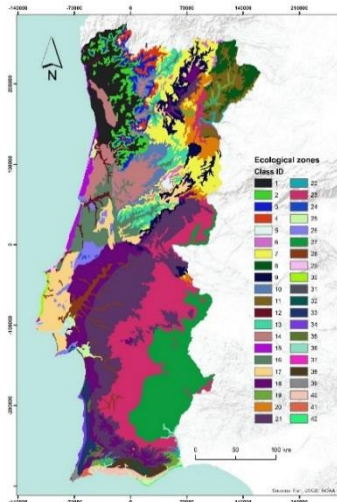
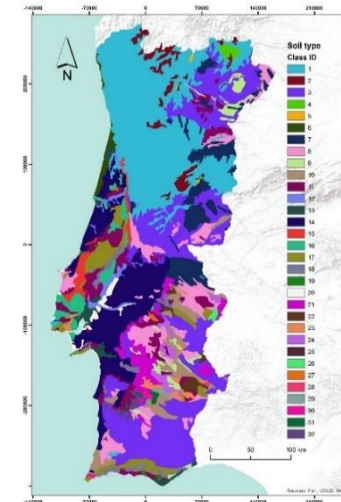
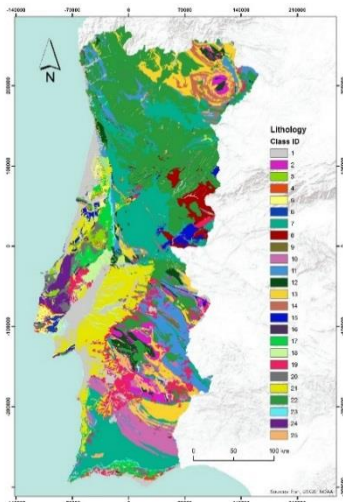


# Suscetibilidade

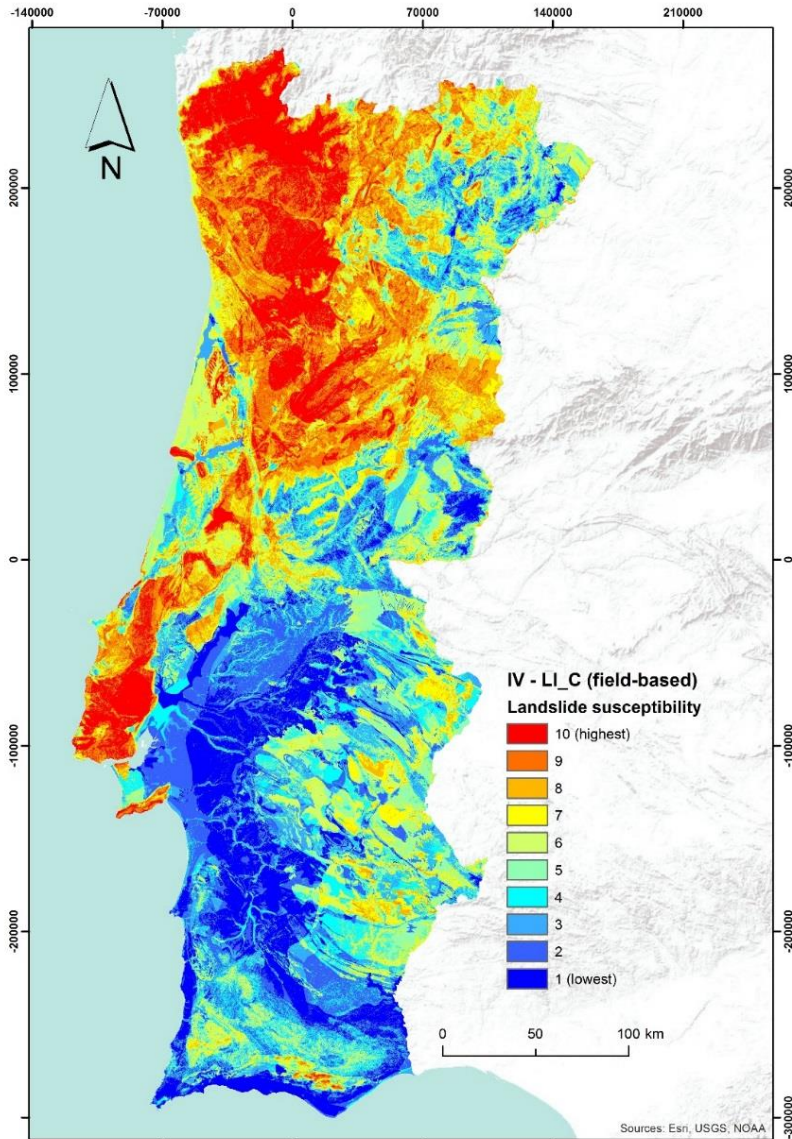
## Fatores de predisposição da instabilidade de vertentes



Altitude;  
Declive;  
Índice de Posição Topográfica (TPI);  
Litologia;  
Tipo de solo;  
Unidades ecológicas;  
Água disponível (P-ETP)



# Suscetibilidade



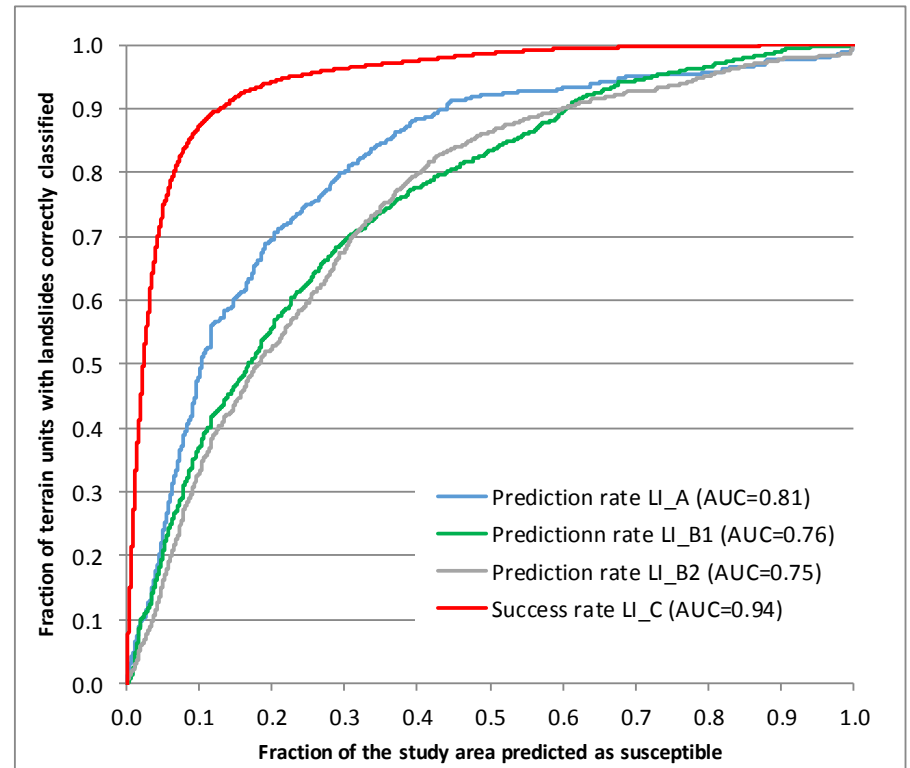
	A	B1	B2	C
AUC	0.81	0.76	0.75	0.94

## Mapa de suscetibilidade a movimentos de massa em vertentes

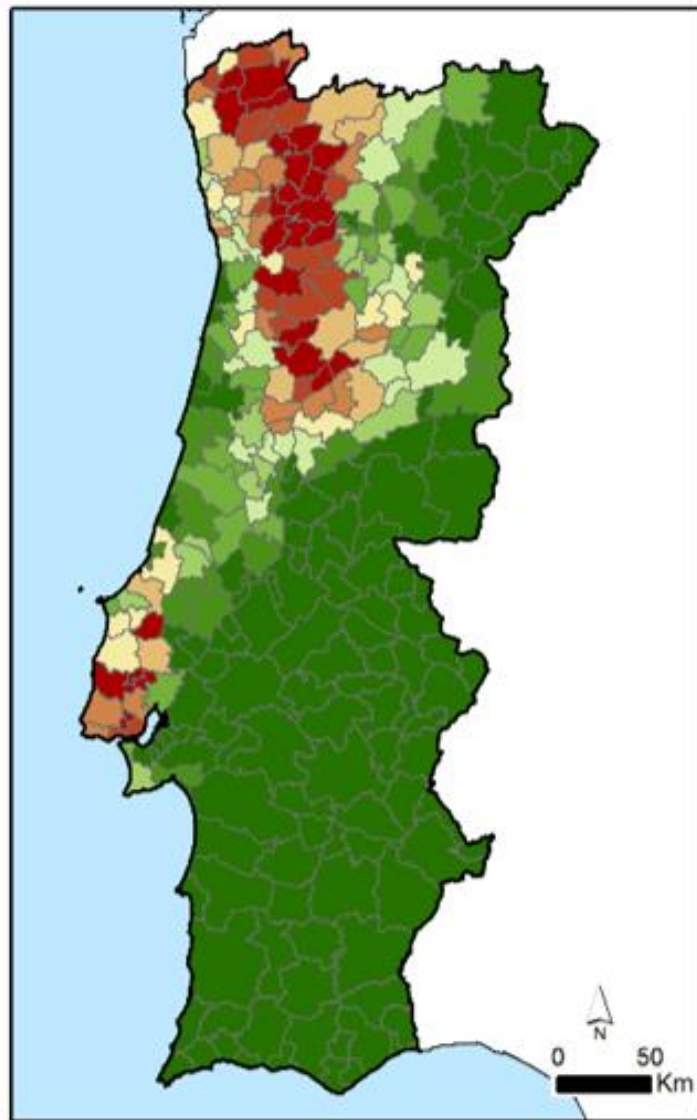
Método: Valor Informativo

Positivos: Inventário C (7387 movimentos) – Área-amostra

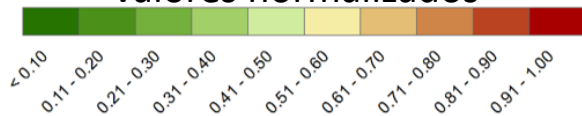
Extrapolação dos scores das classes dos fatores à totalidade do território



# Suscetibilidade



Valores normalizados

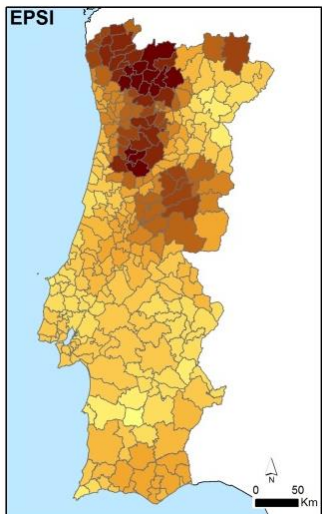
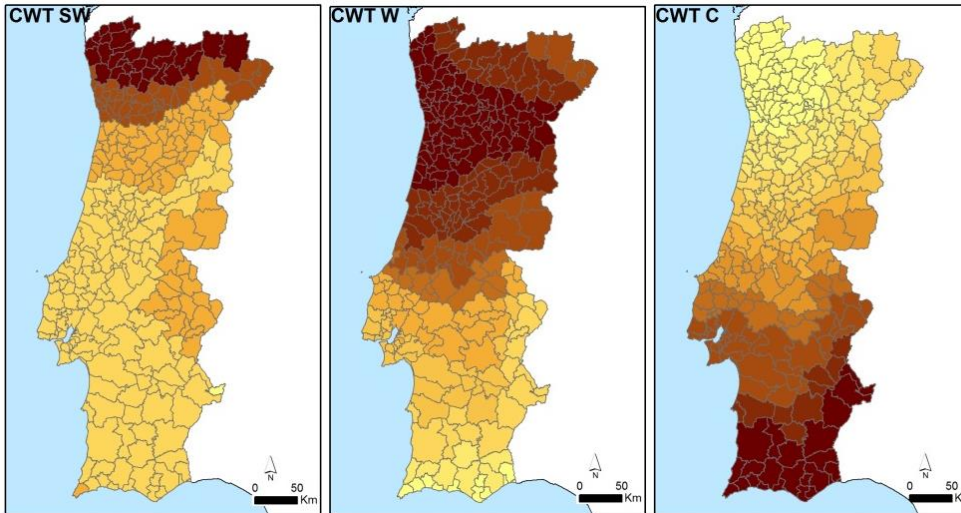


## Expressão municipal da suscetibilidade à instabilidade de vertentes

% da área do município com propensão à ocorrência de movimentos de massa em vertentes (Valor Informativo > 0)

cod_conc	HAZARD
PAREDES DE COURA	0.98
VIEIRA DO MINHO	0.98
FAFE	0.97
PONTE DA BARCA	0.95
ARCOS DE VALDEVEZ	0.95
PÓVOA DE LANHOSO	0.94
PONTE DE LIMA	0.94
CABECEIRAS DE BASTO	0.93
MARCO DE CANAVES	0.93
VIZELA	0.93
CELORICO DE BASTO	0.92
BAIÃO	0.91
FELGUEIRAS	0.90
AMARANTE	0.89
VOUZELA	0.89
TERRAS DE BOURO	0.88
MONDIM DE BASTO	0.88
CARREGAL DO SAL	0.88
LOUSADA	0.87
CINFÃES	0.87
PENAFIEL	0.87
AMARES	0.87
TONDELA	0.87
OLIVEIRA DE FRADES	0.85
AROUCA	0.85

# Clima e Índice de Eventos Climáticos (WCE)



Frequência anual de Tipos de Circulação Atmosférica (Trigo e Da Câmara, 2002)

associados a eventos de desastre:

- Sudoeste (SW)
- Oeste (W)
- Ciclónico (C)

Índice de Suscetibilidade a Precipitação Extrema – ISPE (EPSI em inglês) (Santos *et al.*, 2017)

Valores normalizados

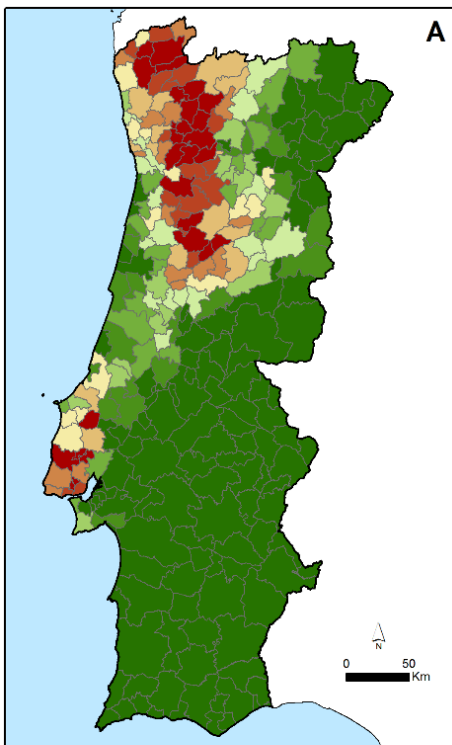


Os forçadores climáticos são representados pelo Índice de Eventos Climáticos (WCE)

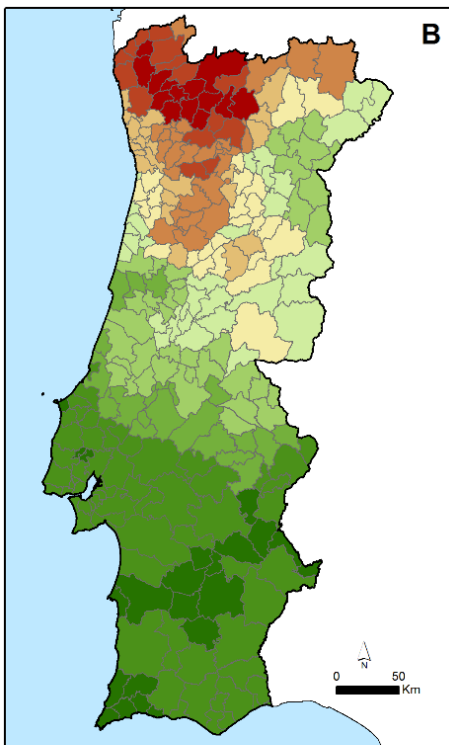
$$WCE = 0,3SW + 0,3W + 0,1C + 0,3ISPE$$

# Perigosidade

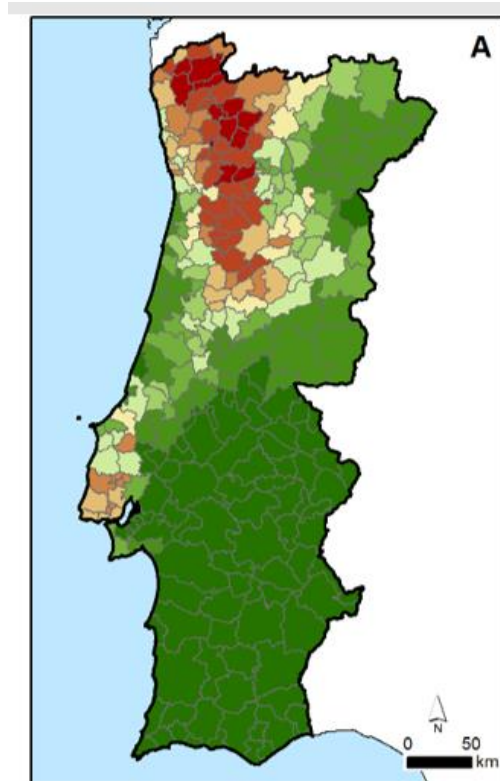
Suscetibilidade (S)



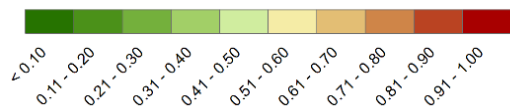
Forçadores climáticos (FC)



Perigosidade



Normalized values



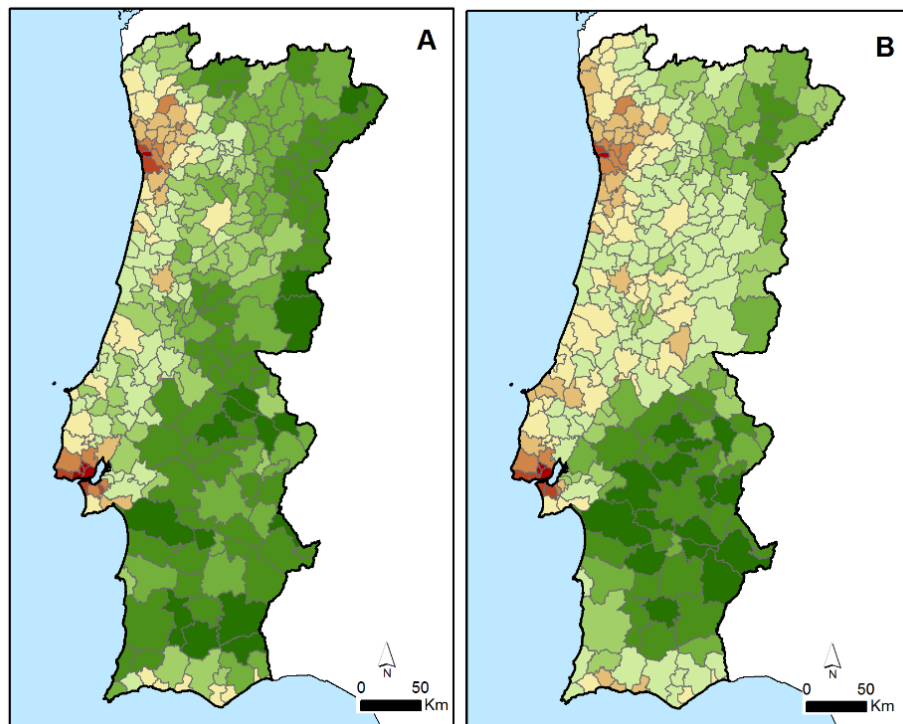
$$\text{Perigosidade} = 0.75 S * 0.25 FC$$

# Exposição

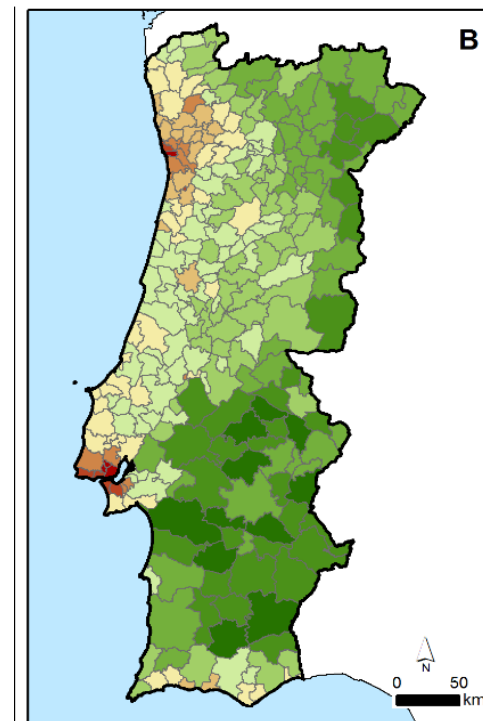
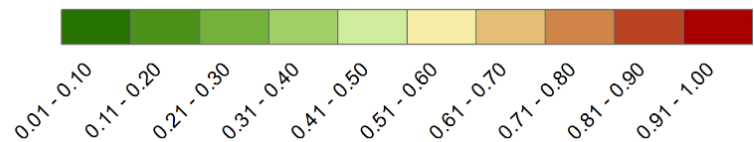
Densidade Populacional (DP)

Densidade da rede rodoviária (DR)

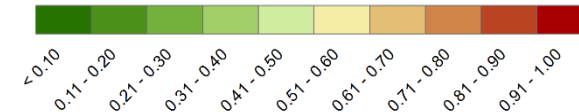
Exposição



Normalized values



Normalized values



$$\text{Exposição} = 0.5 \text{ DP} * 0.5 \text{ DR}$$

# Vulnerabilidade Física dos edifícios

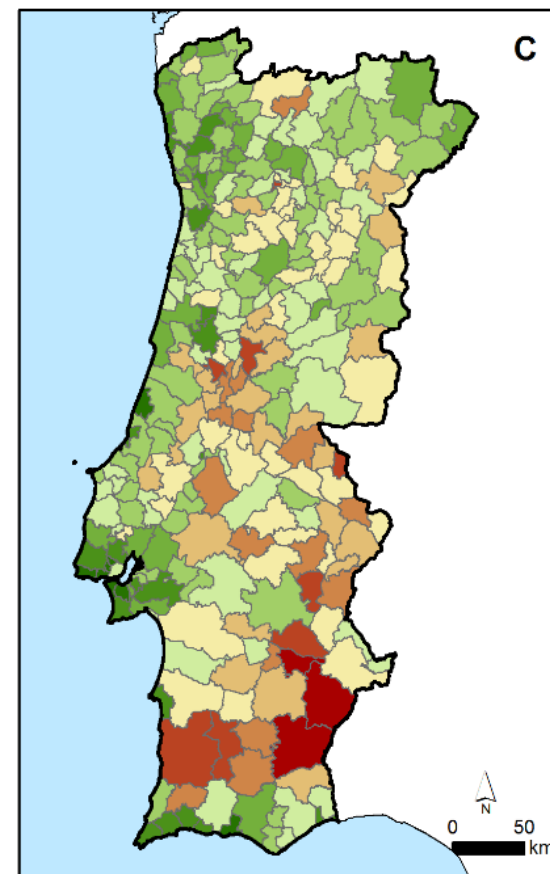


Variável	Peso da variável (0-1)	Classes da variável	Peso das classes (0-1)
<b>Técnica e materiais de construção (CM)</b>	0.6	Betão armado	1
		Parede de tijolo ou pedra	0.6
		Adobe	0.2
		Outros materiais	0.1
<b>Placa de reforço (RS)</b>	0.2	Com placa de reforço	1
		Sem placa de reforço	0.2
<b>Número de pisos (NF)</b>	0.1	1 ou 2 pisos	0.7
		> 2 pisos	1
<b>Estado de conservação (CS)</b>	0.1	Data de construção <1919	0.3
		Data de construção >1919<1961	0.5
		Data de construção >1961 <1991	0.7
		Data de construção >1991	1

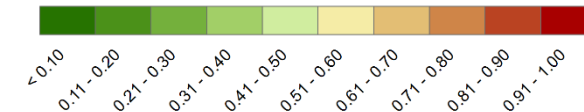
Ponderação das classes da variável baseada em Silva e Pereira, 2014

Cálculo da VF por município corresponde a uma média ponderada

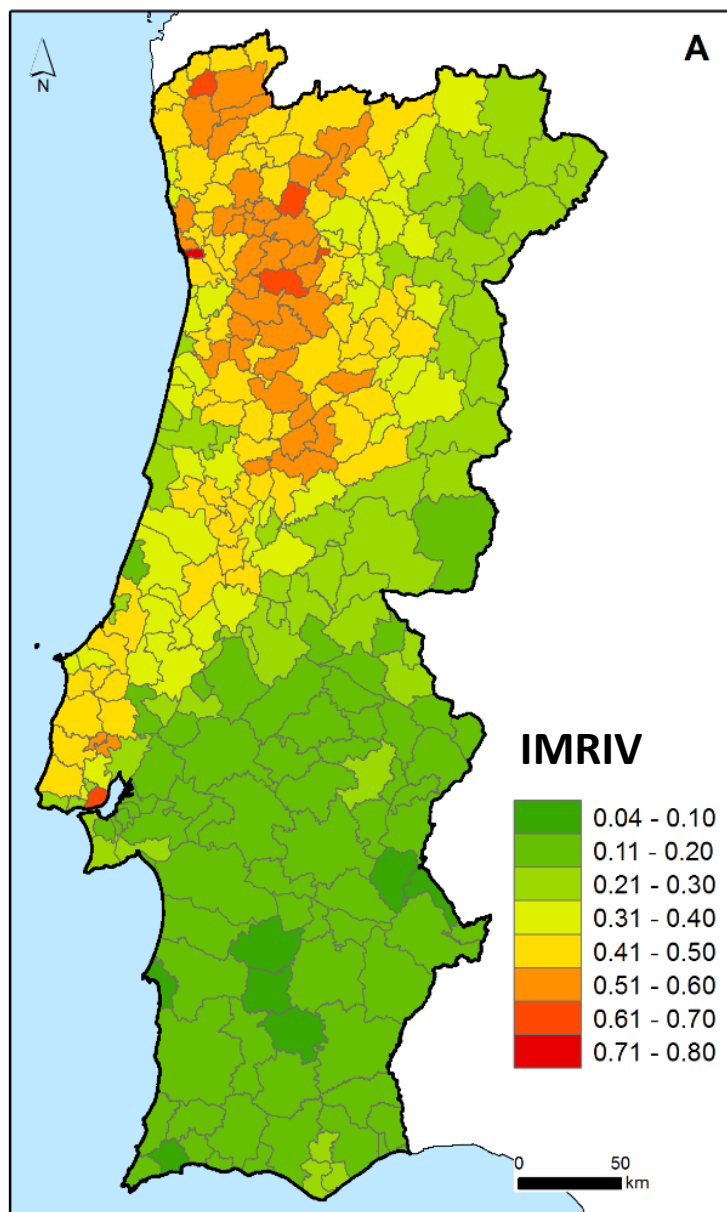
## Vulnerabilidade Física



Normalized values

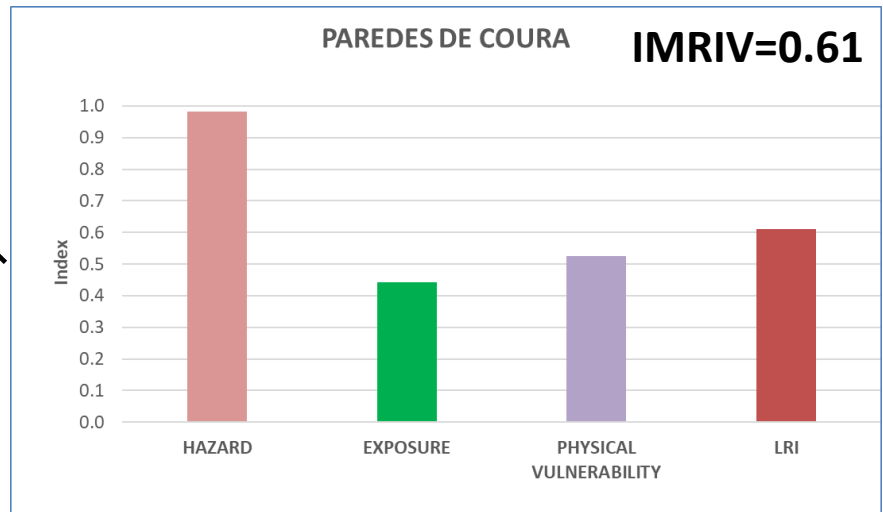
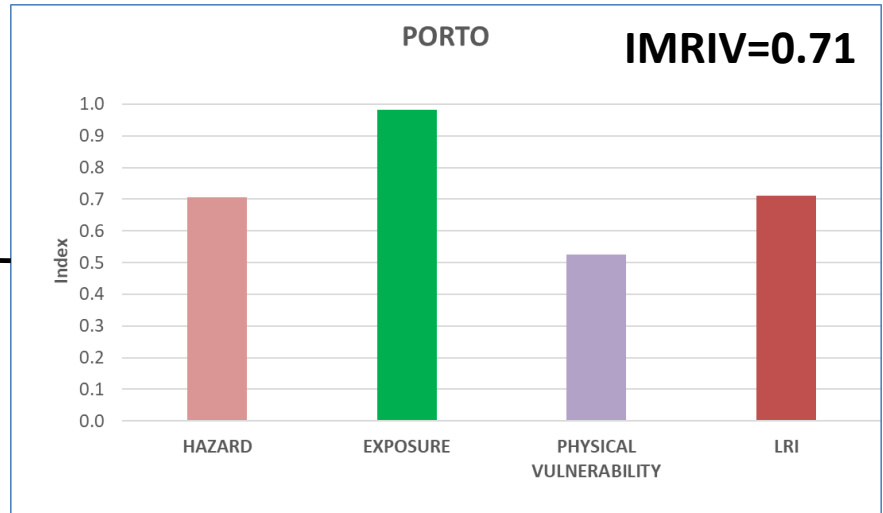
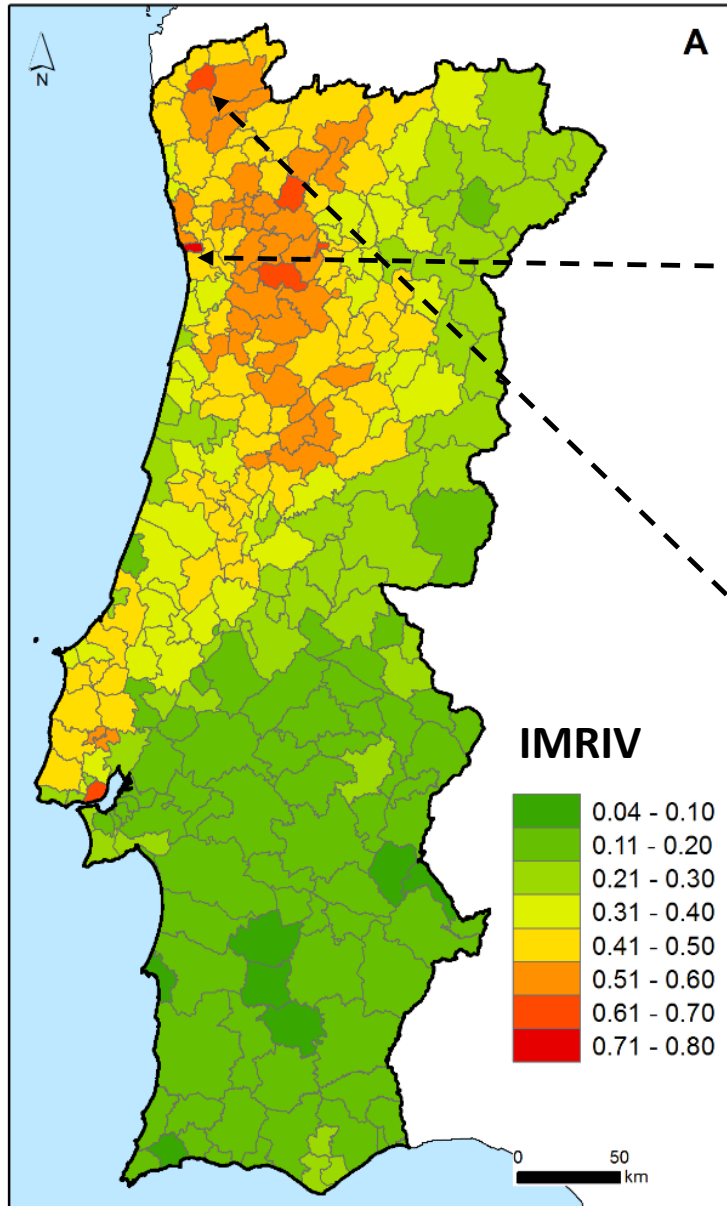


# Índice Municipal de Risco (IMR)

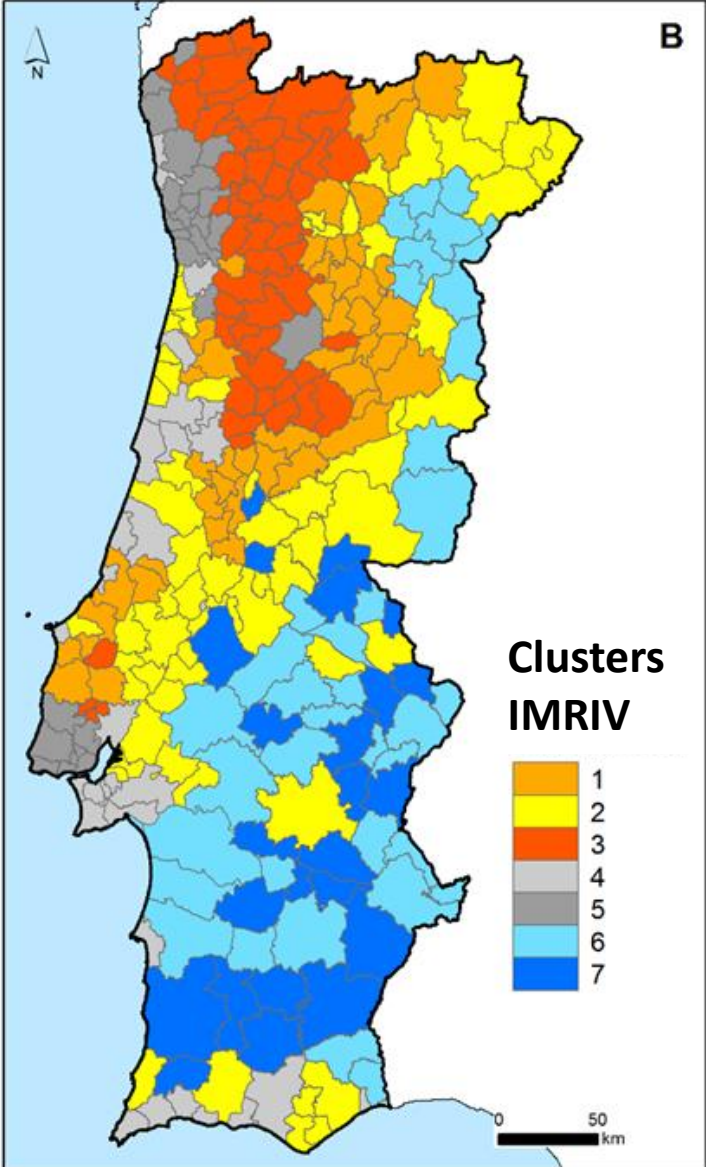


cod_conc	IMRIV
PORTO	0.71
LISBOA	0.69
MESÃO FRIO	0.63
PAREDES DE COURA	0.61
CELORICO DE BASTO	0.61
CINFÃES	0.61
PENAFIEL	0.60
ARRUDA DOS VINHO	0.59
MARCO DE CANAVES	0.58
PAÇOS DE FERREIRA	0.58
PONTE DE LIMA	0.57
SEVER DO VOUGA	0.57
SOBRAL DE MONTE A	0.56
TÁBUA	0.56
PONTE DA BARCA	0.55
VIZELA	0.55
AMARANTE	0.55
VOUZELA	0.55
CARREGAL DO SAL	0.55
GUIMARÃES	0.55
VALE DE CAMBRA	0.55
CASTRO DAIRE	0.55
OLIVEIRA DO HOSPIT	0.55

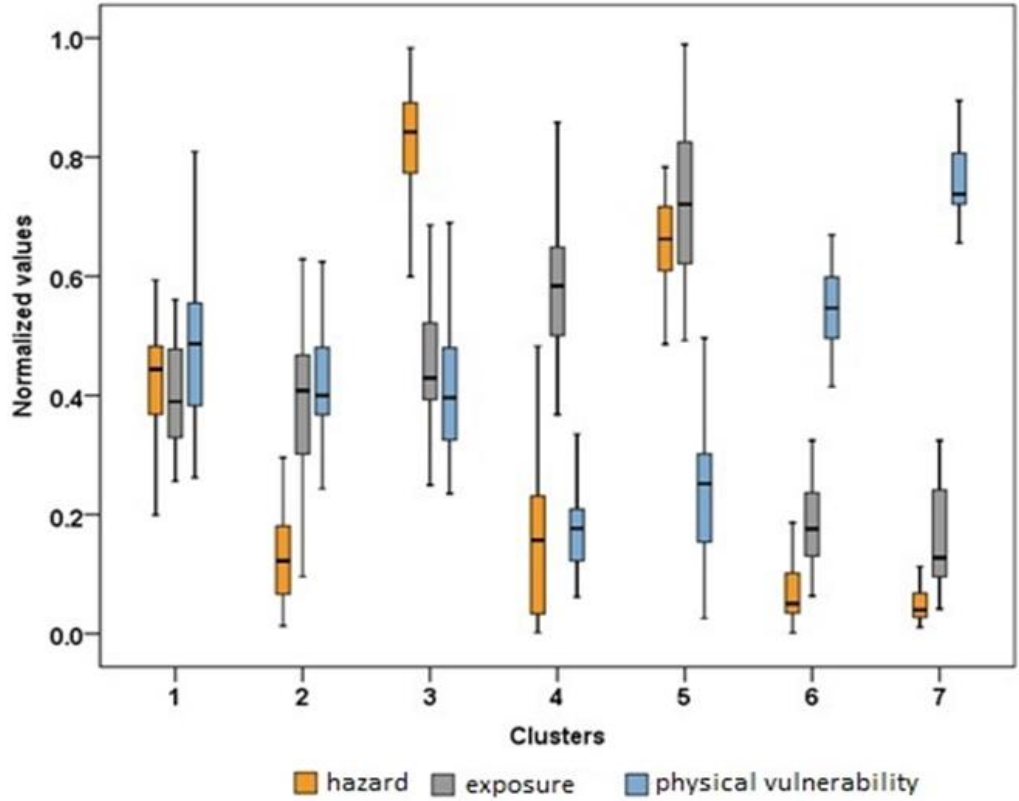
# Índice Municipal de Risco (IMR)



# Clusters - risco de instabilidade de vertentes



7 clusters de municípios definidos com base na perigosidade, exposição e vulnerabilidade física dos edifícios.



# Contributos do projeto

- a) Identificação das forças motrizes dos riscos hidrológicos para todos os municípios de Portugal continental;
- b) Classificação e hierarquização de municípios em relação ao risco de instabilidade de vertentes;
- c) Perfis de risco para os municípios portugueses com base no índice de risco e na combinação dos respetivos forçadores;
- d) Resultados importantes para o apoio à decisão na alocação de recursos e definição de estratégias de redução de desastres á escala nacional e regional;
- e) Medidas específicas de gestão do risco para cada cluster de municípios de acordo com a incidência particular de cada força motriz do risco.
- f) Articular com os stakeholders mecanismos para a redução do risco de desastres, fornecendo informação para a recuperação e a reconstrução; redução da exposição e da vulnerabilidade.

- Santos, M., Fragoso, M., Santos, J.A., 2017. Regionalization and susceptibility assessment to daily precipitation extremes in mainland Portugal. *Appl. Geogr.* 86, 128–138.
- Silva, M., Pereira, S., 2014. Assessment of physical vulnerability and potential losses of buildings due to shallow slides. *Nat. Hazards* 72, 1029–1050. doi:10.1007/s11069-014-1052-4
- Trigo, R.M., DaCamara, C.C., 2000. Circulation weather types and their influence on the precipitation regime in Portugal. *Int. J. Climatol.* 20, 1559–1581.
- Zêzere, J.L., Oliveira, S.C., Pereira, S., Garcia, R.A.C., Melo, R., Vaz, T., ..., Meneses, B., 2018. Construction of a National Landslide Susceptibility Map for Portugal. *Geophys. Res. Abstr.* 20, 85827.
- Zêzere, J. L., Pereira, S., Tavares, A. O., Bateira, C., Trigo, R. M., Quaresma, I., ... Verde, J. (2014). DISASTER: A GIS database on hydro-geomorphologic disasters in Portugal. *Natural Hazards*.

## Obrigado pela atenção!

Trabalho financiado por fundos nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I.P., no quadro do projeto **FORLAND – Riscos hidro-geomorfológicos em Portugal: forçadores e aplicações ao ordenamento do território** (PTDC/ATP-GEO/1660/2014), pela Unidade de Investigação UID/GEO/00295/2019, e Pedro Pinto Santos no âmbito do projeto com referência CEEIND/00268/2017.

FORLAND

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