Estudo e Análise da Vulnerabilidade Costeira face a cenários de subida do NMM devido às alterações climáticas

Carolina ROCHA (1), Carlos ANTUNES (2), Cristina CATITA (2)

(1) Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa
(2) IDL – Instituto Dom Luiz, FCUL – Universidade de Lisboa

U LISBOA | UNIVERSIDADE DE LISBOA

AGENDA

1. Introdução
2. Análise da Vulnerabilidade Costeira em Portugal Continental
   i. Cenários de extremos do Nível do Mar
   ii. Parâmetros de Vulnerabilidade
   iii. Processo de análise hierárquica (AHP)
3. Resultados
4. Discussão

Introdução

MOTIVAÇÃO

"As inundações podem provocar perda de vidas, deslocamento de populações e danos no ambiente, comprometendo gravemente o desenvolvimento económico e prejudicar as atividades económicas da Comunidade."

(Diretiva 2007/60/CE relativa à avaliação e gestão dos riscos de inundações)

OBJETIVO

- **Produzir uma cartografia temática de vulnerabilidade de inundação ao longo da costa;**
- Obter uma estimativa rigorosa da área de terreno afetada pelo avanço do mar;
- Recuo da linha de costa face aos cenários considerados

Análise da Vulnerabilidade Costeira de Portugal Continental

" A vulnerabilidade das zonas costeiras às ações energéticas do mar pode ser entendida como a predisposição a um dado risco, englobando diversos elementos e conceitos, como a sensibilidade ou suscetibilidade ao dano e a falta de capacidade para se adaptar" (IPCC, 2014)

Vulnerabilidade Física

Vulnerabilidade Socio-Económica

- Rede Viária e Ferroviária
- Dados populacionais
- Património
- Entre outros

Análise da Vulnerabilidade Costeira de Portugal Continental

Cenários extremos do nível do mar

Considera-se duas configurações de nível extremo do mar:

a) $Nível\ extremo = Maré + SM + sNMM$

b) $Nível\ extremo = Maré + SM + sNMM + setup$

Dados de 4 marégrafos:

- Cascais
- Leixões
- Sines
- Lagos

2007

2006

$SM = PR(ano)$

1960 e 2015

1970 e 2010 (dados não contínuos)

Estimada através da análise de extremos, onde a sua probabilidade é dada pelos períodos de retorno

Estimada com séries temporais de nível médio

- Diária (2000 a 2016)
- Mensal (1882 a 2016)

Análise da Vulnerabilidade Costeira de Portugal Continental

Cenários extremos do nível do mar

Considera-se duas configurações de nível extremo do mar:

a) $Nível\ extremo = Maré + SM + sNMM$

b) $Nível\ extremo = Maré + SM + sNMM + setup$

$$Setup = \bar{\eta} + \hat{\eta}\ , \text{onde}$$

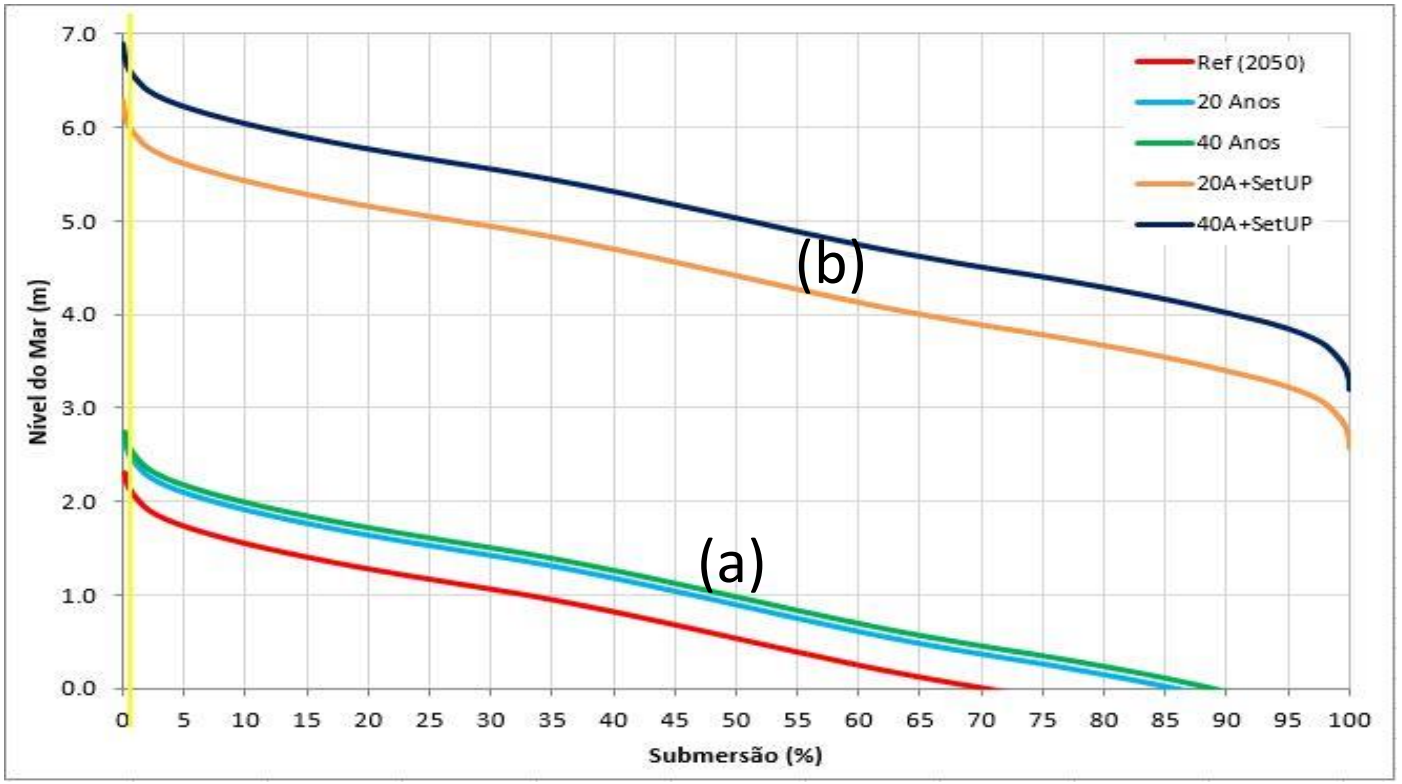
$\bar{\eta}$ - setup estático das ondas

$\hat{\eta}$ - setup dinâmico das ondas

Valores de Referência (Zona Centro)	
6m@14s	Setup 3.5 m
7m@16s	Setup 4.1 m

Análise da Vulnerabilidade Costeira de Portugal Continental

Cenários extremos do nível do mar



Curvas de percentil de submersão para o nível de maré em 2050, para: a) Modelo de maré mais SM (20 e 40 anos); e, b) modelo de maré meteorológica mais setup de agitação marítima (20A+SetUp e 40A+SetUp). A linha amarela intersecta as 5 curvas de percentil para o valor 0.25% de submersão.

Análise da Vulnerabilidade Costeira de Portugal Continental

Cenários extremos do nível do mar

A partir das curvas de percentil de submersão anual resultantes são extraídas as cotas para cada cenário de inundação para níveis extremos, correspondentes a 0.25% (máxima preia-mar) .

ZONA	Modelo de Maré	2025			2050			2100		
		Ref	Período de Retorno		*Ref*	Período de Retorno		*Ref*	Período de Retorno	
			10 anos	20 anos		20 anos	40 anos		25 anos	50 anos
NORTE	a	*2.09*	2.4	2.5	*2.30*	2.7	2.7	*3.01*	3.4	3.5
	b		5.9	6.5		6.2	6.8		7.0	7.6
CENTRO	a	*2.00*	2.3	2.4	*2.21*	2.6	2.7	*2.92*	3.3	3.4
	b		5.8	6.4		6.1	6.7		6.8	7.4
SUL	a	*1.98*	2.2	2.3	*2.19*	2.5	2.6	*2.90*	3.3	3.3
	b		5.1	5.9		5.4	6.1		6.2	6.8
ALGARVE	a	*1.95*	2.2	2.3	*2.16*	2.5	2.6	*2.87*	3.2	3.3
	b		5.1	5.8		5.4	6.1		6.1	6.8

Análise da Vulnerabilidade Costeira de Portugal Continental

Cenários extremos do nível do mar

- Calcula-se: $desnível_{inundação} = cenário - cota_{MDT}$

altura de coluna de água da zona inundada

- Considera-se a incerteza dos modelos de frequência de submersão:

$$\sigma_{cenário} = \sqrt[2]{\sigma_{maré}^2 + \sigma_{NMM}^2 + \sigma_{SM}^2}$$

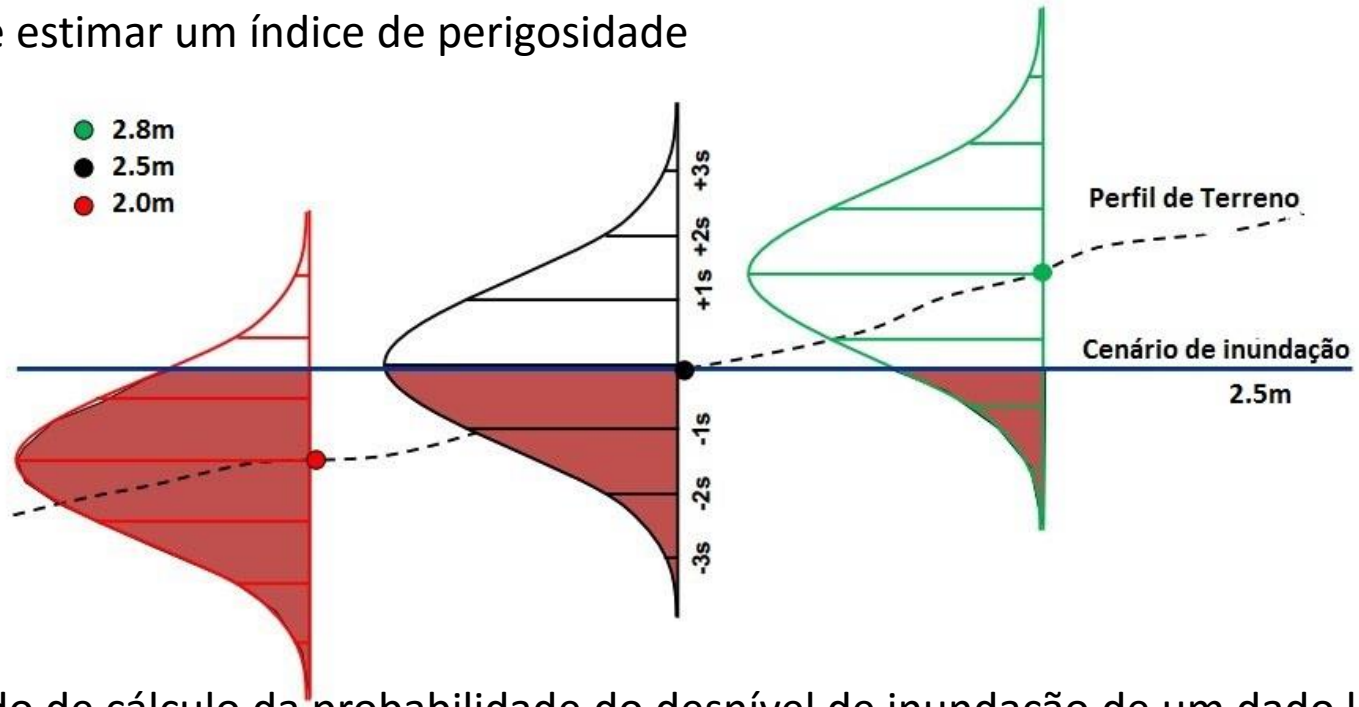
ANO DE PROJEÇÃO	$\sigma_{maré}$	σ_{NMM}	σ_{SM}	$\sigma_{cenário}$
2025	5	3	5	**8**
2050	5	7	9	**12**
2100	5	36	15	**40**

(em unidade de cm)

Análise da Vulnerabilidade Costeira de Portugal Continental

Cenários extremos do nível do mar

Com base nas incertezas estimadas, são calculadas curvas padrão de distribuição Normal, às quais quando intersectadas em cada ponto com o perfil topográfico permite estimar um índice de perigosidade



Método de cálculo da probabilidade do desnível de inundação de um dado local (2.0m, 2.5m e 2.8m de cota), com base na cota máxima de maré sobre-elevada (h= 2.5m) e da sua incerteza (adaptado de Marcy et al., 2011).

Análise da Vulnerabilidade Costeira de Portugal Continental

Parâmetros físicos de vulnerabilidade

Utilizados **seis** parâmetros físicos:

PARÂMETROS		1	2	3	4	5
REDE HIDROGRÁFICA	Distância à Rede Hidrográfica	200m – 300m	150m – 200m	100m – 150m	50m – 100m	≤ 50 m
	Declive do Terreno	≥ 3º	2.0º – 3.0 º	1.5º – 2.0º	0.5º – 1.0º	≤ 0.5º
DISTÂNCIA À LINHA DE COSTA		≥ 1000 m	200m – 1000m	50m – 200m	20m – 50m	≤ 20m
TIPO LINHA COSTA		Costa de arriba				Costa baixa e arenosa
GEOLOGIA SÓLIDA		Rochas Eruptivas Plutônicas e Vulcânicas		Form. Sedimentares e Metamórficas		Form. Sedimentares
DERIVA GEOLÓGICA		urbano; rocha	pedra; argila		praias; depósitos	aluvião; areia solta; cascalhos;
USO DO SOLO		corpos de água; pântano; escassa vegetação; rocha nua	areias costeiras	floresta	agricultura	infraestruturas urbanas e industriais

Análise da Vulnerabilidade Costeira de Portugal Continental

AHP – Analytic Hierarchy Process

Hierarquizar um conjunto de alternativas avaliadas em função de um conjunto de critérios (Saaty, 1987).

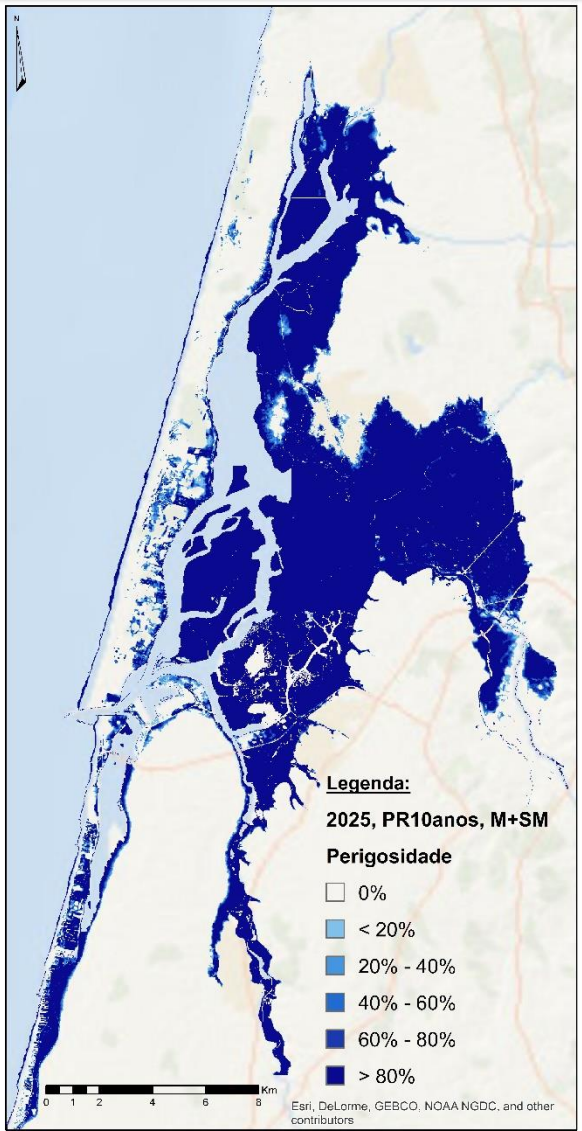
- É construída uma matriz par-a-par com cada um dos parâmetros;
- É calculado um índice de consistência entre parâmetros;
- É obtida a contribuição (peso) de cada parâmetro.

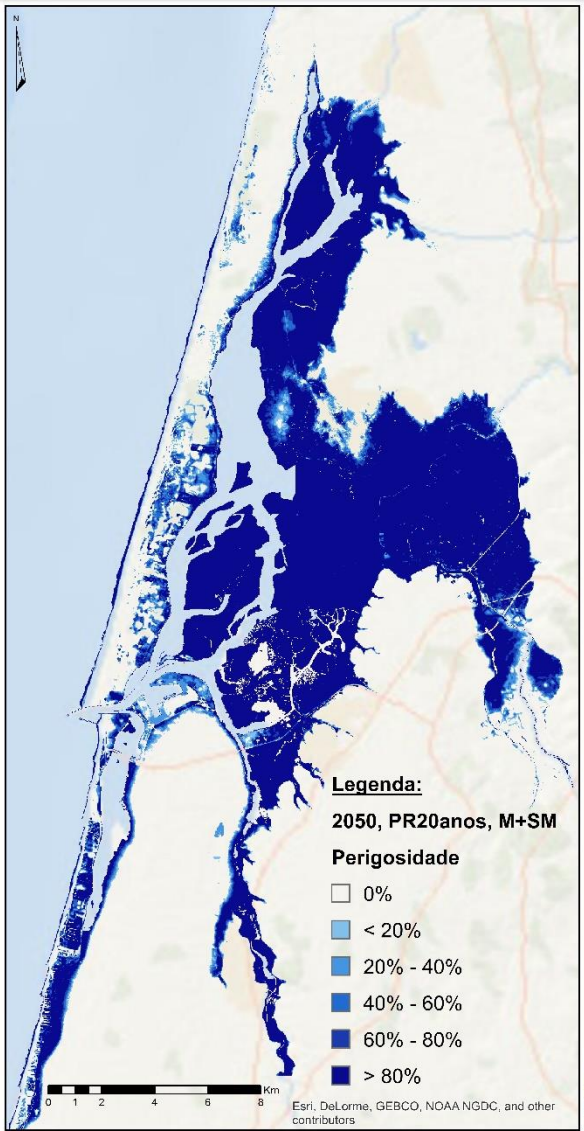
PARÂMETROS FÍSICOS	Cenário de Inundação	Rede Hidrográfica	Tipo de Linha de Costa	Distância à linha de costa	Geologia Sólida	Deriva Geológica	Uso do Solo	Contribuição no índice de vulnerabilidade
CENÁRIO DE INUNDAÇÃO	**1.00**	2.00	3.00	3.00	5.00	7.00	8.00	**34 %**
REDE HIDROGRÁFICA	0.50	**1.00**	2.00	2.00	3.00	5.00	7.00	**21 %**
TIPO DE LINHA DE COSTA	0.33	0.50	**1.00**	1.00	3.00	5.00	7.00	**15 %**
DISTÂNCIA À LINHA DE COSTA	0.33	0.50	1.00	**1.00**	3.00	5.00	7.00	**15 %**
GEOLOGIA SÓLIDA	0.20	0.33	0.33	0.33	**1.00**	3.00	5.00	**8 %**
DERIVA GEOLÓGICA	0.14	0.20	0.20	0.20	0.33	**1.00**	3.00	**4 %**
USO DO SOLO	0.13	0.14	0.14	0.14	0.20	0.33	**1.00**	**2 %**

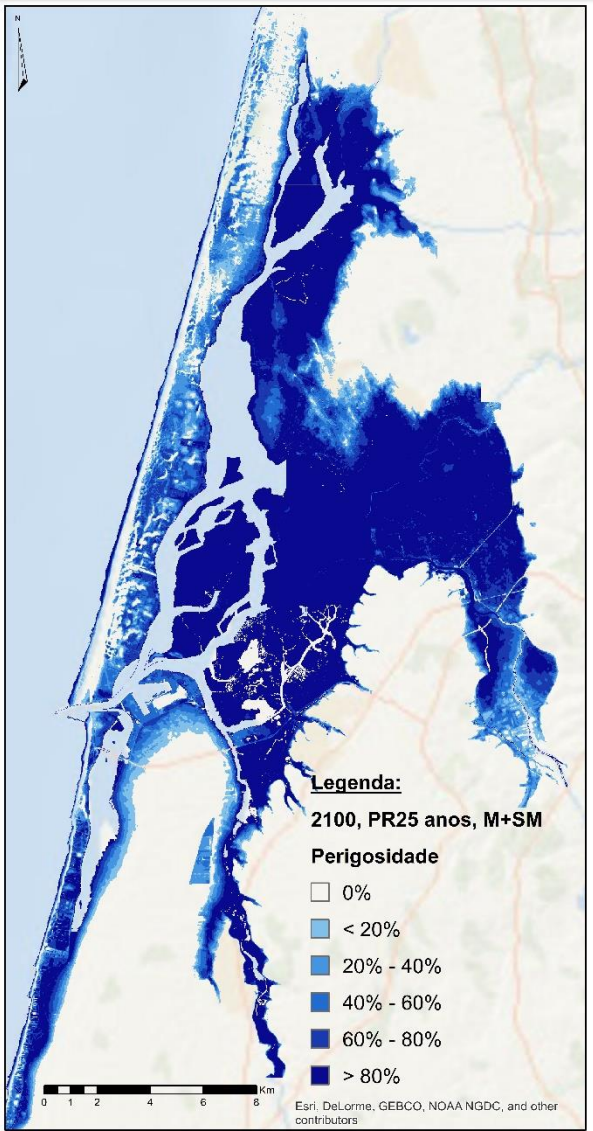
$$IVC_{cenário} = \frac{CenárioInundação \times 34\% + RedeHidro \times 21\% + TipoLCosta \times 15\% + distLCosta \times 15\% + GeoSólida \times 8\% + DerivaGeo \times 4\% + UsoSolo \times 2\%}{100\%}$$

Resultados

Cenários de Inundação - Aveiro

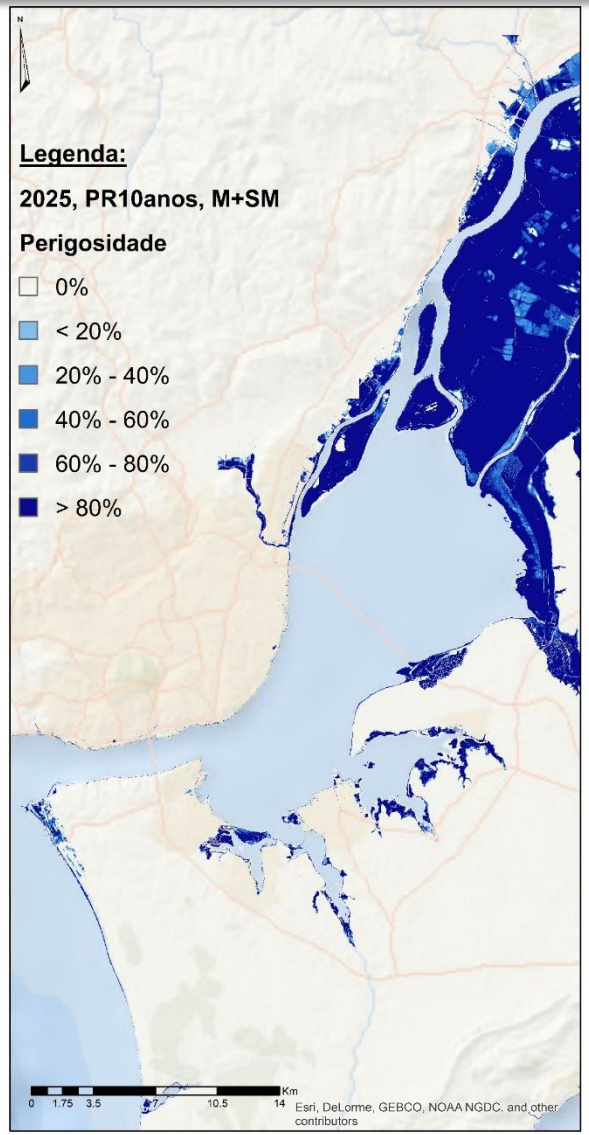


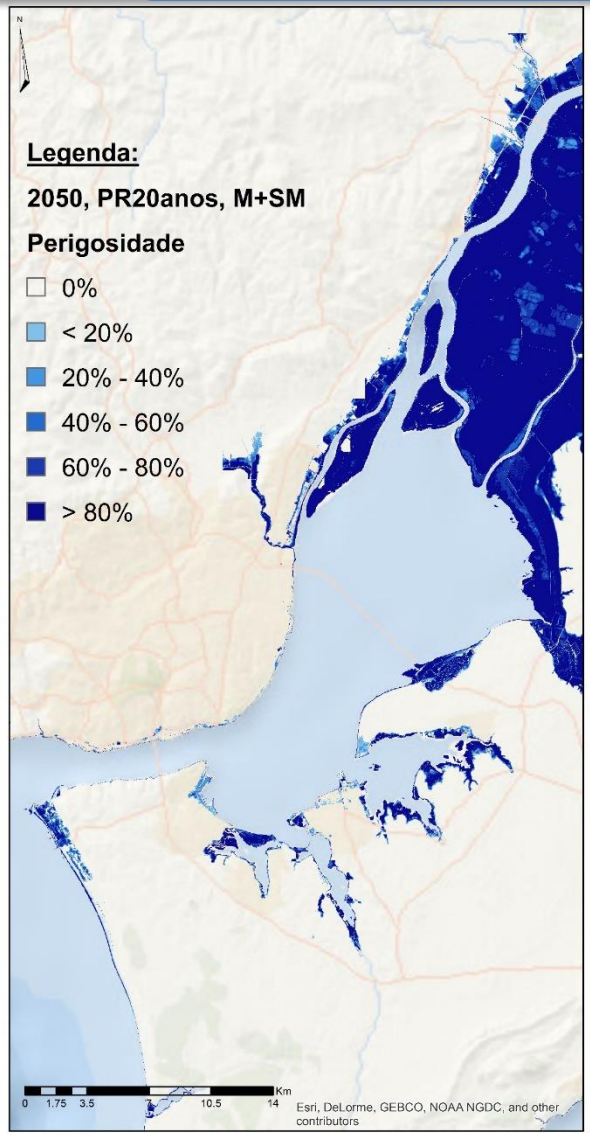


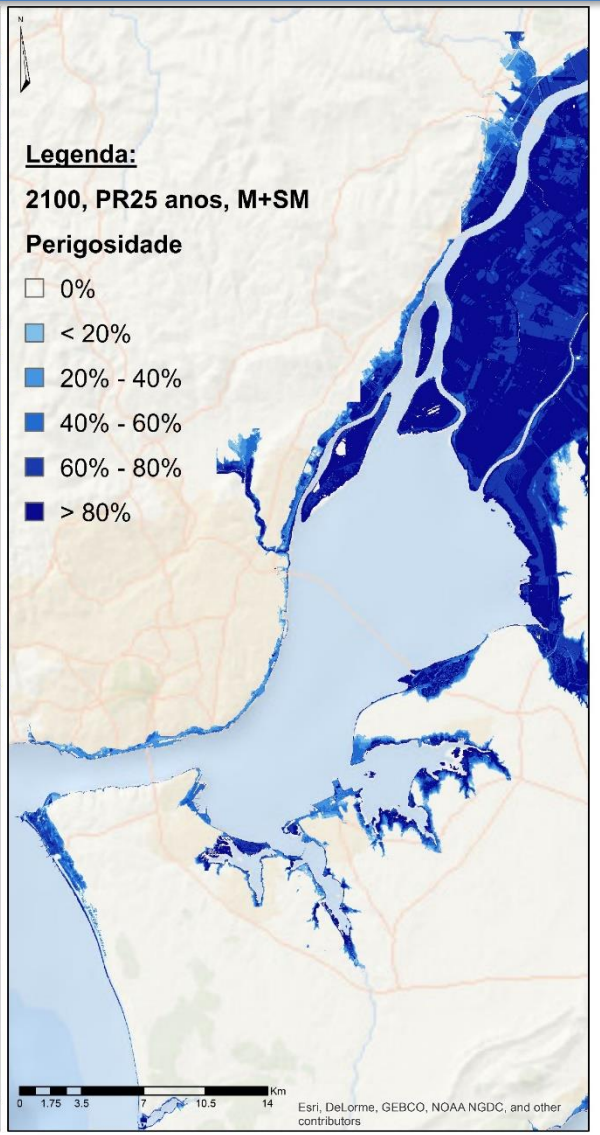


Resultados

Cenários de Inundação – Vale do Tejo

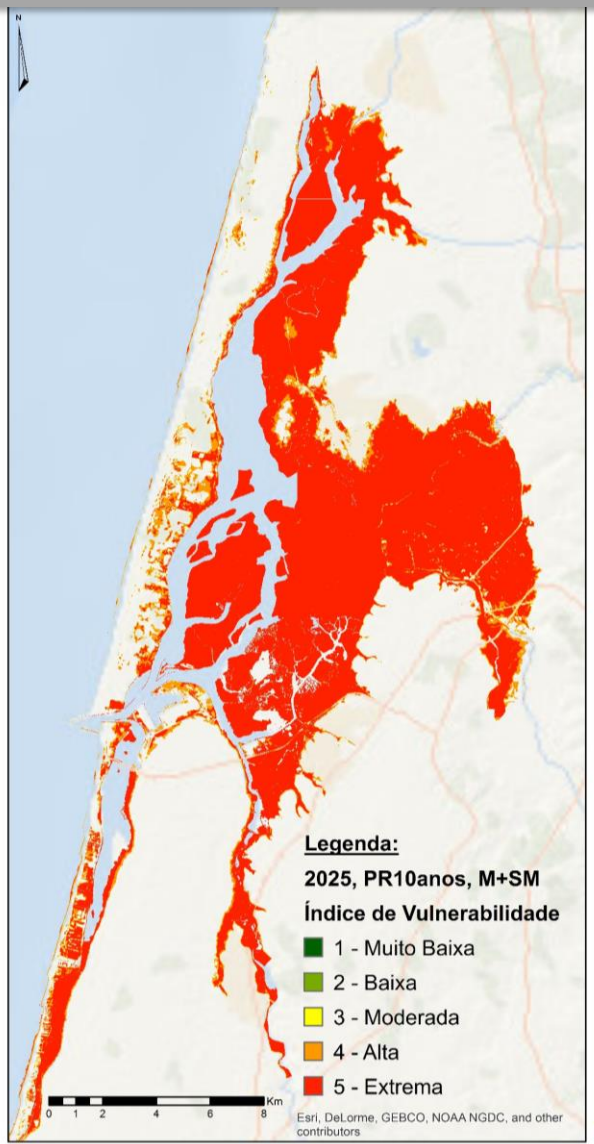


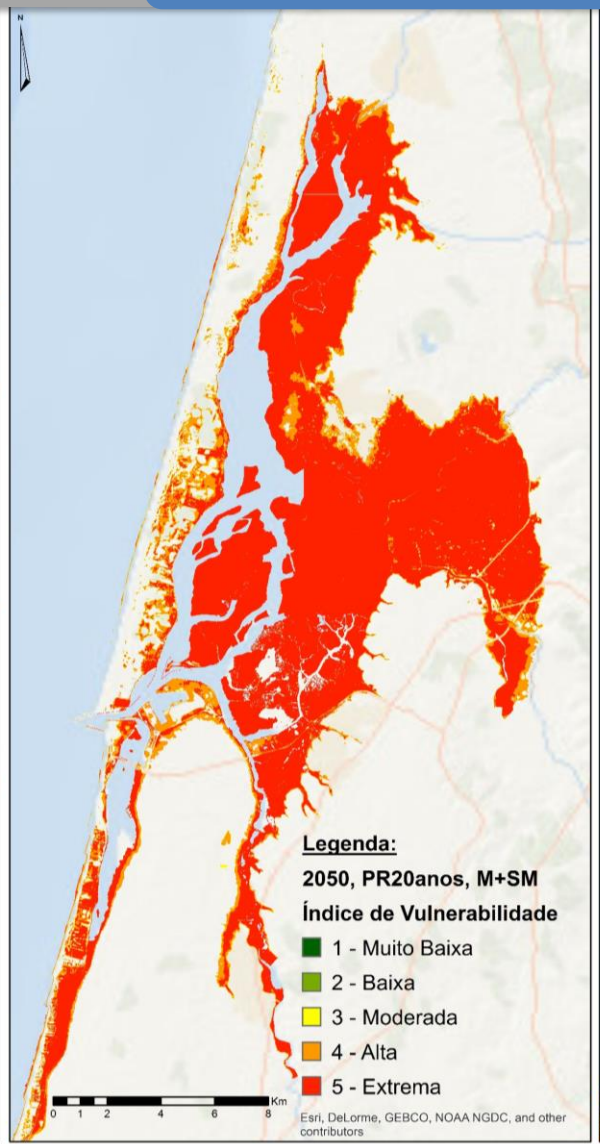


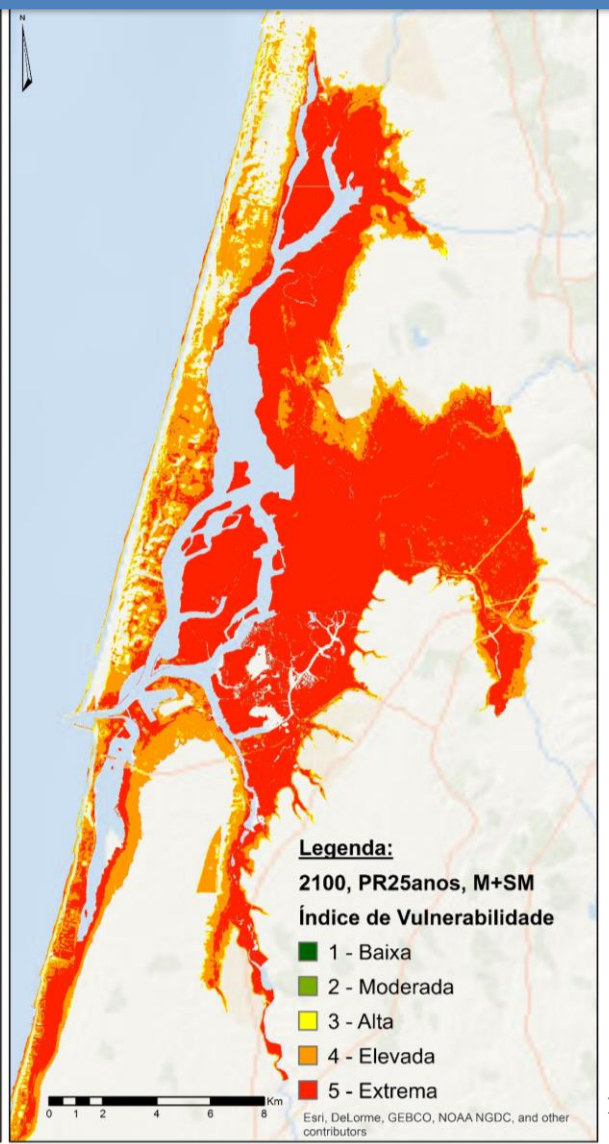


Resultados

Índice de Vulnerabilidade Física - Aveiro

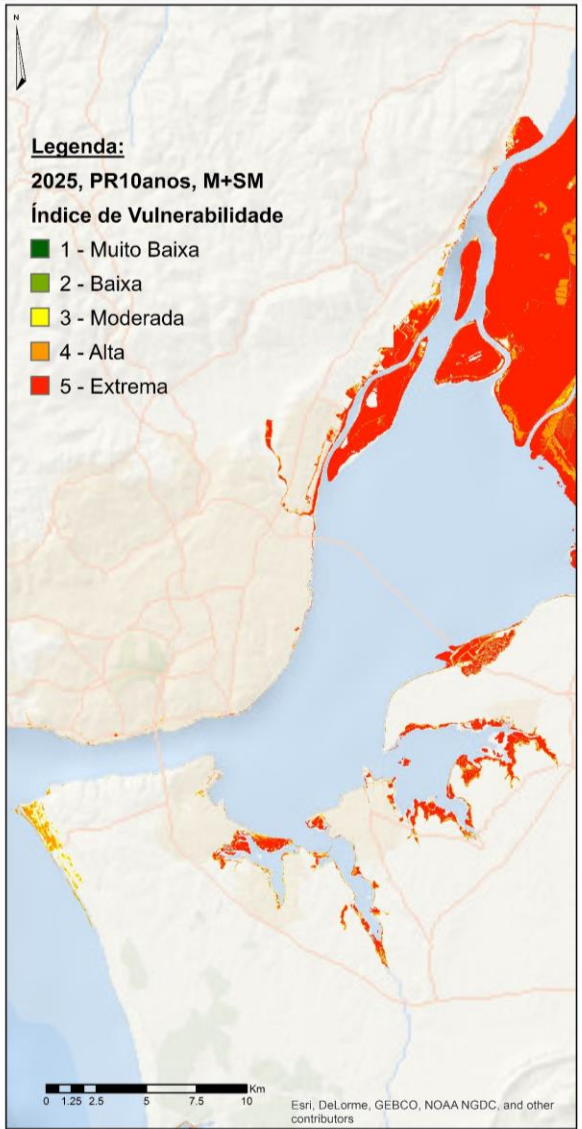


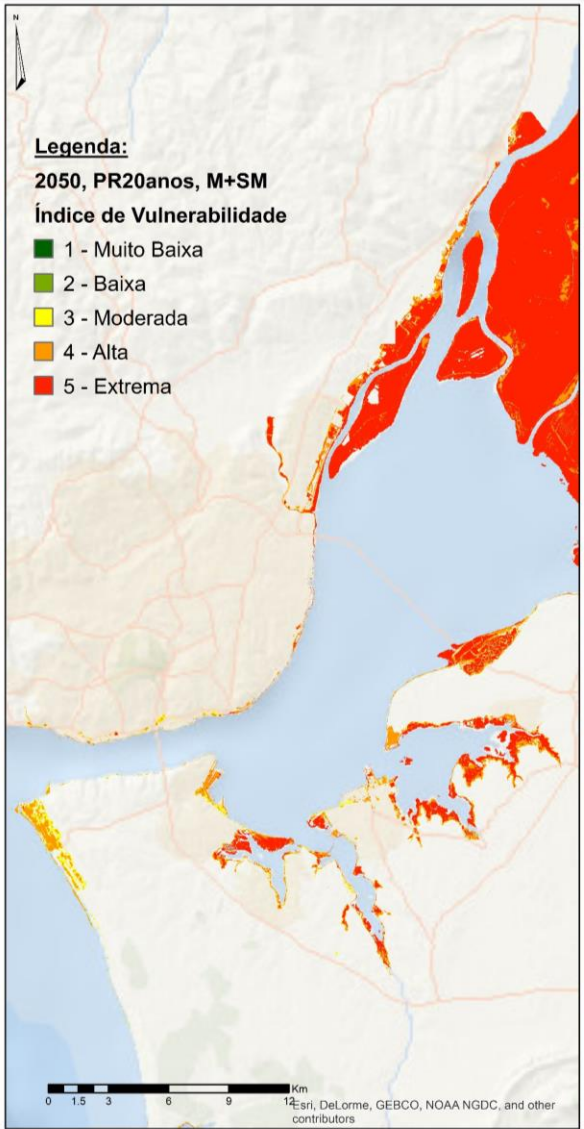


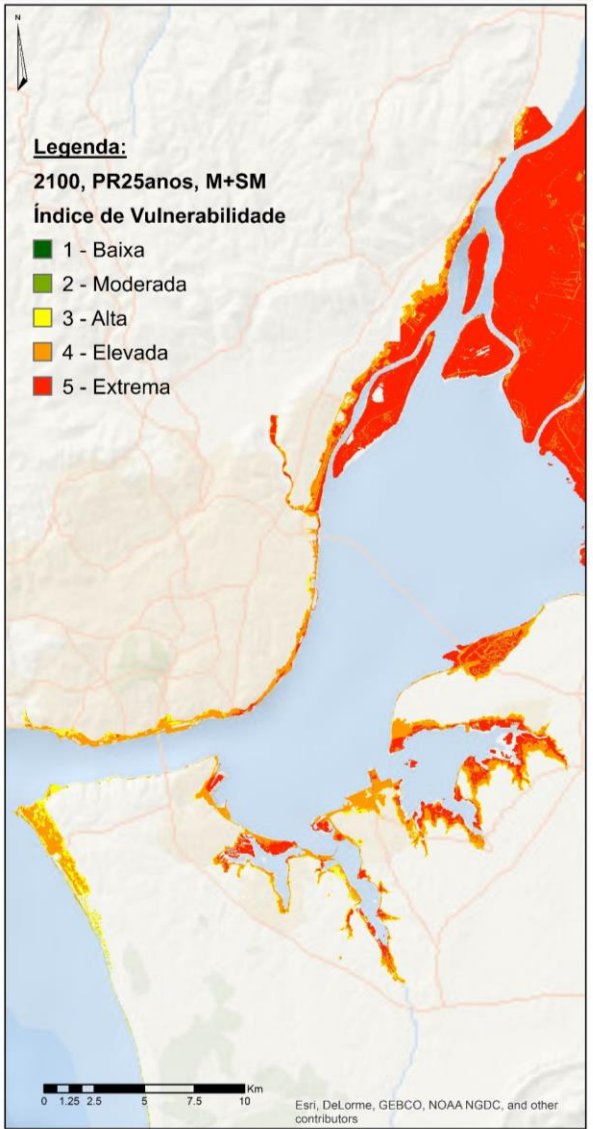


Resultados

Índice de Vulnerabilidade Física – Vale do Tejo







Discussão

METODOLOGIA

- Necessita de Validação
- Robusta e Flexível
- **Instrumento fundamental** para a gestão do território e apoio à decisão de medidas de adaptação
- Fácil de atualizar e acrescentar cenários

TRABALHOS FUTUROS

- Refinar metodologia
- Incluir valores extremos da Diretiva 2007/60/CE
- Melhorar a qualidade dos parâmetros físicos
- Incluir modelos dinâmicos
- Incluir constrangimento de estruturas de proteção

Agradecimentos:

À Direção Geral do Território pela cedência dos dados do modelo digital de terreno de alta resolução.

4.as JORNADAS DE ENGENHARIA HIDROGRÁFICA

OBRIGADA!

Carolina ROCHA (1), Carlos ANTUNES (2), Cristina CATITA (2)

(1) Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa
(2) IDL – Instituto Dom Luiz, FCUL – Universidade de Lisboa

U LISBOA | UNIVERSIDADE DE LISBOA