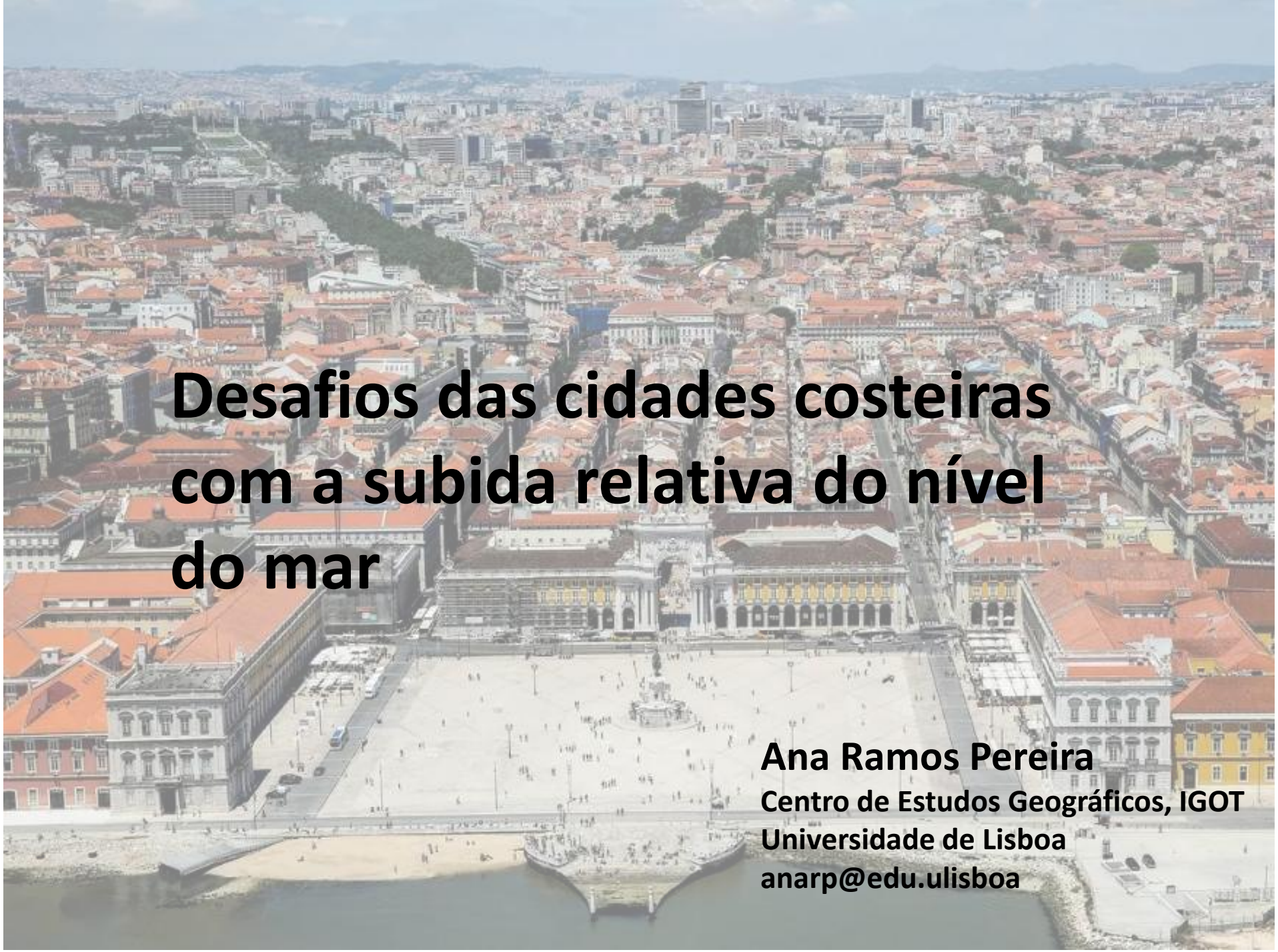
2026
19/9



Desafios das cidades costeiras com a subida relativa do nível do mar

Ana Ramos Pereira
Centro de Estudos Geográficos, IGOT
Universidade de Lisboa
anarp@edu.ulisboa



2026
19/9

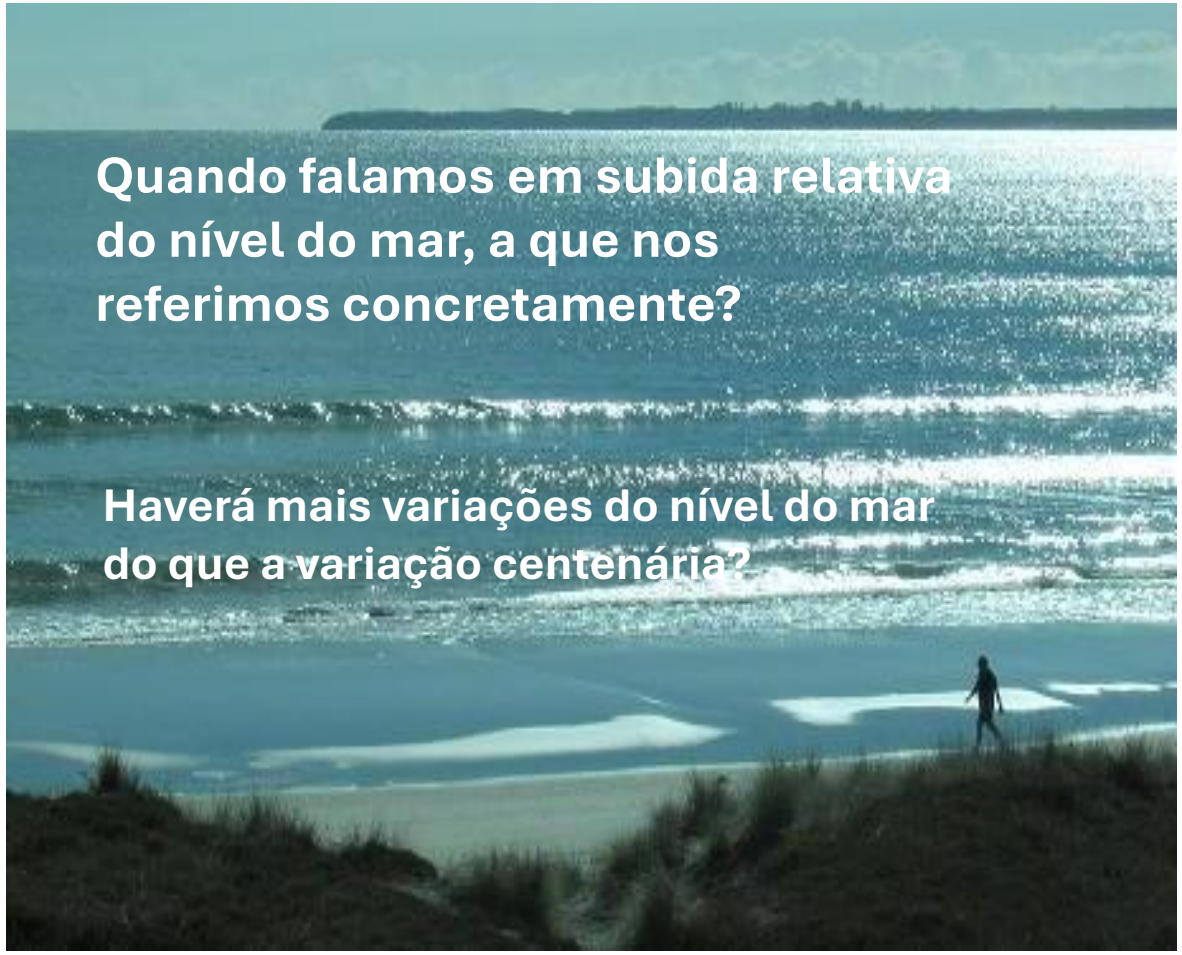
A. As variações relativas do nível do mar

B. Exemplos de ações humanas de proteção e mitigação das variações relativas do nível do mar

A. As variações relativas do nível do mar

2025





https://www.researchgate.net/profile/Ana-Ramos-Pereira/publications



A. As variações do nível do mar

1. A variação milenária
2. A variação centenária
3. A variação sazonal
4. A variação ocasional

A. As variações do nível do mar

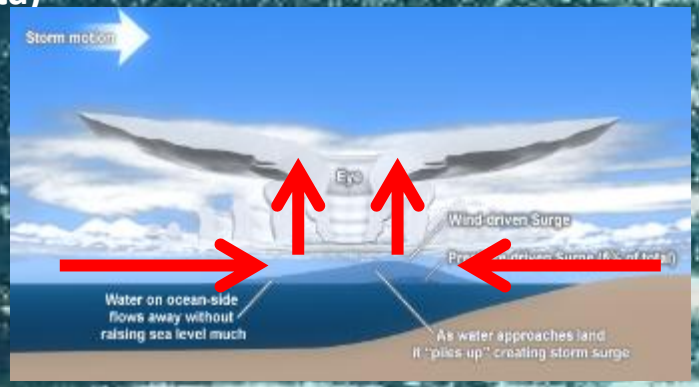
2. A variação centenária: A subida relativa do nível global do mar entre 2001 e 2010,é de cerca de 2,9 mm/ano, acelerando para 4,5 mm/ano entre 2011 e 2020 (Copernicus Mar. Serv.). Em Portugal, entre 2005 e 2016 subiu 41 cm (C. Antunes).

A subida relativa do nível do mar é causada pelo aumento da temperatura global, que leva à fusão das calotas polares e dos glaciares, além da expansão térmica oceânica (1,38 mil milhões de km^3, 97% da água terrestre). As projeções futuras indicam que a subida do nível do mar em Portugal continuará, com potenciais impactos significativos em áreas costeiras e infraestruturas, como o Terreiro do Paço em Lisboa, que poderá ficar submerso (SIC Notícias)

A. As variações do nível do mar

3. A variação sazonal: ***Storm surge*** **é a subida anómala do nível do mar; calculada pela diferença entre o nível do mar observado e o nível do mar previsto (maré prevista)**

Com o tufão Katrina, o empolamento oceânico (eo) foi de 8,5 m. Ciclone Bhola, 1970, eo de 10-12 m, desastre mais mortal no Bangladesh, vitimou entre 300 000 e 500 000 pessoas.
Em Portugal, com temporais o eo é de cerca de 70cm.





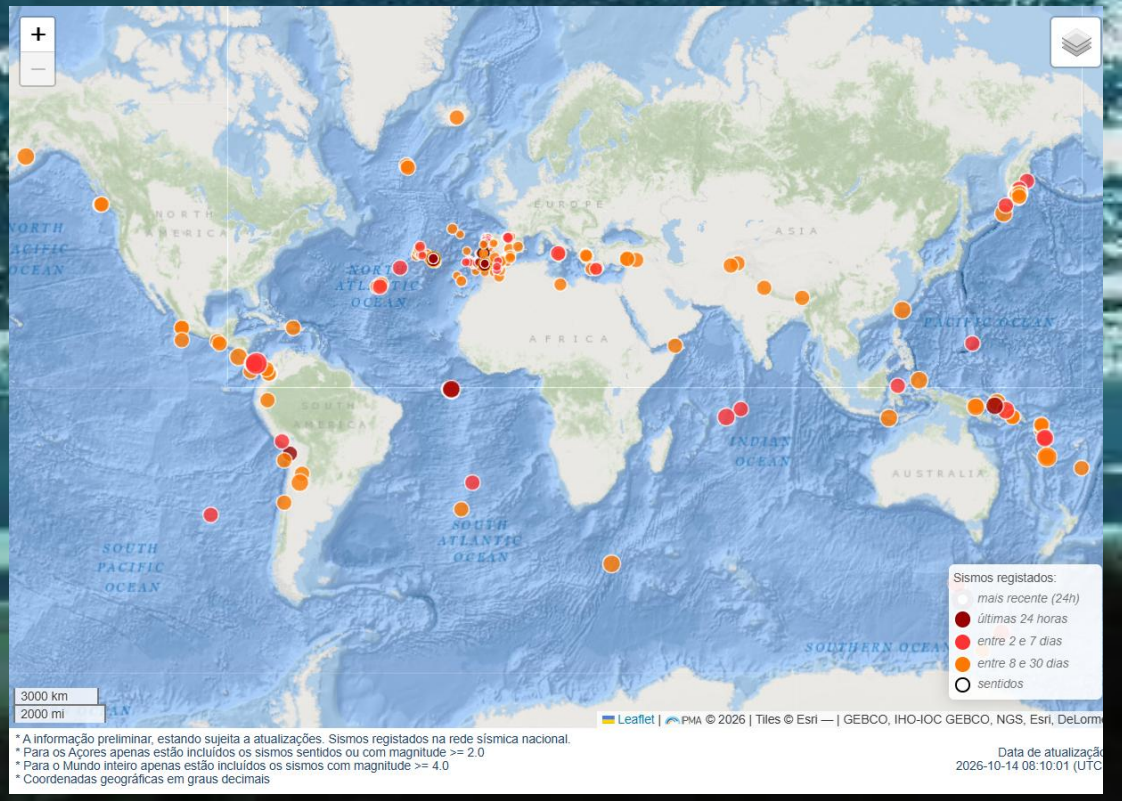




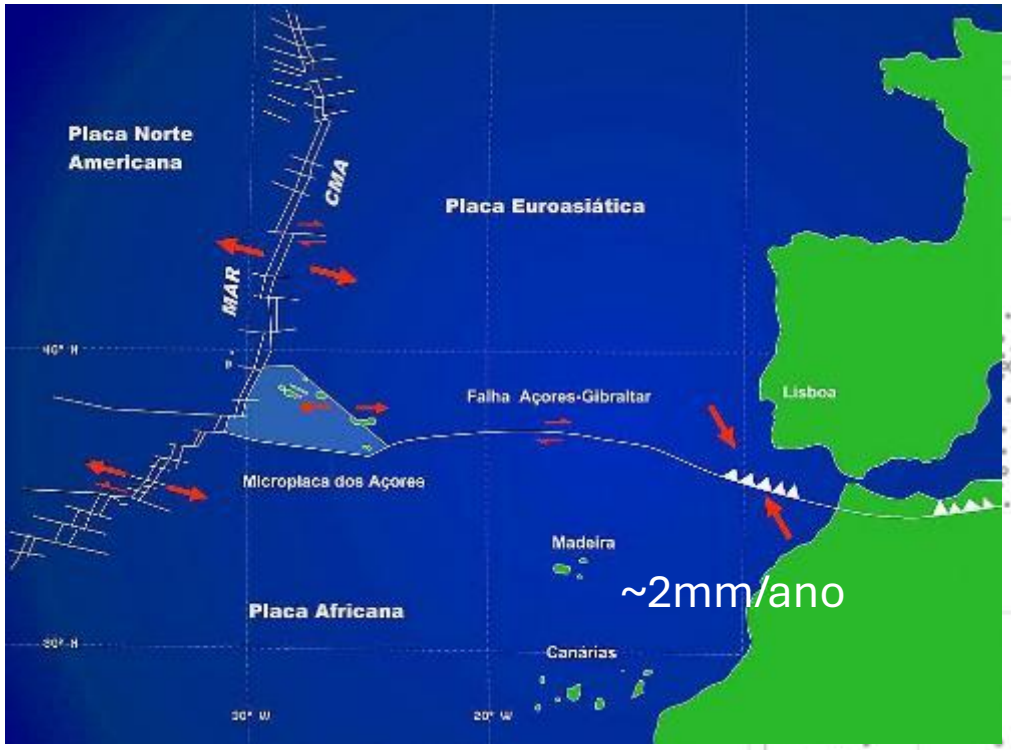
2025

4. A variação ocasional: Maremotos/tsunamis, são as áreas de contato das placas tectónicas as mais perigosas (há vários tipos de contato)

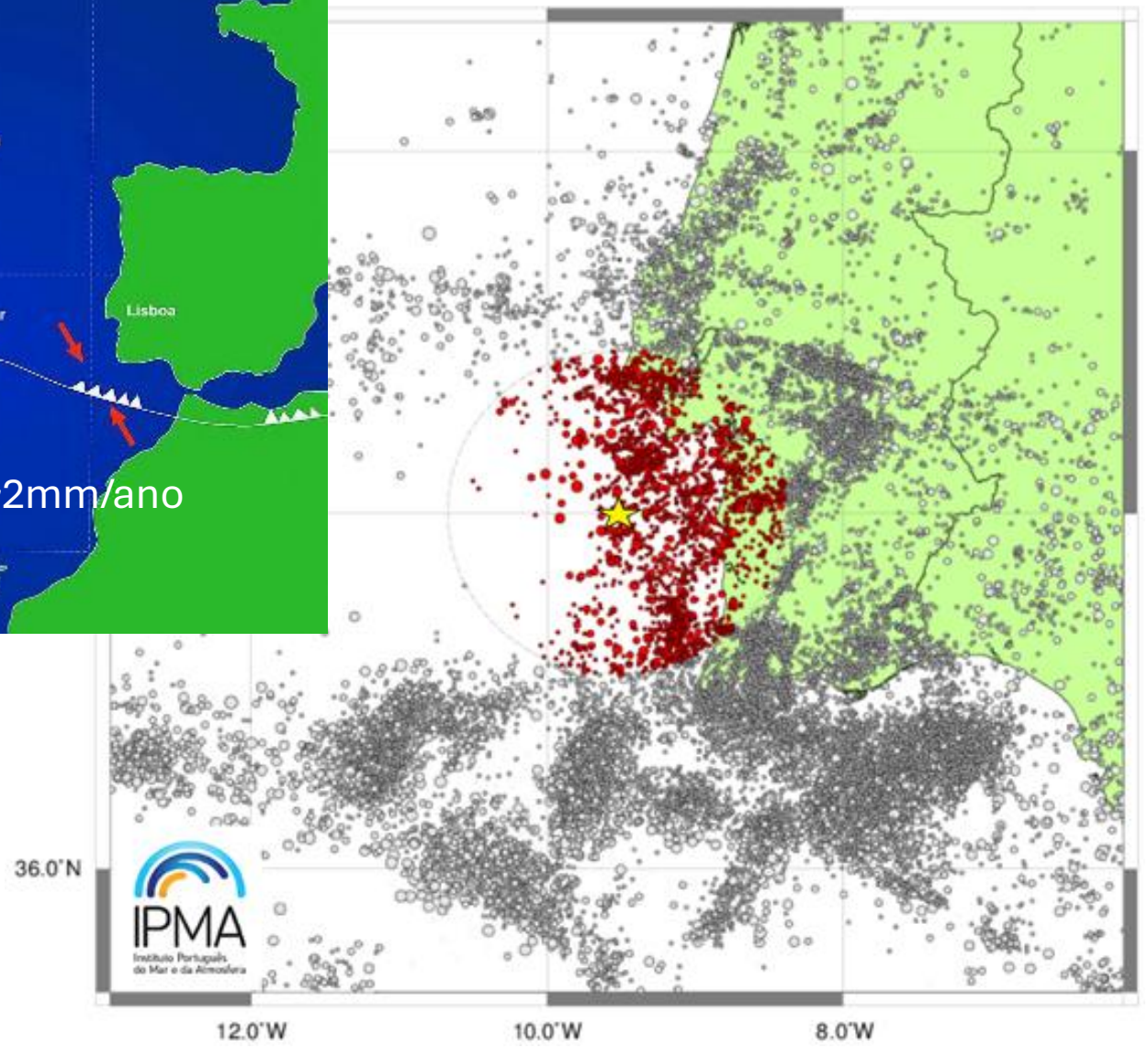




A.4. A variação ocasional

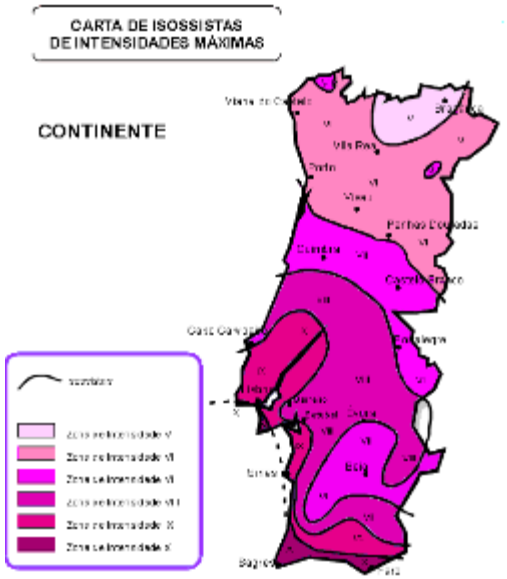


Ramos e Ramos-Pereira, 2020



2024

2025





A.4. A variação ocasional

Vestígios de tsunamis de 1755 Portugal continental

Os vestígios de *tsunami* até agora reconhecidos ocupam quatro contextos geomorfológicas distintos associados:

(i) ao enchimento sedimentar dos estuários

(ii) a sistemas de barreira

(iii) a lagunas (lagoas costeiras)

(iv) a topos de arribas

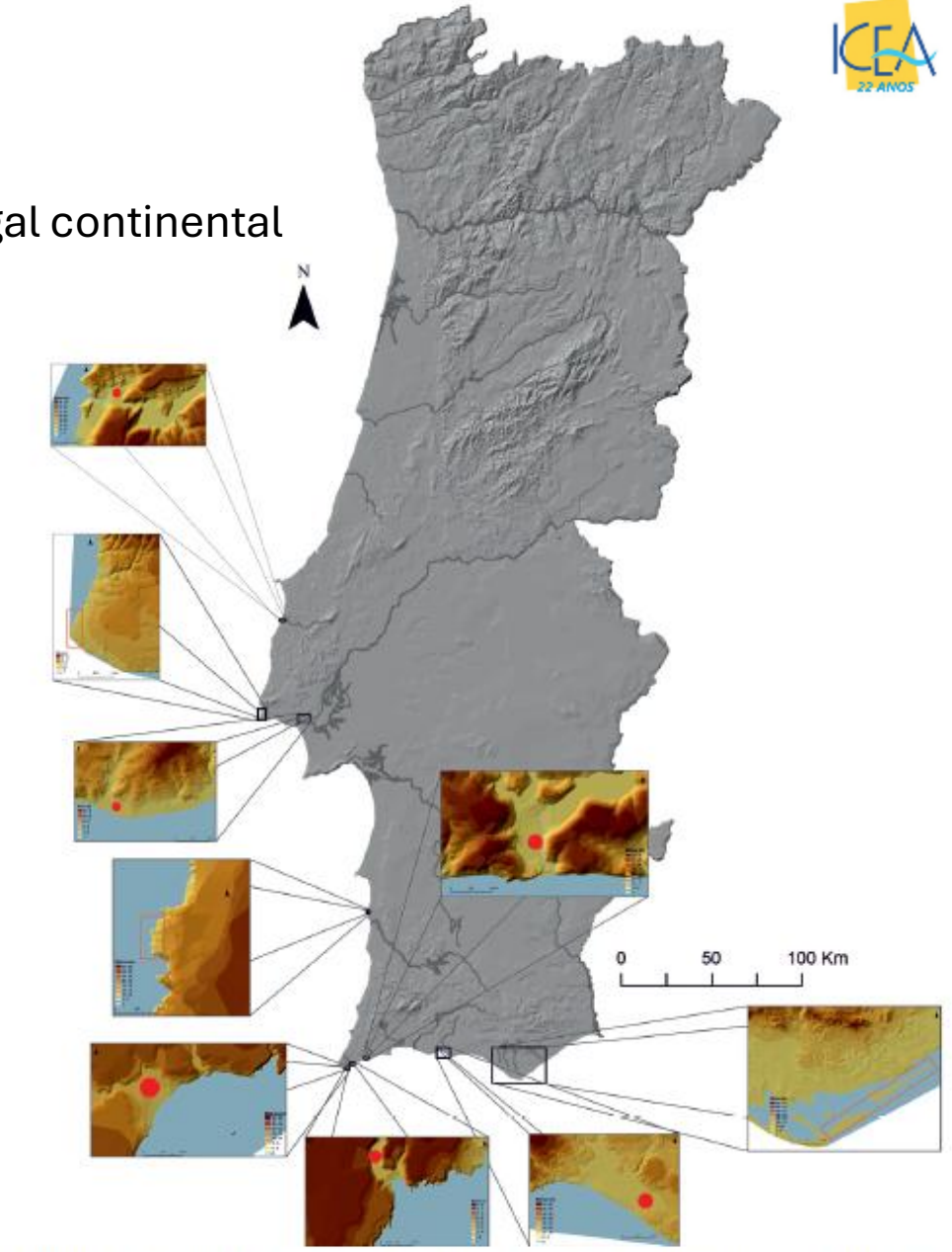


Fig.1 - Locais citados no texto, onde foram registados vestígios do *tsunami* de 1755. Na costa ocidental de norte para sul: estuário do Rio Alcabrichel; Plataforma de Cascais; Belém; Malhão. Na costa meridional de oeste para este: Martinhal; Barranco de Benaçoitão e Furnas; Salgados; Sistema de Barreira da Formosa.

Ramos-Pereira *et. al.*, 2015

As variações relativas do nível do mar são hoje um dado adquirido e indubitável

A população mundial concentra-se nas regiões costeiras e especialmente nas áreas de baixa altitude.

Inundações frequentes e extremas

Erosão costeira de praias e arribas

Perdas humanas e económicas*

** meios de subsistência, segurança alimentar, património cultural, direitos humanos e estabilidade económica. As Nações Unidas alertam que, sem medidas urgentes de adaptação, até 1,2 mil milhões de pessoas poderão ser deslocadas até 2050.*
Atualmente, cerca de 770 milhões de pessoas, o equivalente a uma em cada dez habitantes do planeta, vivem em zonas costeiras situadas a menos de cinco metros acima da linha da maré alta, encontrando-se já expostas a riscos significativos.

- Cerca de 40% população mundial vive a menos de 100km da costa

B. Exemplos de ações humanas de proteção e mitigação das variações do nível do mar



B. Exemplos de ações humanas de proteção e mitigação das variações do nível do mar

- **Jacarta (Indonésia):** Considerada uma das mais críticas, afunda rapidamente e tem grandes áreas sob risco de submersão total até 2050. Mas Jacarta está-se afundando devido à **exploração ilegal e excessiva dos aquíferos** para satisfazer as necessidades da população.



- Indonésia acelera a construção de muralha marítima com cerca de 575 km para conter avanço do mar, proteger comunidades costeiras, áreas industriais, zonas agrícolas, portos, aeroportos e a região de Jacarta (e proteger 50 M de pessoas).





- A mudança da capital da Indonésia de Jacarta para **Nusantara,** na ilha de Bornéu. O projeto prevê a capital política plenamente operacional em 2028 e a transição completa para uma metrópole inteligente, verde e com emissões zero até **2045. Implica a transferência de 4 100 funcionários públicos.**

B. Exemplos de ações humanas de proteção e mitigação das variações do nível do mar



Xangai (China) Megacidade com concentrações populacionais e económicas maciça em zonas estuarina, na planície aluvial do estuário do rio Yangtzé. A maioria do seu território (cerca de 6,4 km^2) é plano com altitude média de 4 m. Em 2023, a população era de 24 874 500 hab.

O governo chinês e as autoridades locais têm implementado uma estratégia robusta que combina engenharia pesada ("infraestrutura cinzenta") com soluções ecológicas ("infraestrutura verde"):

1. A “Nova Grande Muralha" (Diques e Paredões Marítimos)

Xangai construiu uma rede de **mais de 520 km de diques e paredões marítimos** (*seawalls*) ao longo da costa, da foz do rio Yangtze e das ilhas periféricas. Esta estrutura deve resistir a tufões de categoria máxima e marés excecionais.

2. Barreiras Mecânicas e Comportas Fluviais

O rio Huangpu, que atravessa o centro da cidade, tem comportas mecânicas que fecham para impedir a subida da maré e as tempestades marítimas empurrem a água do mar para o interior dos canais urbanos.

3. Programa "Cidade Esponja" (*Sponge City*)

Visa que a cidade absorva a água em excesso através de: (i) Pavimentos permeáveis que deixam a água infiltrar-se no solo; (ii) Criação de zonas húmidas artificiais, jardins de chuva (infraestruturas verdes urbanas projetadas como canteiros rebaixados e altamente absorventes, criados especificamente para coletar, desacelerar, filtrar e infiltrar a água da chuva diretamente no solo) e telhados verdes para reter a água; (iii) Parques inundáveis que atuam como bacias de retenção temporárias durante tempestades.

4. Sistemas de Drenagem Profunda e Alta Tecnologia

Para os momentos em que a precipitação extrema coincide com a maré cheia, Xangai tem expandido a sua capacidade de bombagem rápida e construído túneis subterrâneos profundos para armazenamento de água de emergência. Recentemente, a cidade ativou sistemas avançados de bombagem de alta vazão no ribeiro de Suzhou (*Suzhou Creek*) com capacidade para escoar dezenas de milhares de metros cúbicos de água/hora e aliviar a pressão urbana.



Apesar de todos estes investimentos maciços, o desafio é contínuo, pois Xangai também enfrenta o fenómeno da **subsidência** (o afundamento gradual do próprio solo devido ao peso dos edifícios e à extração histórica de águas subterrâneas), o que obriga a cidade a monitorizar e elevar constantemente as suas defesas costeiras.



Nova Iorque enfrenta um risco duplo e crescente devido à subida do nível do mar combinada com o afundamento gradual do solo provocado pelo peso dos seus arranha-céus.

Fatores de Risco

- **Afundamento do solo:** 1 a 2 mm/ano devido à pressão exercida por mais de um milhão de edifícios, com peso estimado em cerca de 1,1 mil M de toneladas.
- **Subida das águas:** mais de 22 centímetros desde 1950.
- **Vulnerabilidade costeira:** Bairros residenciais e zonas densamente povoadas em Manhattan, Brooklyn e Queens ficam altamente expostos a inundações severas durante tempestades e furacões.

Medidas e Perspetivas

- **Estudos de impacto:** Cientistas monitorizam a subsidência para garantir que novas construções incorporem planeamento de mitigação de riscos.
- **Defesas estruturais:** Especialistas avaliam projetos de engenharia a longo prazo, como barreiras contra tempestades e restauração de ecossistemas costeiros (por exemplo, recifes de ostras), para proteger toda a zona metropolitana

Medidas de Engenharia e Defesas em Nova Iorque

The Big U (East Side Coastal Resiliency): Sistema de diques, muros de contenção e comportas móveis integradas em parques públicos, desenhado para proteger a baixa de Manhattan (Lower Manhattan) contra tempestades e marés cheias.



Barreiras flutuantes contra tempestades: Projetos mecânicos inspirados nos sistemas da Holanda, que se fecham automaticamente quando o nível da água atinge patamares críticos.

Infraestruturas verdes urbanas: Pavimentos permeáveis, jardins de chuva e telhados verdes para absorver a água das chuvas torrenciais antes que inundem o sistema de esgoto.

Arquitetura adaptativa: Exigências legais para que novos edifícios coloquem os sistemas elétricos e geradores nos pisos superiores, deixando o rés-do-chão preparado para sofrer inundações controladas sem colapsar a estrutura.

Alexandria (Egito): Apontada como a zona mais vulnerável de toda a bacia do Mediterrâneo.



Desafios no Litoral do Egito:

- Vulnerabilidade do Delta do Nilo: Uma subida do nível do mar de meio metro a um metro ameaça submergir vastas áreas agrícolas e deslocar populações no delta. A combinação de erosão, subsidência do solo e subida das águas faz o litoral recuar vários metros por ano.

Medidas de Proteção Costeira

- Eco-defesas: O país implementou cerca de 75 quilómetros de defesas ecológicas e naturais para travar a erosão nas zonas mais críticas do delta.







- Gestão Integrada: O Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento apoia o Egito no reforço da resiliência das infraestruturas e na planeamento do território a longo prazo

Países Baixos

No século XVII, aperfeiçoamentos nos sistemas de bombeamento baseado nos moinhos holandeses, permitiram retirar água de áreas cada vez mais profundas.





Na sequência da tempestade do Mar do Norte ocorreu na noite de 31 de janeiro para 1 de fevereiro de 1953, em simultâneo com uma maré cheia, a água subiu muito e rebentou dezenas de diques no sudoeste do país, grande parte da terra ficou debaixo de água.
Morreram 1 836 pessoas nos Países Baixos e mais de 70 mil pessoas tiveram de abandonar as suas casas.

Principais Obras de Engenharia

Obras do Delta (Deltawerken): Um conjunto monumental de barragens, eclusas e diques erguido após a desastrosa inundação de 1953.

Maeslantkering: Uma gigantesca barreira móvel perto de Roterdão com comportas que fecham autonomamente durante tempestades severas.





Afsluitdijk: O histórico dique com cerca de 32 km que transformou o antigo golfo salgado num lago de água doce controlado.

Inovação e Soluções Naturais

Motor de Areia (Sand Motor):
Uma mega-injeção artificial de areia na costa. que usa o vento e as ondas para alimentar e alargar as dunas de forma natural. Envolveu 21,5 Mm^3 de areia e, em 2011, custou **70 M€.**

Ganho de território: A mega-intervenção criou uma península artificial de cerca de **128 hectares** (o equivalente a mais de 250 campos de futebol).



Espaço para os rios: Projetos que alargam os leitos fluviais em vez de apenas erguer diques mais altos, permitindo acomodar o excesso de água com segurança.

As cidades costeiras protegem-se da subida do nível do mar combinando defesas de engenharia rígida, restauração da natureza e planeamento urbano adaptativo.

- **Obras de Engenharia Pesada (Proteção pesada)**

- **Paredões e Diques:** Muros de betão ou pedra construídos à beira-mar para travar a força das ondas e impedir inundações diretas.
- **Esporões e Quebra-mares:** Estruturas perpendiculares ou paralelas à costa que retêm a areia e reduzem a energia das ondas antes de atingirem a terra.
- **Comportas e Barreiras Móveis:** Sistemas avançados (como os usados nos Países Baixos. UK-Tamisa ou em Veneza) que se fecham automaticamente durante tempestades severas e marés altas.

- **Soluções Baseadas na Natureza (Proteção ligeira)**

- **Alimentação Artificial de Praias:** Reposição de areia nas praias e dunas para alargar a linha de costa e absorver a energia do mar.
- **Restauração de Ecossistemas:** Reabilitação de dunas litorais, sapais e manguezais, que funcionam como esponjas naturais e dissipam a força das tempestades.

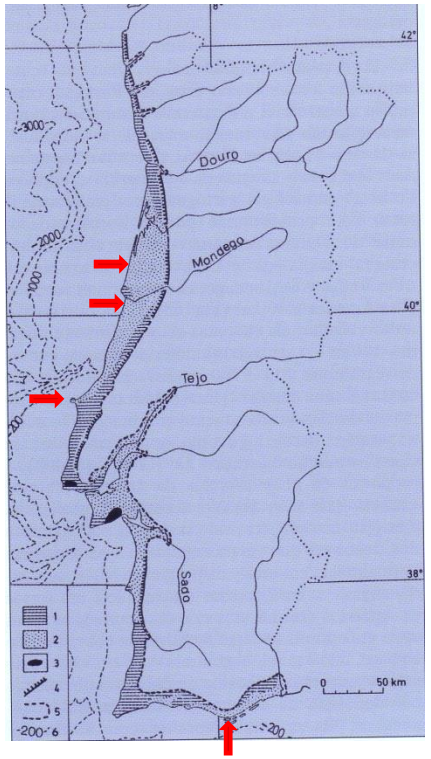
Benefícios das barreiras contra tempestades/subida relativa do nível do mar: Protege as áreas costeiras; Reduz os danos causados por inundações; Melhora a segurança pública; Protege residências e empresas; Apoio na resposta a emergências; Garantir a segurança durante condições climáticas extremas

- **Adaptação e Planeamento Urbano**

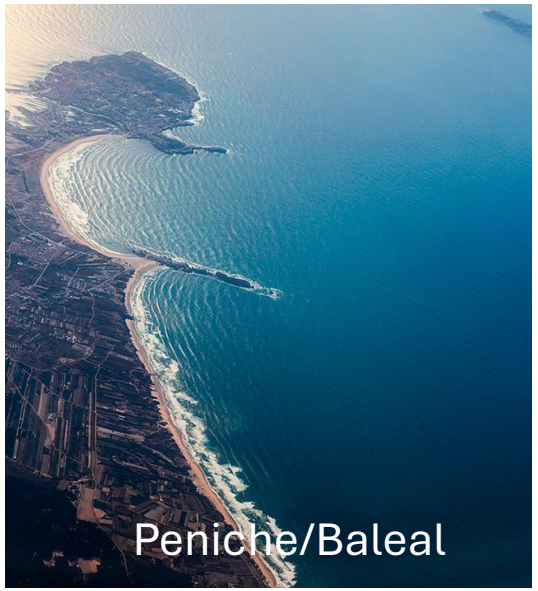
- **Elevação do Terreno:** Aumento da cota do solo ou aterros em zonas portuárias e áreas urbanas críticas antes de novas construções.
- **Recuo Estratégico:** Restrição de novas construções junto à linha de costa e deslocalização gradual de infraestruturas em risco para zonas mais elevadas.

Em Portugal

- **Aveiro:** Sistema de barreira e áreas urbanas adjacentes de baixa altitude correm sérios riscos de perda de território.
- **Faro e Olhão:** A região do sistema de barreira da Formosa com alta vulnerabilidade devido à pouca altitude face à linha da água.
- **Figueira da Foz:** Apresenta risco significativo de erosão e submersão costeira nas próximas décadas.
- **Estuários do Tejo e do Sado:** Margens e zonas ribeirinhas densamente povoadas ou de valor ecológico estão altamente expostas.
- **Peniche:** O avanço do mar ameaça zonas específicas da península e praias da região.










Estuário do Tejo

Principais Planos e Gastos Recentes

- **Programa de Ação para a Resiliência do Litoral 2040 (PARL 2040):** Aprovado em julho de 2026, prevê, por ex., mais de **312 milhões €** dedicados a operações de alimentação artificial de praias/reabilitação de dunas até 2040 (**proteção ligeira**) e, desse valor, cerca de 176 milhões de euros para reabilitar esporões e muralhas fissuradas no Norte e Centro do País (**proteção pesada**).

- **Pacote Pós-Tempestades de 2026:** Pacote urgente de **111 milhões €** para recuperar infraestruturas e reforçar a proteção das defesas costeiras a curto e médio prazo (com 31 milhões adicionais planeados até 2027 e 53 milhões a partir de 2028).

- **Fundo de Coesão e "Sustentável 2030":** Em outubro de 2026, foram disponibilizados **4,7 milhões €** de fundos europeus apenas para financiar novos estudos, monitorização e preparação de intervenções prioritárias da Agência Portuguesa do Ambiente (APA) ao longo de toda a costa.

- **Investimentos Locais:** Projetos pontuais de grande escala incluem intervenções como **32 milhões €** nas praias e arribas do Algarve e **27,7 milhões €** aplicados na reposição de areia na costa da Figueira da Foz


Estuário do Tejo
Muito obrigada

ICEA 22 ANOS 2026