



engenharia para a sociedade
investigação e inovação
cidades e desenvolvimento

LNEC • Lisboa • 18-20 junho 2012

Análise e Mitigação do **Risco Sísmico**

Maria Luísa Sousa
&
Alfredo Campos Costa



Organização

- > Introdução
- > Análise probabilística do risco sísmico e simulação de perdas
- > Desenvolvimentos futuros



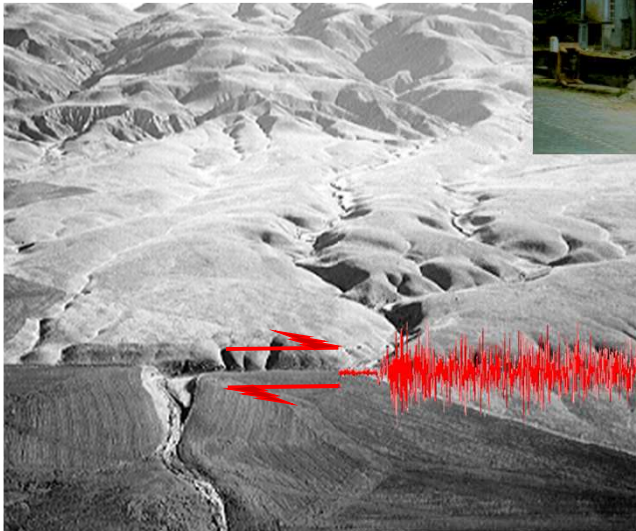
Introdução

Risco Sísmico, R

Photo Jorge Rodrigues [1998]



Photo Robert E. Wallace [USGS]



Vulnerabilidade, V

Perigosidade, H

H, V

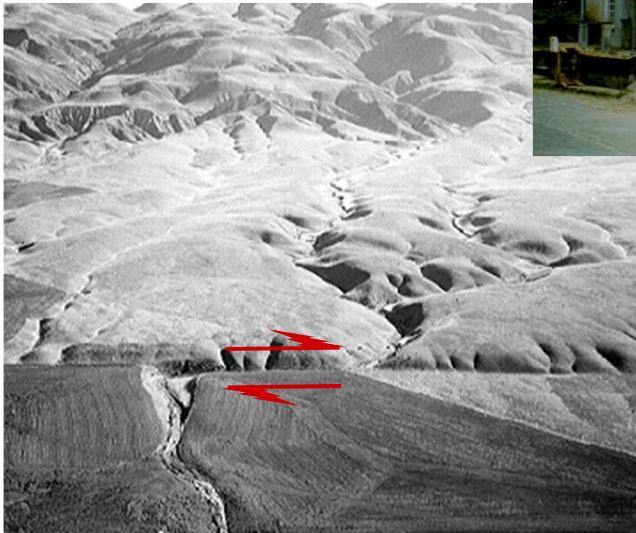


Risco Sísmico, R

Photo Jorge Rodrigues [1998]



Photo Robert E. Wallace [USGS]



Perigosidade, H

França et al. [2003]

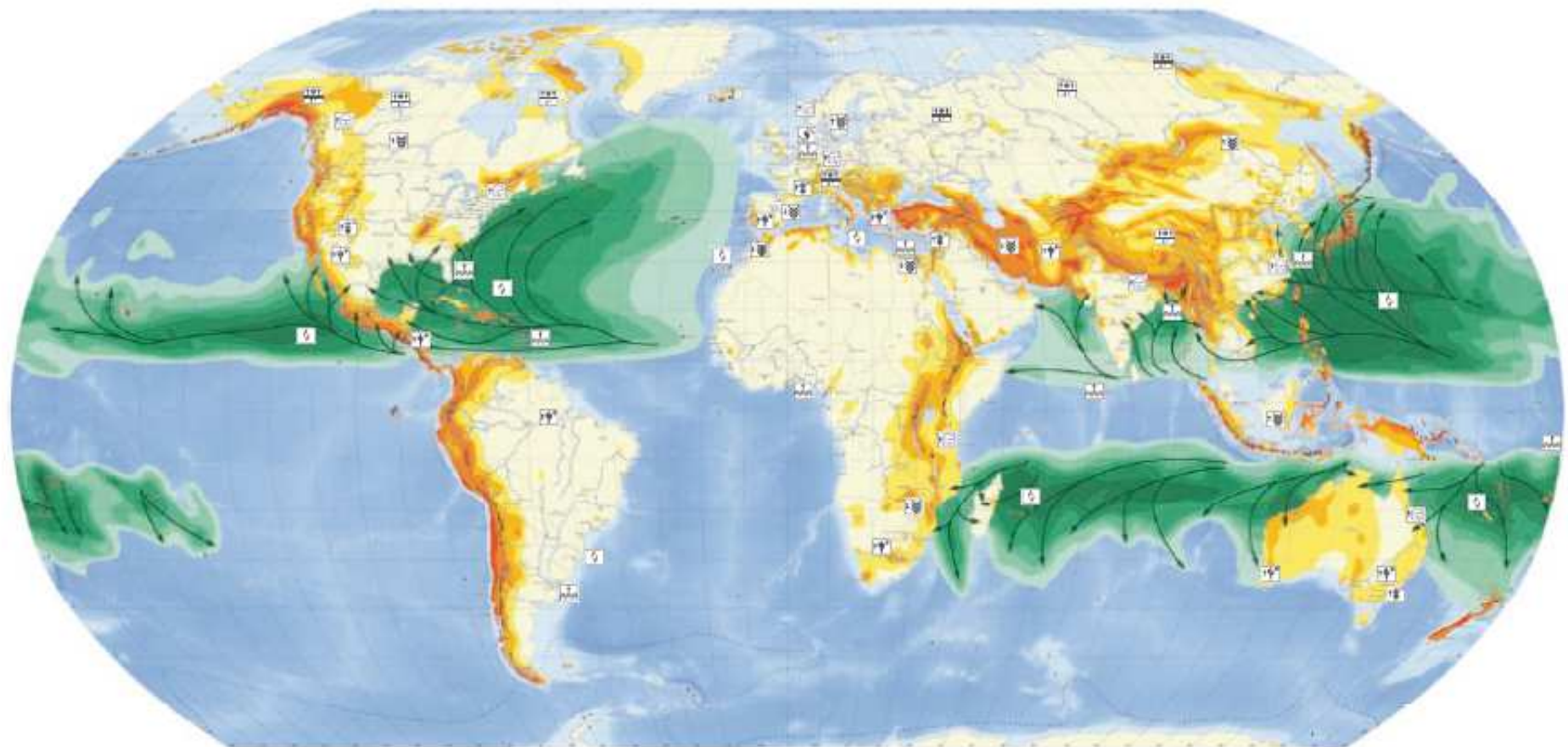


Exposição, E

Vulnerabilidade, V

$$R = f(H, V, E)$$

NATHAN WORLD MAP OF NATURAL HAZARDS



EARTHQUAKES

- Zone 0: MM V and below
- Zone 1: MM VI
- Zone 2: MM VII
- Zone 3: MM VIII
- Zone 4: MM IX and above

Probable maximum intensity (MM: Modified Mercalli scale) with an exceedance probability of 10% in 50 years (equivalent to a "return period" of 475 years) for medium seismic conditions.

Large city with "Mexico City effect"

TROPICAL CYCLONES

Peak wind speeds (in km/h)*

- Zone 0: 75-141
- Zone 1: 142-184
- Zone 2: 185-212
- Zone 3: 213-251
- Zone 4: 252-299
- Zone 5: ≥300

* Probable maximum intensity with an exceedance probability of 10% in 10 years (equivalent to a "return period" of 100 years).

Typical track directions

VOLCANOES

- ▲ Last eruption before 1800 AD
- ▲ Last eruption after 1800 AD
- ▲ Particularly hazardous volcanoes

TSUNAMIS AND STORM SURGES

- ~ Tsunami hazard (oceanic sea wave)
- ~ Storm surge hazard
- ~ Tsunami and storm surge hazard

ICEBERG DRIFTS

- △ △ △ Extent of observed iceberg drifts

CLIMATE IMPACTS

Main impacts of climate change already observed and/or expected to increase in the future

- ⚡ Change in tropical cyclone activity
- ☁ Intensification of extratropical storms
- ☔ Increase in heavy rain
- ☀ Increase in heatwaves
- ☀ Increase in droughts
- 🌊 Threat of sea level rise
- ❄ Permafrost thaw
- 🌱 Improved agricultural conditions
- 🌾 Unfavourable agricultural conditions

POLITICAL BORDERS

- State border
- ~ State border controversial (political borders not binding)

CITIES

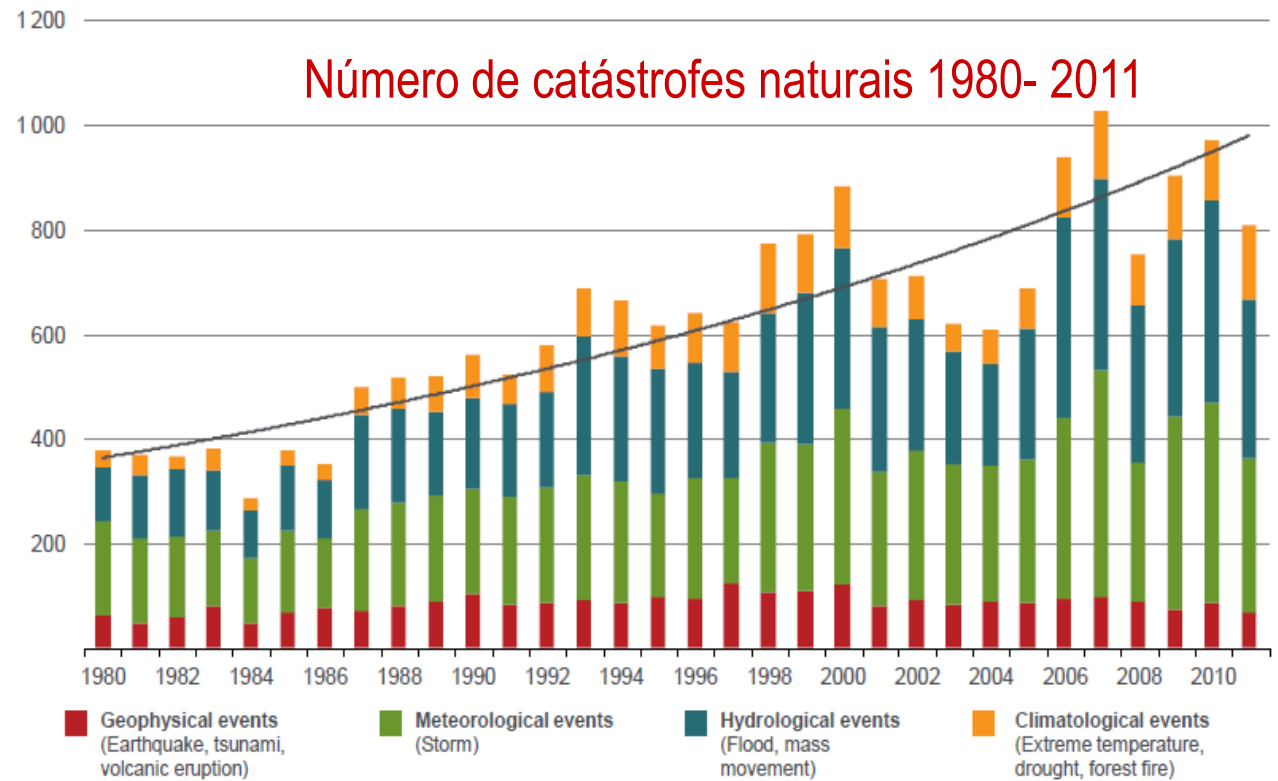
- Dense: > 1 million inhabitants
- Size: 100,000 to 1 million inhabitants
- Small: < 100,000 inhabitants
- Capital city

Data sources

Bathymetry: Amato, C. and S. W. Collins, ETOPOT 1 Arc-Minute Global Relief Model: Procedures, Data Sources and Analysis, National Geophysical Data Center, NESDIS, NOAA, U.S. Department of Commerce, Boulder, CO, August 2006. Extratropical storms: KNMI (Royal Netherlands Meteorological Institute), Temperature/Precipitation 1875-2007, Climatic Research Unit, University of East Anglia, Norwich

Munich Re, 2011

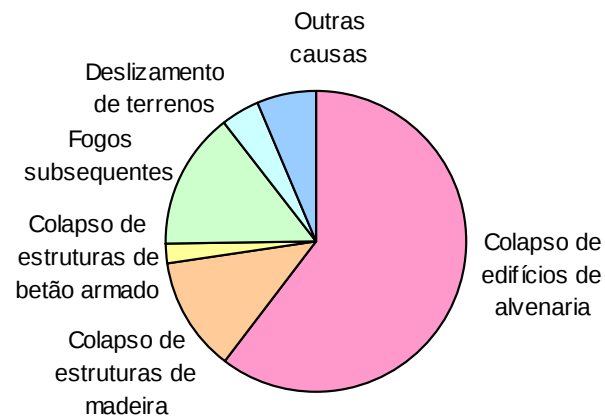
Número de catástrofes naturais 1980- 2011



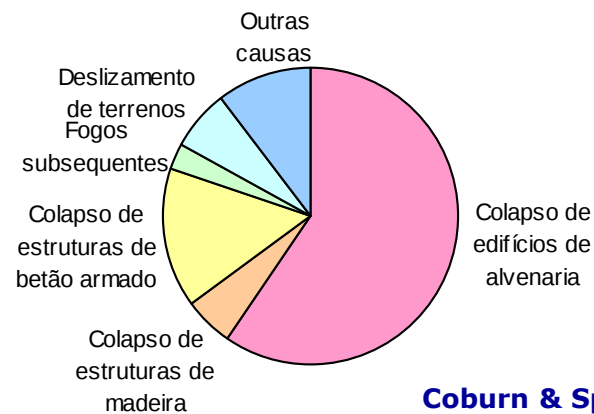
Munich Re, 2011

Sismos - sec. XX

1900-1949 795 000 vítimas mortais

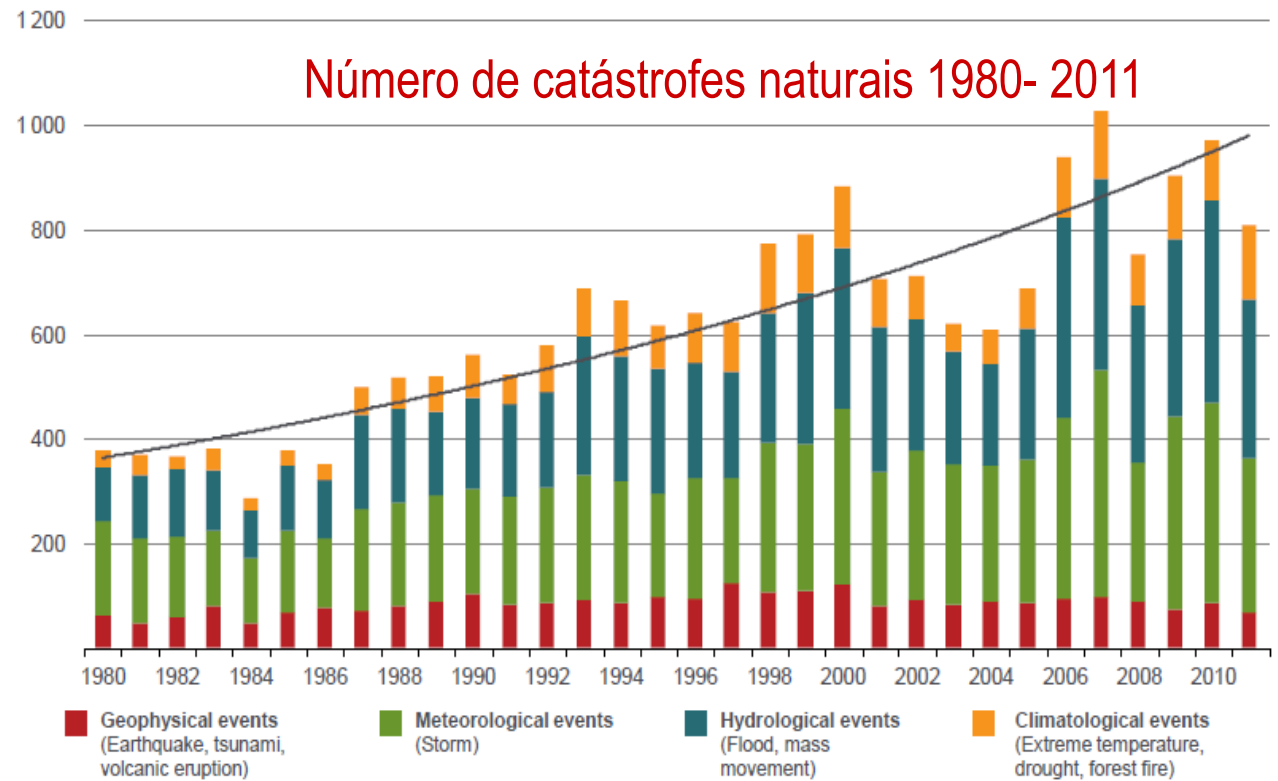


1950-1999 700 000 vítimas mortais



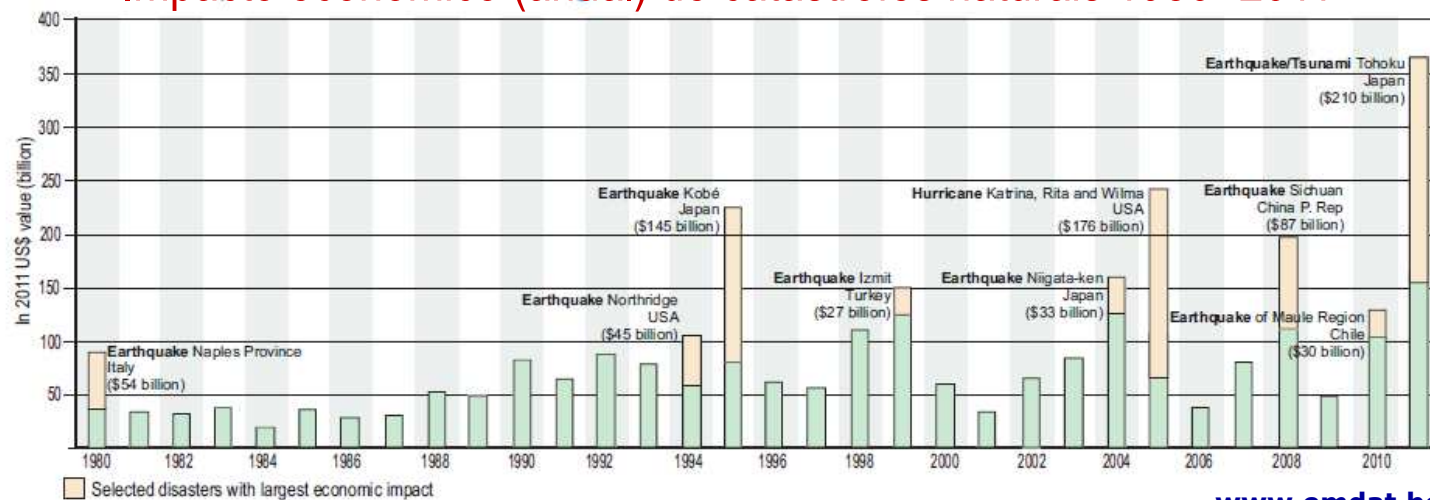
Coburn & Spence, 2002

Número de catástrofes naturais 1980- 2011



Munich Re, 2011

Impacto económico (anual) de catástrofes naturais 1980- 2011

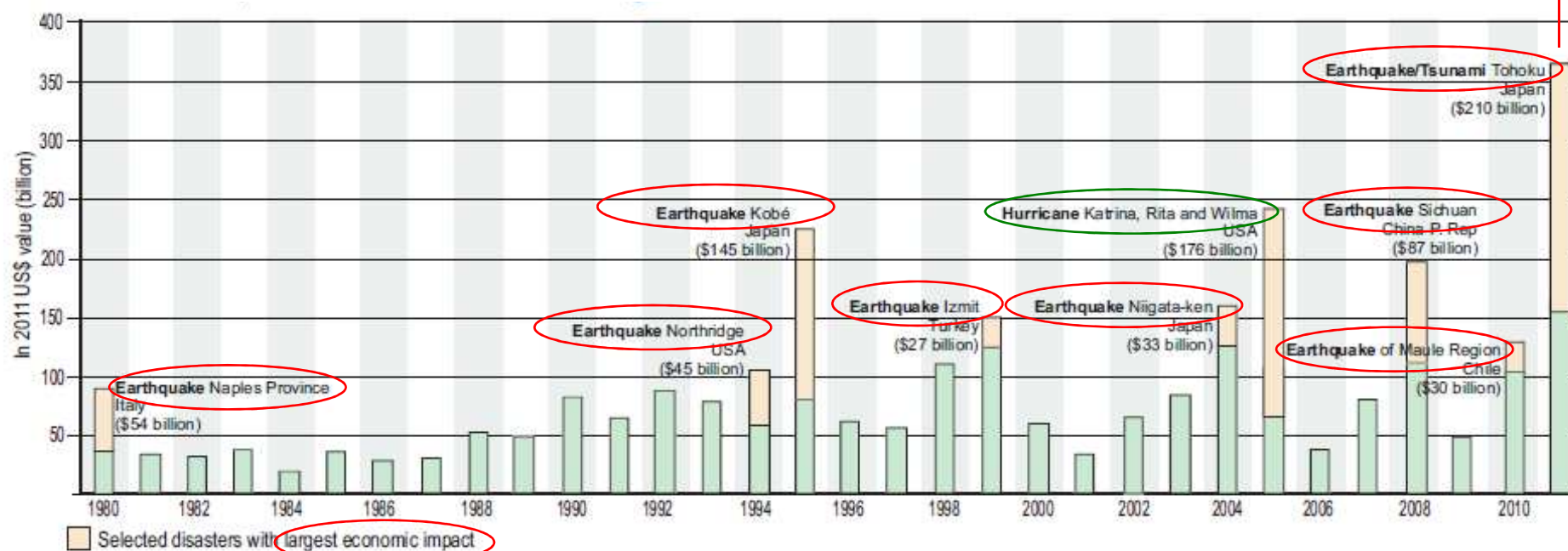


www.emdat.be

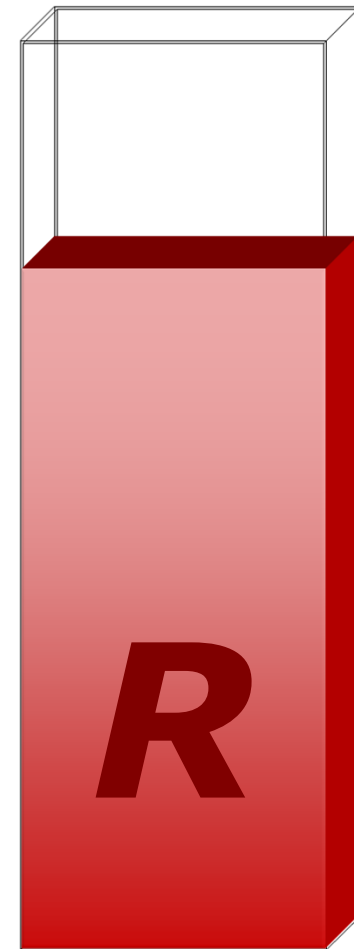
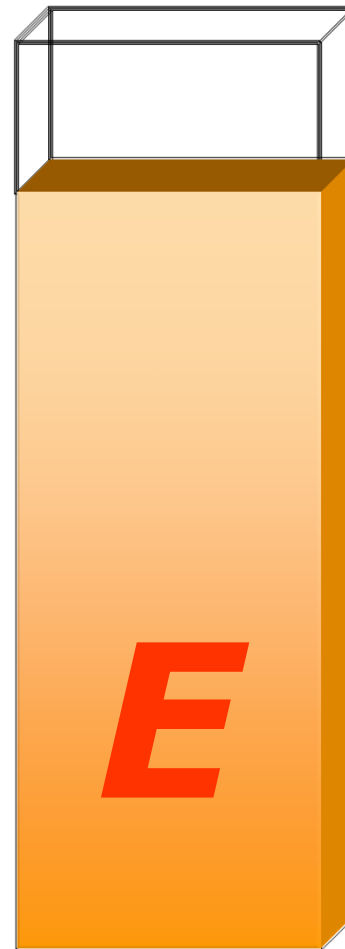
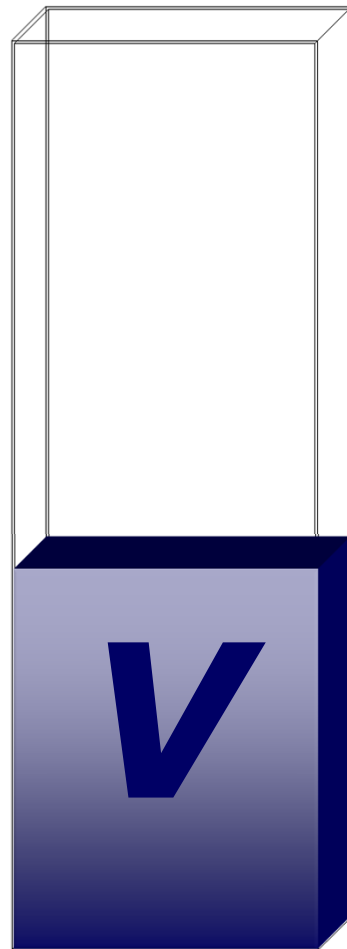
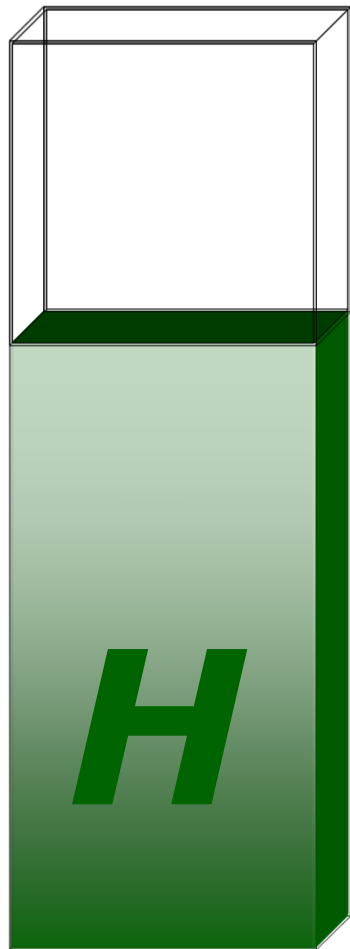


LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

Impacto económico (anual) de catástrofes naturais 1980- 2011

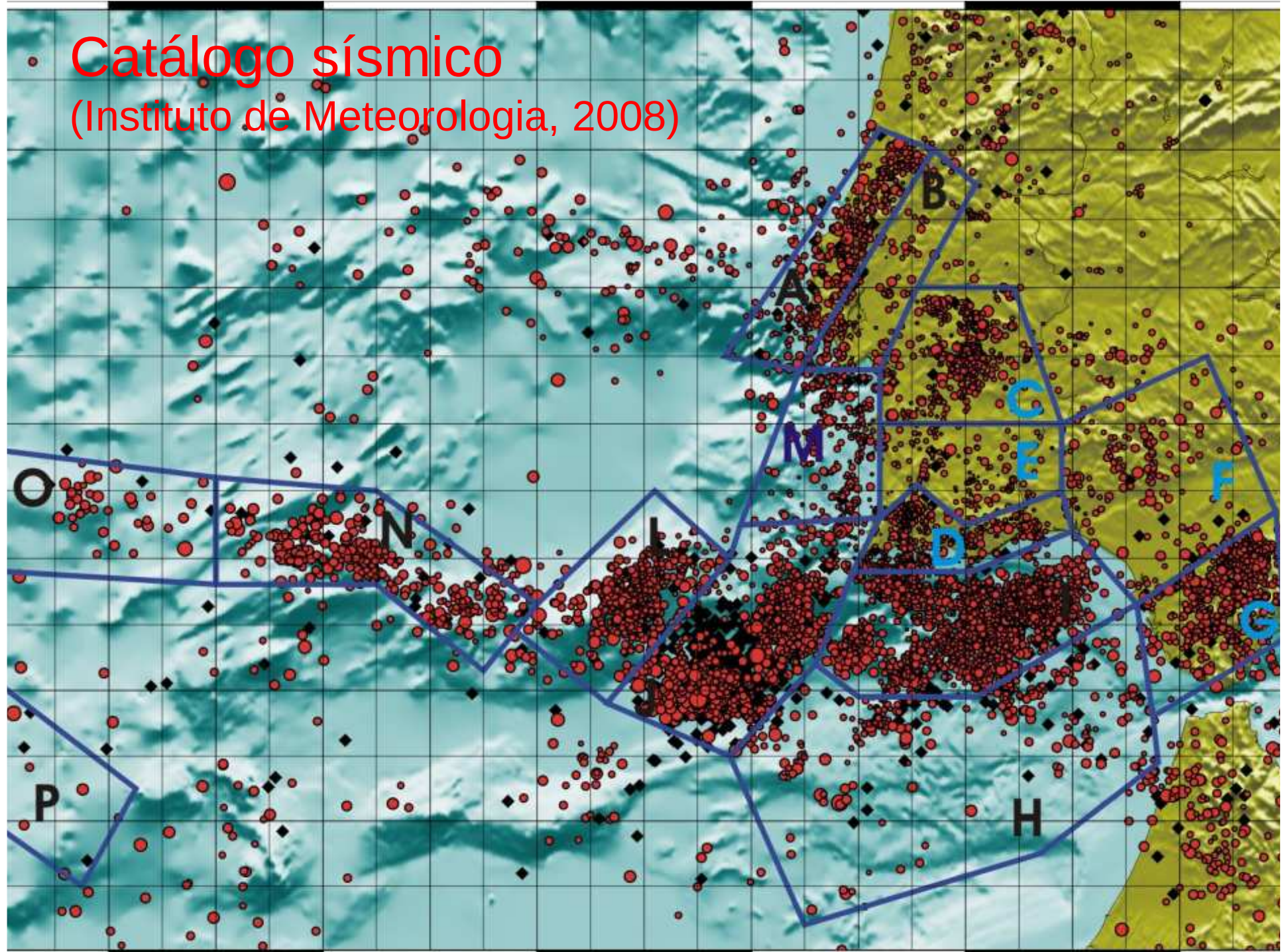


Risco Sísmico, ***R***



Catálogo sísmico

(Instituto de Meteorología, 2008)

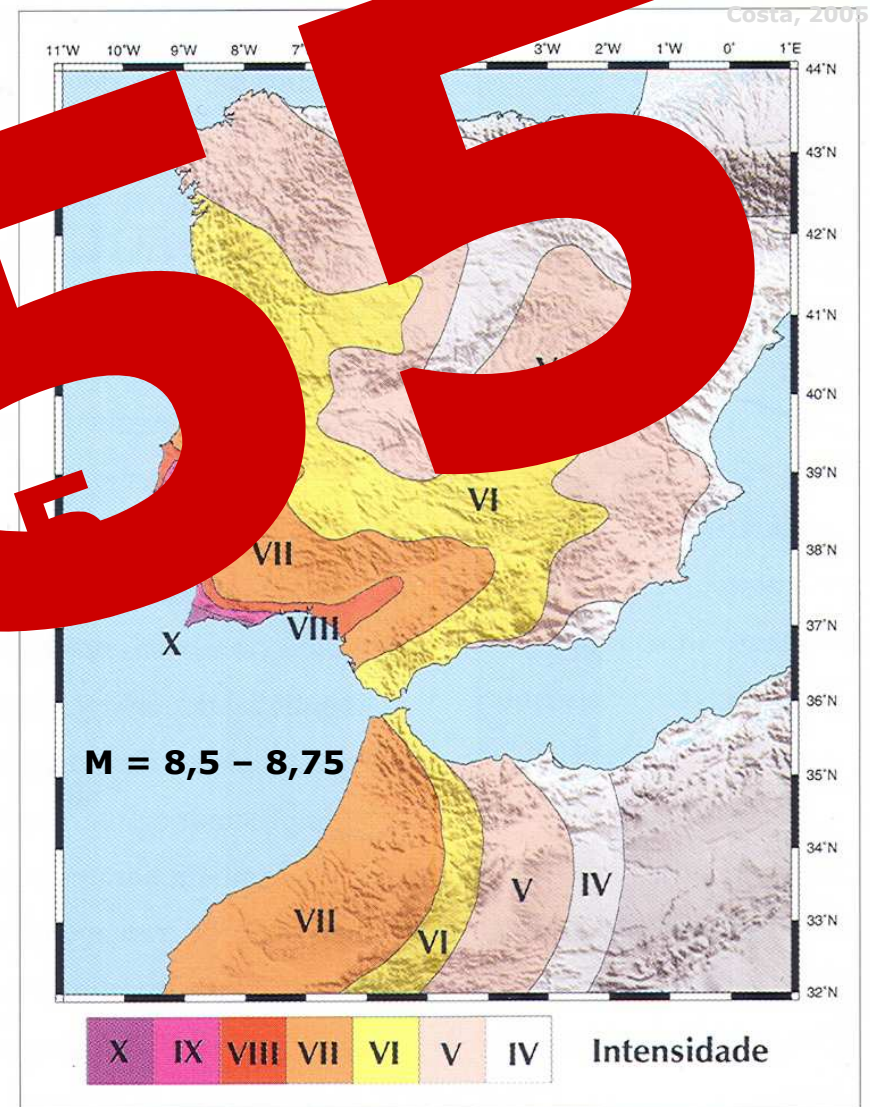
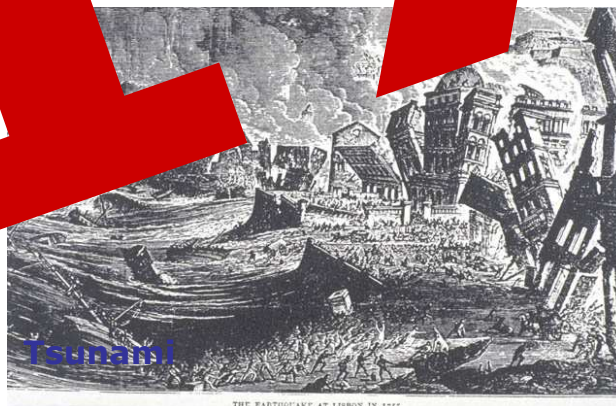


Sismicidade em Portugal Continental



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

- Padrão de ocorrências = frequência reduzida + grande impacto



Lisboa: $\approx$ 8000 edif. em mau ou muito mau estado de conservação



FRASE

DEPROVADA EM LISTOA



CASALDA PREPARAVA SE PARA OBRAS COERCIVAS

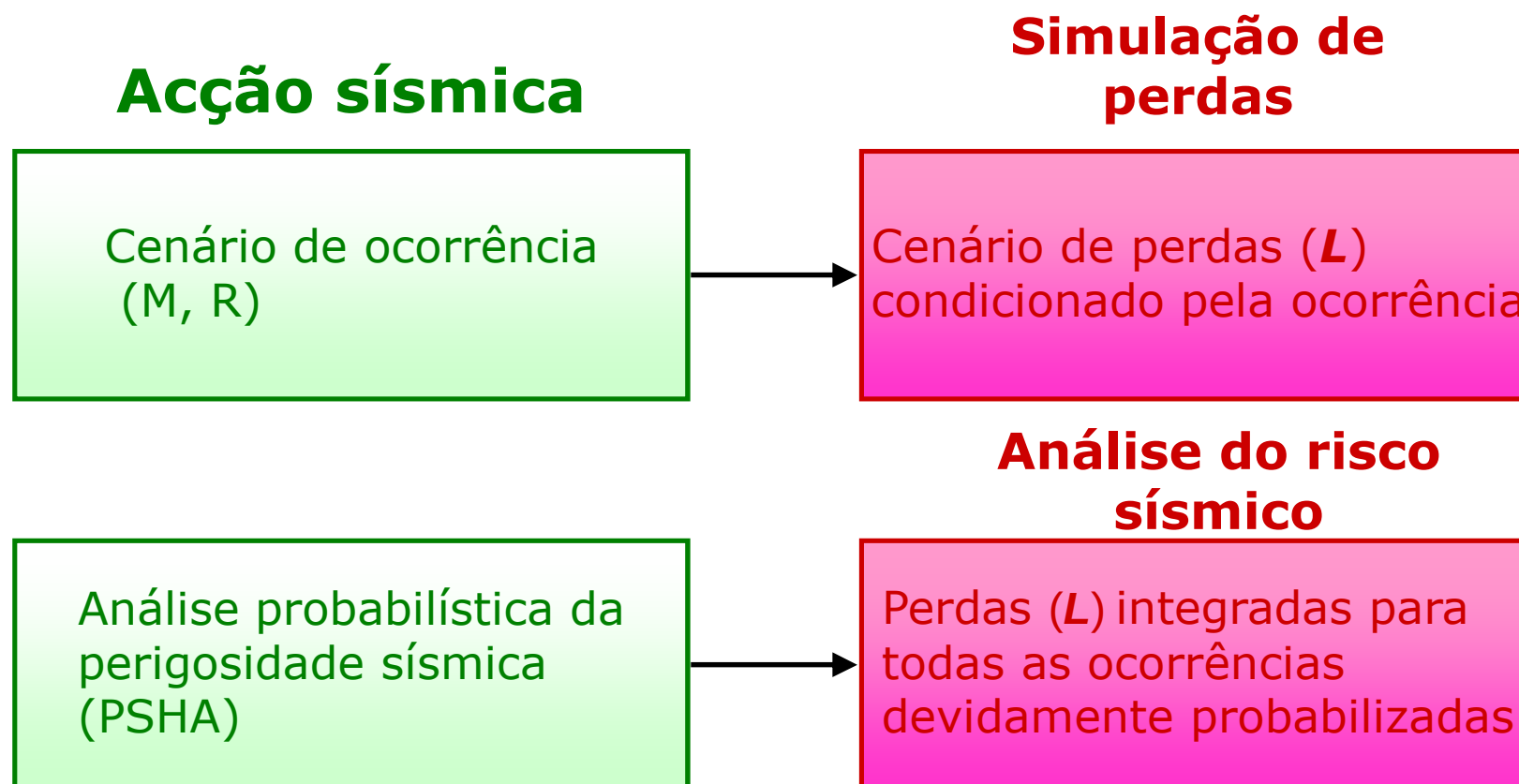
A Direcção-Geral de Saúde diminuiu hoje o nível de





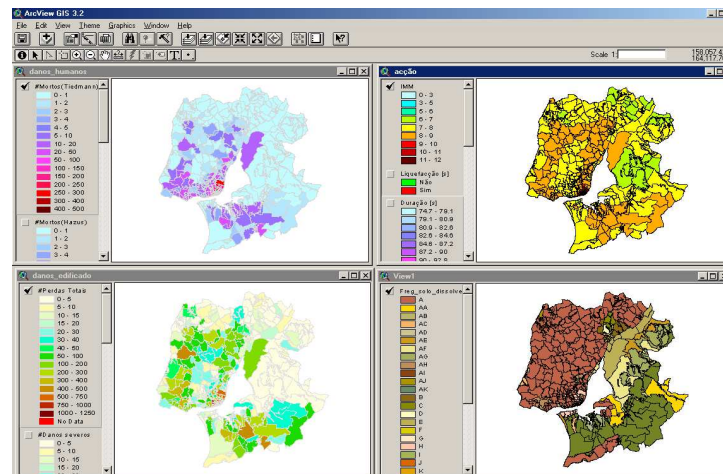
Análise probabilística do risco sísmico e simulação de perdas

Simulação de perdas e análise do risco sísmico



Efeitos = perdas, L , em consequência de sismos

Simulador de cenários sísmicos



Um

Simulador de cenários sísmicos

é uma ferramenta computacional, que pretende promover uma percepção abrangente das perdas potenciais em consequência de sismos fomentando a prevenção e a mitigação das consequências nefastas desses desastres.

[FEMA & NIBS, 1999]

Aplicações do simulador



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

Estudos de risco sísmico:

- redução da vulnerabilidade sísmica /exposição
- apoio a estratégias de redução do risco

Prevenção

Planeamento da emergência e
análise de cenários plausíveis

Planeamento

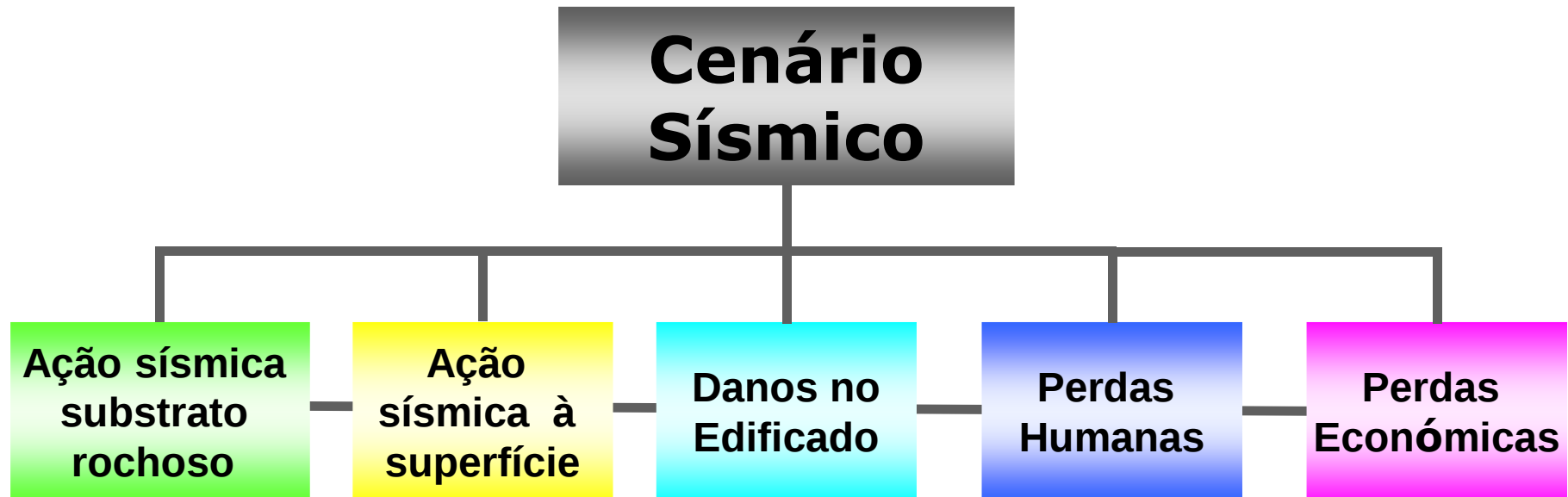


Recuperação

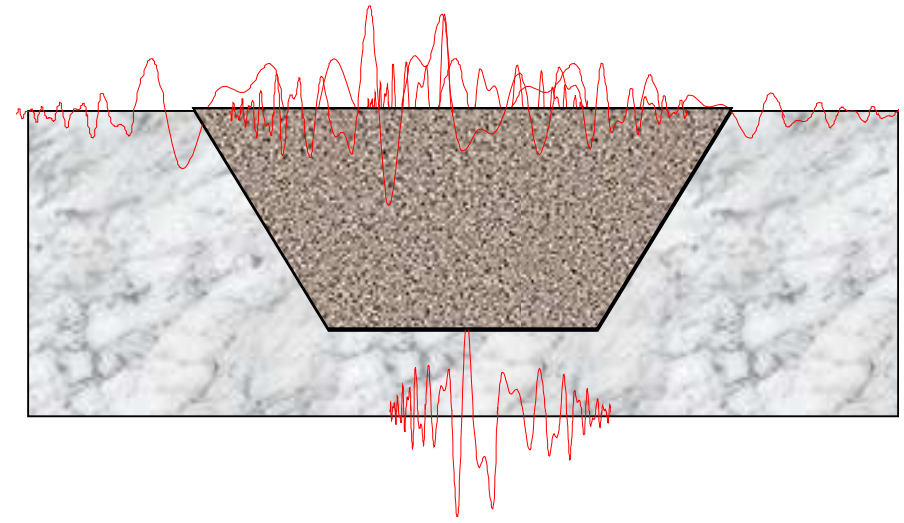
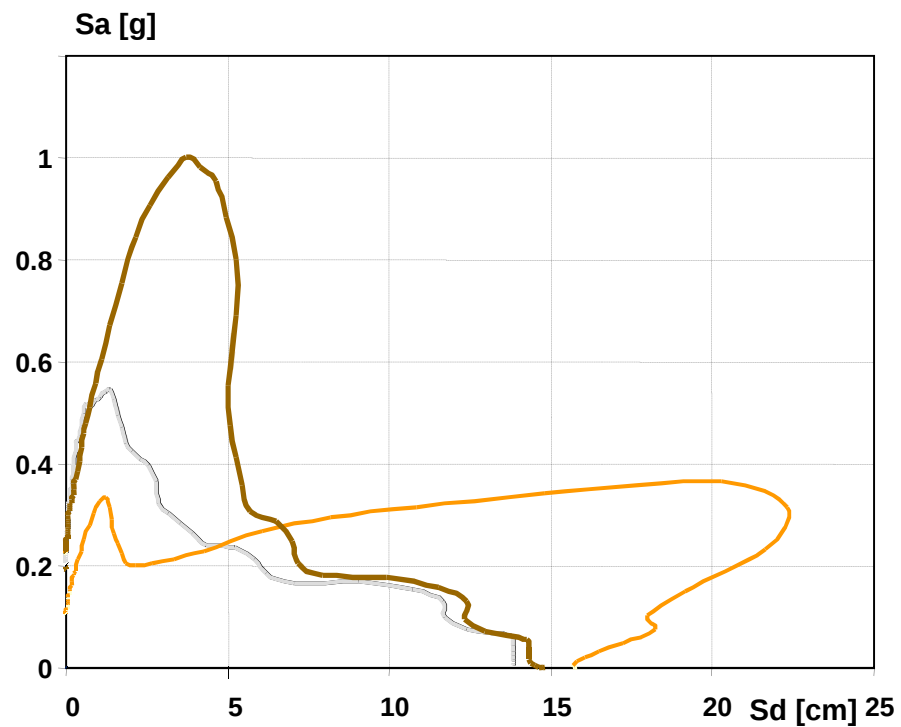
Resposta

Gestão da emergência
providenciando uma primeira
estimativa das perdas, conhecido
M e R

Simulador de cenários sísmicos



Acção sísmica à superfície



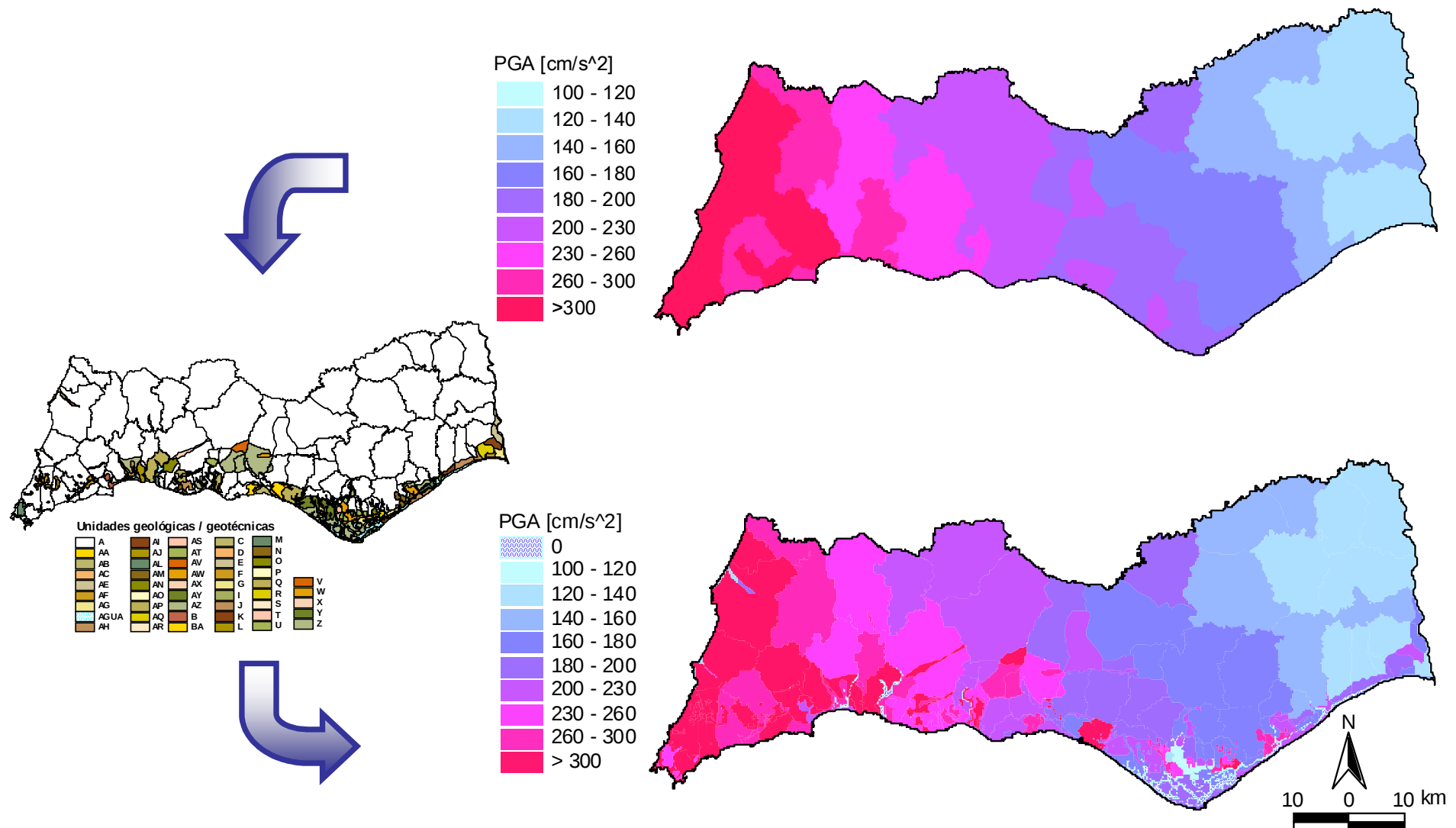
DG + DE/NESDE

Ação sísmica à superfície

• 1755



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



Sousa et al, 2009

Caracterização do parque habitacional



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



Parque
habitacional

Alv
elen

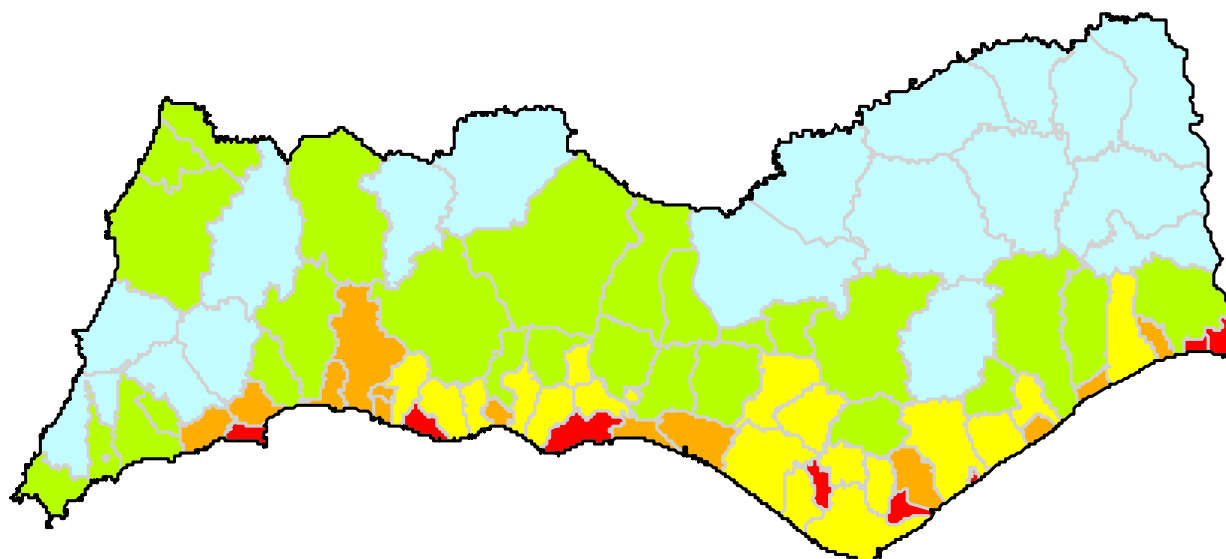
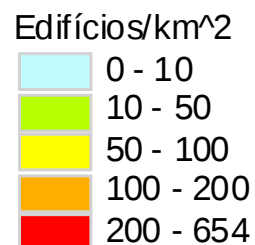
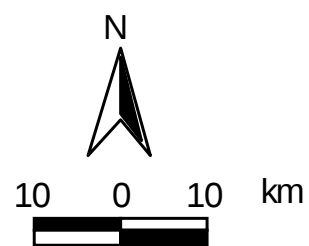


Exposição

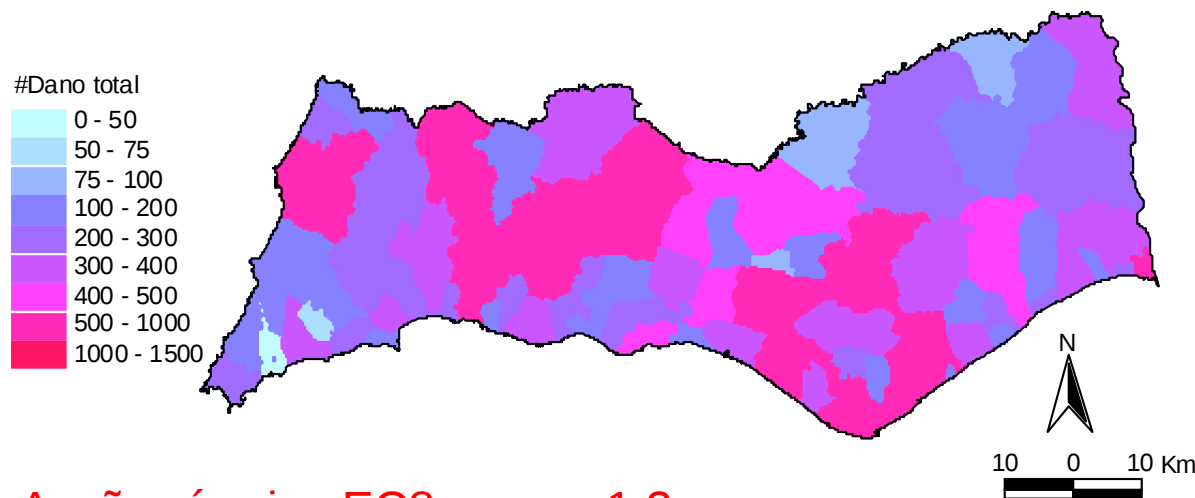
Censos 2001:

160 543 edifícios clássicos

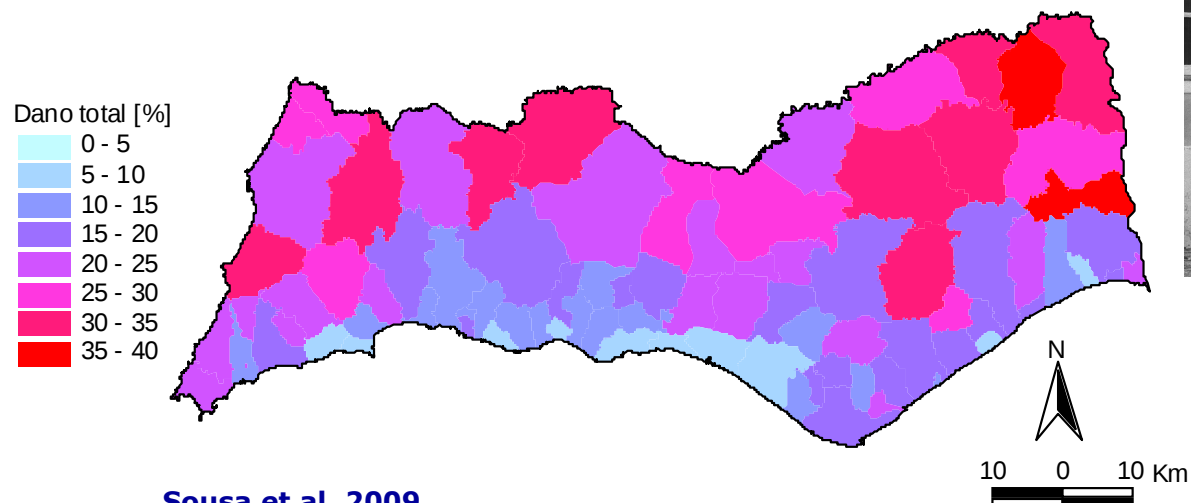
5,4% do parque habitacional de Portugal



Vulnerabilidade sísmica do parque habitacional



Acção sísmica EC8 – zona 1.2



Sousa et al, 2009

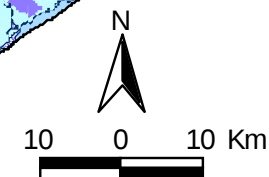
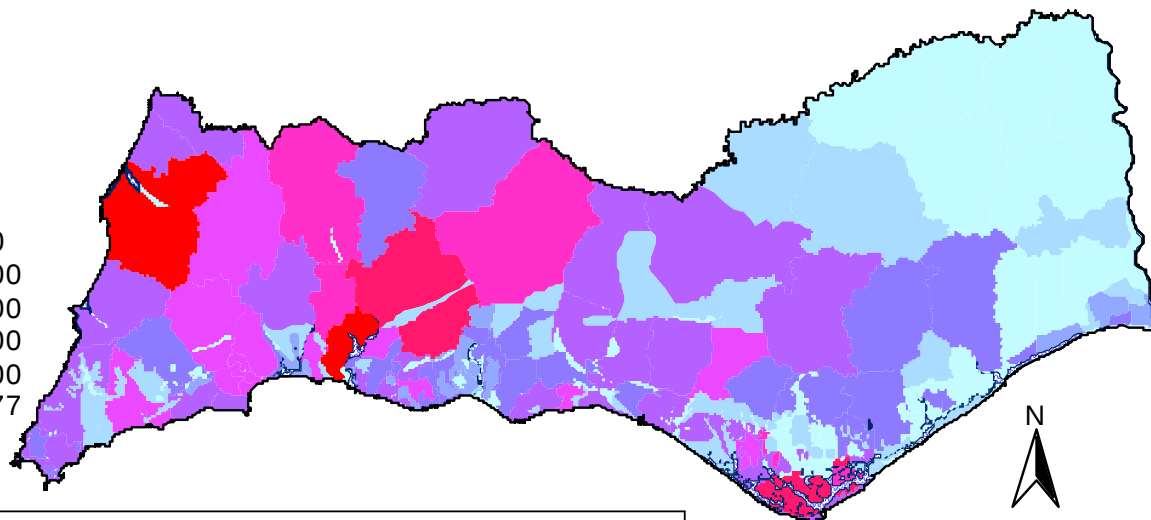
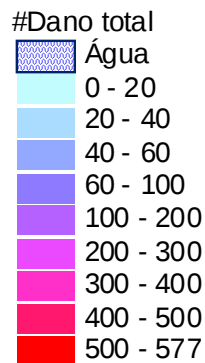


Avaliação de danos

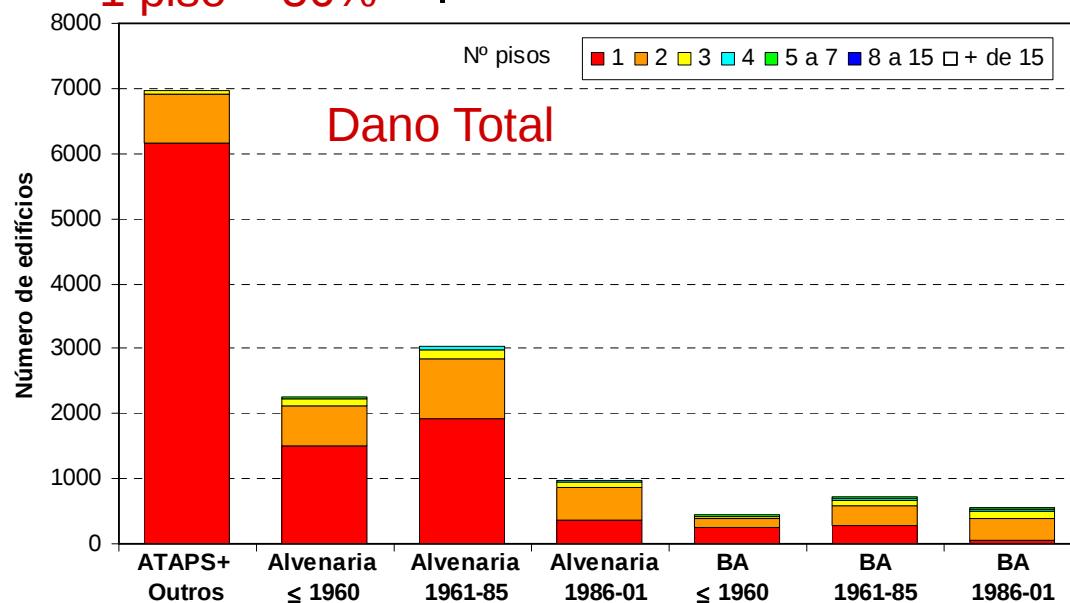
• Cenário de 1755



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL



1 piso = 56%



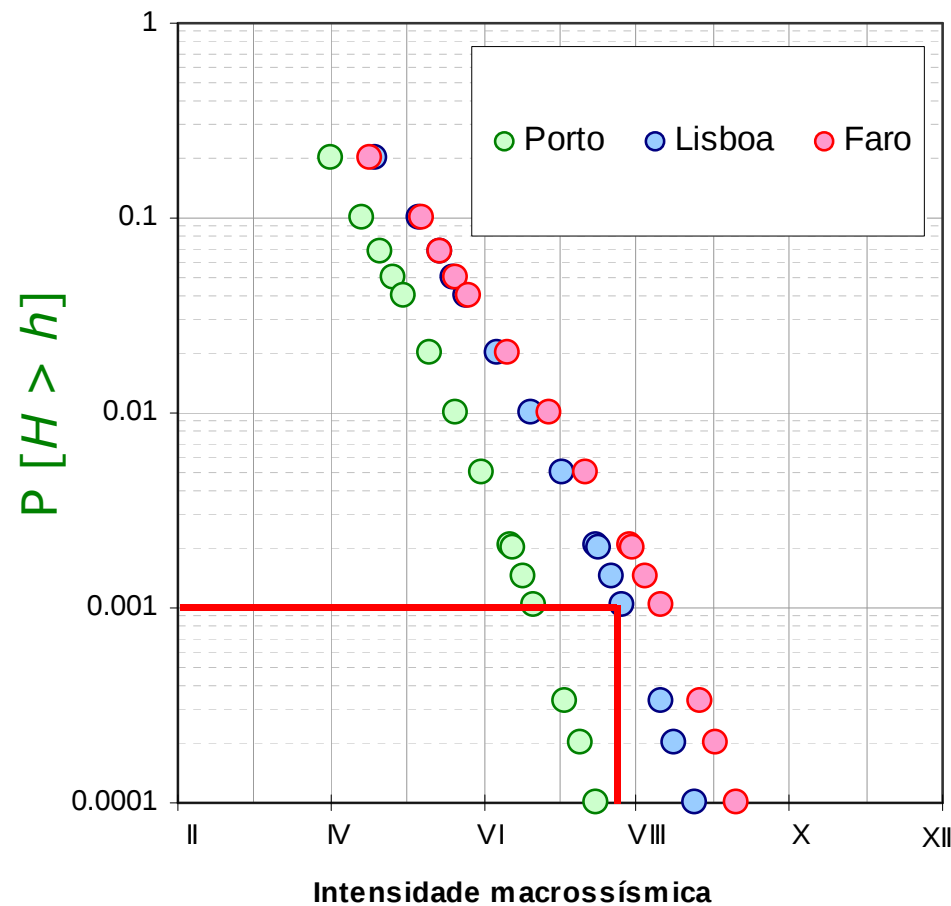
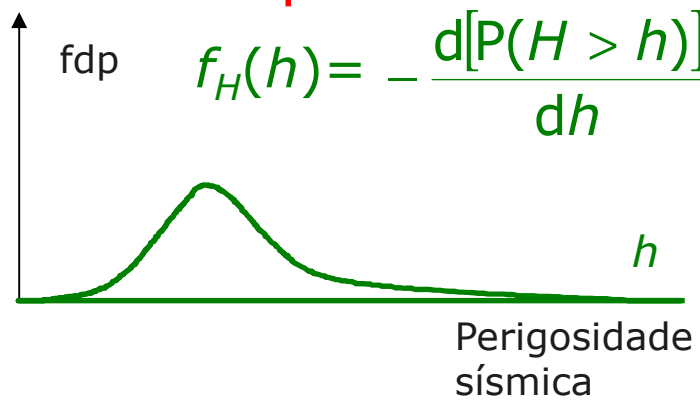
Sousa et al, 2009

Tipologias

Dano	Total [#]
Ausência de dano	55 309
Dano Ligeiro	39 686
Dano Moderado	26 979
Dano Severo	23 591
Dano Total	14 978

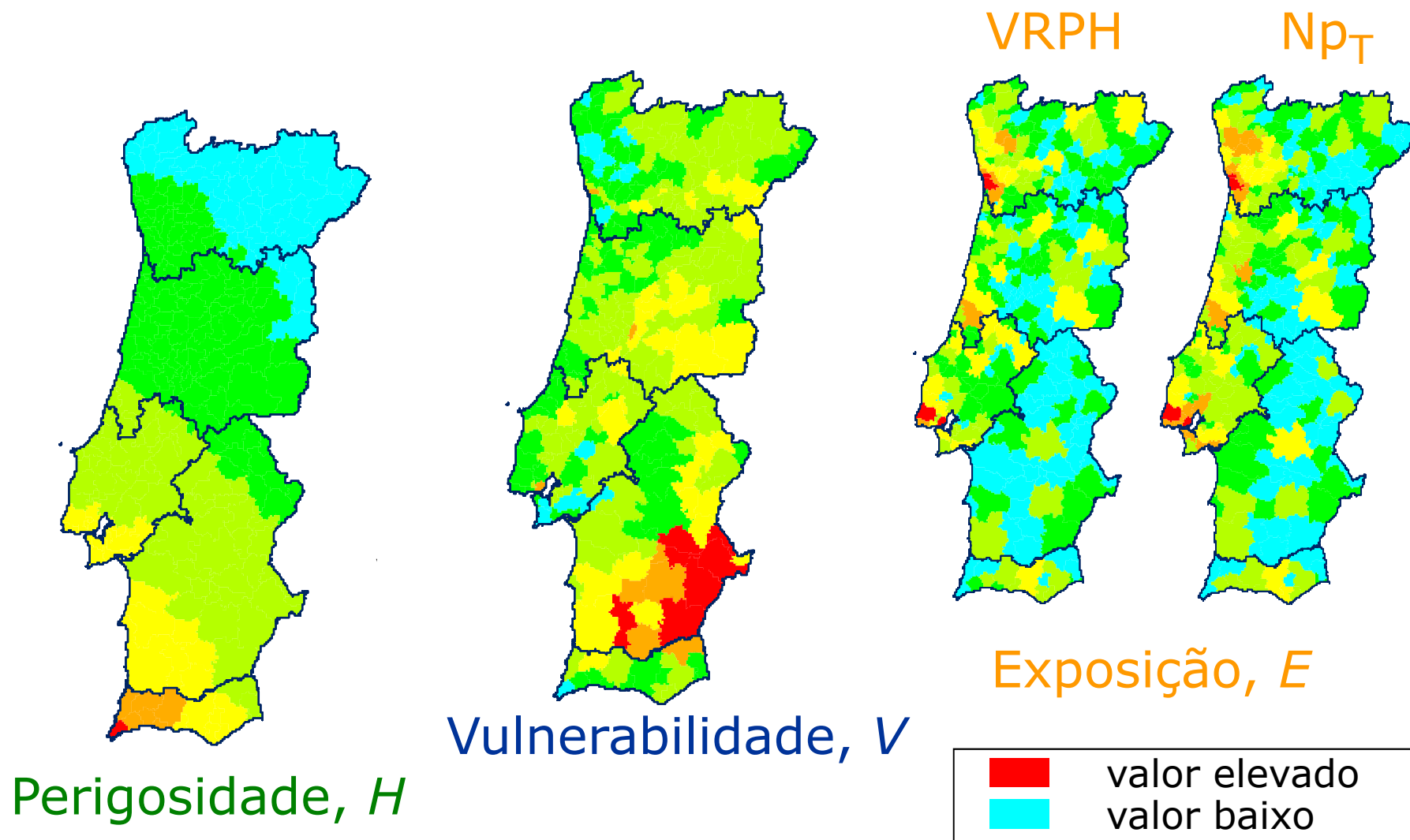
Modelação probabilística do risco sísmico

$$E(L) = \int_H E(L|h) f_H(h) dh$$



Perdas esperadas anuais

■ Variáveis explicativas

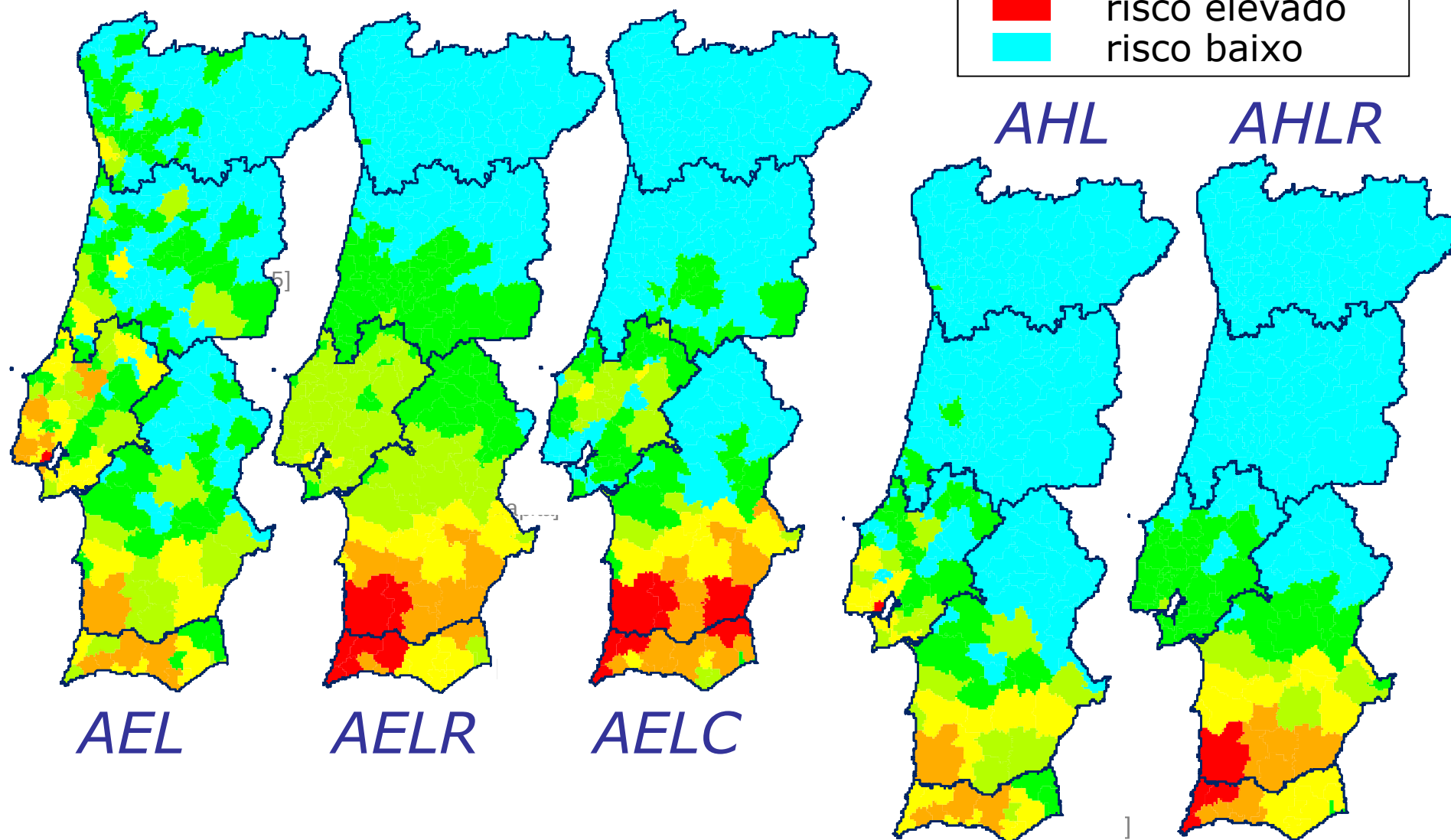
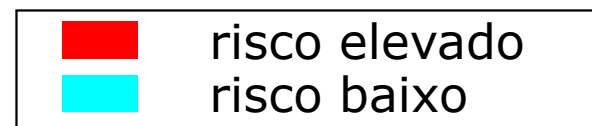


Perdas esperadas anuais



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

■ Distribuição geográfica por concelho





Desenvolvimentos futuros

A longo prazo

- > Promover a percepção adequada da sociedade para o problema do risco sísmico
- > Promover uma cultura de segurança



Norma Portuguesa

NP
EN 1998-1
2010

Eurocódigo 8 – Projecto de estruturas para resistência aos sismos
Parte 1: Regras gerais, acções sísmicas e regras para edifícios

A curto e médio prazo

- > delinear e operacionalizar procedimentos para a avaliação de danos pós-sismo
- > avaliar os custos de ações de mitigação do risco sísmico
- > integrar no Simulador estudos geotécnicos de microzonagem
- > promover formas eficientes e menos dispendiosas de atualizar inventários georreferenciados de sistemas construídos (e.g. deteção remota, cadastros municipais)
- > estudar mecanismos para promover a resiliência sísmica de zonas urbanas
- > potenciar as competências interdisciplinares do LNEC em estudos multirriscos



A curto e médio prazo

- > delinear e operacionalizar **procedimentos para a avaliação de danos pós-sismo**
- > avaliar os custos de ações de mitigação do risco sísmico
- > integrar no Simulador estudos geotécnicos de microzonagem
- > promover formas eficientes e menos dispendiosas de atualizar inventários georreferenciados de sistemas construídos (e.g. deteção remota, cadastros municipais)
- > estudar mecanismos para promover a resiliência sísmica de zonas urbanas
- > potenciar as competências interdisciplinares do LNEC em **estudos multirrisco**



Fim

Obrigada

luisa.sousa@lnec.pt