

ASSOCIAÇÃO  
PORTUGUESA DOS  
RECURSOS HÍDRICOS  
- NÚCLEO REGIONAL DO SUL



**IV JORNADAS DOS RECURSOS HÍDRICOS**  
Impacto das Alterações Climáticas  
nos Recursos Hídricos

# RISCO E VULNERABILIDADE

- INTRODUÇÃO E ENQUADRAMENTO CONCEPTUAL -

A. Betâmio de Almeida

Novembro, 2013



## OBJECTIVO- DEFINIR E APRESENTAR CONCEITOS...

- Risco é...

(uma construção humana...face a acontecimentos incertos com consequências danosas)

- Vulnerabilidade é...

(uma fraqueza identificada face a uma ameaça, a um perigo)

DIFICULDADE - SÃO CONCEITOS POLISSÉMICOS

## ETIMOLOGIA – BREVE NOTA

- Risco –
- **Risicum** (latim), associado a recife e perigo para os navegadores.  
**Risq** (árabe), associado a algo incerto dado a cada um por Deus.
- Vulnerabilidade -
- **Vulnerabilis** (latim), possibilidade de ser ferido; qualidade de poder sofrer danos. Designação utilizada nas ciências sociais, na psicologia...

# INCERTEZAS – RISCOS - VULNERABILIDADES

- **Incertezas de tipo “aleatório”:**

Intrínsecas, irreduzíveis (jogo de azar e sorte) – Ex. a **variabilidade climática**.

- **Incertezas de tipo epistémico:**

Podem ser teoricamente reduzidas com melhor conhecimento ou mais informação – Ex. a **previsão e caracterização dos efeitos regionais da alteração climática por modelos matemáticos**.

RISCO → Caracterização das incertezas **com** probabilidades  
sem probabilidades → INCERTEZA “PURA”

Frank Knight (1921)

? RISCO - INCERTEZA ?

IGNORÂNCIA TOTAL

CERTEZA COMPLETA



## RAÍZES HISTÓRICAS DA ANÁLISE QUANTITATIVA DO RISCO...

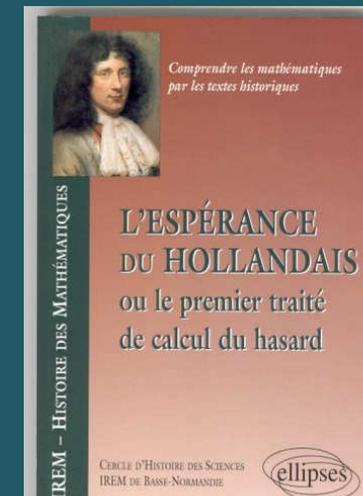
- Quantificação da **incerteza aleatória**: tudo começou no jogo, teorias das **probabilidades** e da **decisão** (sécs. XVII-XIX- XX).



- Definição do **Valor Expectável VE** (esperança matemática)- Christiaan Huygens (1657) – valor no presente de um conjunto de valores alternativos  $V_i$  incertos no futuro, com probabilidade  $p_i$ :

$$VE = \sum_i p_i \times V_i$$

Valor Expectável – base da definição quantitativa do risco!



## ANÁLISE QUANTITATIVA DO RISCO

- Risco como Valor Expectável das Consequências

$$Risco = \sum_i p_i \times C_i \quad (\text{Eq.Fundamental})$$

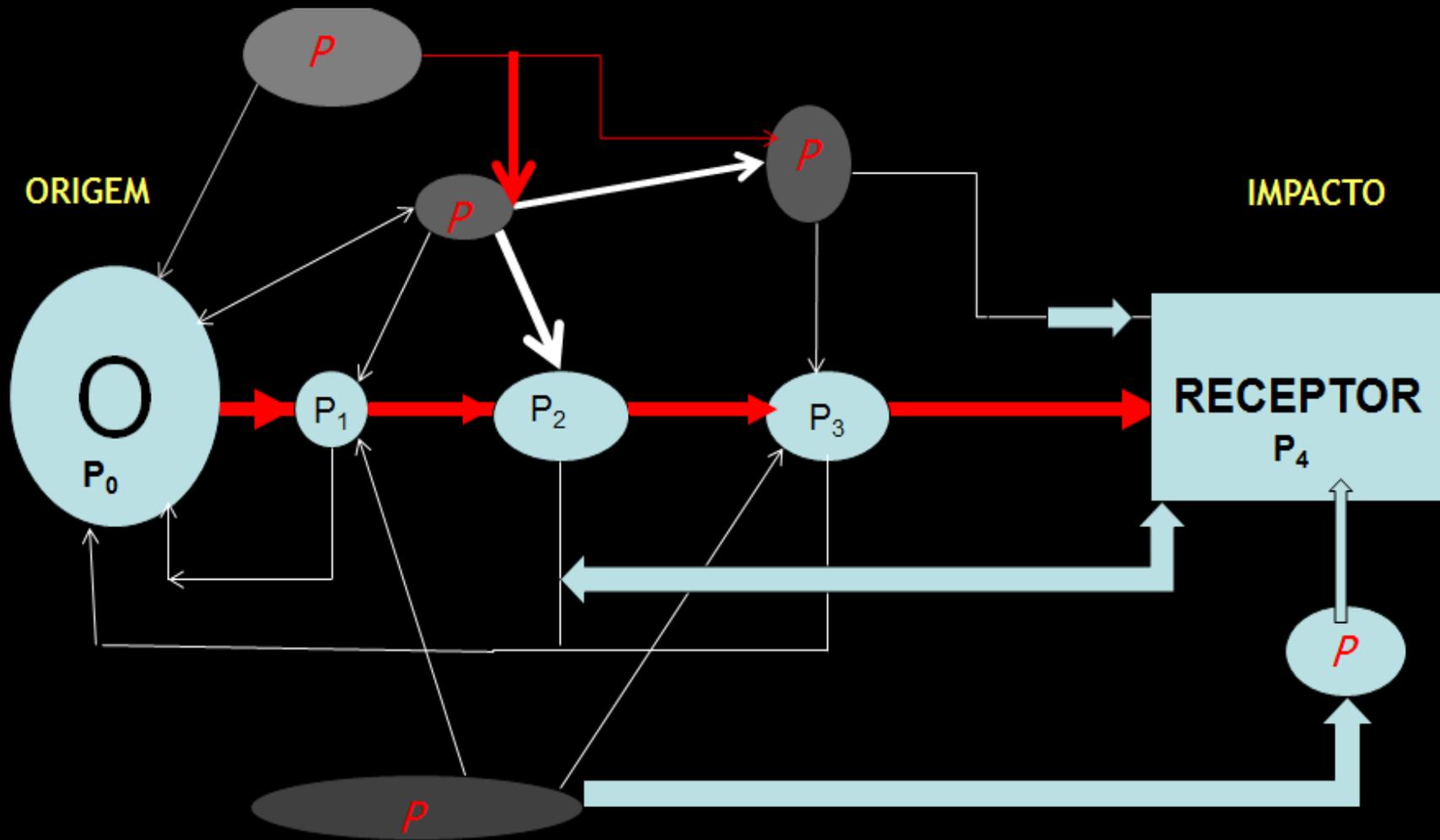
i = número de cenários considerados para análise

RISCO MODIFICADO ou GENERALIZADO - Consideração da percepção –  
“aversão ao risco”  $\alpha$  e funções de Utilidade (análises custo/benefício):


$$Risco = p \times C^\alpha$$


$$Risco = p \times U(C)$$

Risco = valor expectável das perdas decorrentes de um evento ou acção incidindo numa determinada área e num intervalo de tempo de referência.



# A Vulnerabilidade no Risco

Desastres “naturais”, Riscos tecnológicos...

**RISK = Hazard x Exposure x Vulnerability**  
(UNDRO, 1979)

Risco = Prob(M) x Exposição(M) x Vulnerabilidade (M)

$$= P \times E \times V \quad \rightarrow \quad = \text{Consequências}$$

**P = Perigosidade** – probabilidade do processo ocorrer com magnitude M.

**E = Exposição** – “valor” inicial dos bens expostos aos potenciais impactos (antes do impacto) com magnitude M.

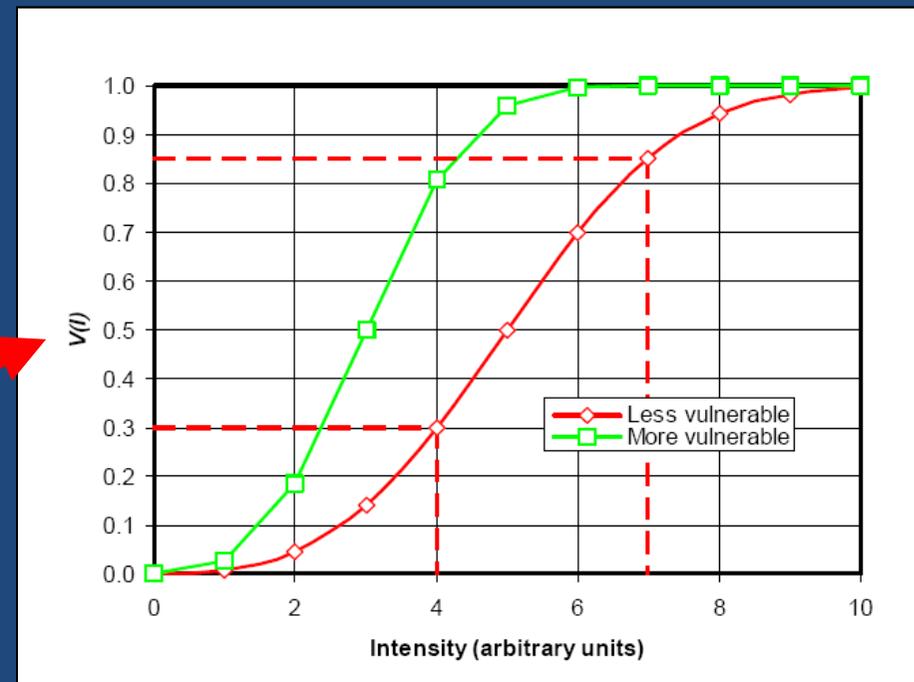
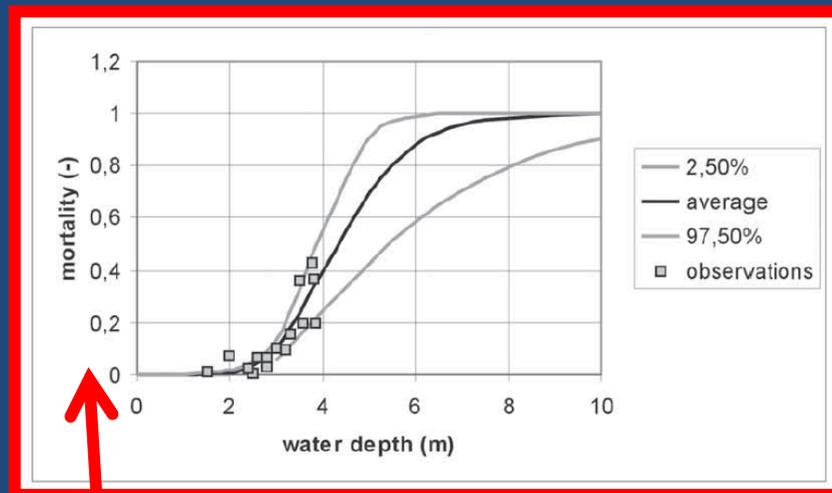
**V = Vulnerabilidade** (física) – grau de dano ou perda do valor, em exposição, em resultado do impacto e em função da magnitude M (% ou  $0 < V < 1$ ).

$$V = \frac{(\text{valor} - \text{do} - \text{dano})}{(\text{Valor} - \text{do} - \text{exposto})}$$

Escala de uma infraestrutura, de um projecto.

# I) -Vulnerabilidade física (sentido estrito ou **intrínseco** – engenharia; desastres e catástrofes)

- **FUNÇÕES DE VULNERABILIDADE**- obtidas por modelação (física ou computacional) e expressas numa escala de 0 (sem dano) a 1 (destruição ou perda total), em função da magnitude ou intensidade do impacto – indispensáveis em análise do risco.



$V = \text{Valor destruído} / \text{Valor inicial}$

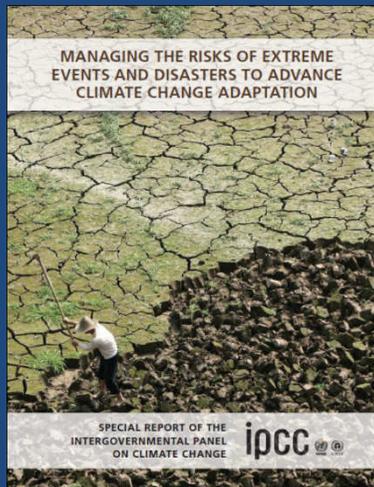
# O Risco – variável de análise e de decisão

## Gestão do Risco e Alteração Climática

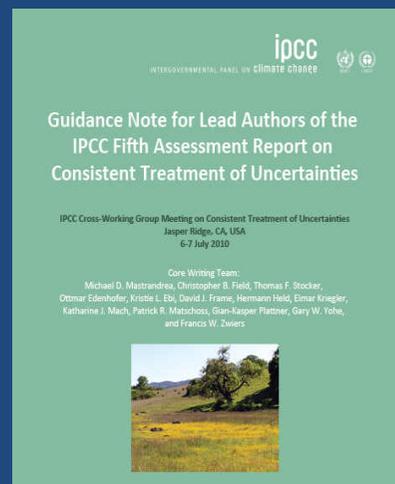
Apreciação, controlo, mitigação, preparação de resposta a crises...no presente.  
Mas, para médio e longo prazos?...Justificação de medidas de protecção, políticas públicas?  
Avaliação no **presente** de riscos em cenários **futuros**, com alterações em curso.

$$\text{RISCO} = (p + \Delta p) \times (E + \Delta E) \times (V + \Delta V)$$

(+ Incertezas epistémicas relevantes)



(IPCC,2012)



(IPCC,2010)

QUESTÃO FUNDAMENTAL:  
Como caracterizar as incertezas?  
Probabilidades?  
Risco ou incerteza pura?  
Incertezas ou Ignorância?

# Exemplo: avaliação de áreas de Exposição a inundações (tempestades) – Nova Iorque

- Realidade (2012) →

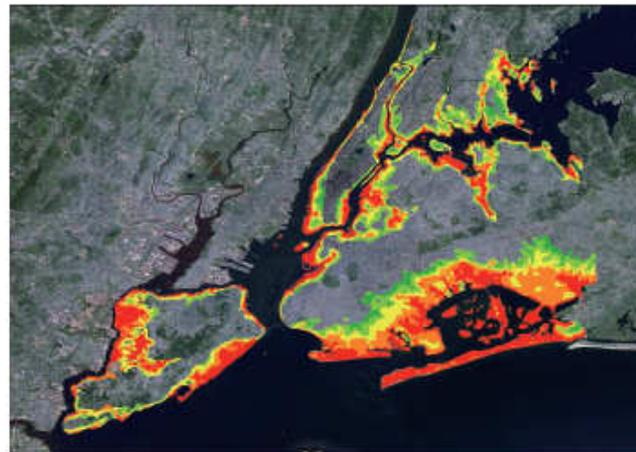
versus

- Simulação computacional →

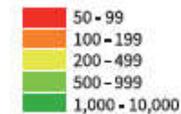
Figure 1.3 Extent of flooding in New York City due to Super-storm Sandy (top) compared with a hazard map showing areas that could be expected to be flooded due to storm surges (bottom)



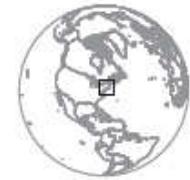
Extent of flooding October 2012



Potential inundation extent for different return periods (years)



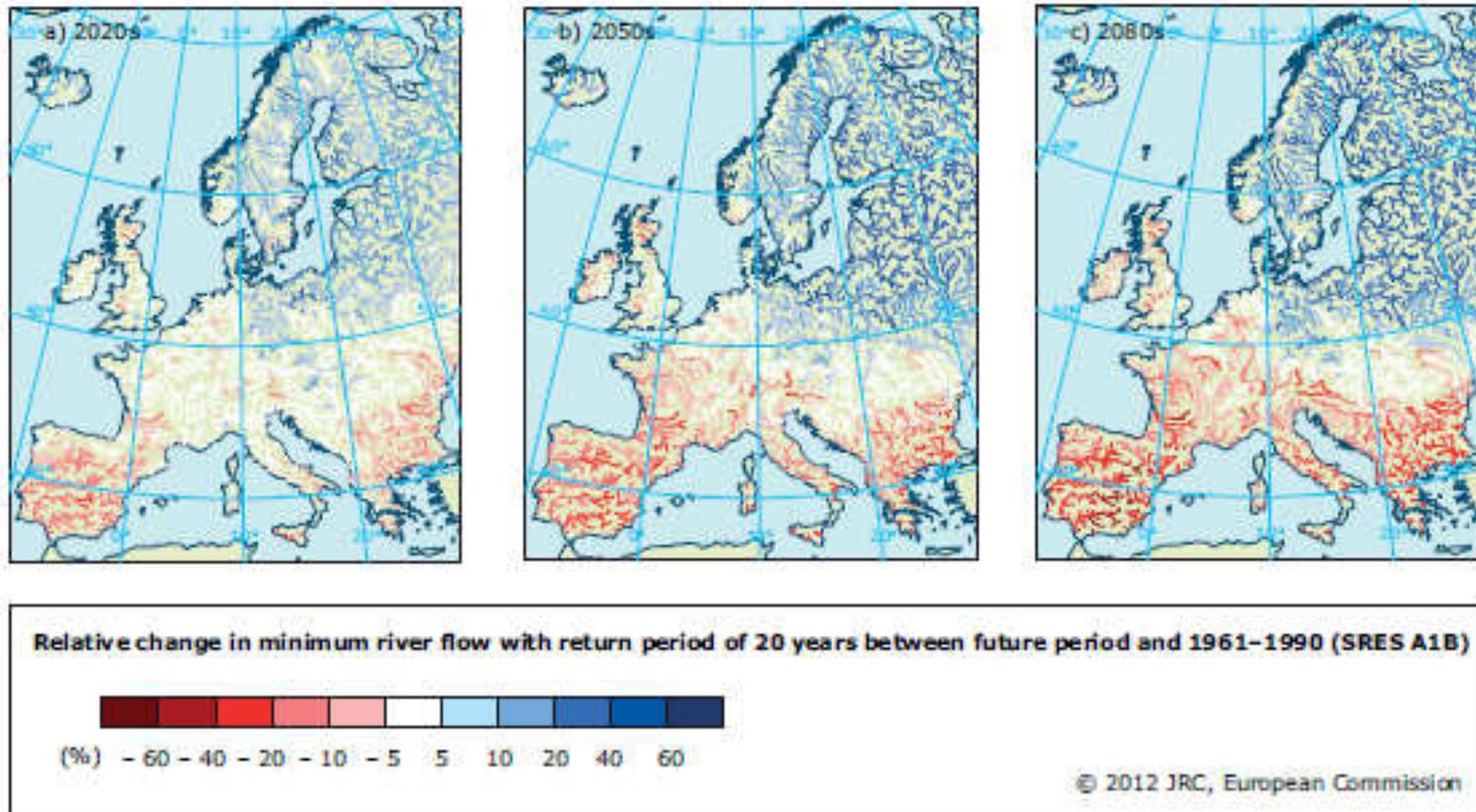
0 10  
Kilometres



(Source: Swiss Re Hurricane Storm Surge Model)

# Variação de escoamentos mínimos para idêntica probabilidade (2020,2050,2080)

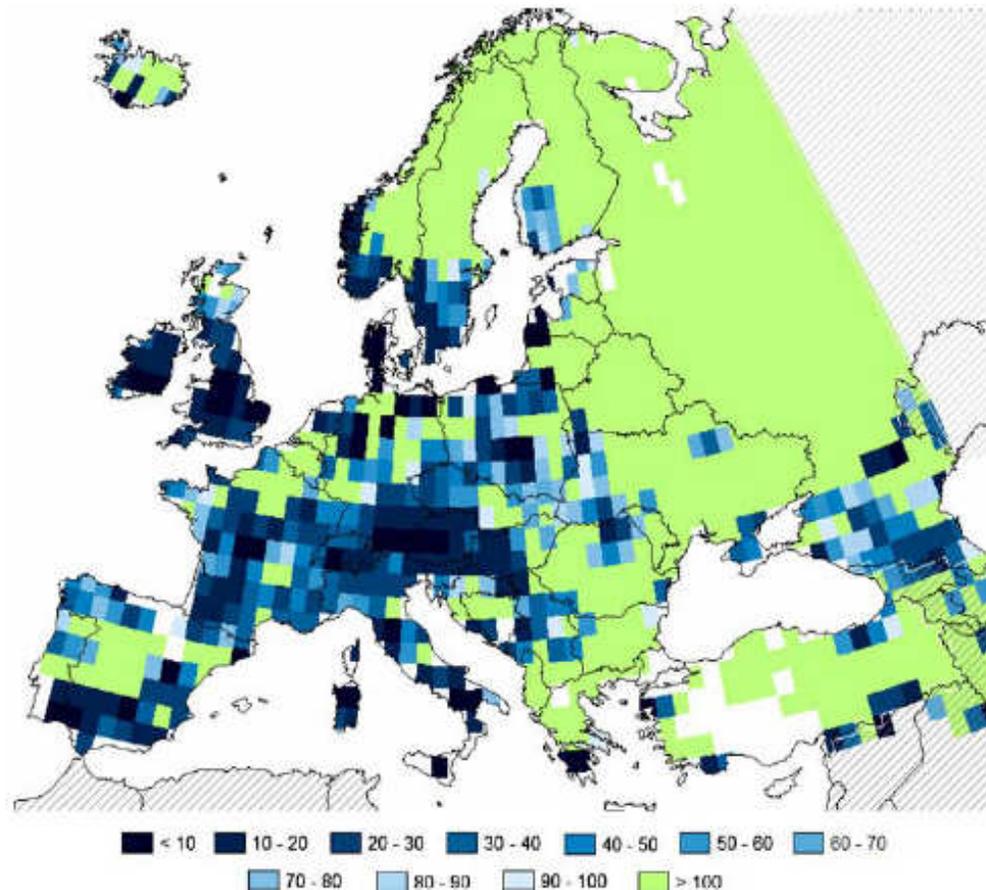
**Map 3.10 Projected change in minimum river flow with return period of 20 years**



**Note:** Relative change in minimum river flow for a) 2020s, b) 2050s and c) 2080s compared to 1961-1990 for SRES A1B scenario.

**Source:** Rojas et al., 2012.

# Provável futuro p. de retorno (2071-2100) de cheias com igual magnitude de T= 100anos no presente



Referência inicial:  
1961-1990 (T=100 anos)

in case of scenario SRES A1B. Source: Kundzewicz *et al.* (2010), using results from Hirabayashi *et al.* (2008).

## RISCOS ESTIMADOS E ALTERAÇÃO CLIMÁTICA

- Variação **INCERTA** do risco no futuro relativamente ao presente

$$\Delta R(t) = (P + \Delta P(t)) \times (E + \Delta E(t)) \times (V + \Delta V(t)) - (PEV)$$

*1) Para igual probabilidade, a magnitude ou intensidade do evento pode aumentar ou diminuir implicando a variação da Exposição e da Vulnerabilidade:*

$$R(t) = P \times (E + \Delta E(t)) \times (V + \Delta V(t))$$

*2) Ou, para idêntica magnitude a probabilidade pode aumentar ou diminuir:*

$$R(t) = (P + \Delta P(t)) \times E \times V$$

 *3) Mais os efeitos da reflexividade humana futura e do factor surpresa!!!*

## Dificuldades relevantes na análise do risco futuro (no contexto das alterações climáticas)

1 - **Estimação incerta** das probabilidades associadas aos processos complexos (Ignorância ou incertezas epistémicas relevantes).

2- **Alteração** em curso do **padrão “histórico” das incertezas aleatórias**. Alteração de probabilidades empíricas (frequenciais) – exigência de probabilidades subjectivas ou de novas teorias (mais complexas) de probabilidades. **Exemplos:** teorias das probabilidades “imprecisas”, da “evidência” ou da “possibilidade”.

3 - Acontecimentos (extremos) com **probabilidade muito reduzida mas elevada perigosidade** podem atenuar (muito) o valor do risco calculado, desvalorizar a variável de decisão e retirar validade a análises económicas de longo prazo (teorema lúgubre ou “dismal”).

**Exemplo:** o caso da central nuclear de Fukushima e o tsunami de 2011.

# ANÁLISE DO RISCO VERSUS ANÁLISE DE VULNERABILIDADES

Será necessário conhecer, no presente, as probabilidades incertas, associadas a acontecimentos futuros, para a decisão e a acção face às alterações climáticas?

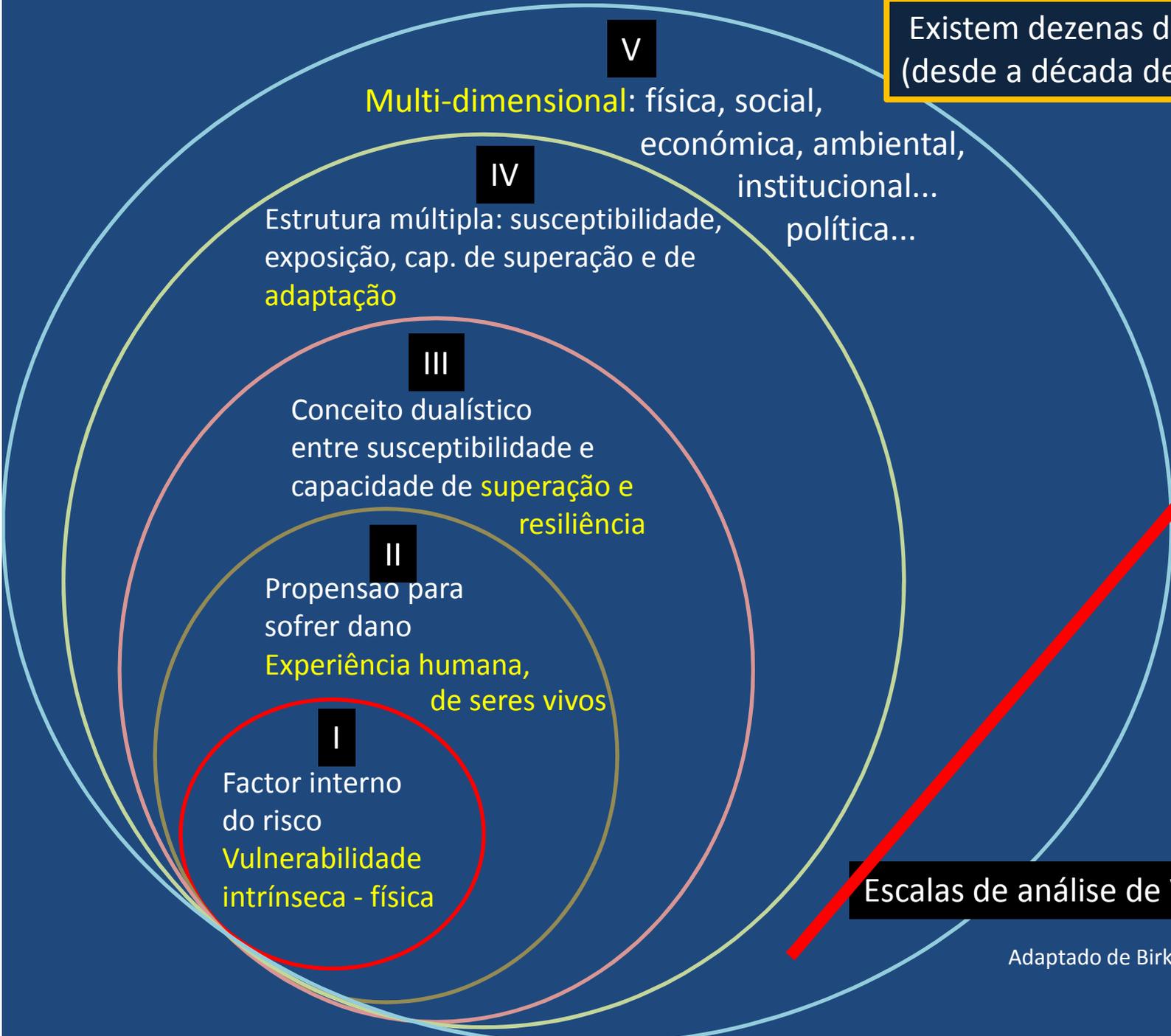
A análise de vulnerabilidades pode ser uma resposta, atenuar alguns inconvenientes da análise do risco e ser mais eficaz operacionalmente:

- pode ser independente de probabilidades de ocorrência;
- tem um enfoque em mitigação de danos e na capacidade de recuperação (resiliência) face a ameaças futuras possíveis;
- pode incluir a percepção social dos riscos e o controlo da Exposição;
- inclui cenários holísticos e cadeias de causalidade física simplificadas (V. Social)

Dificuldades potenciais da análise de vulnerabilidades:

- custo/benefício no presente, sem a moderação dos valores expectáveis;  
(das probabilidades de incertezas aleatórias de cada risco ou cenário)
- pode empolar consequências possíveis mais pouco prováveis
- mais difícil de hierarquizar acções como variável de decisão!

Existem dezenas de definições (desde a década de 70)



Escalas de análise de Vulnerabilidade

Adaptado de Birkmann, 2005

## O que nos diz a realidade acerca de desastres naturais?

- Os países menos desenvolvidos representam **11%** da população mundial exposta a ameaças (naturais) mas correspondem a **53%** das vítimas.
- Os países mais desenvolvidos representam **15%** da população mundial exposta mas só correspondem a **1,8%** das vítimas.
- **Importância dos factores sociais e políticos numa análise macro do desenvolvimento sustentável!**

Ⓟ -Vulnerabilidade (sentido lato , multi-dimensional, social...)  
(UN Development Program, UNDP, 2004)

“Por “vulnerabilidade” entendemos ser a característica de uma pessoa ou de um grupo de pessoas de ter capacidade para antecipar, enfrentar, resistir e recuperar do impacto de um evento natural parigoso.”

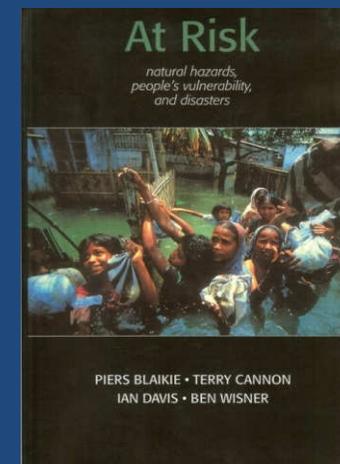
(Blaikie et all, 1994)

Grau de susceptibilidade e de capacidade para superar os efeitos adversos da alteração climática, incluindo a variabilidade climática e a ocorrência de situações extremas. A vulnerabilidade é uma função das características, da magnitude e do ritmo, das alterações a que um sistema está exposto, da sua sensibilidade e da sua capacidade adaptativa.

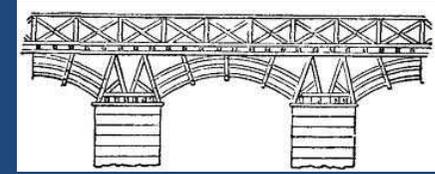
(IPCC Glossary, 2013)

**VISÃO HOLÍSTICA**

**Definição Genérica:** análise da propensão ou predisposição para um sistema ser adversamente afectado (IPCC, 2012).



## Vulnerabilidade física versus Social e Humana



Uma ponte entre culturas

Vulnerabilidade física caracteriza com precisão o **pós**-impacto numa zona de impacto bem definida: um vale, uma cidade, uma zona costeira...

Vulnerabilidade social caracteriza os factores negativos no **presente** que propiciam um desastre social no futuro resultante de determinado tipo de impactos.

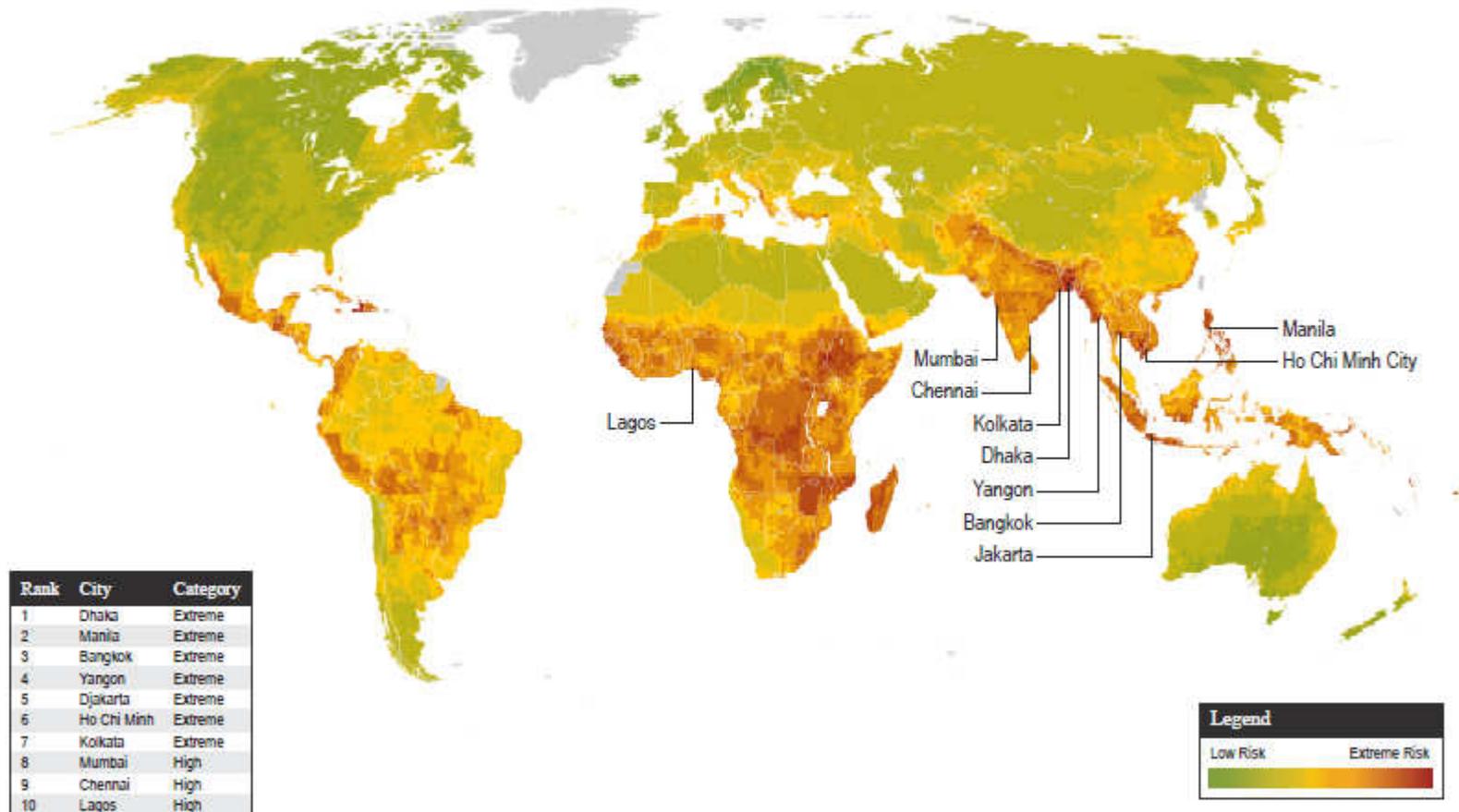
Indicadores sócio-económicos para ameaças específicas

$$V_{SH} = V_1^{\alpha_1} V_2^{\alpha_2} \dots V_i^{\alpha_i}$$

PIB, género, escolaridade, demografia, condições sanitárias, emprego...

## Exemplo de INDICADOR

### Climate Change Vulnerability Index 2013 – Most at risk cities



# Factores Gerais de Controlo da Vulnerabilidade

$$\text{Vulnerabilidade}(t) = \text{Função}\left(\frac{\text{Severidade; Susceptibilidade} - \text{Preparação} - \text{Adaptação}}{\text{Resiliência (Recuperação)}}, \text{tempo}\right)$$

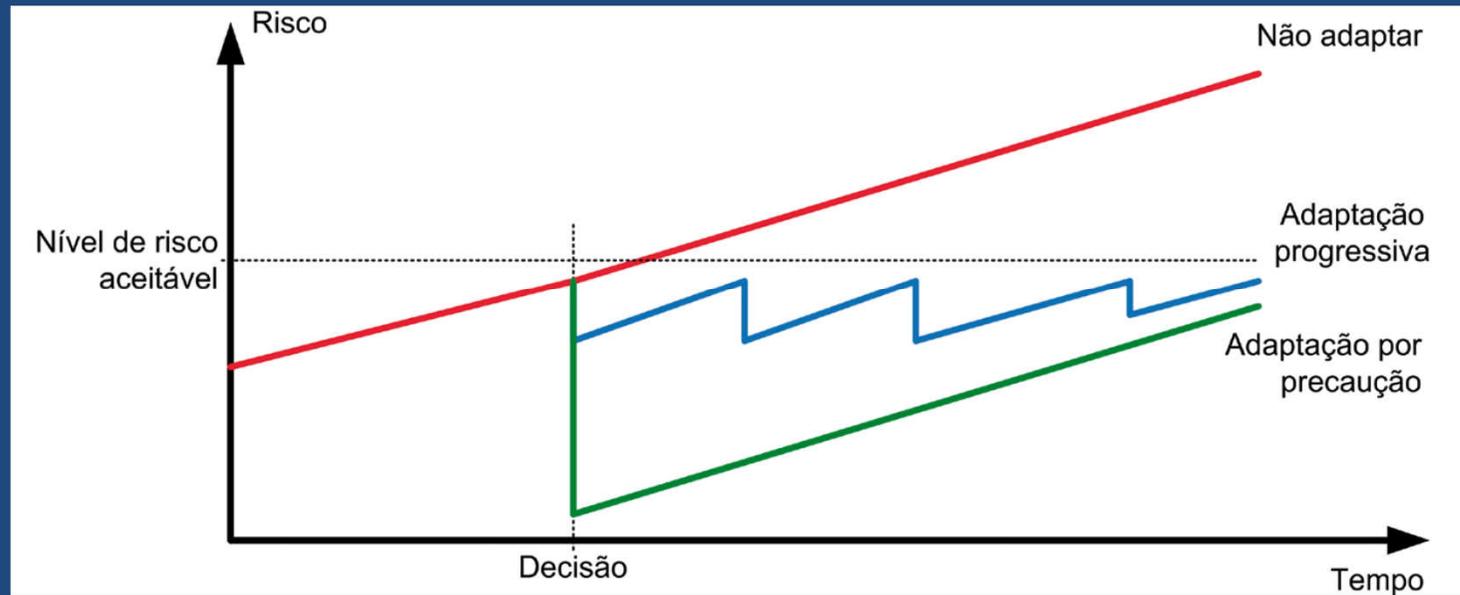
Variáveis de actuação para além da *Exposição*:

*Preparação* – planeamento e gestão de emergências.

*Adaptação* - implementação de estratégias ou de respostas a perigos evolutivos com elevada incerteza por forma a reduzir a vulnerabilidade ou fragilidade de um sistema.

*Resiliência* - Capacidade de ser perturbado sem perder a sua funcionalidade, capacidade de absorver e recuperar com eficiência dos impactos: capacidade de *regeneração (tempo de recuperação)*.

# Capacidade adaptativa do *RISCO*



Melhorar defesas  
diminuir a vulnerabilidade  
(atenuar a susceptibilidade)  
ao longo do tempo (quando adequado)

(R. Oliveira e J. Matos, 2009)

# Efeitos da alteração climática: Risco? Vulnerabilidade?

- Na realidade, o objectivo deve ser uma adequada análise e caracterização das incertezas epistémicas, incluindo a identificação de tendências, e a atenuação consistente e adequada de vulnerabilidades identificadas (adaptação)- políticas públicas consistentes e justificadas.

A palavra seguinte é a dos especialistas  
em alterações climáticas!

MUITO OBRIGADO  
(betamio.almeida@ist.utl.pt)

