



ENGENHARIA PARA A SOCIEDADE
Investigação e Inovação

Aplicação da Análise e Gestão dos Riscos em Portugal

Desafios Operacionais e Oportunidades para a Engenharia

A. Betâmio de Almeida

Março 2012

Desafios Operacionais e Oportunidades para a Engenharia ***(Opiniões e Sugestões Pessoais)***

- **Contexto (Sinais da Sociedade)**
- **Sistematização**
- **Desafios e barreiras**
- **Oportunidades**

Enfoque: Análise Quantitativa e Gestão do Risco

Sinais da Sociedade

- **As conclusões dos inquéritos às mais recentes catástrofes (New Orleans, tsunami 2005, derrame no golfo do México, Fukushima 2011...) têm um ponto em comum:**

- *Carência de uma adequada análise e gestão do risco, de critérios de apreciação e de uma melhor comunicação do risco!!!*

The VISION for Civil

Entrusted by society
to create a sustainable world and
enhance the global quality of life,
civil engineers

serve competently, collaboratively, and ethically as master:

- planners, designers, constructors, and operators of society's economic and social engine—the built environment;
- stewards of the natural environment and its resources;
- innovators and integrators of ideas and technology across the public, private, and academic sectors;
- managers of risk and uncertainty caused by natural events, accidents, and other threats; and
- leaders in discussions and decisions shaping public environmental and infrastructure policy.

ASCE
American Society of C



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

**Uma Oportunidade Perdida
ou Adiada??**

2009

Projeto Riscos
candidatura

Concurso para a criação e operacionalização de Consórcios de I&D
Programa Mobilizador dos Laboratórios de Estado

PARCERIA COM 56 INSTITUIÇÕES

Oportunidade de Desenvolvimento Multidisciplinar

“Quem não arrisca não petisca”

Il n’y aura pas de générations
d’entrepreneurs si le risque continue
d’être vu avec méfiance en France

**“Não haverá uma geração de empreendedores
se o risco continuar a ser visto com desconfiança
em França”.**

Maurice Lévy,
Presidente da Associação Francesa de Empresas
Privadas (Le Monde, 13/3/2012)

“Mais vale prevenir do que remediar”



“No melhor pano cai a nódoa”



Funded by:
The European
Commission; Directorate
General Research, Energy, Environ-
& Sustainable Development
Natural and Technological

“A prudência é a mãe de todas as virtudes”

“Casa roubada, trancas à porta”



Alteração na Dimensão Social da Responsabilidade e da Decisão

- **Autoridade do “progresso”.**
- **Responsabilidade social da justificação.**
- **Propriedade dos bens públicos.**
- **Transferência de riscos públicos e privados.**
- **Perfil do decisor político ou técnico.**
- **Participação e Informação do público.**
- **Importância da percepção social do risco.**
- **Novos riscos públicos (difusos).**
- **O risco versus a Incerteza Profunda.**

Alteração no Enfoque da Decisão Técnica e Política (**Projecto Informado pelo Risco**)

- Em complemento dos critérios de segurança (de afastamento de situações de falha), é reforçado o interesse numa **avaliação centrada em consequências prováveis que possam ocorrer em "futuros possíveis" (cenários de falhas)**.
- **A Gestão das Incertezas: um componente importante do projecto de engenharia.**

O Risco na ISO 31000/2009

- **"O efeito da incerteza nos objectivos"**
- **"Para Progredir é Preciso Medir!"**
- **Mas,**

A análise quantitativa não pode mensurar todos os aspectos que estão associados ao risco (participação pública e ciências sociais e outras...).

Análise Quantitativa do RISCO

- Valor Expectável das Consequências -

$$Risco = \int_U f_C(x) \cdot C(x) \cdot dx$$

Variável contínua

$$Risco = \sum_i \Pr(C)_i \cdot C_i$$

Variável discreta

i = número de cenários

ESQUEMA CONCEPTUAL BÁSICO DE ANÁLISE - I



Estruturação do Processo de Gestão do Risco

Engenharia Organizacional

Sistema de gestão do risco

Avaliação do risco

Análise do risco

Gestão do Risco – Norma ISO 31000



ESQUEMA CONCEPTUAL OPERACIONAL– II (Modelo Linear Causal)

ORIGEM

PROPAGAÇÃO

IMPACTO/RECEPTOR

QUANTIFICAÇÃO DO RISCO

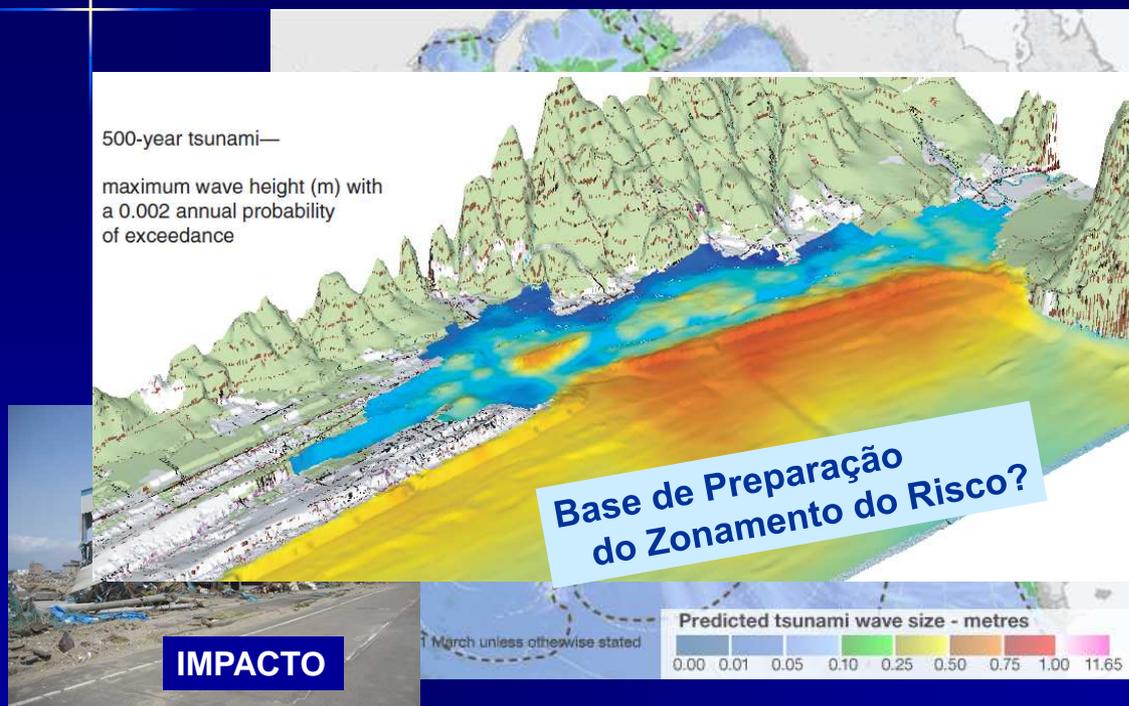
GESTÃO

Identificação, Caracterização (sismos, cheias, tornados, avarias, instabilidades, erros...).
Detecção e Aviso Precoces.

Cenários, Modelação, Simulação (atenuação, intensificação...).
Aviso / Zonamento.

Estimação de Danos ou Perdas de Valores em **Exposição**, Caracterização do **Resposta** (análise, ensaios, experiência anterior...) e **Recuperação**.
Zonamento / Evacuação.

Origem / Propagação / Impacto

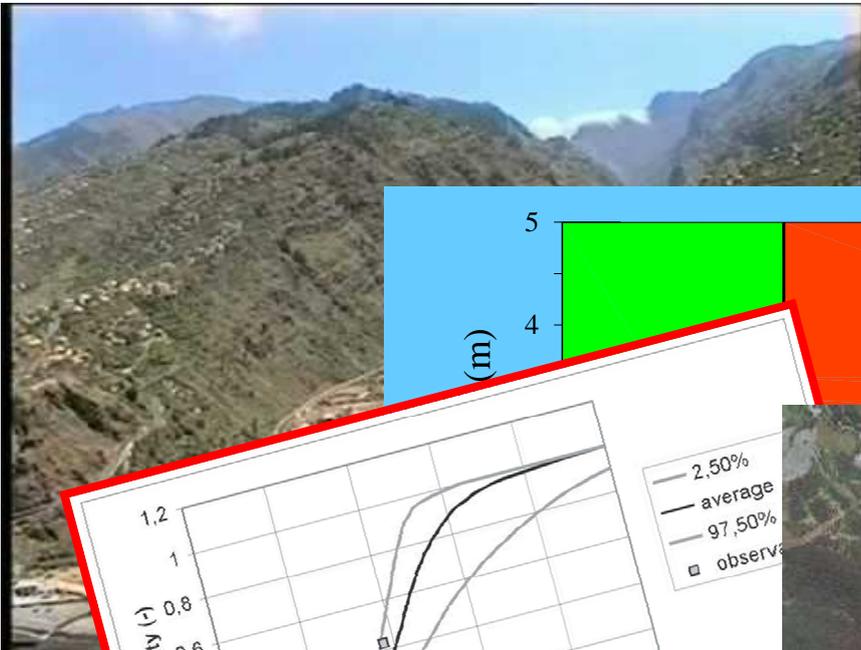


Definição Técnica Adaptada

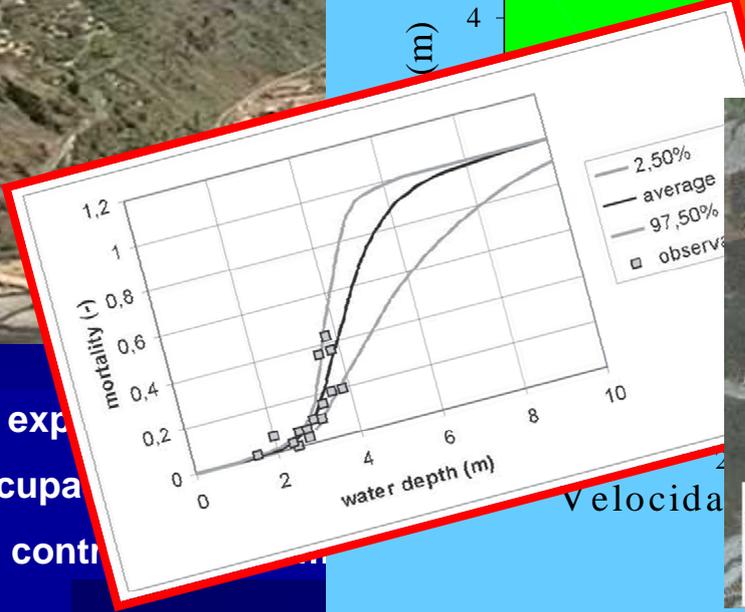
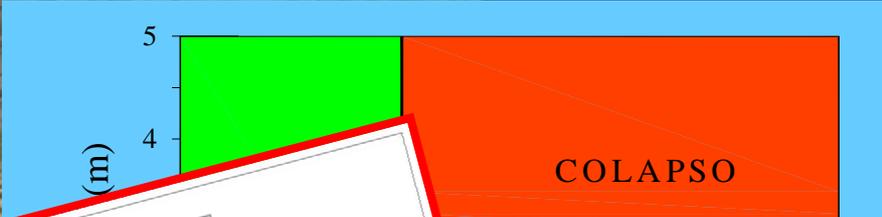
$$\text{RISCO} = P \times E \times V$$

E = Valor inicial exposto ao impacto (Exposição)

V = Vulnerabilidade ou grau de dano resultante do impacto (% ou $0 < V < 1$) + grau de resiliência



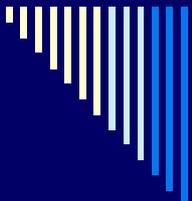
EXPOSIÇÃO



A exp
ocupa
O contr

Velocida

Medidas de Mitigação



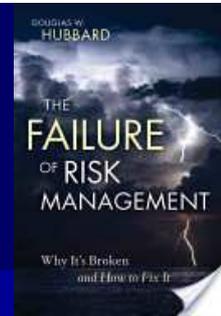
Factores desencadeadores do evento

M. de Protecção

“No aperto e no perigo se conhece o amigo”

“Nem tudo o que reluz é ouro”

Reflexão Crítica



Dois acontecimentos suscitaram perplexidades e reflexões críticas sobre a natureza e a eficácia do modo de operar a gestão do risco:

- A **crise financeira de 2007-8**, atendendo aos extraordinários recursos aplicados no desenvolvimento e aplicação de instrumentos sofisticados e complexos de análise e gestão do risco financeiro;
- O **desastre nuclear de Fukushima (2011)** que evidenciou uma falha grave na apreciação de cenários compostos de acontecimentos possíveis de ocorrer (sismo, tsunami, inundação, avaria, falha de energia e acidente) e nas medidas adoptadas no projecto da central.

Há ainda muito para melhorar!

RISCOS PÚBLICOS RELEVANTES ORIGEM “NATURAL”

SECAS

SISMOS / MAREMOTOS

CHEIAS e INUNDAÇÕES

DESLIZAMENTOS
(Instabilidades geotécnicas)

EROSÃO (COSTEIRA)

TORNADOS

INCÊNDIOS (NATURAIS)

EPIDEMIAS

**ALTERAÇÕES
CLIMÁTICAS
(Risco Sistémico?)**

RISCOS PÚBLICOS A “TER EM CONTA”

ORIGEM HUMANA

TECNOLÓGICOS – Acidentes

Poluição e contaminação
Incêndios
Transportes Colectivos
Barragens e Diques
Colapso de Estruturas
Reservatórios (rejeitados)

ALTERAÇÕES AMBIENTAIS

**Manipulação tecnológica e
saúde pública**
(alimentos e água potável)

Vida Quotidiana – Acidentes

A. Rodoviários
A. Domésticos

FINANCEIROS/ECONÓMICOS

PROFISSIONAIS (erros)

**INOVAÇÃO ACELERADA E
DEPENDÊNCIA TECNOLÓGICA**

SISTEMAS ALVO (Exemplos)

- ZONAS URBANAS E PERI-URBANAS
(Ocupação humana)
- ZONAS COSTEIRAS
- SISTEMAS HÍDRICOS
- VALES EM ZONAS MONTANHOSAS
- SISTEMAS DE COMUNICAÇÃO/AEROPORTOS
- INFRA-ESTRUTURAS ESTRATÉGICAS
- RESERVATÓRIOS DE REJEITADOS MINEIROS



Desafios Gerais

- Aplicação de tecnologias avançadas.
- Integração de saberes diversificados.
- Recolha e sistematização da informação (do passado para o futuro).
- Princípios éticos e de responsabilidade social.

A segurança é um bem público.

Desafios e Barreiras

Algumas dificuldades operacionais na estimação, apreciação e GESTÃO do RISCO

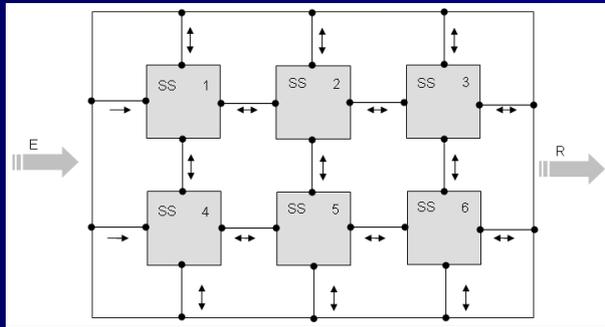
- Estimação de **Probabilidades**
(Frequencistas / Subjectivas / "Fuzzy" – Harmonização)
- Estimação de **Exposições**
(sistemas de informação)
- Estimação de **vulnerabilidades**
(Físicas, Sociais, Económicas, Ambientais...)

Reconhecimento das Incertezas Operacionais e Profundas
(**"Riscos Sistémicos Emergentes"**)

DIFICULDADES/DESAFIOS

Complexidade dos Sistemas e Processos

Complexidade na estimação das probabilidades



$$\Pr(E_0) \neq \Pr(R | E_0) \neq \Pr(C | E_0)$$

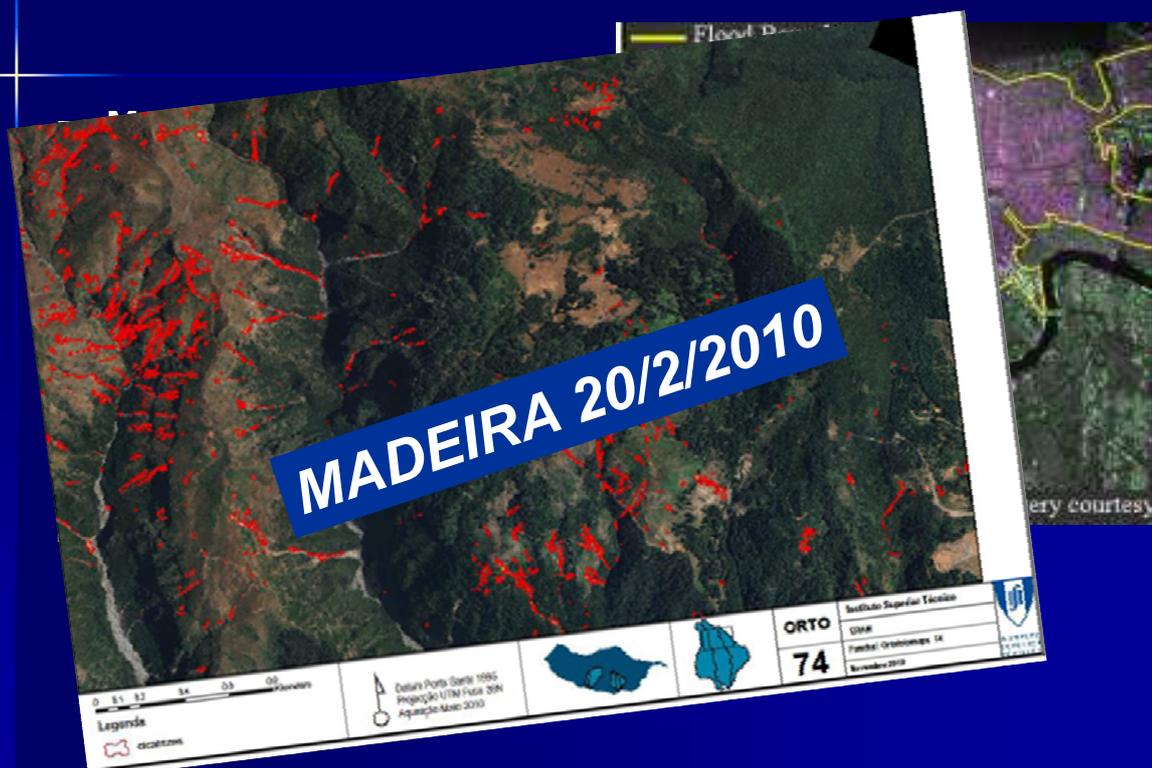
Integração de probabilidades subjectivas?

$$RISCO_c = \left(\prod_{i=1}^n P_{c,i}(E_i | FR, E_0, \dots, E_{i-1}) \right) \times \left(\sum_{j=1}^m P_{c,j}(C_{c,j} | FR, E_0, \dots, E_n) \times C_{c,j} \right)$$

$$C_{c,j} = Ex_{c,j} \times V_{c,j}(M_c)$$

$$RISCO_T = \sum_c RISCO_c$$

Tecnologias Avançadas



Desafios e Barreiras

Algumas dificuldades operacionais na estimação, apreciação e GESTÃO do RISCO

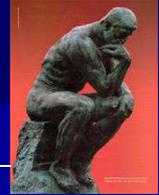
- Complexidade dos sistemas (naturais) e das respectivas respostas.
- "Eventos raros ou únicos" ("muito baixa probabilidade").
- Exposição e Vulnerabilidade como variáveis no tempo.
- Percepção versus Análise Quantitativa do Risco.
- **Caracterização e integração das incertezas operacionais.**
- **Critérios de apreciação e decisão.**
- Eficácia dos Sistemas de Aviso e de Preparação.
- Compulsão dos decisores para "certezas". 

Desafios e Barreiras

Dois Exemplos

- **Caracterização e integração das incertezas operacionais –**
desafio predominantemente técnico, com suporte epistemológico.
- **Critérios de apreciação e decisão –**
desafio social e ético, com suporte técnico.

Incertezas Operacionais



■ Epistémicas:

conhecimento insuficiente ou ausência de conhecimento; podem diminuir com informação e investigação.

■ Aleatórias (variabilidade natural):

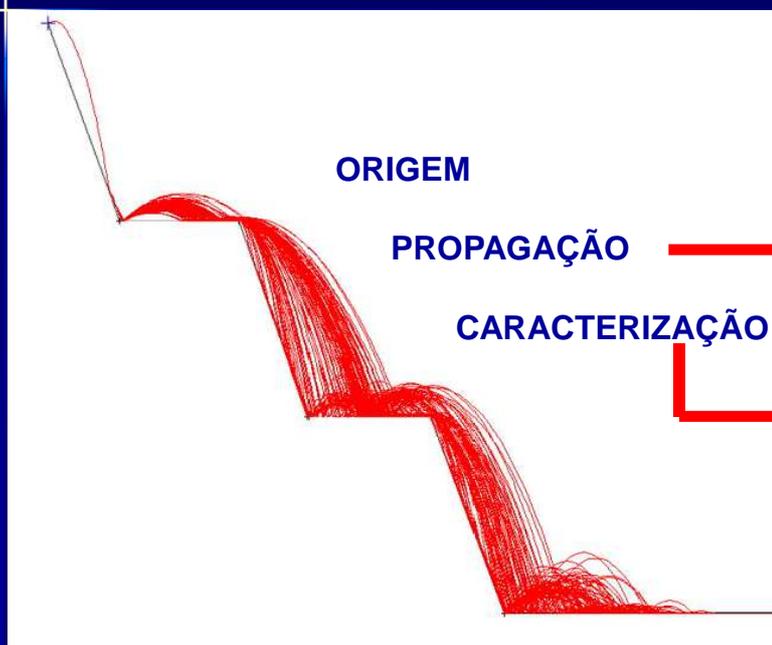
considerada como intrínseca ou irreduzível; uma característica da natureza.



Erros

Ambiguidades no discurso

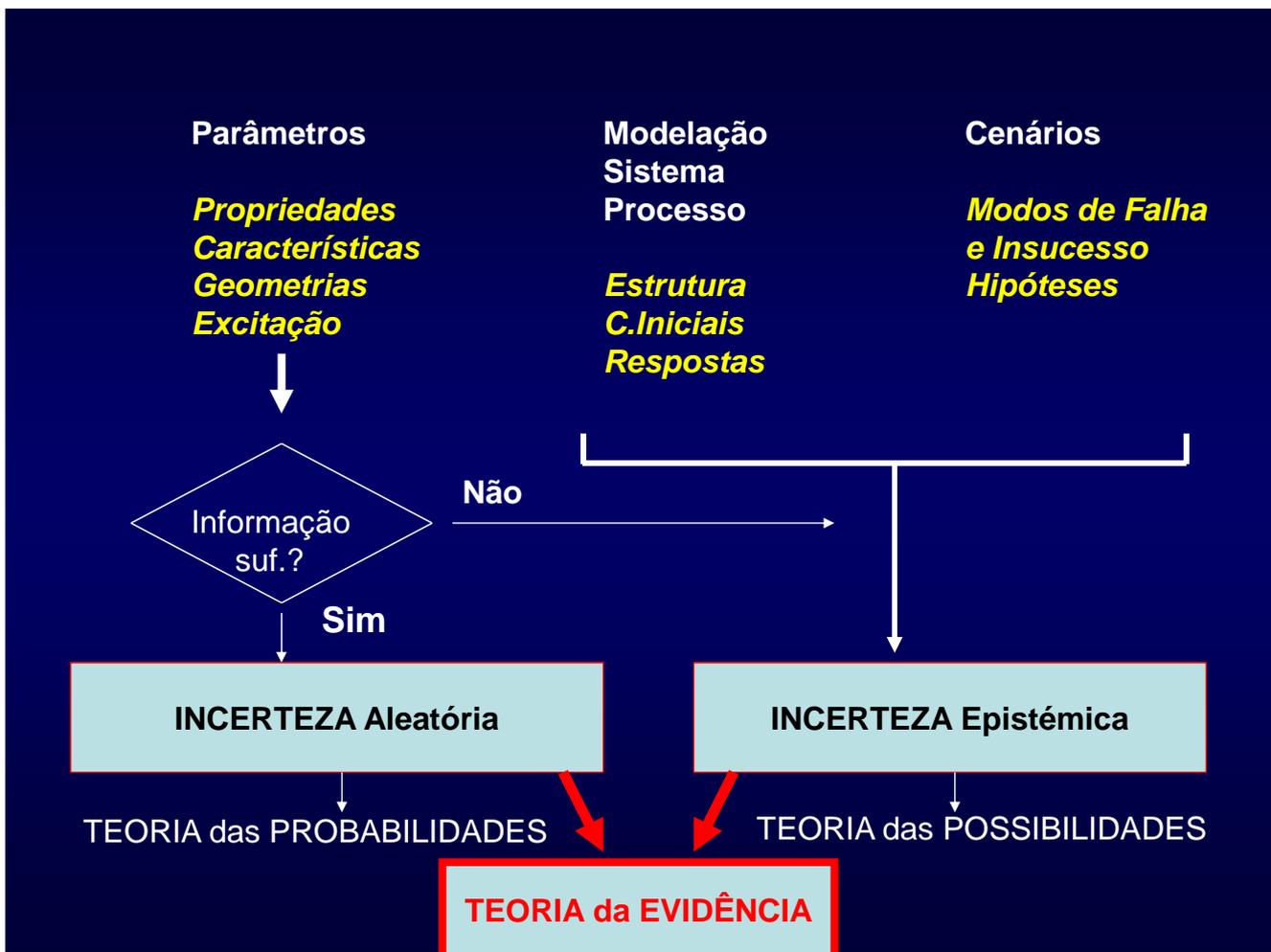
Análise e Gestão de Incertezas Operacionais



Método de Monte Carlo

Seleção de Acções para redução de incertezas!

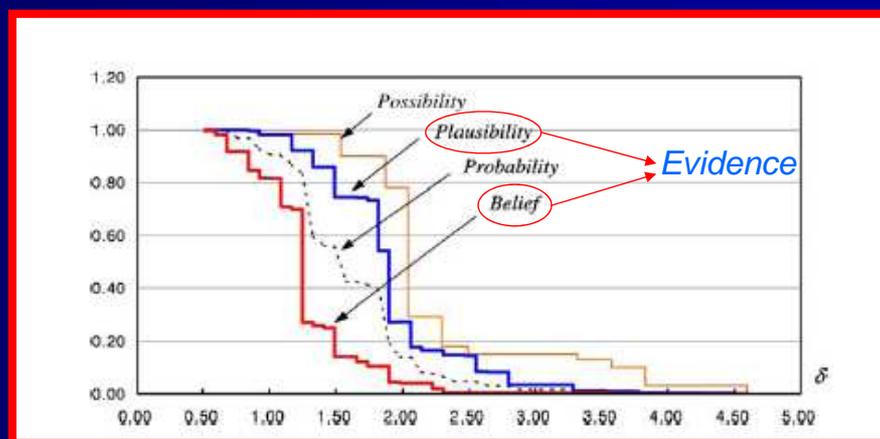
INTEGRAÇÃO NA DECISÃO



Probabilidades Precisas e Imprecisas

- Um esforço de caracterização racional das incertezas

"Probabilidades de Excedência" (distribuições)



Ha-Rok Bae (2004)

Apreciação do Risco - Critérios

RISCOS PÚBLICOS

$$Risco_{calc} \geq Risco_{referência} \Leftrightarrow Risco$$

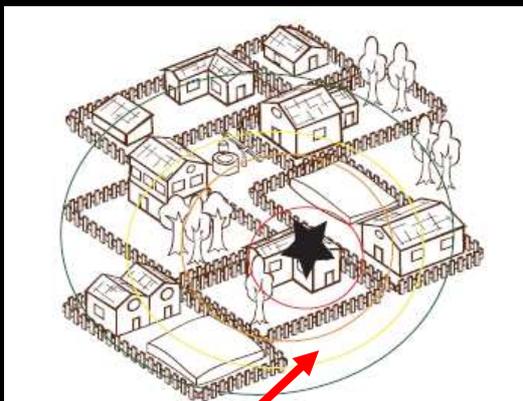
?? INAC

$$Risco_{calc} < Risco_{referência}$$

FUNDAMENTAL

- COMPLEXO DA SOCIEDADE
- HARMONIZAÇÃO COM PRINCÍPIOS DE PLANEAMENTO E ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO
- HARMONIZAÇÃO COM CRITÉRIOS DE HIERARQUIZAÇÃO DE RECURSOS

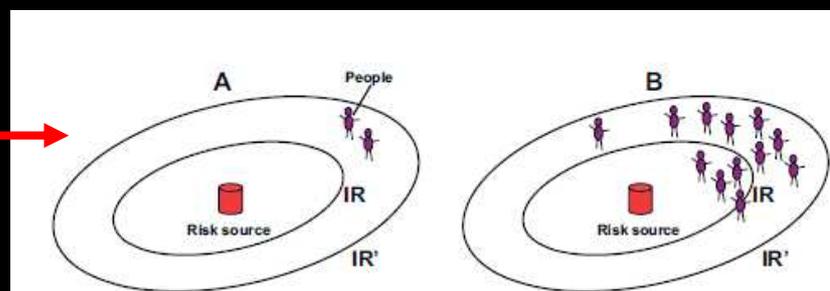
Apreciação do Risco



Risco individual (RI)

Risco societal (RS)

Linhas Isorisco



Limites de Apreciação

“Aceitam-se opções, não se aceitam riscos”

Fischhoff et al. (1981)

- **Risco Tolerável** (nível De Manifestus): Valor considerado admissível para um risco residual, tendo em conta os benefícios e a dificuldade, ou o custo de medidas adicionais de mitigação (**nível condicionado**).

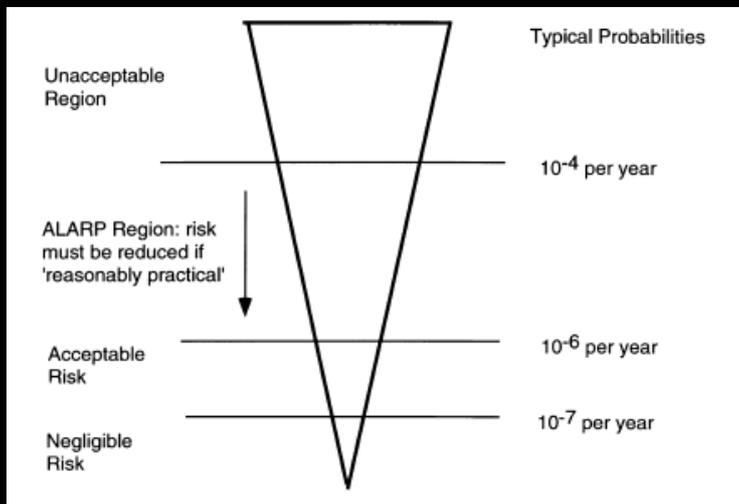
- **Risco Aceitável** (nível De Minimus): Nível ou valor de um risco residual que a sociedade ou as partes interessadas estão preparadas para aceitar sem necessidade de medidas de mitigação.

Critérios de Apreciação do Risco (C.A.R.) Necessidade de Consolidação

Baseados em pressupostos éticos (razoabilidade, proporcionalidade, equidade) e de simplicidade.

- **1- M. Comparação/Equivalência:**
 - outros perigos/riscos, decisões anteriores bem informadas.
- **2- M. Risco Adicional ao Actual (%) – mortalidade endógena**
- **3- Fixação de Valores Limite (RI) - Regulamentos**
- **4- Relação Probabilidades – Consequências (curvas F-N - RSocietal)**
- **5- Critério Económico (custo adicional) Generalizado:**
 - $BL = (\text{Benefícios} - \text{Custos}) - (\text{RISCOS})$
- **6- Participação das Partes Interessadas (ou representações)
/ Preferências Reveladas**

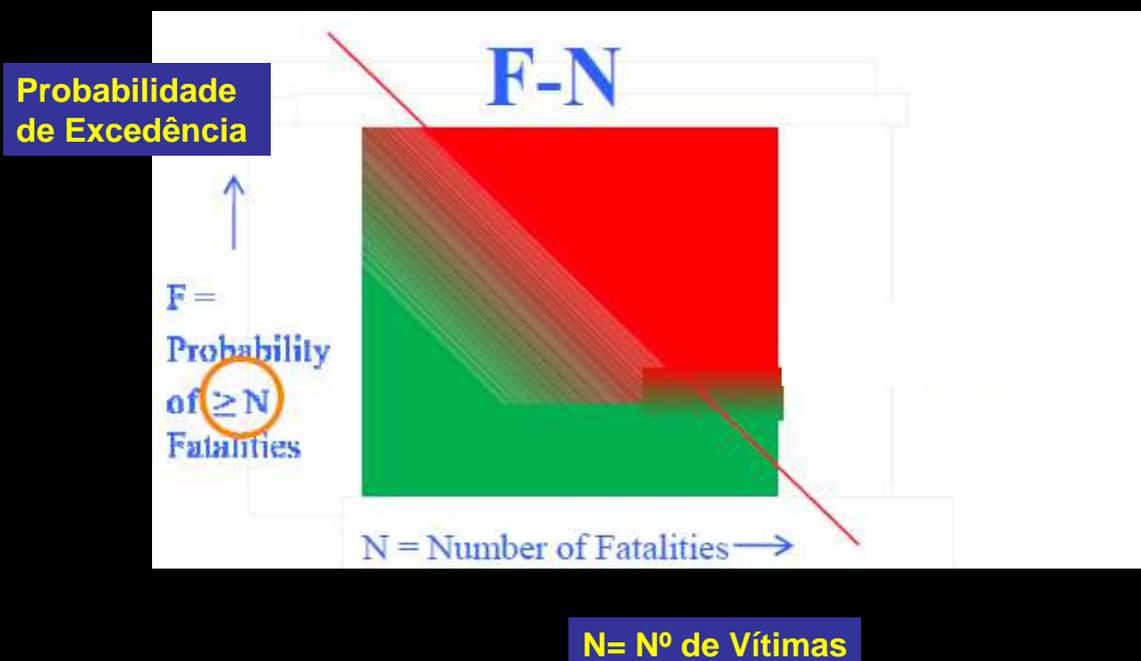
Risco Individual (UK, HSE, 1992)



SERÁ VIÁVEL EM PORTUGAL?

Curvas F-N

Base de representação e referência dos riscos (cenários)



Definição das Curvas F-N

$$F(N) = \Pr(> N)$$

$$IR_r^* = F \times N^\alpha$$

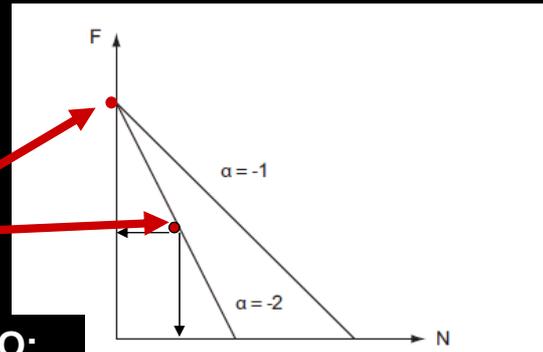
$$\log IR_r^* = \log F + \alpha \log N$$

Coefficiente de
"aversão social ao risco"

"Pontos - âncora"

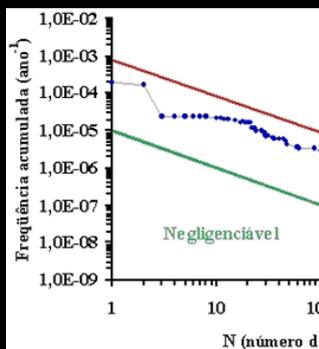
Fixação de:

- coeficiente de aversão social
- "Pontos - Âncora"
- Truncaturas (escalas logarítmicas)



AVERSÃO E PERCEÇÃO DO RISCO:

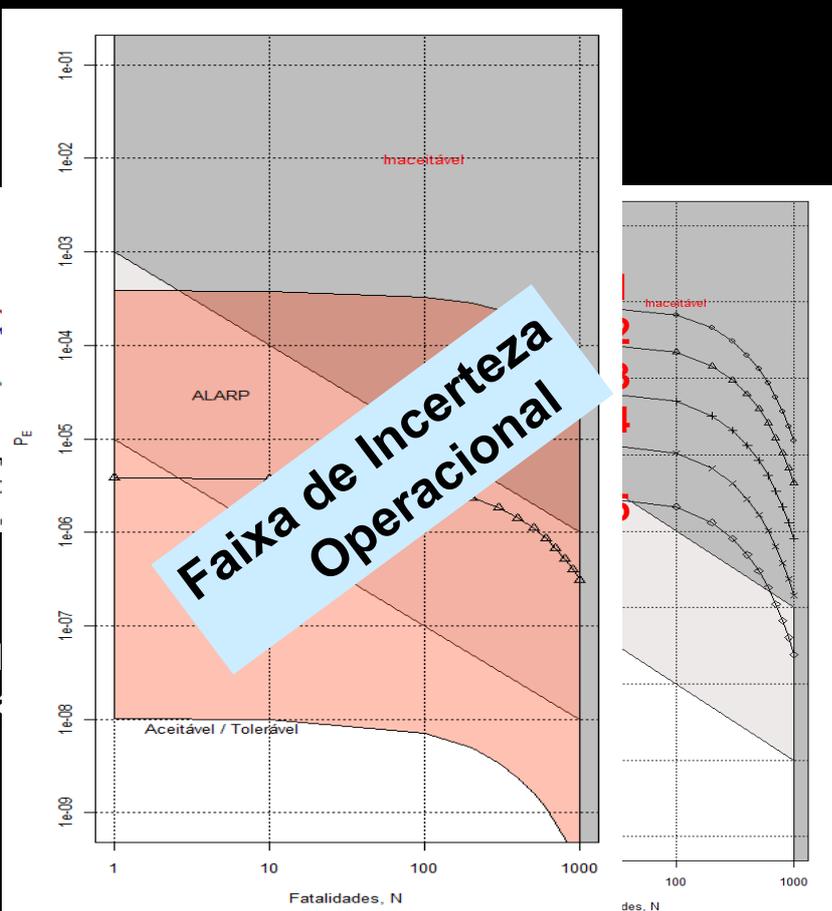
"Gato escaldado, de água fria tem medo"



Utilidade:

- Apreciação d
 - Orientação d
- Medidas d

SERÁ VIÁVEL PORTUGAL?



PRINCÍPIO **ALARP**

“Quem faz o que pode, a mais não é obrigado”

“As Low As Reasonably Practicable”

(“Tão Baixo Quanto o Possível” -TBQP)

- Os riscos residuais inferiores ao limite de **tolerabilidade** fixado, mas superiores ao limite de **aceitabilidade**, só podem ser admitidos se a redução (mitigação) do risco for **impraticável** ou se o respectivo custo for **desproporcionado** face aos benefícios estimados.

-A aplicação do princípio é muito influenciada pela filosofia do sistema jurídico vigente em cada País!

Bases de Justificação ALARP: (aplicação a Portugal?)

Consideração de custos
baseada em...

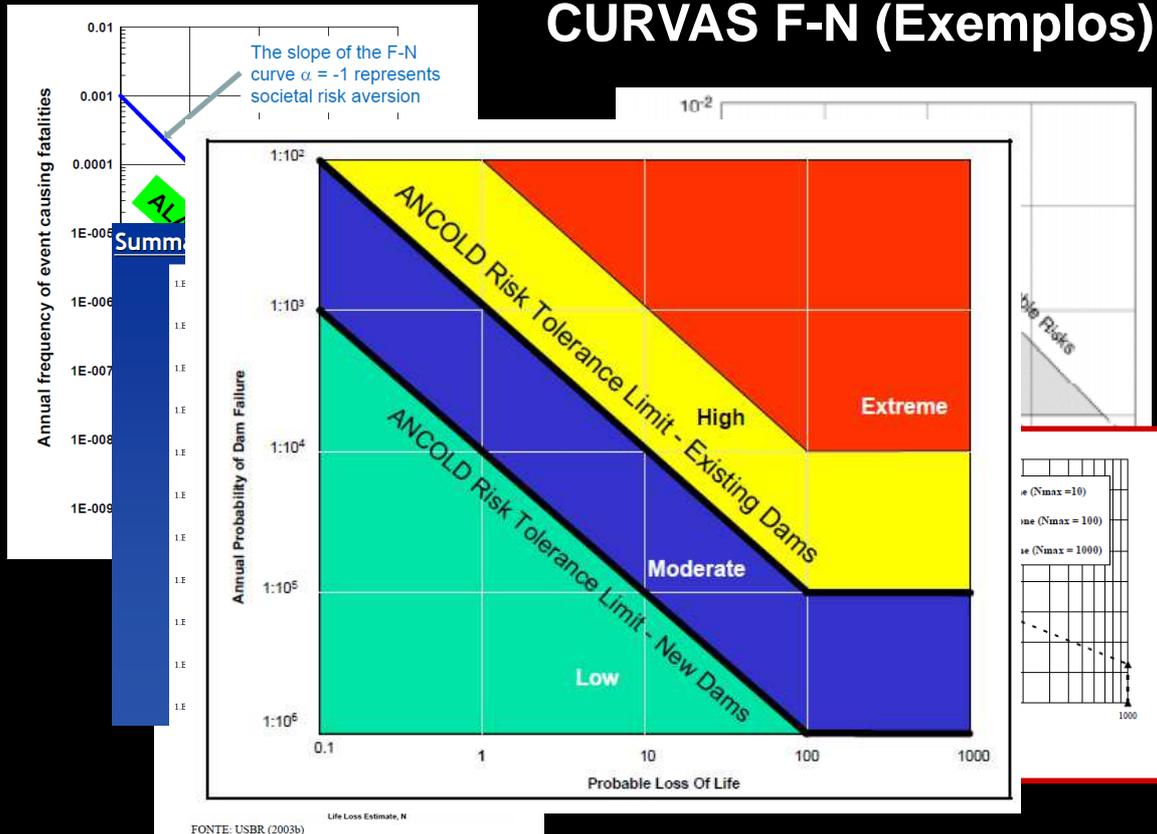
Table 1. Regulatory Expenditure Per Life Saved (adapted from Viscusi, 2000).

Regulation	Year	Agency	Cost per Life Saved (Millions of 1995 Dollars)
Regulation	1980	CPSC	0.1
Unvented space heater ban	1984	NHTSA	0.1
Seatbelt/air bag	1984	FAA	0.7
Aircraft floor emergency lighting	1988	OSHA	0.7
Concrete and masonry construction	1990	NHTSA	1.0
Auto side impact standards	1987	OSHA	3.3
Grain dust explosion prevention	1984	EPA	4.1
Stds for radionuclides in uranium mines	1991	EPA	6.8
Ethylene dibromide in drinking water	1986	EPA	16.1
Arsenic emission standards for glass plants	1983	EPA	53.6
Cover/move uranium mill tailings	1986	EPA	88.1
Asbestos occupational exposure limit	1978	OHSA	127.3
Arsenic occupational exposure limit	1989	OHSA	131.8
Asbestos ban	1991	EPA	777.4
1,2-Dichloropropane in drinking water	1988	EPA	22,746.8
Municipal solid waste landfills	1990	EPA	6,785,822.0
Hazardous waste listing for wood-preserving chemicals			

VE_F

??

CURVAS F-N (Exemplos)



Importância Justificada

- **Protecção** de sistemas construídos ou naturais, sociais, económicos ou ambientais.
- **Base de Organização** de planeamento e gestão (Engenharia Organizacional).
- **Justificação** de decisões técnicas e políticas.
- **Precaução** profissional (actos ou omissões).
- **Eficácia** nos processos de decisão com impacto na sociedade (equidade, aceitação e proporcionalidade).

Perfil Geral da Gestão do Risco

- Universal nos objectivos e no âmbito de aplicação.
- Multidimensional no conteúdo e nos métodos.
- Intrínsecamente híbrido: social e técnico (sócio-técnico).
- Certamente muito **exigente** e potencialmente **polémico**.
- Exige sensatez e **confiança**.

"Nem oito, nem oitenta"

"Roma e Pavia não se fizeram num dia"

A "ESCADA DO RISCO"



Oportunidades e Sugestões

- Há muito a fazer!
- **"O caminho faz-se andando".**

- Definição de critérios – "multi-risco".
- Harmonização e consolidação de metodologias e terminologias.
- Incorporação da Gestão das Incertezas.
- Quadro estratégico consistente e de referência nacional.
- Integração de critérios de apreciação nos processos de planeamento e decisão (território).
- Iniciativa institucional (e.g. LNEC ou Ordem dos Engenheiros – o Consórcio?).

NOTA: A situação nacional actual pode ser favorável ou é desfavorável?

Muito Obrigado

"A Gestão do Risco não é uma novidade!"

**"New construction"
David Fokos**

