

VII CONGRESSO
INTERNACIONAL
DE RISCOS



*Recursos Naturais, Energia e Sociedade:
riscos globais e caminhos para a sustentabilidade*

(Novos) Riscos Naturais e Antrópicos: Um desafio para a sua gestão

A. Betâmio de Almeida
Professor Emérito (IST/U.Lisboa)
Membro da Academia de Portugal
betamio.almeida@ist.utl.pt

26 F

26 a 29 de maio de 2026
Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra
Coimbra, Portugal



RISCOS
ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA
DE RISCOS, PREVENÇÃO
E SEGURANÇA

APRESENTAÇÃO



- Referem-se dois tipos de (novos) riscos com algumas características especiais na gestão e na regulação:
- A- Os acontecimentos da natureza com características não estacionárias (Ex.: os efeitos das alterações climáticas nas probabilidades de ocorrência) .
- B- Os desafios dos novos sistemas de inteligência artificial.
- **Objectivo Principal:**
 - Breve apresentação das características, desafios e dificuldades na análise e gestão desses tipos de riscos.





Tempestades ocorrem com intensidades invulgares e danos inesperados. Provocam surpresa!

Portugal, janeiro 2026 (Kristin)

Velocidade Máx. do vento registada – 209 km/h (58 m/s)

Eurocódigo 1 (Portugal)
Velocidade de referência – 27m/s
(Máx. mundiais: 405 – 515 (km/h))

As condições dos regulamentos técnicos de segurança podem ser excedidas! QUE FAZER?



GESTÃO DO RISCO CONTRA OCORRÊNCIAS NATURAIS EXTREMAS INCERTAS

(Velocidades, Caudais, Níveis... Valor de segurança adoptado = $1/p^*$)

p^* = probabilidade de excedência (anual) de $1/p^*$

- Fenómeno Estacionário (FE) – o habitual

(distribuições de probabilidades anuais independentes e do mesmo tipo)

- Intervalo de tempo médio entre excedências (**período de retorno**), $T = 1/p^*$

- Valor da probabilidade de não falha (**Fiabilidade**) em N anos, $P_F = (1 - \frac{1}{T})^N$

T e p^* têm valores constantes durante os N anos de vida do projecto .

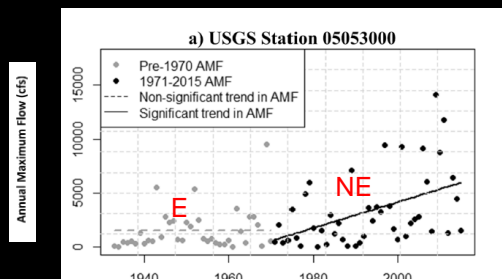
UM EXEMPLO: $N = 50$ anos, $T = 100$ anos (um “vento centenário”)

$p^* = 0,01$ /ano, $P_F = 60\%$.

EUROCÓDIGO 1 – VENTO (Portugal) : T de referência = 50 anos

Fenómeno não-estacionário — Ex. alteração climática

(a média e a variância dos valores da variável **variam com t**)



C. Awasthi, et alia (2026)

No início da constatação da alteração climática aplicavam-se **factores de agravamento** aos resultados em regime estacionário. Para a mesma probabilidade p^* , a intensidade de referência I_{p^*} era majorada (para tendência de agravamento) de um modo quase empírico .

Função Cumulativa de Valores Extremos não – estacionária

Generalized extreme value, GEV

$$F(x; \mu, \sigma, \xi) = \begin{cases} \exp \left\{ - \left[1 + \frac{\xi(x - \mu)}{\sigma} \right]^{-\frac{1}{\xi}} \right\}, & \xi \neq 0 \\ \exp \left\{ - \exp \left[- \frac{x - \mu}{\sigma} \right] \right\}, & \xi = 0 \end{cases}$$

D. Panagoulia et alia (2012)

$$F(y; \mu(t), \sigma(t), \xi(t)) = \exp \left\{ - \left[1 + \frac{\xi(t)(y - \mu(t))}{\sigma(t)} \right]^{-\xi(t)} \right\}$$

Parâmetros em função do tempo

$$\begin{aligned} \mu(t) &= \mu_0 + \mu_1 t + \mu_2 t^2 + \mu_3 t^3 \\ \sigma(t) &= \exp(\sigma_0 + \sigma_1 t + \sigma_2 t^2 + \sigma_3 t^3) \end{aligned}$$

Calibração e validade para N anos

FACTORES DE INCERTEZA!

Fenómeno não-estacionário

- A probabilidade de excedência anual (p^*) e o período de retorno (T) correspondentes a lp^* passam a ser função da variável tempo:

$$p^*(t); T(t).$$

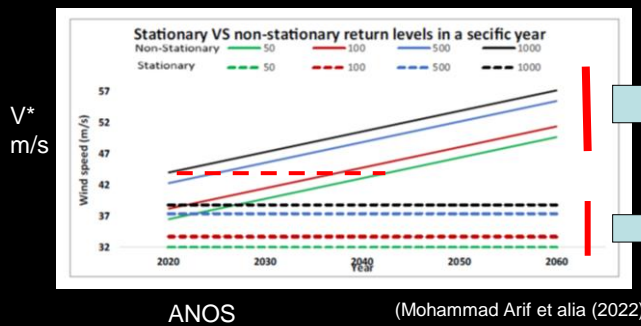
- O período de retorno perde sentido real para a totalidade da vida do projecto.

Exemplo de comportamentos em regimes

estacionário e não-estacionário de velocidades de vento de referência.

Exemplo

V^* para $T=1000$ anos em 2020 já corresponderá a $T=50$ anos em 2043.



V^*
m/s

Não- Estacionário
 $T(t)$

Estacionário
 $T=CTE$

Um INDICADOR DE RISCO válido para regime não-estacionário

A probabilidade de não falha, ou de **Fiabilidade**, para o período de N anos (Vida do Projecto) e o valor fixado de lp^* :

$$P_F = (1-p^*(1)) (1-p^*(2)) (1-p^*(3)) \dots (1-p^*(N)) = P_F(VP=N) = \prod_{t=1}^N (1 - p(t))$$

As probabilidades de excedência anuais em regime não-estacionário tendem a aumentar com t na fase actual das alterações !

- Podem também ser adoptados valores médios (aritméticas ou geométrica) ou valores equivalentes para as probabilidades de falha e períodos de retorno.
- Mas perdem significado real como indicadores de RISCO.

I- Enquadramento Geral

- Revisão de regulamentos técnicos e adopção de novos métodos para avaliação probabilística não- estacionária e indicadores do risco adoptado.

II- Níveis de protecção numa infra-estrutura. Critérios alternativos:

- 1) Protecção de acordo com a fase potencialmente mais desfavorável (final de VP).
Solução mais cara.
- 2) Protecção de acordo com a fase inicial de VP e ajustar (reforçar) quando necessário.
Nem sempre possível ou prudente.
- 3) Idem para uma fase intermédia de VP e posteriores reforços programados.

III- Todas as hipóteses exigem avaliações económicas (B-C): Benefícios (danos evitados) para a VP - Custos de intervenções.

Os desafios dos sistemas digitais de inteligência artificial.

Dificuldades gerais dos riscos tecnológicos

- **Paradoxo de Collingridge** (1980) :

Os efeitos sociais/éticos negativos de uma tecnologia nova podem não ser previstos no início. Os benefícios fascinam. Quando são identificados, os efeitos negativos já fazem parte do sistema social e económico e o controlo torna-se difícil.

Resultado: uma adaptação rápida e maior resistência!

Primado da eficiência, da rapidez, do mercado...

Os desafios dos sistemas digitais de inteligência artificial.

Risco = Probabilidade x Exposição x Vulnerabilidade

? = 1

A Sociedade Humana

Um tipo de RISCO muito particular!
Uma ameaça?
Duas linhas de **protecção**:
1) Auto-regulação (difícil) na produção
2) Regulação exógena (também difícil)
3) Opinião pública

Efeitos sociais, económicos
éticos / morais
aplicação militar
antropológicos
Difíceis de quantificar

Carta Encíclica do Santo Padre Leão XIV
"Magnifica Humanitas" de 15/5/2026

REGULAÇÃO DA IA DA UNIÃO EUROPEIA BASEADA NO RISCO "Ex Ante" - "TOP-DOWN" Totalmente em vigor em 2026

Sem probabilidades bem definidas - Impactos sobre direitos fundamentais

Anunciadas consequências consideradas negativas
Análise e avaliação de riscos. Risco residual e aceitável – Artigo 9º

Possível "Risco sistémico"

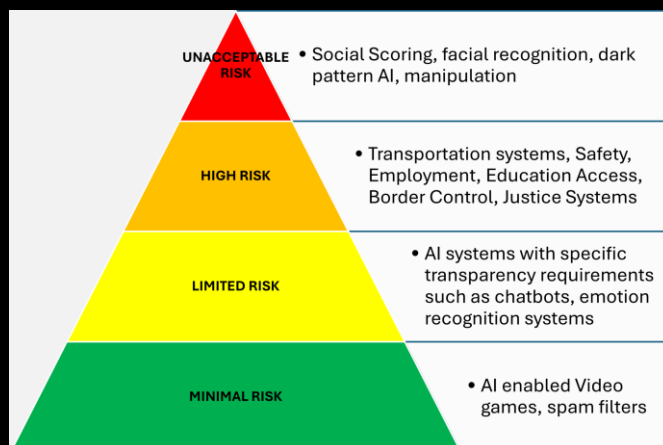
Um processo
acelerado
em curso:

- IA generativa

- Agentes IA
autónomos

...

Exige actualização
e mundialização.





MUITO OBRIGADO

(betamio.almeida@ist.utl.pt)