

## **INCERTEZAS E RISCOS NO CONTEXTO DA ENGENHARIA**

António Betâmio de Almeida  
*Professor Catedrático (IST)*

### **1. INTRODUÇÃO**

Viajar é uma forma de exposição a riscos e de colocar à prova as nossas certezas. Este texto constitui uma proposta de viagem intelectual, num território em que o autor está a trabalhar: o domínio das incertezas e dos riscos, no contexto da Engenharia e a Água. A viagem proposta<sup>1</sup> contempla as incertezas, e os riscos decorrentes, associadas a limitações genuínas do conhecimento humano.

### **2. PERCURSO DA INCERTEZA**

Parece ser consensual designar a sociedade do presente e do “futuro próximo” como uma Sociedade do Conhecimento cativando-nos, assim, com uma imagem atraente na qual a ignorância e as incertezas estarão fortemente atenuadas.

Com efeito, a Tecnologia e a Engenharia surpreendem-nos, com realizações cada vez mais arrojadas e precisas, nomeadamente com a aplicação da informática e a melhoria da qualidade da vida humana.

O iluminismo e o racionalismo proporcionaram uma grande esperança no conhecimento e no controlo da Natureza abrindo caminho ao conceito de progresso técnico. O determinismo e a causalidade mecânica seriam a chave libertadora capazes de garantir ao Homem o (então) presente e futuro. A questão parecia ser a de ter a capacidade suficiente para abarcar a quantidade incomensurável de cálculos. Uma “Suprema Inteligência”, imaginada por Laplace no séc. XVIII, para a qual nada seria incerto. Os resquícios deste sentimento ainda são encontrados, na actualidade, na percepção pública da ciência.

---

<sup>1</sup> O presente texto baseia-se na conferência proferida pelo autor na sessão de abertura do 7º Congresso da Água, da APRH, que teve lugar em Lisboa, no LNEC, no dia 8 de Março de 2004.

O entendimento sobre a verdade, a certeza científica e as limitações do racionalismo alterou-se, entretanto, radicalmente. Para esta mudança contribuiu, de forma relevante, o século XX nos domínios da Ciência, da Filosofia, em particular da Epistemologia, e da Sociologia.

Apresenta-se a seguinte definição possíveis para a incerteza:

- Conhecimento incompleto motivado por deficiências inerentes ao conhecimento adquirido ou possível.

A incerteza pode ser classificada como um não conhecimento consciente incompleto e apresentar-se sob as formas de: ambiguidades, aproximações, incluindo a simplificação da complexidade, raciocínios aproximados e o uso de semântica vaga na linguagem, e indeterminismos caracterizados por componentes aleatórias, estatísticas, probabilísticas ou por amostragens.

De entre um conjunto numeroso de emergências científicas que abalaram a estrutura da certeza científica no século XX selecciono os seguintes:

- O comportamento caótico de sistemas não-lineares, de que a previsão meteorológica é um bom exemplo para a compreensão das dificuldades em realizar o sonho de Laplace;
- A mecânica quântica e a respectiva natureza probabilística, no domínio microscópico, de que o princípio da incerteza de Heisenberg é um exemplo paradigmático;
- O princípio da incompletude de Kurt Gödel, mostrando que em sistemas matemáticos axiomáticos existe sempre a hipótese de algumas proposições não poderem ser provadas como verdadeiras ou falsas.

### **3 – CAUSALIDADE E INDUÇÃO**

A questão filosófica clássica da indução foi colocada por David Hume (séc. XVIII) ao interrogar-se sobre a noção de causalidade na perspectiva vir a poder ser aplicada ao futuro. A “posição céptica” apresentada conduziu à dúvida que se possa encontrar, entre os factos conhecidos relativos ao passado, a menor razão sobre objectos ou

acontecimentos futuros. A questão permanece em aberto, na medida em que a existência da causalidade não tem justificação epistemológica definitiva. Podemos ter a crença de que faremos melhores conjecturas se tivermos mais experiência, pois temos mais sinais do que possa vir a acontecer (Hobbes – 1640). Bertrand Russell (1912) formula o “princípio da indução” com base na associação frequente e na probabilidade da causa-efeito podendo esta, em caso limite, tender para uma convicção de certeza.

A epistemologia do século XX fornece-nos duas plataformas para enfrentar a incerteza da indução científica: a pretensão da verdade é abandonada pelo conceito de probabilidade como “grau de confirmação” (Carnap) e a detecção de regularidades na natureza para previsão de fenómenos baseada em frequências relativas observadas e identificação de probabilidades (Reichenbach).

A actividade humana projectou-se no futuro sob formas diversas de “colonização” desse futuro com base na engenharia e a tecnologia. A faixa onde o controlo das condições é compatível com o conhecimento tende a ser, frequentemente, ultrapassada. A engenharia e a tecnologia passaram a ter como domínio de actuação um futuro para além dos limites do conhecimento epistemologicamente “mais provável ou garantido”, penetrando no domínio de incertezas profundas e de convicções sem fundamento probabilístico. Um domínio para o qual o passado nem sempre nos pode fornecer “regularidades” e bases indutivas. Para além de resolvermos problemas do presente, a Sociedade Tecnológica está a criar e a trabalhar em cenários (“futuros presentes”) que implicam decisões presentes com incertezas nas consequências que irão ocorrer nos “presentes futuros” (baseado em Luhmann, 1998), Figura 1.

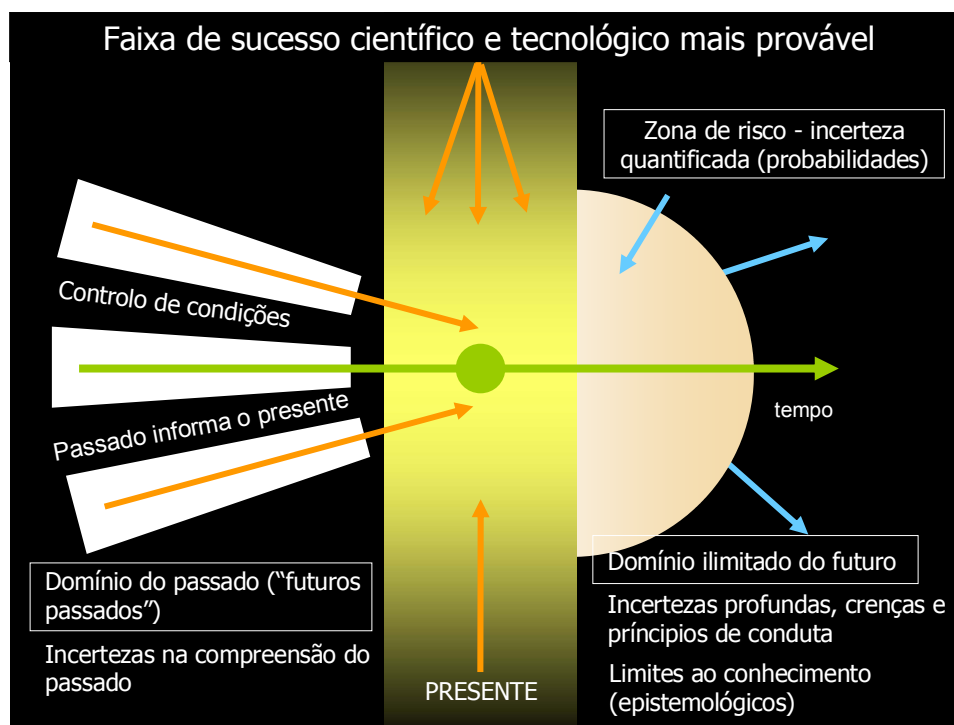


Figura 1 – Domínio de intervenção da ciência e de engenharia.

As cadeias de causalidade (as “leis”) enfraquecem e os resultados passam a ser mais vulneráveis: não podemos ter a certeza das causas determinantes no futuro, os valores iniciais seleccionados para as previsões poderão não incluir todos os que são fundamentais a longo prazo, podendo a respectiva ausência ou desvio ser eventualmente suficiente para destruir a validade das previsões. A sobreposição de múltiplos tipos de cadeias de causalidade envolvendo efeitos de não lineares e comportamentos caóticos e a interacção entre inertes e vivos colocam limites epistemológicos muito severos.

Concomitantemente, a Sociedade exige cada vez mais garantias relativamente a essas hipotéticas consequências nos “presentes futuros”.

Estão, assim, criadas condições para uma poderosa espiral de dilemas éticos e mal-entendidos angustiantes entre a sociedade civil, a sociedade política (decisores) e a comunidade técnico-científica.

#### 4. RISCO – GÉNESE E ACTUALIDADE

Um conceito associado à incerteza é o de Risco, conceito da importância no contexto da sociedade actual e das realizações científicas e tecnológicas. Para alguns autores, a

palavra “risco” deriva da palavra “risicare” que significa “atrever-se”, “ousar”. Outros associam-na ao português antigo e às navegações e ao desenho de navios. Frank Knight (1921) define risco como um conhecimento baseado em probabilidades, ou seja, não-conhecimento completo susceptível de ser, contudo, quantificado através de uma probabilidade.

Os riscos tornaram-se numa das mais emblemáticas características da Sociedade actual. Os riscos, nomeadamente os tecnológicos, e o impacte dos mesmos na opinião pública tendem a arrefecer o entusiasmo e a admiração pelos avanços da ciência e da engenharia. Passou a ser frequente a discussão sobre os potenciais efeitos negativos das inovações tecnológicas, nomeadamente no ambiente e na saúde pública e, em vez da alegria libertadora das maravilhas científicas, surge uma angústia persistente levando muitos sociólogos e pensadores a designar a sociedade actual, a sociedade pós-moderna, como a Sociedade do Risco:

- Desde a Idade Moderna, a sociedade humana (ocidental) foi tendendo a ser uma Sociedade do Futuro, em detrimento da anterior Sociedade do Passado orientada por tradições, acolhendo deuses e estabelecendo entendimentos com o destino. Pelo contrário, a Sociedade do Futuro basculou no domínio do inovador, do transformável. A ciência e a tecnologia foram alavancas a que se juntou o acelerar de uma ideologia económica, fortemente redutora em valores de perda e ganho, cuja actividade invadiu “os futuros” como domínios para ganhar ou perder.

No contexto da racionalização, a Sociedade distingue os riscos externos dos riscos construídos. Os primeiros viriam do exterior da Sociedade, da Natureza, e englobavam as catástrofes não controláveis ou naturais. Os segundos surgiriam da acção da própria Sociedade humana, do Homem. Este modelo é acarinhado por conhecidos teóricos da pós-modernidade, como Ulrich Beck e Anthony Giddens. O risco, paradoxalmente, surge, assim, como uma característica social dominante quando se poderia prever que o sentimento de confiança e de segurança prevalecesse em resultado dos avanços da ciência e da tecnologia.

O relatório das Nações Unidas publicado em Janeiro de 2004, relativo à redução dos riscos de desastres (UNDP, 2004), constitui um contributo relevante para a colocação

da relação entre risco e desenvolvimento. Este relatório aborda, entre outras, as seguintes questões:

- Os desastres condicionam, o desenvolvimento social?
- O desenvolvimento económico potencia o risco de desastres?
- O desenvolvimento social reduz o risco?
- Pode o risco de desastres potenciar o desenvolvimento social e económico?

O relatório é um exemplo de gestão de riscos, focada em acidentes ou catástrofes, numa visão prospectiva relacionada com o desenvolvimento sustentável a longo prazo.

Uma outra visão, associada ao significado usual e histórico do conceito risco, é a visão compensatória que tem por objectivo a redução e controlo de vulnerabilidades, visão ligada à segurança e à protecção civil.

A definição técnica e operacional da grandeza risco aceite actualmente é a seguinte:

$R$  (riscos)  $\equiv$  Expectativa de ocorrências x expectativa de consequências

A expectativa de ocorrências incertas resulta dos cenários de ocorrências futuras previsíveis quantificáveis por probabilidades (objectivas ou subjectivas). A expectativa das consequências resulta da interacção dos valores expostos com as ocorrências, em função das respectivas vulnerabilidades que corresponderão a probabilidades condicionadas de perdas ou ganhos.

A visão integrada associada a um conjunto de riscos ou a um risco específico confere à análise do risco uma importância fundamental na génese de medidas técnicas, administrativas ou políticas consideradas oportunas para cada situação. A análise do risco promove, também, o desenvolvimento dos conhecimentos e a investigação, na medida em que ousa colocar questões originais e complexas.

A conjugação das probabilidades objectivas e subjectivas é da maior relevância na operacionalidade da análise do risco. Contudo, para acontecimentos únicos ou para previsões no domínio do futuro, sem antecedentes que forneçam o padrão de

regularidade ou de semelhança, a dificuldade epistemológica limita ou impede drasticamente a aplicação das probabilidades de tipo objectivo. A recuperação e estruturação das probabilidades do tipo subjectivo é, assim, fundamental na análise do risco.

## **5. GESTÃO DO RISCO E DECISÃO**

Nas áreas da gestão e das finanças, surgiu o conceito de gestão do risco (1956) incorporando diversas componentes, nomeadamente a componente fundamental da decisão. Esta componente não só é fundamental como é delicada e difícil. A decisão pode envolver a apreciação e selecção de acções alternativas com diferentes valores residuais de risco. Estas acções estão sujeitas a “princípios” restritivos socialmente predominantes, nomeadamente os “princípios” de responsabilização futura e de repartição do risco e de precaução e informação esclarecida.

A deslocação tendencial dos tradicionais riscos externos para riscos construídos coloca questões no domínio da responsabilidade (“alguém deve ser responsabilizado”) e a consideração da correspondente compensação de prejuízos no caso do risco se materializar.

A gestão do risco pretende estruturar os processos associados ao conceito do risco e pode ser aplicada a diferentes contextos, âmbitos e escalas de intervenção: desde uma política global a um projecto ou a uma obra específica. Na Figura 2 apresenta-se uma estrutura geral de gestão do risco.

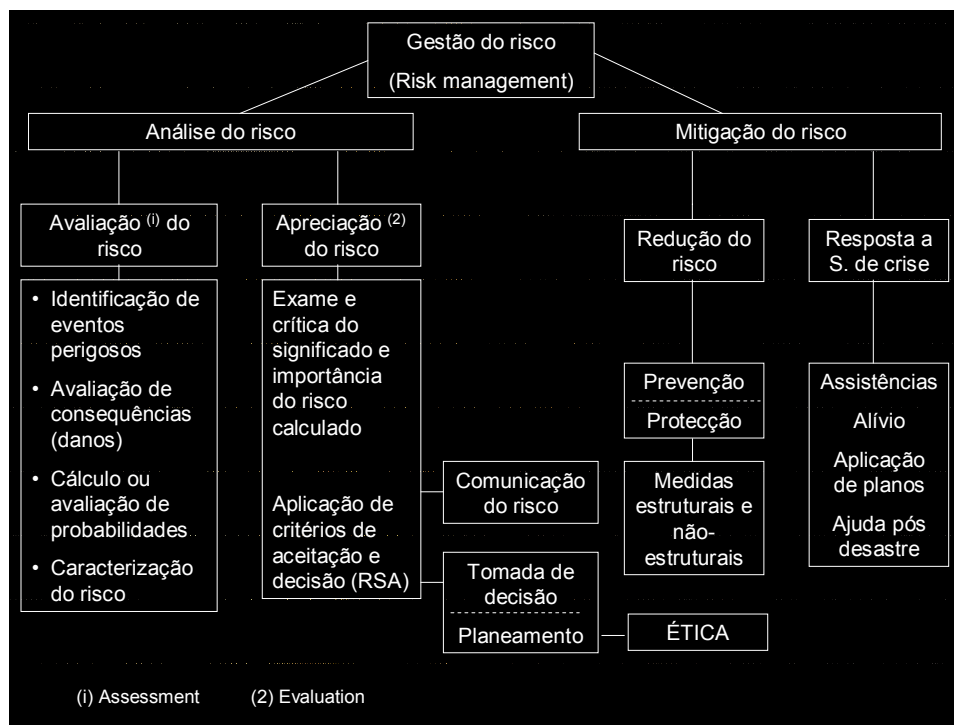


Figura 2 – Estrutura geral de Gestão do Risco.

## 6. FRONTEIRAS COM A SOCIEDADE

A gestão do risco implica a participação pública, a informação e a comunicação do risco. Nas sociedades abertas, a informação baseia-se, fundamentalmente, na comunicação social.

As incertezas epistemológicas podem ser um entrave dramático à comunicação do risco e à discussão pública antecedente à decisão. Este aspecto é, em geral, decisivo para o destino do trabalho de muitas das comissões científicas nomeadas pelo poder político.

A comunicação e o jogo de linguagem associado não são instrumentos neutros. Como J. Habermas (1976) mostrou a acção social de comunicação pode estar orientada para o entendimento, a formação e o esclarecimento. Contudo, pode derivar para uma “acção estratégica”, evidente ou latente, constituindo uma manipulação ou uma distorção da informação. Este último tipo de acções pode conduzir a efeitos de amplificação da percepção do risco, perturbar a participação e, por vezes, a decisão. Esta questão insere-se num aspecto mais amplo do jogo da linguagem não só envolvendo a introdução de “metáforas”, simplificações ou “tratamento furtivo” da

informação. Este aspecto consiste na introdução de termos que, objectivamente, não são totalmente apropriados mas que transportam e induzem determinados sentimentos ou ideias de síntese. Este efeito usa um factor cognitivo resultante do espírito explorar uma “racionalidade de menor esforço” (L. de Saussure).

Por seu turno, o público é composto por cidadãos com diferentes perspectivas relativamente aos perigos e aos riscos. Mobilizar, convencer ou agradar a todos não é possível. Estruturar um sistema democrático de decisão que atenda a todas as tendências ou opções individuais e as reflecta numa ordenação de preferências sociais é impossível, como demonstrou Kenneth Arrow (1951).

## **7 – PAUSA NA VIAGEM**

O viajante merece uma pausa para poder reflectir no que conheceu ao longo da viagem. Antes de retomar o caminho, noutra ocasião, é tempo de fixar algumas notas:

- A incerteza de natureza epistemológica acompanha-nos e nem sempre temos consciência dessa forte limitação às nossas previsões. O lado positivo é que a incerteza é indispensável à vida humana tal como a consideramos.
- O Risco não se resume a um problema técnico de segurança. É também um produto social e do modo como organizamos os valores da Sociedade. A gestão do risco é a forma mais adequada de gerar riscos e as incertezas associadas.
- A actual Sociedade do Risco tem o seu fulcro na sociedade dos meios de comunicação de massa, na política, na burocracia, na economia e não necessariamente no “espaço dos factos”, conforme afirma U. Beck.
- O paradigma da Sociedade do Risco ocorre na medida em que Sociedade actual acelerou a sua vocação de gerir o futuro, tanto ou mais que o presente, conforme a opinião de A. Giddens.
- A Engenharia e a Tecnologia tendem a projectar as respectivas responsabilidades para um domínio futuro para além das capacidades de controlo epistemológico correspondentes a “problemas bem colocados ou bem resolvidos”.

- A comunicação adequada do risco é vital, devendo ser tidos em conta os efeitos resultantes da percepção social e individual. Sem uma operacionalização prática das probabilidades será difícil a gestão das incertezas.

### **Bibliografia**

- Almeida, A. B. – A Gestão do Risco em Sistemas Hídricos. Conceitos e Metodologias Aplicadas a Vales com Barragens. 6º Silusba. Cabo Verde, 2003.
- Almeida, A. B. – O Conceito de Risco Socialmente Aceitável como Componente Crítico de uma Gestão do Risco Aplicada aos Recursos Hídricos. 7º Congresso da Água. APRH, LNEC, Lisboa, Março de 2004.
- Andler D. et al. – Philosophie des Sciences (I e II). Folio essais Gallimard, 2002.
- Arrow, K. – Social Choice and Individual Values. Yale University Press, 1963.
- Beck, U. – Risk Society. Towards a New Modernity. Sage Publications, 1992.
- Bernstein, P. L. – Against the Gods. The Remarkable Story of Risk. John Willey, 1998.
- Giddens, A. – Runaway World. Profile Books, 2002.
- Habermas J. – Racionalidade e Comunicação. Edições 70, 2002.
- Hacking, I. – L'Émergence de la Probabilité. Seuil, 2002.
- Luhmann, N. – Observations on Modernity. Stanford University Press, 1998.
- UNDP – Reducing Disaster Risk. A Challenge for Development, 2004.