

Modelos de interpretação económica do princípio da precaução: vantagens e limitações

Vasco B. Gonçalves

2012

WP n.º 2012/06

DOCUMENTO DE TRABALHO

WORKING PAPER



Modelos de interpretação económica do princípio da precaução: vantagens e limitações

Vasco B. Gonçalves*

WP n.º 2012/06

Resumo	2
1. INTRODUÇÃO	3
2. O PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO: CONCEITO E PRINCIPAIS ELEMENTOS	4
3. MODELOS ECONÓMICOS DE INTERPRETAÇÃO DO PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO	6
3.1 Descrição dos modelos.....	7
3.2 Vantagens e limitações dos modelos.....	10
3.2.1 Vantagens.....	10
3.2.2 Limitações.....	12
4. PRÁTICAS A CONSIDERAR NA TOMADA DE DECISÃO DE PRECAUÇÃO.....	15
5. CONCLUSÕES.....	20
REFERÊNCIAS.....	22

* DINÂMIA'CET-IUL and ISCTE-IUL, Department of Finance.

Modelos de interpretação económica do princípio da precaução: vantagens e limitações

Resumo

Neste artigo procede-se a uma síntese dos modelos formais de interpretação do princípio da precaução, das suas virtualidades, limitações e acções tendentes a ultrapassá-las.

O conceito de precaução apresenta grande relevância na regulação ambiental na União Europeia. Por um lado, e apesar da natureza algo vaga da legislação, o princípio da precaução tem merecido desenvolvimentos recentes no âmbito de quadros e modelos de interpretação económica e da sua aplicação. Há, por outro lado, a necessidade de quadros reguladores para a implementação operacional do princípio da precaução na tomada de decisão, isto é, de clarificar conceitos e procedimentos de gestão adequados à natureza dos riscos ambientais.

Importa, por isso, conhecer as abordagens e os modelos económicos mais relevantes com o objectivo de procurar conhecer o seu contributo para o debate sobre a precaução no contexto da gestão dos riscos ambientais e discutir a sua relevância prática em termos da decisão pública.

Classificação JEL: D81; G38; L38

Palavras chave: princípio da precaução, risco ambiental, modelos económicos

1. INTRODUÇÃO

O conceito de precaução apresenta grande relevância na regulação ambiental na União Europeia. Apesar da natureza algo vaga da legislação, o princípio da precaução tem merecido algum desenvolvimento recente no âmbito de quadros e modelos de interpretação económica e da sua aplicação.

Em parte significativa da literatura sobre o tema salienta-se a necessidade de quadros reguladores para a implementação operacional do princípio da precaução na tomada de decisão, isto é, de clarificar conceitos e procedimentos de gestão adequados à natureza dos riscos ambientais.

Importa por isso conhecer as abordagens e os modelos económicos mais relevantes com o objectivo de procurar conhecer o seu contributo para o debate sobre a precaução e de discutir a sua relevância prática em termos da decisão pública.

Neste artigo procede-se a uma síntese dos modelos formais de interpretação do princípio da precaução, das suas virtualidades e principais limitações no contexto da gestão dos riscos ambientais.

No sentido de procurar contribuir para o debate sobre a implementação operacional do princípio da precaução identificam-se também algumas acções tendentes a ultrapassar algumas das limitações reveladas pela análise dos modelos.

Este artigo está estruturado do seguinte modo. A secção 2 introduz o conceito e os principais elementos do princípio da precaução. Na secção 3 descrevem-se os modelos económicos mais relevantes para a interpretação deste princípio. A análise da relevância e das limitações destes modelos para a tomada de decisão de é igualmente incluída. Na secção 4 apresenta-se um conjunto de acções que poderão contribuir para ultrapassar algumas dessas limitações. Finalmente, a secção 5 conclui.

2. O PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO: CONCEITO E PRINCIPAIS ELEMENTOS

O princípio da precaução é presentemente um princípio fundamental da regulação ambiental na União Europeia.

Consagrado no Tratado de Maastricht (1992), no artigo 130ºR, nº¹ e mencionado ao nível dos Estados-Membros (na legislação nacional, regional e local) e da Comissão Europeia (em Programas de Acção, directivas, declarações e recomendações), encontra-se expressamente citado em muitas conferências e tratados internacionais como a Cimeira do Rio sobre Ambiente e Desenvolvimento (1992) ou a Convenção sobre a Biodiversidade (2000) e outros instrumentos de Direito Internacional (Tratado de Maastricht, 1992; UNCED, 1992; Protocolo de Cartagena, 2000).

Nas publicações existentes e nas declarações e tratados internacionais encontram-se definições variadas para a precaução, com diferentes níveis de exigência de acções de intervenção, mais facultativas nuns casos (como na Declaração do Rio) e mais vinculativas noutros (como na Comunicação da Comissão Europeia de 2000 (CE, 2000)).

Uma das definições mais representativas é a da Declaração da Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento (Cimeira do Rio), no seu princípio 15: “De modo a proteger o meio ambiente, o princípio da precaução deve ser amplamente observado pelos Estados, de acordo com suas capacidades. Quando houver ameaça de danos sérios ou irreversíveis sobre o ambiente, a ausência de absoluta certeza científica não deve ser utilizada como razão para adiar medidas custo - eficazes para prevenir a degradação ambiental” (UNCED, 1992).

¹ Actual artigo 191, nº2, do Tratado sobre o Funcionamento da União Europeia. A única referência expressa ao princípio da precaução é a seguinte: “A política da Comunidade no domínio do ambiente terá por objectivo atingir um nível de protecção elevado, (...). Basear-se-á nos princípios da precaução e da acção preventiva, da correcção, prioritariamente na fonte, dos danos causados ao ambiente e do poluidor - pagador”. Neste artigo, o nº 1 indica os objectivos da política ambiental da União Europeia: “a preservação, a protecção e a melhoria da qualidade do ambiente; a protecção da saúde humana; a utilização prudente e racional dos recursos naturais, a promoção, no plano internacional, de medidas destinadas a enfrentar os problemas regionais ou mundiais do ambiente, e designadamente a combater as alterações climáticas”. O nº3 refere que “na elaboração da sua política no domínio do ambiente, a Comunidade deverá ter em conta os factores seguintes: dados científicos e técnicos disponíveis, as condições do ambiente das diferentes regiões da UE, as vantagens e os encargos que podem resultar da actuação ou da ausência de actuação; o desenvolvimento económico e social da UE no seu conjunto e o desenvolvimento equilibrado das diferentes regiões”.

Muito tem sido publicado sobre a interpretação e a implementação prática do Princípio da precaução². Apesar de alguma ambiguidade dos diferentes discursos sobre a precaução, a maior parte das definições tem elementos chave comuns e a comunidade científica e os decisores políticos não divergem no essencial na identificação das principais questões a considerar na implementação prática da precaução, a saber (Gonçalves, 2008):

- O dever de agir antecipadamente para protecção do ambiente e da saúde pública em face de riscos suspeitos (incertos), em especial os potencialmente graves ou irreversíveis;
- A procura de mais e melhor informação científica para a avaliação de perigos e riscos;
- A consideração de um conjunto amplo de alternativas de acção;
- A realização de análises e de avaliações tão completas quanto possível de custos e de benefícios das diferentes alternativas de acção, incluindo a análise da sua distribuição entre os diferentes actores;
- A monitorização e revisão contínua das medidas adoptadas tendo em conta o desenvolvimento da informação e do conhecimento científico.

As situações de precaução correspondem geralmente a cenários de risco nos quais um elemento da cadeia causal que vai do perigo aos efeitos finais é incerto, no sentido em que a relação de causa-efeito sobre a qual se basearia esse elemento não pode ser estabelecida nem rejeitada. Exemplos são os campos electromagnéticos (telemóveis e antenas de telemóveis) e a sua relação com certos cancros; os nanomateriais e os seus efeitos específicos e massivos sobre as populações. Medidas efectivas de protecção são possíveis no caso dos telemóveis e medidas de vigilância e experimentação no caso das antenas de telemóveis (CPP, 2010).

O princípio da precaução ganhou relevância nas últimas décadas com a emergência dos “novos riscos tecnológicos ou ambientais”, caracterizados genericamente por conhecimento científico limitado e incerto, pela sua natureza colectiva e involuntária, e por baixas probabilidades mas danos potencialmente elevados ou mesmo irreversíveis. É o caso, por exemplo, das alterações climáticas, da perda da biodiversidade, das exposições radiológicas, dos efeitos de substâncias químicas, da segurança alimentar, da biotecnologia, das nanotecnologias e da gestão de resíduos (Ewald, 2009; SEHN, 2009; Rogers, 2011).

² Como os seguintes: Raffensperger and Tickner (1999), CE (2000), Harremoes et al. (2002), Tickner (2003), UNESCO (2005), Myers e Raffensperger (2006), Fisher et al. (2006). De salientar o caso particular da Comunicação da CE sobre o Princípio da Precaução, de Fevereiro de 2000, elaborada com vista a servir de orientação para a aplicação deste princípio nos Estados-membros.

No entanto, a formulação corrente deste princípio não surge com um conteúdo prático claro e é insuficiente como orientação para a concepção das políticas de regulação. Múltiplas controvérsias têm surgido, com efeito, quanto ao nível de risco ambiental requerido para aplicar o princípio, ao papel das consequências económicas e sociais e ao nível de severidade que as medidas de precaução deverão ter.

A responsabilidade pela definição da configuração deste princípio assenta nas entidades políticas (ou jurídicas) e de decisão, sendo necessário dispor de quadros reguladores para a implementação operacional do princípio da precaução na tomada de decisão.

3. MODELOS ECONÓMICOS DE INTERPRETAÇÃO DO PRINCÍPIO DA PRECAUÇÃO

Os quadros e modelos de interpretação económica do princípio da precaução podem agrupar-se em dois paradigmas: racional - instrumental e deliberativo - constitutivo (Fisher *et al*, 2006).

O primeiro considera a teoria da escolha em incerteza, que envolve a economia mas também conceitos da psicologia e da teoria da decisão estatística (Moreau e Rivaud-Danset, 2004). Em função das características do princípio da precaução que se pretende investigar, as análises formais no âmbito deste paradigma têm-se baseado em duas correntes principais.

A primeira é a teoria da utilidade esperada e também do efeito de irreversibilidade e da aprendizagem, iniciada por Arrow e Fisher (1974) e Henry (1974) e desenvolvida por Gollier *et al.* (2000) e por Gollier e Treich (2003). O decisor maximiza a utilidade esperada, a partir dos custos e dos benefícios estimados de diferentes opções alternativas e tem ainda a expectativa de obter melhor informação no futuro e de poder realizar decisões sequenciais alternativas em datas diferentes. O contexto é o da irreversibilidade quer das despesas de investimento de controlo ambiental quer dos potenciais danos provocados sobre o ambiente. Existem ainda modelos que generalizam a teoria da utilidade esperada, permitindo introduzir pesos não lineares nas probabilidades ou considerar probabilidades subjectivas.

A segunda vem responder às limitações da aplicação dos quadros de utilidade esperada em situações em que existem expectativas divergentes sobre a incerteza por parte de diferentes indivíduos. Os modelos recorrem por isso a probabilidades imprecisas e múltiplas. Estes modelos, designados de “aversão à ambiguidade”, utilizam critérios de decisão baseados nas atitudes individuais face ao risco.

Por sua vez, o paradigma deliberativo – constitutivo considera os quadros e modelos multicritério, que incluem objectivos múltiplos (ambientais, económicos, sociais, etc.) na tomada de decisão e permitem integrar processos participativos e deliberativos.

3.1 Descrição dos modelos

Quadro clássico da utilidade esperada

Na sua dimensão económica, o princípio da precaução pode ser considerado nos termos da prescrição standard das teorias normativas da escolha em situação de incerteza, designadamente como uma escolha do rumo de acção que gera os benefícios (líquidos) esperados mais elevados. Assim, a aplicação do princípio da precaução pode ser considerada como uma análise comparada de custos e benefícios no estudo de opções alternativas com maior ou menor risco ou incerteza.

O quadro dominante para a análise económica dessas escolhas é a teoria da utilidade esperada desenvolvida por von Neumann e Morgenstern (1944). Este quadro pressupõe a identificação completa de todos os possíveis “estados do mundo” e da sua probabilidade e das consequências de todas as acções possíveis em todos esses estados. A distribuição de probabilidade pode ser inferida a partir de informação objectiva relativa à frequência observada de determinados resultados.

Papel da irreversibilidade e da aprendizagem

Outro tipo de modelos inclui dois elementos novos que permitem captar dimensões importantes dos novos riscos tecnológicos ou ambientais: as decisões envolvem a existência de irreversibilidades (nas despesas de investimento de controlo ambiental e nos danos sobre o ambiente ou a saúde pública) e a incerteza quanto às consequências futuras da decisão será reduzida, pelo menos parcialmente, devido à aquisição progressiva de nova informação científica³.

³ Nestes modelos, a incerteza científica (ou risco não comprovado) que caracteriza as situações de precaução difere do risco (risco comprovado), que caracteriza as situações de prevenção, principalmente devido à possibilidade de diminuir com o tempo.

Autores como Gollier *et al.* (2000), Kolstad (1996), Ulph e Ulph (1997) e Fisher *et al.* (2004), baseando-se no modelo económico do aquecimento climático⁴, procuraram uma justificação económica para o princípio da precaução considerando estratégias sequenciais de tomada de decisão, onde a expectativa da redução da incerteza com o progresso dos conhecimentos permite decisões iniciais de consumo mais elevadas. Os resultados obtidos permitem constatar que a atitude dos decisores face ao risco e o tipo de função de resultados são instrumentais para essas escolhas. Os principais resultados dos modelos empíricos permitem igualmente comprovar que a verificação do princípio da precaução é muito dependente dos dados e, em particular, das expectativas do decisor (Ingham e Ulph (2005) e Peterson (2006)). Assim, estes modelos permitem apenas uma interpretação muito geral do comportamento de precaução e dos riscos potenciais para a sociedade.

Pesos não lineares nas probabilidades

A análise empírica revela que, em situações de incerteza, as pessoas atribuem frequentemente mais importância a acontecimentos com reduzida probabilidade mas com resultados extremos, traduzindo assim um tipo de comportamento pessimista ou optimista, e dão menos atenção aos resultados intermédios. Exemplos relevantes são apresentados por Allais (1953), Ellsberg (1961) e Kahneman e Tversky (1979).

Isto conduziu ao desenvolvimento de um vasto conjunto de alternativas e de generalizações da teoria da utilidade esperada. Uma das mais importantes e mais aplicadas é a dos modelos de utilidade dependente da ordem (“rank-dependent utility”) (Quiggin, 1981e 1982; Schmeidler, 1989)⁵. A ideia central destes modelos é que os indivíduos podem distorcer de algum modo a probabilidade de um resultado extremo ou não atribuir a mesma utilidade a resultados intermédios com a mesma probabilidade (Diecidue *et al.*, 2001).

Bargiacchi (2004) examinou a relação entre a utilidade dependente da ordem e o princípio da precaução, numa aplicação ao problema das alterações climáticas. Admitindo preferências pessimistas e atribuindo pesos mais elevados a acontecimentos adversos com baixa probabilidade, concluiu que a avaliação de soluções com elevado risco, para a mesma função

⁴ No caso do modelo do aquecimento climático é necessário tomar hoje medidas de limitação das emissões de gases com efeito de estufa sem saber com certeza as consequências da sua acumulação na atmosfera (ver relatórios do IPCC- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 1996 e 2001)).

⁵ Outro quadro é o da “prospect theory” (Kahneman and Tversky, 1979). Os dois quadros têm sido combinados na “cumulative prospect theory” (Tversky et al., 1990).

de utilidade, resulta mais desfavorável do que no quadro da utilidade esperada. Consta ainda que os impactos verificados dependem da especificação do modelo e do valor dos parâmetros.

Probabilidades subjectivas

Na presença da incerteza científica, não existindo base objectiva para escolher uma distribuição de probabilidade, Savage (1954) mostrou que tudo se passa como se os indivíduos tomassem as suas decisões referindo-se a expectativas subjectivas, que são representações mentais sobre factos objectivos exteriores, baseados na sua experiência de julgar problemas de determinada natureza. Designou essa distribuição de probabilidades particular como subjectiva. Isto pressupõe que os indivíduos tenham um conhecimento muito preciso sobre uma dada situação de risco.

Savage axiomatizou o comportamento racional em situação de incerteza com propriedades consistentes no contexto do modelo de von Neumann e Morgenstern, mas com probabilidades subjectivas⁶.

Modelos de ambiguidade

Em problemas complexos ou pouco comuns e sem informação precisa, as preferências dos indivíduos não são muitas vezes consistentes com uma única distribuição (objectiva ou subjectiva) de probabilidades, tal como geralmente considerado pela teoria da utilidade esperada. Nessa situação, intervalos de probabilidades poderão reflectir a noção intuitiva de que o decisor poderá sentir-se mais confiante face a certas expectativas do que a outras. Trata-se, para a teoria da decisão, de uma situação de 'ambiguidade'. O estudo das alterações climáticas, onde a previsão dos impactos é obtida a partir de diferentes modelos e os resultados são frequentemente apresentados como um intervalo de probabilidades relativo a um único acontecimento, constitui, assim, um bom exemplo desta situação.

Neste contexto, Gilboa e Schmeidler (1989) consideram um modelo no qual o decisor se comporta como se dispusesse de um conjunto de expectativas (distribuições de probabilidade) e avaliam a utilidade de cada acção alternativa a partir do cálculo da utilidade esperada mínima relativamente a todas as distribuições de probabilidade consideradas. Isto traduz a maior atenção atribuída ao cenário de pior caso, que corresponde aos resultados menos favoráveis. Depois,

⁶ Assim, este método anulava a distinção entre a incerteza e o risco, e, conseqüentemente, entre precaução e prevenção (onde as probabilidades são objectivas).

optam pela acção que oferece a máxima utilidade esperada. Assim, o modelo utiliza o critério de decisão “maximin”.

Este critério pode ser utilizado como um quadro conceptual para a definição de regras de gestão adequadas ao princípio da precaução. Se se considerar que a verificação de um cenário de pior caso poderá conduzir a uma irreversibilidade não desejada, então uma estratégia de precaução deverá ser aplicada de modo a evitá-la, o que implica que a regra de decisão deverá ser baseada no cenário de pior caso (Lange and Treich, 2009).

Análise multi-critério

A análise multi-critério foi concebida como um instrumento de apoio à decisão destinado à avaliação de problemas complexos, com dimensões e objectivos múltiplos (ambientais, económicos, sociais, ...) e envolvendo questões de tipo quantitativo e qualitativo (Gamboa e Munda, 2007).

As opções alternativas a considerar devem ser diversificadas de modo a reflectir diferentes cenários possíveis e a incorporar valores e perspectivas múltiplos. A definição de critérios de avaliação das opções e a sua ponderação deverão traduzir a importância relativa das principais questões envolvidas na decisão e incluir alguma forma de participação pública⁷. Os modelos multicritério permitem incorporar métodos participativos e deliberativos nos processos de decisão (Munda, 2008). Assim, um quadro de análise multi-critério poderá ser adequado para a tomada de decisão de precaução, a qual envolve a adopção, na protecção do ambiente, de perspectivas de longo prazo, holísticas e inclusivas (Stirling and Mayer, 2005).

3.2 Vantagens e limitações dos modelos

3.2.1 Vantagens

Todos os modelos formais que interpretam o princípio da precaução em termos económicos contribuem para esclarecer o conceito de precaução e a tomada de decisão. Analisam e enquadram o problema de decisão relativo à prevenção e à gestão dos riscos e procedem à análise económica do impacto dos riscos no bem estar individual ou colectivo.

⁷ Como dos representantes das actividades económicas e grupos de interesse público, cientistas e consultores governamentais.

Apesar das muitas simplificações que os modelos teóricos envolvem, em termos gerais, procuram representar interações de múltiplas partes de um sistema complexo com fundamentos axiomáticos convincentes. Deste modo revelam um conjunto de desafios de implementação e de problemas a resolver e contribuem para uma melhor compreensão do comportamento de parâmetros importantes do sistema.

Revelam um conjunto de desafios de implementação

Os modelos teóricos revelam desafios de implementação como a incorporação da natureza das atitudes face ao risco, a identificação do tipo e âmbito da informação a considerar, e a escolha das regras de decisão que permitam descrever adequadamente as escolhas económicas.

Assim, os modelos baseados na utilidade esperada consideram as preferências do decisor com base nas suas expectativas face a perigos com probabilidades conhecidas e objectivas (ou subjectivas, no modelo de Savage). O modelo de Gollier *et al.* considera essas expectativas igualmente em relação ao progresso do conhecimento científico sobre os riscos. Nos modelos de ambiguidade, a atitude do decisor face à imprecisão surge explicitamente no critério de decisão considerado para a escolha de uma entre as decisões admissíveis.

O tipo e âmbito da informação a considerar depende da especificação dos modelos e dos cenários definidos para as consequências das decisões. Em particular no modelo de Gollier *et al.* há que considerar os cenários que resultem da possibilidade de revisão das expectativas do decisor com a melhoria futura do conhecimento científico. Nos modelos de ambiguidade, as consequências de cada decisão são avaliadas a partir de múltiplas distribuições de probabilidade que permitem representar a existência de teorias científicas diferentes, e assim, as opiniões de todos os especialistas. Finalmente, a análise multicritério permite a inclusão de informação qualitativa e multidimensional e uma melhor inclusão e ponderação de eventuais conflitos de interesse.

Nos vários modelos no quadro da teoria da utilidade esperada, com as suas diferentes funções de resultados, a regra de decisão considera o princípio da maximização de uma função de bem estar social pelo decisor público. Os modelos de ambiguidade consideram critérios de decisão em incerteza como o critério ‘maximin’, que traduzem a atitude do decisor face à incerteza. Finalmente, os modelos multicritério consideram funções que ponderam os múltiplos critérios considerados.

Contribuem para uma melhor compreensão do comportamento do sistema

Embora cada um de seu modo particular, os modelos teóricos contribuem para um melhor esclarecimento dos fenómenos e da lógica das escolhas individuais e colectivas e dos seus efeitos e, assim, para a compreensão de parâmetros importantes de comportamento como a percepção dos riscos, os impactos e custos económicos associados, e o nível de protecção requerido.

O modelo de Gollier *et al.*, por exemplo, considera a natureza racional do comportamento de precaução como um comportamento de retração de consumo, no contexto da gestão dinâmica dos riscos. Os modelos de ambiguidade consideram uma escolha realizada entre acções alternativas com base num conjunto de expectativas divergentes sobre os cenários de risco. A análise multicritério permite acompanhar mais de perto os interesses das diferentes entidades envolvidas no processo de decisão, porventura a partir de procedimentos de tipo deliberativo.

Os diferentes modelos permitem também estudar os impactos e custos económicos associados a diferentes cenários de consumo, de produção ou de emissões poluentes e, assim, estudar estratégias de precaução.

3.2.2 Limitações

Mas os modelos formais apresentam algumas importantes limitações ligadas ao facto de serem mais conceptuais do que orientados para a prática.

A utilização dos modelos levanta igualmente o problema da obtenção de dados e de informação pertinente, para caracterização do contexto sócio - político e do espaço de acontecimentos e de resultados associados à emergência dos riscos. São estas dificuldades, associadas às dificuldades conceptuais e teóricas, que têm limitado a aplicação prática e a relevância política dos instrumentos de decisão de precaução (Kast, 2007).

Por outro lado, os modelos apresentam algumas dificuldades teóricas importantes, que se consideram a seguir.

Cada modelo aplica-se apenas a certas naturezas de riscos

Como se aplicam apenas a certas naturezas de riscos, os diferentes modelos não podem ser considerados de aplicação geral, devendo a escolha dos modelos a utilizar atender à natureza dos riscos. Isto permitirá também clarificar a natureza das análises de precaução.

Assim, por exemplo, os modelos de utilidade esperada são adequados a riscos bem caracterizados ou comprovados mas não ao contexto controverso dos ‘novos riscos’, onde as distribuições de probabilidade para representar as expectativas poderão ser desconhecidas ou mesmo inexistentes. Neste tipo de situações, probabilidades múltiplas e modelos de ambiguidade serão mais indicados.

Os modelos que incorporam o papel da irreversibilidade e da aprendizagem aplicam-se melhor à gestão de fenómenos que apresentam perspectivas credíveis de melhoria de informação futura até chegar a riscos confirmados, como o efeito de estufa ou a protecção da camada do ozono, mas não a outros, com as culturas OGM, onde poderia ter um custo social e humano inaceitável (Beumais, 2002).

Para além da natureza dos riscos, é muito importante procurar clarificar todos os requisitos do princípio da precaução no contexto específico de cada situação concreta, uma vez que o resultado da decisão de precaução (recomendação de conservação ou não) será igualmente dependente de outros factores. Assim, uma medida ‘racional’ de precaução como, por exemplo, a extensão desejável da recolha de informação a realizar relativamente às possibilidades futuras varia com as circunstâncias (Tisdell, 2005).

Insuficiência da avaliação unidimensional

Frequentemente, as controvérsias sobre a aplicação do princípio da precaução são disputas sobre como obter algum equilíbrio entre interesses concorrentes, num contexto de elevada incerteza em que não é possível uma solução técnica clara. Nesta situação, a avaliação e a ponderação de factores e interesses técnicos, ecológicos, económicos, sociais, éticos e políticos interagindo num sistema complexo e a gestão de eventuais conflitos torna-se muitas vezes necessária (Cooney, 2005).

É assim insuficiente a avaliação unidimensional em que a maioria dos modelos se concentram, em particular os modelos no quadro da teoria de utilidade esperada, procurando sobretudo análises custo - benefício com escolhas eficientes de acordo com níveis de preferência dos decisores. Nestes modelos, o nível de risco que deverá ser suportado pela sociedade como um todo é decidido por um só decisor. Os modelos multicritério são mais adequados para lidar com a multidimensionalidade mas não separam os factores científicos dos factores políticos. Além disso, não lidam bem com a incomensurabilidade dos diversos valores⁸, o que poderá conduzir a dificuldades operacionais. Assim, deverão ser aplicados com muita objectividade e transparência, especialmente em áreas de maior complexidade e controvérsia.

No quadro da consideração da multidimensionalidade do contexto e das consequências das opções estudadas, as medidas de precaução deverão ser proporcionais aos riscos e aos seus efeitos potenciais.

Deficiente ligação entre valores individuais e colectivos

A análise das decisões públicas envolvendo riscos colectivos necessita da definição dos níveis de risco aceitáveis e aceites pela sociedade.

A este respeito, Gollier *et al.* consideraram um comportamento individual de consumo em resposta a modos alternativos de encarar o futuro que é uma interpretação muito geral dos riscos potenciais para a comunidade. No contexto das probabilidades subjectivas, os riscos percebidos pelo decisor poderão estar de acordo com as análises de risco da comunidade científica, mas as condições da validade dos juízos de valor para a tomada de decisão colectiva terão de ser identificados.

Os modelos de ambiguidade, ao permitirem representar a existência de expectativas divergentes sobre os perigos, parecem permitir a transparência de um procedimento de consulta dos "stakeholders" e a possibilidade de se chegar a um acordo relativamente a uma expectativa se possível consensual (Matheu, 2002). No entanto, o critério que consideram para a gestão colectiva do risco é inadequado à natureza proporcional que as medidas de precaução devem ter.

⁸ 'Incomensurabilidade de valores', i.e. "a ausência de uma unidade comum de medida para valores plurais" como definido por Martínez-Alier *et al.* (1998).

As limitações dos modelos na ligação entre valores colectivos e individuais levanta assim o problema da definição de procedimentos institucionais para determinar escolhas colectivas.

Soluções únicas inadequadas

Nos modelos considerados a decisão consiste geralmente na definição de uma acção exacta a realizar, seja a partir de funções de maximização da utilidade de um decisor político que representa a agregação de preferências interpessoais ou seja a partir de critérios de decisão que traduzem a adopção de uma dada atitude por parte do decisor face á incerteza.

Todavia, embora o princípio da precaução possa ser considerado como a procura de um nível de segurança mínimo, ele não requer *a priori* a adopção de uma aversão extrema à ambiguidade. A aplicação do princípio da precaução no seu sentido mais amplo deve traduzir uma necessidade de agir perante a incerteza assumindo riscos fundamentados e conduzindo a decisões equilibradas (Boucard, 2008).

Além disso, terá de atender-se à natureza proporcionada das medidas a realizar, componente chave do princípio da precaução. A proporcionalidade requer a definição da natureza específica dos riscos e do nível de segurança requerido, e deverá igualmente ter em conta o custo de oportunidade das medidas de precaução (Godard, 2003).

4. PRÁTICAS A CONSIDERAR NA TOMADA DE DECISÃO DE PRECAUÇÃO

A instrução das decisões públicas relativas aos perigos ambientais é frequentemente carenciada, em particular pela insuficiente caracterização dos impactos ambientais mas também económicos e sociais, a curto e a longo prazo, e pela igualmente insuficiente identificação e integração dos agentes de apoio institucional do decisor no processo de diálogo e de instrução da decisão.

Torna-se por isso saliente a inexistência de mecanismos e de quadros operacionais geralmente aceites para orientar a aplicação do princípio da precaução, pelo que as condições de aplicação deste princípio têm vindo a ser muito condicionadas por factores como os objectivos

dos decisores, as suas atitudes face ao risco e à incerteza e as regras e critérios de decisão que utilizam.

Nesta situação, a necessidade de reflexão metodológica para clarificar a problemática e as modalidades da decisão pública em situação de incerteza, em particular quando se trata de implementar o princípio da precaução, têm sido salientadas em diversos foruns nacionais e internacionais. Um exemplo recente foi a audição pública da comissão parlamentar de avaliação das escolhas científicas e tecnológicas em França sobre o balanço da aplicação do princípio da precaução quatro anos depois da sua constitucionalização (Etienne, 2009). Foi referida a necessidade de procurar precisar as situações pertinentes para a aplicação do princípio da precaução, propor instrumentos permitindo melhorar as escolhas do decisor e ainda contribuir para organizar a implementação prática deste princípio.

No sentido de procurar contribuir para este debate, e na sequência da análise apresentada nas secções anteriores, identificamos a seguir algumas acções práticas que deverão ser implementadas. A oportunidade destas acções, que visam ultrapassar as limitações referidas na secção anterior, foi assim revelada pela própria análise dos modelos. Estas acções deverão ser ainda consideradas incorporadas num quadro comum de procedimentos. A este quadro se refere o final desta secção.

Tratamento amplo da informação e do conhecimento

A implementação na prática do princípio da precaução não envolve critério homogéneo e satisfatório para a decisão: os decisores devem ter em conta os perigos potenciais mas não se impõe qualquer acção específica e muito diferentes medidas podem realizar-se, desde simples avisos até à proibição de alguns produtos ou tecnologias mais perigosas. Como princípio que é, não se define com uma medida ou uma aplicação mecânica. Diferentes critérios de decisão podem esclarecer a sua implementação, mas nenhum critério é uma tradução unívoca do princípio da precaução. A questão chave é como fazer um juízo fundamentado sobre um contexto empírico com vista à tomada de decisão.

Por isso, são necessárias análises com base em modelos mais contextualizados e adaptados às condições de incerteza, irreversibilidade e aprendizagem dos casos concretos em análise, de modo a poderem “resolver” questões de regulação e limitações dos dados (Godard, 2005).

Importa por isso analisar cenários com benefícios e custos explícitos e debatidos adequados a cada caso de modo a permitir ao decisor uma escolha adequada de uma acção no contexto de uma identificação tão completa quanto possível dos rumos de acção alternativos existentes.

Se a incerteza for demasiado forte dificultando a previsão de cenários, os decisores deverão procurar adequar a sua análise ao valor dos dados disponíveis, com processos mais cautelosos.

Integração de múltiplos valores no processo de decisão

Na resolução de muitas situações que envolvem a aplicação do princípio da precaução torna-se necessário avaliar e ponderar múltiplos factores e interesses, por vezes divergentes entre si, com vista a identificar medidas que sejam proporcionadas face à gravidade dos riscos e às suas consequências potenciais nas múltiplas dimensões existentes.

O contexto da decisão e a própria natureza e qualidade dos dados disponíveis podem justificar a utilização de diferentes modelos e métodos operacionais ou a combinação e a integração de métodos de modo a obter resultados mais robustos e consensuais.

A modelação deverá apenas permitir formalizar o objecto da discussão e será demasiado ambicioso pedir-lhe a integração de múltiplas dimensões. Com efeito, todos os modelos particulares da decisão em incerteza inevitavelmente omitem alguns factores relevantes (Quiggin, 2009). Também o papel do especialista deverá ser limitado a fornecer apenas as expectativas mais legítimas e seguras.

Maior democraticidade da decisão

Na interpretação e aplicação de medidas de gestão dos riscos com o princípio da precaução, os procedimentos a desenvolver deverão procurar reunir informação técnica e não técnica, num processo social interactivo.

A análise das aspirações individuais das pessoas afectadas pelos riscos (especialistas, cidadão comum, etc.) e dos modos colectivos de deliberação e de justificação que regem as situações sociais de emergência de riscos, permitirá esclarecer a tomada de decisões que possam

conciliar a responsabilidade colectiva e o respeito pela pluralidade das aspirações dos indivíduos na sociedade.

As autoridades públicas terão de intervir para estabelecer os níveis do risco socialmente aceitáveis para uma dada classe de perigos, com base em procedimentos de pesquisa técnica e científica e de debates públicos.

Definição de um intervalo de soluções

Em situações complexas com racionalidade limitada pelas capacidades de recolha e tratamento da informação e de cálculo, e também pela dificuldade de julgar conflitos entre interesses divergentes, as principais questões serão melhor consideradas em termos de características do problema da escolha descritas em termos gerais do que como propriedades paramétricas de modelos particulares.

O princípio da precaução fornece uma indicação geral quanto ao rumo a seguir em face de riscos potenciais graves mas não pode ser reduzido a um critério único. Uma boa solução seria considerar um núcleo de critérios capazes de seleccionar um conjunto limitado de decisões que, em determinadas circunstâncias, possam servir os objectivos de precaução (Quiggin, 2009).

Uma análise económica formal do problema da decisão poderia então ser capaz de identificar uma área de soluções razoáveis que a sociedade pudesse igualmente aceitar, e não uma única solução inadequadamente considerada óptima.

Utilização de um quadro comum de procedimentos

Para a avaliação dos riscos colectivos e a implementação de medidas de precaução é importante que as autoridades públicas definam um modo comum de acção com procedimentos precisos.

De modo a evitar situações de sujeição a pressões contraditórias por ou contra uma acção imediata, requer-se um quadro regulador público coerente, proporcional e eficiente adaptado à natureza dos perigos potenciais, com procedimentos comuns que organizem a pesquisa, a expertise, a informação do público e o debate público.

É essencial para a clareza do processo de decisão que os diferentes elementos da decisão sejam claramente distinguidos. Trata-se da avaliação do risco e da incerteza, dos custos e benefícios em causa e da sua repartição pela população, e do comportamento dos actores e o seu impacto possível sobre o risco e sobre as acções implementadas para o prevenir.

Um acordo deverá ser estabelecido quanto à definição de níveis aceitáveis dos perigos potenciais, para que as decisões tenham a adesão dos cidadãos e possam ser aplicadas de maneira ao mesmo tempo mais eficaz e mais democrática.

Como exemplo deste tipo de quadro regulador, é de referir um importante estudo realizado recentemente em França que inclui uma proposta de formalização possível de um processo de elaboração por etapas da decisão pública em situação de incerteza, que integre sistematicamente os elementos de expertise e debate, tendo em conta os seus contributos e os seus limites (CPP, 2010).

Este processo inclui as seguintes duas importantes fases de instrução. Na primeira fase, a avaliação prévia do risco, verifica-se se o problema em causa é de prevenção ou de precaução, consoante o risco seja comprovado ou exista ambiguidade. Na segunda fase, e no caso de riscos comprovados, escolhem-se as medidas de prevenção em função do significado do nível de risco, enquanto, no caso de existência de ambiguidade, são definidas medidas perenes de precaução quando houver elementos de prova, ou medidas de vigilância no caso de inexistência de elementos de prova.

Outros quadros para a implementação prática do princípio da precaução têm sido elaborados, sendo os seus elementos mais relevantes a gravidade potencial dos impactos sobre o ambiente ou a saúde, o nível de prova e o grau de precaução requerido, e a proporcionalidade das medidas face às consequências potenciais e ao risco (Aven e O’Renn, 2010).

5. CONCLUSÕES

A análise das principais abordagens e modelos de interpretação económica do princípio da precaução permite conhecer o seu contributo para o debate sobre a precaução na gestão dos riscos ambientais e discutir a sua relevância prática.

Os modelos formais apresentados contribuem para esclarecer o conceito de precaução e a tomada de decisão. Enquadram o problema de decisão relativo à análise económica do impacto do risco no bem estar individual ou colectivo e à gestão dos riscos.

Apesar das muitas simplificações que envolvem, revelam um conjunto de problemas e de desafios de implementação e contribuem para uma melhor compreensão do comportamento de importantes parâmetros do sistema. Mas os modelos são mais conceptuais do que orientados para a prática. Apresentam igualmente dificuldades teóricas e de obtenção de dados.

Assim, cada modelo aplica-se apenas a certas naturezas de riscos. Por exemplo, a utilização dos modelos de utilidade esperada pressupõe probabilidades objectivas para representar as expectativas dos decisores, quando nas situações de perigos ambientais a que se aplica o princípio da precaução, como é o caso dos 'novos riscos', as distribuições de probabilidade poderão ser desconhecidas ou mesmo inexistentes.

Em muitos modelos, a avaliação unidimensional das consequências das opções alternativas existentes é também insuficiente e torna-os vulneráveis na sua aplicação a problemas complexos que envolvem impactos de natureza diversificada e por vezes de difícil quantificação. Nesta questão, a análise multi-critério poderá ser mais adequada para a tomada de decisão de precaução.

A ligação entre valores colectivos e individuais é também insuficiente na generalidade dos modelos. O nível de risco que deverá ser suportado pela sociedade é decidido por um só decisor, excepto nos modelos de aversão à ambiguidade que permitem representar a existência de perspectivas múltiplas e, assim, parecem permitir a transparência de um procedimento de consulta dos diferentes "stakeholders".

Finalmente, os modelos conduzem a soluções únicas, o que não se adequa a problemas complexos e incertos e é inadequado à natureza de proporcionalidade das medidas de precaução.

Também as dificuldades de obtenção de dados e de informação pertinente limitam a aplicação dos modelos.

Assim, estes modelos apenas permitem uma interpretação restrita do comportamento de precaução e constituem uma interpretação muito geral dos riscos potenciais para a sociedade.

Por outro lado, torna-se saliente a inexistência de mecanismos e de quadros operacionais geralmente aceites para orientar a aplicação do princípio da precaução de um modo objectivo, coerente e socialmente aceite.

Assim, neste artigo, foram identificadas algumas acções que visam ultrapassar as limitações dos modelos formais no sentido de procurar contribuir para o debate relativo à clarificação da problemática e das modalidades da decisão pública de precaução.

Uma primeira questão é a necessidade de recorrer a um tratamento muito amplo da informação e do conhecimento para permitir uma melhor resposta à incerteza. Outra questão é a necessidade de proceder à integração no processo de decisão dos múltiplos interesses e valores envolvidos na situação de risco ambiental considerada e nas suas consequências potenciais e a gestão de eventuais conflitos.

Além disso, será importante procurar conciliar a responsabilidade colectiva e o respeito pela pluralidade das aspirações das pessoas afectadas pelos riscos (especialistas, cidadão comum, etc.). As autoridades públicas terão de intervir para estabelecer os níveis do risco socialmente aceitáveis para uma dada classe de perigos, com base em procedimentos de pesquisa técnica e científica e de debates públicos. Finalmente, uma análise económica formal deverá ser capaz de identificar uma área de soluções razoáveis que a sociedade possa igualmente aceitar em vez de uma única solução inadequadamente considerada óptima.

Assim, pode concluir-se que, atendendo à complexidade dos problemas relativos aos riscos colectivos, o recurso aos modelos formais deverá servir sobretudo para formalizar o objecto da discussão, mesmo perdendo em precisão de modo a procurar ganhar em pertinência. Naturalmente que, como conceito multidisciplinar e de grande relevância social, de cuja configuração são responsáveis as entidades políticas (ou jurídicas), o princípio da precaução não pode ser definido unicamente como um modelo económico. Será, obviamente, também fundamental a existência de um quadro regulador com procedimentos precisos e claros, adequados à natureza dos riscos ambientais e socialmente aceites para a avaliação de riscos e das suas consequências potenciais e para a implementação de medidas de precaução. Assim se poderá chegar a soluções ao mesmo tempo mais fundamentadas, eficazes e democráticas.

REFERÊNCIAS

- ALLAIS, M. (1953), “Le comportement de l'homme rationnel devant le risque: critique des postulats et axiomes de l'école américaine”. *Econometrica* 21, 503-546.
- ARROW, K. J., & FISHER, A. C. (1974), “Environmental preservation, uncertainty and irreversibility”. *Quarterly Journal of Economics*, 88, 312-319.
- AVEN, T. e RENN, O. (2010), *Risk Management and Governance. Concepts, Guidelines and Applications*. Springer. Heidelberg.
- BARGIACCI, R. (2004), “Climate change scenarios and the precautionary principle”. Em J. Wesseler, H.-P. Weikard, e R. Weaver (eds.), *Risk and Uncertainty in Environmental and Natural Resource Economics*. Edward Elgar, Cheltenham.
- BEAUMAIS, O. (2002), *Économie de l'environnement: méthodes et débats*. La Documentation Française, Paris.
- BOUCARD, P. (2008), “Does the decision theory in economics shed light on the application of the precautionary principle?”. *European Association of Environmental and Resource Economists, 16th Annual Conference*.
- CE - Comissão Europeia (2000), “Comunicação da Comissão sobre o Princípio da Precaução”. COM (2000) – 1. Comissão Europeia, Bruxelas.
- CPP (2010), *La décision publique face à l'incertitude Clarifier les règles, améliorer les outils*. Comité de la Précaution et de la Prévention, Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de la Mer. Mars. Paris.
- COONEY, R. (2005). *Biodiversity and the Precautionary Principle: Risk and Uncertainty in Conservation and Sustainable Use*. Earthscan, London.
- DIECIDUE, E. & WAKKER, P. (2001), “On the Intuition of Rank-Dependent Utility”. *The Journal of Risk and Uncertainty*, 23:3; 281-298
- ELLSBERG, D. (1961), “Risk, ambiguity and the Savage axioms”. *Quarterly Journal of Economics* 75 (4), 643-69.

ETIENNE, J.-C. (2009), Rapport sur “Le principe de précaution : bilan de son application quatre ans après sa constitutionnalisation” (Compte rendu de l’audition publique du 1er octobre. Office Parlementaire d’évaluation des choix scientifiques et technologiques).

EWALD, F. (2009), Aux risques d’innover. Les entreprises face au principe de précaution. Editions Autrement, Paris.

FISHER A., M. HANEMANN & NARAIN, U. (2004), “The Temporal Resolution of Uncertainty”. University of California, Berkeley.

FISHER, E., JONES, J. & VON SCHOMBERG, R. (2006), The Precautionary Principle and Public Policy Decision Making: a prospective analysis of the role of the Precautionary Principle for emerging science and technology. Edward Elgar.

GAMBOA G. & MUNDA G. (2007), "The problem of wind-park location: a social multi-criteria evaluation framework". Energy Policy, 35, 3 , pp 1564-1583.

GILBOA, I. & SCHMEIDLER, D. (1989), “Maximin Expected Utility with a Non Unique Prior”. Journal of Mathematical Economics, 18, 141-153.

GODARD, O. (2003), « Le principe de précaution comme norme de l’action publique, ou la proportionnalité en question ». Revue Économique, 54, 6, 1245-1276, Nov.

GODARD, O. (2005), « Le principe de précaution et la proportionnalité face à l’incertitude scientifique » Em Conseil d’État, Rapport public 2005 – Responsabilité et socialisation du risque. La Documentation Française, Paris.

GOLLIER, C. & TREICH, N. (2003), “Decision-making under scientific uncertainty: the economics of the precautionary principle”. Journal of Risk and Uncertainty 27 (1), 77-103.

GOLLIER, C, JULLIEN, L. & TREICH, N. (2000) “Scientific progress and irreversibility: an economic interpretation of the precautionary principle”. Journal of Public Economics 75, 229-253.

GONÇALVES, V. (2008), “O Princípio da precaução e a avaliação de projectos: uma interpretação económica e de gestão”. Dissertação de Doutoramento em Gestão. ISCTE-IUL, Lisboa.

HARREMOES, P., GEE, D., MACGARVIN, M., STIRLING, A., KEYS, J., WYNNE, B. & VAZ., S. eds. (2002), *The Precautionary Principle in the 20th Century: Late Lessons from Early Warnings*. Earthscan Publications, London.

HENRY, C. (1974), "Investment decisions under uncertainty: the irreversibility effect". *American Economic Review* 64 (6), 1006-1012.

INGHAM A. & Ulph, A. (2005), "Uncertainty, irreversibility, precaution, and the social cost of carbon", Em D. Helm (ed.), *Climate Change and Policy Response*. Oxford University Press.

IPCC (1996), *Climate Change 1995, Economic and Social Dimensions of Climate Change*. Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.

IPCC (2001), *Climate Change 2001: the scientific basis*. Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.

KAHNEMAN, D. & Tversky, A. (1979), "Prospect theory: an analysis of decision under risk". *Econometrica*, 47(2), 263-91.

KAST, R. (2007), *Calcul économique et mise en pratique du principe de précaution* *Économie publique*, 21, 2.

KOLSTAD, C. D. (1996), "Fundamental irreversibilities in Stock externalities". *Journal of Public Economics*, 60, 221-233.

LANGE, A. & Treich, N. (2009), "Uncertainty, Learning and Ambiguity in Economic Models on Climate Policy: Some Classical Results and New Directions". *Climatic Change*, Volume 89, Numbers 1-2, 7-21.

MARTINEZ-ALIER, J, MUNDA, G. & O'NEILL, J. (1998), "Weak comparability of values as a foundation for ecological economics". *Ecological Economics* 26: 277-286.

MATHEU, M. (2002), *La décision publique face aux risques*. Relatório do seminário "Risques" animado por Michel Matheu. La Documentation française, Paris.

MOREAU, N. & RIVAUD-DANSET, D. (2004), *L'incertitude dans les théories économiques*. Repères, La Découverte, Paris.

MUNDA, G. (2008), *Social Multi-Criteria Evaluation for a Sustainable Economy*. Springer-Verlag New York.

MYERS, N. & RAFFENSPERGER, C. (2005), *Precautionary tools for reshaping environmental policy*. Island Press, Washington.

PETERSON, S. (2006), "Uncertainty and Economic Analysis of Climate Change: A Survey of Approaches and Findings". *Environmental Modeling and Assessment* v.11, p.1-17.

PROTOCOLO DE CARTAGENA. (2000), *Cartagena Protocol on Biosafety to the Convention on Biological Diversity: text and annexes*. Secretariat of the Convention on Biological Diversity Montreal, Canada.

QUIGGIN, J. (1981), "Risk perception and risk aversion among Australian farmers". *Australian Journal of Agricultural Economics* 25, 160-9.

QUIGGIN, J. (1982), "A theory of anticipated utility". *Journal of Economic Behavior and Organisation* 3, 323-43.

QUIGGIN, J. (2009), "The Precautionary Principle and the Theory of Choice under Uncertainty". Working Paper, School of Economics, University of Queensland, Brisbane.

RAFFENSPERGER, C. & TICKNER, J. eds. (1999), *Protecting Public health & the Environment: Implementing the Precautionary principle*. Island Press, Washington DC.

ROGERS, M. D. (2011), "Risk management and the record of the precautionary principle in EU case law". *Journal of Risk Research*. Vol. 14, 4, Abril, 467-484.

SAVAGE, L. (1954), *The foundations of statistics*. Revised and enlarged edition (1972) Dover, New York.

SCHMEIDLER, D. (1989), “Subjective probability and expected utility without additivity”. *Econometrica*, 57, 571–87.

SEHN (2009), Advancing the precautionary agenda. Science & Environmental Health Network, Feb.

STIRLING, A. & MAYER, S. (2005), “Confronting Risk and Precaution: a Multi-Criteria Mapping of a GM Crop”. Em M. Getzner (ed.), *Developing Alternatives for Valuing Nature*. Routledge, London.

TICKNER, J. A. ed. (2003), *Precaution: Environmental Science and Preventive Public Policy*. Washington, DC, Island Press.

TISDELL, C. A. (2005), *Economics of Environmental Conservation*. Edward Elgar.

TRATADO DE MAASTRICHT (1994), *International Legal Materials*, American Society of International Law, 31 247-286.

TVERSKY, A., SLOVIC, P. e KAHNEMAN, D. (1990), “The Causes of Preference Reversal”. *The American Economic Review*, Volume 80, Issue 1, 204-217.

ULPH, A & ULPH, D. (1997), “Global warming, irreversibility and learning”. *Economic Journal* 107, 636-649.

UNCED (1992), *Declaração do Rio sobre o Ambiente e o Desenvolvimento*. Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente e o Desenvolvimento, Jun 14, 31 ILM 874, 879.

UNESCO (2005), *Le principe de précaution*. Commission mondiale d'éthique des connaissances scientifiques et des technologies, Paris.

VON NEUMANN, J. & MORGENSTERN, O. (1944), *Theory of games and economic behaviour*. Princeton University Press.