

AS ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS E A CONVENÇÃO QUADRO DO RIO

FILIFE DUARTE SANTOS

Departamento de Física, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa
Campo Grande, 1700 Lisboa, Portugal

Neste artigo faz-se uma breve análise da Convenção Quadro sobre as Alterações Climáticas (CQAC), das dificuldades inerentes à sua aplicação e das possíveis estratégias de superação dessas dificuldades. Dá-se especial atenção à área de interface entre a perspectiva científica das consequências do aumento da concentração na atmosfera dos gases com efeito de estufa (GEE) e a grande variedade de forças político-económicas que, no quadro da CQAC, condicionam a adopção de medidas limitativas daquele aumento.

1. Introdução

Passados 4 anos sobre a Conferência do Rio de Janeiro é bem evidente que contribuiu para o estabelecimento de novas metodologias de abordagem

Os problemas relativos ao ambiente global são manifestamente dos mais difíceis de resolver no actual sistema político de governação das nações prevalecente à escala mundial. A principal razão desta dificuldade reside no facto de que o impacto das alterações globais no ambiente a nível local não é uniforme: poderá ser grave ou muito grave, poderá ser fraco e incerto e poderá até não se fazer sentir até ao momento em que será extremamente difícil inverter a tendência a nível global. Contudo, é precisamente através do envolvimento e do empenhamento a nível local que será possível controlar as alterações globais do ambiente. A problemática das alterações globais do ambiente não se pode resolver exclusivamente através dos mecanismos tradicionais da governação e das relações internacionais. É necessário evoluir no sentido do fortalecimento e estabelecimento de organizações políticas de âmbito global e supranacionais capazes de gerar consensos no seio da comunidade mundial em contacto estreito e permanente com a opinião a nível local. Estas organizações constituirão um reflexo inevitável da globalização da revolução industrial iniciada no final do século XVIII.

de alguns dos problemas globais que afectam o planeta e tendem a agravar-se. A Convenção Quadro sobre as Alterações Climáticas (CQAC), um dos instrumentos mais importantes que resultaram da Conferência do Rio, foi assinada pelos líderes de 155 países no Rio, e entrou em vigor, após ter sido ratificada por 50 países, nos finais de 1993.

A CQAC determina que os países signatários devem estabelecer compromissos no sentido de condicionar as causas e minimizar os efeitos das alterações climáticas e simultaneamente propicia um quadro para facilitar o estabelecimento de políticas concertadas relativas ao clima. Um dos seus principais objectivos é procurar controlar o aquecimento global que resultará inevitavelmente do continuado aumento da concentração dos gases com efeito de estufa na atmosfera. O aquecimento global reflecte a súmula do comportamento de todos os países do mundo no que respeita à sua economia e consumo de energia. Em contrapartida, o aquecimento global afecta também todos os países, ainda que de formas diferenciadas, e conseqüentemente todas as pessoas que neles habitam. Não será, pois, exagerado afirmar que a CQAC está destinada a desempenhar um papel central na problemática do futuro próximo do nosso planeta.

2. Perspectiva científica

2.1. Previsões do Painel Intergovernamental sobre as Alterações Climáticas

Em 1988, o Programa das Nações Unidas para o Ambiente e a Organização Meteorológica Mundial criaram o Painel Intergovernamental sobre as Alterações Climáticas (PIAC) que reuniu várias centenas de cientistas de grande prestígio internacional e outros especialistas com o objectivo de estudar as alterações climáticas, os seus efeitos e as possíveis respostas a dar ao problema. As conclusões do PIAC foram apresentadas em Génève, em 1990 [1], na segunda Conferência Mundial sobre Clima e actualizadas em 1992 [2]. Em Dezembro de 1995 completou-se o II Relatório do PIAC publicado no início do corrente ano com o título "Climate Change 1995: The IPCC Second Assessment Report". Este documento no qual colaboraram cerca de 300 autores inclui os resultados mais recentes da investigação científica sobre alterações climáticas e uma análise detalhada dos impactes das alterações climáticas e das possíveis estratégias de adaptação e mitigação dos efeitos. De acordo com as conclusões do PIAC, as emissões de GEE resultantes das actividades humanas têm aumentado significativamente as concentrações destes gases na atmosfera. No que respeita às consequências daquele aumento o PIAC concluiu que a duplicação da concentração do CO_2 na atmosfera (relativamente ao valor de referência pré-industrial de 279 ppmv correspondente ao ano de 1765) terá lugar provavelmente no final do século XXI e provocará um aumento da temperatura média global do ar à superfície até 2100 entre 1°C e 3.5°C , sendo o valor mais provável 2°C , admitindo a continuação das actuais políticas energéticas ou mesmo a adopção de medidas controladoras suaves, tais como, a redução do desflorestamento, a preferência pelo gás natural relativamente ao petróleo e carvão e a conservação de energia.

Poder-se-á pensar que um aumento da temperatura média global do ar à superfície do globo, da ordem de 2°C no próximo século, não é significativo em termos do seu impacto sobre as populações e sobre a actividade económica. Recorde-se, porém, que, durante a Pequena Idade Glaciar de 1400 a 1650, a diminuição da temperatura média global do ar foi apenas de 1°C mas provocou perturbações graves na agricultura e de um modo geral em toda a actividade económica.

De acordo com as conclusões do PIAC, o aumento da temperatura média global do ar, provocará uma subida do nível médio das águas do mar de 15 a 95 cm até 2100, sendo 50 cm o valor mais provável. Esta subida resulta essencialmente da dilatação das águas oceânicas provocada pelo aquecimento e do degelo dos glaciares das montanhas devido ao clima mais quente.

A previsível subida do nível médio das águas do mar é certamente muito preocupante para todos os países com zonas costeiras baixas e para os pequenos Estados insulares com ilhas de muito pequena altitude. São exemplos a Holanda, o Bangladesh, o delta do Nilo no Egipto, as Ilhas Maldivas e outras ilhas do Pacífico e das Caraíbas. Certas regiões costeiras de Portugal serão especial-

mente afectadas como, por exemplo, a Ria Formosa e a Ria de Aveiro.

Note-se que se o aumento da concentração de CO_2 na atmosfera for para além da duplicação relativamente ao valor pré-industrial, prevêem-se aumentos da temperatura média global do ar à superfície da ordem de 4°C após 2100. Esta variação é comparável à diferença entre a temperatura média global que é possível estimar para a última época glacial (há cerca de 15000 anos) e a temperatura actual. Porém, tal variação de temperatura deu-se no passado durante um intervalo de tempo de vários milhares de anos enquanto que o aumento incontrolado da concentração dos GEE na atmosfera provocará uma variação comparável num período da ordem de centenas de anos. Como responderão os ecossistemas, as populações e a economia a esta mudança relativamente rápida?

Aumentos da temperatura média global a um ritmo médio de cerca de 0.2°C por década provavelmente ultrapassariam a capacidade adaptativa de muitos ecossistemas. O PIAC concluiu [3] que uma variação de 0.1°C por década é provavelmente o máximo que um grande número de ecossistemas consegue tolerar. Calcula-se que um aumento da temperatura média de 1°C corresponde nas latitudes médias da Europa central e meridional a aproximadamente 500 km de variação na latitude. Uma variação de 0.2°C por década exigirá portanto uma "migração" dos ecossistemas da ordem de 10 km por ano para se manterem no mesmo tipo de clima.

2.2. Modelos de Circulação Global

Os principais GEE são o H_2O , CO_2 , CH_4 , N_2O , CFCl_3 e CF_2Cl_2 . Estes gases, para além da sua elevada capacidade de absorção da radiação infravermelha, têm em comum a propriedade de não reagirem ou terem baixa reatividade com o radical hidroxilo (HO) que, consequentemente, é ineficaz para os remover da atmosfera. Os GEE presentes na atmosfera têm diferentes potenciais de aquecimento global (PAG), isto é, diferentes capacidades para absorver a radiação infravermelha. O PAG de um GEE depende da capacidade de absorção da radiação infravermelha ao nível molecular e da concentração desse gás na atmosfera. Os valores actuais dos PAG dos GEE e a previsão da evolução temporal da concentração dos GEE constituem dados essenciais que é necessário incorporar nos modelos de circulação geral da atmosfera (MCG) para poder fazer estimativas do clima num futuro próximo. As principais conclusões do PIAC sobre a eventualidade de futuras alterações climáticas baseiam-se precisamente nos resultados obtidos com MCG tridimensionais.

Dir-se-á que os MCG são imprecisos e, consequentemente, as conclusões baseadas nos resultados que produzem, pouco fiáveis. É uma crítica pertinente e válida. Em contrapartida, é legítimo reconhecer que os MCG têm evoluído de modo significativo nos últimos anos.

Recentemente, tornou-se possível incluir nos modelos a emissão antropogénica para a atmosfera de quantidades apreciáveis de SO_2 . Após a emissão o SO_2 transforma-se em SO_4H_2 que, por sua vez, atrai moléculas de

vapor de água e forma sulfatos. As partículas de sulfato têm um efeito de arrefecimento na atmosfera porque tendem a reflectir a radiação solar.

Devido à gigantesca emissão de cerca de 20 milhões de toneladas de SO_2 para a atmosfera, provocada pela erupção em 17 de Junho de 1991 do vulcão no Monte Pinatubo, o PIAC previu uma redução no forte crescimento da temperatura média global do ar observada na década de 80 durante cerca de 2 anos. Na realidade essa redução e até ligeiro decréscimo observou-se e há boas razões para acreditar que foi efectivamente provocada pela referida erupção vulcânica.

Desde o princípio do século observa-se um aumento da temperatura média global do ar à superfície do globo de $0.5^\circ \pm 0.2^\circ\text{C}$. Esta conclusão resulta da análise estatística feita por vários grupos de investigação dos registos das observações da temperatura ao longo do século em milhares de estações meteorológicas espalhadas pelo globo. A Fig. 1 [4] representa a média global das temperaturas do ar e do mar à superfície relativamente à média de 1951-80, tomada como referência. As anomalias estão expressas em $^\circ\text{C}$. Sendo o aumento da temperatura média uma conclusão reconhecidamente fidedigna, interessa testar os MCG na sua capacidade para reproduzir as variações já observadas na temperatura. Estudos recentes realizados no Lawrence Livermore National Laboratory, EUA, no National Centre for Atmospheric Research, EUA, no Climate Research Unit da Universidade de East Anglia, Inglaterra, e no Hadley Climate Research Centre, Inglaterra, indicam que a inclusão nos

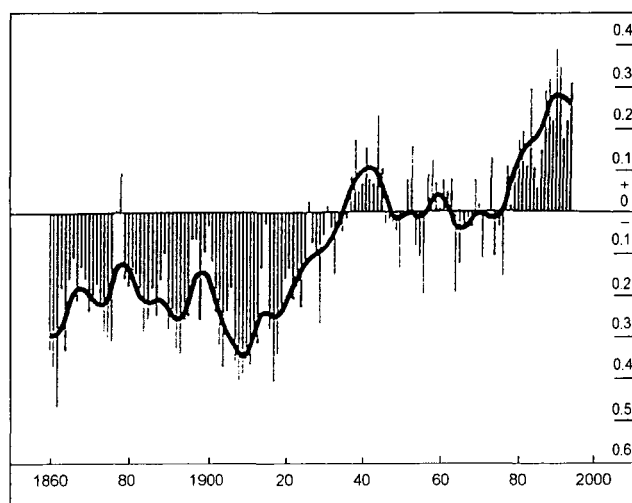


Fig. 1 — Variações do valor médio global da temperatura ($^\circ\text{C}$) do ar à superfície do solo e da temperatura da superfície dos oceanos para o período de 1860-1994 relativamente ao valor médio de 1951-1980. A curva a cheio resulta de efectuar para cada ano uma média em 10 anos (desde -5 a +5)

MCG do efeito do aumento dos GEE e, simultaneamente, do efeito das emissões de SO_2 para a atmosfera provenientes, sobretudo, das regiões mais industrializadas do globo, conduz a resultados que reproduzem satisfatoriamente as variações observadas na temperatura média global do ar à superfície desde 1860 até ao presente.

Apenas variando a concentração dos GEE, obtém-se um aumento de temperatura superior ao observado, com a inclusão do SO_2 , os resultados são muito próximos dos observados. A Fig. 2 [4] compara a variação da tempera-

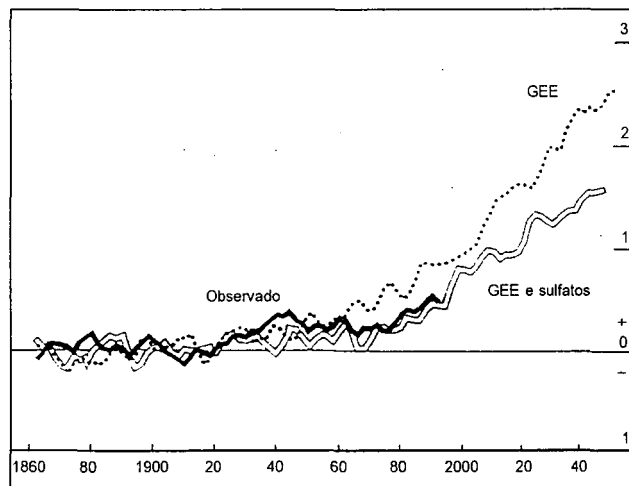


Fig. 2 — Previsões da temperatura ($^\circ\text{C}$) do ar à superfície do Hadley Centre (1995) para o período de 1860-2050 obtidas com inclusão apenas dos gases com efeito de estufa (curva GEE) e também dos aerossóis (curva GEE e sulfatos). A curva a cheio representa a temperatura do ar à superfície observada

tura média observada e a variação calculada no Hadley Centre, utilizando MCG com o efeito dos GEE e com o efeito combinado dos GEE e dos sulfatos.

Apesar destes sucessos, os MCG são susceptíveis de serem significativamente aperfeiçoados. A simulação da atmosfera é feita por meio de uma malha tridimensional em que cada elemento tem um volume demasiado grande para poder reproduzir de forma realista os vários processos meteorológicos. Uma das maiores incertezas nos modelos resulta da dificuldade em simular a presença de nuvens na atmosfera e de prever o comportamento dos vários tipos de nuvens face ao aumento dos GEE. Em geral, as nuvens altas (Cirrus) absorvem mais a radiação infravermelha proveniente da superfície do que reflectem a radiação solar, o que tende a provocar um aquecimento da atmosfera. Porém, as nuvens baixas têm o efeito oposto. Embora seja muito importante que os MCG sejam capazes de incorporar as alterações na nebulosidade a diferentes altitudes na atmosfera e nas várias estações do ano estamos ainda longe de poder simular estes processos de forma aceitável.

Importa salientar que os actuais MCG mais sofisticados incluem a circulação nos oceanos e, conseqüentemente, a importante interacção entre a atmosfera e o oceano. Alguns fenómenos oceânicos, com incidência na atmosfera, dão-se numa escala espacial suficientemente grande para ser possível simulá-los nos modelos. É o caso dos ENSO (El Niño Southern Oscillation) caracterizados por um aquecimento na região equatorial central do Pacífico resultante de uma inversão na direcção dos ventos alísios. Os ENSO duram normalmente um ano, transferem calor do oceano para a atmosfera e, por essa razão, tendem a aumentar a temperatura média do ar.

Nas últimas décadas a frequência de ocorrência dos ENSO tem sido maior do que anteriormente. Será que um dos efeitos do aumento da concentração dos GEE na atmosfera se traduz por um aumento na frequência dos ENSO?

2.3. Atitudes perante a perspectiva científica

É evidente que se podem adoptar várias atitudes face às actuais previsões sobre alterações climáticas. Podemos salientar as debilidades e imperfeições dos MCG e encarar as previsões com grande cepticismo. Com esta postura, que designarei de céptica, o aquecimento global da atmosfera não passa de uma mera hipótese entre várias igualmente credíveis e, conseqüentemente, não há razões válidas para diminuir as emissões antropogénicas de GEE para a atmosfera. Neste posicionamento, o aquecimento global da atmosfera à superfície, observado durante este século e especialmente a partir de 1940, não é uma consequência do aumento do efeito de estufa. Deverá atribuir-se à variabilidade climática e não há razões para afirmar que existem indícios de eventuais efeitos relacionados com o aumento da concentração dos GEE na atmosfera.

Uma outra atitude, que designarei de expectante, consiste em acreditar na capacidade da ciência actual para prever a evolução futura do clima a curto prazo e, conseqüentemente, acreditar que as previsões do PIAC têm uma elevada probabilidade de se verificarem. Neste caso, contrariamente ao anterior, poderá haver motivação e até empenhamento para actuar no sentido de diminuir as emissões de GEE.

A atitude expectante caracteriza-se também pelo reconhecimento de que estudos recentes, sobre a interpretação do aumento da temperatura média global do ar à superfície observado no último século e especialmente desde 1940 [5], são cientificamente válidos e permitem concluir, com elevado grau de probabilidade, que a causa do referido aumento reside nas emissões crescentes de GEE para a atmosfera. Por outras palavras, na atitude expectante considera-se como muito provável terem-se já observado e identificado efeitos provocados pelo aumento da concentração dos GEE na atmosfera.

2.4. Previsões na escala regional. O caso de Portugal

Além de realizar previsões à escala global, o PIAC estudou também as alterações climáticas em 5 regiões geográficas de especial interesse. Para cada região, o PIAC fez estimativas sobre a evolução da temperatura, precipitação e humidade no solo entre 1990 e 2030. O grau de confiança nestas previsões à escala regional é relativamente menor porque os modelos globais não têm resolução espacial suficiente para incorporar toda a informação relevante na escala regional. Porém, se adoptarmos uma atitude expectante, tais cálculos são suficientes para indicar que alterações climáticas importantes a nível regional são fortemente prováveis e diferenciadas conforme a região do globo.

No caso da Europa do Sul, que inclui Portugal, o aquecimento previsto para o ano 2030 é de 2°C no Inverno e de 2 a 3°C no Verão. Há tendência para um aumento da precipitação no Inverno mas prevê-se que no Verão a precipitação decresça de 5 a 15% e a humidade no solo decresça de 15 a 25%.

Estas previsões são extremamente preocupantes para um país como Portugal. A diminuição da precipitação e da humidade do solo no Verão irá certamente acelerar os processos de desertificação já bem evidentes em algumas regiões do Sul do país. Da análise das séries climatológicas do passado recente, desde 1931, conclui-se que em Portugal a época das chuvas no Outono, Inverno e Primavera tem-se tornado progressivamente mais curta.

Com efeito, a comparação dos valores da precipitação nas várias estações do ano dos triénios de 1961/90 e de 1931/60 revela que há uma significativa redução da precipitação na Primavera, especialmente no mês de Março [6]. Esta redução é muito significativa nas regiões da Beira Interior e do Alentejo. Simultaneamente, observa-se um aumento da contribuição do Outono e do Inverno para a precipitação anual. No que respeita à temperatura média do ar em Portugal continental observa-se um comportamento semelhante, em vários aspectos, ao da temperatura média global. Desde 1972 a temperatura média anual do ar em Portugal continental tem aumentado sistematicamente a um ritmo de cerca de 0.7°C por decénio. Observa-se também um aumento sistemático dos valores da temperatura mínima do ar no Inverno [6]. Estas tendências são concordantes com as previsões das alterações climáticas resultantes do aumento da concentração dos GEE na atmosfera.

Importa salientar que as conclusões sobre as temperaturas recentes do clima em Portugal continental baseiam-se em análises estatísticas e que a variabilidade interanual é imprevisível. O último período prolongado de seca, durante anos, foi seguido, desde Outubro de 1995, por elevada pluviosidade. A predictabilidade destas variações está actualmente fora do alcance da ciência.

Por outro lado, as consequências da provável subida do nível médio do mar em cerca de 50 cm até 2100, serão graves ao longo dos 800 km de costa do país, especialmente nas extensas zonas baixas do litoral e nos grandes estuários do Tejo e do Sado. Nos últimos 50 anos o nível médio subiu cerca de 6 cm e assiste-se a um nítido recuo da linha de costa.

Também em Portugal é possível identificar atitudes cépticas e atitudes expectantes relativamente às alterações climáticas. Na atitude céptica, as tendências recentes do clima em Portugal não se podem atribuir ao aumento da concentração dos GEE na atmosfera e não há razões válidas para preocupação porque não foi firmemente estabelecida uma relação de causa-efeito e as previsões do PIAC são pouco fiáveis. A atitude expectante considera como muito provável que as tendências recentes do clima em Portugal resultam do aumento da concentração dos GEE na atmosfera e que há razões válidas para preocupação porque esse aumento na concentração dos GEE irá continuar e as previsões do PIAC têm um elevado grau de fiabilidade.

3. Situação actual no contexto da Convenção Quadro sobre as Alterações Climáticas

Na primeira conferência das partes da CQAC, realizada em Berlim, não foi possível encontrar suficiente empenhamento e consenso entre as partes de modo a poder estabelecer protocolos de execução de medidas limitativas das emissões de GEE. Após intensas discussões foi apenas possível chegar a acordo em iniciar negociações para estabelecer um novo conjunto de objectivos de redução das emissões GEE. Este acordo ficou conhecido por "Mandato de Berlim" e corresponde claramente a um recuo relativamente à promessa, feita em 1992 no Rio, das nações desenvolvidas estabilizarem as emissões no ano 2000 para os níveis de 1990. A nova perspectiva é de negociar objectivos de redução das emissões para datas posteriores, tais como 2005, 2010 e 2020. Estes novos objectivos serão negociados nos próximos 2 anos. Os delegados à conferência de Berlim concordavam também em estabelecer um programa piloto de "execução conjunta" da CQAC. Numa reunião posterior realizada em Março do corrente ano de 1996 poucos países concordavam nas datas para a estabilização das emissões.

Não foi possível chegar a um consenso político entre as partes sobre medidas efectivas de limitação das emissões. As preocupações dos votantes nos mais de 150 países representados na conferência de Berlim dirigem-se prioritariamente para os problemas do desemprego e não para as alterações climáticas, ainda algo hipotéticas para alguns e altamente custosas de evitar. Embora o conjunto dos países mais desenvolvidos lancem maior quantidade de CO₂ para a atmosfera do que o resto do mundo, esta situação deverá inverter-se próximo do ano 2010. É previsível que apenas a China e a Índia, devido ao elevado consumo relativo de carvão, venham a contribuir no ano 2060 com uma percentagem de emissão de CO₂ mais elevada do que o conjunto dos actuais países mais desenvolvidos. Face a esta perspectiva, é bem clara a necessidade de encontrar mecanismos de execução conjunta da CQAC que envolvam simultaneamente o Norte e o Sul. Contudo, o acordo é difícil de estabelecer porque os países menos desenvolvidos salientam que a actual concentração de CO₂ na atmosfera é, em grande parte, o resultado da actividade económica nos países mais desenvolvidos e consequentemente estes países deverão desde já proceder a limitações significativas nas emissões. Por outro lado, os países membros da OPEC opõem-se claramente à adopção de medidas limitativas das emissões de CO₂ porque consideram que provocaria uma redução na procura de petróleo e gás natural. Consideram que a iniciativa de limitar as emissões deve partir dos grandes consumidores e não dos produtores.

Os países mais desenvolvidos argumentam que não se conhecem ainda, suficientemente, os previsíveis efeitos das medidas limitativas das emissões de CO₂, sobre a economia e receiam que a competitividade das respectivas economias seja afectada. Aparentemente preferem esperar para ver e atrasar, tanto quanto possível, as reduções nas emissões até que os custos inerentes à adaptação às alterações do clima se tornem manifestamente superiores.

Estamos perante uma situação manifestamente complexa e incerta. É bem possível que, a curto prazo, possivelmente nos próximos 20 e 30 anos, não seja possível adoptar medidas limitativas das emissões de GEE numa escala e com uma amplitude que garanta uma redução significativa dos riscos das alterações climáticas. É, pois, prudente prever os custos que serão necessários para adoptar medidas no sentido de mitigar os efeitos das alterações climáticas onde elas forem mais pronunciadas e negativas. O caso de Portugal é, neste contexto, paradigmático.

As actuais previsões sobre alterações climáticas para a região em que nos integramos indicam que Portugal será negativamente afectado, em vários aspectos, já referidos, e especialmente pelo agravamento da tendência para a desertificação no Sul do país. Temos, porém, a vantagem de pertencer a um grande espaço económico que, no seu conjunto, poderá absorver com relativa facilidade os impactos adversos das previsíveis alterações climáticas. A solidariedade no seio da União Europeia irá ser certamente um factor determinante para minorar os efeitos negativos dessas alterações no Sul da Europa.

É necessário estar preparado para a eventualidade, muito provável, de o país ficar sujeito, nas próximas décadas, a significativas alterações climáticas. Há indicações de que algumas destas alterações se manifestam já de forma mais ou menos explícita. É prudente realizar estudos sobre o impacto das alterações climáticas na agricultura, nos recursos hídricos, nos ecossistemas, na saúde pública e, em geral, sobre toda a actividade social e económica. É prudente realizar estudos para poder prever os custos envolvidos na adaptação às eventuais novas condições climáticas nos mais variados sectores da vida social e económica. O empenhamento necessário a realizar este programa depende em grande parte de divulgar a perspectiva científica das alterações climáticas. Depende da análise crítica das actuais previsões sobre alterações climáticas e do esclarecimento público da problemática das emissões antropogénicas de GEE para a atmosfera e das suas previsíveis consequências sobre o clima.

REFERÊNCIAS

- [1] The IPCC Scientific Assessment. Report prepared for IPCC Working Group I. Edited by J. T. Houghton *et al.* Cambridge University, 1990.
- [2] The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment. Report prepared for IPCC Working Group I. Edited by J. T. Houghton *et al.* Cambridge University Press, 1992.
- [3] The IPCC Impacts Assessment. Report prepared for IPCC Working Group II. Edited by W. J. McG. Tegart. Australian Government Publishing Service, 1990.
- [4] Hadley Centre, Modelling Climate Change 1860-2050, Meteorological Office, U.K., 1995.
- [5] Thompson, Science, **268**, 59 (1995).
- [6] MENDES, J. C. e SANTO, F. E. — *Monografia n.º 43*, Instituto de Meteorologia, 1993.

Filipe Duarte Santos é professor catedrático da Faculdade de Ciências de Lisboa