

A MUDANÇA DO CLIMA E AS ENERGIAS RENOVÁVEIS



Manuel J. Lopes Prates ()*
Professor Assistente Convidado

1. INTRODUÇÃO

Num estudo sobre o valor dos serviços prestados pelos ecossistemas existentes no mundo e os recursos naturais que os produzem (Costanza, 1997), mostrou-se com clareza que aqueles e estes são críticos para o funcionamento do sistema de apoio à vida na Terra, contribuindo ambos, directa e indirectamente, para o bem estar do Homem e, consequentemente, representam parte do valor económico do planeta.

Foram identificadas 17 categorias principais de serviços prestados pelas funções dos ecossistemas, pertencentes quer ao grupo de mercadorias (produção de alimentos, extracção de matérias primas, entre outras) quer ao grupo propriamente dito de serviços (abastecimento de água, tratamento de resíduos, etc), e foi posto em evidência que não há uma correspondência biunívoca entre funções e serviços dos ecossistemas, por um serviço poder ser o resultado da contribuição de mais de uma função e uma função poder contribuir para a produção de mais de um serviço, e que quer as funções quer os serviços são de natureza interdependente. Estas 17 categorias de serviços, são fluxos de materiais, energia e informação, alimentados por reservas naturais, aproveitados pelo homem, dizem apenas respeito à componente renovável excluindo, portanto, os combustíveis e minerais não renováveis e a atmosfera.

(*) Docente de Mecânica Computacional e Introdução aos Computadores na Academia Militar.

Para a totalidade da biosfera o valor dos serviços prestados pela componente renovável dos ecossistemas pode ser estimado, em média, no mínimo, em 5×10^{13} €/ano, que é qualquer coisa como cerca do dobro da totalidade do produto nacional bruto global (Costanza, 1997).

2. O ACORDO DE QUIOTO

O Acordo de Quioto ¹ assenta as suas raízes mais fortes no trabalho desenvolvido pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), criado em 1988 pelo *United Nations Environment Programme* (UNEP) e pela *World Meteorological Organization* (WMO) com o mandato de apurar o estado do conhecimento existente acerca do sistema de clima e mudança do clima; dos impactos ambiental, económico e social da mudança do clima; e das possíveis estratégias de resposta (UN, 2007a; UN, 2007b; UN, 2007c).

Após um penoso trabalho de revisão por centenas de cientistas, o IPCC apresentou em 1990 o seu *First Assessment Report*, onde se confirmaram as bases científicas para a mudança do clima, iniciadas em 1898 por Svante Ahrrenius, ao chamar a atenção para o facto das emissões de CO₂ poderem levar ao aquecimento global (UN, 2007a; UN, 2007b; UN, 2007c).

As conclusões a que o IPCC chegou permanecem actuais e podem sintetizar-se nas seguintes palavras (UN, 2007a; UN, 2007b; UN, 2007c):

- é de esperar que as emissões de gases com efeito de estufa resultantes da actividade humana provoquem uma rápida mudança do clima;
- os modelos de clima predizem um crescimento global de temperatura de cerca de 1 a 3,5° C de 1990 até ao ano 2100;
- uma mudança do clima desta amplitude poderá ter impactos dramáticos no ambiente global;
- a sociedade humana encarará novos riscos e pressões;
- a população e os ecossistemas necessitarão de se adaptar ao futuro regime de clima;
- a estabilização de concentrações atmosféricas de gases com efeito de estufa requererá um maior esforço.

¹ Disponível em (referência 2).

Com base no relatório do IPCC a *Second World Climate Conference* lançou, em 1990, o apelo para um tratado quadro sobre mudança do clima. Se bem que a declaração final desta conferência não tenha estabelecido quaisquer números para a redução de emissões, o certo é que apoiou alguns princípios, mais tarde incluídos na *Climate Change Convention*, de que se destacam: a mudança do clima como um “receio comum da humanidade”; a importância da equidade; as “comuns mas diferenciadas responsabilidades” de países com diferentes níveis de desenvolvimento; o desenvolvimento sustentado e o princípio precautório² (UN, 2007a; UN, 2007b; UN, 2007c).

A importância que a imprensa começou a dar aos relatórios sobre a mudança do clima associada às calamidades naturais e à descoberta do “buraco” do ozono em 1985 acabaram por despertar a opinião pública para a importância do problema, o que acabou por acelerar os trabalhos da *Intergovernmental Negotiating Committee for a Framework Convention on Climate Change* (INC/ /FCCC), criada em Dezembro de 1990 pela Assembleia Geral das Nações Unidas, acabando a Convenção por ser aprovada em 9-5-1992 e assinada em Junho de 1992 no Rio de Janeiro, no decurso da Cimeira da Terra.

No essencial, estabeleceu-se um processo de resposta para a questão da mudança do clima assente, por um lado, na troca regular de informação sobre as emissões de gases com efeito de estufa e as estratégias de cada país e, por outro, na transferência de fundos e de tecnologia apropriada dos países mais desenvolvidos para os países em via de desenvolvimento. Em paralelo foi ganhando corpo a necessidade de se estabelecerem metas temporais, bem definidas, dos níveis de emissões, ideia que obteve o acordo entre 1994 e 1997 de cerca de 170 países, e que começou a tomar forma a partir da conclusão dos trabalhos da INC seguida da criação da *Conference of the Parties* (COP) em 1995, cuja primeira sessão, a COP – 1, teve lugar nesse ano em Berlim.

O passo intermédio para se chegar à Convenção de Quioto, assinada em Dezembro de 1997 no decurso da COP – 3, consistiu na criação do *Ad hoc Group on the Berlin Mandate* (AGBM), com a missão específica de redigir a minuta do documento legal a adoptar.

Através do Protocolo de Quioto, subsidiário da Convenção, assinado a partir de Março de 1998, para entrar em vigor logo que ratificado por 55 nações com um

² Que estabelece que a ausência de total certeza científica não deve ser usada como desculpa para a inacção.

total de 55% das emissões de dióxido de carbono em 1990, e que entrou em vigor em 16 de Fevereiro de 2005, sem a ratificação dos Estados Unidos da América (E.U.A.), são acordadas as seguintes reduções, em relação aos níveis de 1990 das emissões de gases com efeito de estufa, por parte dos países industrializados: União Europeia dos 15 – 8%; EUA – 7%; Canadá e Japão – 6%.

Além destes países, comprometeram-se, também, a fazer reduções similares mais 21 países industrializados, tendo todos o objectivo de alcançar as metas fixadas no protocolo ao longo de um projecto de 5 anos, a executar entre 2008 e 2012. Para se compreender a importância desta redução basta ter presente que as nações industrializadas são as grandes contribuintes para a emissão de gases com efeito de estufa, onde se destacam os EUA, com um quarto do total mundial das emissões de CO₂ nos finais do Século XX.

Aliás, foi o *U.S. Climate Change Plan* (Dos, 2007), que inspirou o Protocolo de Quioto, atacando a redução de seis dos principais gases que contribuem para o efeito de estufa³ baseado em 5 princípios chave:

- revisões regulares do conhecimento científico, para que as políticas relativas ao sector sejam guiadas pelo melhor saber disponível;
- ferramentas de bom senso, baseadas no mercado, por os custos de protecção do ambiente serem substancialmente mais baixos se se aproveitar o poder do mercado;
- procurar soluções ganhadoras, que reduzam as emissões de CO₂ à custa da eficiência energética e poupem dinheiro aos consumidores;
- participação global, por ser um problema global que requer uma solução global;
- análises económicas periódicas, para obtenção da melhor informação possível sobre o comportamento da economia.

O Protocolo de Quioto, não obriga os governos a implementar qualquer política em particular, mas antes apresenta uma lista de políticas e medidas indicativas que podem ajudar a mitigar as alterações climáticas e a promover o desenvolvimento sustentável. Essa lista inclui (UN, 2007b):

- aumentar a eficiência energética;
- proteger e promover a diminuição da emissão dos gases que provocam o efeito de estufa;

³ Dióxido de Carbono (CO₂); Óxido Nitroso (N₂O); Metano (CH₄); Hidrofluorcarbonos (HFC); Perfluorcarbonetos (PFC); Hexafluoreto de Enxofre (SF₆).

- promover a agricultura sustentável;
- promover as energias renováveis, a sequestração do carbono e outras tecnologias amigas do ambiente;
- acabar com os subsídios e outros defeitos do mercado das actividades danosas para o ambiente;
- encorajar reformas em sectores relevantes para promover a redução das emissões dos gases que provocam o efeito de estufa;
- diminuir as emissões de gases que provocam o efeito de estufa no sector dos transportes;
- controlar as emissões do metano através da reciclagem e duma boa gestão de resíduos.

3. AS QUESTÕES COMUNS SOBRE A MUDANÇA DO CLIMA

Na altura da Conferência de Quioto, a UNEP e a WMO editaram uma brochura de grande interesse, onde se dá resposta às principais questões sobre a mudança do clima. Apresentamos de seguida os capítulos mais importantes, que se encontra disponível na INTERNET, (Hamburg, 2007):

Na introdução da brochura é referido que o clima é o tempo (no sentido do estado da atmosfera) médio, incluindo os extremos e variações sazonais, locais, regionais ou globais. O tempo varia, de lugar para lugar, de hora a hora, de dia para dia, de mês para mês e de ano para ano, traduzindo-se estas variações em mudanças na temperatura, na precipitação, no vento, na nebulosidade, entre outros aspectos. Por sua vez, o clima é controlado pelo balanço de longo prazo da energia da Terra e da sua atmosfera.

A radiação vinda do Sol ⁴ é, uma parte, absorvida à superfície da Terra ⁵ e na atmosfera que a envolve ⁶ e, outra parte, devolvida para o espaço, por reflexão. Ao absorver radiação, a superfície da Terra aquece e emite radiação infravermelha que se perde no espaço ou é absorvida na atmosfera, principalmente pelo vapor

⁴ Com um largo espectro, concentrado entre o ultravioleta e o infravermelho próximo.

⁵ Em função do ângulo de incidência da radiação solar, e da latitude e altitude de cada lugar.

⁶ Composta, principalmente por O₂, O₃, H₂O, CO₂, O, N, NO, N₂O, CO, CH₄ e poeiras, com propriedades ópticas distintas: na zona do ultravioleta a absorção é devida principalmente ao ozono, na zona do visível há pouca absorção, na zona do infravermelho a absorção é devida mais ao vapor de água.

de água e o CO₂, e pelas gotas de água das nuvens e as poeiras. Ao absorverem radiação estes componentes da atmosfera aquecem e, por sua vez, emitem radiação infravermelha que se perde no espaço ou é devolvida para a Terra. Assim, a Terra recebe além da radiação directa do Sol a radiação indirecta ou difusa, por **efeito de estufa**, provocado pelos **gases que contribuem para o efeito de estufa** existentes na atmosfera, que se traduz num diferencial de temperatura à superfície da Terra de cerca de 34° C, para mais. Isto é, se não existisse atmosfera, a superfície da Terra não poderia oferecer as actuais condições de vida.

Como a Terra roda em torno do seu eixo e em volta do Sol, a Terra está aquecida de forma não uniforme. Os ventos e as correntes redistribuem o calor através da superfície da Terra. O mecanismo de evaporação da água num local, do seu transporte pelo vento, e da sua condensação e precipitação noutra local, redistribui o calor através da superfície da Terra e da atmosfera que a cerca. Mas há outros mecanismos naturais que provocam mudanças no clima, tais como as erupções vulcânicas, que lançam para a atmosfera grandes quantidades de gases e partículas, ou fenómenos como o El Niño ⁷.

As mudanças naturais de distribuição geográfica de energia recebida do Sol e de gases que contribuem para o efeito de estufa e poeiras atmosféricas causaram alterações de clima variando, ao longo de dezenas e de centenas de milhares de anos, entre períodos muito frios (idades do gelo) e períodos muito quentes (como aquele em que vivemos actualmente). A estas causas naturais temos que acrescentar a actividade humana.

As quantidades de muitos dos gases que contribuem para o efeito de estufa, especialmente o CO₂, aumentaram nos últimos 200 anos cerca de 30%, principalmente como resultado de alterações no uso do solo (por exemplo, a deflorestação) e de queima de carvão, petróleo e gás natural (exemplos: automóveis, indústria e centrais eléctricas), ambas resultantes da actividade humana.

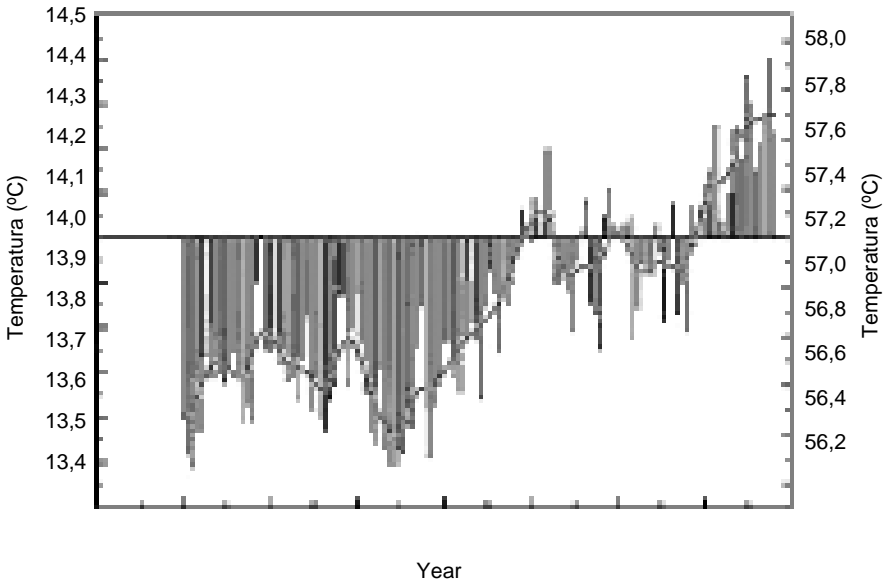
A continuação da acumulação na atmosfera de gases com efeito de estufa gerados pela actividade humana provocará um incremento do efeito de estufa, conduzindo a um aumento da temperatura à superfície da Terra, que se estima de 1 a 3,5° C até ao ano 2100, o que mudará o clima.

No capítulo respeitante à questão se o globo terrestre tem aquecido é referido que a temperatura média global do ar à superfície da Terra aumentou entre 0,3 e 0,6° C desde o Séc. XIX até aos nossos dias, como se mostra na Fig.1.

⁷ Aquecimento periódico da zona tropical central e oriental do Oceano Pacífico.

Os 4 anos mais quentes desde 1860 verificam-se a partir de 1990. O aquecimento tem sido maior à noite, em terra, nas latitudes médias e altas do hemisfério Norte, e mais forte no Inverno e na Primavera. Em algumas áreas continentais o aquecimento tem sido muito maior que a média global e noutras tem arrefecido, como na parte Sul do Vale do Mississipi, nos EUA.

Fig. 1 – Temperaturas superficiais globais medidas em relação à média para o período de 30 anos entre 1961 e 1990 (linha horizontal).



Fonte: Hamburg, 1997.

Outras consequências do aumento global da temperatura são o crescimento, desde o Séc. XIX, do nível médio das águas do mar entre 10 e 25 cm, a diminuição do volume dos glaciares, a redução da área do manto de neve sobre o hemisfério norte (verificado a partir de 1973) e o aumento da temperatura do subsolo. Todos os dados recolhidos até agora, obtidos a partir de medições de anéis de crescimento anual das árvores, de camadas de formação anual de gelos com pouca profundidade, de corais, entre outros, sugerem que a temperatura global à superfície da Terra é agora tão quente ou mais quente do que em qualquer tempo nos últimos 600 anos.

Os dados recolhidos das perfurações de gelo no Polo Norte e de sedimentos marinhos no Atlântico Norte sugerem que o aumento de temperatura registado desde 1990 não se enquadra nos registos relativamente estáveis de temperatura verificados nos últimos 10.000 anos, com variações médias globais de 100 em 100 anos de cerca de 0,3 a 0,6° C.

No capítulo seguinte o folheto aborda a questão se as actividades humanas estão a contribuir para a mudança do clima, sendo referido que os estudos que visam identificar as influências do homem no clima procuram separar um sinal ⁸ (do factor de mudança do clima provocado pela acção do homem) do ruído de fundo (da variabilidade natural do clima). Este tipo de investigação tem habitualmente duas partes: detecção de uma mudança invulgar e atribuição no todo ou em parte dessa mudança a uma causa particular ou a várias causas. Estes conceitos de detecção e atribuição podem ser compreendidos por simples analogia médica. A medição de uma temperatura de 40° C no corpo humano detecta a presença de uma anormalidade ou sintoma, mas não nos dá a causa deste sintoma. A atribuição de uma causa bem determinada a este sintoma exige uma série de testes (exames médicos), tais como análises clínicas ao sangue e à urina, radiografias, entre outros.

Há ainda incertezas nestes estudos de detecção e atribuição. Elas são devidas em primeiro lugar ao nosso conhecimento incompleto do verdadeiro sinal de mudança do clima devido às actividades humanas, à nossa compreensão incompleta do ruído de fundo da variabilidade natural do clima e à existência de registos de dados inadequados.

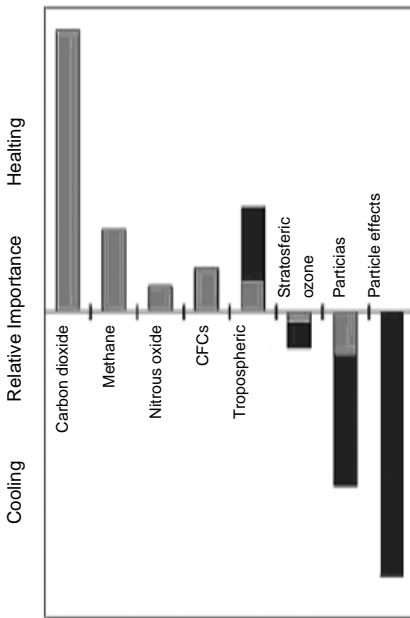
Se bem que tais incertezas tornem difícil determinar a dimensão exacta da contribuição humana, as mais recentes contribuições da ciência sugerem que as actividades humanas conduziram a uma influência visível no clima global e que estas actividades terão uma influência crescente no futuro clima.

No capítulo seguinte são abordadas as actividades humanas que contribuem para a mudança do clima, sendo referido que a queima do carvão, do petróleo

⁸ Há vários sinais indicativos de que o homem começou a alterar o clima da Terra:

- há mais vapor de água na atmosfera;
- os gelos dos glaciares e das calotes polares estão a derreter;
- as inundações e as secas estão a tornar-se cada vez mais severas;
- as doenças tropicais como a malária estão a estender o seu raio de acção;
- o nível médio das águas do mar está a subir;
- a temperatura global está a subir.

e do gás natural, assim como a deflorestação e várias práticas agrícolas e industriais estão a alterar a composição da atmosfera e a contribuir para a mudança do clima. Estas actividades humanas têm conduzido a maiores concentrações atmosféricas de alguns gases que contribuem para o efeito de estufa, incluindo CO₂, CH₄, Óxido de Azoto (NO), Clorofluorcarbonetos (CFC) e Ozono Troposférico (O₃) nas camadas mais baixas da atmosfera. A importância relativa destes gases é mostrada na Fig. 2.



Fonte: Hamburg, 1997.

Fig. 2 – *Importância relativa dos vários gases com efeito de estufa e pequenas partículas correntemente na atmosfera. As barras que se estendem para cima da linha horizontal indicam um efeito de arrefecimento. Os impactos do ozono troposférico, do ozono estratosférico e das partículas são ainda completamente incertos. A extensão dos possíveis efeitos para estes gases vai do extremo da barra preta até ao outro extremo.*

A queima dos combustíveis fósseis para a produção de energia utilizada nos transportes, na produção industrial, no aquecimento, no arrefecimento, na produção de electricidade, entre outras actividades, contribui com 80 a 85% das emissões de CO₂ para a atmosfera. As mudanças na utilização do solo⁹ são responsáveis pela emissão dos restantes 15 a 20% de CO₂.

⁹ A vegetação contém carbono que é libertado para a atmosfera sob a forma de CO₂ quando ela se decompõe ou é queimada.

O CH₄ é o segundo gás na contribuição para o efeito de estufa resultante da actividade humana, sendo produzido no cultivo do arroz, nas explorações pecuárias e na decomposição de matéria orgânica nos aterros sanitários. Também, é emitido na extracção do carvão, na perfuração de poços de petróleo e nas condutas de gás mal vedadas. A actividade humana é responsável pelo aumento de cerca de 145% da concentração de metano na atmosfera.

O NO é produzido também em várias actividades agrícolas e industriais e a sua presença na atmosfera é cerca de 15% superior à concentração que se deveria verificar naturalmente.

Os CFCs, utilizados nos aparelhos de refrigeração e de ar condicionado, e nos solventes, ou os seus substitutos FCs naqueles aparelhos, têm uma contribuição muito pequena, mas que se espera vir a aumentar apesar dos acordos internacionais existentes para a eliminação da sua utilização.

O O₃ resulta de actividade industrial. Mas é também produzido por processos naturais e por reacções químicas na atmosfera envolvendo gases libertados pela actividade humana, designadamente NO produzido nos motores dos veículos automóveis e nas centrais eléctricas. A sua contribuição para o efeito de estufa é importante mas a parcela devida à actividade humana é incerta devido quer ao seu pequeno tempo de vida quer à sua produção natural.

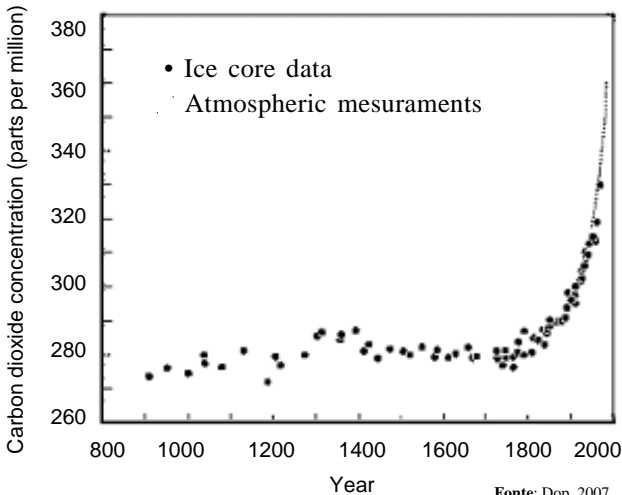
No capítulo seguinte é explicado como é que o aumento dos gases que contribuem para o efeito de estufa na atmosfera é devido à actividade humana, sendo referido que as características dos núcleos de átomos de carbono do CO₂ resultante da queima de carvão, petróleo e gás natural diferem das dos núcleos de átomos de carbono do CO₂ resultante da produção natural, uma vez que os combustíveis fósseis formaram-se no subsolo há dezenas de milhões de anos e a fracção dos seus núcleos que foram outrora radioactivos há muito tempo que se tornaram não radioactivos. Pelo contrário, o CO₂ emitido a partir de fontes naturais da superfície terrestre contém uma parte radioactiva mensurável. Assim, à medida que cresce o CO₂ emitido por queima dos combustíveis sólidos decresce a fracção de carbono radioactivo presente na atmosfera.

Esta realidade foi evidenciada há mais de 50 anos, quando se conseguiu medir o decréscimo de carbono 14 radioactivo em três anéis, cada um pertencente a um ano entre 1850 e 1950. Desde os anos 50 começou-se a medir com precisão a quantidade de CO₂ presente na atmosfera em diversos locais e os dados obtidos provam o seu crescimento anual. A partir de 1980, a comparação dos resultados das análises das amostras do ar fóssil contido nos gelos polares

formados desde há dezenas de anos atrás, obtidas por perfuração das respectivas calotes, com as do ar contido nos gelos de formação recente, superficiais, mostram, de forma irrefutável, o crescimento da concentração de CO₂ na atmosfera, como se mostra na Fig. 3.

Os dados colhidos sobre a distribuição geográfica de CO₂ mostram que a sua concentração é ligeiramente maior no hemisfério Norte do que no hemisfério Sul. Tal diferença deve-se a que, por um lado, as actividades humanas que produzem CO₂ se concentram no hemisfério Norte e, por outro, a circulação das emissões do hemisfério norte levarem quase um ano a alcançar as latitudes do hemisfério Sul.

Fig. 3 – *Quantidades de CO₂ medidas na atmosfera.*



Fonte: Dop, 2007.

O CO₂ é emitido para a atmosfera por uma grande variedade de fontes, e cerca de 95% dessas emissões ocorreriam mesmo que não existisse actividade humana na Terra. Por exemplo, a decomposição natural da matéria orgânica das florestas e prados contribui com a emissão de cerca de 220 mil milhões de toneladas para a atmosfera todos os anos. Mas a actividade destas fontes naturais é contrabalançada com processos físicos e biológicos que removem CO₂ da atmosfera, como é o caso da dissolução de CO₂ na água do mar ou da remoção de CO₂ pelas plantas. A actividade humana contribui presentemente com cerca de 3% das emissões naturais anuais de CO₂, o que conduz a um aumento global acumulado desde o início da era pré-industrial de cerca de 30%.

Os dados obtidos mostram que tem havido aumento de concentração de CH₄, NO e CFCs desde há algumas décadas. Mais exactamente, as concentrações de CH₄ e NO têm aumentado desde há algumas centenas de anos, depois de milhares de anos de valores constantes e os CFCs estão ausentes das amostras de ar fóssil dos séculos passados, visto não serem produzidos por processos naturais e terem surgido apenas a partir de 1930.

No capítulo seguinte é explicado quais as mudanças previstas no clima, sendo mencionado que o IPCC calculou um aumento das temperaturas superficiais médias globais de cerca de 1 a 3,5° C (cerca de 2 a 6° F) entre o ano de 1990 e o ano de 2100 e uma correspondente subida de 15 a 95 cm (cerca de 6 a 37 polegadas) no nível médio das águas do mar, no mesmo período, como se mostra na Fig. 4 e 5.

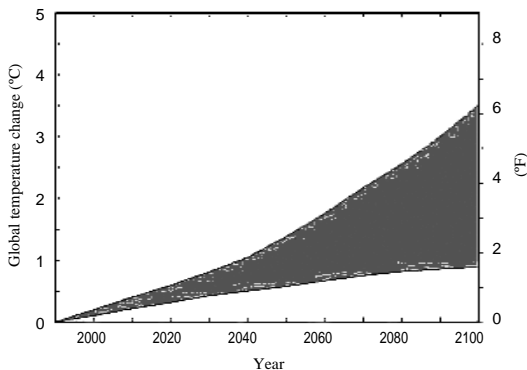
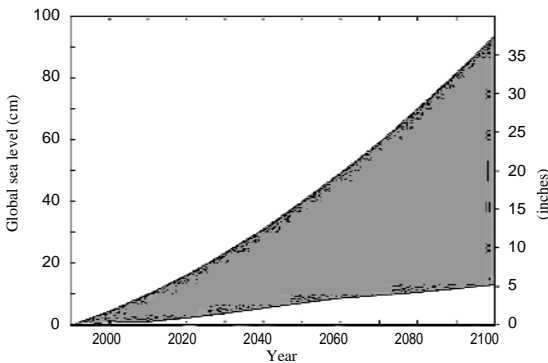


Fig. 4 – Possível campo de variação do aumento da temperatura superficial média global no período de 1990 a 2100.

Fonte: Hamburg, 2007.

Fig. 5 – Possível campo de variação do aumento do nível médio global da água do mar no período de 1990 a 2100.



Fonte: Hamburg, 2007.

O índice médio de aquecimento da superfície da Terra através das próximas centenas de anos será provavelmente maior do que qualquer um dos que têm ocorrido nos últimos 10.000 anos, o período durante o qual a nossa civilização se desenvolveu. Contudo, as mudanças específicas de temperatura variarão de região para região. Para além destes há alguns efeitos que podem ser projectados com alguma confiança: é esperado um maior aquecimento sobre a terra do que sobre o mar; o aquecimento máximo é esperado ocorrer no Ártico, no Inverno; espera-se que as temperaturas nocturnas cresçam mais do que as temperaturas diurnas; de um modo geral, haverá, provavelmente, um aumento do número de dias quentes em locais de latitude média no Verão, tais como na maior parte da América do Norte, da Europa e de alguns locais da América do Sul, acompanhado de um decréscimo do número de dias muito frios nos mesmos locais no Inverno. Os eventos extremos tais como as chuvas fortes e as secas são as mais destrutivas formas de tempo, e a frequência e duração destes eventos estão provavelmente a aumentar à medida que o clima continua a mudar. São esperados aumentos nas médias globais de evaporação e de precipitação. No Inverno, nas latitudes médias, as temperaturas médias mais altas devem causar um acréscimo da precipitação sob a forma de chuva, em prejuízo da queda de neve. Isto é provável que cause um acréscimo da humidade do solo e do escoamento de água no período de Inverno, em prejuízo do período de Verão. Na Primavera, um mais rápido derretimento da neve é provável que agrave as inundações. No Verão, um acréscimo de aquecimento conduzirá a um acréscimo de evaporação, o que poderá decrescer a disponibilidade de humidade no solo necessária para a vegetação natural e a agricultura em muitos lugares, e aumenta a probabilidade de secas severas. As secas e as inundações ocorrem naturalmente em todo o mundo, por exemplo associadas ao fenómeno do El Niño, mas é provável que se tornem mais severas, tornando o gestão da água um problema ainda mais crítico no futuro. As projecções mais incertas em relação ao clima futuro dizem respeito às mudanças em certos locais e ao modo como determinados fenómenos tais como tempestades tropicais, incluindo, furacões, tufões e ciclones, irão ser afectados. Os limites estimados de variação do aumento global de temperatura de 1 a 3,5° C até ao ano 2100 surge de incertezas acerca da resposta do clima quer à formação de gases que contribuem para o efeito de estufa e de partículas quer da quantidade das futuras emissões desses gases. Factores tais como as estimativas de crescimento da população humana, das mudanças de uso da terra, de estilos de vida e das escolhas de energia conduzem a limites plausíveis de emissões

de gases que contribuem para o efeito de estufa. Por exemplo, esforços concertados para reduzir as emissões de gases conduzirão a uma significativa diminuição do projectado crescimento de temperatura.

Todas estas previsões são baseadas na hipótese de que o clima global variará gradualmente. Contudo, há provas para sugerir que o clima da Terra tem ocasionalmente mudado muito rapidamente no passado distante. Daí poder haver similarmente transições bruscas devidas a mudança do clima provocada pelo homem. Estas transições bruscas fazem crescer a possibilidade de surpresas significativas à medida que o globo terrestre aquece durante este século, talvez com rápidas e inesperadas mudanças nas correntes dos oceanos e no clima regional. A probabilidade com que tais, rápidas, mudanças podem ocorrer aumenta com o crescimento da emissão de gases que contribuem para o efeito de estufa. Para terminar, o folheto explicita as razões porque é que os ecossistemas não se adaptam, sendo referido que a mudança do clima tem o potencial necessário para alterar muitos dos ecossistemas naturais da Terra durante o século XXI. Mas, se a mudança do clima não é uma influência nova na biosfera então porque é que os ecossistemas não se podem adaptar perfeitamente sem efeitos significativos na sua forma ou produtividade? Há três razões básicas:

- o índice de mudança do clima global é previsto ser mais rápido do que qualquer outro ocorrido nos últimos 10.000 anos;
- os seres humanos têm alterado a estrutura de muitos dos ecossistemas do globo terrestre. Têm derrubado florestas, lavrado solos, utilizado grandes extensões de terra para apascentar animais domésticos, têm introduzido muitas espécies não nativas em muitas regiões¹⁰, têm pescado intensivamente em lagos, rios e oceanos, e construído barragens. Estas mudanças relativamente recentes na estrutura dos ecossistemas do globo terrestre têm-nos tornado incapazes de recuperar prontamente ;
- a poluição, assim como outros efeitos indirectos da utilização de recursos naturais, tem também aumentado desde o começo da revolução industrial. Consequentemente, é provável que muitos ecossistemas não sejam capazes de se adaptar a tensões adicionais da mudança do clima sem perda de algumas das espécies que elas contêm dos serviços que eles prestam, tais como abastecimento suficiente de água potável para beber, alimentos para comer, solos adequados para o crescimento de searas e madeira para utilizar na queima e na construção.

¹⁰ Como é o caso da cultura do eucalipto.

Ao longo de milhões de anos, as espécies têm vindo a mudar do local onde crescem e se reproduzem em resposta à mudança das condições do clima. No decurso do presente século, o aquecimento global poderá obrigar aproximadamente um terço da área florestada da Terra a passar por transições maiores na composição das suas espécies. Tem-se, a partir de registos fósseis, uma indicação da velocidade máxima a que as várias plantas têm emigrado para áreas mais adequadas, desde 0,04 km/ano até 2 km/ano. Contudo, os valores previstos para a mudança da temperatura superficial em muitas partes do globo terrestre podem requerer que as plantas emigrem a velocidades variando entre 1,5 e 5,5 km/ano. Portanto, muitas espécies podem não ser capazes de emigrar com rapidez suficiente para prosperar. Estas mudanças na vegetação e na estrutura do ecossistema podem, por sua vez, provocar o aumento da emissão de CO₂ para a atmosfera, provocando uma mudança acelerada do clima.

Além disso, à medida que a vegetação envelhecida morre em áreas mais afectadas pela mudança do clima, tais como florestas nas latitudes do norte, é provável que sejam substituídas por espécies, muitas vezes não nativas, de crescimento rápido. Estas espécies produzem normalmente menos madeira, fornecem forragens de menor qualidade para os animais domésticos, fornecem menos alimentos para os animais selvagens e fornecem um *habitat* mais pobre para muitos animais nativos. A prevalência de pragas tais como ervas daninhas, ratos e baratas pode também aumentar.

Os seres humanos utilizam e manipulam activa e produtivamente largas quantidades da superfície da Terra, seja para a agricultura, para a habitação, para a produção de energia ou para floresta. Estas práticas criaram um mosaico de diferentes usos da terra e de diferentes tipos de ecossistemas, em prejuízo de áreas grandes e contínuas de um só tipo de *habitat*, como as existentes no passado. Por essa razão será muitas vezes difícil para as plantas emigrarem para um local com clima mais adequado, mesmo que a espécie seja capaz de emigrar com rapidez suficiente. Este não era o caso há milhares de anos atrás, quando os ecossistemas experimentaram a última mudança rápida do clima. Agora, muitos dos ecossistemas do globo terrestre estão essencialmente presos em pequenas ilhas, afastados uns dos outros, apenas capazes de viajar através de um limitado e acanhado número de pontes. À medida que isto ocorre crescentemente, mais espécies estão a ser presas num ambiente no qual elas não podem sobreviver e/ou reproduzir-se.

Além disso, a complicar a resposta de muitos dos ecossistemas terrestres e aquáticos à mudança do clima está a prevalência de tensões provocadas por

outras perturbações associadas com o uso de recursos. No caso de árvores, por exemplo, muitas espécies já estão enfraquecidas pela poluição do ar. Maiores concentrações de CO₂ na atmosfera aumentará a capacidade fotosintética de muitas plantas, mas o efeito líquido produzido no ecossistema não é claro, particularmente quando combinado com temperaturas do ar mais altas ou onde os nutrientes do solo são limitados.

De entre os ecossistemas que mais provavelmente irão experimentar os mais severos efeitos da mudança do clima estão aqueles que se encontram a mais altas latitudes, tais como as longínquas florestas do norte ou a tundra, assim como aquelas onde convergem diferentes tipos de *habitat*, tais como aqueles onde os prados encontram as florestas ou as florestas cedem o campo à vegetação alpina. Os ecossistemas costeiros estão também em perigo, em particular pântanos de água salgada, mangais, terras húmidas costeiras, recifes de coral e delta de rios. Muitos destes ecossistemas, já sob pressão das actividades humanas, podem ser significativamente alterados ou diminuídos em termos da sua extensão e da sua produtividade como resultado de futura mudança de clima.

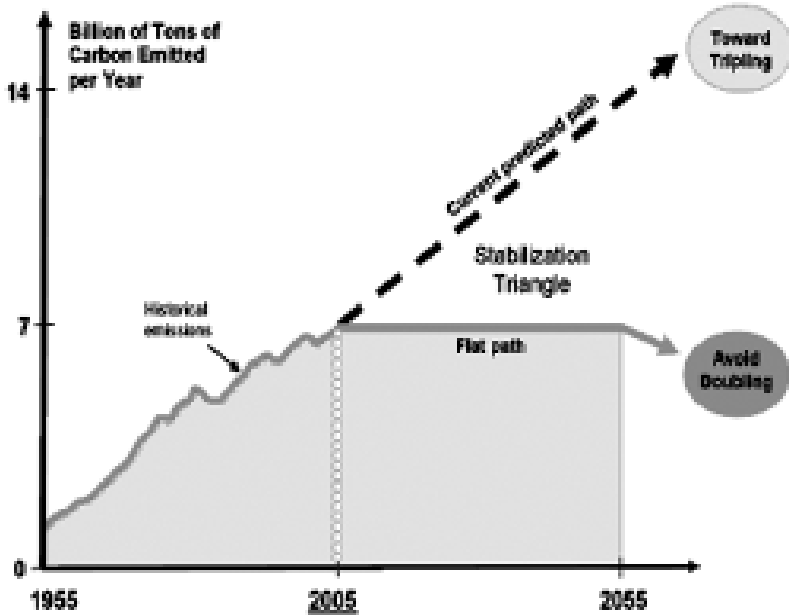
4. AS ENERGIAS DO FUTURO FACE AO AQUECIMENTO GLOBAL

O número de Setembro de 2006 do *Scientific American* traz um artigo notável de Robert Socolow e Stephen Pacala intitulado *A Plan to Keep Carbon in Check*. Em resumo, estes dois conhecidos autores, que lideram a *Carbon Initiative Mitigation at Princeton*, mostram que é possível manter nos próximos cinquenta anos o actual nível de emissões de dióxido de carbono sem prejudicar o nível de desenvolvimento económico, através da adopção de um plano de acção com quinze medidas de cinco diferentes tipos. Mostram ainda que, arrancando-se com este plano de acção agora, vamos ter um decréscimo das emissões de CO₂ a partir de 2056.

Dentro da boa tradição das Universidades Americanas, de permanente actualização do conteúdo das disciplinas dos seus cursos, logo que publicado este notável artigo foi de imediato integrado como material de estudo de diversas disciplinas, designadamente a leccionada no Departamento de Física e Astronomia do *Hunter College* de *The City University of New York* (Socolow e Pacala, 2006).

A ideia chave tem a ver com a chamada gestão do problema climático, que se sintetiza na Fig. 6. Se nada se fizer, as emissões de CO₂ resultantes da queima de combustíveis fósseis duplicarão nos próximos 50 anos.

Fig. 6 – Previsão de duplicação nos próximos 50 anos das emissões de carbono resultantes da queima de combustíveis fósseis.



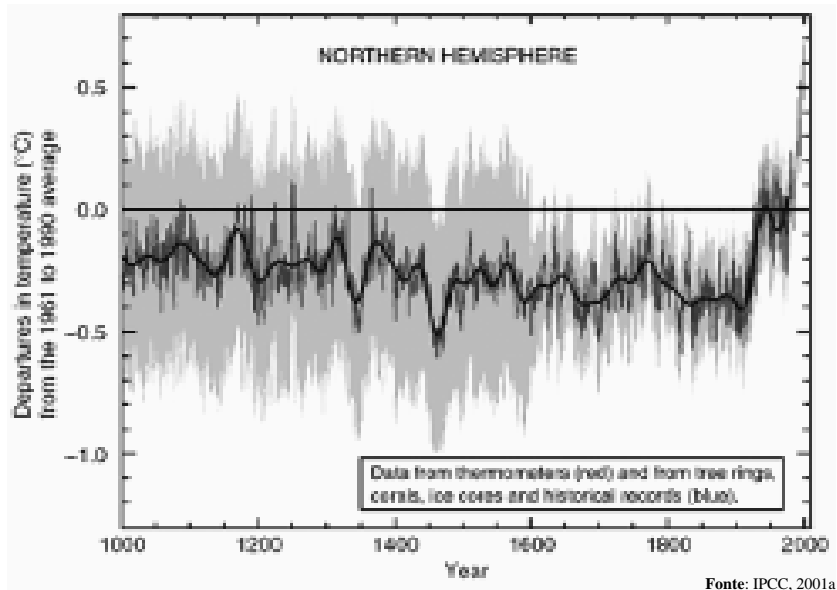
Fonte: Princeton University, 2007.

De facto, estima-se em cerca de 600 mil milhões¹¹ de toneladas o carbono existente na atmosfera há cinquenta anos atrás. Actualmente, essa estimativa é de 800 mil milhões de toneladas. Se o ritmo das emissões de CO₂ continuar a crescer nos próximos cinquenta anos ao mesmo ritmo, então teremos na atmosfera, no fim deste período, cerca de 1.200 mil milhões de toneladas. Dito de outra forma, actualmente temos cerca de 400 partes por milhão de toneladas (ppm) de carbono na atmosfera. Como a cada ppm corresponde cerca de 2,1 mil milhões de carbono, temos que dentro de cinquenta anos, a manter-se o mesmo ritmo de crescimento das emissões de CO₂ dos últimos 50 anos, estaremos perto de 600 ppm de carbono na atmosfera. Um aumento de 50% num curtíssimo período de 50 anos na história da Humanidade.

¹¹ Mil milhões na ordenação portuguesa = 1 *billion* na ordenação americana.

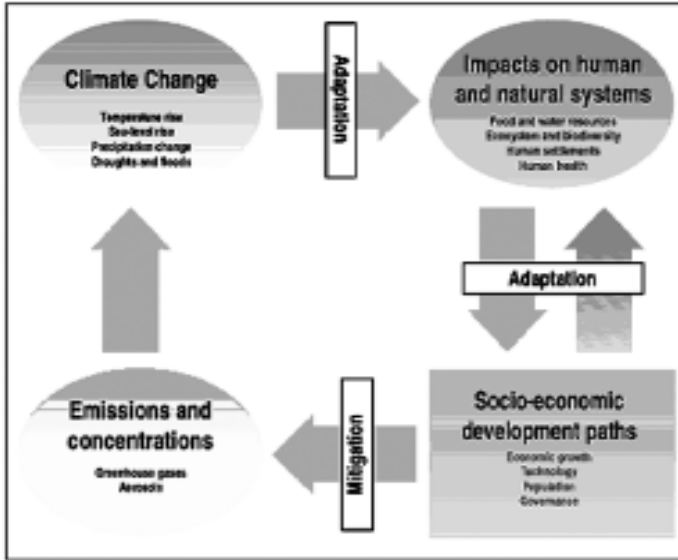
Ora, como se pode ver na Fig. 7, as temperaturas médias registadas nos últimos 20 anos são as mais elevadas desde que há registos de medições, e são as mais elevadas em relação às estimadas no decurso do último milénio.

Fig. 7 – Variações de temperatura à superfície da Terra, no Hemisfério Norte, nos últimos 1000 anos.



As consequências de nada se fazer são imprevisíveis. Vivemos num mundo dinâmico que de tempos a tempos sofre alterações bruscas. A avaliar pela densificação de desastres naturais a que se tem assistido nos últimos anos, não é difícil de prever que as consequências, mesmo sem alterações bruscas, serão desastrosas, em consequência de furacões cada vez mais violentos, chuvas mais frequentes e intensas, secas mais prolongadas, entre outros fenómenos. Daí que seja absolutamente indispensável encarar de frente um quadro integrado da mudança de clima, como o que se apresenta na Fig. 8, onde se mostra a dinâmica do ciclo completo das causas e efeitos interligados através de todos os sectores interessados, evidenciando as forças motoras da população, da economia, da tecnologia e da governação *versus* gases que contribuem para o efeito de estufa e outras emissões, mudanças no sistema físico do clima, impactos biofísicos e humanos, para adaptação e mitigação.

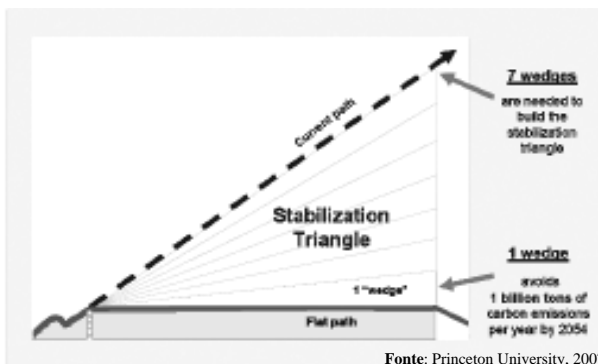
Fig 8 – Quadro integrado de mudança de clima. Representação esquemática e simplificada de um quadro de avaliação integrada tendo em consideração a mudança antropogénica do clima.



Fonte: IPCC, 2001b.

É precisamente no domínio da mitigação que surge agora o artigo de Socolow e Pacala. Partindo do triângulo de estabilização da Fig. 6, parta-se este em sete “fatias”, como mostrado na Fig. 9, representando cada “fatia” vinte e cinco mil milhões de toneladas de carbono lançadas para a atmosfera ao longo de cinquenta anos. Este conceito de “fatia” constitui uma unidade útil porque a sua dimensão e o seu quadro temporal constituem um objectivo estimulante, alcançável através do recurso a tecnologias específicas. O desafio é, portanto, o de o Homem identificar as sete melhores tecnologias para eliminar as sete fatias do triângulo de estabilização ou, em alternativa, fazer uma combinação parcial de todas as tecnologias ao seu dispor para atingir o mesmo efeito, e aplicá-las, através de um plano de acção. Ora, Socolow e Pacala encontraram não sete mas quinze caminhos para eliminar estas sete “fatias”. Como cada um desses caminhos pode eliminar uma das “fatias”, temos uma média de um pouco mais de duas tecnologias para cada “fatia”. Ou seja, o Homem tem tecnologias ao seu dispor para controlar as emissões de gases que contribuem para os efeitos de estufa e inverter a actual marcha rumo às alterações climáticas.

Fig. 9 – Previsão de duplicação nos próximos 50 anos das emissões de carbono resultantes da queima de combustíveis fósseis.



A distribuição destes quinze caminhos pelos diferentes cinco tipos de caminhos é a seguinte:

- a) **medidas de melhoria da eficiência e da conservação do uso final da energia**, por via da redução
 1. para metade do consumo do combustível nas viaturas automóveis,
 2. para metade do percurso médio anual de cada viatura automóvel,
 3. em 25% do consumo de electricidade nos sectores da habitação, dos escritórios e do comércio e serviços;
- b) **medidas de melhoria na geração de electricidade**, por via
 4. do aumentar em 50% da eficiência das grandes centrais a carvão considerando como “grande” uma central com 1 GW (gigawatt) de capacidade,
 5. da substituição de grandes centrais a carvão por centrais a gás;
- c) **medidas de captura e armazenamento de carbono (CAC)**, por via da instalação de sistemas CAC nas
 6. grandes centrais a carvão,
 7. centrais a carvão que produzam hidrogénio para 1,5 mil milhões de veículos,
 8. centrais a carvão que produzam por síntese gás;
- d) **medidas de implementação do uso de fontes alternativas de energia**, por via
 9. da triplicação da geração de electricidade por centrais nucleares, para substituir a da geração por centrais a carvão,

10. do aumento de 40 vezes da geração de electricidade por aproveitamento da energia eólica, para substituir a da geração por centrais a carvão,
 11. do aumento de 700 vezes da geração de electricidade por aproveitamento da energia solar por efeito fotovoltaico, para substituir a da geração por centrais a carvão,
 12. do aumento de 80 vezes da geração de electricidade por aproveitamento da energia eólica, para produzir hidrogénio para viaturas,
 13. da substituição por etanol dos combustíveis de origem fóssil utilizados pelo parque automóvel, reservando para tal 1/6 da superfície arável mundial;
- e) *medidas de protecção da agricultura e da floresta*, por via
14. da paragem com todos os tipos de desflorestação,
 15. da expansão da conservação da agricultura em 100% da terra arável.

Uma vez que temos as tecnologias necessárias para controlar as emissões de gases com efeitos de estufa, não temos mais que meter mãos à obra e voltarmos para a chamada economia local. Se podemos construir edifícios com emissão zero de gases com efeito de estufa, porque não fazê-lo? Se podemos aproveitar um sexto da terra arável para produzir etanol, porque não fazê-lo? Se podemos produzir a electricidade de que necessitamos por recurso às fontes renováveis de energia, porque não fazê-lo? Se podemos produzir electricidade e calor com os resíduos orgânicos, porque razão continuar a desperdiçá-los? Isto é, neste momento, mais do que uma esperança na resolução de um problema muito grave, temos é uma questão de o querer resolver.

5. AS ENERGIAS RENOVÁVEIS

Um ponto de situação do estado de desenvolvimento das diferentes tecnologias da área das energias renováveis é dado no Cap. 7 do estudo editado pela Agência Internacional de Energia (AIE) (OECD / IEA, 1997). Em síntese, a AIE diz-nos: as tecnologias das energias renováveis encontram-se em diversos graus de desenvolvimento. Algumas encontram-se relativamente maduras, como nos casos da hidroelectricidade, da utilização do vapor de furos geotérmicos, do aquecimento solar de água e da queima de biomassa e de resíduos. Outras são novas, mas já bem desenvolvidas, como nos casos do aquecimento através de sistemas solares passivos, das células fotovoltaicos que convertem directamente a energia solar em electricidade, da conversão da biomassa em combustíveis

gasosos ou líquidos, das turbinas eólicas e da utilização de vapor ou água quente de furos geotérmicos. Ainda outras encontram-se em fase de investigação e desenvolvimento ou em fase de exploração piloto, como no caso da energia das rochas secas quentes, da produção de electricidade a partir das marés, das ondas e dos gradientes de temperatura dos oceanos, ou da produção de hidrogénio. Os relatórios mais recentes¹² mostram a evolução crescente das tecnologias de aproveitamento das energias renováveis, mas mostram também o enorme caminho que temos para percorrer para aproveitar da melhor maneira aquilo que a natureza nos oferece. Para se compreender que neste momento existem tecnologias disponíveis para se poderem cortar algumas das “fatias” do referido triângulo de estabilização, basta ter presente o potencial técnico das energias renováveis, mostrado na Tabela 1, a contribuição das energias renováveis para o abastecimento de energia primária, apresentado, para 2001, na Tabela 2, e ter presente que as tecnologias de aproveitamento da energia solar térmica, da energia eólica e da energia geotérmica já atingiram a fase comercial e que a tecnologia de aproveitamento da energia solar fotovoltaica está a atingir a fase comercial.

Tabela 1 – Potencial Técnico^a das Energias Renováveis
(ExaJoules (1 ExaJoule = 1×10^{18} J)) [17]

	Biomassa	Hidro	Solar ^b	Eólica ^c	Geotér. ^b	Oceanos ^c	Total
África	63	7	783	91	242	-	1186
Ásia+Pacífico	72	21	266	106	362	-	827
Europa	35	6	228	168	312	-	749
Am. Latina, Caraíbas	61	10	112	64	235	-	482
América do Norte	52	6	181	151	250	-	640
Mundo (Potencial)	283	50	1570	580	1401	730	4614
Uso Corrente	50	10	0,2	0,2	2	-	62,4
Consumo de Energia Primária Total							420

a = Em paralelo com o termo “fontes” usado para as energias primárias fósseis e nucleares, o termo “potencial técnico” descreve o montante de energia renovável disponível anualmente para fluxos naturais, tomando em conta as limitações técnicas do aproveitamento dos fluxos teóricos, sem considerações de viabilidade prática ou custos.

b = Os dados representam estimativas grosseiras;

c = Os dados representam 10% do potencial teórico.

Fonte: Data compilation by Oeko-Institut based on IEA: Renewable Energies 2003; UNDP/UNDESA/WEC 2000: World Energy Assessment; WBGU 2003: Global Energy Transition

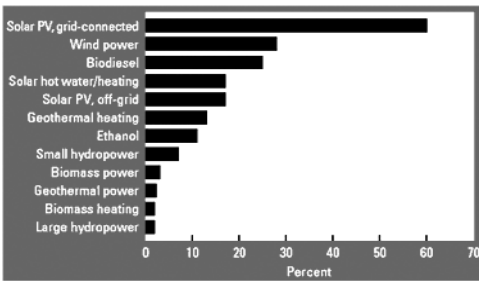
¹² Ver as referências Bibliográficas de 13 a 18.

Tabela 2 – Contribuição das Energias Renováveis para o Abastecimento de Energia Primária em 2001 (ExaJoules (1 ExaJoule = 1×10^{18} J)) [17]

	Total de Energia Primária	Todas as Energias Renováveis	Biomassa	Hidro	Outras Renováveis
Africa	21,5	10,8	10,5	0,3	0,0
América Latina	18,8	5,3	3,3	1,9	0,1
Ásia	48,2	16,1	15,0	0,6	0,5
China	48,4	10,0	9,0	1,0	0,0
Europa não-OCDE	4,2	0,4	0,2	0,2	0,0
Antiga URSS	39,5	1,3	0,4	0,9	0,0
Médio Oriente	16,3	0,1	0,0	0,1	0,0
OCDE	223,3	12,7	6,8	4,4	1,5
Mundo	420,3	56,7	45,2	9,3	2,1

Fonte: International Energy Agency: Renewables Information, ©OECD/IEA, 2003.

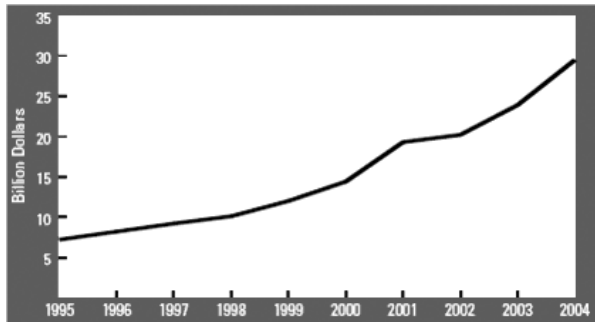
A finalizar, deve dizer-se que o mercado solar tem estado a crescer de forma exponencial, como se mostra nas Figs. 10 e 11, e os seus custos de produção a decrescer de forma igualmente exponencial (Martinot, 2007).



Fonte: Martinot, 2007.

Fig. 10 – Taxa de Crescimento Médio Anual em 2000-2004 da Capacidade de Produção de Energias Renováveis.

Fig. 11 – Investimento Anual em Energia Renovável, 1995-2004.



Fonte: Martinot, 2007.

6. Conclusão

A evolução a que se tem estado a assistir nos últimos anos no sentido, por um lado, do uso mais eficiente da energia (matéria que não é abordada no presente artigo, mas que tem merecido, no caso de Portugal, um grande desenvolvimento a nível regulamentar (p.ex., criação de novos requisitos ao nível do desempenho térmico dos edifícios ((Dec-Lei n.ºs 78, 79 e 80/2006, de 4 de Abril), criação de uma taxa ambiental sobre lâmpadas de baixa eficiência (Dec-Lei n.º 108/2007, de 12 de Abril), aprovação de medidas de incentivo à utilização de veículos e tecnologias menos poluentes (Resolução do Conselho de Ministros n.º 161/2005, de 12 de Outubro), entre outros, e, também, do crescente aproveitamento das fontes de energias renováveis, mostra que o Homem tem vindo a tomar consciência crescente do rumo certo a tomar para o desaceleramento das alterações climáticas a que temos vindo a assistir nos últimos anos, e que esse desaceleramento é possível à custa do uso de tecnologias amigas do ambiente disponíveis no mercado.

REFERÊNCIAS

1. COSTANZA, R. et al (1997). *The value of the world's ecosystem services and natural capital*, Nature, vol. 387, de 1997.05.15, p.253-260. Consultado em 2007.10.09 em http://www.uvm.edu/giee/publications/Nature_Paper.pdf.
2. *Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change*, disponível, em 2007.10.09, em http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php, e <http://www.cop3.org/>.
3. UN (2007a) *Issues in the Negotiating Process - A Brief history of the climate change process*, Sec. da United Nations Framework Convention on Climate Change, disponível, em 2007.10.09, em (<http://unfccc.int/cop7/issues/briefhistory.html>).
4. UN (2007b) *A Guide to the Climate Change Convention and its Kyoto Protocol*, Preliminary version. UNFCCC, 2002, disponível, em 2007.10.09, em <http://unfccc.int/resource/guideconvkp-p.pdf>.
5. UN (2007c) *ISSUES IN THE NEGOTIATING PROCESS - A brief history of the climate change process*, disponível, em 2007.10.09, em <http://unfccc.int/cop7/issues/briefhistory.html>.
6. DOS (2007). *SPOTLIGHT: Climate Change*, Dep. de Estado dos E.U.A., disponível em 2007.10.09, em http://www.state.gov/www/global/global_issues/climate/index.html.
7. HAMBURG, S.P. et al, (1997). *Common Questions about Climate Change*, United Nations Environment Programme e World Meteorological Organization, vs. el. do US Global Change Research Information Office, disponível em 2007.10.09, em <http://www.gcrio.org/ipcc/qa/index.htm>.
8. SOCOLOW, Robert; Pacala, Stephen (2006). “A Plan to keep carbon in check”. *Scientific American*, n.º , Setembro, p. – . Consultado em Outubro de 2007 em http://www.ph.hunter.cuny.edu/faculty/greenbaum/courses/HONS30144/article_Plan_for_carbon.pdf.
9. Princeton University (2007) *The Stabilization Triangle: Tackling the Carbon and Climate Problem With Today's Technologies*, Carbon Mitigation Initiative, Princeton Environm. Institute, disponível, em 2007.10.09, em http://www.princeton.edu/~cmi/resources/CMI_Resources_new_files/Wedges_Concept_Game_Materials_2005.pdf.

10. IPCC (2001a) *Climate Change 2001: The Scientific Basis*, Cambridge University Press, disponível, em 2007.10.09, em http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/index.htm.
11. IPCC (2001b) *Climate Change 2001: Synthesis Report*, Cambridge University Press, disponível, em 2006.11.28, em http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/vol4/english/index.htm
12. OECD/IEA (1997). *Energy technologies for the 21st century*, Cap. 7, pgs. 177 a 207.
13. *Energy Technologies for the 21st Century – The Roles of Renewable Energy*, R.N. Schock, UCRL-CONF-214249, Lawrence Livermore National Laboratory, USA, 2005, disponível, em 2007.10.09, em <http://www.llnl.gov/tid/lof/documents/pdf/323210.pdf>.
14. *Energy End-Use Technologies for the 21st Century*, S. Gehl, H. Haegermark, H. Larsen, M. Morishita, N. Nakicenovic, R. N. Schock, T. Suntola, UCRL-CONF-211398, Lawrence Livermore National Laboratory, USA, 2005, disponível, em 2007.10.09, em <http://www.llnl.gov/tid/lof/documents/pdf/318976.pdf>.
15. *Energy End-Use Technologies for the 21st Century*, A Report of the World Energy Council, 2004, disponível, em 2007.10.09, em http://www.iiasa.ac.at/Research/TNT/WEB/Publications/WEC-21st_screen/WEC-21st_screen.pdf.
16. Joahansson (2004) *The Potentials of Renewable Energy, Thematic Background Paper*, T.B., K McCormick, L. Neij, W. Turkenburg, Secretariat of the International Conference for Renewable Energy, Bonn, Germany, disponível, em 2007.10.09, em <http://www.renewables2004.de/pdf/tbp/TBP10-potentials.pdf>.
17. *Conference Issue Paper*, Federal Ministry for Economic Cooperation and Development and Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety, International Conference for Renewable Energy, Bonn, Germany, 2004, disponível, em 2007.10.09, em http://www.renewables2004.de/pdf/conference_issue_paper.pdf.
18. Martinot, *Renewables 2005 – Global Status Report*, Eric, Paper prepared for the REN21 Network by The WorldWatch Institute, disponível, em 2007.10.09, em <http://www.worldwatch.org/node/1828>.