

## Mudanças Climáticas

(Este texto foi retirado na íntegra do Apêndice B da dissertação de mestrado de Flávio Ambrósio Campos. - p. 87 – 96, 2010)

### 1 - Introdução

Este é um resumo que traz os dados sobre temperatura e concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera, relativos aos últimos quatrocentos mil anos, além das projeções para evolução destes valores para os próximos trezentos anos. Traça-se, ainda, possíveis cenários com o objetivo de estimular uma reflexão sobre as maneiras de enfrentar o problema do aquecimento global.

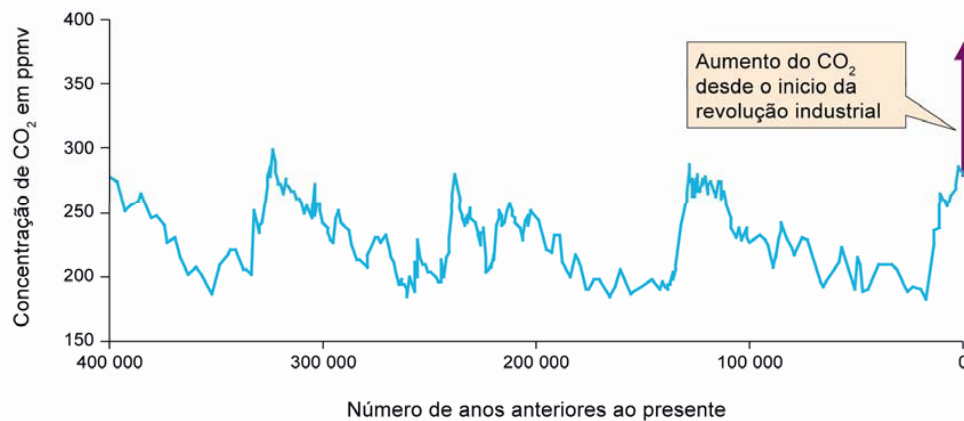
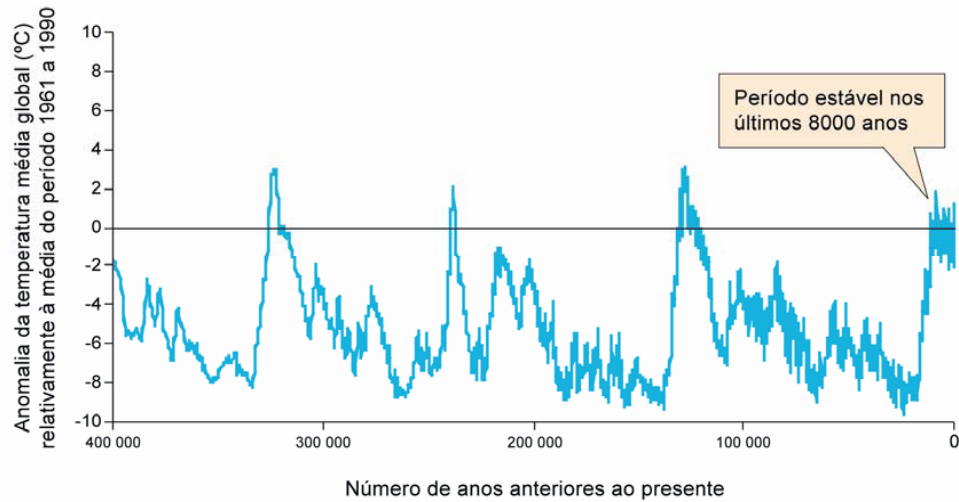
O objetivo aqui é oferecer ao professor um resumo dos dados e das interpretações feitas por pesquisadores reconhecidos na área. O ponto de partida adotado são os valores mostrados por Petit et al. (1999) conseguidos através núcleo do gelo extraído na estação russa de Vostok, no centro leste da Antártida.

Em seguida analisam-se algumas projeções feitas pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change* - IPCC. No qual podem-se ver alguns possíveis cenários para um futuro de até trezentos anos à frente dos dias de hoje.

No final busca-se uma reflexão sobre o que pode ser feito para enfrentar o problema do aquecimento global: adaptar e/ou buscar maneiras de mitigar, ou seja, minimizar os efeitos das mudanças climáticas.

## 2 - Dados

Nos gráficos a seguir, têm-se os valores de temperatura e concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera para os últimos quatrocentos mil anos. Comparando os dois gráficos pode-se observar uma relação entre as duas grandezas: temperatura e concentração de CO<sub>2</sub>.

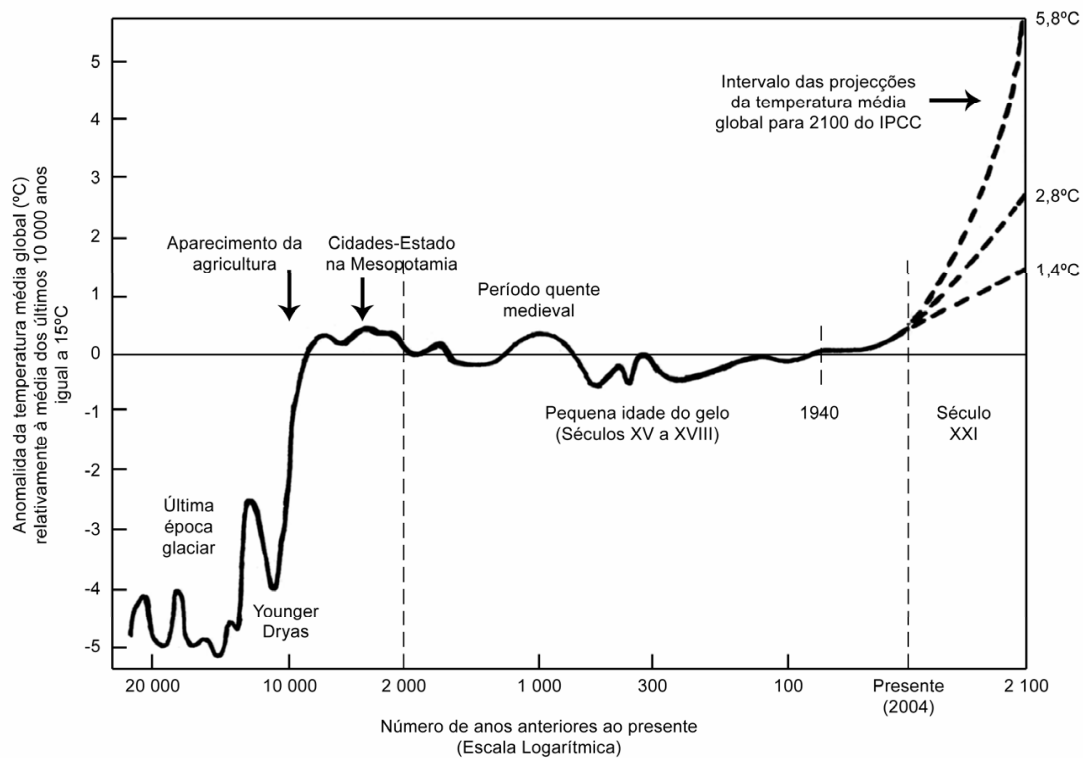


**Figura 1:** Gráfico da evolução da temperatura média global da baixa atmosfera, representada por meio da anomalia (diferença na temperatura) relativamente à média do período de 1961 a 1990, e da concentração atmosférica do CO<sub>2</sub> nos últimos 400.000 anos. Repare na correlação que se observa entre os dois registros. O aumento da concentração do CO<sub>2</sub> a partir da revolução industrial e até o presente está indicado por um vetor aproximadamente vertical devido à escala de tempo utilizada na figura

Fonte, Petit et al., 1999

No gráfico abaixo, com a escala logarítmica para o tempo anterior ao ano 2000, pode-se observar a partir de dez mil anos atrás (surgimento da agricultura) um aumento na média da temperatura, que vem mantendo-se como tendência e acentua-se a partir da

primeira revolução industrial.



**Figura 2:** Este gráfico foi elaborado por “Climate Change in Portugal: Scenarios, Impacts, and Adaptation Measures” - SIAM. O objetivo do projeto é fazer uma avaliação integrada dos impactos e medidas de adaptação às alterações climáticas.

Fonte, SIAM

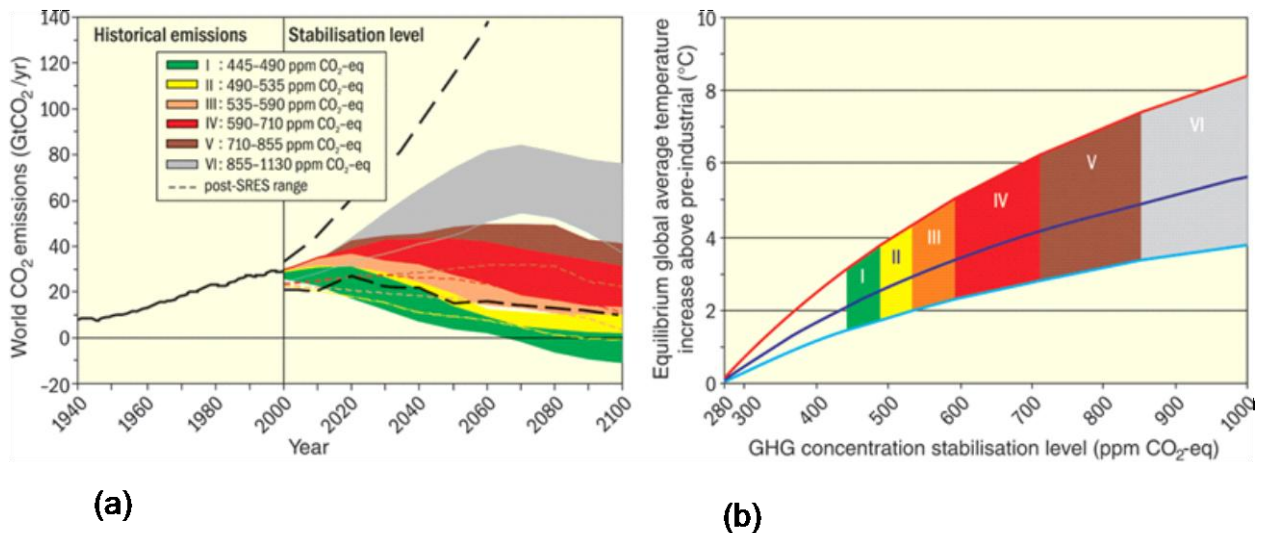
### 3 - Projeções

As concentrações de CO<sub>2</sub> na atmosfera foram estimadas em 379 ppm em 2005. A melhor estimativa da concentração total de CO<sub>2</sub>-eq em 2005 para todos os GEEs de longa permanência é de aproximadamente 455 ppm, enquanto o valor correspondente, incluindo o efeito líquido de todos os agentes antropogênicos, é de 375 ppm de CO<sub>2</sub>-eq. ... Segundo projeções, a longo prazo a expansão térmica irá resultar em um aumento de entre 0,2 e 0,6 m no nível do mar, por cada grau Celsius de aquecimento global média superior a pré-níveis industriais.

Fonte: IPCC ( 2007)

Por dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>-eq) de um determinado gás, ou conjunto de gases, entende-se a concentração de CO<sub>2</sub> que causaria o mesmo efeito sobre o clima.

Pode-se ver a abaixo algumas projeções de cenários futuros para o clima no planeta.



**Figura 3-** As emissões globais de CO<sub>2</sub> para o período 1940-2000 e os intervalos de valores de emissão para as categorias de cenários de estabilização vão de 2000 a 2100 (figura 3 (a)), e a relação correspondente entre a meta de estabilização e o provável aumento na temperatura média global em condições de equilíbrio em níveis acima dos pré-industriais (figura 3 (b)). A evolução para o ponto de equilíbrio pode demorar vários séculos, especialmente em cenários com níveis mais elevados de estabilização. As áreas coloridas representam os cenários de estabilização agrupados de acordo com diferentes objetivos (categorias de estabilização de I a VI).

Fonte: IPCC ( 2007)

A figura 3 (b) mostra a variação dos valores médios da temperatura mundial (quanto a temperatura variou com relação ao nível pré-industrial) com base em:

- i) uma sensibilidade climática de 3 ° C, segundo a "melhor estimativa" (linha central preta mediando a região sombreada);
- ii) um limite superior do intervalo provável de sensibilidade climática de 4,5 ° C (linha vermelha no contorno superior da região sombreada);
- iii) um limite inferior da faixa provável de sensibilidade climática de 2 ° C (linha azul abaixo da região sombreada).

As linhas pretas tracejadas do gráfico da figura 3 (a) representam a variedade de cenários de referência recentes, publicados desde o SRES, 2000 (Special Report on Emissions Scenarios - IPCC). Os intervalos das emissões de cenários de estabilização incluem cenários Multi-gás e comparados com o cenário que considera apenas o CO<sub>2</sub>.

Na figura 4 a seguir tem-se um gráfico com os possíveis valores para concentração de CO<sub>2</sub> para os próximos cem anos.

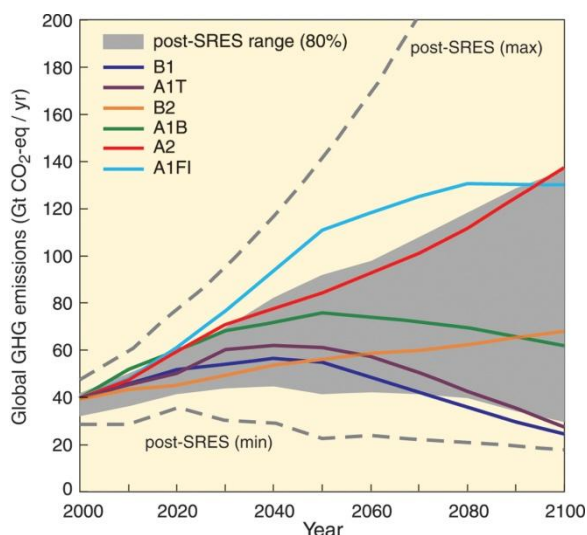


Figura 4. As emissões globais de GEE (em Gt de CO<sub>2</sub>-eq por ano), na ausência de políticas climáticas adicionais: seis exemplos de cenários SRES (linhas coloridas) e percentual 80% de cenários recentes, publicados após a publicação do SRES, 2000 (pós-SRES) (área sombreada cinza). As linhas tracejadas indicam os limites dos de cenários pós-SRES. Incluindo as emissões de gás CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O. e os gases-F. O cenário A1 assume rápido o crescimento econômico global, o máximo da população global em meados século XXI, e uma rápida introdução de tecnologias novas e mais eficientes. Ele está dividido em três grupos, que refletem três três direções alternativas de mudança tecnológica: fóssil intensiva (A1FI), energia não-fóssil (A1T), e o equilíbrio entre diferentes fontes (A1B). B1 descreve um mundo convergente com a mesma população global como A1, mas com uma evolução mais rápida das estruturas econômicas, voltadas para serviços e informações. B2 descreve um mundo com população e crescimento econômico intermediários, mais focada em soluções locais para alcançar econômica, social e ambiental. A2 descreve um mundo muito heterogêneo com forte crescimento populacional, crescimento econômico lento e mudança tecnológica lenta.

Fonte: IPCC ( 2007)

No gráfico da figura 5 a seguir têm-se os valores de temperatura previstos para os próximos cem anos, levando em conta os diferentes cenários.

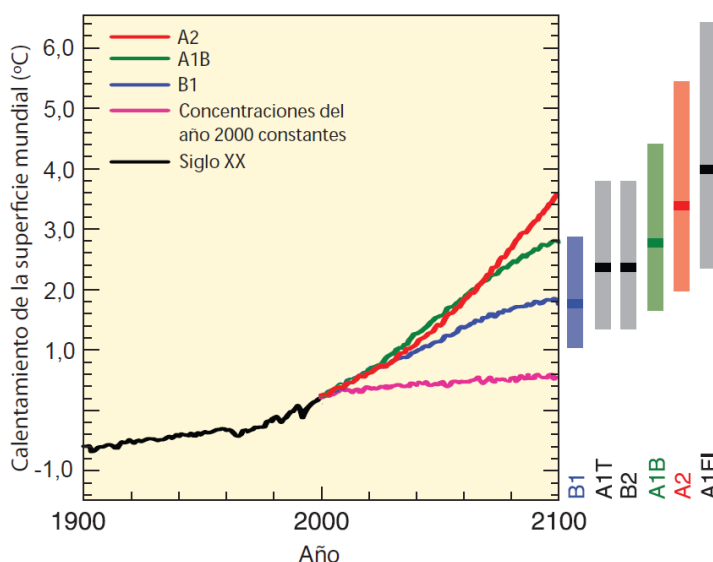


Figura 5 As linhas laranja, azul e verde representam as médias mundiais para o aquecimento global da superfície (com relação ao período 1980-1999) para os cenários A2, A1B e B1, sendo uma

continuidade das simulações do século XX. A linha rosa descreve um experimento onde a concentração de GEE se manteve constante, mantendo os valores do ano 2000. As linhas horizontais interiores das barras verticais à direita da figura, representam a melhor estimativa do intervalo de valores prováveis para os seis cenários SRES (diferença entre os valores do período de 2090-2099 e os valores relativos ao período de 1980-1999). A melhor estimativa e os intervalos prováveis incluem Modelos de Circulação Geral Atmosfera-Oceano (AOGCM).

Fonte: IPCC ( 2007)

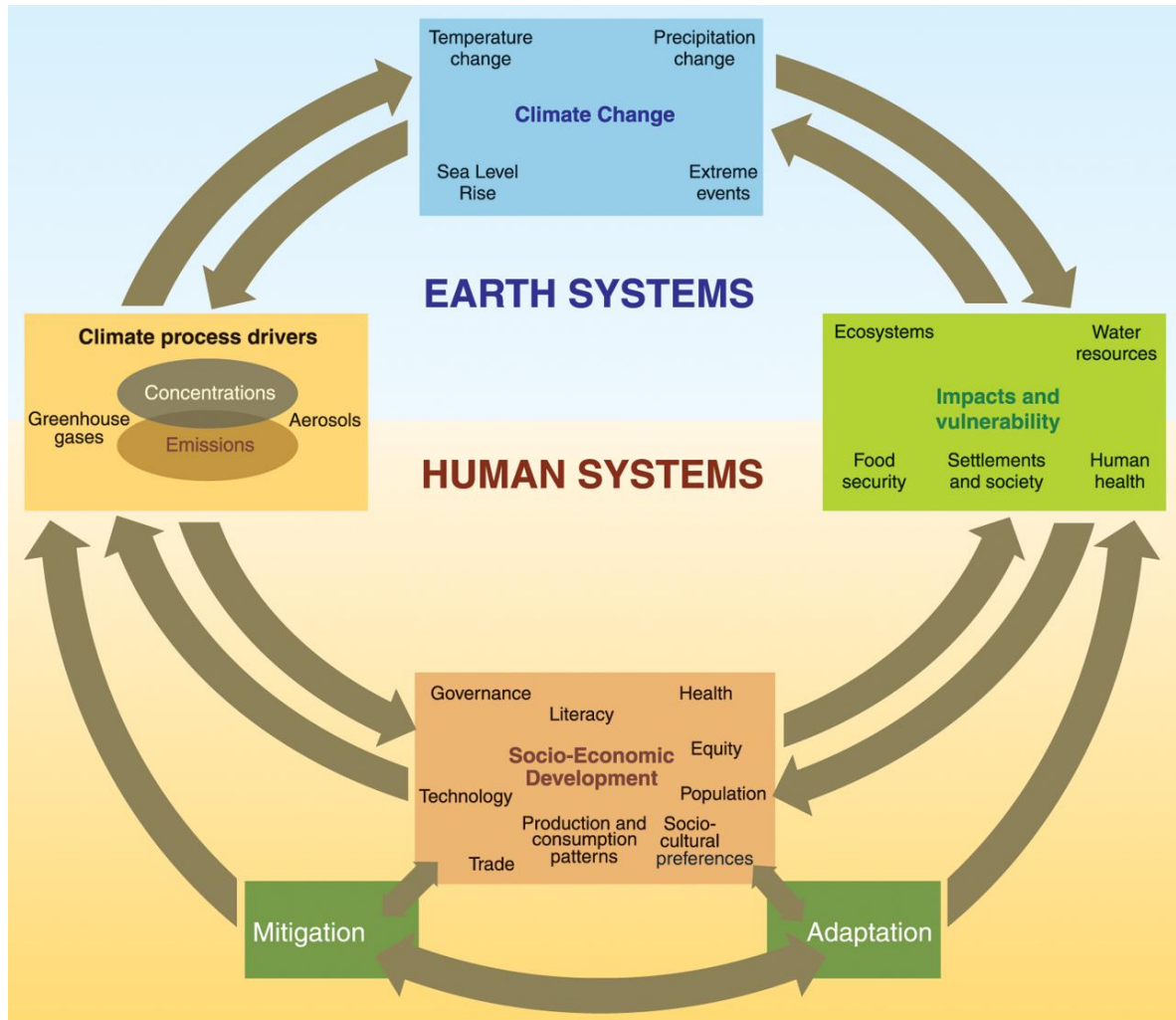
	a	b	c	d	e	f	g	h
Categoría	Concentración de CO <sub>2</sub> en el punto de estabilización (2005 = 379 ppm) <sup>b)</sup>	Concentración de CO <sub>2</sub> -equivalente en el punto de estabilización, incluidos los GEI y aerosoles (2005 = 375 ppm) <sup>b)</sup>	Año de magnitud máxima de emisiones de CO <sub>2</sub> <sup>a,c)</sup>	Variación de las emisiones de CO <sub>2</sub> mundiales en 2050 (porcentaje del nivel de emisiones de 2000) <sup>a,c)</sup>	Promedio mundial del aumento de la temperatura respecto de los niveles preindustriales en condiciones de equilibrio, basándose en una "estimación óptima" de la sensibilidad climática <sup>d), e)</sup>	Promedio mundial del aumento de nivel del mar respecto del nivel preindustrial en condiciones de equilibrio por dilatación térmica únicamente <sup>f)</sup>	Número de escenarios evaluados	
	ppm	ppm	Año	Porcentaje	°C	Metros		
I	350 – 400	445 – 490	2000 – 2015	-85 y -50	2,0 – 2,4	0,4 – 1,4	6	
II	400 – 440	490 – 535	2000 – 2020	-60 y -30	2,4 – 2,8	0,5 – 1,7	18	
III	440 – 485	535 – 590	2010 – 2030	-30 y +5	2,8 – 3,2	0,6 – 1,9	21	
IV	485 – 570	590 – 710	2020 – 2060	+10 y +60	3,2 – 4,0	0,6 – 2,4	118	
V	570 – 660	710 – 855	2050 – 2080	+25 y +85	4,0 – 4,9	0,8 – 2,9	9	
VI	660 – 790	855 – 1130	2060 – 2090	+90 y +140	4,9 – 6,1	1,0 – 3,7	5	

**Quadro 1.** Colunas b e c: estabilização dos gases de efeito estufa. Coluna f: equilíbrio da temperatura a longo prazo. Coluna g: aumento do nível do mar, pela expansão térmica.

Fonte: IPCC ( 2007)

A Concentração de CO<sub>2</sub> equivalente é utilizada para quantificar a influência dos gases do efeito estufa (GEEs) usando como parâmetro o CO<sub>2</sub>. Os 7 gases, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), metano (CH<sub>4</sub>), clorofluorcarbonetos (CFCs), hidrofluorcarbonetos (HFCs), perfluorcarbonetos (PFCs) e hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>), considerados causadores do efeito estufa, possuem potenciais de poluição diferentes. O cálculo do CO<sub>2</sub>-eq leva em conta essa diferença e é resultado da multiplicação das emissões de um determinado GEE pelo seu potencial de aquecimento global.

A Sensibilidade Climática é uma estimativa do que ocorreria com a temperatura global caso as concentrações mundiais de gás carbônico dobrassem em relação às observadas antes da Revolução Industrial, mas pode também ser definida para o conjunto dos gases de efeito estufa.



IPCC ( 2007)

O esquema acima permite visualizar os fatores que estão envolvidos na problemática das mudanças climáticas. A principal reflexão que se deve fazer é sobre a influência das ações antropogênicas sobre o clima do planeta e tomar consciência do papel de cada um neste cenário.

#### 4- Conclusão

Fazendo uma reflexão sobre os fatores que influenciam no clima do planeta, pode-se concluir que muito pode ser feito no sentido de mitigar os efeitos do aquecimento global. Como por exemplo: reflorestar, diminuir o uso de combustíveis fósseis, reciclar, etc.

## **Bibliografía:**

**IPCC**, 2007: Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 104 págs.

**PETIT, J. R.** Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica. Nature 399, 429-436, 1999.

**SIAM** "Climate Change in Portugal: Scenarios, Impacts, and Adaptation Measures". Disponible na Internet via WWW. URL: <http://www.siam.fc.ul.pt/siam.html>. Archivo capturado em 23 de março de 2008.

**SRES**, Special Report on Emissions Scenarios - IPCC, Working Group III (WGIII) plenary session in March, 2000.