

O SER HUMANO E O MEIO AMBIENTE: CRISE SEM SAÍDA ? *

Anton Krapfenbauer**

R E S U M O

O presente trabalho apresenta uma revisão bibliográfica e opiniões sobre as intervenções do ser humano no meio ambiente e as suas consequências para a humanidade e o ecossistema. Foram abordados aspectos como o problema energético, o efeito estufa, o conteúdo de CO₂, o papel dos oceanos e suas alterações, o ciclo do carbono, bem como princípios para redução de CO₂, de oxidantes e do ozônio. Também foi enfatizada a importância das florestas como redutor do CO₂ e aspectos gerais pertinentes ao uso adequado do meio ambiente.

Palavras-chave: meio ambiente, poluição, efeito estufa, reações climáticas.

MAN AND ENVIRONMENT: CRISIS WITHOUT ALTERNATIVES ?

S U M M A R Y

The present work is based on bibliographical revision and opinions about man's interference in the environment and its consequences for mankind and ecosystem. The article deals with aspects such as the problem of energy, glass-house effect, the content of CO₂, the role of oceans and its alterations, the carbon cycle as well as means for reducing CO₂, oxidants and ozone. It was also stressed the importance of forests as a reducing factor of CO₂ and other general aspects related of the proper use of the environment.

Key words: environment, pollution, glass-house effect, climate

* Palestra proferida na UFSM em Outubro de 1991.

** Prof. Dipl. Ing. Ftal., Dr., da Universidade, Rural de Viena. Peter Jordan-Strasse, 82. A-1190. Wien. Austria

1 - POTENCIAL DE RISCO

A reação da sociedade ao real problema do meio ambiente, donde resulta seria ameaça a humanidade, é verdadeiramente irracional. Em regra, não é dada proteção direta ao meio ambiente a fim de assegurar a existência humana, senão a fim de garantir a economia e indústria, onde pensa-se estar a saída. Não é de se surpreender que após a tomada das decisões frequentemente apareçam problemas ambientais não previstos. É sabido que todos os problemas ambientais atuais e futuros têm suas raízes nas ações incorretas do passado. Nesse sentido, não é estranho que o princípio fundamental, sai mais barato prevenir do que remediar, não predomine atualmente nas questões ambientais. Um exemplo típico é, entre muitos, a tentativa de saneamento de solos europeus infestados de "dioxinas".

2 - EXPLOÇÃO DEMOGRÁFICA

Desde o início da industrialização, a humanidade sofreu um enorme impulso no crescimento. Atualmente a população no mundo aumenta em cerca de 90 milhões de indivíduos por ano. Diariamente a população mundial cresce, portanto, em 250.000 habitantes. No Brasil o incremento anual esta, atualmente, ao redor de 2,6 milhões. Em 1987 o limite dos 5 bilhões foi ultrapassado. Se o incremento prosseguir na mesma proporção, no ano de 2015 a casa dos 7 bilhões será alcançada. Este aumento é progressivo, conforme mostra a Figura 1. Dado estar, o crescimento da população mais ou menos estagnado nos países "desenvolvidos", a população mundial cresce preponderantemente nos países em desenvolvimento, ocorrendo automaticamente, uma grande pressão imigratória para os países desenvolvidos.

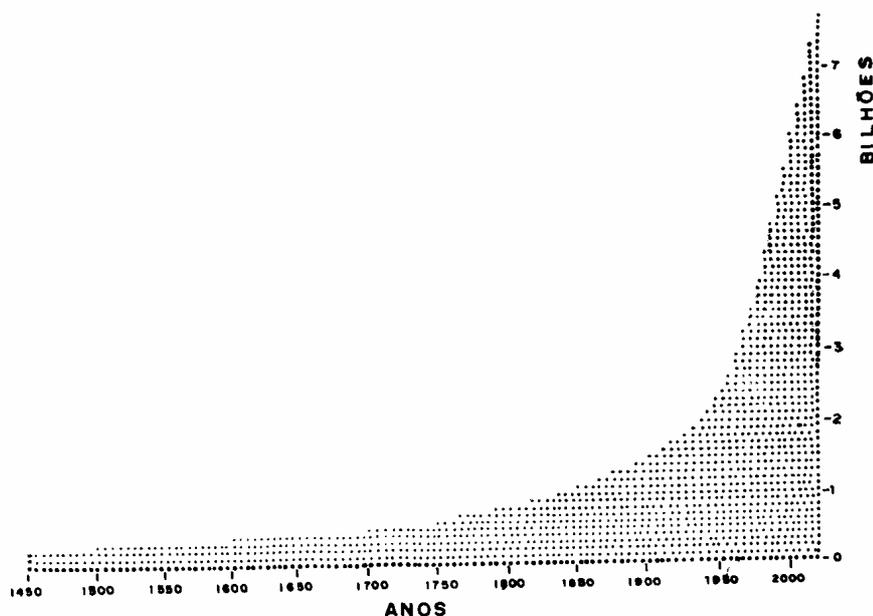


FIGURA 1: Crescimento populacional desde 1450 com prognose até o ano 2025 (EHRlich & ERRILICH, 1988).

3 - DEMANDA E CONSUMO DE ENERGIA

Não há dúvida, que o crescimento da população por um lado e o aumento da prosperidade por outro são os responsáveis pela crescente agressão ao meio ambiente. No chamado mundo desenvolvido é o crescimento da prosperidade e nos países em desenvolvimento, o aumento populacional por um lado e, a aspiração a uma modesta prosperidade por outro, os responsáveis pelo consumo de energia e, conseqüentemente, pelo desgaste ambiental.

Os dois casos de crescimento pesam cada vez mais sobre o ambiente. A velocidade do "desenvolvimento humano", causa da progressiva agressão ao ambiente, deixa cada vez menos chances de sobrevivência a outros organismos (exceto os microorganismos graças a sua rápida adaptação devido ao curto ciclo de vida).

Na Figura 2, encontra-se o consumo anual de energia por habitante, expressam em tonelada equivalente de carvão mineral, para uma série de países, continentes e para o mundo (GRASSL et al., 1990).

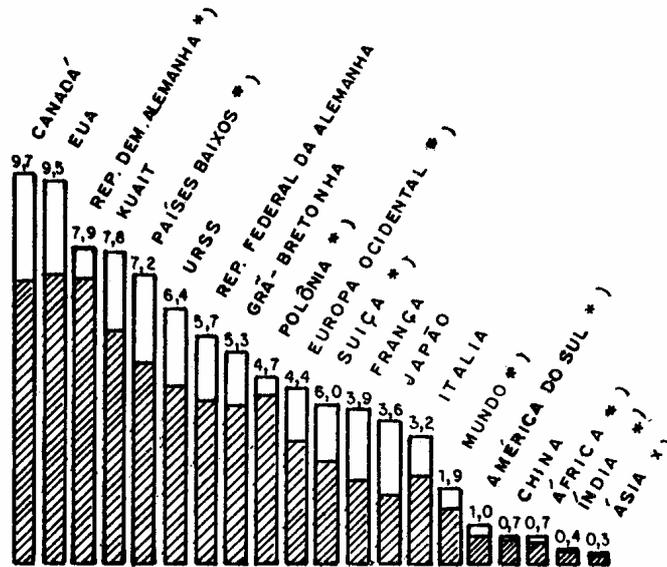


FIGURA 2: Consumo anual de energia por habitante expresso em tonelada equivalente unidade de carvão mineral (Tec). A parte escura representa porção de energia da qual será liberado CO₂ (GRASSL & KLINGHOLZ, 1990) (1 Tec = 8.140 Kwh).

A demanda atual de energia é suprida em 78% por combustíveis fósseis, 5% por energia atômica e 17% pelas chamadas fontes renováveis de energia conforme mostra a Figura 3.

As relações encontradas entre as diferentes fontes de energia e as parcelas dos custos para a produção da eletricidade, mostram relações interessantes como pode ser visto na Figura 4.

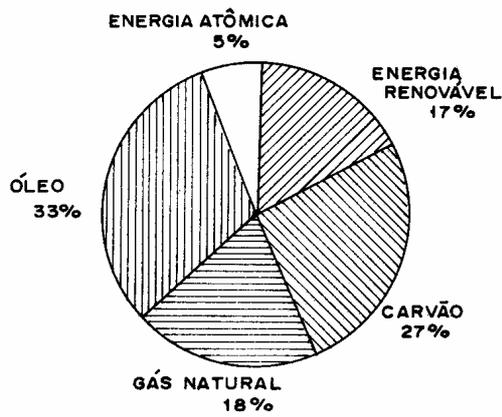


FIGURA 3: Porcentagens de uso das diferentes formas de energia, equivalentes ao petróleo, no ano de 1988, num total de $9,07 \times 10^9$ bilhões de toneladas (= 9,07 Gt). (FLAVIN, 1989).

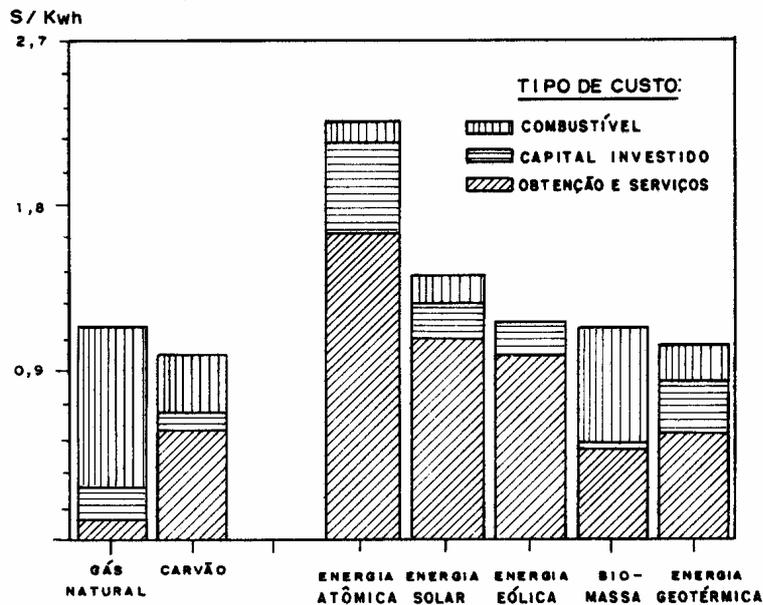


FIGURA 4: Comparação dos custos da produção de energia elétrica nos EUA (FLAVIN, 1989).

Os altos custos da energia nuclear são resultantes também de um caro tratamento e abrigo de lixo. Os custos para a obtenção da energia fotovoltaica, sem dúvida, teoricamente a mais limpa forma de energia, equivalem atualmente a 2,3 vezes os da energia atômica. Em compensação no cálculo dos custos com cuidados ambientais, a longo prazo, a energia solar apresenta valores incomparavelmente inferiores aos das outras formas de energia.

O consumo de energia no mundo cresce atualmente mais de 3% ao ano. BOOKOUT (1989) referindo-se a fase pós-Segunda Guerra Mundial constatou um crescimento anual médio em cerca de 5%.

A Figura 5 dá uma idéia do enorme aumento no consumo da energia de fontes fósseis: carvão, petróleo e gás natural particularmente a partir de 1950. No desenvolvimento da curva observa-se, entre outras coisas, a crise econômica dos anos 30 e o choque do óleo nos anos de 1973 e 1974.

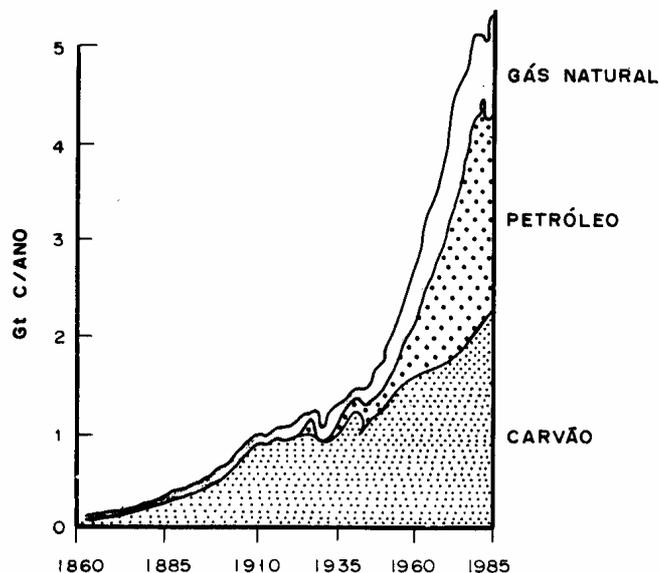


FIGURA 5: Desenvolvimento do consumo das fontes fósseis de energia a partir de 1860, começo da era industrial, até 1985. Atualmente o consumo de energia cresce cerca de 3% ao ano, aproximadamente 78% provém das fontes fósseis de energia (Gt C = 10^9 t carbono).

Além do consumo das fontes fósseis de energia, a obtenção de energia de fontes alternativas, chamadas renováveis, sobretudo a biomassa da madeira, vem sofrendo um grande aumento relativo. Como consequência ocorre o gradativo extermínio das florestas tropical e subtropical, em uma extensão até agora não conhecida. Além da biomassa, todo o meio é destruído por queimadas, contribuindo para a consequente destruição dos solos e para crescentes emissões de elementos danosos.

4 - PREJUÍZOS DO CRESCENTE EFEITO ESTUFA

Toda avaliação de uma mudança climática precisa tratar de diversos fatores detalhadamente e enquadrados num sistema global. Cada fator alterado tem suas consequências sobre o sistema frequentemente agravado pelos efeitos resultantes.

A problemática ao redor do efeito estufa precisa ser vista sempre dentro de um grande contexto. Junto com uma taxa anual crescente de 0,5% de dióxido de carbono (correspondente a um incremento anual de cerca de 3.10^9 t C na atmosfera) crescem anualmente: o valor médio de ozônio na troposfera entre 1 e 4%, a taxa de monóxido de carbono em cerca de 1%, a taxa de metano em cerca de 1,26%, o conteúdo de gás hilariante de 0,3% e o índice de hidrocarbonetos de cloro entre 3 e 5%, como mostra a Tabela 1.

Segundo avaliações existentes, metano, gás hilariante, os hidrocarbonetos de cloro e ozônio da troposfera já contribuem para o aumento do efeito estufa em cerca de 45 a 50%. O monóxido de carbono, concorrendo com o metano pela absorção dos radicais hidroxila, contribui, indiretamente, para o efeito estufa, com o dobro de reações molares, quando comparado ao CO_2 .

Existem ainda outros efeitos, como por exemplo o aumento das radiações ultra-violetas na troposfera resultante da significativa destruição de ozônio na estratosfera. Da crescente quantidade de radiação UVB na troposfera espera-se também efeitos negativos sobre os organismos vivos. As influências negativas das radiações ultra-violetas resultam da intensificação dos processos fotoquímicos, como por exemplo, a formação de oxidantes, como o ozônio na troposfera.

TABELA 1: Resumo das taxas, dos aumentos, dos tempos de vida na atmosfera, das absorções infra-vermelhas do espectro e das colaborações no aumento da temperatura (dados reunidos de diversos autores).

FORMULA	CONTEÚDO ATUAL	TENDÊNCIA CRESCIMENTO ANUAL	TEMPO DE VIDA ANOS	ABSORÇÃO INFRA-VERMELHO um	CONTRIBUIÇÃO AUMENTO TEMPERATURA %
CO2 DIÓXICO DE CARBONO	348.000	0,5	- 500	2,5;4,5;15	45 50**
(Atmosfera-biosfera-ocenoa)					
CH4 METANO	1.780	1,0-1,4	7 - 14	3 - 8	10 19
CO MONOXIDO DE CARBONO	120	1	= 0,4	-	efeito indireto sobre CH4
N2O OXIDO DE NITROGÊNIO	310	0,3	150	3 - 8	5 - 4
O3 OZÔNIO(TROPO-SFERA)	5 - 250	1 - 4	curta duração	9,6	5 - 8
O3 OZÔNIO(ESTRA-TOSFERA)	10.000	-0,6- -1,0	-	9,6	-
CFC13 FREON 11	0,232	5	-75	10 - 12	25 - 17
CF2C12 FREON 12	0,40	5	-110	10 - 12	

* ppbv = 1 parte por bilhões de volume.

FONTE:

SCHUURMANS, C.G.E. Changes in the atmospheric compositions and climate: in Atmospheric Ozone Research and Policy implications; Elsevier Science Publishers B.V., 1989.

WUEBLES, C. L., GRANT, K. E., CONNELL, P.S. et al. The Role of Atmospheric Chemistry in Climate Change, IAPCA, January, n.1, v.39, 1989.

BOUWMAN, A. F. Netherl. J. of Agricultural Science 37, 13-19, 1989.

**RAMANATHAN, V. Climate - Chemical - Interactions and Effect of Changing Atmosphere; Trace gases; Review of Geophysics, 25:1.441-1.482, 1989.

5 - CONTEÚDO DE CO₂ NAS ERAS GLACIAIS E INTERGLACIAIS

Embora não se possuam suficientes explicações a respeito das verdadeiras causas das eras glaciais e interglaciais na terra, as primeiras datadas de mais de 200 milhões de anos, já se tem certeza que a cada mudança correspondeu uma

diminuição ou um aumento nos conteúdos de CO₂ e também de metano na atmosfera. Paralelamente elevou-se ou reduziu-se a temperatura.

Os fenômenos climáticos durante as eras glaciais e interglaciais do pleistoceno foram decisivos para a evolução das formas de vida atuais. Neste intervalo de 1,4 milhões de anos se sucederam, provavelmente, 6 períodos quentes e 6 frios.

6 - PESQUISA EM NÚCLEOS DE GELO NA ESTAÇÃO ANTÁRTICA-VOSTOK

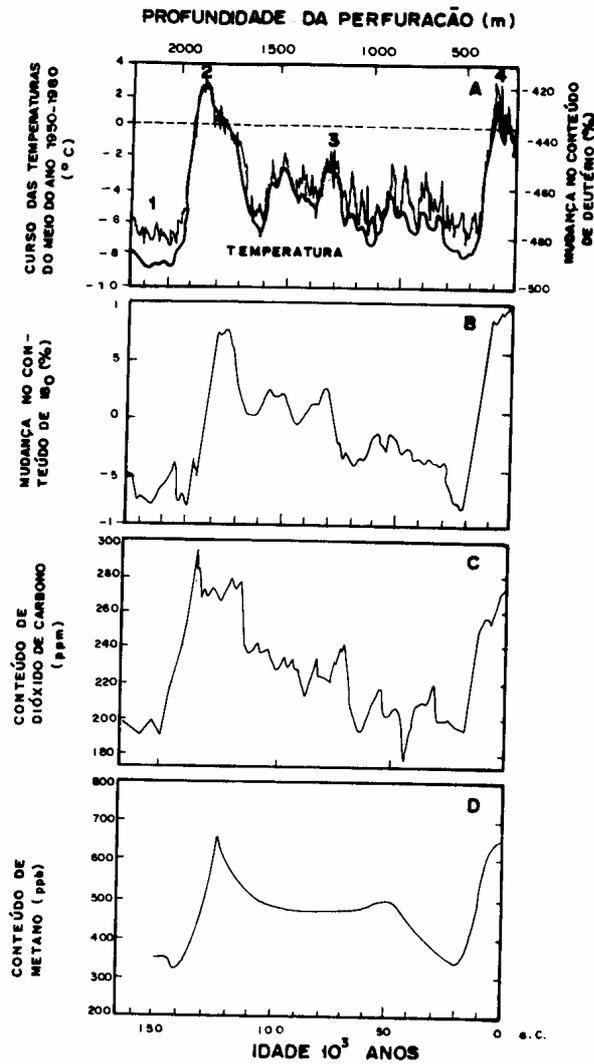
Conclusões singulares sobre a história do clima na Terra durante os últimos 160.000 anos foram obtidas nos últimos tempos por meio de mais de 2.300 m de perfurações no gelo da Antártica exploradas pela estação russa Vostok (Figura 6).

As inclusões de ar nas diferentes profundidades possibilitam que os conteúdos de CO₂ e metano fossem seccionados em diferentes datas.

A coluna de gelo atinge a última fase da penúltima glaciação (1) passando pela penúltima interglacial (2) pela última glaciação (3) e pela era pós-glacial (4) até o começo de cronologia.

Para a datação e reconstrução do curso das temperaturas foram aplicadas inclusões de ar no gelo. Para este fim utilizam-se simultaneamente as substâncias: deutério (hidrogênio pesado) o isótopo ¹⁸O do oxigênio, o conteúdo de CO₂ e também o metano.

Na Figura 6 estão representados as explorações da coluna de gelo da Estação Vostok, a evolução do conteúdo de deutério em paralelo com a curva do desvio da temperatura representada pelas médias em °C entre 1950 e 1980, o decurso do conteúdo do isótopo ¹⁸O para o período entre 160.000 e o início da cronologia. A representação simultânea do conteúdo de metano nas inclusões (de ar no gelo) nos diferentes pontos da coluna confirma as relações obtidas. Estranho é que a transição das eras glaciais para as eras interglaciais sucedeu-se em um espaço de tempo relativamente curto.



a) Comparação das temperaturas com conteúdo relativo de deutério. As concentrações do deutério dão entre diferentes métodos uma boa medida das temperaturas passadas.
 1=penúltima glaciação
 2=penúltima interglaciação
 3=última glaciação
 4=nós-glacial

b) Freqüentemente é visível a relação entre ^{18}O (isótopo do oxigênio) e a temperatura.

c) O conteúdo de CO_2 pode servir também de medida para as mudanças globais de temperatura.

d) Em diversos pontos foi verificado que o conteúdo de metano fortalece a conclusão que a temperatura está diretamente relacionada com o efeito estufa e exerce influência direta sobre este.

FIGURA 6: Dados da coluna de gelo da Estação Vostok, profundidade das perfurações: 2.300 m, idade 160.000 a.c. (HOUGHTON & WOODWELL, 1989)

No período de tempo coberto pela coluna Vostok, as altas concentrações de CO₂ e metano (300ppm e 0,65ppm, respectivamente) correspondem à temperaturas mais altas. Os dados atuais mostram 350 ppm de CO₂ e 1,77 ppm de metano, valores estes jamais atingidos nos últimos 160.000 anos.

7 - O EFEITO ESTUFA

Fundamentando-se na atual tendência do aumento de certos gases causadores do efeito estufa (ver Tabela 1), é também de se supor um progressivo aquecimento da troposfera.

A ação dos diferentes gases raros no aumento do efeito estufa depende da sua estrutura molecular e conseqüentemente de seus diferentes comportamentos de absorção e emissão diante das radiações infra-vermelhas de diferentes frequências. Supondo que a ação das moléculas de CO₂ seja igual a 1, segundo a literatura podem-se estabelecer as seguintes relações:

CO ₂ : CH ₄	=	1 :	25 -	32
CO ₂ : N ₂ O	=	1 :	200 -	250
CO ₂ : O ₃	=	1 :	1000 -	2000
CO ₂ : FCC	=	1 :	10000 -	20000

O efeito estufa decorre essencialmente do fato de que, na troposfera, radiações de alto comprimento de onda são absorvidas por certos gases (gases raros, especialmente dióxido de carbono e vapor d'água) e depois novamente emitidas. Uma grande parte da energia volta novamente como contra-irradiação de ondas longas em direção à superfície da Terra.

Um ciclo contínuo de energia depende de uma camada atmosférica com conteúdos gasosos relativamente constantes. Só a constância do efeito estufa garante a estabilidade das formas de vida típicas e das diferentes zonas climáticas da terra.

A absorção líquida da radiação pela superfície terrestre é em média de 236 W/m^2 (Figura 8). Como resultado do efeito estufa houve em 1990 um movimento de radiações na superfície terrestre em torno de 383 W/m^2 . Isto resultou numa temperatura média na superfície terrestre de $+15^\circ\text{C}$.

Sem a contra-irradiação da atmosfera a temperatura média na superfície terrestre estaria ao redor de -17°C ao invés de $+15^\circ\text{C}$. Com o aumento, especialmente dos gases CO_2 , CH_4 , N_2O , O_3 e FCC na troposfera, cresceram no último século a temperatura como efeito de reação, e o conteúdo de vapor d'água. Isto conduziu a um aumento da temperatura média do globo de aproximadamente $0,7^\circ\text{C}$ (de 15°C no ano de 1900 para $15,7^\circ\text{C}$ no ano de 1990).

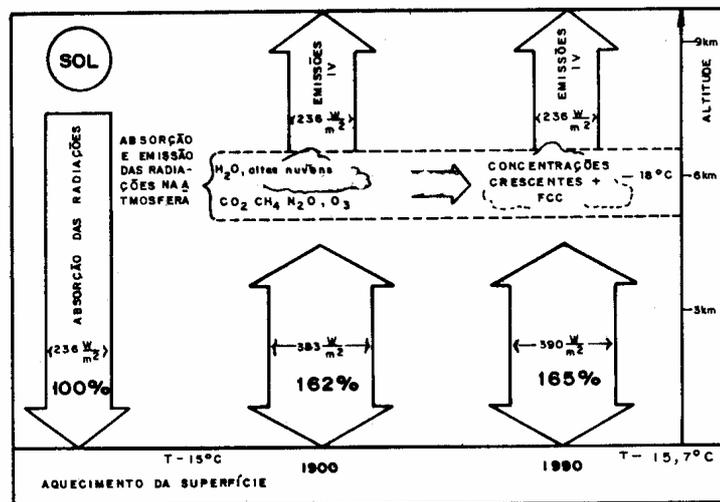


FIGURA 8: Esquema das mudanças no ciclo de energia com o aumento dos gases raros, causadores do efeito estufa, na troposfera. Uma elevação em $3\% = 7 \text{ W/m}^2$, correspondem a um aumento da temperatura média em cerca de $0,7^\circ\text{C}$ (DEUTSCHER BUNDESTAG, 1989).

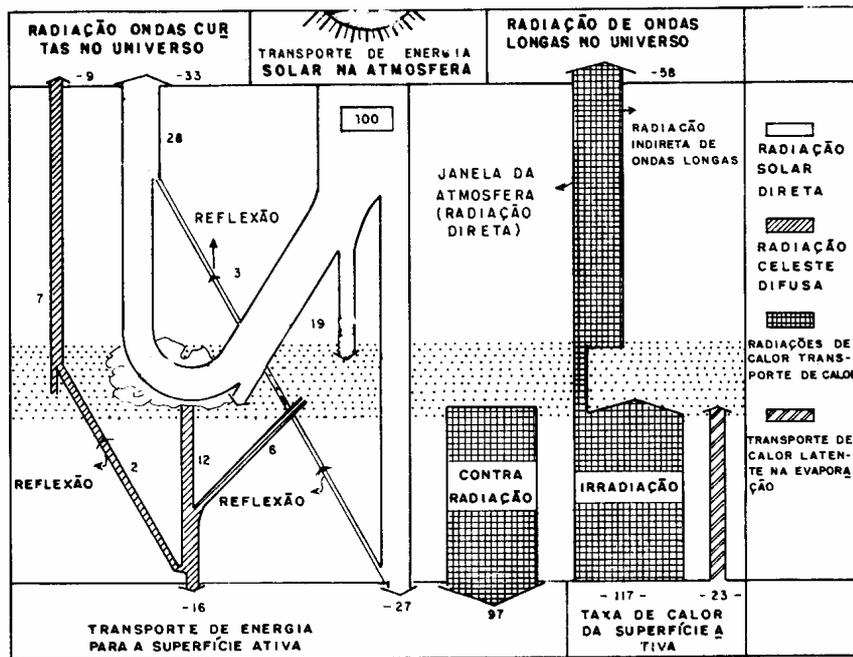


FIGURA 7: Ciclo energético na atmosfera, dados em porcentagem. A energia que entra (100%) na atmosfera é igual a que sai. Devido ao efeito estufa (contra-irradiação) o ciclo energético na superfície da terra no modelo anterior será 140% em comparação com 100% no limite da atmosfera. O transporte de energia através da contra-irradiação sobre a superfície terrestre é, com isso, 2,3 vezes maior que a cota obtida da radiação solar direta e indireta (GRUNNOW, citado por HESSE, 1966).

Uma alteração do efeito estufa pode resultar, por exemplo, no aumento dos conteúdos de CO_2 e da quantidade de vapor d'água ou no crescimento dos conteúdos de outros gases, como metano, gás hilariante, ozônio na troposfera ou carbonetos e hidrocarbonetos de halogêneos.

Os efeitos particulares desses gases raros resultam do fato que eles também absorvem e emitem radiações com altos comprimentos de onda para as quais até hoje não houve absorção (janela atmosférica).

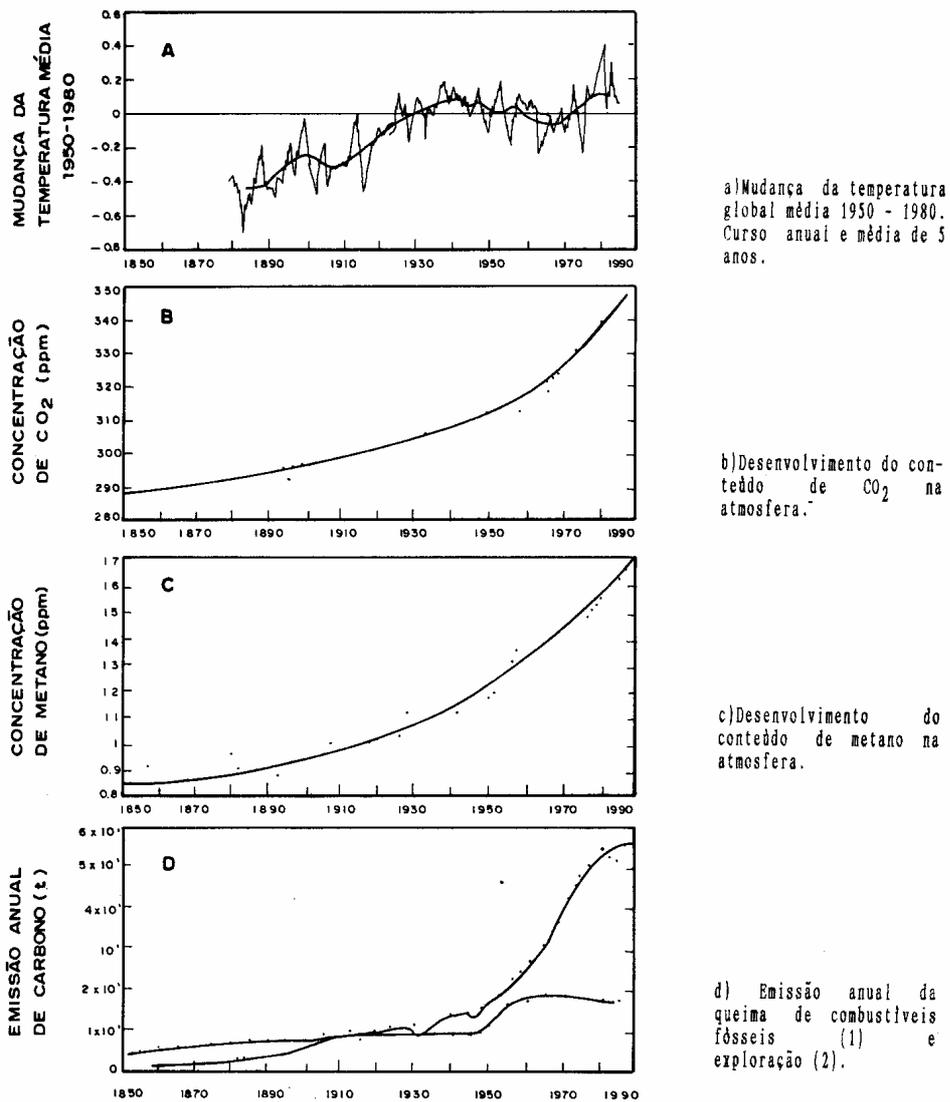


FIGURA 9: Relação entre os desvios da temperatura global, desenvolvimento dos gases ativadores do efeito estufa, como dióxido de carbono e metano, assim como a emissão anual de carbono durante os 140 últimos anos (HOUGHTON & WOODWELL, 1989).

Esta tendência de aquecimento do globo e de uma acelerada mudança do clima, pode ser observada também a partir das considerações sobre as mudanças de temperatura média dos anos 50 - 80, sobre o aumento dos teores de dióxido de carbono e metano e o crescimento anual das emissões de carbono, como pode ser visto resumidamente na Figura 9.

8 - PAPEL DO OCEANO

O papel do oceano no armazenamento da energia global é, entre outros, um importante fator a ser considerado, uma vez que 86% da evaporação d'água resulta da superfície marítima. Os mares constituem mais 70% da superfície terrestre e são de grande importância na formação do clima nas diferentes zonas do globo.

Fator decisivo neste caso é que os oceanos possuem capacidade de exercer um efeito tampão sobre o calor, graças ao seu alto poder calorífico e condutibilidade. Assim, funcionam como retardadores dos efeitos do aumento e diminuição de energia na atmosfera, no mínimo por mais algumas décadas.

Junto com o aumento do efeito estufa espera-se também uma mudança nas correntes globais de compensação, tanto na atmosfera como nos oceanos, devido ao aumento das conversões (transformações) energéticas.

Um crescimento da conversão de energia ocasiona também uma variação das correntes marítimas verticais e horizontais.

Além disso, países que são atualmente favorecidos por correntes quentes, como uma parte da Escandinávia, poderiam, a partir de mudança destas correntes quentes, experimentar uma queda de temperatura, mascarando assim as tendências globais.

Nos últimos tempos foram publicados singulares e inesperados registros de um rápido aumento da temperatura na superfície dos oceanos (Figura 10, segundo STRONG, 1989).

Os resultados provêm de medições infra-vermelho por satélites da National Aeronautics and Space Administration

(NASA). Nas últimas décadas, segundo esses dados, a temperatura média da água na superfície dos oceanos aumentou em $0,12^{\circ}\text{C}$ anualmente (!). De acordo com as altas emissões e também o tamanho diferente dos continentes houve um aumento anual de $0,16^{\circ}\text{C}$ no hemisfério norte contra $0,10^{\circ}\text{C}$ no sul.

Considerando que a massa de água em razão de suas propriedades térmicas reage muito lentamente a um aumento da conversão de energia, então não resta mais dúvidas que estamos no começo de uma grande mudança climática no mundo, cujas consequências não são ainda possíveis de avaliação.

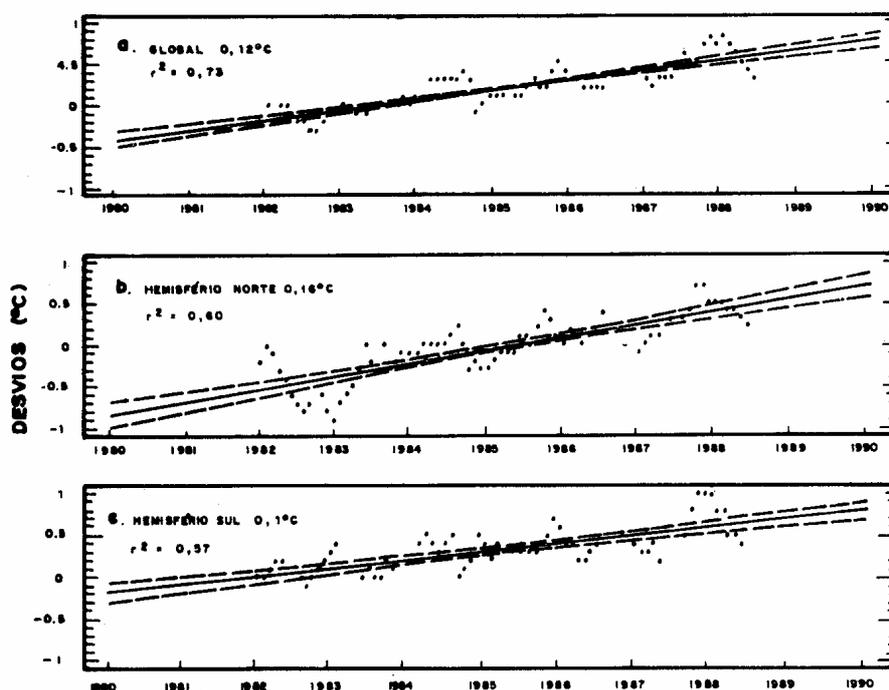


FIGURA 10: Maiores aquecimentos globais documentados por satélite segundo medições das tendências, as temperaturas na superfície marinha (STRONG, 1989).

9 - SUBIDA DO NÍVEL DO MAR

Há 100 anos, segundo GORITZ et al., citado por TITUS (1986), o aumento médio anual do nível dos mares era de 1,0 a 1,2 mm. Atualmente, calcula-se que o balanço das massas geladas Ártica e Antártica, segundo ZWALLY (1989), resulta um aumento anual médio do nível do mar igual a 2,4 +/- 0,9 mm. Aproximadamente um terço deste aumento, porém, resulta da expansão da superfície das águas, devido à elevação das condições médias de calor. O resto do aumento pode ser causado pela diminuição da massa de geleiras e pelo derretimento das bordas da esfera polar, especialmente no hemisfério norte. Ao mesmo tempo observou-se um crescimento da calota de gelo no interior da Groenlândia, durante os últimos anos, de 23,0 cm por ano. Isto está relacionado a um aumento do índice pluviométrico anual. Possivelmente, é o resultado de um aquecimento cada vez mais intenso na região polar.

Dos indícios, que acredita-se já possuir, como por exemplo, o aumento da média da temperatura da superfície marítima, relacionada com uma liberação cada vez maior de CO₂ pelos mares espera-se, também, um acelerado aumento das médias das temperaturas nas zonas climáticas, com maiores aumentos nas áreas próximas aos polos. A razão para esta acelerada elevação é procurada em diversos efeitos de reação, como a acentuada mineralização das substâncias orgânicas, a morte das florestas em consequência da acentuação climática e o "stress" causado por poluentes, a liberação de CO₂ dos oceanos e, especialmente, de metano dos solos, antes com camadas permanentemente geladas, além da retração das calotas polares descarregadas da pressão de gelo. Além disso, a concentração de CO₂ na água decresce com o aumento da temperatura. Com base nestes indícios conta-se com um provável aumento da temperatura mundial em cerca de 0,06 a 1,0°C nas próximas décadas. Isto corresponde aproximadamente a grandeza do incremento da temperatura média da superfície marítima das últimas décadas (Figura 10).

A Figura 11 apresenta as projeções dos aumentos na temperatura média global para o fim do século 20 e 21 (JAEGER, 1988).

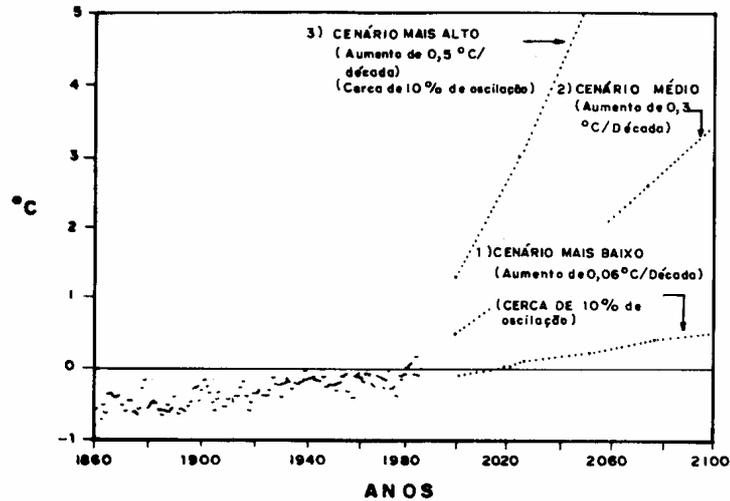


FIGURA 11: Cenários do aumento da temperatura global (JAEGER, 1988)

Semelhantes previsões não podem ser extrapoladas fora do alcance regional e local.

O incremento na temperatura, que deve ser maior nas proximidades das áreas polares que nas baixas latitudes, deve ser seguido por derretimento das bordas das calotas polares. O avanço do aquecimento das correntes marítimas nas latitudes mais altas colabora decisivamente para o derretimento das bordas do gelo polar e da massa gelada da Groenlândia.

Neste sentido, na Figura 12 é representado um cenário relativo aos possíveis aumentos médios da superfície marítima.

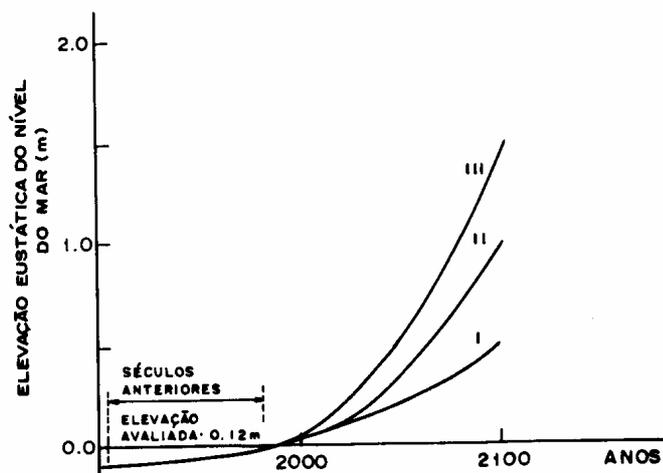


FIGURA 12: Elevação do nível do mar (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1987).

Os cenários I, II e III correspondem também aos cenários 1, 2 e 3 relativos ao aumento de temperatura na Figura 11. Segundo VELLINGA et al. (1989), prevê-se, hoje, nos países costeiros, uma elevação do nível dos mares no próximo século, caso não se efetue uma radical redução na emissão dos gases causadores do efeito estufa. Precauções técnicas, econômicas e sociais poderiam ser tomadas até que os limites a nível local e regional fossem alcançados. Medidas efetivas para a redução da emissão dos gases causadores do efeito estufa só serão tomadas através de uma política ambiental global.

Providências adequadas para que se vença o aquecimento do globo, como evidência VELLINGA et al. (1989), fazem-se desde já necessárias. A indústria e a agricultura não podem repentinamente serem adaptadas. É certo porém que a redução dos gases causadores do efeito estufa representa a única solução viável.

10 - PRINCÍPIOS PARA A REDUÇÃO - PESO DE CO₂ EMITIDO

A discussão ambiental está, nos últimos anos, fortemente voltada para o aquecimento global. É preciso que sejam conhecidas as agressões diretas e indiretas ao meio-ambiente como a redução do ozônio na estratosfera, o incremento do ozônio na troposfera, o aumento das radiações ultra-violetas, etc., e as consequências negativas sobre os seres vivos. O aquecimento global causa também em grandes extensões da Terra um meio ambiente "estressado".

O dióxido de carbono tem, hoje, uma participação na composição da atmosfera terrestre de aproximadamente 350 ppm. Anualmente, o conteúdo deste gás aumenta de 0,4 e 0,5%, equivalente a 1,4 - 1,75 ppm. Do começo da era industrial até hoje o conteúdo de CO₂ na atmosfera aumentou constantemente de 280 para 350 ppm.

As emissões de CO₂, que contribuem para o aumento do conteúdo deste gás na atmosfera, resultam em 77% da queima de combustíveis fósseis e em cerca de até 23% do desflorestamento por queimadas, com a consequente destruição das reservas de húmus dos solos. Até hoje, neste processo, não é avaliado suficientemente a oxidação de hidrocarbonetos emitidos em forma de gás, especialmente o metano, na atmosfera.

A Tabela 2 nos dá uma idéia do desenvolvimento das emissões de CO₂ de combustíveis fósseis. Entre 1950 - 1986 estas emissões sofreram um aumento de 3,5 vezes.

Estes valores relacionam-se com uma total combustão do carbono em CO₂. Porém na realidade resultam de cada queima compostos de carbono só parcialmente oxidados, produtos intermediários em forma de gás, e especialmente, monóxido de carbono. Estas substâncias estão sujeitas a uma oxidação química na atmosfera que geram água e dióxido de carbono. As fases intermediárias resultantes atuam, como peças importantes na formação de oxidantes, entre outros, o ozônio.

TABELA 2: Emissões antrópicas de CO₂ provenientes de energia fóssil por grupo de países (US-Energieministerium, DOE, 1985)

GRUPO DE PAISES	1950		1965		1980		1986	
	10 ⁹ tC*	%	10 ⁹ tC	%	10 ⁹ tC	%	10 ⁹ tC	%
América do Norte	0,723	44,7	1,003	32,1	1,380	26,7	1,57	28,0
Europa Ocidental	0,379	23,4	0,644	20,6	0,853	16,5	0,87	15,5
URSS e Europa Oriental	0,291	18,0	0,750	24,0	1,251	24,2	1,20	21,5
Japão e Austrália	0,045	2,8	0,138	4,4	0,300	5,8	0,67	12,0
Ásia, economia dirigida	0,023	1,4	0,178	5,7	0,439	8,5	0,73	13,0
Países em desenvolvimento	0,092	5,7	0,250	8,0	0,631	12,2		
Outros	0,063	3,9	0,163	5,2	0,310	6,0	0,56	10,0
TOTAL	1,618	100	3,126	100	5,170	100	5,601	100

* É costume indicar as emissões de CO₂ na forma de carbono. A quantidade de CO₂ é obtida multiplicando-se o valor C por 3,666.

A queima crescente da biomassa só não produz em teoria nenhum excesso de CO₂, como parte da cadeia orgânica do carbono, será na proporção original novamente fixado como biomassa na fotossíntese. Através da biomassa, como evidencia a Figura 13, são fixados atualmente cerca de 4Gt C por ano provenientes da queima das fontes fósseis de energia e do consumo de produtos florestais. Isto aumenta, por um lado, o potencial de carbono na biomassa, através da reciclagem e por outro, indiretamente, o conteúdo de CO₂ na atmosfera. Além disso, de acordo com a eficiência do processo de combustão são gerados diferentes danos ao ambiente, com diferentes graus, a partir da queima de biomassa, como no processo de queima dos combustíveis fósseis. A biomassa como combustível não é portanto, de modo nenhum, neutra ao meio ambiente.

11 - CICLO DO CARBONO E POSSÍVEL REDUÇÃO DE CO₂

A estabilidade da vida sobre a terra supõe a circulação de matéria em reações de síntese e decomposição. O carbono tem, através de seus diferentes compostos, um comportamento particular, tanto nos processos biológicos como nos processos físicos e químicos. Na forma de CO₂ o carbono tem

significativa participação no efeito estufa e consequentemente no clima terrestre.

O ciclo do CO_2 é parte do ciclo global do carbono. Na Figura 13 é esquematizado o balanço anual do carbono, segundo SCHNEIDER (1989), descrito em Gt C (10^9 t carbono) com valores aproximados.

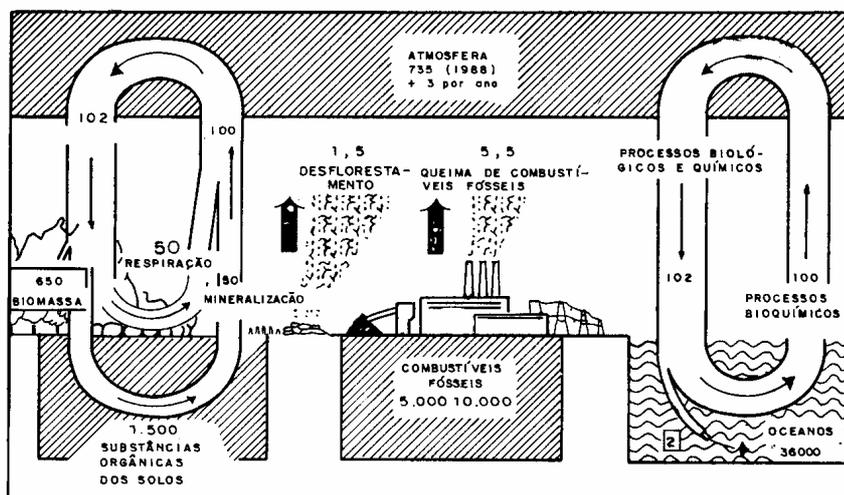


FIGURA 13: Balanço do carbono: emissão e circulação de carbono na atmosfera, solo e água, carbono compreendido na biomassa dos combustíveis fósseis queimados, no ecossistema terrestre e aquático, com valores pouco alterados (valores = gigatone = 10^9 t por ano) (SCHNEIDER, 1989).

O considerável e alto reservatório de CO_2 nos mares, com 36.000 Gt C, é 50 vezes maior que o conteúdo de 735 Gt C na atmosfera. As biomassas vivas contêm aproximadamente 650 Gt C. Nos solos encontra-se cerca de 2 vezes mais carbono que na atmosfera, 1.500 Gt C, predominantemente na forma de compostos orgânicos. O reservatório total dos combustíveis fósseis é estimado entre 5.000 e 10.000 Gt C.

O conteúdo de CO₂ na atmosfera pode ser alterado pela liberação ou absorção de CO₂ pela vegetação, solos ou oceanos, e ainda pelo gigantesco reservatório da litosfera (25 bilhões Gt C).

Entre síntese e decomposição são transformados atualmente por ano, considerando-se a circulação nos continentes e oceanos, cerca de 200 Gt C. Hoje, são liberados cerca de 5,5 Gt C por ano em forma de CO₂ da queima de combustíveis fósseis e outros 1,5 Gt C de desflorestamentos e outros fatores, somando 7 Gt C. Isto resulta numa relação de 200:7 Gt C. Teoricamente, deste total dos ciclos terrestres e marítimos 4 Gt C ligam-se por ano predominantemente em forma de biomassa, 3 Gt C, portanto, (1,5% da circulação anual) permanecem na atmosfera contribuindo assim para o crescente efeito estufa.

12 - ATIVIDADES INTERNACIONAIS PARA UMA MUDANÇA CLIMÁTICA

Em 1985 e 1987 houve em Villach, Austria, um congresso sobre o tema "Mudanças Climáticas" promovido pela Divisão para Proteção Ambiental (UNEP) da ONU e pela Organização Mundial de Meteorologia (WMO). Importantes cientistas de todo o mundo participaram desta promoção.

O resumo do relatório elaborado pelos peritos pode ser apresentado nos seguintes pontos:

- a) está em curso um aquecimento global provocado pelas atividades humanas;
- b) uma duplicação do conteúdo de CO₂ na atmosfera (o aumento tem lugar desde o início da era industrial), pode resultar num aumento de temperatura entre 1,5 e 4,5°C (para o efeito estufa contribuem também outros gases);
- c) caso, continuem as tendências de crescimento do conteúdo de CO₂, antes do ano 2050 se dará a duplicação dos 300 ppm dos anos 20 para 600 ppm;

- d) o aquecimento será maior nas latitudes entre 23° e 70° do que nas latitudes mais baixas;
- e) no inverno o aquecimento será maior do que no verão;
- f) o aumento da temperatura média para as próximas décadas pode ser de 1,0°C;
- g) muitos pesquisadores prevêm um aumento da temperatura média global de 5,5°C até a metade do próximo século, causando diversas consequências. Esta situação dramática, de uma mudança climática tão rápida, nunca vista, causará consequências negativas imprevisíveis para a humanidade;
- h) com o aumento da temperatura cresce a evaporação e conseqüentemente também a pluviosidade. Ao mesmo tempo ocorre um deslocamento das zonas úmidas em direção aos polos;
- i) as zonas áridas também irão sofrer uma aproximação dos polos com uma sensível expansão de seus domínios;
- j) ao mesmo tempo uma série de fenômenos meteorológicos terão suas intensidades e regularidades alteradas.

Já em 1985 participantes, especialmente críticos, deixaram claro que as mudanças climáticas que vinham ocorrendo eram provocadas por influência humana e instituíram contra-medidas a serem tomadas imediatamente.

A II Conferência Mundial para o Meio Ambiente, realizada no outono de 1990 em Genebra, encerrou com praticamente nenhum resultado. As considerações para a redução dos gases raros, entre outros, causadores do efeito estufa, contidos na Tabela 3, são de um "Draft Report" do congresso americano, que incentivou as opções políticas para a estabilização do clima global, realizado em Washington D.C., conforme LASHOF & TIRPAK (1989). Dessas considerações conclui-se que um planejamento cronológico deve ser encontrado pelos políticos.

Os políticos que se reuniram justamente com os cientistas nesta conferência chegaram a não mais do que uma vaga afirmação, relativa a realização de um congelamento das emissões de CO₂ nos atuais altos níveis, sem apresentar

soluções concretas. As esperanças, que os acordos internacionais sobre este tema delicado cheguem a resultados concretos, dirigem-se de agora em diante à Conferência Mundial para o Meio Ambiente, a realizar-se em 1992, no Brasil.

TABELA 3: Exigência da redução das emissões antrópicas para estabilização do clima, considerados os níveis de 1950 - 1980 (LASHOF & TIRPAK, 1989).

GASES RAROS	REDUÇÃO NECESSÁRIA
Dióxido de carbono	50 - 80%
Metano	10 - 20%*
Gás hilarante	80 - 85%
Carbonatos de cloro, flúor e bromo	75 - 100%

* uma indicação, que depois dos novos conhecimentos as emissões estão muito reduzidas.

13 - REDUÇÃO DA FORMAÇÃO DE OXIDANTES NA TROPOSFERA

O efeito estufa tem, em parte, deslocado as discussões do grave problema da formação de oxidantes e suas consequências. No cenário das reduções para estabilização do efeito estufa não são incluídos, por exemplo, os óxidos de nitrogênio (NO, NO₂, NO₃). A emissão dos óxidos de nitrogênio nos processos de combustão já é cinco vezes maior que em 1950. Hoje, sabe-se também que as emissões de monóxidos de nitrogênio e de gás hilarante dos solos sofreram considerável aumento (tanto em razão da alta deposição de compostos de nitrogênio, das emissões como também em consequência das adubações nitrogenadas). Nisto encontra-se um perigoso e até agora não calculado efeito de reação. Muito maior comparativamente foi o aumento do conteúdo médio de compostos de nitrogênio na atmosfera, que duplicou em relação a 1860. As concentrações de óxido de nitrogênio são, entre outros, o fator limitante da formação catalítica do ozônio na troposfera. O observado aumento anual da concentração de ozônio entre 1 e 4% em todas as altitudes da Europa Central certamente está relacionado com isto. O ozônio

próximo ao solo se tornará um problema cada vez maior para a medicina humana.

Desde 1989 existem afirmações (Tabela 4) para a redução necessária das emissões, a fim de deter a concentração de ozônio abaixo dos valores limites suportáveis.

TABELA 4: Cálculo da redução das emissões de compostos de carbono (VOC), monóxido de C (CO) e metano (CH₄), e dos óxidos de N (NO_x), necessárias para reduzir a concentração de ozônio a valores toleráveis (KRIJGSJELD & ZWERVER, 1989).

CONCENTRAÇÃO MAXIMA	ug/m ³	REDUÇÃO NECESSÁRIA DOS POLUIDORES			
		ppb	Prioridade	Area	Quantidade
1-Valor médio(horas)	240 (120)	NO _x ,VOC	Local, Europa	40%	
8-Valor médio(horas)	160 (80)	NO _x ,VOC,CO	Local, Europa	75%	
1-Valor médio(horas)	150 (75)	NO _x ,VOC, CO,CH ₄	Local, Europa	+75%	
8-Valor médio(horas)	65 (32,5)	NO _x ,VOC, CO,CH ₄	Local, Europa e Global	Muito +75%	
7-Médior em horas (10-17h) do período vegetativo(V-IX)	50 (25)	NO _x ,VOC, CO,CH ₄ e Outros	Local, Europa e Global	STATUS 1950	

Uma redução dos precursores da formação de oxidantes em 75% até o ano 2000 é tida, entre outros fatores, como necessária para a proteção dos seres humanos. As plantas são, no entanto, ainda mais sensíveis ao ozônio. A concentração limite de ozônio recomendada pela Academia Austriaca (1989), de 60 ppb, é frequentemente ultrapassada (durante cerca de 30% dos dias do ano) em vários pontos de medição do país, não sendo respeitado assim o limite suportável pelos seres humanos. A média de 7 horas durante o período vegetativo (maio a setembro) para proteção das plantas de 30 ppb, já foi ultrapassado em 100%.

14 - DIMINUIÇÃO DE OZÔNIO NA ESTRATOSFERA

A necessária redução dos hidrocarbonetos de halogêneos para proteger a camada de ozônio na estratosfera, visto que possuem uma enorme influência sobre o efeito estufa, também

encontram lugar nas discussões em torno das alterações climáticas.

Não se leva quase em consideração no entanto o seu longo tempo de vida até mais que 100 anos e o tempo de difusão ao centro da ozoniosfera de até 10 anos, tendo estes um papel decisivo na destruição do ozônio na estratosfera.

Efeitos mais graves, especialmente o aumento das radiações ultra-violetas, encontram no futuro maior repercussão.

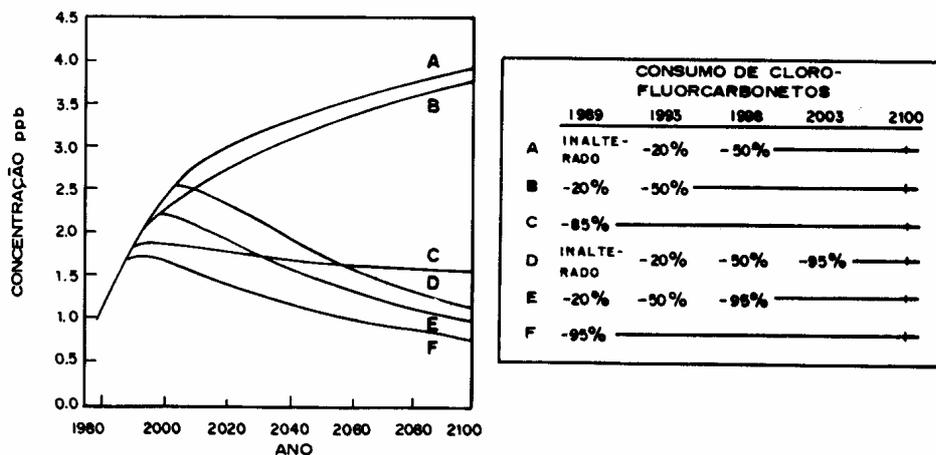


FIGURA 14: Previsão para os conteúdos de radicais de cloro em função da redução do uso de clorofluorcarbonetos (McFARLAND, 1989).

A Figura 14 dá uma idéia de determinados cenários de redução destes elementos. O aumento das radiações UVb na troposfera, que está fortemente relacionada com a diminuição dos conteúdos de ozônio na estratosfera (Figura 15) causa, entre outros, danos à saúde e agravam o efeito estufa através de danos aos organismos vegetais, principalmente dos oceanos.

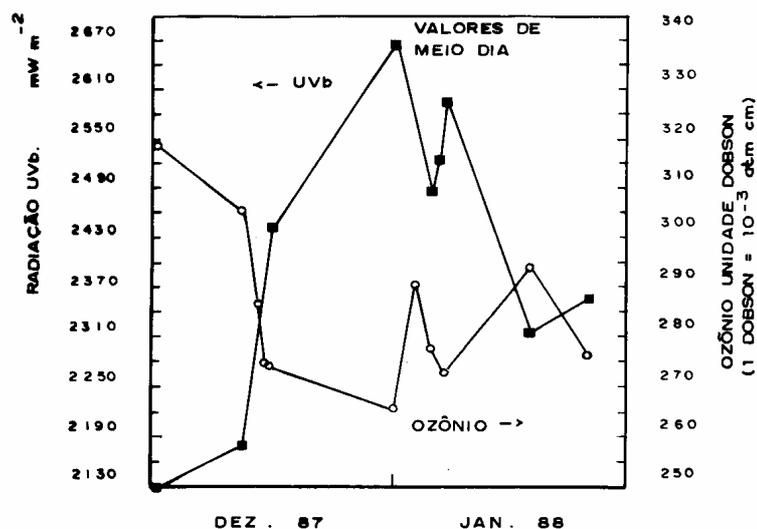


FIGURA 15: Radiação UVb, a concentração de ozônio na estratosfera sobre Melbourne, durante os meses de novembro de 1987 a janeiro de 1988, calculado a partir de medições da distribuição espectral. A diminuição do ozônio em 10,5% entre 10 e 14 de dezembro resultou em um aumento das radiações UVb igual a 11,9% e 21% do total da radiação UV. Uma diminuição de ozônio de 1% corresponde a um aumento de 2% nas radiações UV. Entre 1969 - 1986 a diminuição do ozônio na estratosfera sobre Melbourne aumentou anualmente cerca de 0,2%. Uma diminuição até 6% é tida como possível (ROY; GIES & EILLIOT, 1990).

15 - NECESSIDADES E POSSIBILIDADES DE MINIMIZAR A AGRESSÃO AO MEIO AMBIENTE E DE ESTABILIZAÇÃO DO CLIMA

A transformação no clima se efetua em um ambiente já "estressado". A degradação do ozônio na estratosfera, o aumento das radiações UVb e a crescente concentração de oxidantes, especialmente do ozônio na troposfera, danos florestais com uma conseqüente diminuição da assimilação de CO₂, eutrofização ou acidificação das águas, acidificação do solo, diminuição das reservas de húmus do solo e a conseqüente liberação de CO₂, são algumas das condições

alarmantes. Mesmo que a produção dos gases causadores do efeito estufa pudesse hoje ser detida, mesmo assim ocorreria um efetivo aquecimento, já que existem atualmente altas concentrações no sistema ar-mares-solos.

16 - FLORESTAS (MADEIRA) COMO REDUTOR DE CO₂

O CO₂ pode efetivamente ser imobilizado pela madeira. Para isso, é preciso que a produção da biomassa nas florestas seja incrementada e que a madeira proveniente seja utilizada de modo duradouro, sem queima.

Teoricamente, neste caso, anualmente deveria ser retirar pelas florestas 3 Gt C em forma de CO₂. Infelizmente, enquanto as florestas continuarem a serem destruídas não se obterá os efeitos desejados e o conteúdo de oxidantes na troposfera continuará subindo. Os prejuízos dos oxidantes no hemisfério sul equivalem a apenas 1/3 do montante no hemisfério norte. Nos trópicos, além disso, o ozônio é mais rapidamente reduzido.

Da mesma forma é condenável a destruição das florestas tropical e sub-tropical, das quais anualmente até 1,5 Gt C em forma de CO₂ são lançados na atmosfera. Ao mesmo tempo não se pode, neste contexto, simplesmente deixar de lado a explosão demográfica. Não se pode, do mesmo modo renunciar-se a uma exploração das florestas tropicais e subtropicais por muito tempo. Deve-se porém reforçar certas formas de exploração, especialmente aquelas experimentais através dos métodos agro-florestais.

17 - REGULAMENTO PARA A DEFESA AMBIENTAL POR MEIO DE MEDIDAS LEGAIS E FISCAIS

Só quando o prejuízo ao ambiente é reparável, as fiscalizações ambientais fazem sentido. Atividades com consequências desconhecidas e irreparáveis não devem ser realizadas, mesmo que se encontrem fundamentadas sanções legais.

18 - PROTEÇÃO AMBIENTAL AO INVÉS DE ARMAMENTO

Soa quase irônico que a humanidade poderia assegurar sua sobrevivência sem renunciar às condições dignas de vida se os gastos com armamentos em suas diferentes formas fossem transferidos para financiamento de projetos ambientais.

No âmbito mundial são gastos diariamente US\$ 2,5 bilhões com armamentos, e os prejuízos ambientais decorrentes de tais atividades não foram até hoje discutidos de uma forma séria. Isto representa 913 bilhões de dólares anualmente. Com apenas 4,5% das despesas, gastos em 15,5 dias, pode-se, por exemplo, através de medidas técnicas reduzir-se à metade as emissões de dióxido de enxofre e óxidos de nitrogênio do mundo inteiro.

19 - ALTERAÇÃO DO MODO DE VIDA E ORDENAÇÃO DE VALORES PARA AS NECESSIDADES BÁSICAS VITAIS

A liberdade individual de ação precisa ser reavaliada, baseada nos direitos de todos a uma vida saudável, considerando também os direitos das gerações futuras.

20 - RESTRICÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA

Soa quase inacreditável mas é realidade: o homem emancipado do mundo "desenvolvido" poderia sozinho economizar 25% de energia através de medidas racionais de controle do consumo, sem prejuízo da qualidade de vida. Uma redução de até 50% em residências com alto consumo de energia seria também possível.

21 - DESTRUIÇÃO AMBIENTAL E REGULAMENTAÇÃO DA SITUAÇÃO LEGAL DAS GERAÇÕES FUTURAS

Não há mais dúvidas hoje, que a existência da espécie humana no futuro depende de que a sociedade e cada indivíduo

encarem seriamente os sinais de alarme do ambiente e passem a contorná-los.

Admite-se que, não raro esses sinais foram e continuarão sendo interpretados contraditoriamente até mesmo pela ciência. Isto acontece porque a existência de tantos acontecimentos exige demais dos cientistas. A sensibilidade do ecossistema terra é correntemente subestimada e por isso sua capacidade de auto-recuperação é, ao contrário, superestimada. A sociedade humana e a natureza "restante" evoluíram para campos diametralmente opostos a partir do desenvolvimento do atual modelo de civilização. O crescente antagonismo levará, inevitavelmente, ao desaparecimento de grande parte, se não de toda humanidade do planeta, caso a espécie humana não abandone rapidamente a idéia do "homocentrismo" e adote a idéia do "ecocentrismo", passando a agir como parte de um todo. A quantidade de conhecimentos reunidos pelos cientistas, que cresce diariamente, já entristece agora até os mais otimistas.

Infelizmente até hoje uma grande parte da humanidade entre eles muitos políticos, economistas, industriais e especialmente muitos dos chamados "intelectuais", não têm consciência da gravidade da situação atual em que vivemos. Não é de admirar que W. HILDESHEIMER, a esse respeito, pouco tempo atrás, tenha afirmado o seguinte: "O otimismo dos economistas é sinceramente uma vergonha perante a realidade, já visível, dos graves danos ambientais".

Pela situação do atual estado de conhecimento a humanidade irá provocar ainda maiores alterações no meio ambiente do que já causou até hoje. A totalidade das consequências é incalculável.

O homem altera atualmente seu meio ambiente com uma rapidez e dimensões tais, que arrisca grandemente a permanência da espécie humana e de outros organismos, dos quais depende, para assegurar sua subsistência.

Uma nova avaliação das obrigações e, em consequência, dos direitos individuais "possíveis" é condição "sine qua non" para uma melhoria desta ameaçadora situação, afim de garantir

as condições de vida para as gerações futuras.

Não só os governantes são confrontados com o dilema: até que ponto seremos julgados culpados se deixarmos de lado a adoção das medidas técnicas e legais necessárias? Este dilema conduz a um estreitamento ainda maior do campo de ação.

A questão ambiental é, sem dúvida, também uma questão do direito nacional e internacional de interesse das gerações presentes e futuras. Uma codificação dos direitos básicos dos estados e gerações futuras e dos direitos das gerações atuais encontra-se já em discussão, sendo urgente e necessária.

Para isso, segundo BROWN-WEISS (1990), é preciso que sejam adotadas as considerações básicas enumeradas a seguir:

- a) a igualdade de direitos entre as gerações atuais e as gerações e estados futuros precisa ser não só moralmente, mas também legalmente assegurada;
- b) para as gerações futuras é obrigatório que as gerações atuais se comprometam a não transformar o planeta terra num estado pior do que quando receberam;
- c) a geração atual é obrigada basicamente a defender a igualdade de chances para todos e assegurar às futuras gerações a oportunidade de direitos iguais sobre os recursos do planeta;
- d) não é admissível que a geração atual deixe de lado a adoção de medidas necessárias para a garantia de um meio-ambiente saudável, deixando o saneamento e os débitos para as gerações futuras;
- e) os países desenvolvidos, que contribuem com a maior parte das atuais agressões ao meio-ambiente (e também aquelas que estão por vir), precisam prestar ajuda aos países menos desenvolvidos, permitindo que estes últimos adotem as medidas necessárias à limitação dos estragos e à atenuação dos danos ao meio-ambiente;
- f) nos assuntos ambientais a prova de inocência do suposto acusado deve ser por este apresentada;
- g) em relação ao processo de desenvolvimento é urgente a promulgação de estratégias mais eficientes que impeçam o

- aumento dos danos ao ambiente. Estas medidas precisam ser reunidas numa declaração de direitos e deveres que considerem também as gerações futuras;
- h) as normas relacionadas aos acordos e tratados precisam ter sua execução assegurada pelas legislações locais e nacionais;
- i) todos os acordos e normas devem ser redigidas de forma tal, que possam ser ajustados a uma eventual alteração dos conhecimentos científicos vigentes;
- j) senados nacionais e internacionais devem ajudar as autoridades nacionais e internacionais na procura das decisões adequadas;

22 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BOOKOUT, J.F. Two centuries of fossil fuel Energy. Journal of the international Union of Geological Sciences, p.267-602, 1989.
2. BOUWMAN, A.F. The role of soils and land use in the greenhouse effects. Netherlands Journal of Agricultural Science, n.37, p.13-19, 1989.
3. LEGGETT, J. Global Warming. Oxford: Oxford University Press, 1990.
4. BROWN-WEISS, E. Climate Change, Intergenerational Equity and International Law: An Introductory Note; Climate Change. v.15, p.327-335, 1989.
5. DEUTSCHER BUNDESTAG Schutz der Erdatmosphäre, eine internationale Herausforderung, 5/88. 1989.
6. EHRLICH, P., EHRLICH, A. Population, Plenty and Poverty. National Geographic, Dec. 1988.
7. FLAVIN, Ch. Slowing Global Warming: a worldwide Strategy, 1989.Wordwatch Paper 91.
8. TITUS, J.G. C.Z.M. Journal. v.1, n.3, 1986.
9. GRASSL, H., KLINGHOLZ, R. Wir Klimamacher. Frankfurt: Verlag, G.m.b.H., 1990.

10. HESSE, W. Grundlagen der Meteorologie für Landwirtschaft. Leipzig: Akad. Verl.Ges.Geest Portig, 1966.
11. HOUGHTON, R. A., WOODWELL, G.M. Global Climatic Change, Scientific American, v.260, n.4, p.36-41. 1989.
12. JAEGER, J. Developing Policies for Responding to Climatic Change. [s.l.:s.n.] 1988. A Summary of Discussions and Recommendations of the Workshops held in Villach (1987) and Bellagio (1987) under the Auspices of the Beijer Institute, Stockholm, Sweden, WMO/TD, No. 225, World Meteorological Organization and United Nations Environment Programme.
13. KRIJGSHELD, K. R., ZWERVER, S. Risk Analysis and Evaluation for Development of Ozone Control Strategy. In: US-DUTCH-SYMPOSIUM, 3, 1989. Proc...[s.l.]. Elsevier Science Publishers, 1989.
14. LASHOF, D. A., TIRPAK, D.A. Policy Options for Stabilizing Global Climate. Executive Summary. Draft Report to Congress U.S.. Washington, D.C.: Environmental Protection Agency, Office of Policy Planning and Evaluation, 1989.
15. LIKENS, F.G. Some Aspects of Air Pollutant Effects on Terrestrial Ecosystems and Prospect for the Future. Ambio, v.18, n.3, 1989.
16. MCFARLAN, M. Chlorfluorcarbons and Ozone. Environ. Sci., v.23, n.10, p.1.203, 1989.
17. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Responding to Changes in Sea Level. Engineering Implications. Washington, D.C.: National Academy of Sciences, 1987. 148p.
18. RAMANATHAN, V. Climate - Chemical-Interactions and Effect of Changing Atmosphere; Trace gases. Review of Geophysics. n.25, p.1.441-1.482, 1987.
19. ROY, C. R., GIES, H.P., EILLIOT, G. Ozon Depletion. Nature, v.347, n.20, 1990.
20. FLORAM - un megaprojet brésilien de reboisement.
21. SCHNEIDER, St. H. The changing climate. Scientific American. v.260, n.9, 1989.

22. SCHUURMANS, C.G.E. Changes in the atmospheric compositions and climate. In: ATMOSPHERIC OZONE RESEARCH AND POLICY IMPLICATIONS. [s.l.]. Science Publishers, 1989.
23. STRONG, A.E. Greater global warming revealed by satellite-derived sea-surface-temperature trends. Nature, v.338, n.6217, p.642-645, 1989.
24. US-DEPARTMENT OF ENERGY (DOE, Hg). Projecting the increasing carbon dioxide. Livermore, 1989.
25. VELLINGA, P., LEATHERMAN, St. P. Sea level rise, Consequences and Policies. [s.l.:s.n.] 1989. (Climatic Change, 15).
26. WUEBLES, D.J., GRANT, K.E., CONNELL, P.S., PENNER, J.E. The Role of Atmospheric Chemistry in Climate Change. IAPCA. v.39, n.1, 1989.
27. ZWALLY, H.J. Growth of Greenland Ice Sheet. Interpretation, Science, v.246, n.22, p.1.589-1.591, 1989.