

Física do Meio Ambiente

Curso de Extensão -janeiro2009

Prof. Dr Américo Sansigolo Kerr

Instituto de Física da USP

*LAPAt - Laboratório de Análise dos Processos
Atmosféricos (IAG-USP)*

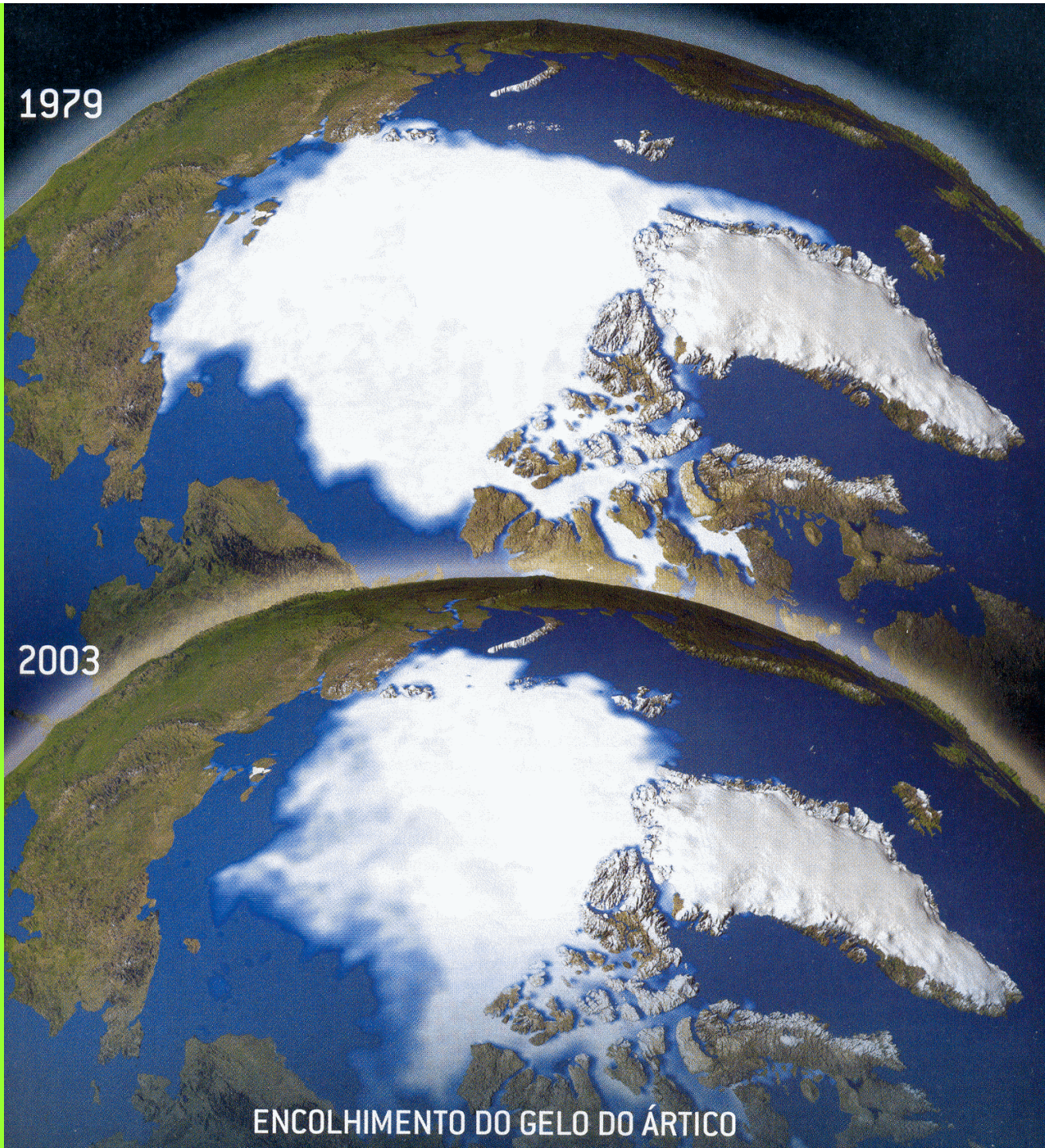
Programa

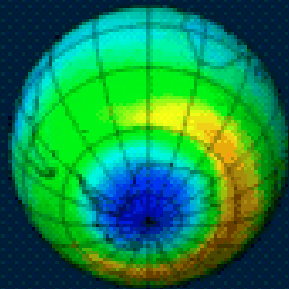
- Medindo o Clima
 - temperatura, umidade, microclima, transferência de energia na atmosfera
- Efeito Estufa
 - corpo negro, espectros - absorção e emissão
- Mudanças Climáticas - passado e presente
- Camada de Ozônio

1979

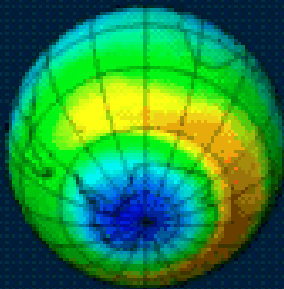
2003

ENCOLHIMENTO DO GELO DO ÁRTICO

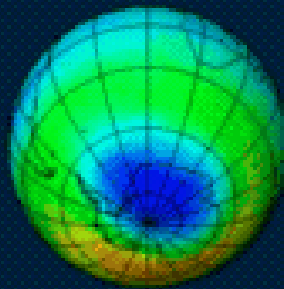




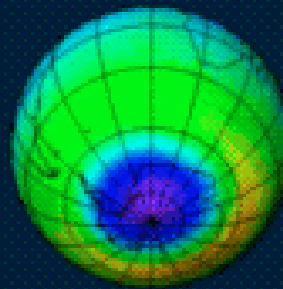
Oct 1980



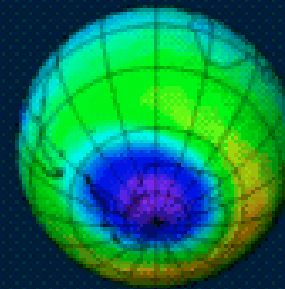
Oct 1981



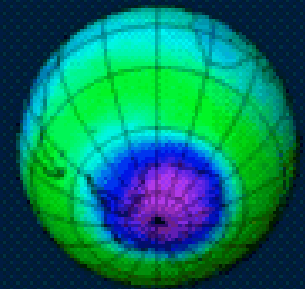
Oct 1982



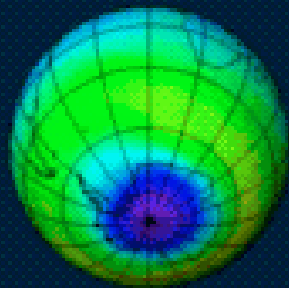
Oct 1983



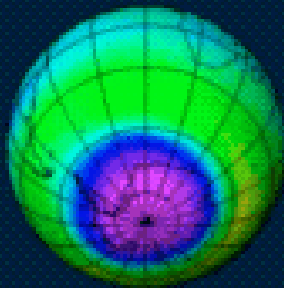
Oct 1984



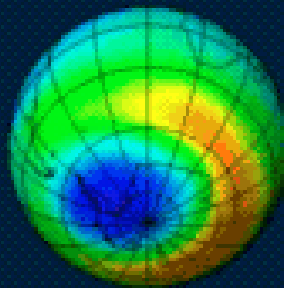
Oct 1985



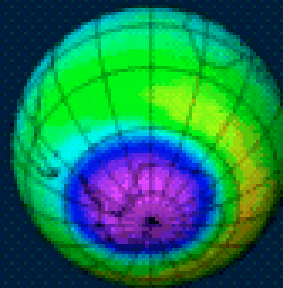
Oct 1986



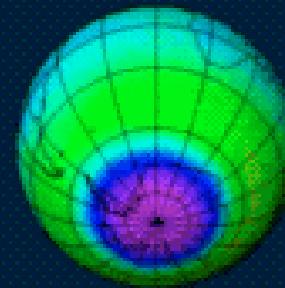
Oct 1987



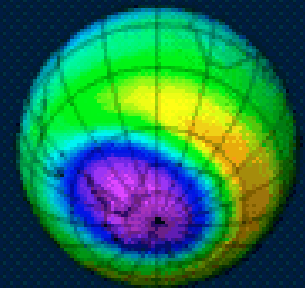
Oct 1988



Oct 1989



Oct 1990



Oct 1991



MEDINDO O CLIMA

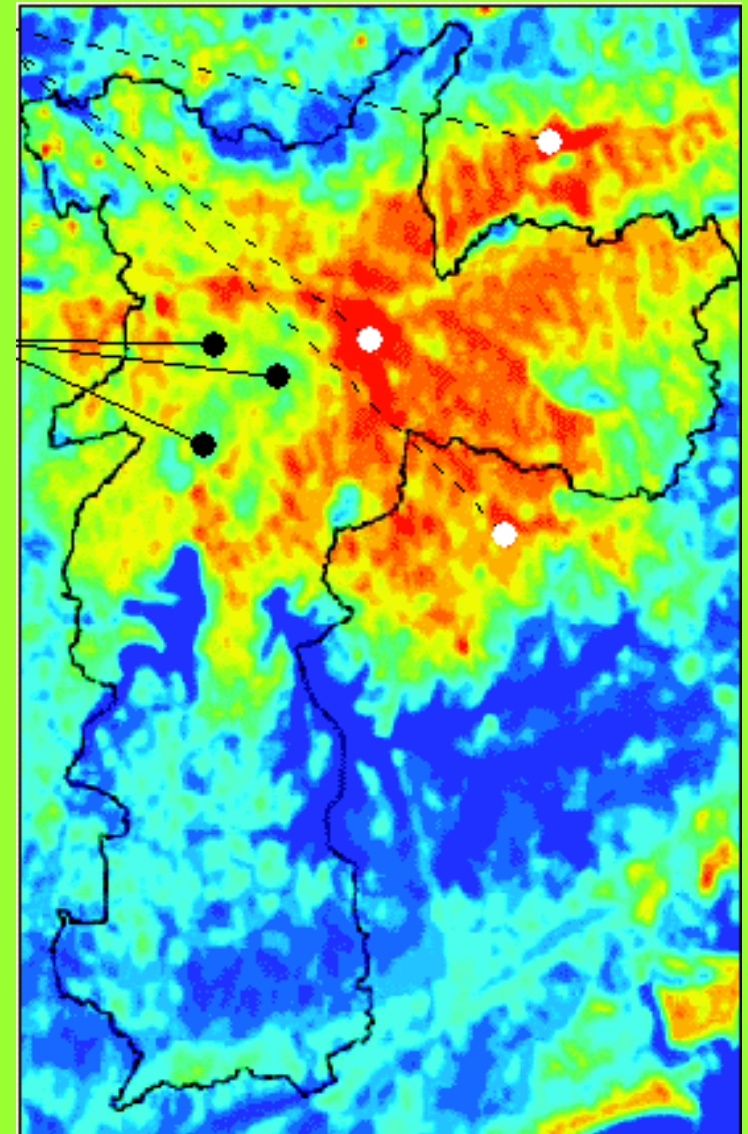
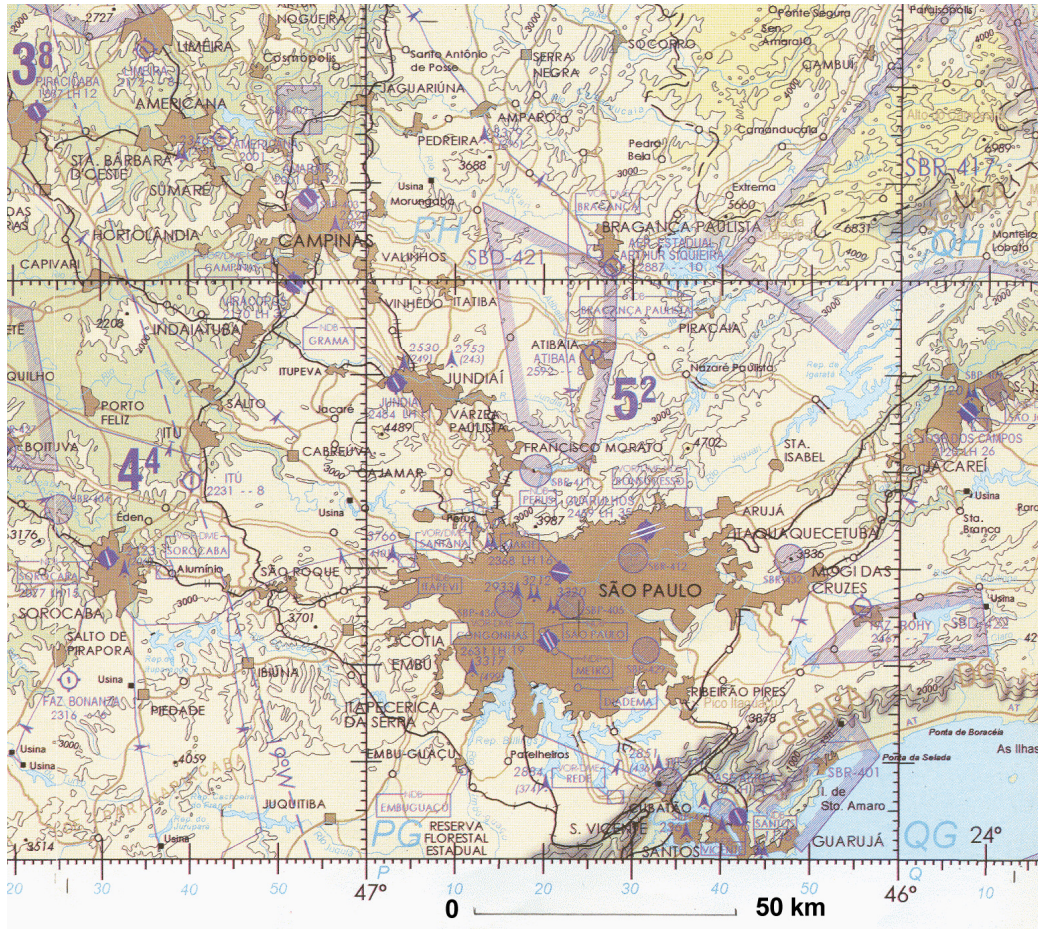
Mas o que é clima?

- O **clima** é um conceito abstrato e complexo que envolve dados de temperatura, umidade, tipos e quantidade de precipitação, direção e velocidade do vento, pressão atmosférica, radiação solar, tipo de nuvens e a área que cobrem, bem como outros fenômenos do tempo como nevoeiro, tempestades, geadas e as relações entre eles (Britannica, 2001)

Algumas Variáveis do Clima

- Temperatura
- Umidade
- Pressão
- Velocidade do vento
- Radiação
- Precipitação
- % Nuvens
- Tipo de nuvens
- Tipo de solo
- Uso do solo
- % de superfície de água
- Vegetação
- Posição na terra

Ilha de Calor na RMSP



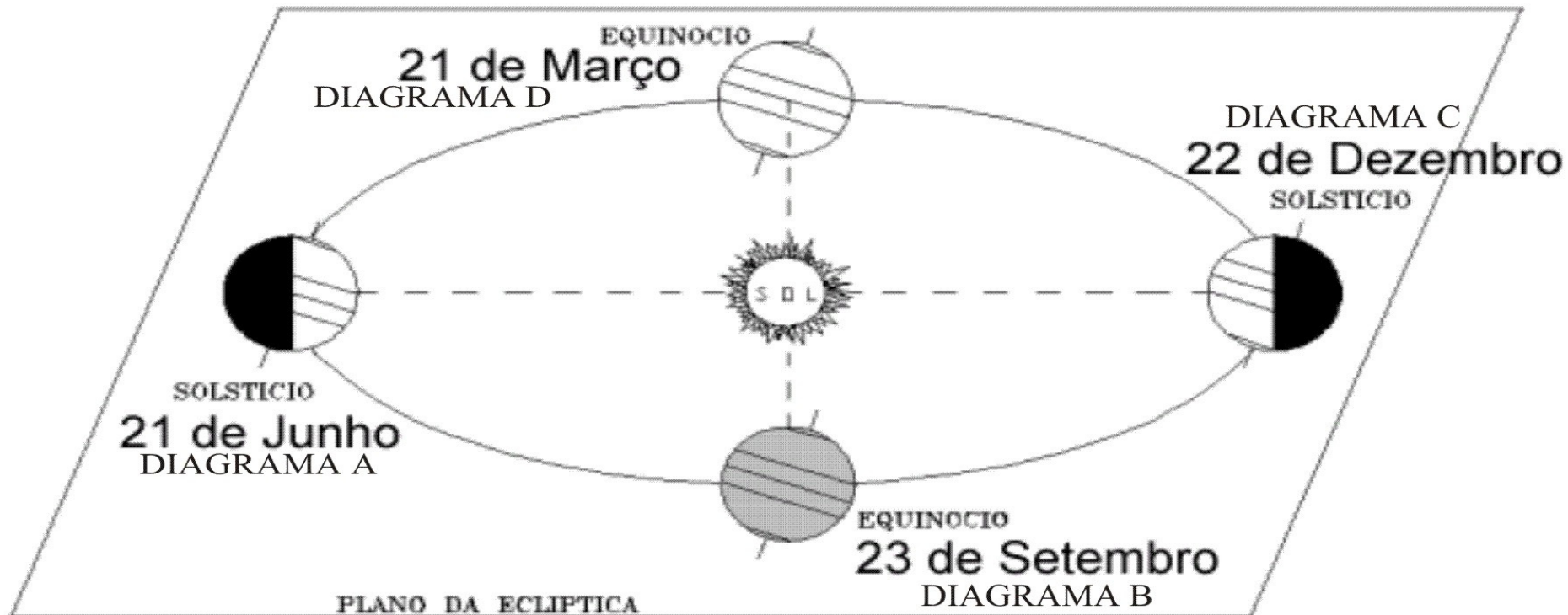
Como medir o clima

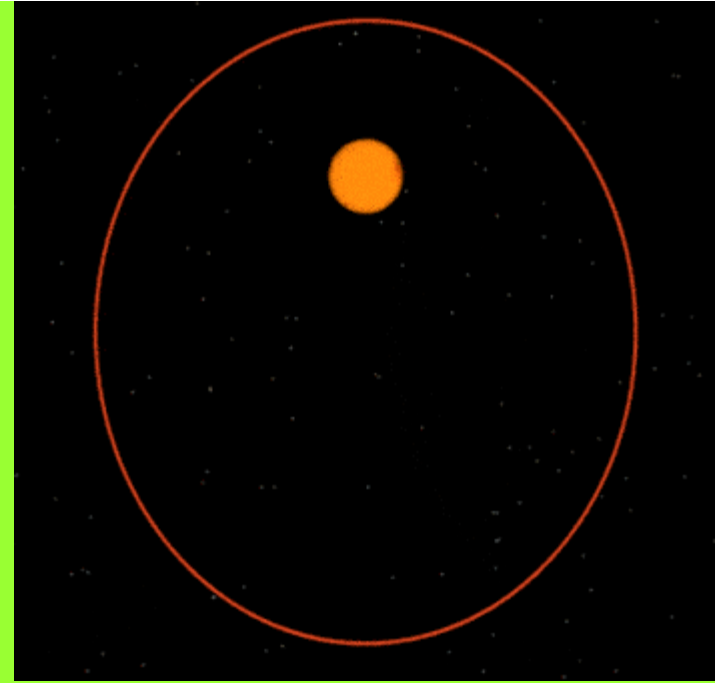
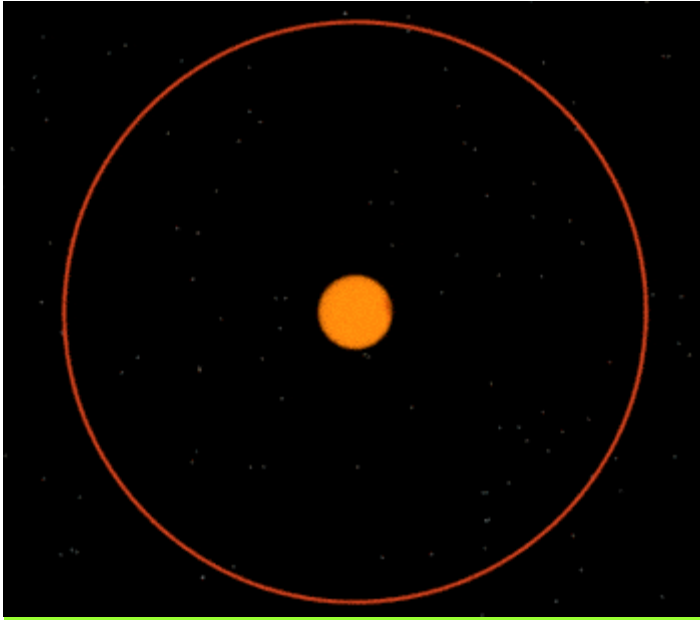
- Métodos & incertezas com temperatura
- Umidade
- Micro-clima

SOL

Motor do Clima

- Posição terra-sol e as estações do ano
- Transferência de Energia térmica
 - Condução de calor
 - Convecção
 - Radiação - ondas eletromagnéticas
- Circulação do ar na atmosfera

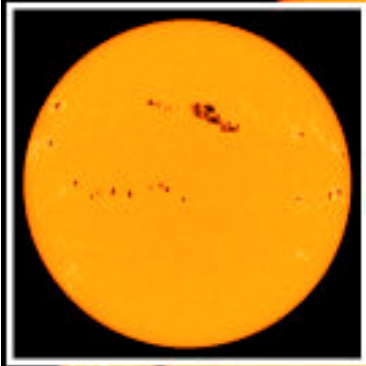




Excentricidade da órbita da terra

ciclos de 95, 125, 400 mil anos

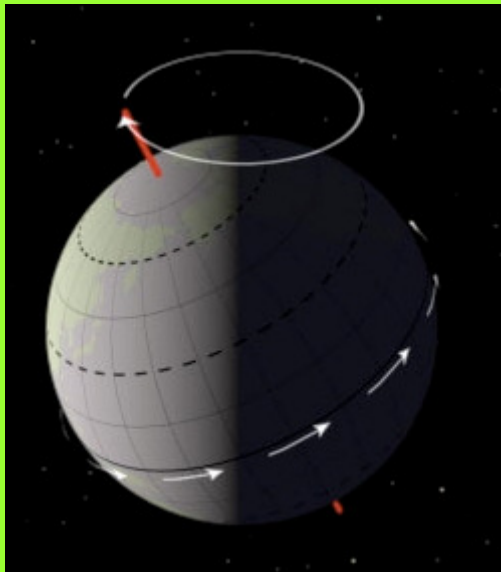
(gera hoje 6,9% mais energia no hemisfério sul)



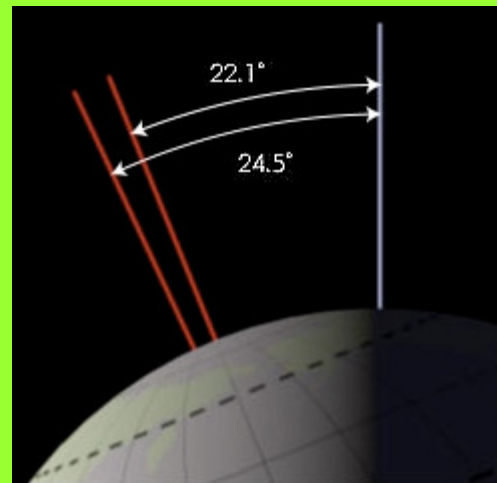
Relative size of Earth → •

**Manchas
solares - ciclo
de 11 anos**

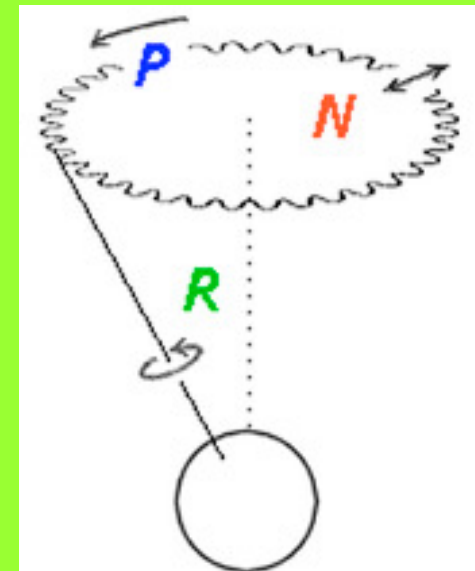
**Precessão
ciclo de 19, 22 e 24 mil anos**



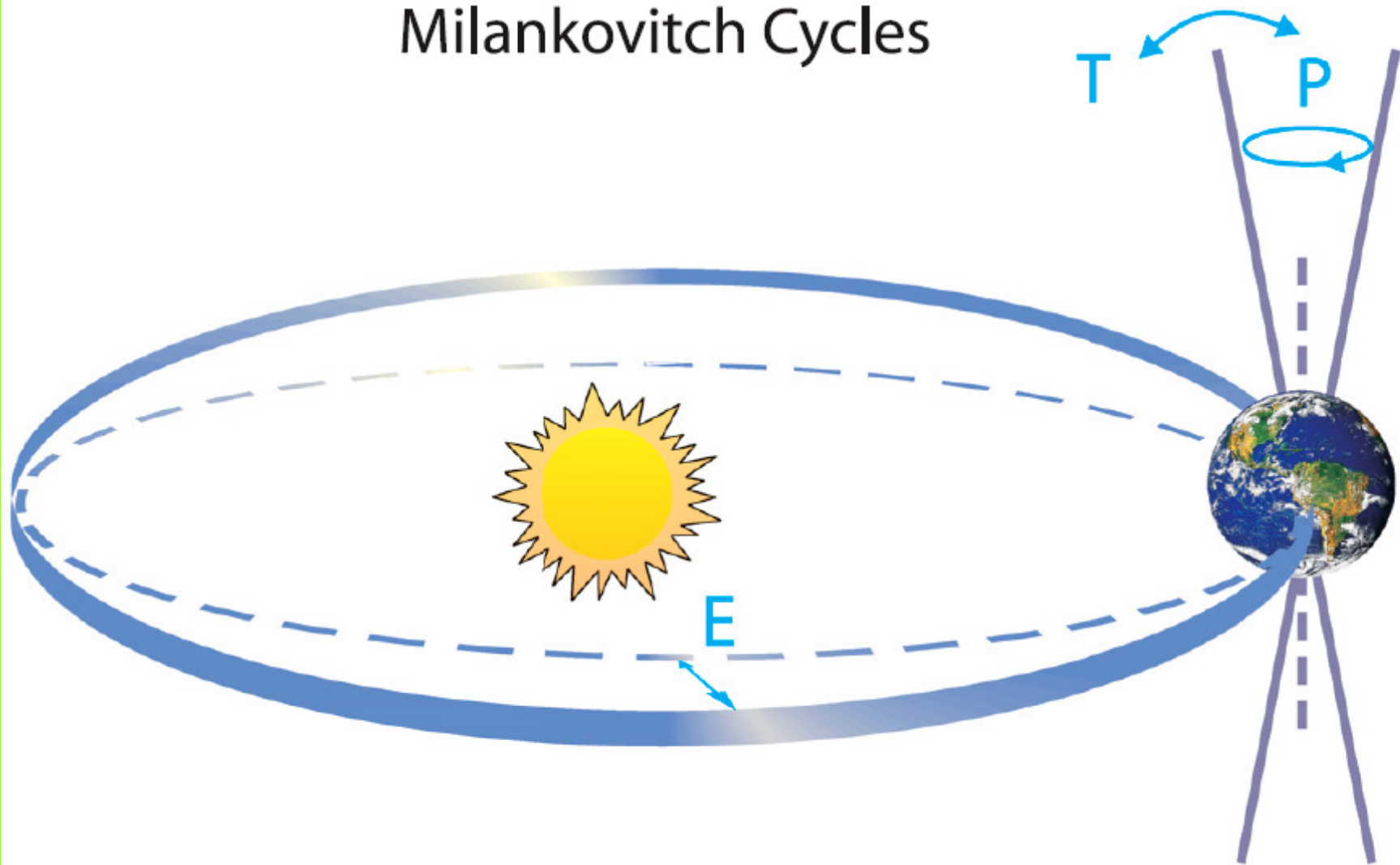
**Obliquidade
ciclo de 41 mil anos**



**Nutação
ciclo de 18,6 anos**



Milankovitch Cycles

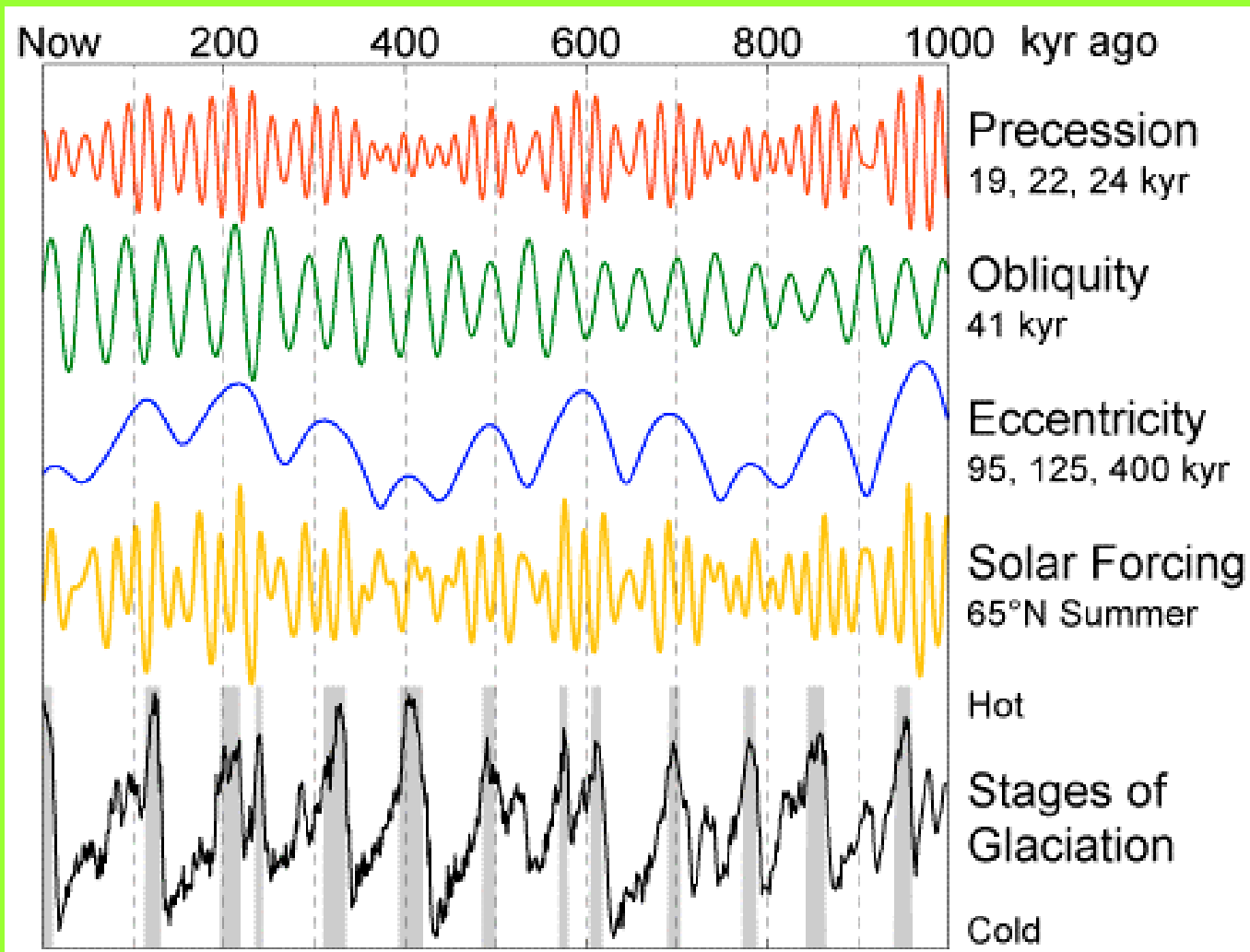


©IPCC 2007: WG1-AR4

- Excentricidade (E)** - atualmente, + 6,9% de radiação solar no hemisfério sul
- Precessão (P - 19, 22 e 24 mil anos)** - inverte estações do ano
- Obliquidade (T 41 mil anos)** - oscilação de período longo no ângulo da precessão
- Nutação (18,6 anos)** - oscilação de período curto na precessão.

Ciclo de Milankovi

100 mil anos



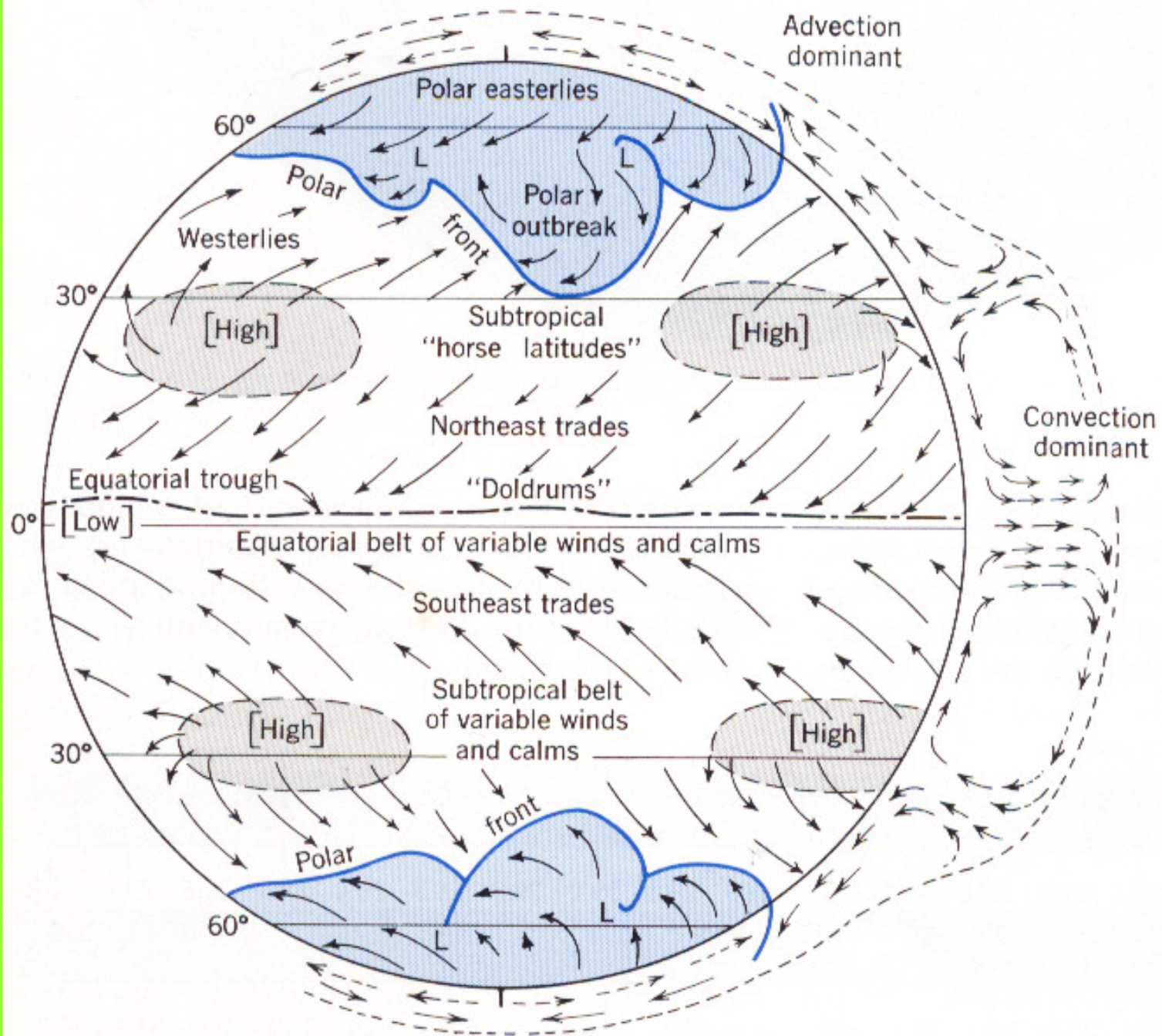


Figure 4.26 Idealized diagram of global surface winds.

Efeito Estufa

O que é o efeito estufa?

Resumidamente:

a atmosfera terrestre é relativamente transparente à radiação solar direta, mas absorve bastante a radiação emitida pela superfície da terra. A atmosfera aquecida retona radiação para a terra, que fica mais quente do que seria se não houvesse a atmosfera em torno da terra.

Tópicos

- O que é o Efeito Estufa?
 - # corpo negro e espectros característicos
 - # balanço radiativo terra-sol
 - # o papel da atmosfera terrestre e os gases estufa
- O Efeito Estufa e as Mudanças Climáticas Globais
 - # clima, paleoclima, temperatura da superfície terrestre
- Tendências climáticas e efeitos de realimentação
 - # nível dos oceanos, derretimento de geleiras, nuvens, aerossóis etc
- Tendências futuras
- Vai ou não vai aquecer?
 - O controle do Efeito Estufa e a inter-relação com outros benefícios sociais.
- O Efeito Estufa na mídia e em textos didáticos ou paradidáticos.

O que é um corpo negro?

- Absorve toda radiação que incide sobre ele e também é o emissor mais eficiente de radiação. Portanto, se aquece ou se esfria mais rapidamente. Teste isso com as placas de alumínio polida e enegrecida.
- Porque o radiômetro gira na presença de radiação solar?

O que é um espectro?

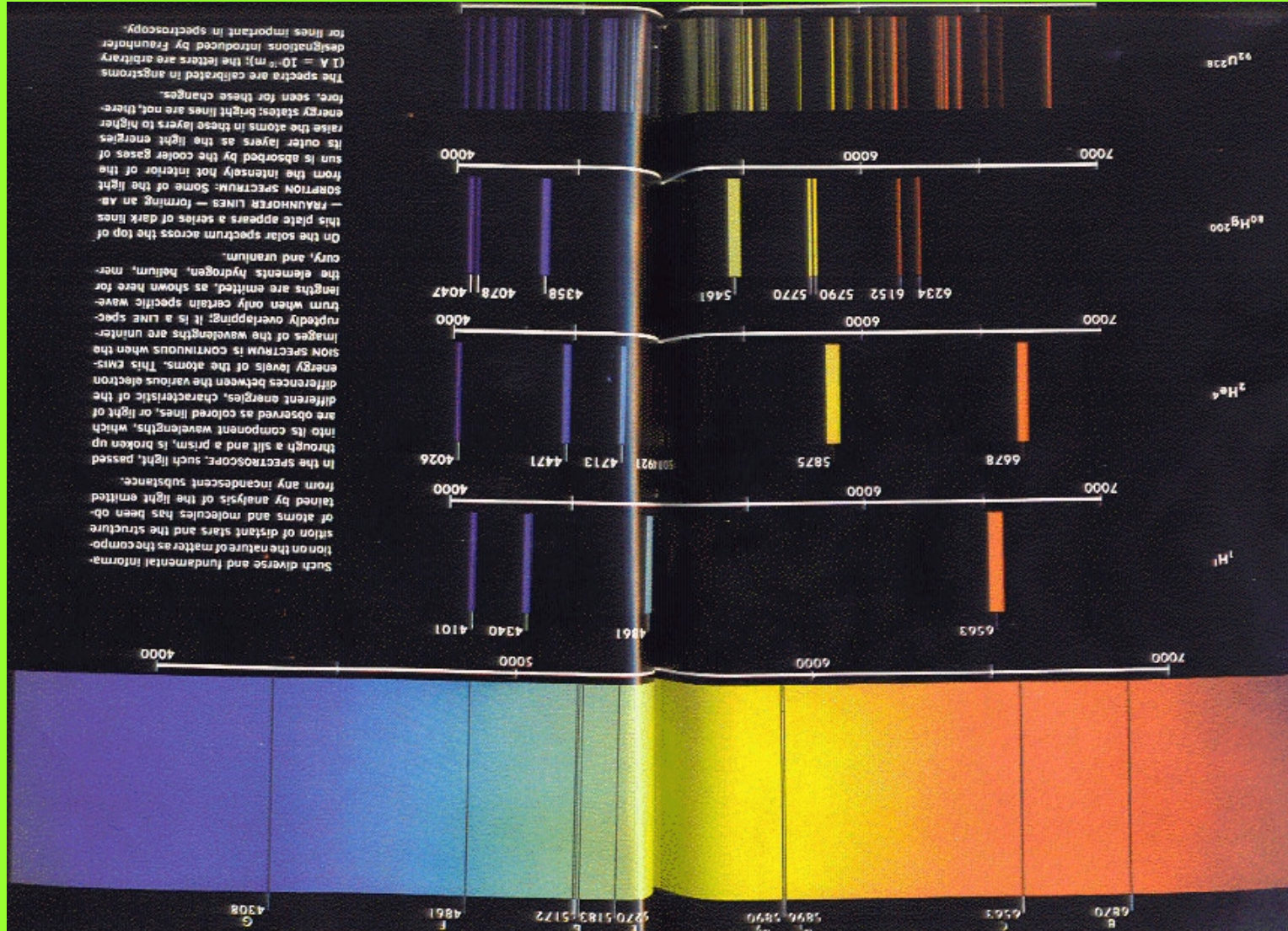
USE O ESPECTROSCÓPIO

Veja os espectros das lâmpadas de He, Ne, Hg, H₂O

Veja o espectro da lâmpada fluorescente

Veja o espectro da lâmpada incandescente

Veja o espectro solar



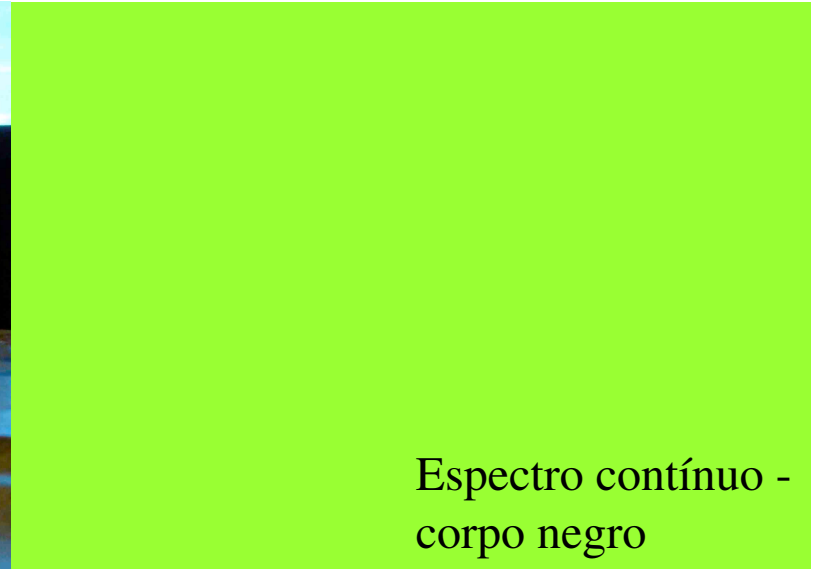
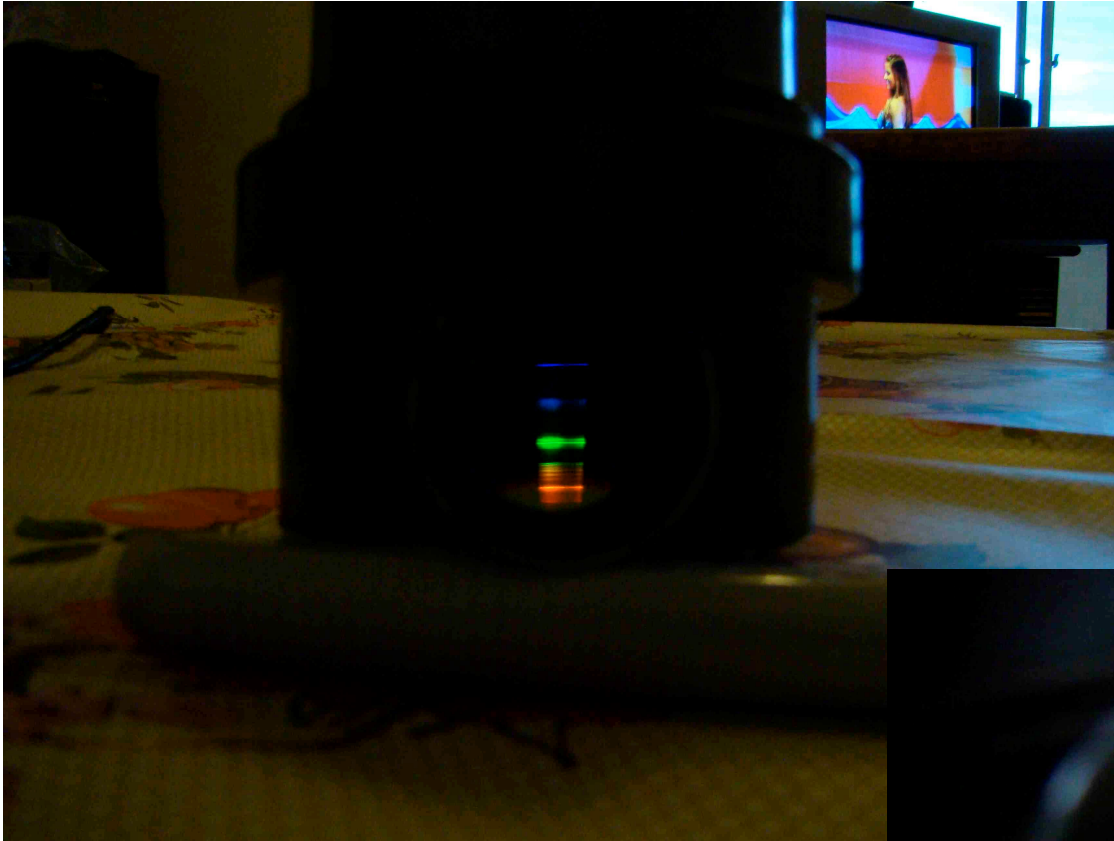
Urânio (U)

Mercúrio (Hg)

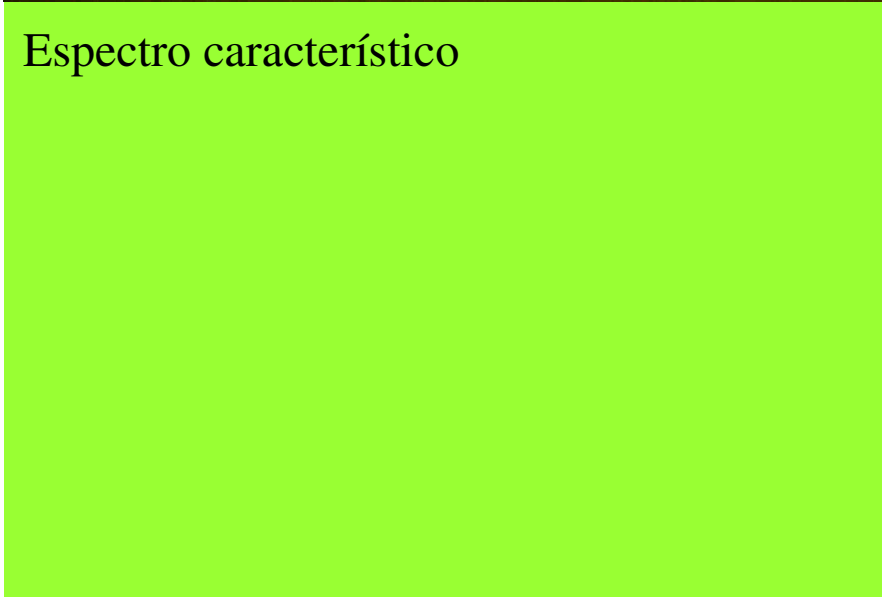
Hélio (He)

Hidrogênio (H)

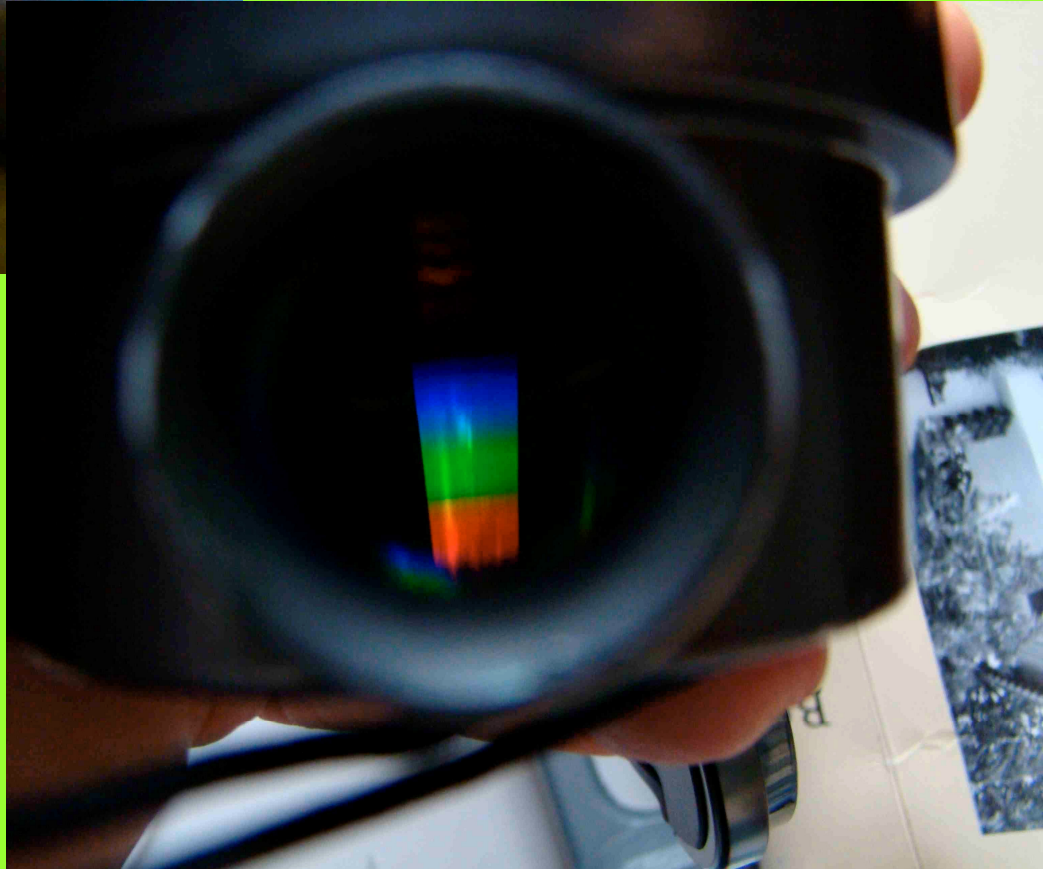
Sol



Espectro contínuo -
corpo negro



Espectro característico

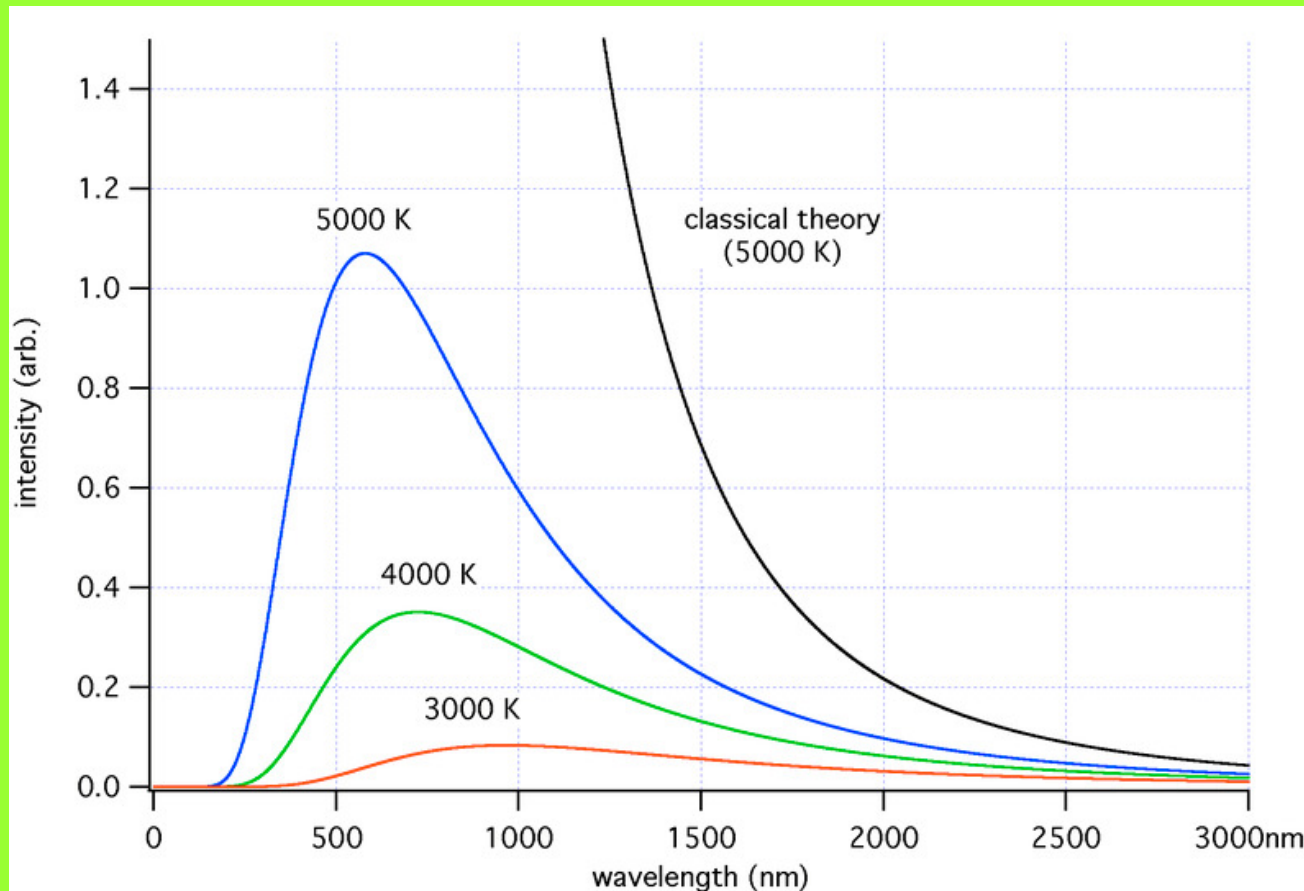


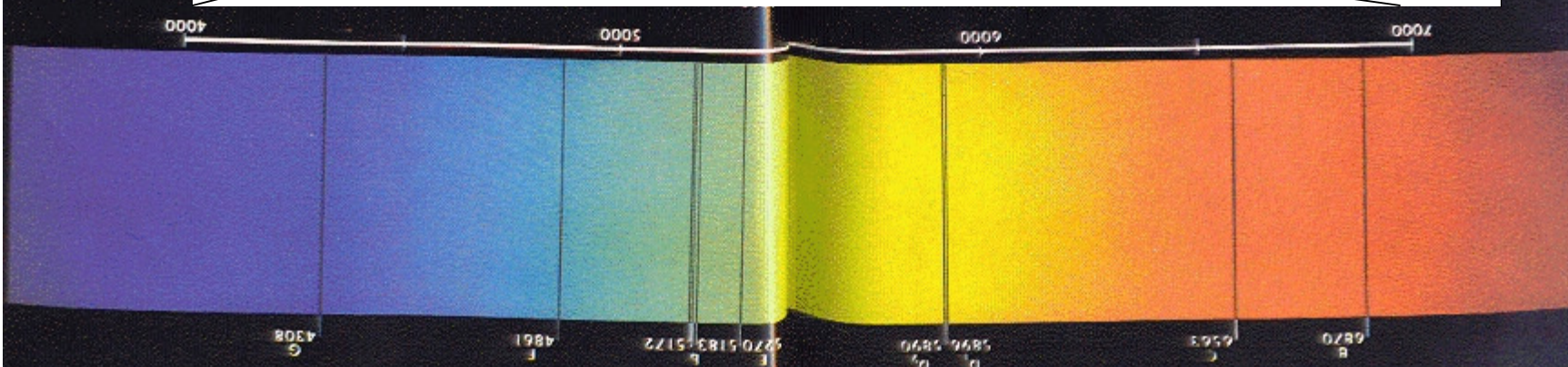
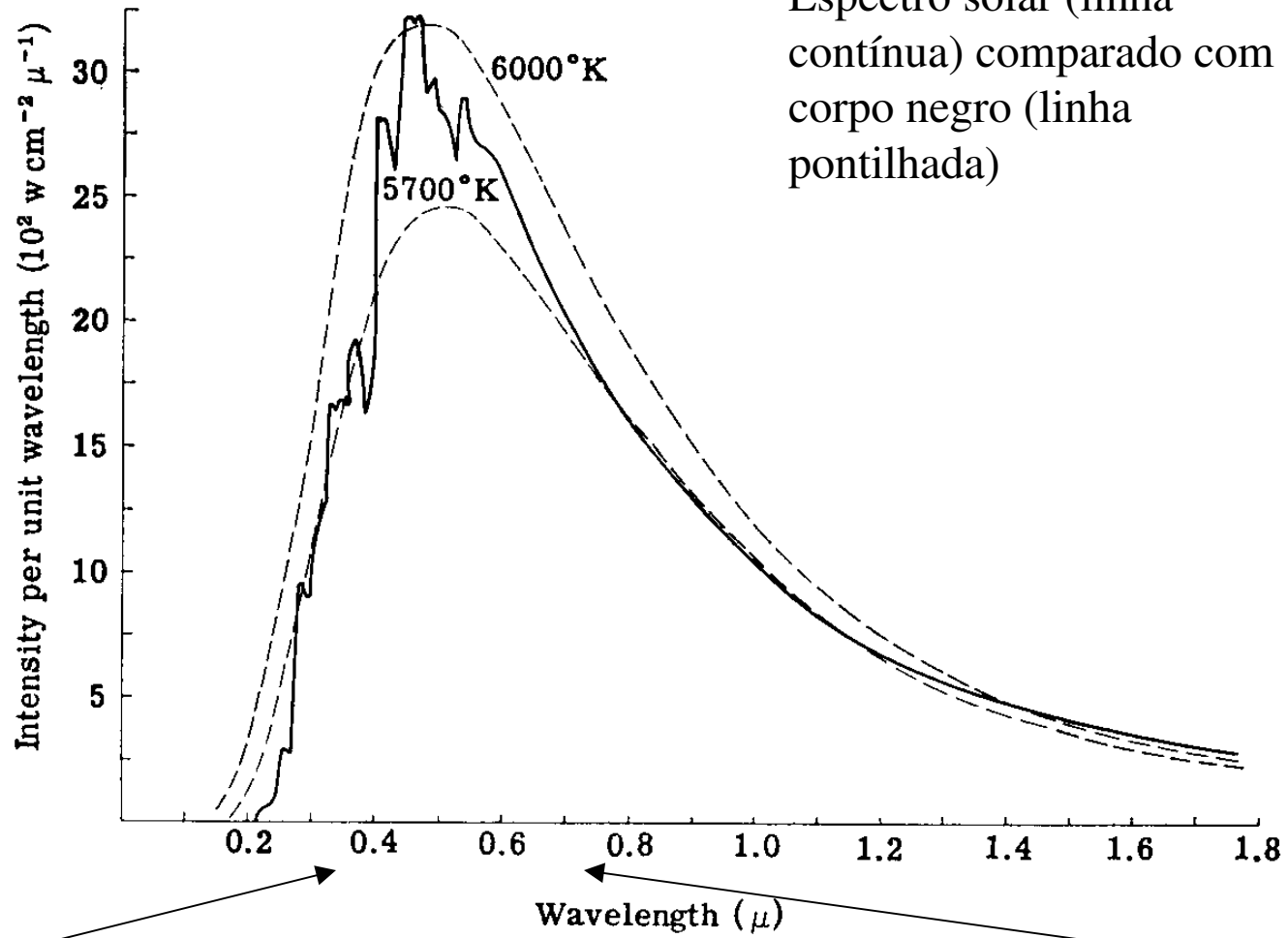
Lei de Planck

A potência irradiada por um corpo negro:

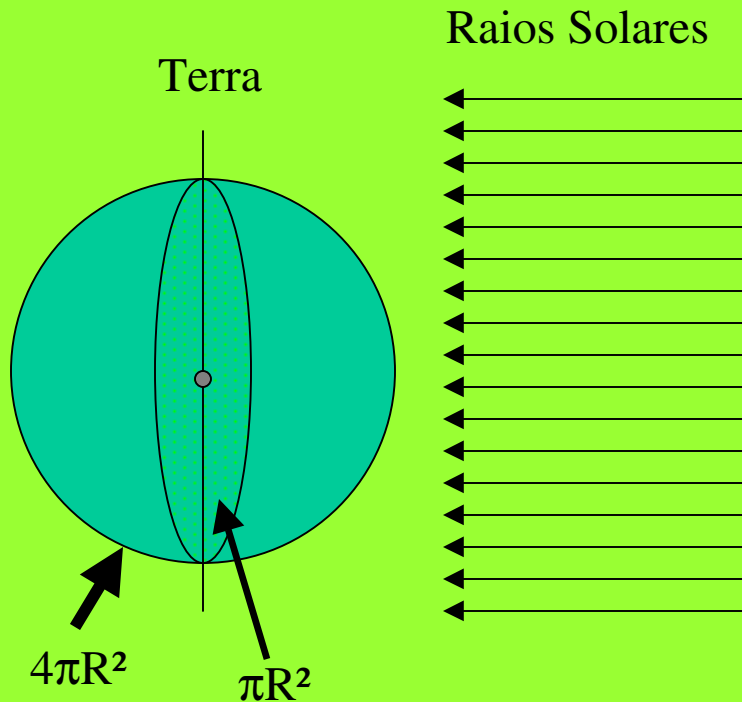
$$E_B = \sigma T^4$$

- σ é a constante de Stefan-Boltzmann $5,6703 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$
- T a temperatura absoluta do corpo





Balço radioativo terra-sol



A potência irradiada por um corpo negro:

$$E_B = \sigma T^4$$

- σ é a constante de Stefan-Boltzmann

$$5,6703 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$$

- T a temperatura absoluta do corpo

A Terra absorve a radiação solar a uma taxa de:

$$E_A = S (1 - \alpha)/4$$

- S é a taxa de radiação solar (constante solar entre 1365 a 1372 Wm^{-2})

- $\alpha \approx 0,3$ fração de radiação refletida (albedo)

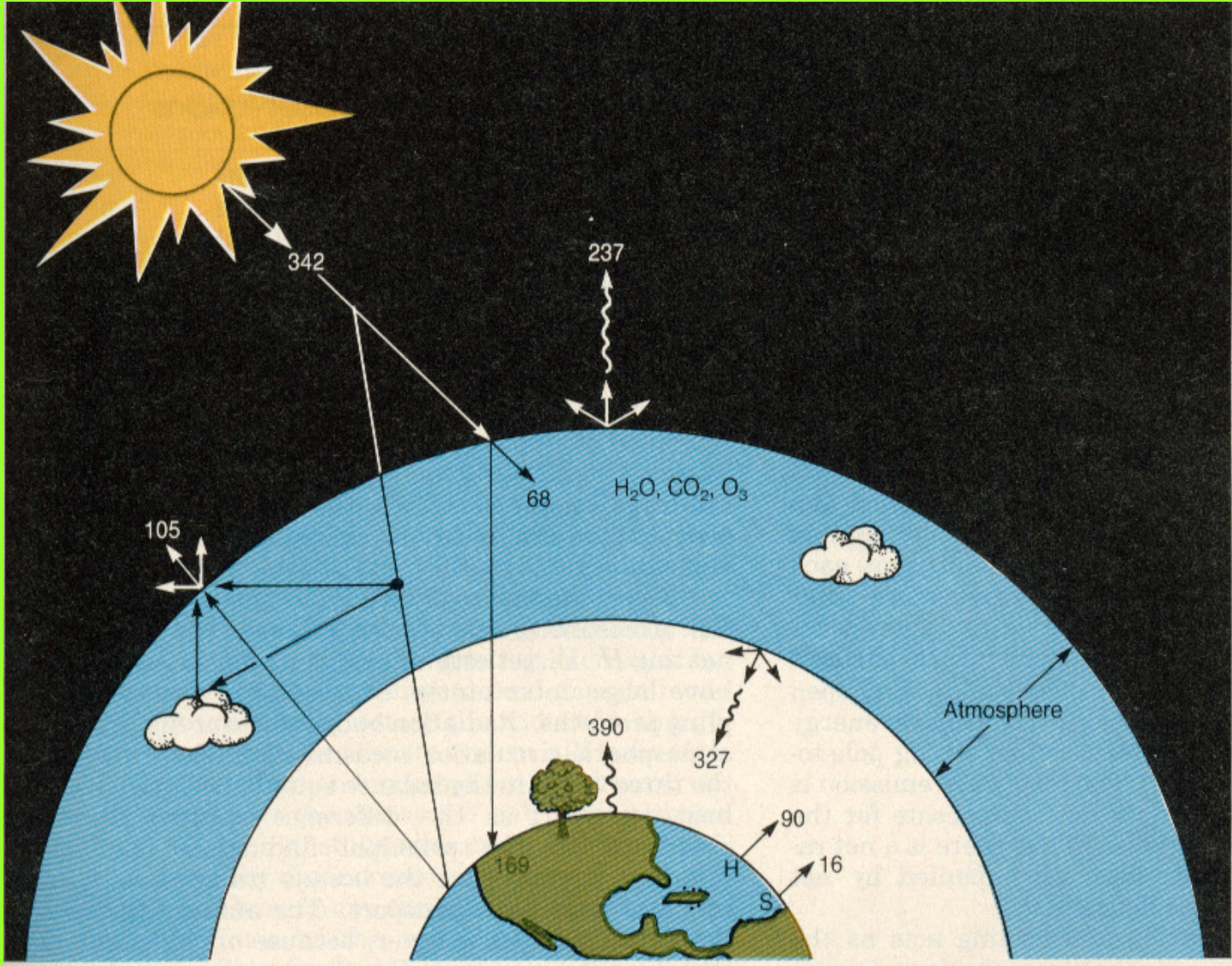
- fator 1/4 é a distribuição da energia solar sobre a superfície terrestre: $\pi R^2/4\pi R^2 = 1/4$.

No equilíbrio, $E_B = E_A$ ou,

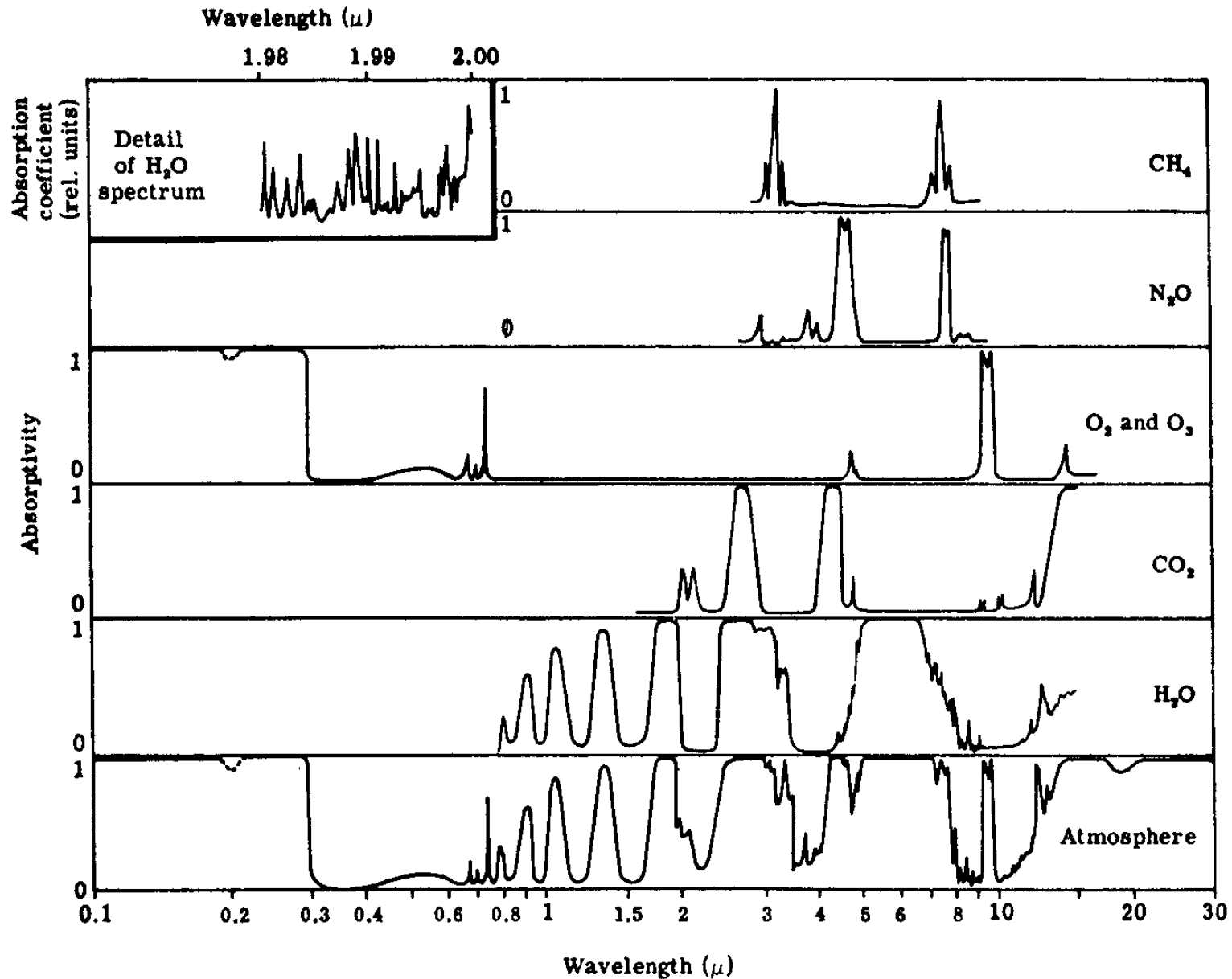
$$\sigma T^4 = S (1 - \alpha)/4$$

O que dá um T de equilíbrio de 255 K, ou -18°C!

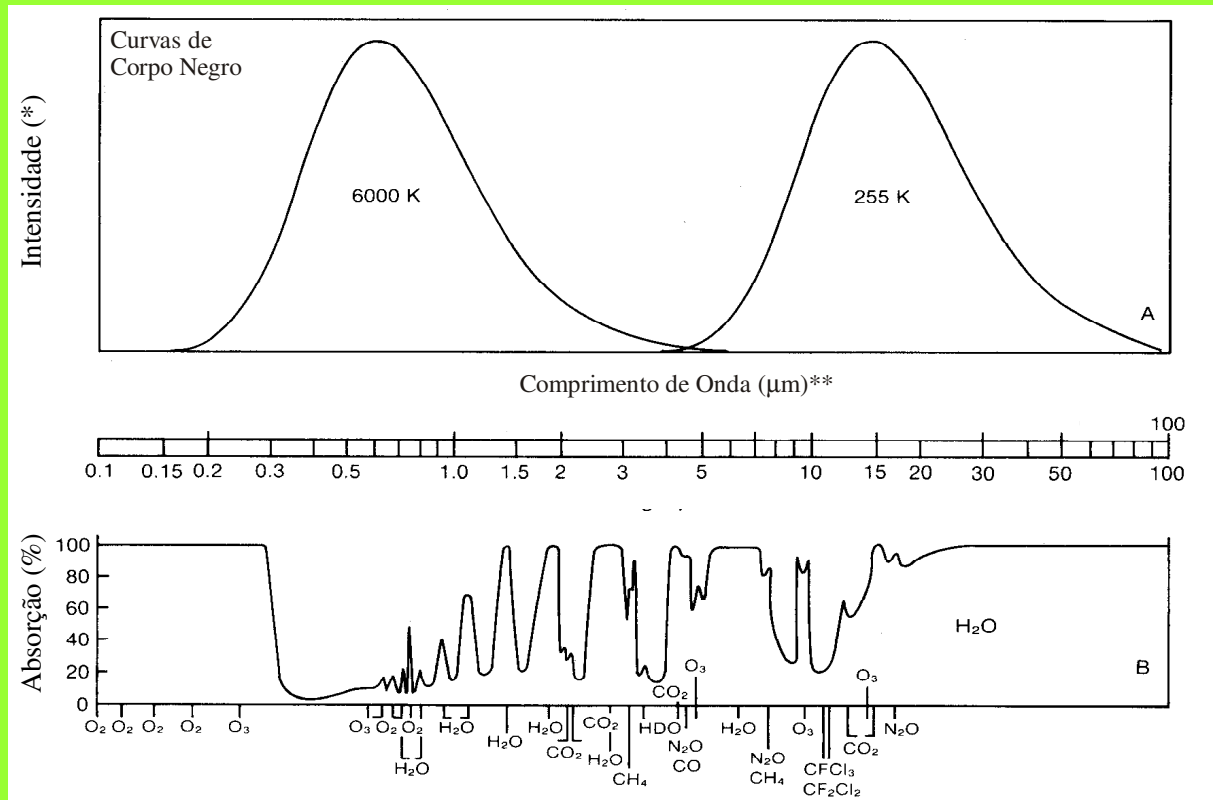
Efeito Estufa - Adicionando a Atmosfera



Espectros de absorção de radiação de alguns componentes do ar



Espectros de emissão do sol e da terra confrontado com o espectro de absorção da atmosfera terrestre



Concentrações atuais e aquecimento estufa devido a gases traço.

Fontes: MITCHELL, 1989; IPCC, 2007

Gás	Concentração (ppm)	Aquecimento Estufa ($W.m^{-2}$)	Variação desde o ano 1750 até ~2005 ($W.m^{-2}$)
vapor de água (H_2O)	~3000	~100	
dióxido de Carbono (CO_2)	345	~50	1.66
metano (CH_4)	1.7	1.7	0.48
óxido nitroso (N_2O)	0.30	1.3	0.16
ozônio (O_3) na Troposfera	$10-100 \times 10^{-3}$	1.3	0.35
CFC 11	0.22×10^{-3}	0.06	0.06
CFC 12	0.38×10^{-3}	0.12	0.12
Todos Halocarbonos		0.34	0.34

Absorção total: $\sim 155 W.m^{-2}$

Variação Total: $\sim 2.99 W.m^{-2}$

Variação Líquida: $\sim 1,6 W .m^{-2}$

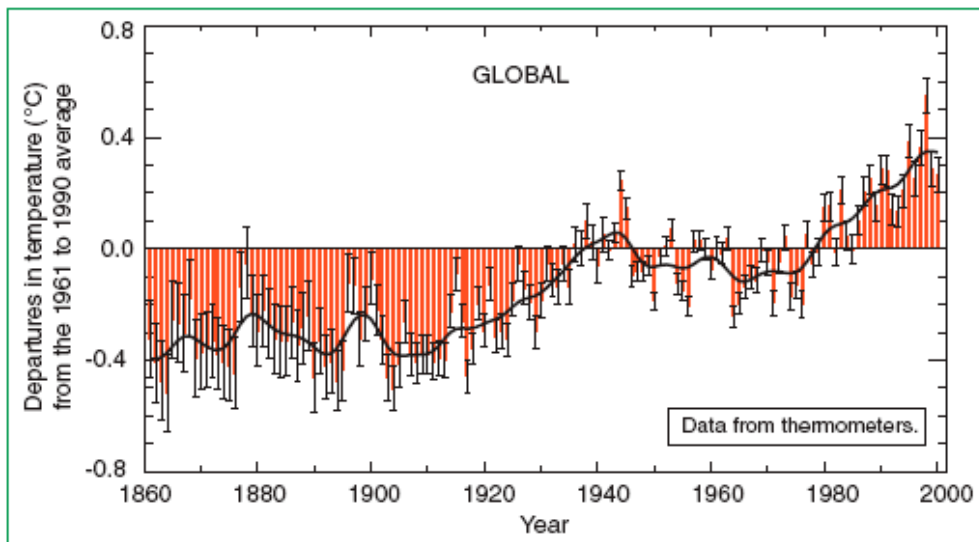


Figure 2: Combined annual land-surface air and sea surface temperature anomalies (°C) 1861 to 2000, relative to 1961 to 1990. Two standard error uncertainties are shown as bars on the annual number.

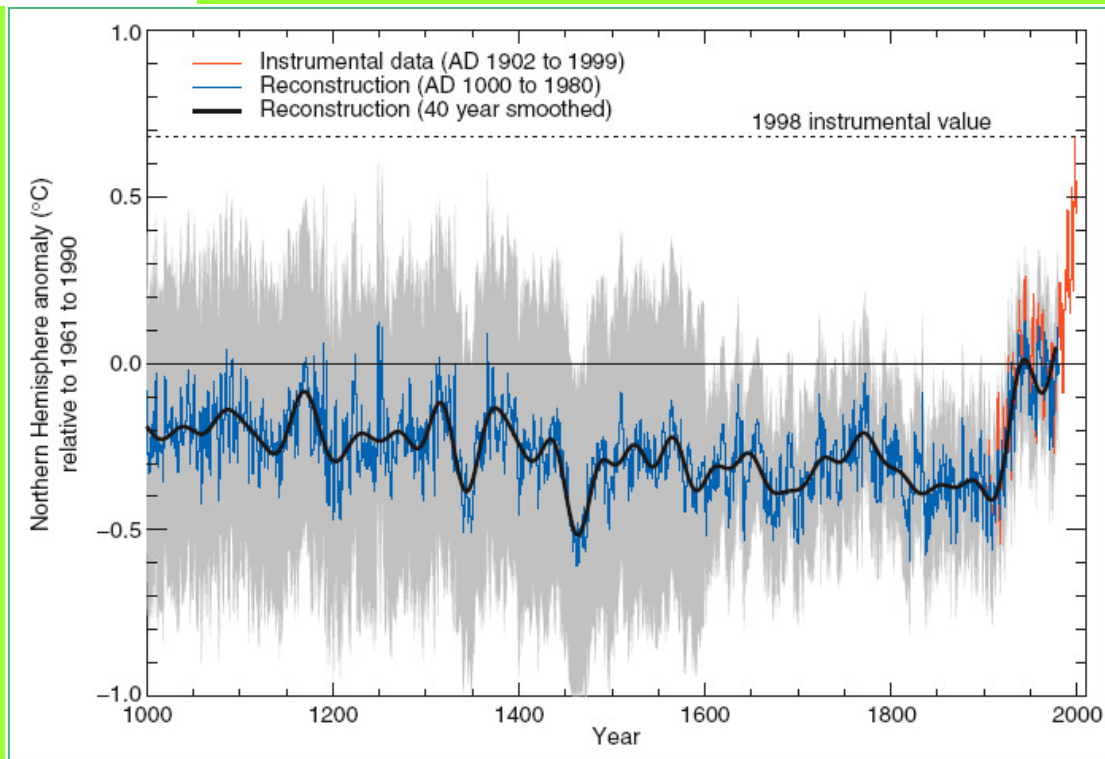


Figure 5: Millennial Northern Hemisphere (NH) temperature reconstruction (blue – tree rings, corals, ice cores, and historical records) and instrumental data (red) from AD 1000 to 1999. Smoother version of NH series (black), and two standard error limits (gray shaded) are shown. [Based on

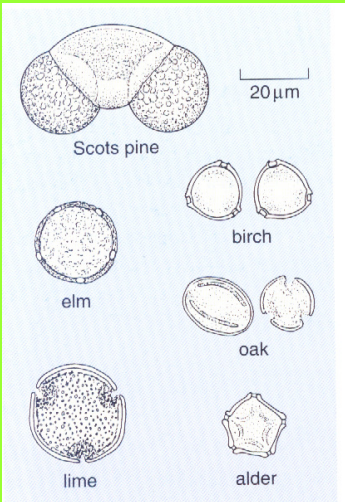
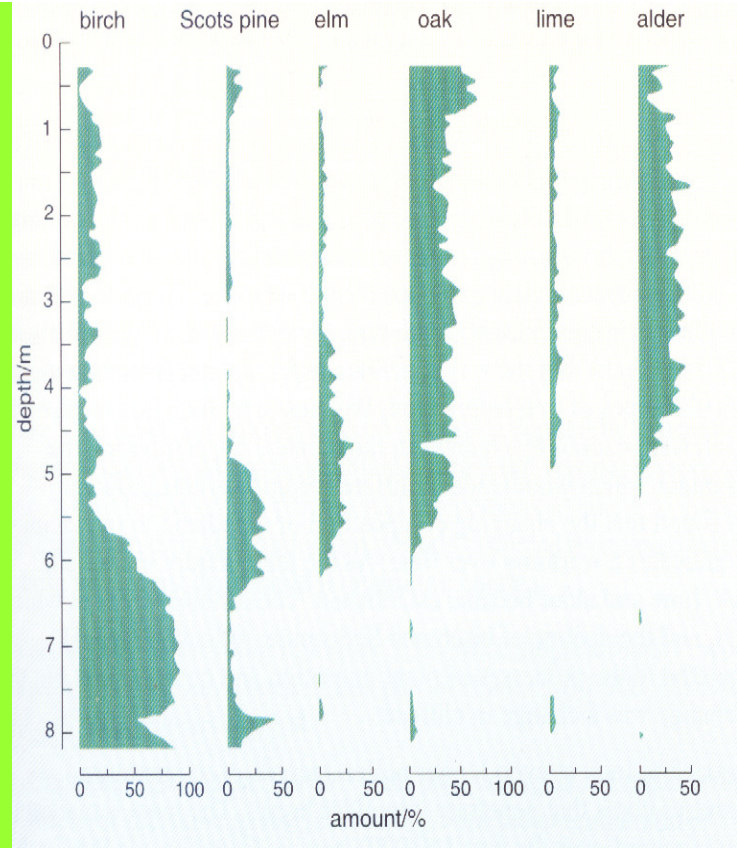
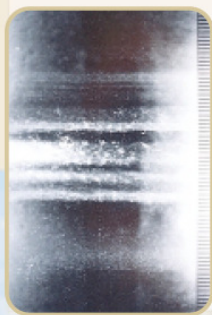


Figure 3.9 Drawings of pollen grains from different types of tree. Note the scale bar indicating that these small grains are only 20 μm or so across.

Paleoclima-sedimentos



Ice cores

Information: Volume of continental ice from oxygen isotopic composition of the oceans; levels of CO₂ and methane in the atmosphere from trapped gas bubbles; wind strength and source from dust, sea salt, pollen; surface temperature from isotopic ratios in ice, borehole temperatures, gas fractionation, melt layers; snow accumulation rates from thickness of annual layers; sunspot cycles from isotopes formed by solar cosmic rays.

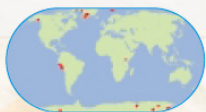
Resolution: Subseasonal to decadal; highly accurate to 40,000 years.

Dating: Counting of annual layers, such as these (left) from Greenland; correlation to other cores; ice-flow models.

Comments: These cores provide a direct sample of the atmosphere. Cores also contain information about places ranging from the local environment to distant deserts, which helps scientists figure out which aspects of climate change at the same time.

Time range: 440,000 years ago to present.

Areas studied:



Ice

Semidesert/
grassland

Desert

Desert

Corals

Information: Sea surface temperature from oxygen isotopes and elemental ratios, also salinity. River discharge and precipitation cycles on land from isotopes. Records reveal El Niño frequency, impacts, and relation to background climate; sea level from dating of coral. Oxygen isotopes in coral from Kenya (right) show a connection to El Niño in the Pacific.

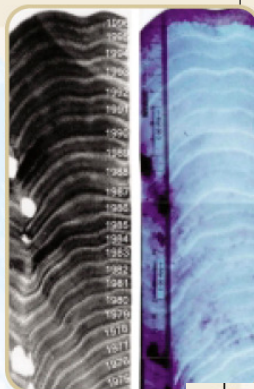
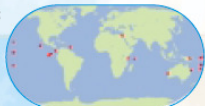
Resolution: Typically months; weekly in exceptional cases.

Dating: Annual banding from coral density, stable-isotope ratios, or elemental ratios.

Comments: One of the few tropical records that show seasonal changes in ocean systems. Accurate multivariate data sets. Disadvantage: hard to find records that are 400 or more years long.

Time range: Continuous records to about 400 years. Large fossil corals give short time intervals about 130,000 years ago.

Areas studied:



Paleoclima:

- . Testemunhos de Gelo
- . Corais
- . Anéis de árvores

Tree rings

Information: Temperature and rainfall—even seasonal changes—from ring width and density; records contain patterns of cycles such as El Niño and the Pacific decadal oscillation; ring scars can be used to reconstruct frequency and area of wildfires.

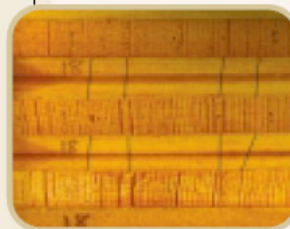
Resolution: Annual.

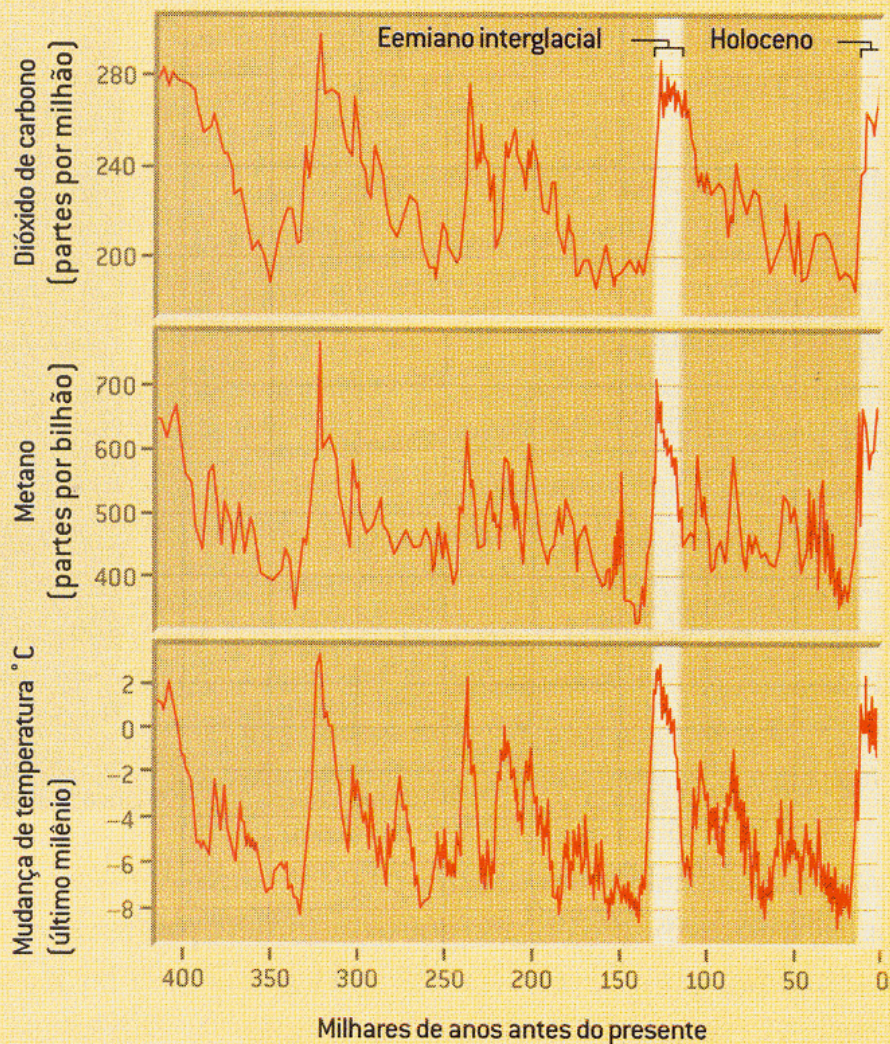
Dating: Counting of rings; radiometric carbon; correlation between trees, as shown in 700-year-old Douglas firs (left) from El Malpais National Monument in New Mexico.

Comments: Only terrestrial record with widespread and continuous annual resolution. Limited use in tropical and subtropical regions, where trees don't form well-defined rings. Interpretation complicated because tree growth is influenced by many local factors.

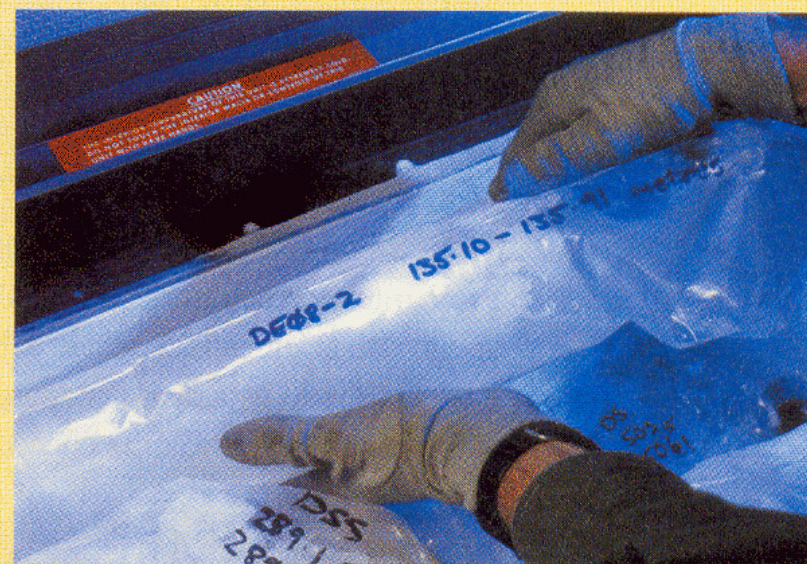
Time range: Typically 500 to 700 years ago to present. In a few cases, 11,000 years ago to present. One 1200-year record extends back to 50,000 years ago.

Areas studied:

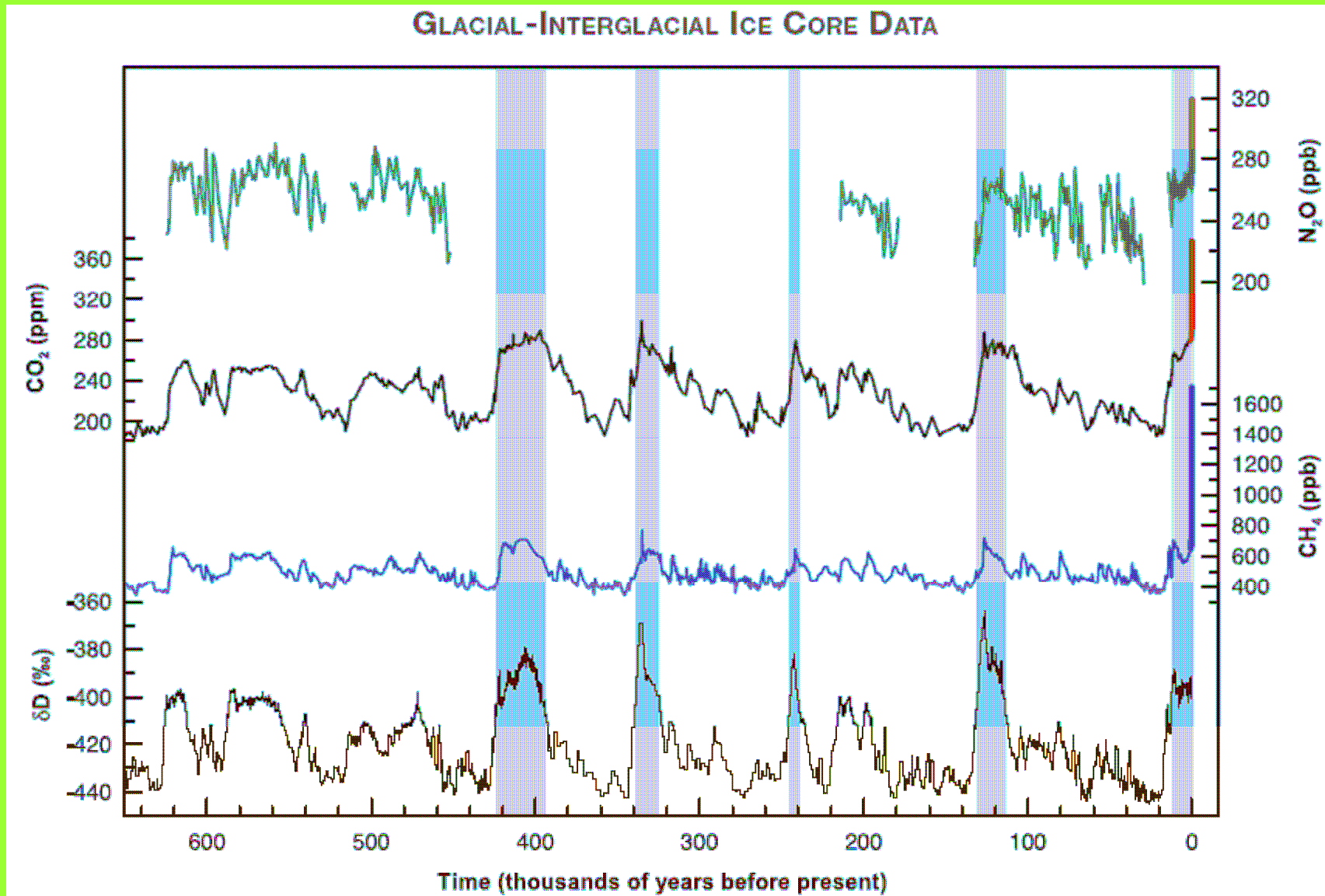




O GELO DA ANTÁRTIDA preservou um registro de 400 mil anos de temperatura e dos níveis de dióxido de carbono e metano na atmosfera. Os cientistas estudam os gases aprisionados em bolhas de ar no gelo – geralmente usando amostras (foto) de perfurações no manto de gelo e transportadas para um laboratório. O registro histórico nos fornece duas medidas críticas: comparação do presente período interglacial (o Holoceno) com a mais recente era glacial (20 mil anos atrás) oferece uma medida precisa da sensibilidade do clima a forçantes. A temperatura no período interglacial anterior (o Eemiano), quando o nível do mar estava vários metros mais alto que hoje, define uma estimativa do aquecimento que a civilização atual consideraria interferência antropogênica perigosa no clima.



Estação Vostok, Antártica



IPCC,2007. A variação da concentração de Deutério (δD) está associada à temperatura

Nível dos oceanos

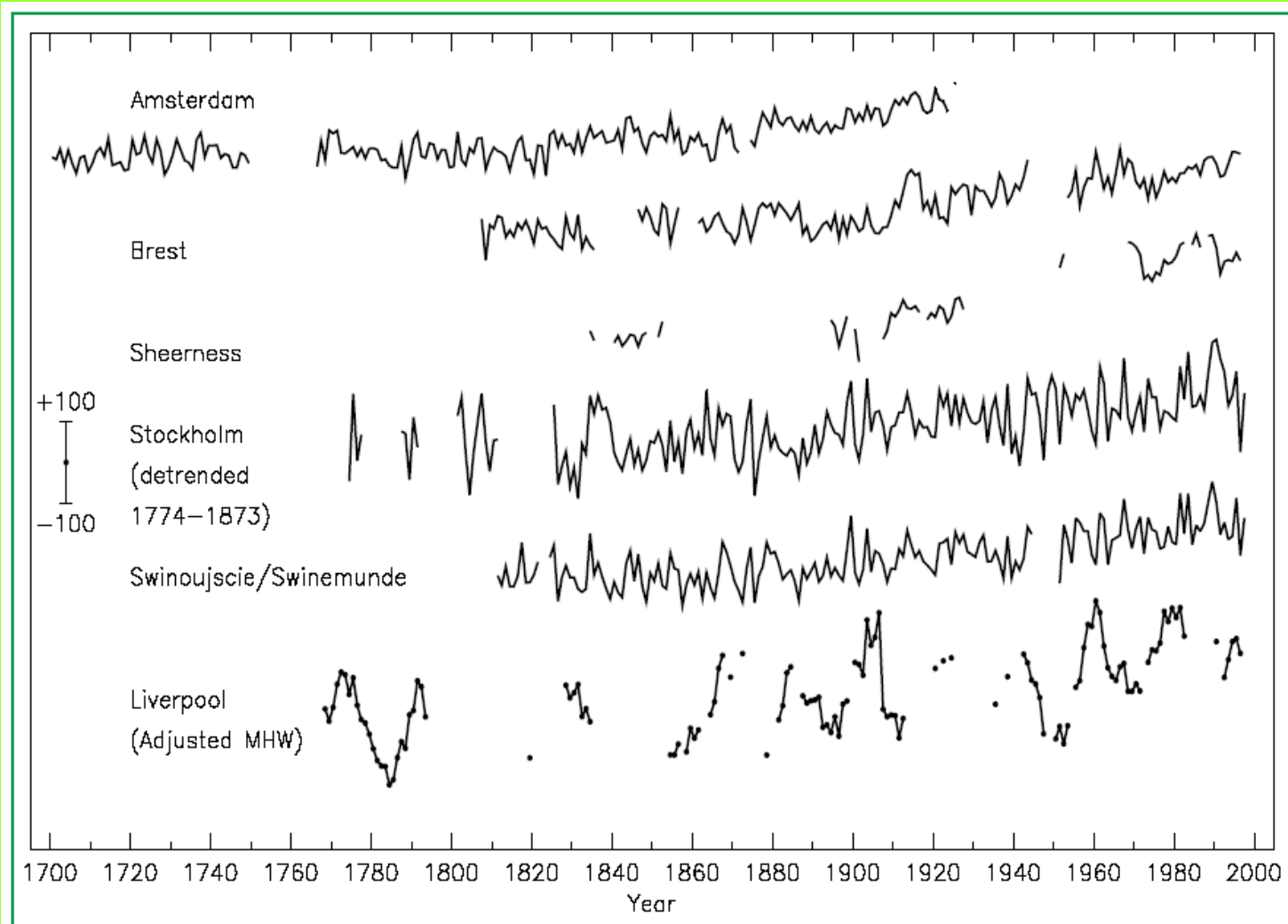
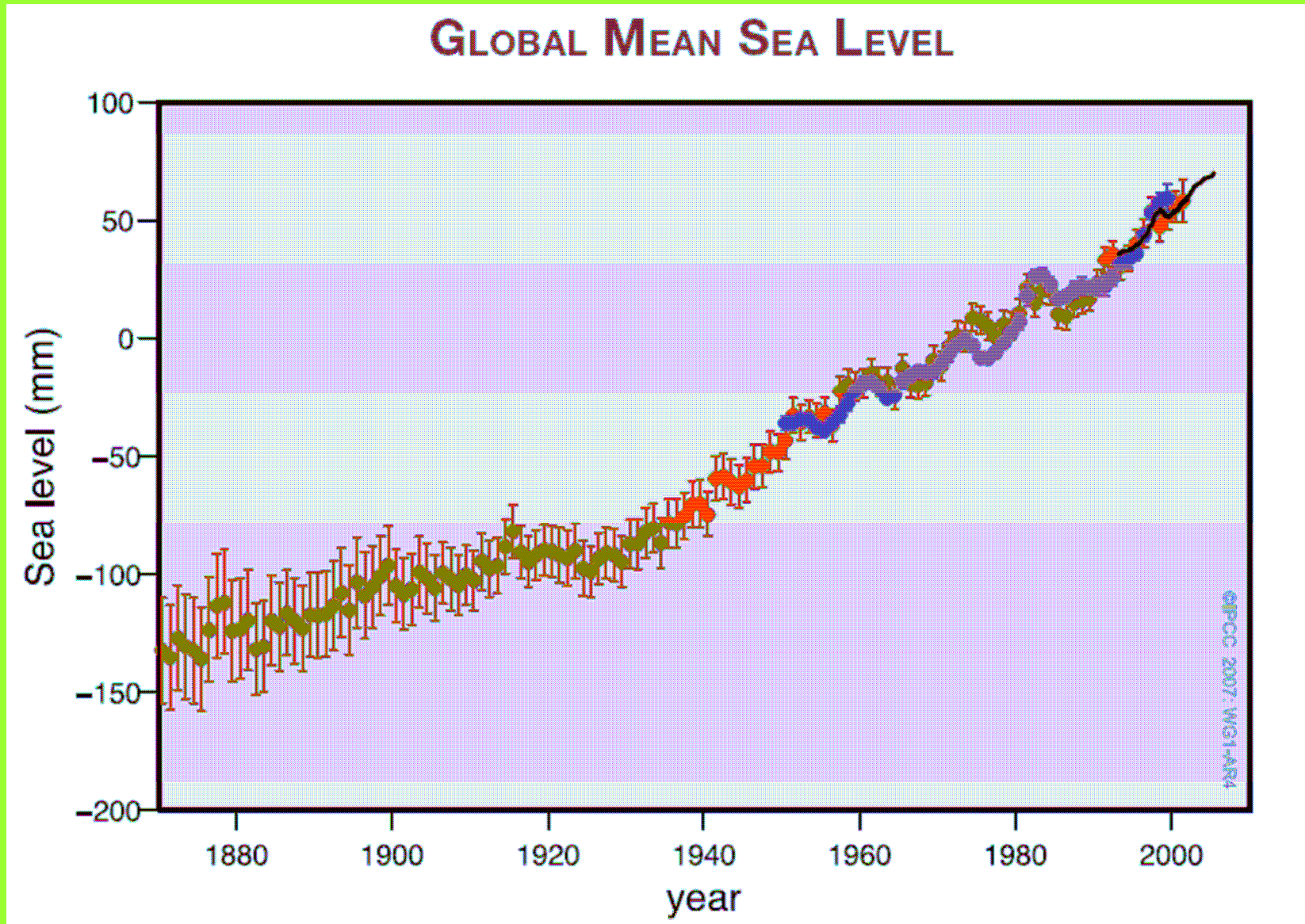


Figure 6: Time-series of relative sea level for the past 300 years from Northern Europe: Amsterdam, Netherlands; Brest, France; Sheerness, UK; Stockholm, Sweden (detrended over the period 1774 to 1873 to remove to first order the contribution of post-glacial rebound); Swinoujscie, Poland (formerly Swinemunde, Germany); and Liverpool, UK. Data for the latter are of "Adjusted Mean High Water" rather than Mean Sea Level and include a nodal (18.6 year) term. The scale bar indicates ± 100 mm. [Based on Figure 11.7]

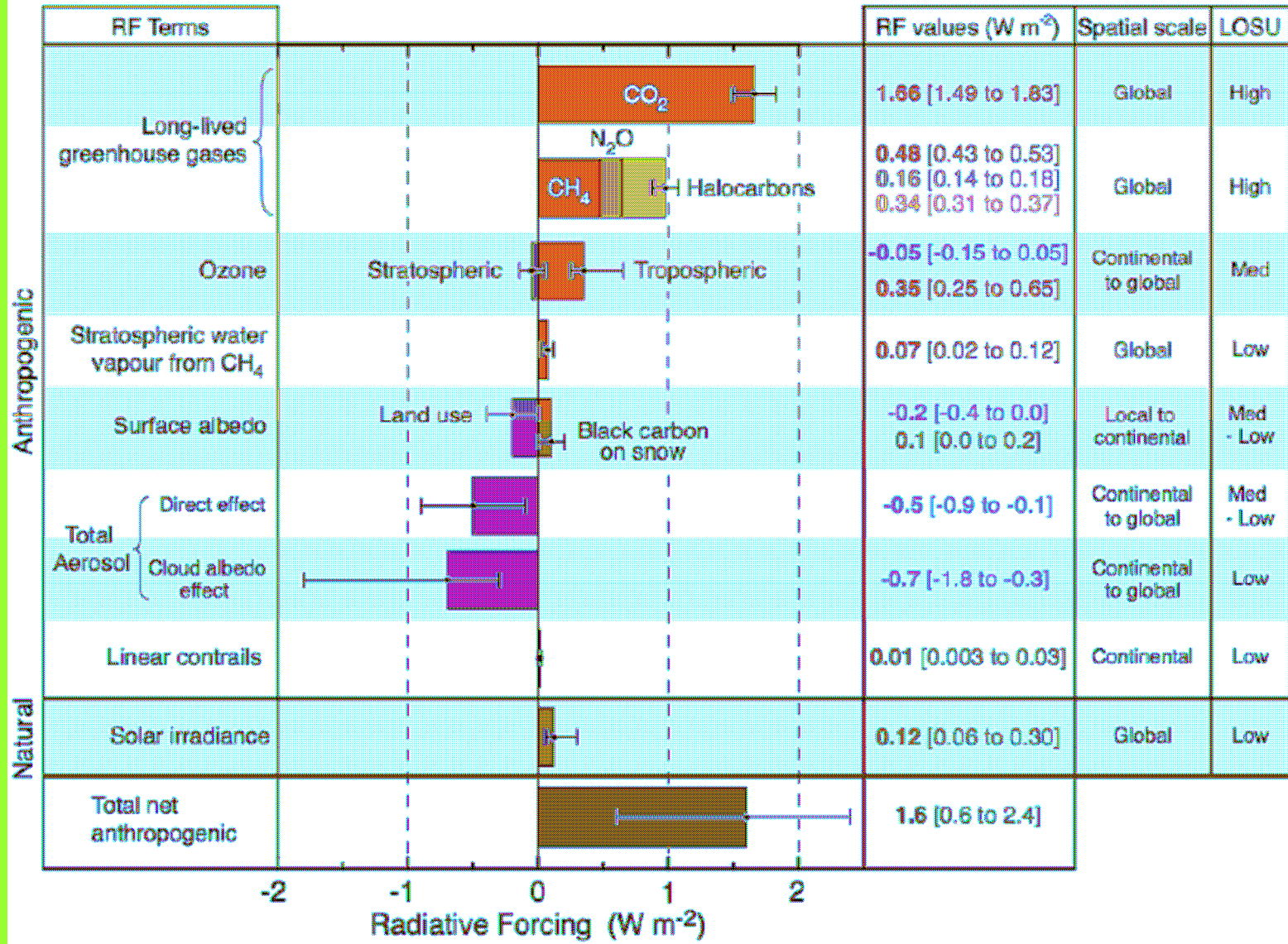
Desde 1993 há medidas feitas por satélite. 1961 a 2003, 1,8mm/ano. 1993 a 2003, 3,1mm/ano

Nível dos oceanos



Em preto, desde 1993, medido por satélite. Em azul, desde 1950, por sensores de maré.
Reconstituição em vermelho. 1961 a 2003, 1,8mm/ano. 1993 a 2003, 3,1mm/ano.

Radiative Forcing Components

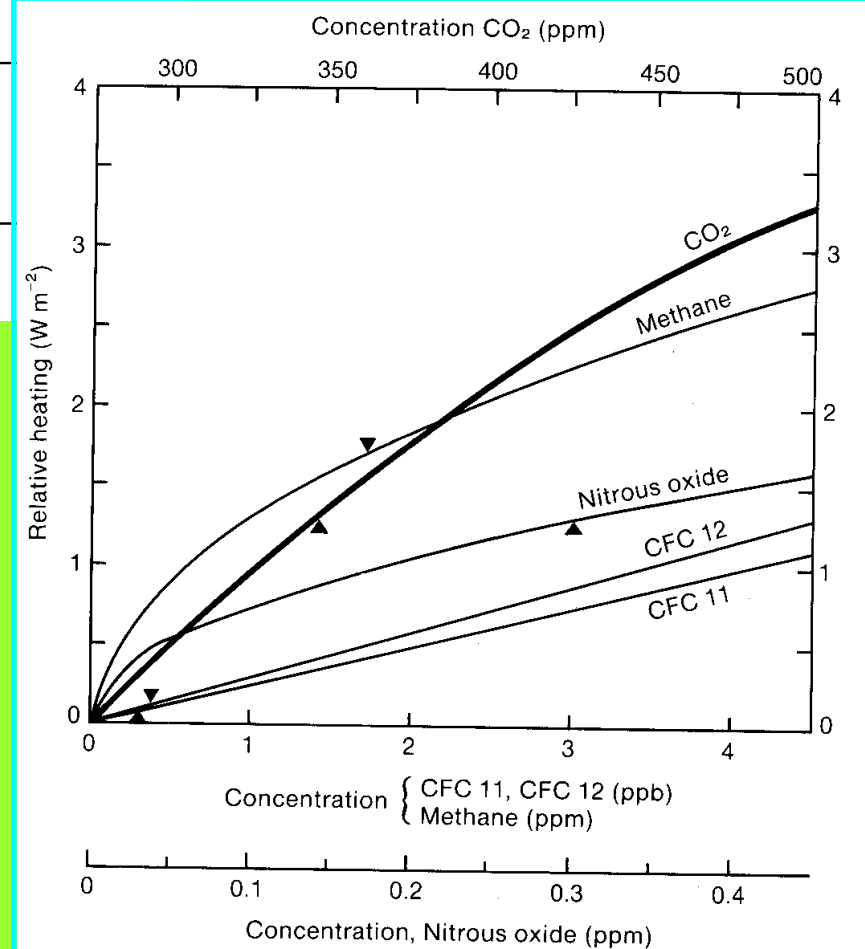
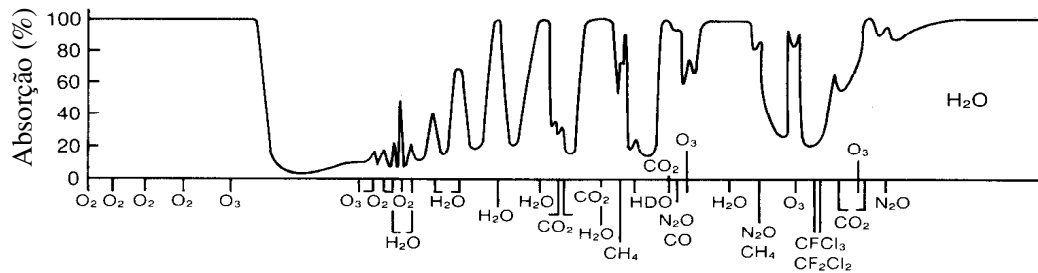
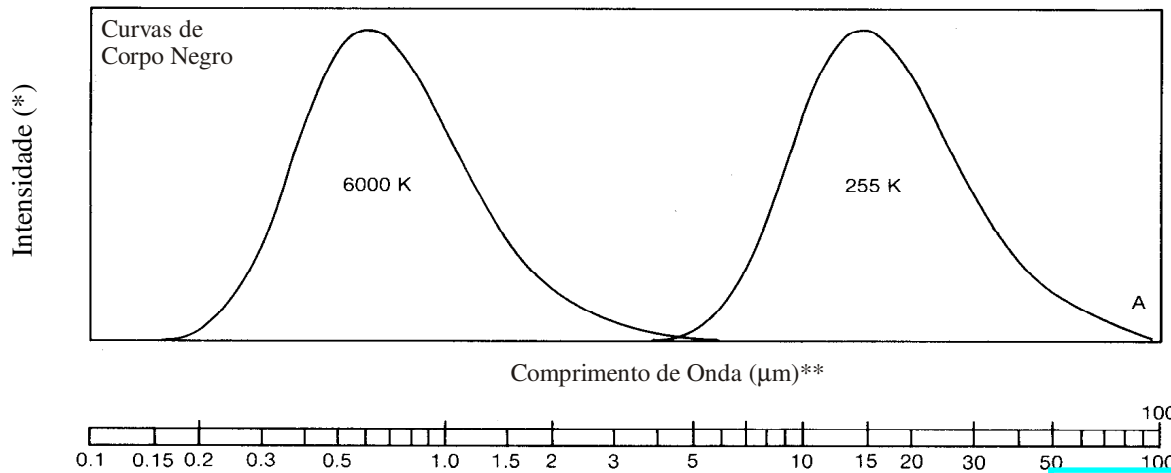


©IPCC 2007: WG1-AR4

De 1750 até 2005

Espécie	Fórmula Química	Tempo de residência (anos)	Potencial de Aquecimento Global (relativo ao CO ₂)		
			20 anos	100 anos	500 anos
CFC-11	CFCl ₃	50	5.000	4.000	1.400
CFC-12	CF ₂ Cl ₂	102	7.900	8.500	4.200
Metano	CH ₄	14,5	62	24,5	7,5
Óxido Nitroso	N ₂ O	120	290	320	180
Hexafluoreto de Enxofre	SF ₆	3.200	16.500	24.900	36.500

Destacado do relatório IPCC, 2007

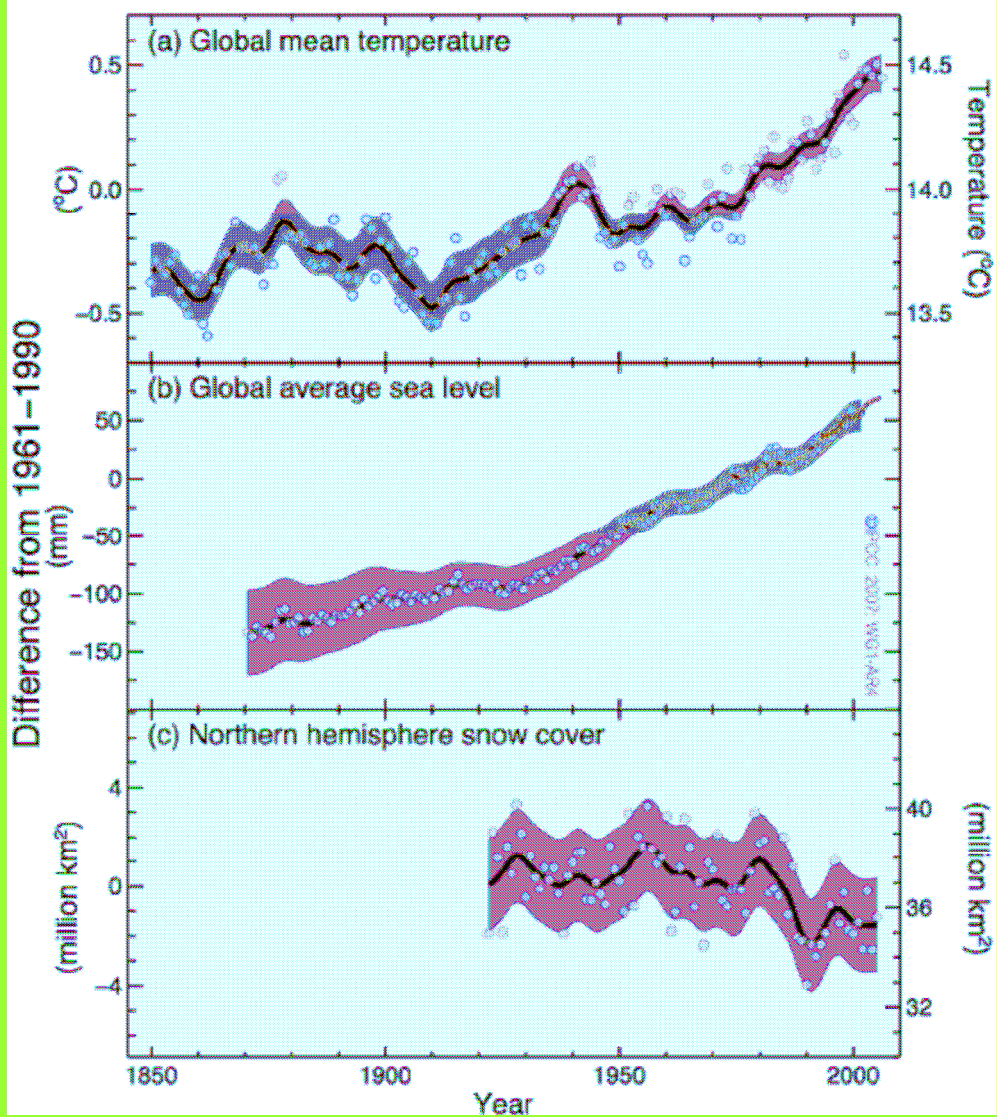


Potencial de relativo de aquecimento para alguns gases

O sinal triangular marca o nível de concentração atual.

O potencial dependerá da eficiência de absorção da radiação pelo componente, da faixa de energia que ele absorve e do tempo de residência do elemento na atmosfera.

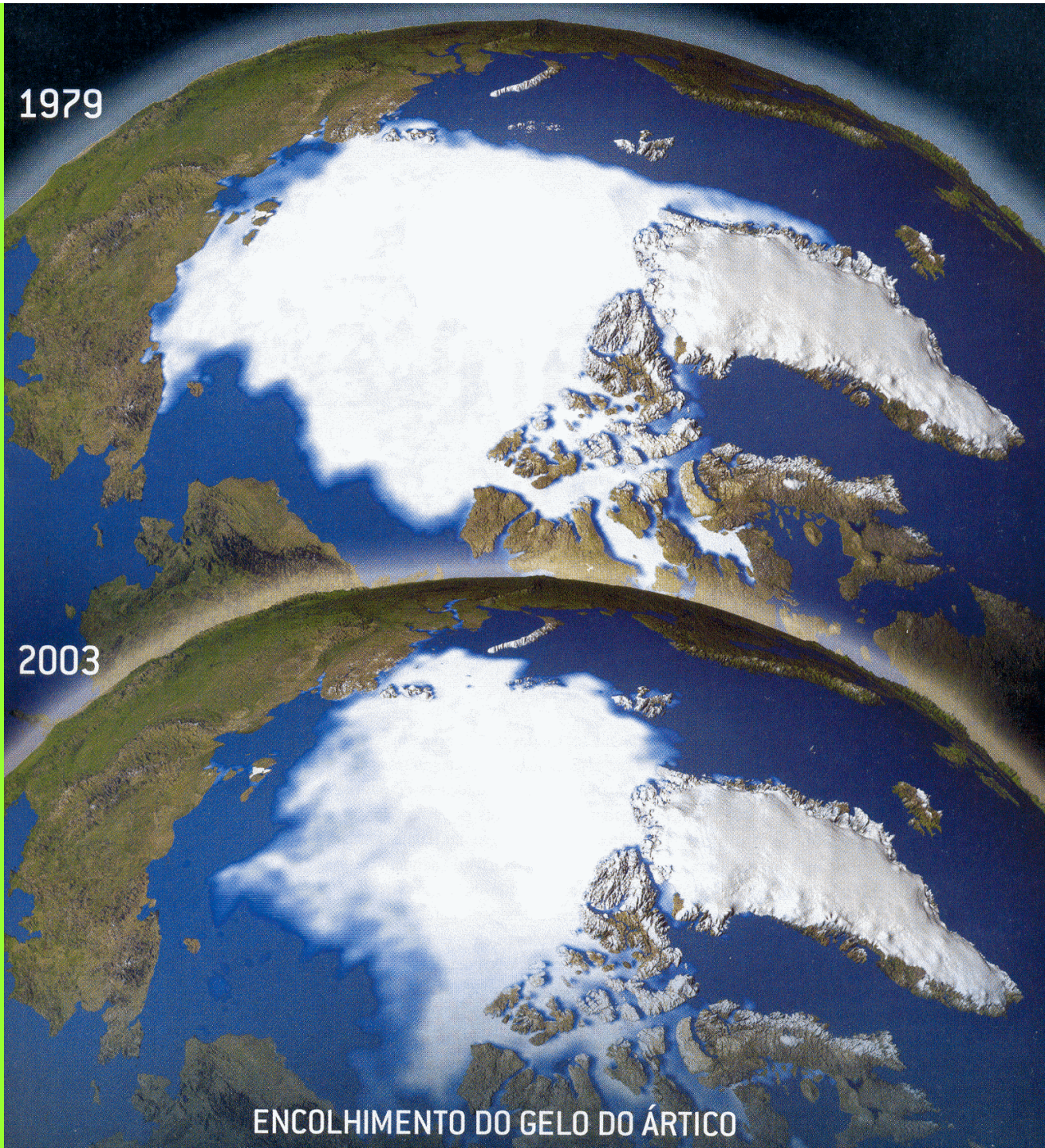
Changes in Temperature, Sea Level and Northern Hemisphere Snow Cover



1979

2003

ENCOLHIMENTO DO GELO DO ÁRTICO

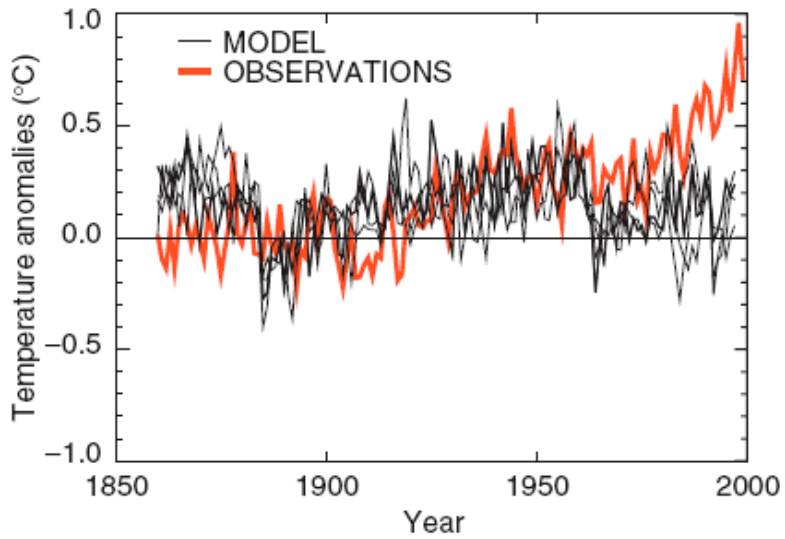


Dificuldades para prever mudanças

- Clima envolve sistema complexo - variações em prazo longo (~30 anos).
- Variações próximas ao erro de medida (0,74° C de 1850/99 a 2001/05).
- Efeitos de realimentação:
 - # + temperatura - umidade - nuvens
 - # tipo de nuvens - stratus/cumulus
 - # vegetação
 - # oceanos - absorção CO₂ e reservatório
 - # albedo

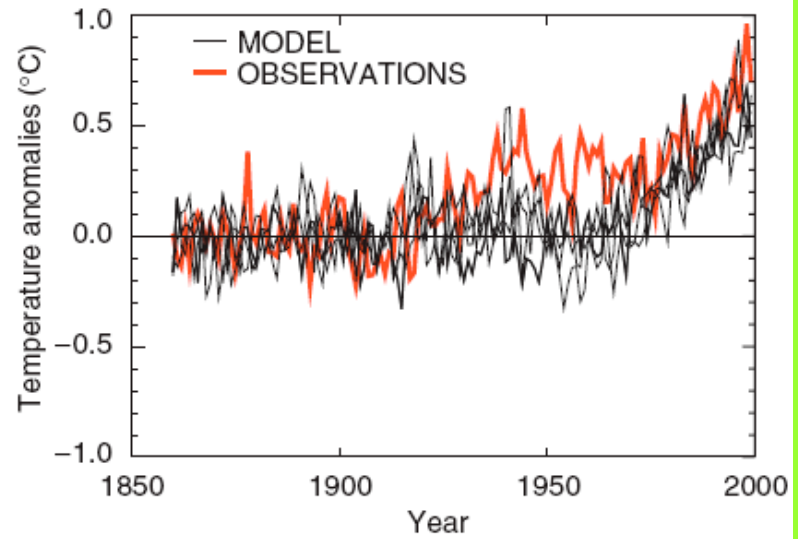
(a)

NATURAL : Annual global mean temperatures



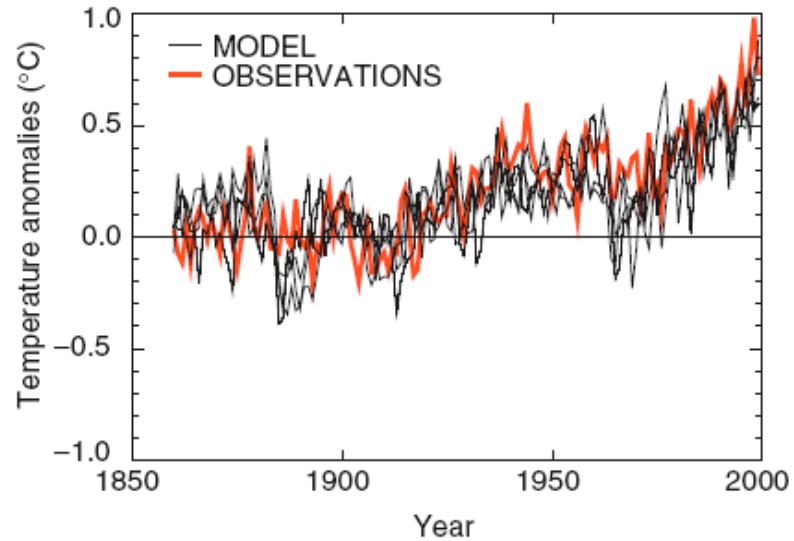
(b)

ANTHROPOGENIC : Annual global mean temperatures

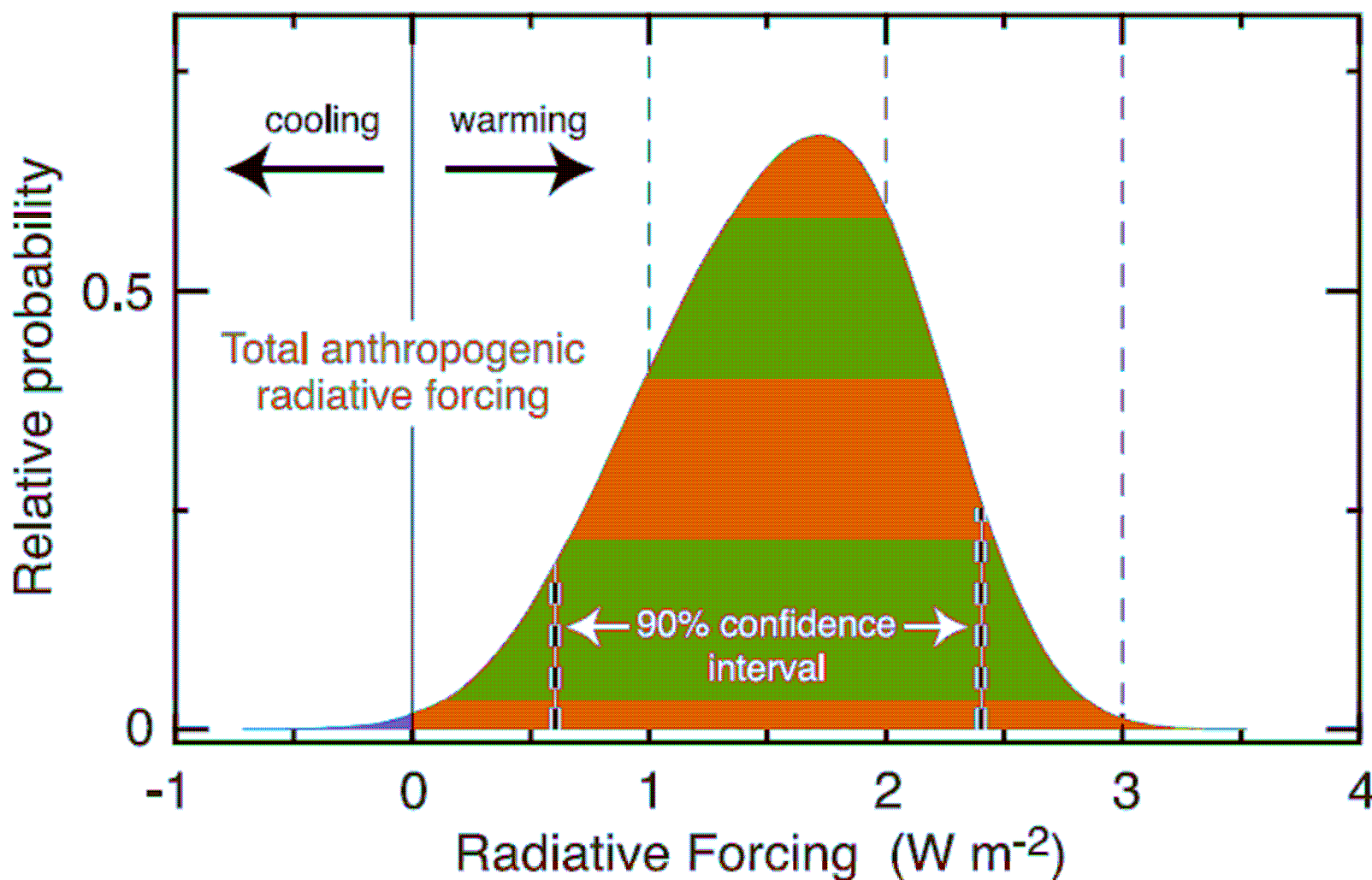


(c)

ALL FORCINGS : Annual global mean temperatures



PROBABILITY DISTRIBUTION



©IPCC 2007: WG1-AR4

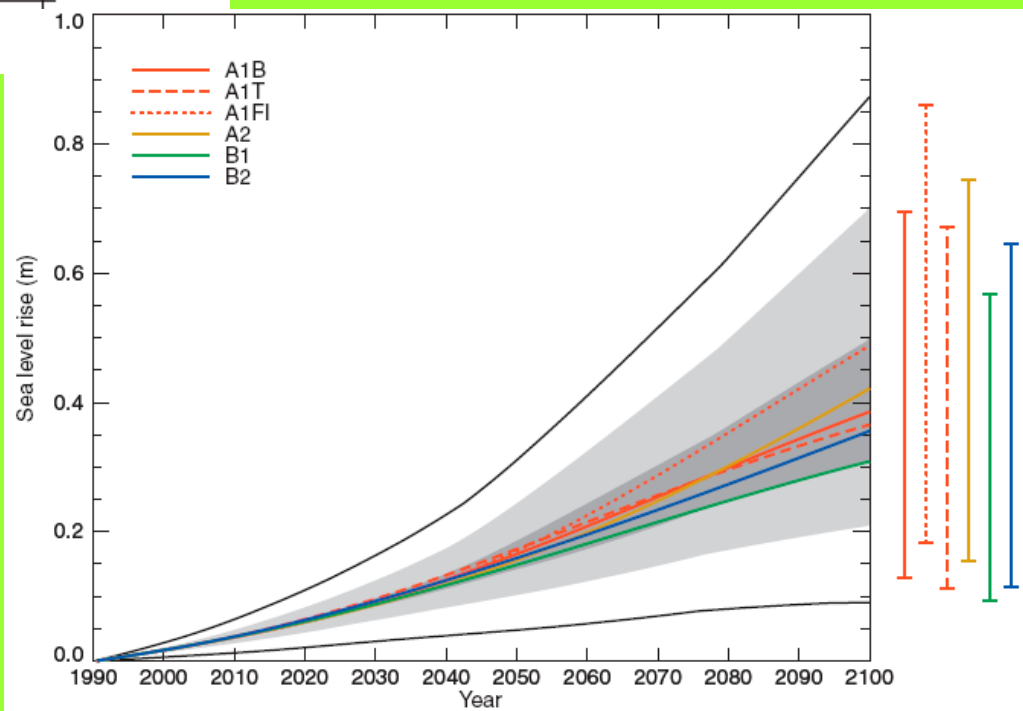
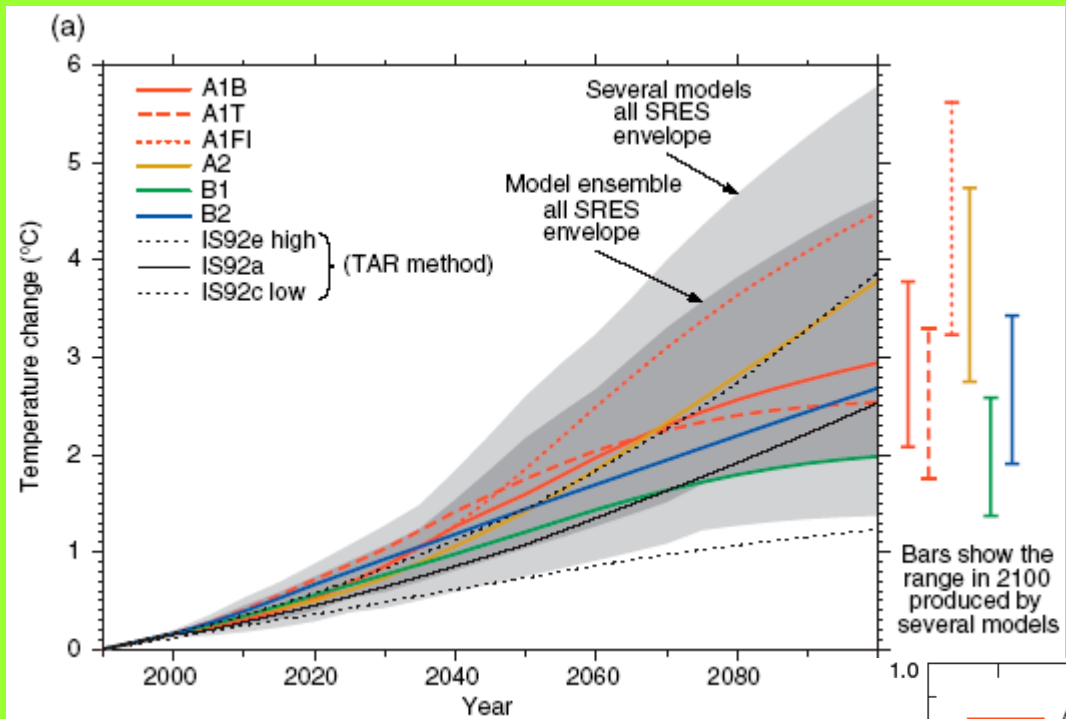
AVENIDA PAULISTA: 1900 e 2001.

**Que efeito esta transformação tem
sobre o clima regional?**

**Que efeito teria sobre uma estação
meteorológica?**

(créditos das fotos: desconhecidos)





MULTI-MODEL AVERAGES AND ASSESSED RANGES FOR SURFACE WARMING

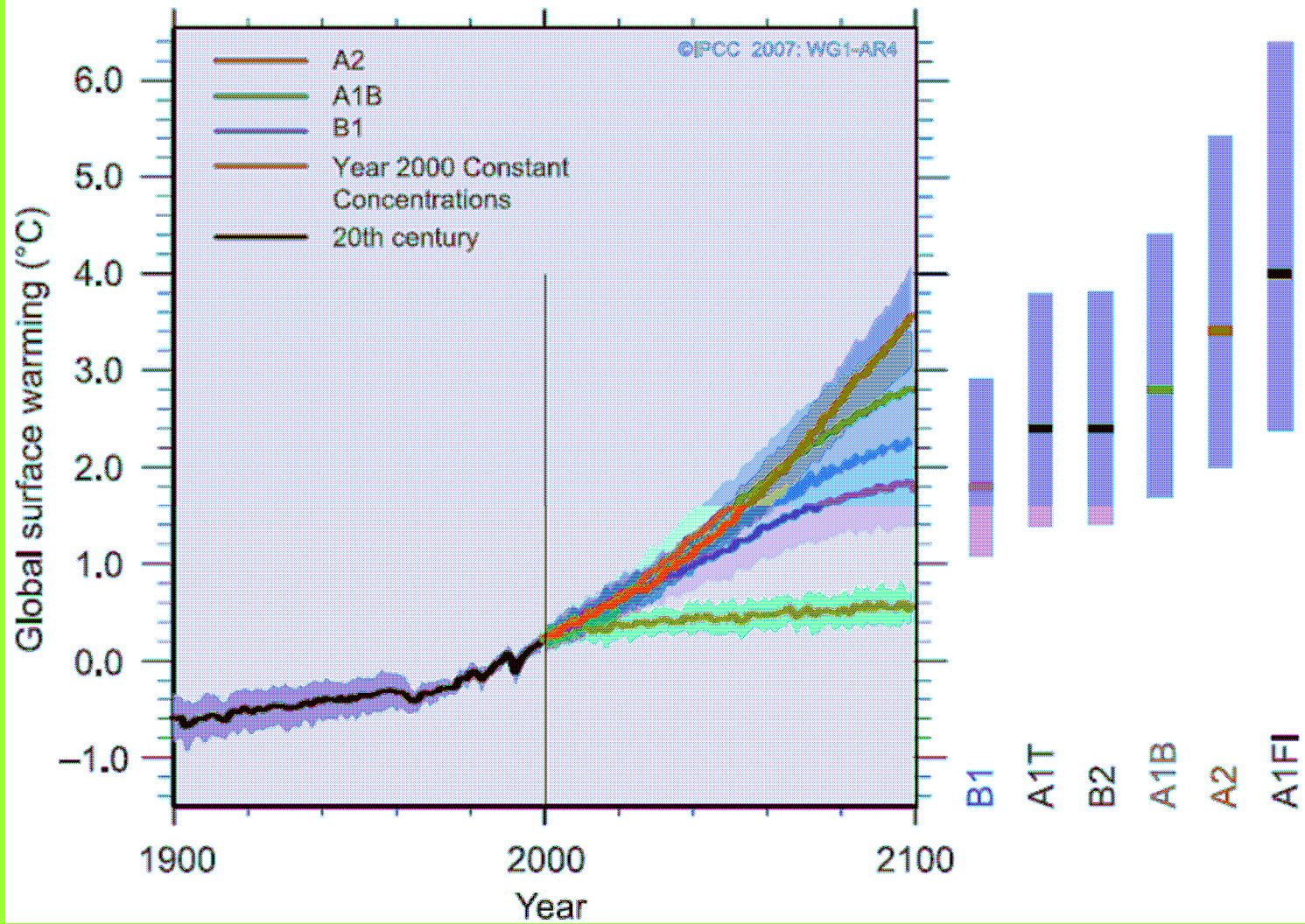


Table TS.6. Projected global average surface warming and sea level rise at the end of the 21st century. {10.5, 10.6, Table 10.7}

Case	Temperature Change (°C at 2090-2099 relative to 1980-1999) ^a		Sea Level Rise (m at 2090-2099 relative to 1980-1999)
	Best estimate	Likely range	Model-based range excluding future rapid dynamical changes in ice flow
Constant Year 2000 concentrations ^b	0.6	0.3 – 0.9	NA
B1 scenario	1.8	1.1 – 2.9	0.18 – 0.38
A1T scenario	2.4	1.4 – 3.8	0.20 – 0.45
B2 scenario	2.4	1.4 – 3.8	0.20 – 0.43
A1B scenario	2.8	1.7 – 4.4	0.21 – 0.48
A2 scenario	3.4	2.0 – 5.4	0.23 – 0.51
A1FI scenario	4.0	2.4 – 6.4	0.26 – 0.59

Notes:

^a These estimates are assessed from a hierarchy of models that encompass a simple climate model, several Earth Models of Intermediate Complexity (EMICs), and a large number of Atmosphere-Ocean Global Circulation Models (AOGCMs).

^b Year 2000 constant composition is derived from AOGCMs only.

Concentrações atuais e aquecimento estufa devido a gases traço.

Fontes: MITCHELL, 1989; IPCC, 2007

Gás	Concentração (ppm)	Aquecimento Estufa ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$)	Varição desde o ano 1750 até ~2005 ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$)
vapor de água (H_2O)	~3000	~100	
dióxido de Carbono (CO_2)	345	~50	1.66
metano (CH_4)	1.7	1.7	0.48
óxido nitroso (N_2O)	0.30	1.3	0.16
ozônio (O_3) na Troposfera	$10\text{-}100\times 10^{-3}$	1.3	0.35
CFC 11	0.22×10^{-3}	0.06	0.06
CFC 12	0.38×10^{-3}	0.12	0.12
Todos Halocarbonos		0.34	0.34

Absorção total: $\sim 155\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$

Varição Total: $\sim 2.99\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$

Varição Líquida: $\sim 1,6\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$

Estimativa de fontes e sumidouros de Metano [Tg(CH₄) ano⁻¹]
(fonte: Seinfeld and Pandis, 1998)

Fontes identificadas	Estimativa Individual	Total
NATURAIS		
Terras alagadas	115 (55-150)	
Termitas	20 (10-50)	
Oceanos	10 (5-50)	
Outras	15 (10-40)	
Total de fontes naturais identificadas		160 (110-210)
ANTROPOGÊNICAS		
Fontes relacionadas a combustíveis fósseis		
Gás Natural	40 (25-50)	
Minas de Carvão	30 (15-45)	
Indústria do Petróleo	15 (5-30)	
Queima de Carvão	? (1-30)	
Total relacionado à combustíveis fósseis		100 (70-120)
Carbono Biosférico		
Fermentação entérica	85 (65-100)	
Arrozais alagados	60 (20-100)	
Queima de Biomassa	40 (20-80)	
Aterros sanitários	40 (20-70)	
Dejetos animais	25 (20-30)	
Esgoto doméstico	25 (15-80)	
Total da Biosfera		275 (20-350)
Total de fontes antropogênicas Identificadas		375 (300-450)
Total de fontes identificadas		535 (410-660)
SUMIDOUROS		
OH troposférico	445 (360-530)	
Estratosfera	40 (32-48)	
Solos	30 (15-45)	
Total de sumidouros		515 (430-600)
Carga total global: 4850 Tg(CH ₄)		

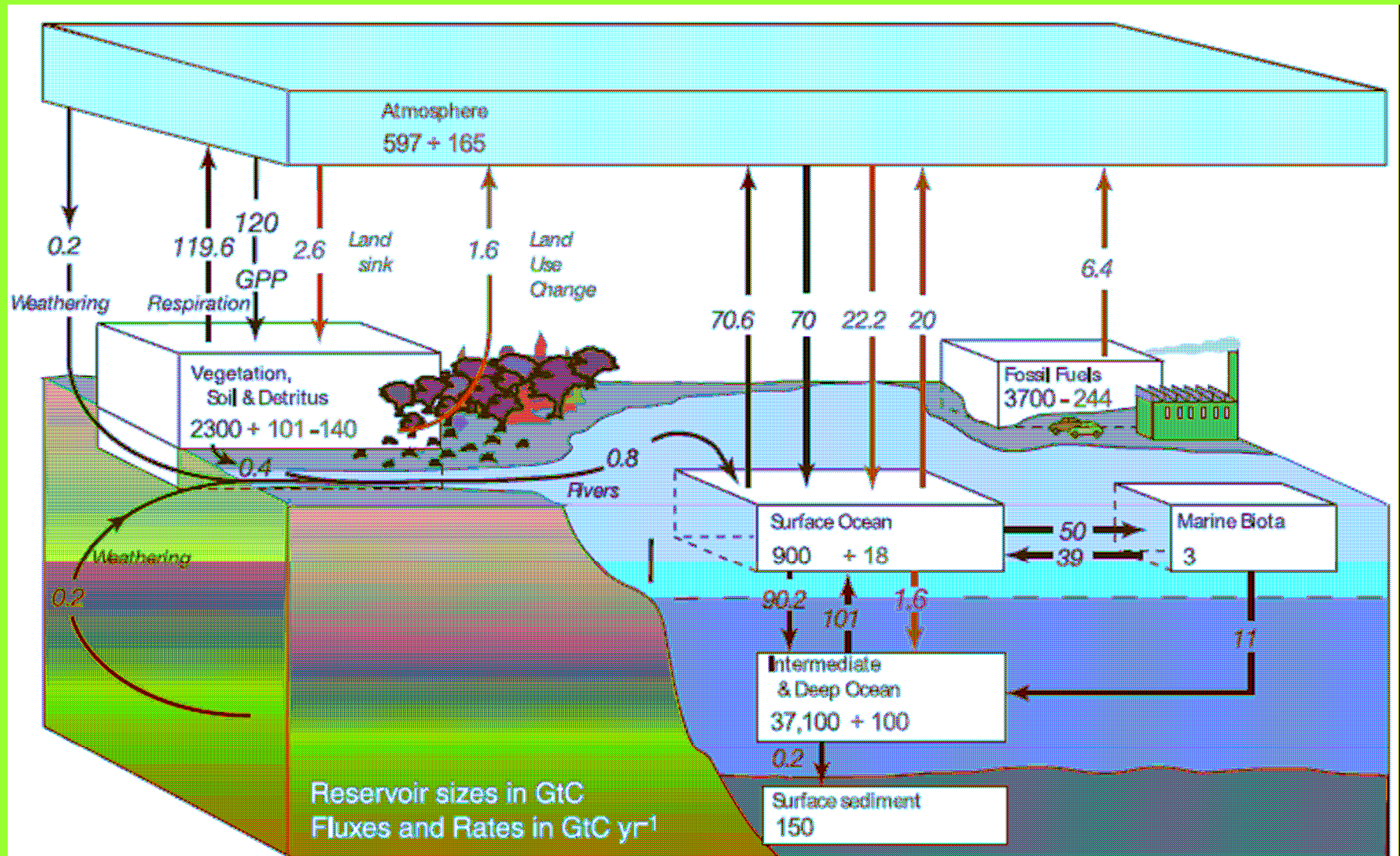


Termitas
Cupinzeiros no campo
“Cupim” do boi

Atividade Entérica: ruminantes emitem metano principalmente pela boca



Ciclo do Carbono - IPCC,2007



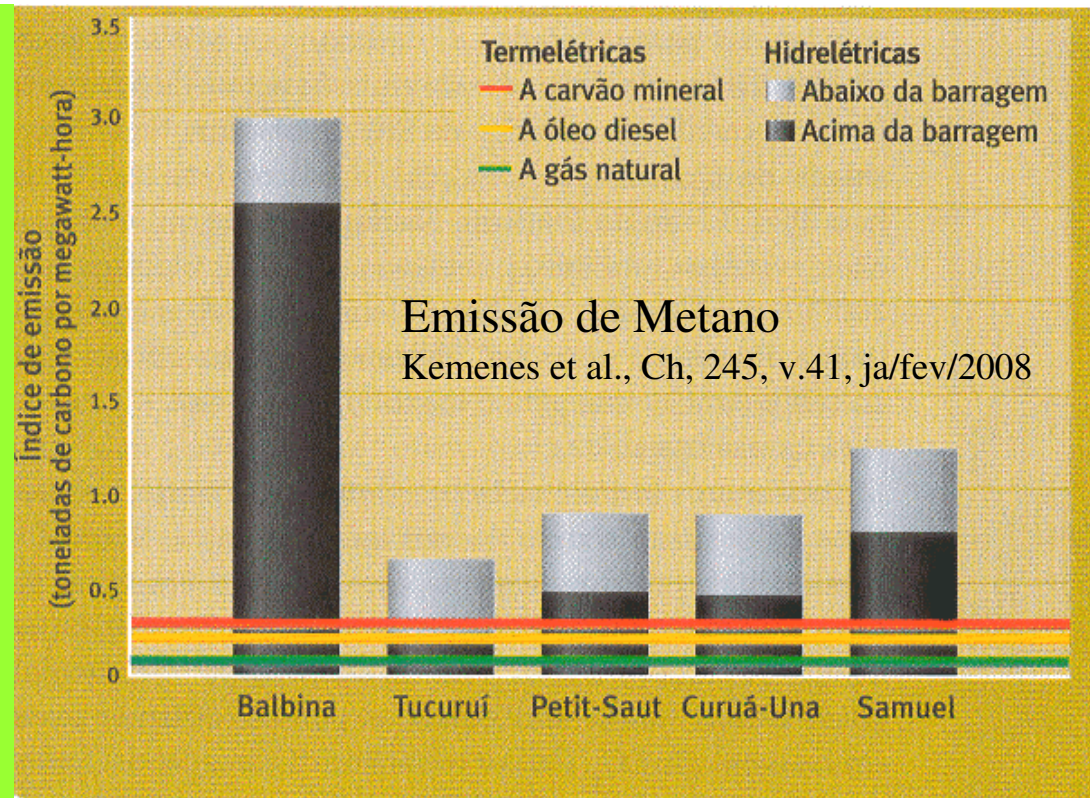
Source	NO _x		NH ₃		N ₂ O	
	TAR ^a	AR4 ^b	TAR ^a	AR4 ^a	TAR ^c	AR4
Anthropogenic sources						
Fossil fuel combustion & industrial processes	33 (20–24)	25.6 (21–28)	0.3 (0.1–0.5)	2.5 ^d	1.3/0.7 (0.2–1.8)	0.7 (0.2–1.8) ^d
Aircraft	0.7 (0.2–0.9)	– ^e (0.5–0.8)	–	–	–	–
Agriculture	2.3 ^f (0–4)	1.6 ^g	34.2 (16–48)	35 ^g (16–48)	6.3/2.9 (0.9–17.9)	2.8 (1.7–4.8) ^g
Biomass and biofuel burning	7.1 (2–12)	5.9 (6–12)	5.7 (3–8)	5.4 ^d (3–8)	0.5 (0.2–1.0)	0.7 (0.2–1.0) ^g
Human excreta	–	–	2.6 (1.3–3.9)	2.6 ^g (1.3–3.9)	–	0.2 ^g (0.1–0.3) ^h
Rivers, estuaries, coastal zones	–	–	–	–	–	1.7 (0.5–2.9) ⁱ
Atmospheric deposition	–	0.3 ^g	–	–	–	0.6 ^l (0.3–0.9) ^h
Anthropogenic total	43.1	33.4	42.8	45.5	8.1/4.1	6.7
Natural sources						
Soils under natural vegetation	3.3 ^f (3–8)	7.3 ^l (5–8)	2.4 (1–10)	2.4 ^g (1–10)	6.0/6.6 (3.3–9.9)	6.6 (3.3–9.0) ^g
Oceans	–	–	8.2 (3–16)	8.2 ^g (3–6)	3.0/3.6 (1.0–5.7)	3.8 (1.8–5.8) ^k
Lightning	5 (2–12)	1.1–6.4 (3–7)	–	–	–	–
Atmospheric chemistry	<0.5	–	–	–	0.6 (0.3–1.2)	0.6 (0.3–1.2) ^c
Natural total	8.8	8.4–13.7	10.6	10.6	9.6/10.8	11.0
Total sources	51.9 (27.2–60.9)	41.8–47.1 (37.4–57.7)	53.4 (40–70)	56.1 (26.8–78.4)	17.7/14.9 (5.9–37.5)	17.7 (8.5–27.7)

Distribuição Percentual do Consumo Energético por tipo de fonte (ano de 1999) (Energy Information Administration, 2001)

Região ou País	Fonte Energética (Participação em %)						
	Petróleo	Gás Natural	Carvão	Hidro	Nuclear	Renováveis ^a	Outras
Mundo	39,9	22,8	22,2	7,15	6,61	0,74	0,69
Estados Unidos	39,1	23,0	22,4	3,45	7,98	1,04	3,03
América do Norte	39,6	23,1	20,3	6,25	7,45	1,04	2,28
Países desenvolvidos ^b	42,2	20,9	19,0	6,11	9,67	1,03	1,19
Europa Oriental e ex- União Soviética	21,0	46,3	21,9	5,56	5,52	0,04	0,00
Ásia em desenvolvimento ^c	36,9	9,02	46,0	6,63	1,02	0,50	0,00
Oriente Médio	56,6	40,6	1,78	1,04	0,00	0,00	0,00
África	44,2	18,1	30,7	5,78	1,10	0,08	0,01
América do Sul e Central	49,8	17,3	4,45	27,0	0,59	0,88	0,00
China	27,9	3,12	61,5	7,28	0,44	0,00	0,00
Brasil^d	46,8	2,86	6,42	37,4	0,47	1,17	4,96
Brasil^e	48,2	3,35	5,70	16,9	0,70	24,4 ^e	0,75

Participação no consumo energético global (ano de 1999) (Energy Information Administration, 2001)

Região ou País	Percentual da população mundial (%)	Energia Total (10 ⁹ MWh)	Energia per capita (MWh/capita)	Participação Relativa	
				Energia total (mundo=100%)	Energia per capita (mundo=100%)
Mundo	100	112	18,7	100	100
Estados Unidos	4,55	28,4	104	25,4	559
América do Norte	6,68	33,9	84,7	30,3	454
Países desenvolvidos ^a	18,5	66,3	59,7	59,3	320
Europa Oriental e ex-União Soviética	6,53	14,3	36,6	12,8	196
Ásia em desenvolvimento ^b	53,0	18,6	5,87	16,7	31,5
Oriente Médio	2,71	4,80	29,5	4,29	158
África	13,1	3,45	4,40	3,08	23,6
América do Sul e Central	6,84	5,97	14,5	5,33	77,9
China	21,2	9,34	7,36	8,35	39,5
Brasil	2,73	2,49	15,2	2,23	81,5
Energia total estimada disponível nos estoques mundiais de combustíveis fósseis (petróleo, gás natural, carvão)				9 x 10 ¹² MWh	
Energia total proveniente do Sol incidente sobre a superfície da Terra durante 1 ano ^c				7 x 10 ¹⁴ MWh	



Balço de Energia na produo de álcool com diversas matérias primas

Matéria Prima	Energia renovável ÷ Energia fóssil usada	Produtividade (litro/ha)
Milho (USA)	1,3 – 1,6	4.700
Cana de açúcar (Brasil)	8,9	7.000
Beterraba (Alemanha)	2,0	1.600
Sorgo sacarino (África)	4,0	1.100
Trigo (Europa)	2,0	1.100
Mandioca	1,0	4.900

Bermann, Célio; Ciência e Cultura, ano 60, #3, jul/ago/set/2008

DEBATE

- A humanidade vai ou não vai mudar o clima?
Terá razão o criminoso Bush?
- Emissão de CO₂ e CH₄, alta associação com outros poluentes.
 - **efeitos na saúde (2500 mortes adicionais/ano em São Paulo)**
 - **5000 mortes por acidentes na RMSP, 35.000 no Brasil e 1,3 milhões no mundo (2005).**
 - **conseqüências do sistema de transporte irracional e energia gerada por queima de combustíveis fósseis.**
- Racionalização dos processo agrícolas e industriais para reduzir consumo energético e outros gases estufa
- Controle do desperdício
- Energias alternativas

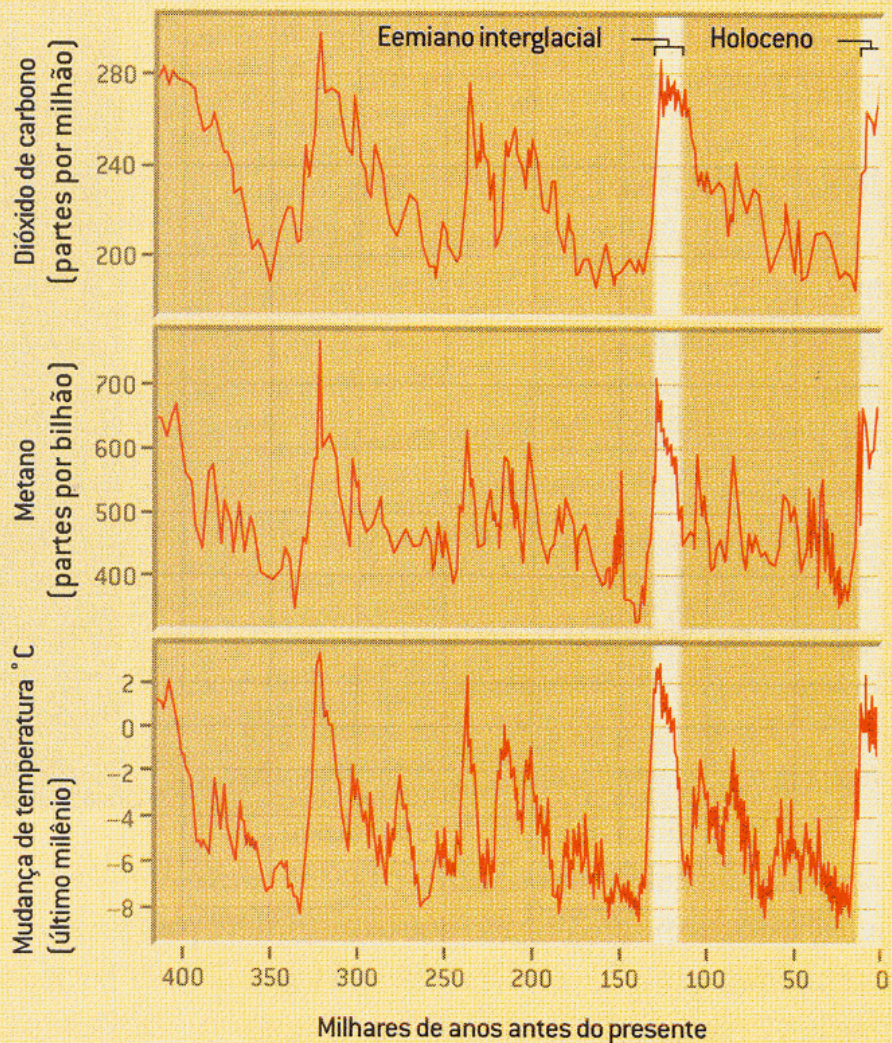
Efeito Estufa & Mudanças Climáticas Globais

Tema atual que permite integrar em sala de aula:

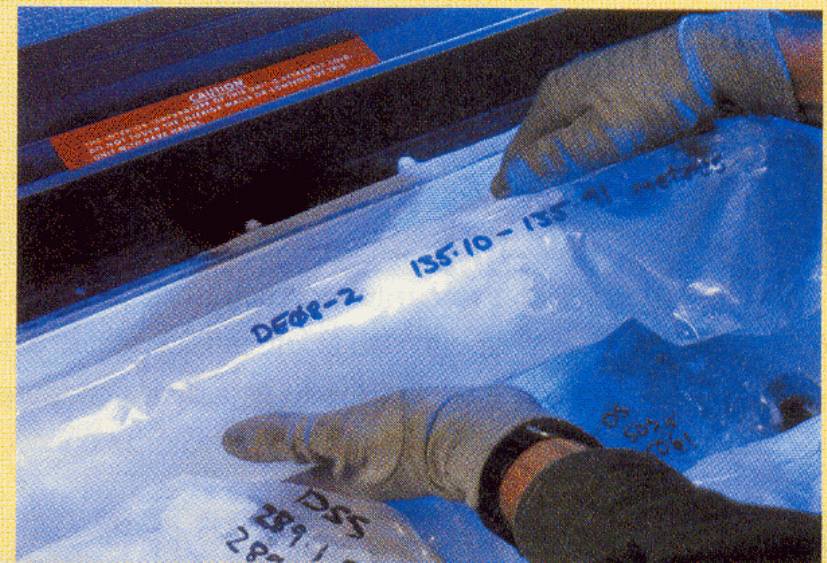
- tópicos de ciências
- discussão de uma importante questão ambiental, complexidade dos sistemas ambientais e a conexão entre suas diferentes áreas.
- cidadania, justiça e equidade social

Mudanças Climáticas

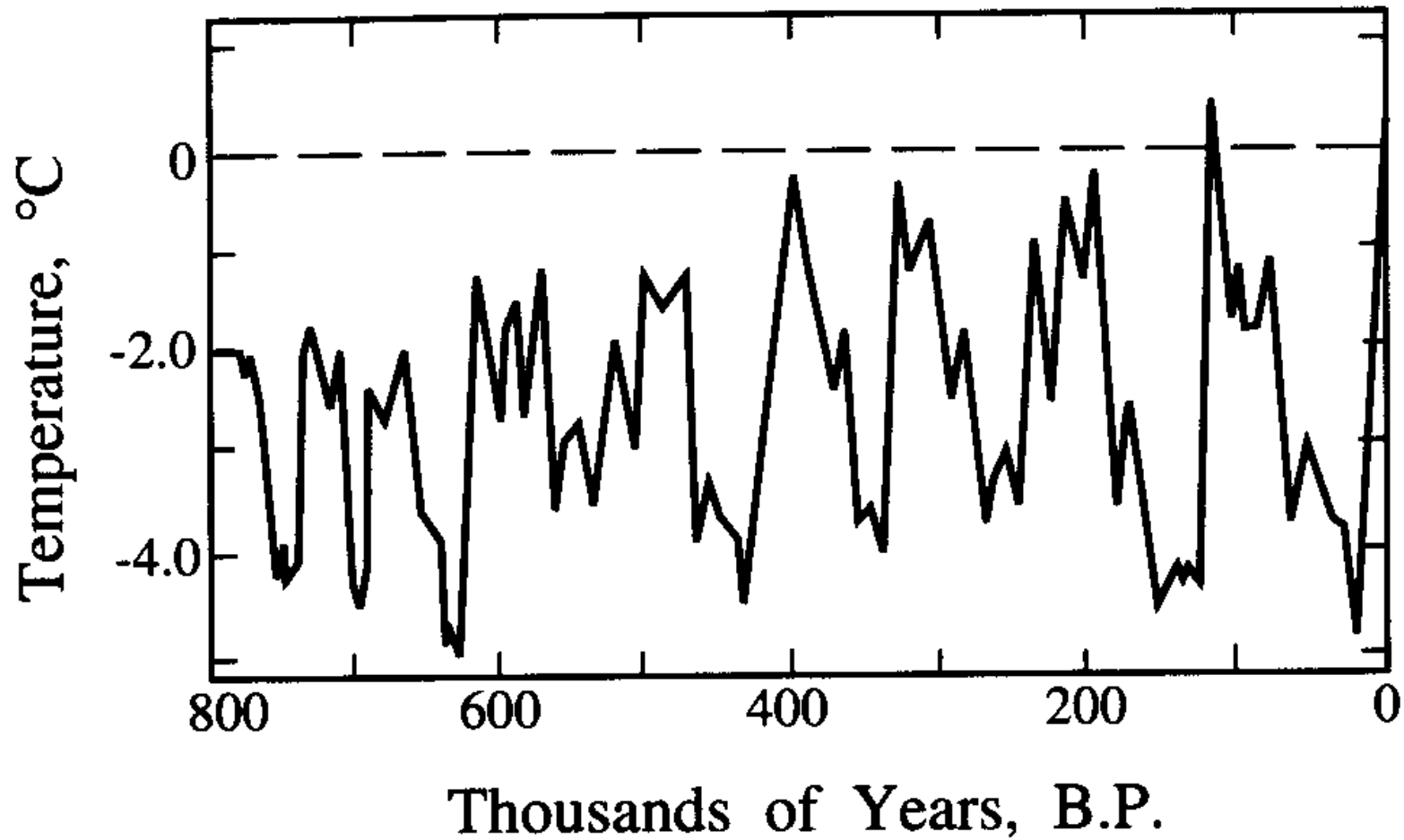
Parte-II

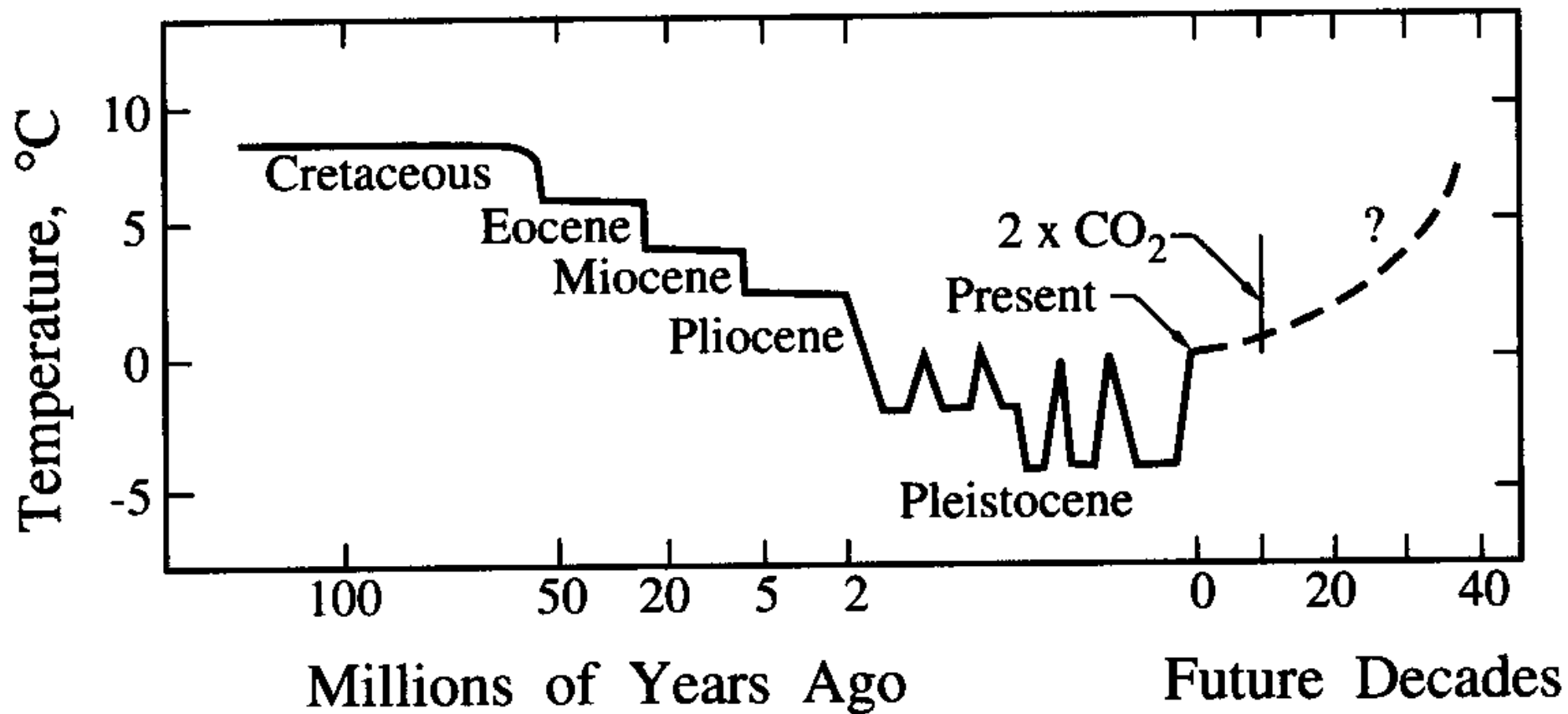


O GELO DA ANTÁRTIDA preservou um registro de 400 mil anos de temperatura e dos níveis de dióxido de carbono e metano na atmosfera. Os cientistas estudam os gases aprisionados em bolhas de ar no gelo – geralmente usando amostras (foto) de perfurações no manto de gelo e transportadas para um laboratório. O registro histórico nos fornece duas medidas críticas: comparação do presente período interglacial (o Holoceno) com a mais recente era glacial (20 mil anos atrás) oferece uma medida precisa da sensibilidade do clima a forçantes. A temperatura no período interglacial anterior (o Eemiano), quando o nível do mar estava vários metros mais alto que hoje, define uma estimativa do aquecimento que a civilização atual consideraria interferência antropogênica perigosa no clima.



Temperatura avaliada por sedimentos marinhos - fósseis de planctons
Pela relação $^{16}\text{O} / ^{18}\text{O}$ (aumenta com temperatura)



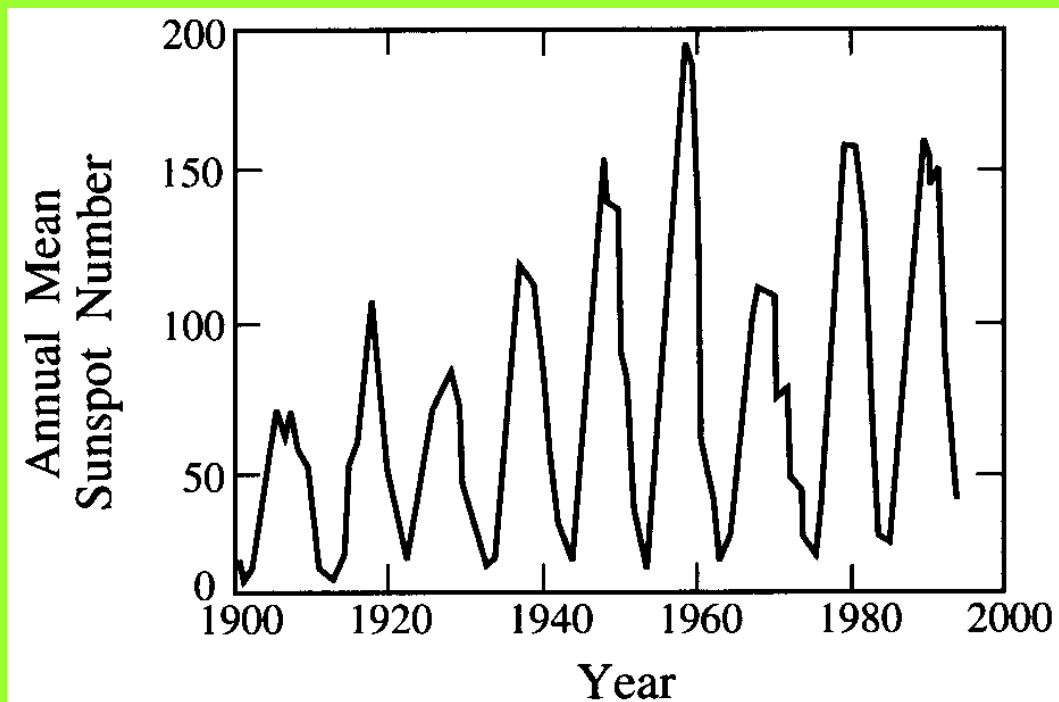




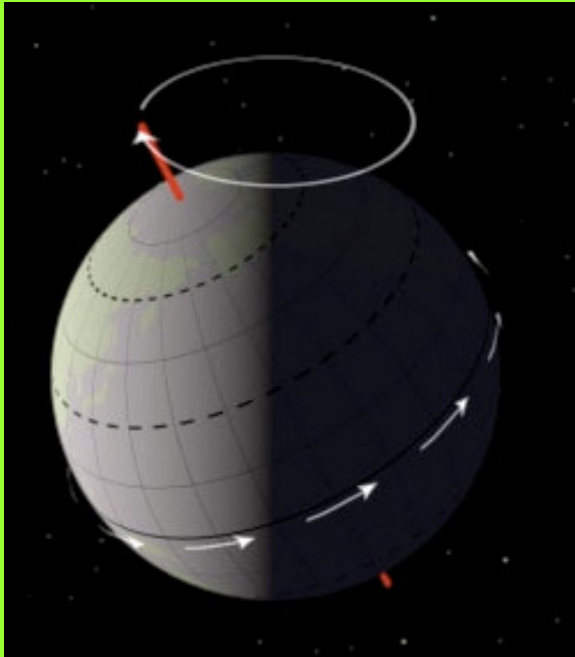
Relative size of Earth → ●

**Manchas solares
ciclo de 11 anos
(~1,3 W/m²)**

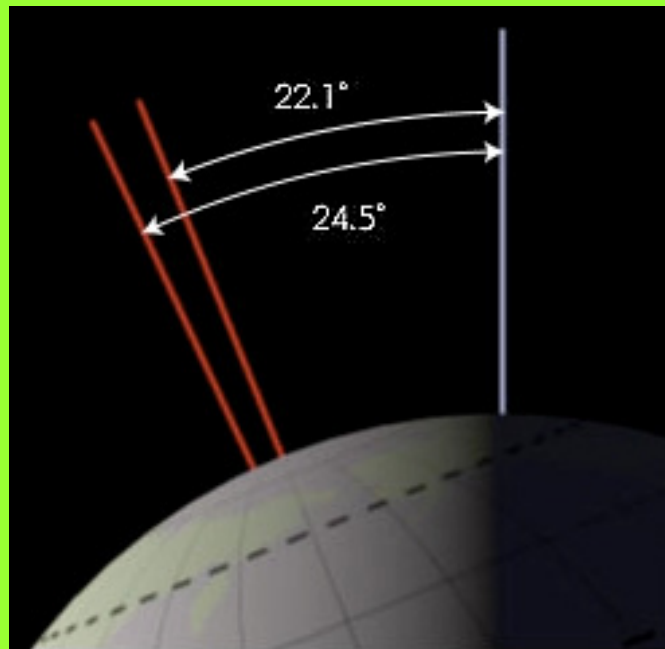
**Quanto mais manchas,
mais radiação solar**



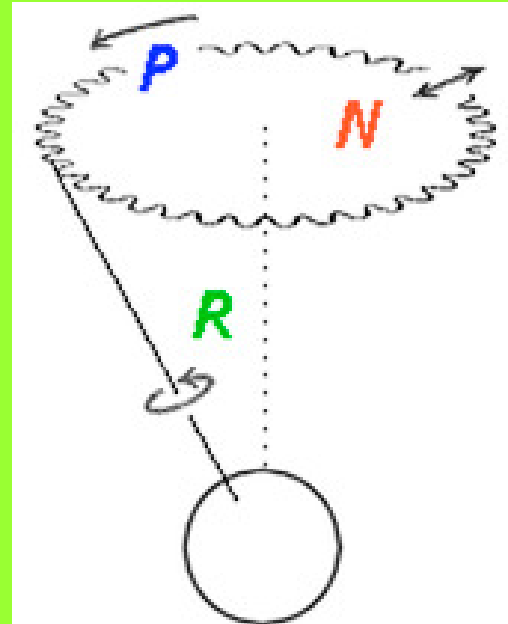
Precessão ciclo de 19 a 24 mil anos

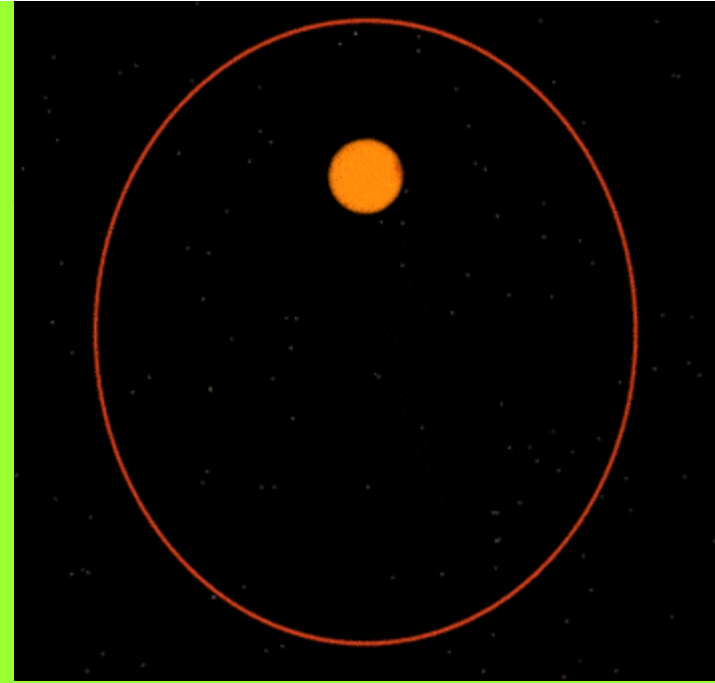
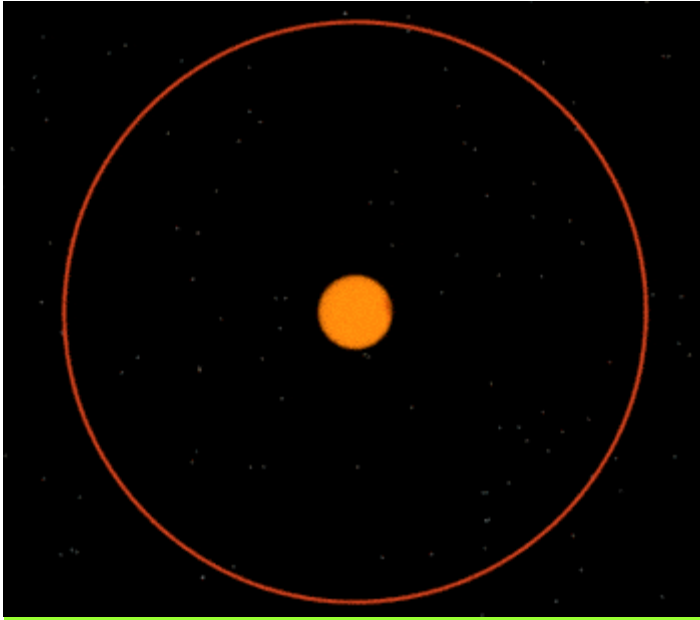


Obliquidade ciclo de 41 mil anos



Nutação ciclo de 18,6 anos

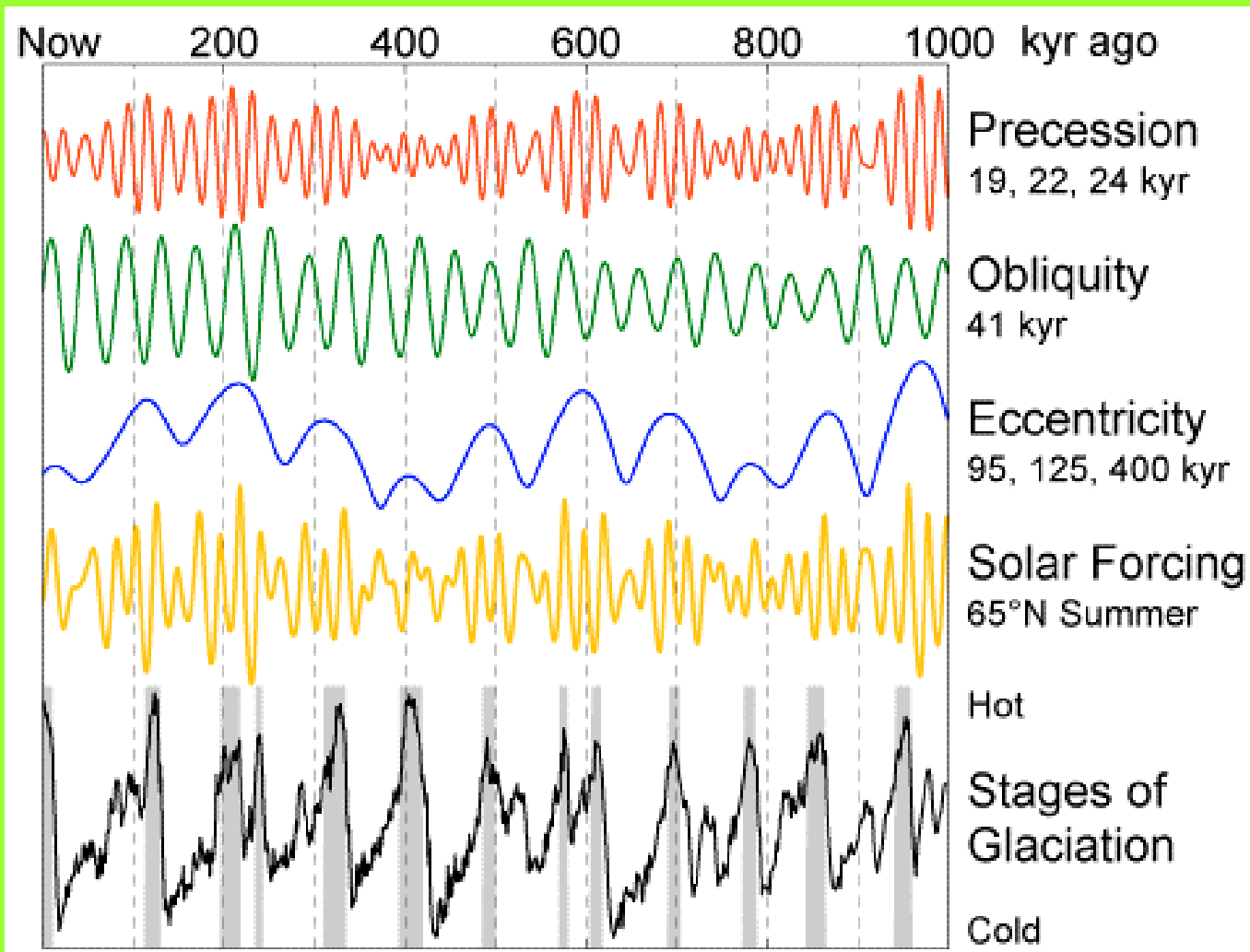




**Excentricidade da órbita da terra
atualmente significa 6,9% a mais energia solar no hemisfério sul**

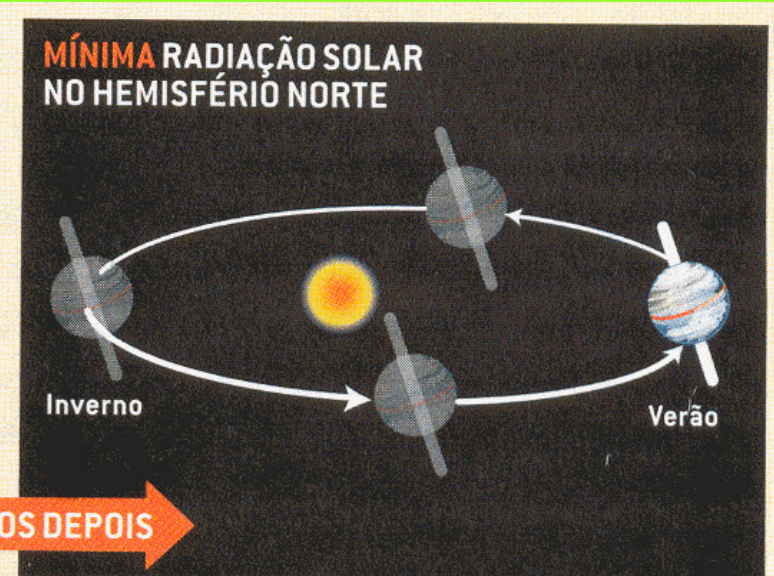
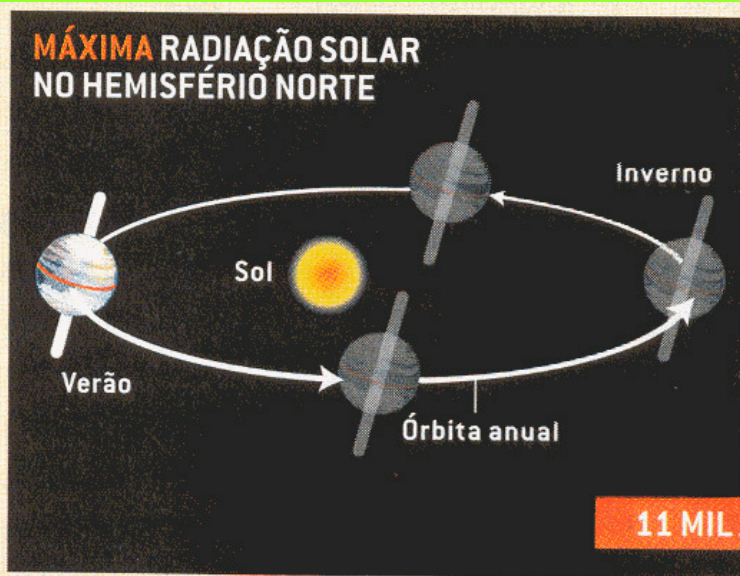
Ciclo de Milankovitch

100 mil anos



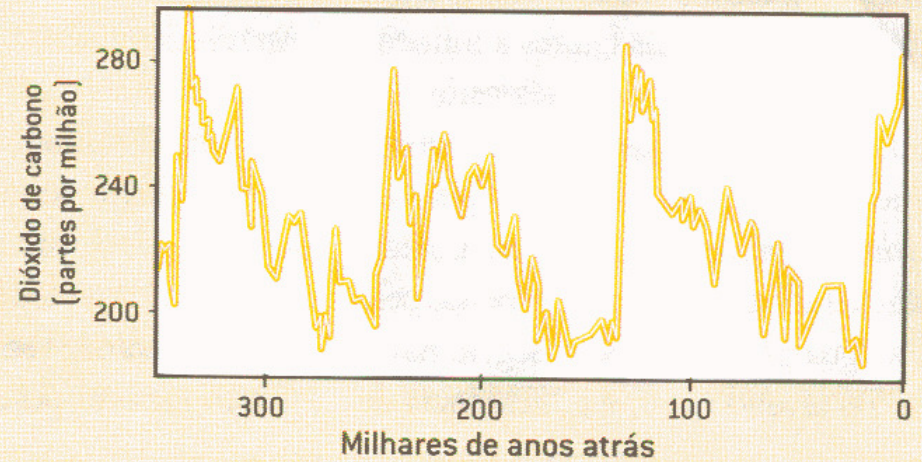
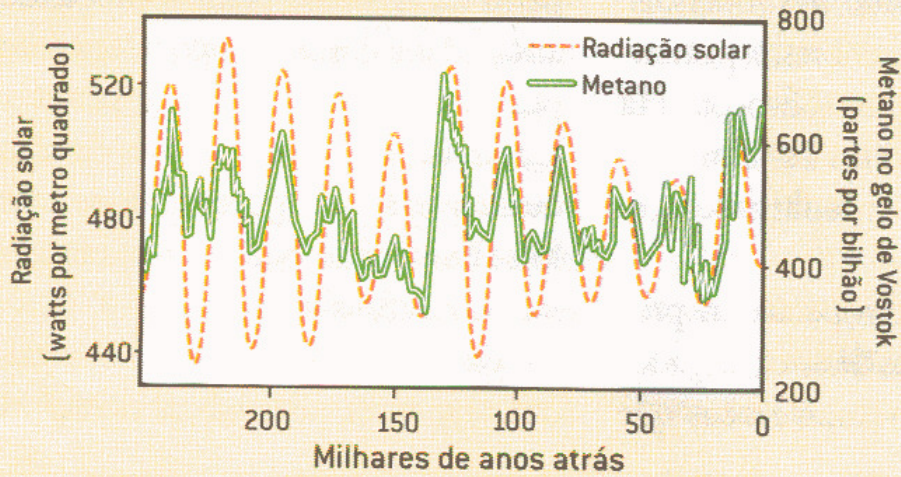


Um bamboleio no eixo de rotação da Terra, conhecido como precessão, é um dos três ciclos orbitais que respondem por variações na luz solar no Hemisfério Norte. Como um pião de brinquedo prestes a cair, os eixos



11 MIL ANOS DEPOIS →

Willian Rudiman, Scientific American-BR, Especial Aquecimento, 2006

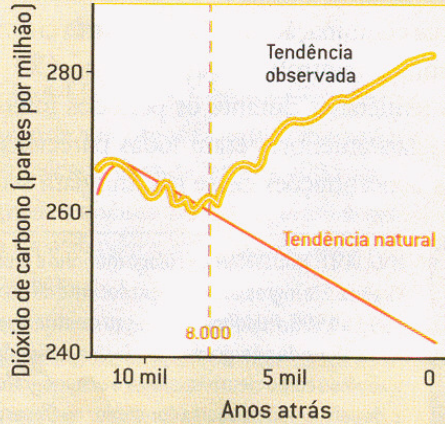


11 mil anos atrás: povos primitivos inventam a agricultura na Mesopotâmia e na China



Lâmina de foice paleolítica

10 MIL ANOS ATRÁS



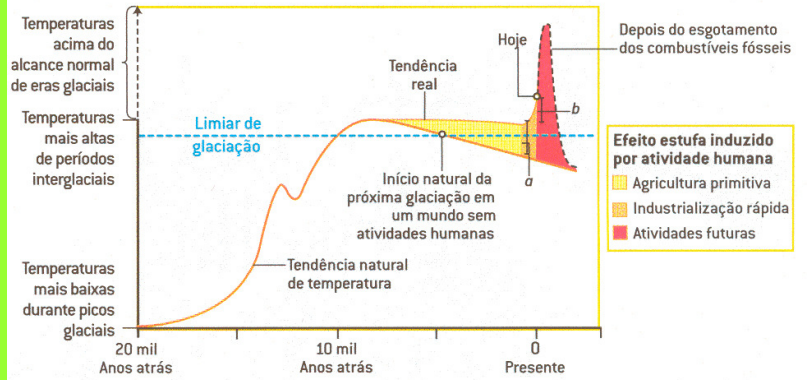
Trigo carbonizado

8 MIL ANOS ATRÁS

8 mil anos atrás: últimos europeus da Idade da Pedra começam a eliminar florestas para cultivar trigo, cevada, ervilha e outras plantas não-nativas

8 mil anos atrás: a tendência nas concentrações de CO₂, que era de queda nos 2.500 anos anteriores, atinge o fundo e repentinamente muda de direção

7.500 anos atrás: humanos adaptam o arroz selvagem para o cultivo

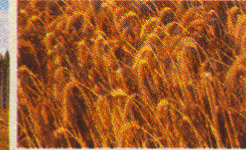


EFEITO ESTUFA induzido por atividades humanas adiu uma glaciação que, de outra forma, teria iniciado 5 mil



5 mil anos atrás: agricultores no sul da China começam a inundar terras baixas próximas a rios para plantar arroz

6 MIL ANOS ATRÁS



2 mil anos atrás: Europa, Índia, sudeste da Ásia e China eliminaram muito de sua cobertura florestal natural para cultivar produtos como trigo



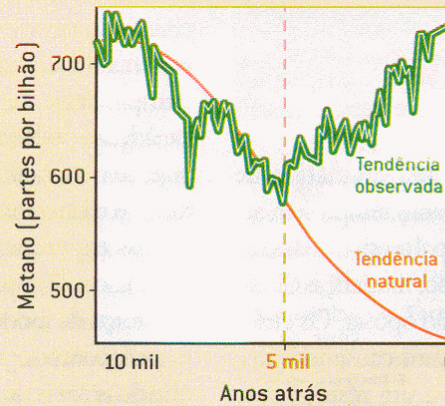
Motor Otto

200 anos atrás: a queima de combustíveis fósseis e o desmatamento acelerado resultam na emissão de gases-estufa numa escala sem precedentes

2 MIL ANOS ATRÁS

PRESENTE

5 mil anos atrás: a tendência nas concentrações de metano, que vinha sendo de queda nos 6 mil anos anteriores, muda subitamente de direção



2 mil anos atrás: agricultores no sudeste da Ásia começam a construir terraços para cultivo de arroz em terrenos escarpados



Poluição Ambiental é Problema
que Surgiu com a Sociedade
Moderna?

- Há cerca de 1,42 milhões de anos hominídeos usavam fogo para caçar, limpeza de área etc, mesmo quando ainda não se dominava a técnica de produção do fogo. Ao pé de uma elevação rochoza na França, encontrou-se despojos de mais de 100 mil cavalos selvagens, provavelmente acossados por caça com fogo.



- Hábitos nômades das tribos podem em parte ser associados ao impacto que causavam ao meio ambiente

- Esgotamento de recursos, busca de diversidade alimentar e afastamento dos dejetos animais, vegetais e humanos que se acumulavam na área ocupada.



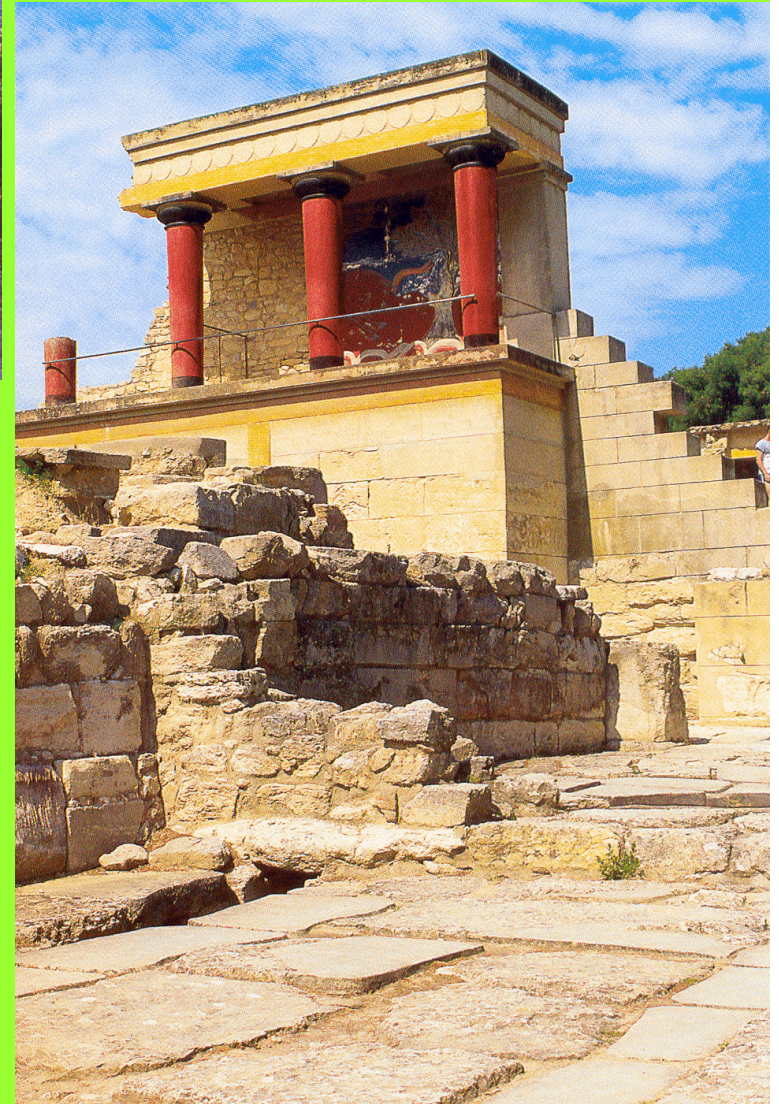
- Mas foi o desenvolvimento das cidades, juntamente com a revolução agrícola que introduziu impactos mais severos sobre o meio ambiente (a partir de ~8000 AC)
- O uso do solo para a agricultura, bem como o uso da madeira para construção, aquecimento, fundição, cocção de cerâmicas e alimentos etc, alterava a qualidade do ar e, dentre outras coisas, progressivamente promoveu a devastação de florestas e desgastou o solo.



Grécia(~600AC) - Atenas

- Platão lembra a época (período homérico ~ VIII a.C.) em que as montanhas da Ática cobriam-se de altas florestas, enquanto em seu tempo estas eram suficientes apenas para alimentar as abelhas (Crítias, III a.C.).

Creta (~2000AC)
Grécia(~1300AC)
minóicos
(Knossos - Creta)



Império Romano

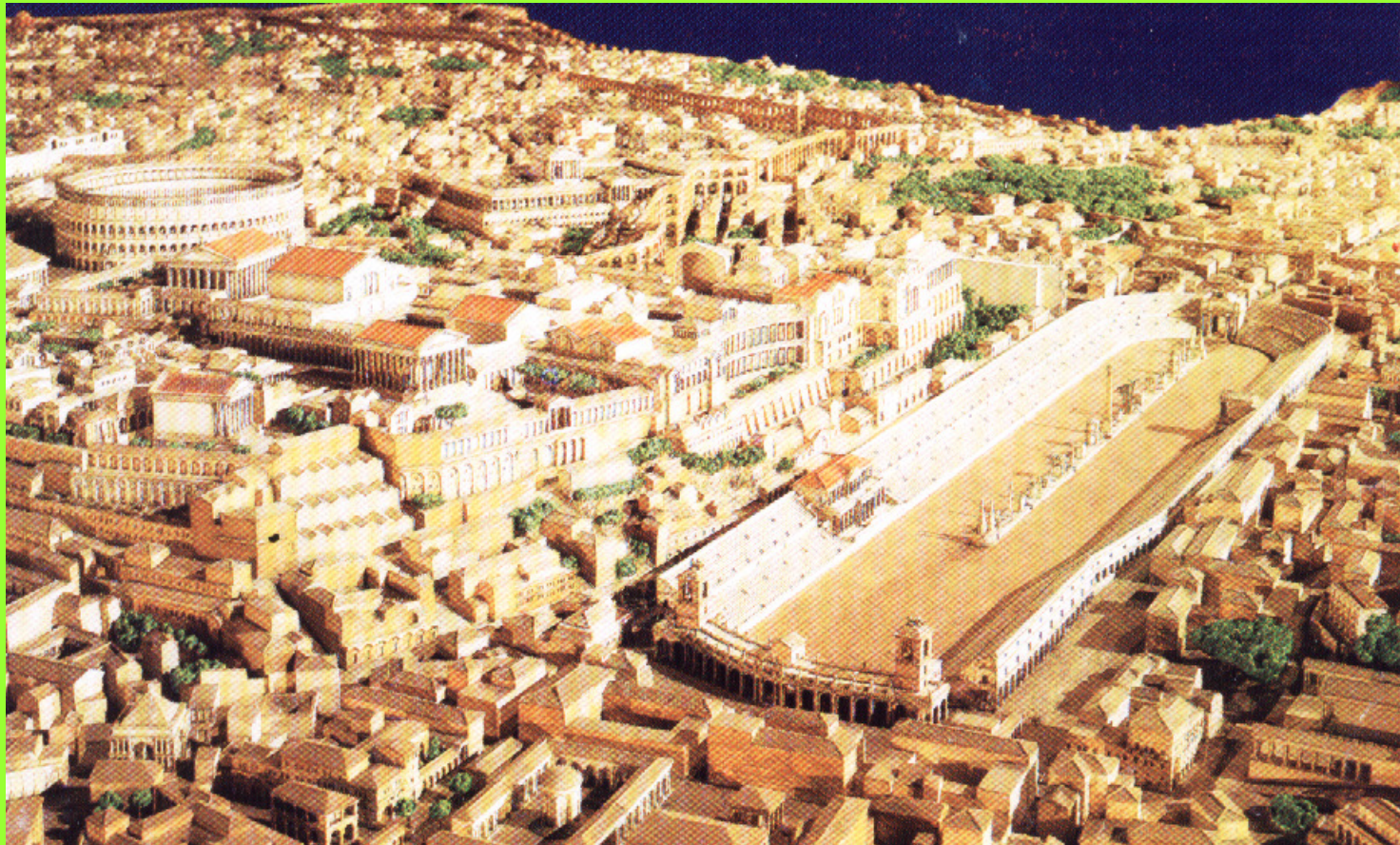
- Controlou a área do Mediterrâneo, oeste da Europa e norte da África (durou cerca de 600 anos).
- Em 50 AC extraíam 5 milhões de t/ano de minério para cunhar 50 t de moedas de prata.
- Aproximadamente em 200 DC as estradas romanas cobriam 100.000 km de vias principais, para viabilizar o controle do império. Isso também conectou ecossistemas até então isolados.
- 50% da população chegou a ser composta por escravos



Via Romana em Efesus, Turquia

- Os espetáculos no Coliseu, Circus Maximus e outras arenas promoviam a matança de milhares de animais - tigres, leões, rinocerontes, elefantes, leopardos, crocodilos.
- Trajano promoveu a execução de 11.000 animais para comemorar suas vitórias.
- Chegou a ocorrer extinção de alguns animais no norte da África.

- Sêneca em 61 DC relata sua mudança de disposição ao se afastar do “ar pesado de Roma e do fedor das chaminés fumacentas, as quais, sendo ativadas, despejavam para fora quaisquer vapores pestilentos e fuligem que tivessem guardado dentro de si...”



O processo de combustão como fonte de energia está na base dos problemas de poluição do ar.

- Lenha, palhas e esterco seco representavam a principal fonte de energia térmica.
- Com o crescimento das populações, especialmente a partir do século XIV, as florestas rareavam próximo aos centros urbanos. Por volta de 1700 toda madeira da Inglaterra estava essencialmente cortada

- carvão mineral firmava-se cada vez mais como a única fonte efetiva de energia térmica, gerando conflitos constantes.
- “Cheiro de inferno.” & bruxarias
- Os nobres tinham servos para buscar lenha em pontos distantes; a população desprovida de recursos recorria ao carvão que “brotava do mar e era mais energético”.
- Desde o início do segundo milênio há registros de conflitos por causa da queima de carvão mineral na Inglaterra.

- A repetição de proibições do uso do carvão mostra que eram ineficazes.
- 1698 - construída primeira máquina a vapor
- 1712 - usadas para bombear água de minas
- 1769 - James Watt patenteia sua máquina mais eficiente.
- Intensifica-se o uso de combustíveis fósseis.
- 1859 - primeiro poço de petróleo na Pensilvânia-EUA.
- 1962 - uso do petróleo ultrapassa o carvão, mas intensifica-se o uso generalizado de todos os combustíveis fósseis.

POLUENTES CLÁSSICOS

- SO_2 e partículas, têm longa série histórica de medida pela associação com combustíveis fósseis.
- CO , NO_x , Orgânicos Voláteis (VOC), partículas na atmosfera, o smog fotoquímico e o O_3 , sofreram grande incremento após uso dos combustíveis derivados do petróleo.

CO_2 e CH_4 têm grande potencial de impacto sobre mudanças no efeito estufa.

- Os problemas ambientais aumentaram de intensidade com o crescimento da população mundial
- Aproximadamente a 9000 BC, estima-se que havia uma população mundial de cerca de 5 a 10 milhões de habitantes (o que imagina-se que a terra suportaria antes da revolução agrícola).
- Ano Zero até 1000 - ~300 milhões
- 1750 - 800 milhões **Agricultura**
- 1820 - 1 bilhão
- 1930 - 2 bilhões **Saneamento e**
- 1960 - 3 bilhões
- 1974 - 4 bilhões **controle de pragas**
- 1990 - 5 bilhões
- atual ~ 6.1 bilhões

- Na última metade do século passado perdeu-se 1/5 da camada superficial do solo, 1/5 das terras cultiváveis e 1/3 das florestas.
- Biodiversidade - Nos últimos 65 milhões de anos, estima-se que ocorria a extinção de 1 espécie/milhão de ano. Atualmente são 1000! Estima-se que 2/3 das espécies atuais terão desaparecido até o final do século.
- Nos anos 90, 40% da população mundial sofria com déficit de água.
- ~20% da população mundial não tem acesso a água potável
- ~25% da população mundial vive com menos de US\$1/dia.
- 50% a 1/8 da população mundial padece de desnutrição
- 20% consomem 80% dos recursos; 80% consomem 20%

- EUA têm 4.5% da população mundial e consome 25% dos benefícios produzidos. É o país industrializado que menos contribui com assistência internacional. Gastam US\$30 a 60 bilhões em ações militares no Golfo Pérsico para manter a compra de US\$21,4 bilhões de petróleo. (orçamento militar 2002 - ~US\$378 bilhões).
- Seriam necessárias 3 terras para estender o padrão de vida dos países desenvolvidos para todo o planeta.