

MUDANÇAS CLIMÁTICAS

<https://www.youtube.com/watch?v=F-Hcu3jH8G4>

<https://www.youtube.com/watch?v=OJ6Z04VJDco>

Paleoclima

Variabilidade

**Mudanças
climáticas**



USGS Photo by M.P.Doukas, July 22, 1980

Mudança climática

- O clima pode ser definido como
 - A sucessão sazonal dos eventos meteorológicos num longo período de tempo
- O clima pode mudar em várias escalas de tempo
 - Estudos de geleiras, corais, anéis de árvores, etc...
Documentam grandes variações nos climas global e regional
- O clima muda em resposta a diversos fatores
 - Natural
 - Antropogênico

Elementos climáticos

- Fatores externos

Astronômicos

- Energia solar
- Mudanças orbitais
- Poeira interplanetária
- Colisões com outros corpos interplanetários
 - cometas
 - asteróides

- Fatores internos

- Composição atmosférica
- Características da superfície
- Correntes oceânicas
- Química do oceano
- Atividade vulcânica
- Deriva continental

Atividade solar

- Manchas solares e fáculas
- Ciclos de 11 anos e múltiplos desses ciclos
- Mínimo de Maunder
Pequena Idade do Gelo (?)

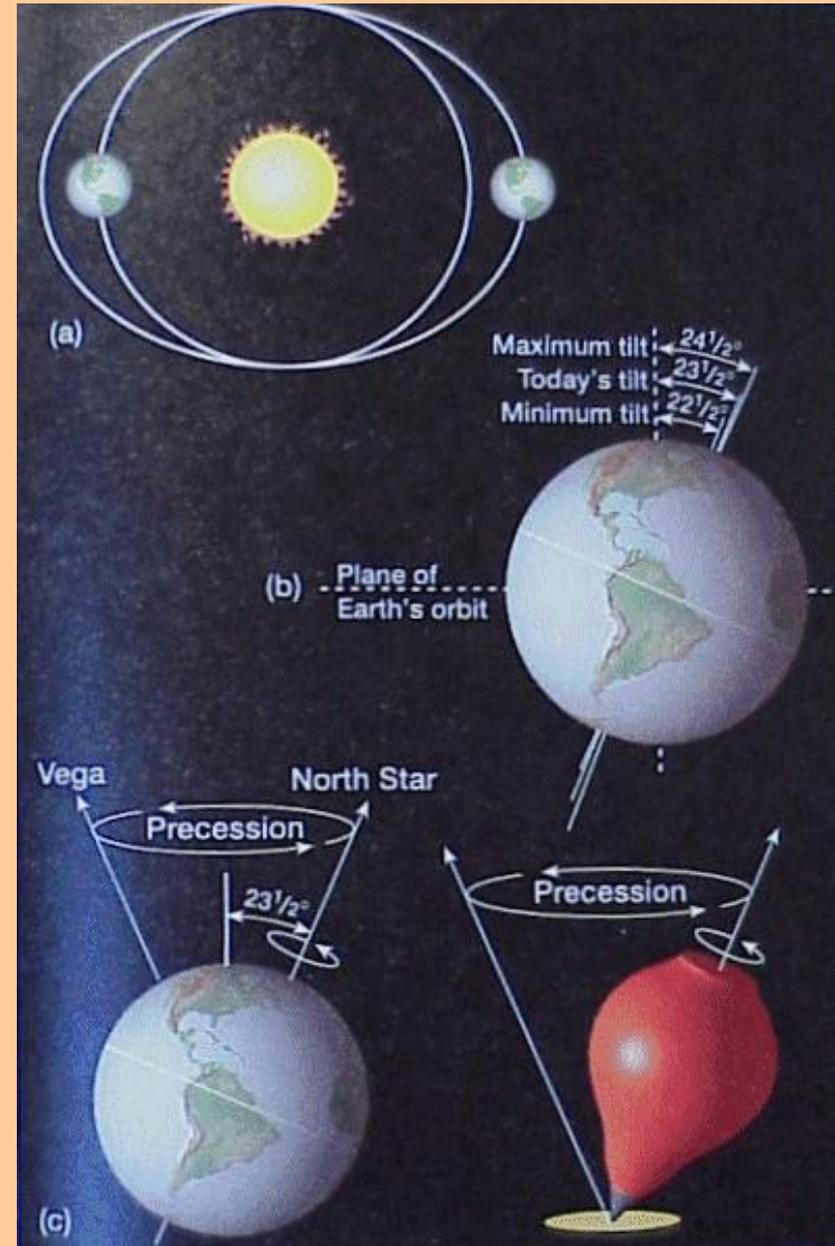
Teoria de Milankovitch

Variáveis astronômicas responsáveis por flutuações climáticas

Inspirada por estudos de avanços glaciais e glaciações

Periodicidades

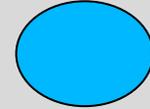
- a) Excentricidade da órbita
→ 100.000 anos
- b) Obliquidade
→ 41.000 anos
- c) Precessão
→ 23.000 anos



Teoria de Milankovitch

→ Períodos mais frios associados a:

- órbita mais circular menos excêntrica
 - resfriamento médio global
 - » período de 100.000 anos
- menor inclinação do eixo da Terra
 - próximo ao mínimo de $22,1^\circ$
 - menor amplitude de variação sazonal - resfriamento em geral
 - » período de 41.000 anos
 - *inclinação atual de $23,5^\circ$*



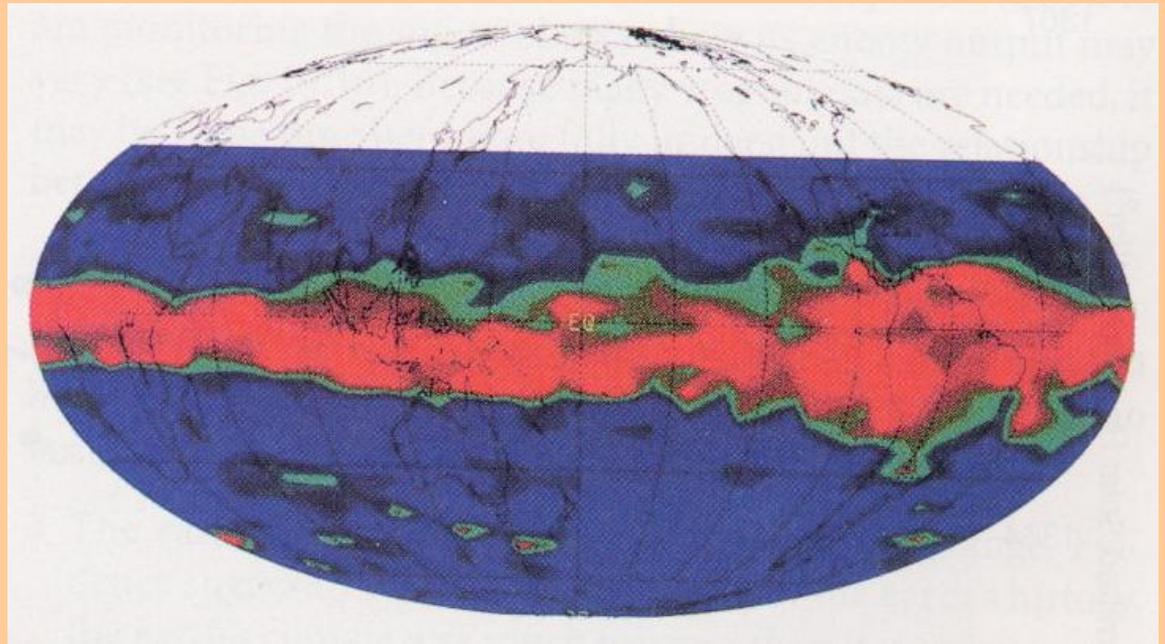
→ Períodos mais quentes associados a:

- órbita mais excêntrica
 - aquecimento médio global - período de 100.000 anos
- maior inclinação do eixo
 - próximo ao máximo de $24,5^\circ$
 - maior amplitude de variação sazonal - aquecimento em geral
 - » período 41.000 anos

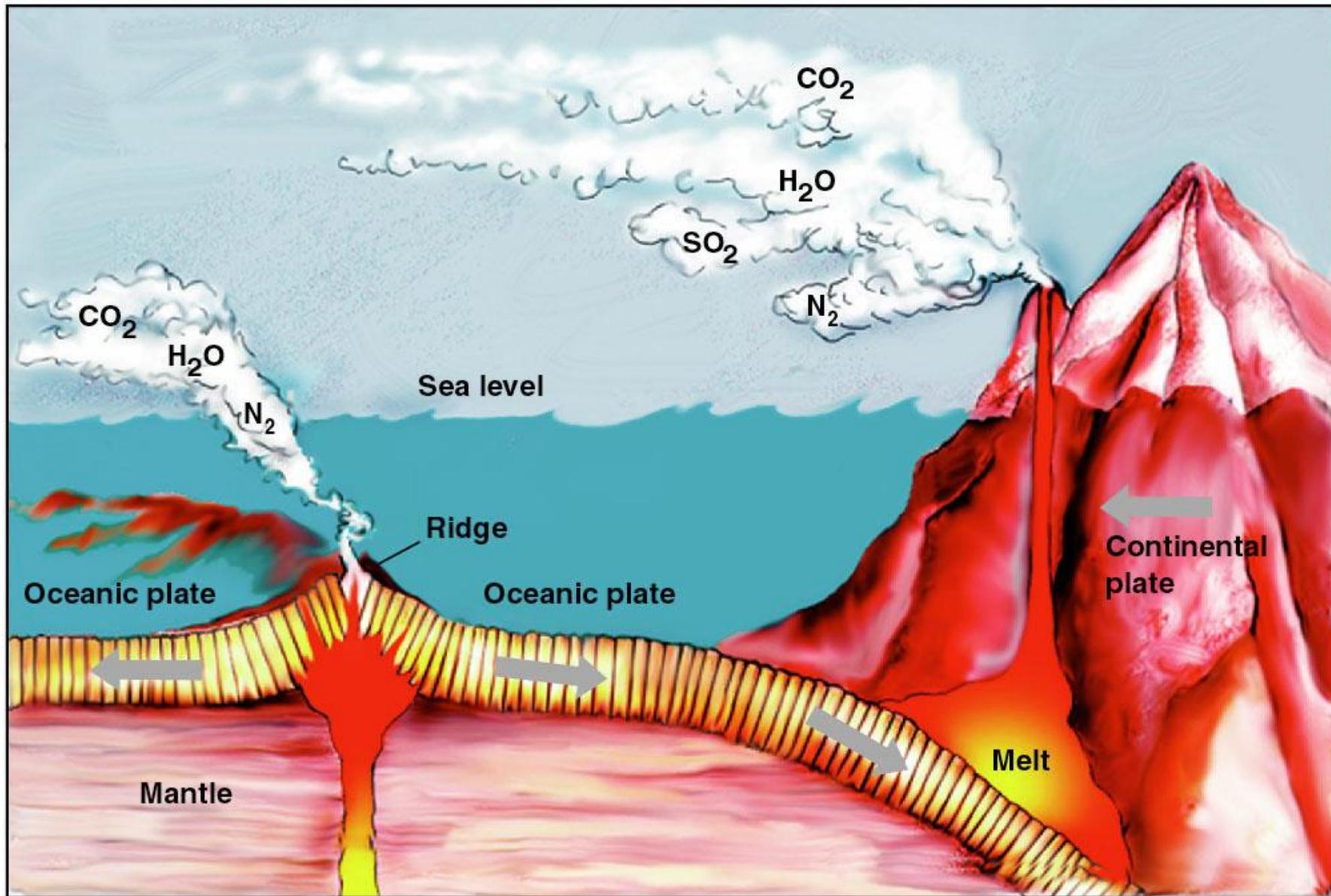


Atividade vulcânica

- Aerossóis de enxofre: resfriam a troposfera e aquecem a estratosfera
- Também emitem “gases estufa”
- Em escalas de tempo anual, os vulcões resfriam a superfície (1816?)



Mt. Pinatubo Stratospheric Sulfur Plume - 1991



Mecanismos de realimentação *feedback*

A realimentação pode amplificar a mudança climática, mas também evita que o clima mude demais.

Importantes mecanismos de realimentação:

Ação do vapor d'água

Ação das nuvens

Ação da neve-gelo

Ciclo do carbono

Ação do oceano (sumidouro de carbono)

Mecanismos de realimentação *feedback*

Feedback positivo

→ Intensifica o sinal inicial da perturbação

- aumento da área coberta por gelo – pólos
- aumento da concentração de gases de efeito estufa
- aumento da concentração de aerossóis

Feedback negativo

→ Enfraquece o sinal inicial da perturbação

- aumento da quantidade de nuvens profundas

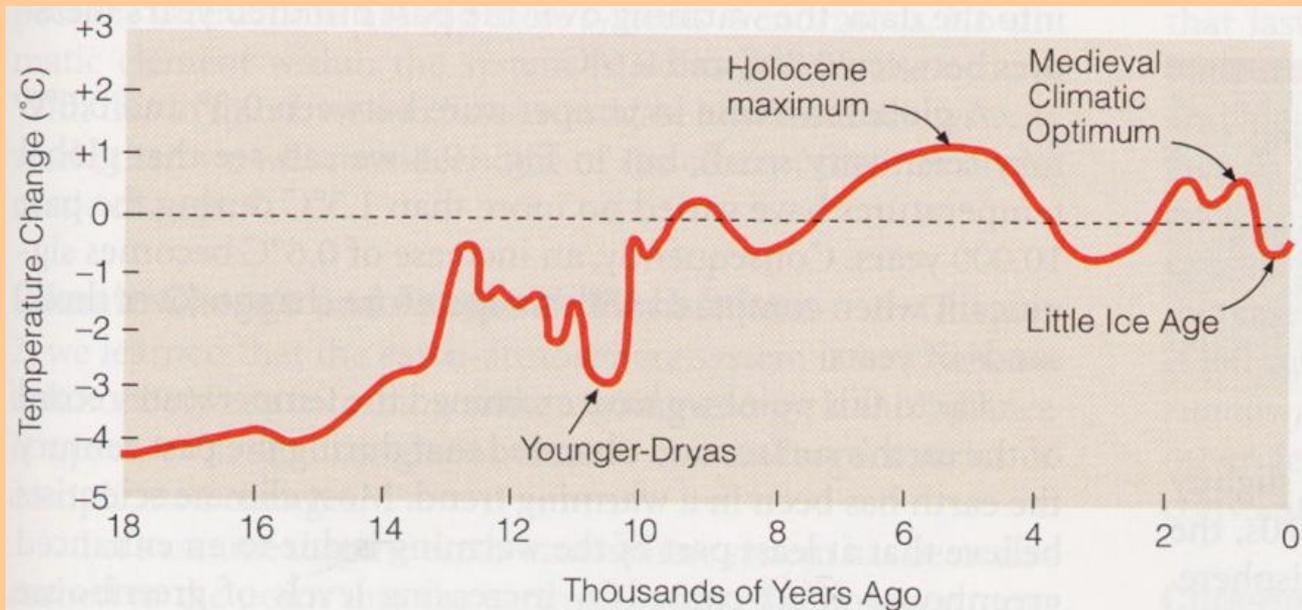
considerando $\Delta T > 0$

<http://www.theguardian.com/environment/2011/jan/05/climate-change-feedback-loops>

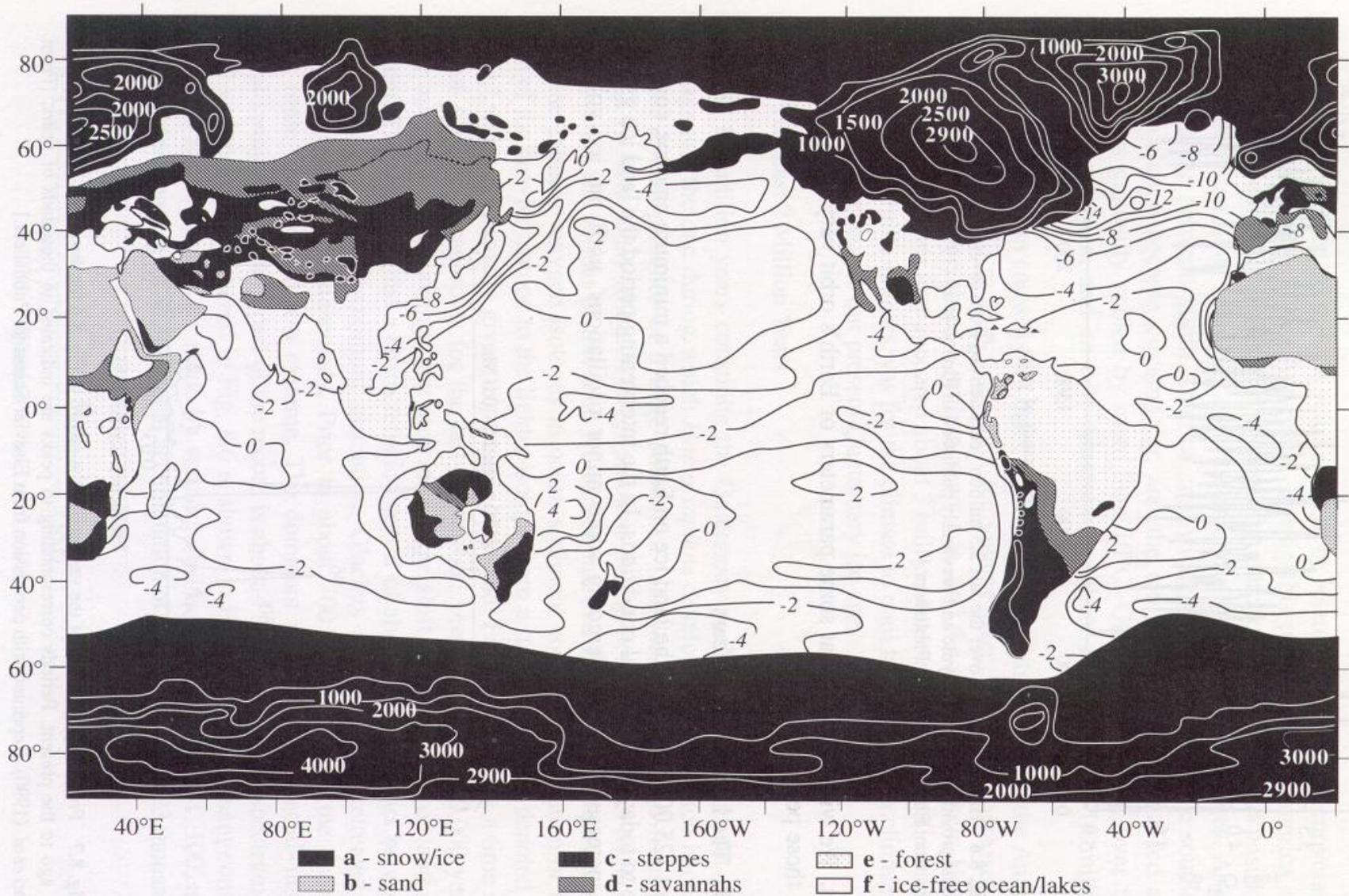
<http://www.theguardian.com/environment/2013/aug/23/climate-change-carbon-emissions-ipcc-extreme-weather>

O clima observado ao longo do tempo

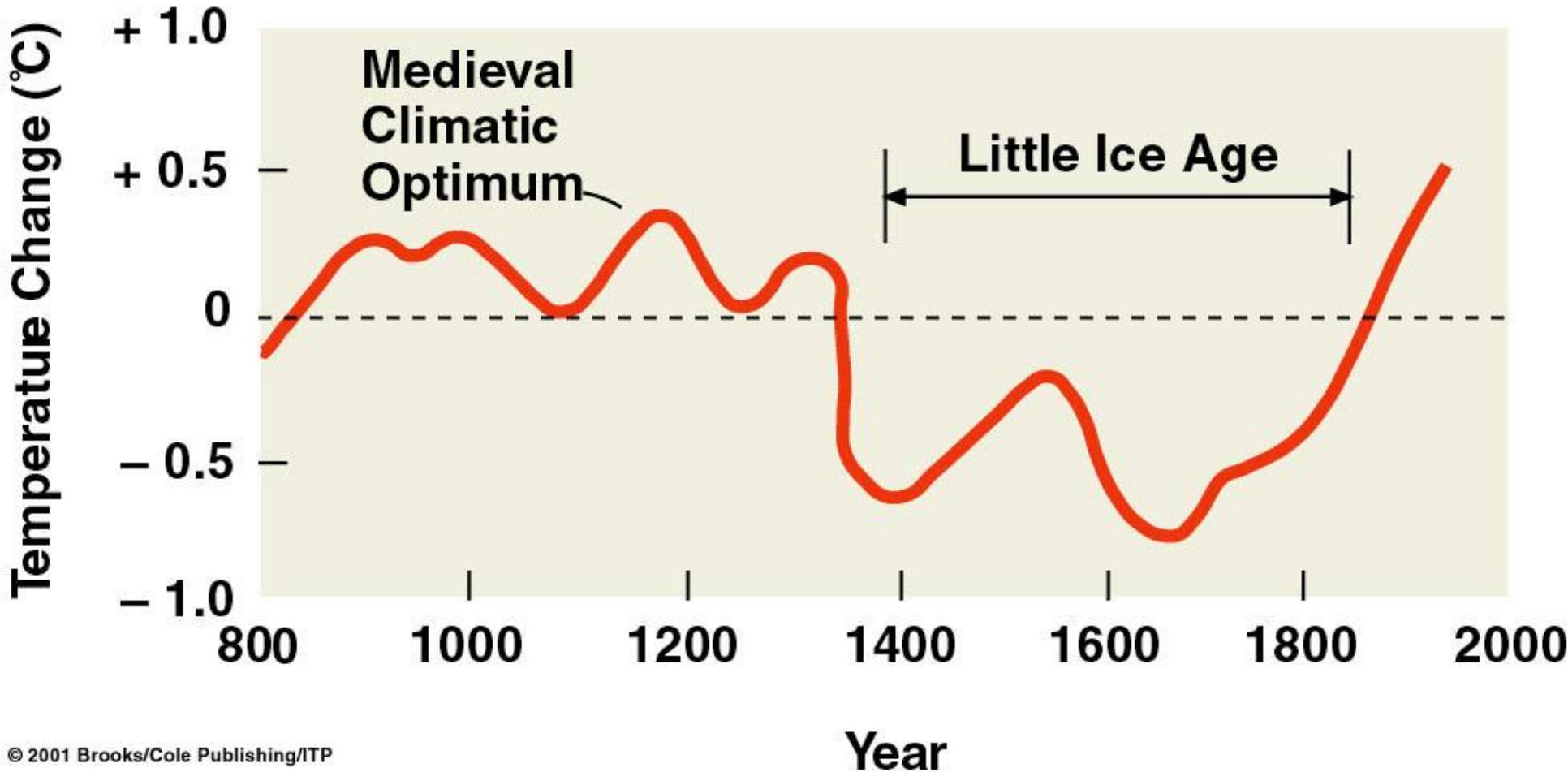
- Durante grande parte da história da Terra a temperatura esteve mais elevada que a atual
 - Períodos quentes de centenas de milhões de anos foram interrompidos por períodos glaciais
- As glaciações mais recentes tiveram início há cerca de 2 milhões de anos
 - As geleiras norte-americanas mais recentes atingiram o máximo há ~ 18000 anos
 - O nível do mar esteve 125 m mais baixo
 - A ponte sobre o estreito de Bering permitiu a migração entre a Ásia e a América
 - Houve um subsequente aquecimento, pontuado por curtos períodos frios, como a Pequena Idade do Gelo (~1550-1850)



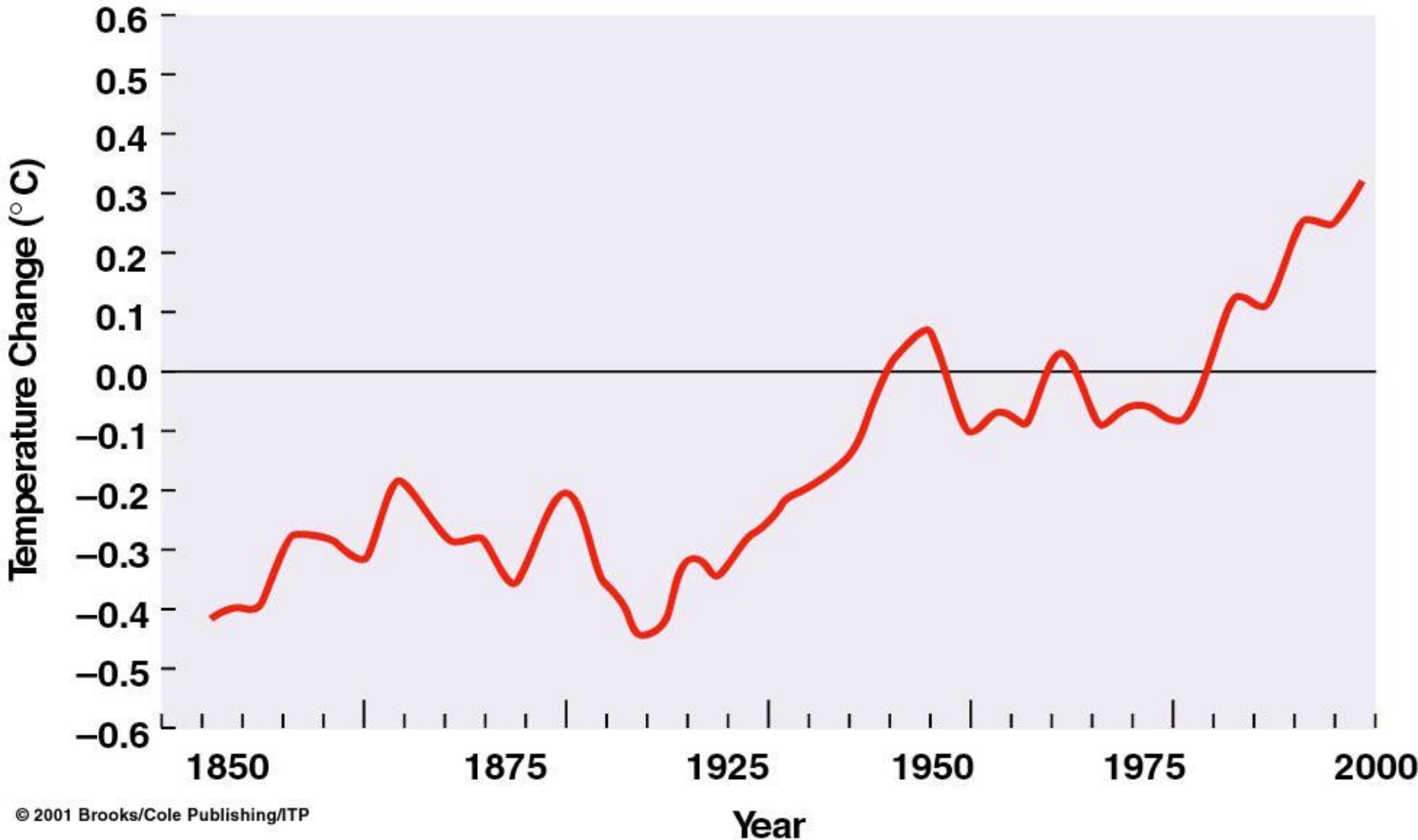
Há 18 mil anos – cobertura neve temperatura do mar



O último milênio



Séculos recentes

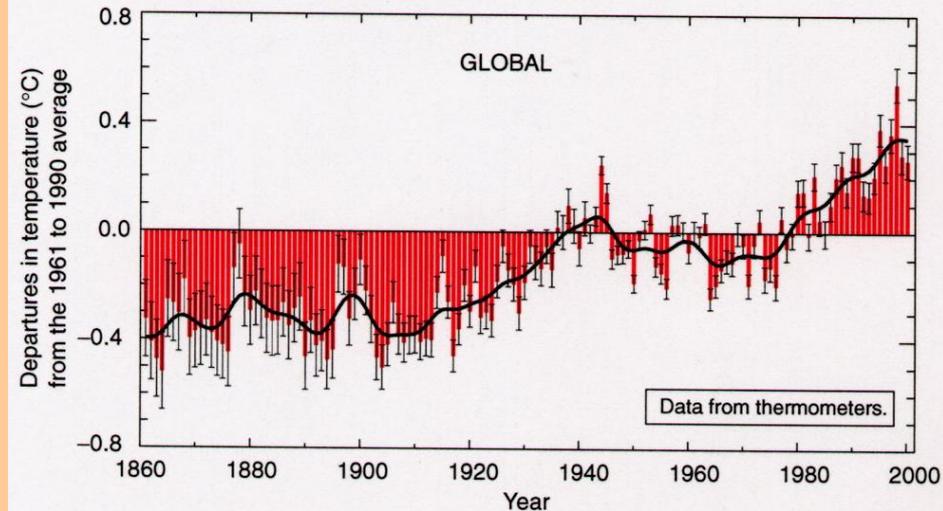


Aquecimento recente

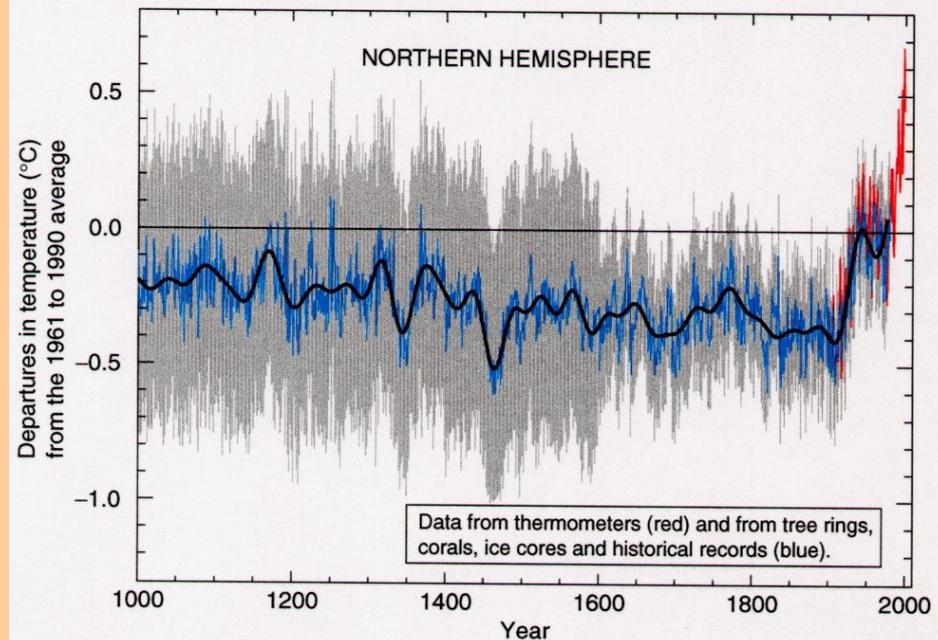
A temperatura média global em superfície aumentou cerca de **0,6°C** do século XIX até 2000

Variations of the Earth's surface temperature for:

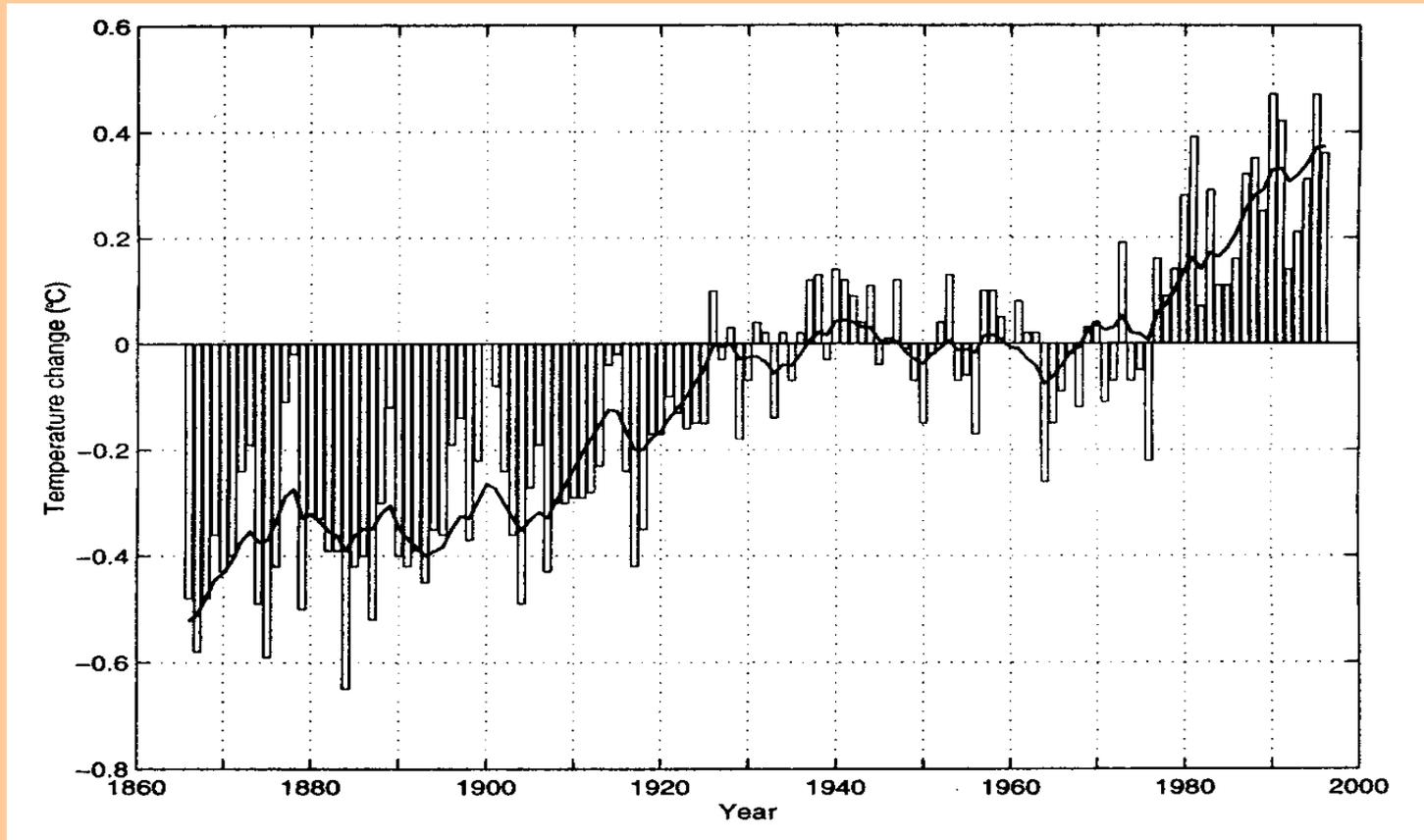
(a) the past 140 years



(b) the past 1,000 years



Temperaturas médias (continente e oceano) globais, em relação à média do período 1951-1980

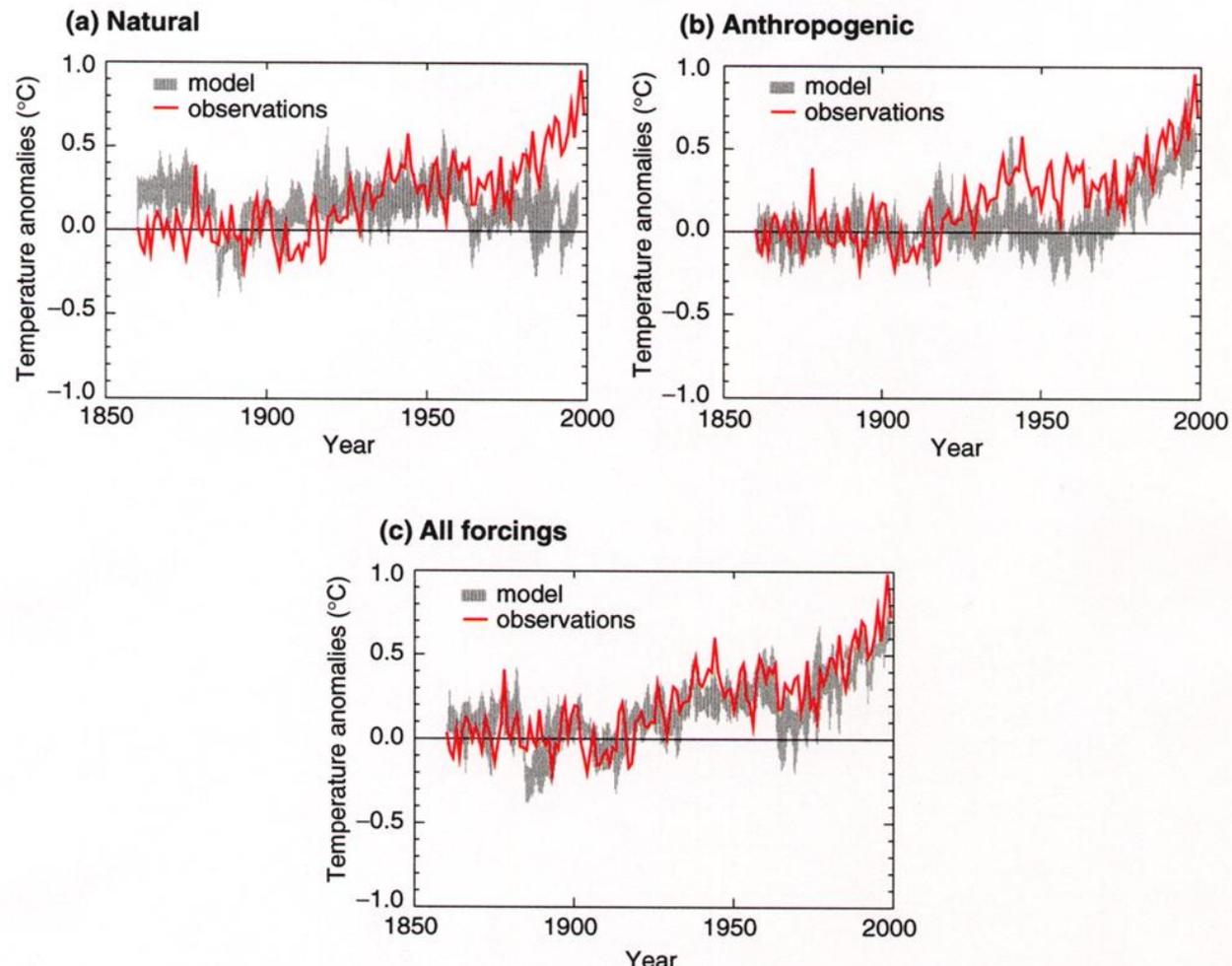


(Philander, 1998)

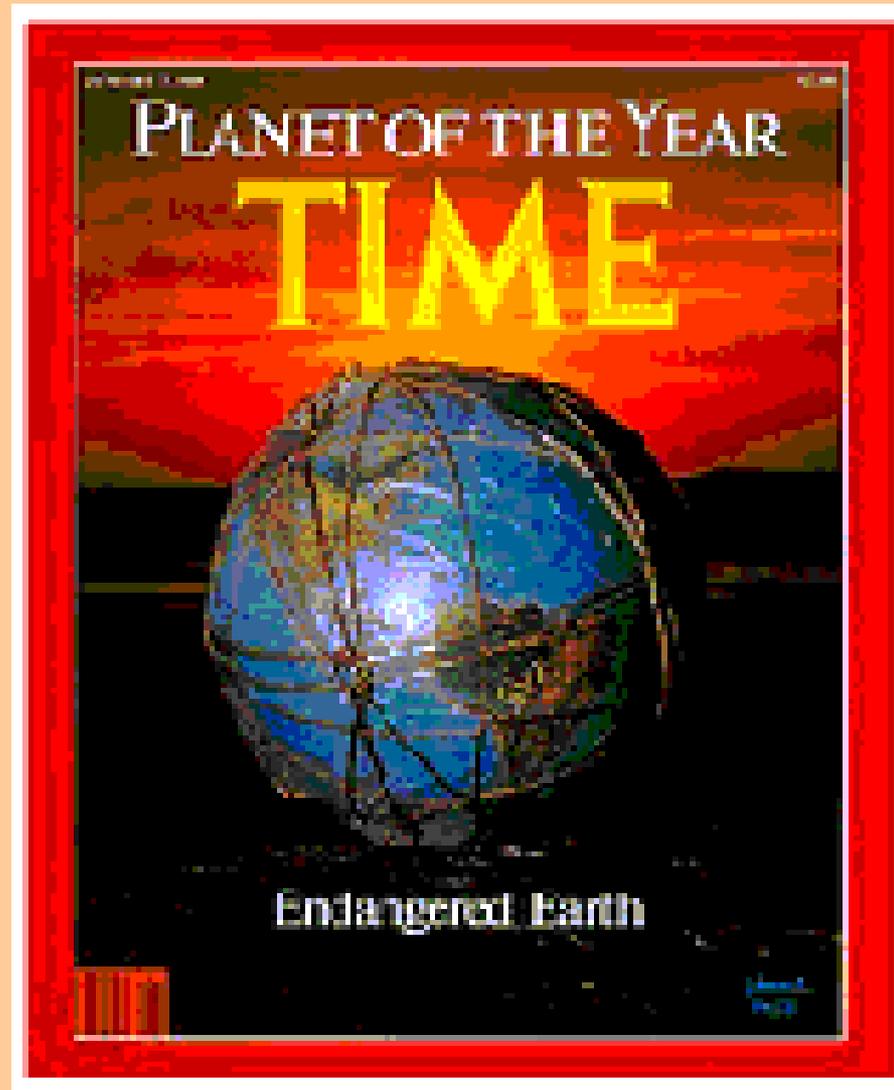
Fatores naturais podem explicar o aquecimento?

- O IPCC (2000) afirma: “Existem fortes evidências de que a maior parte do aquecimento observado nos últimos 50 anos pode ser atribuído a atividades humanas”.
- Emissões antropogênicas de gases estufa e de aerossóis são significativas.

Simulated annual global mean surface temperatures



Time, 2/1/1989

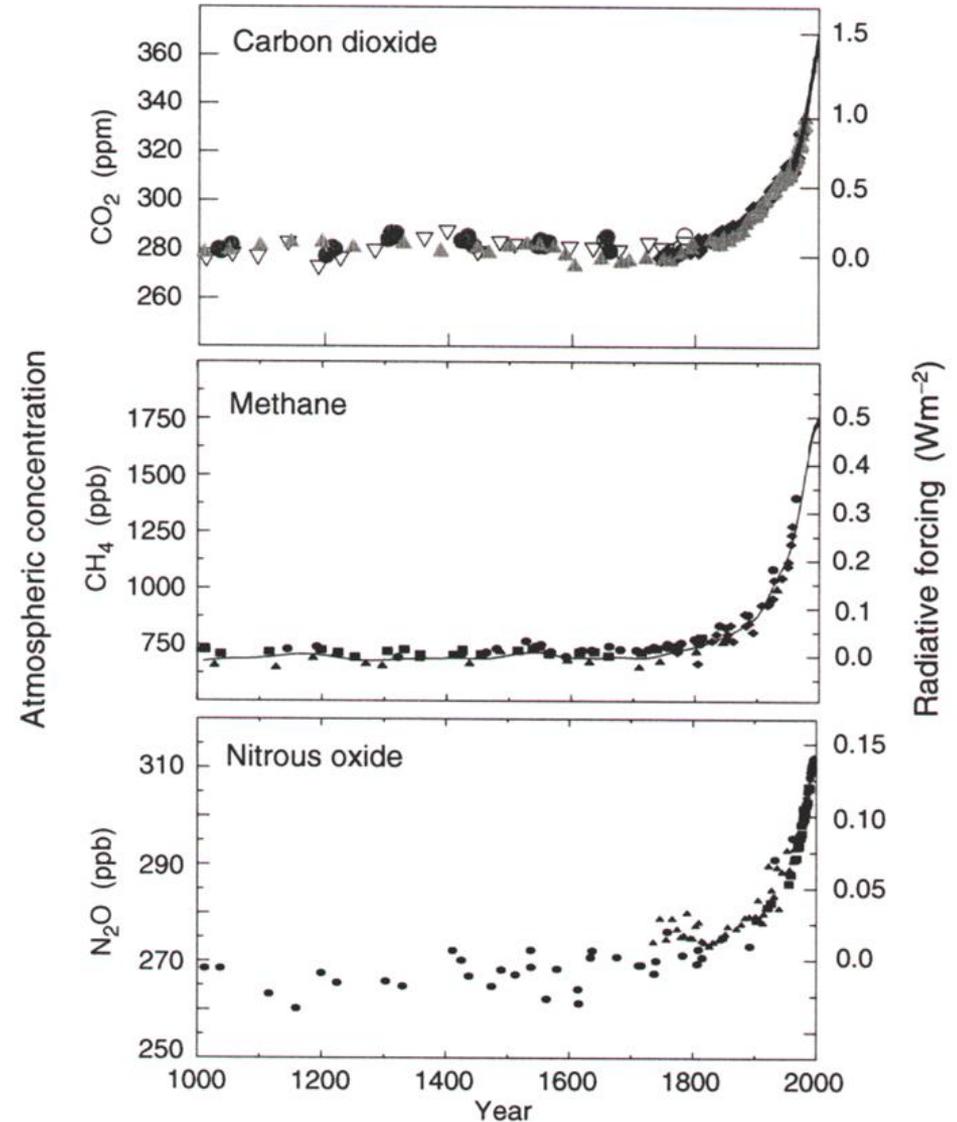


Concentrações de gases estufa

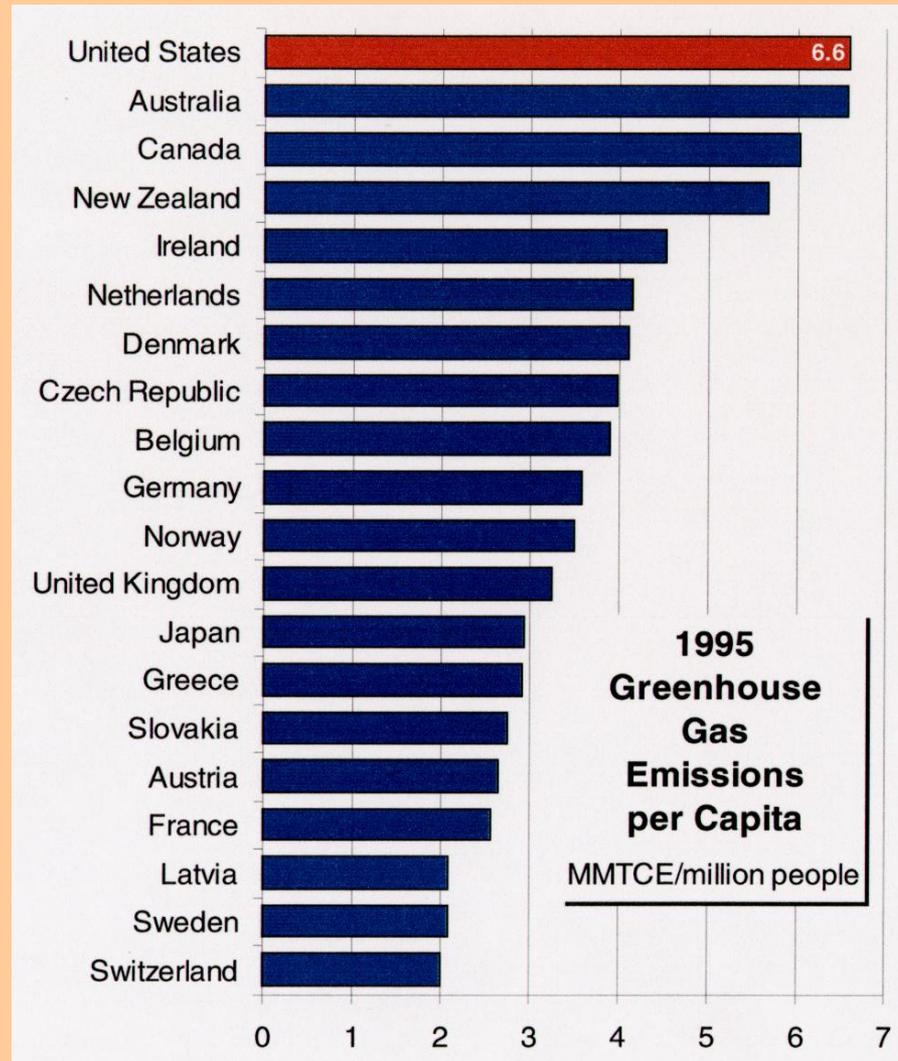
- As concentrações aumentaram muito desde o início da Revolução Industrial.
- Aumentos desde 1750
 - CO_2 -- 31%
 - CH_4 -- 151%
 - N_2O -- 17%

Indicators of the human influence on the atmosphere during the Industrial Era

(a) Global atmospheric concentrations of three well mixed greenhouse gases

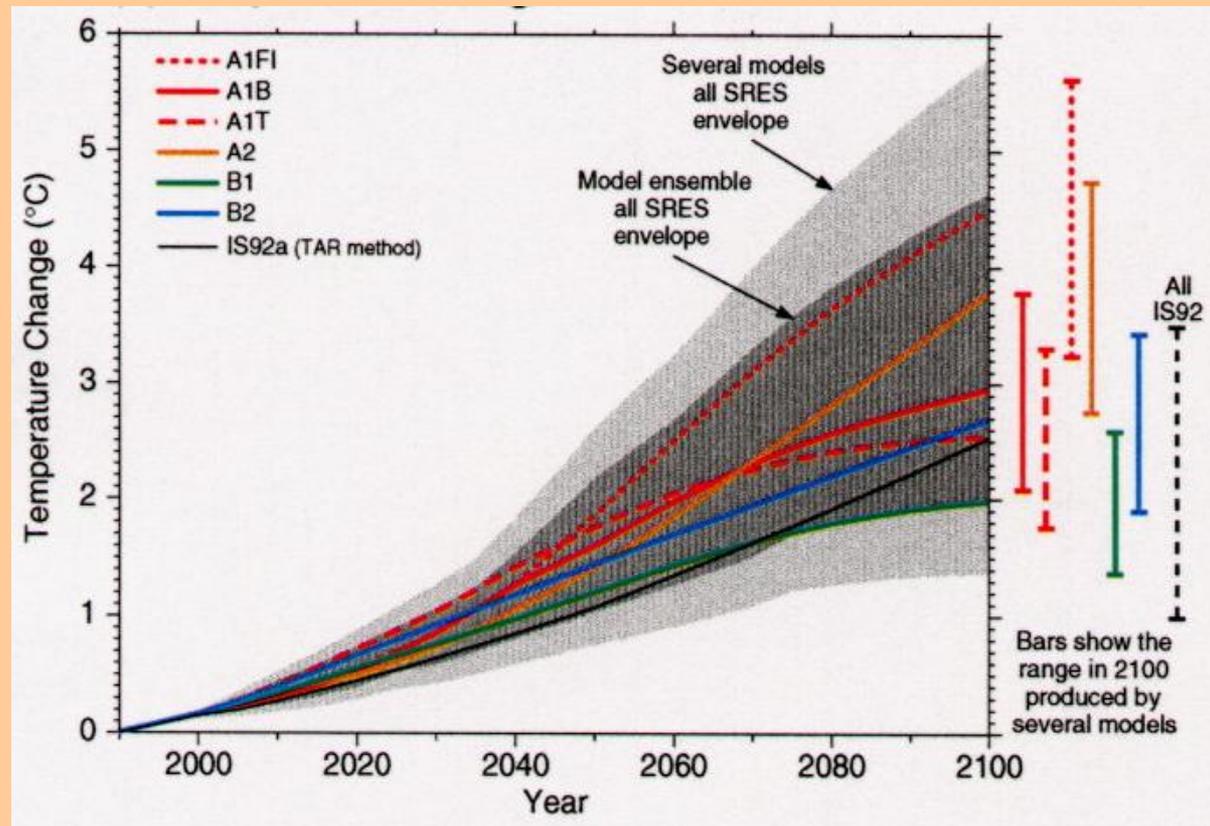


Emissores de gases estufa



Mudanças futuras de temperatura

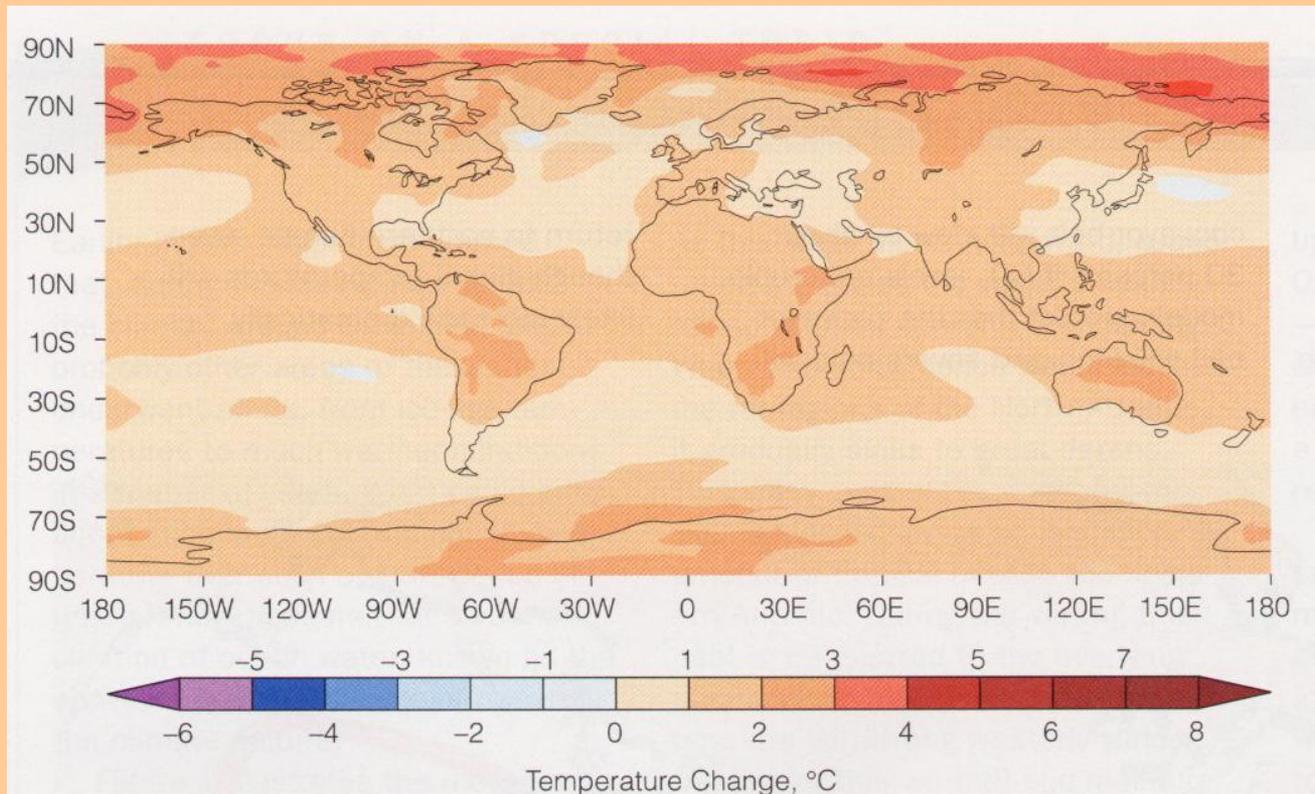
- O IPCC (2000) prevê um aumento na temperatura global de 1,4 a 5,8 °C de 1990 a 2100
 - Valores variam de acordo com o cenário de emissões e a modelagem empregada
 - Alguns cientistas afirmam que o sistema não é previsível dado o conhecimento atual.



The IPCC is the Intergovernmental Panel on Climate Change

Previsão de aumento não uniforme de temperaturas

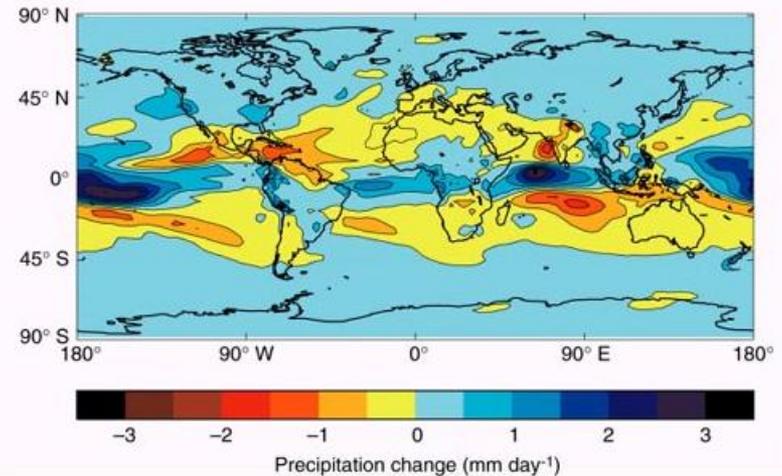
- Projeção para 1950 de mudança nas temperaturas de superfície devido a uma duplicação da concentração de CO₂ e gases de enxofre por emissões humanas.
- Algumas áreas serão mais aquecidas que a média global (hemisfério norte).



Precipitação e o nível do mar

- Maior evaporação significa maior precipitação
 - Espera-se aumento da precipitação em médias e altas latitudes do hemisfério norte e na Antártida no inverno.
 - Decréscimos e aumentos regionais em baixas latitudes.
 - Maior variabilidade anual da precipitação.
- Espera-se que a expansão térmica dos oceanos e o derretimento do gelo cause aumento do nível do mar.
 - 0,1-0,9 m de aumento esperado para 2100

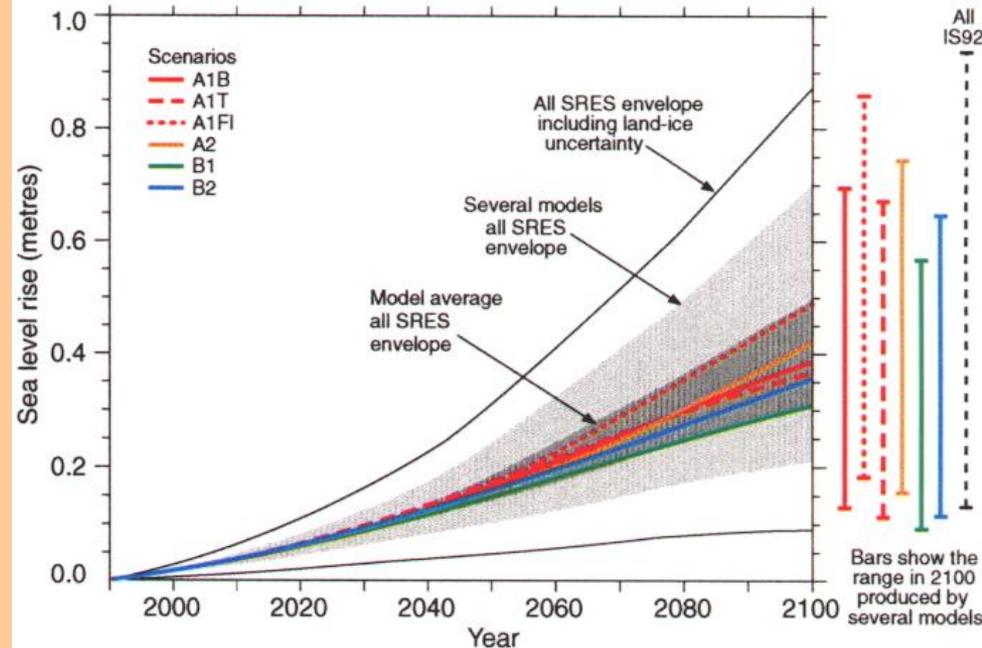
Figure 12: Projected Changes in Annual Precipitation for the 2050s



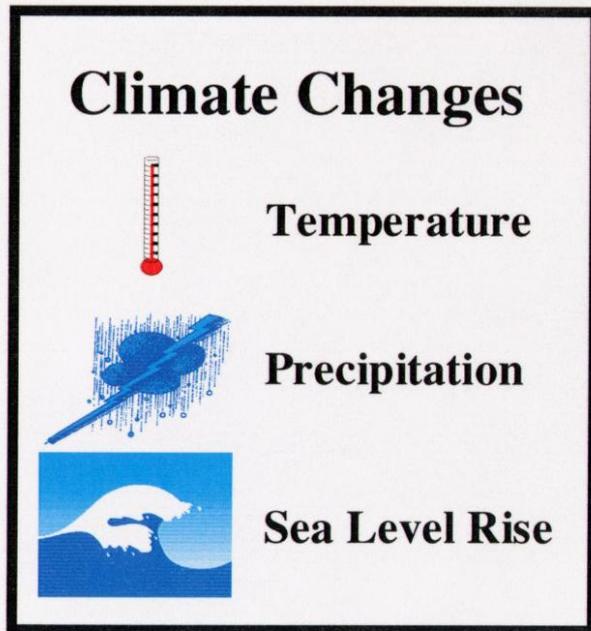
The projected change in annual precipitation for the 2050s compared with the present day, when the climate model is driven with an increase in greenhouse gas concentrations equivalent to about a 1% increase per year in CO₂.

The Met Office - Hadley Centre for Climate Prediction and Research.

(e) Sea level rise



Potential Climate Change Impacts



Health Impacts

Weather-related Mortality
Infectious Diseases
Air Quality-Respiratory Illnesses



Agriculture Impacts

Crop yields
Irrigation demands



Forest Impacts

Change in forest composition
Shift geographic range of forests
Forest Health and Productivity



Water Resource Impacts

Changes in water supply
Water quality
Increased Competition for water



Impacts on Coastal Areas

Erosion of beaches
Inundate coastal lands
Costs to defend coastal communities



Species and Natural Areas

Shift in ecological zones
Loss of habitat and species