



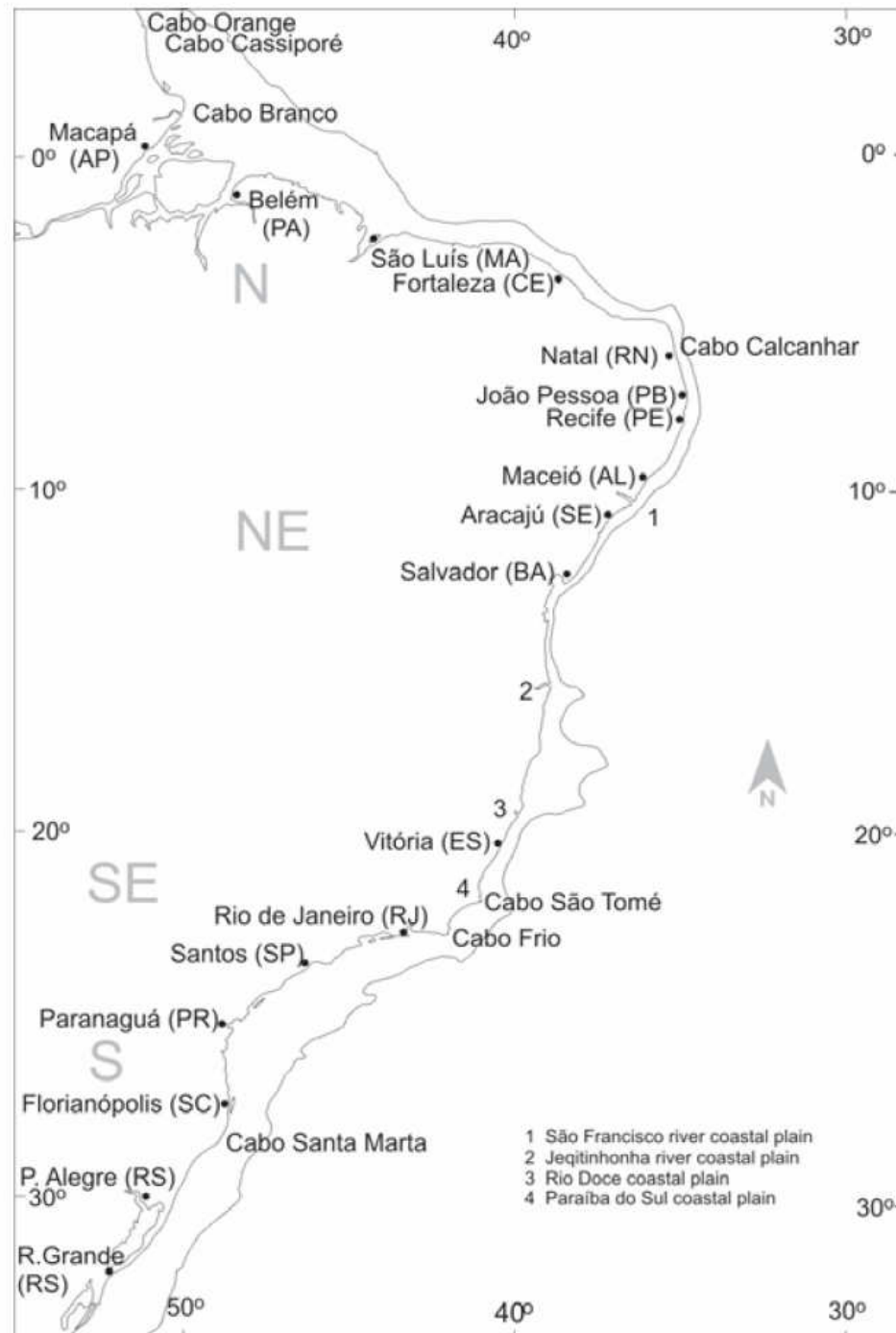
# Variabilidade e Mudanças Climáticas: Cidades Costeiras

Francisco de Assis de Souza Filho

# PONTOS

1. **Sensibilidade das cidades costeiras à mudança climática e sua dupla pressão: incerteza dos recursos (água e energia) e mudança nos oceânicos.**
2. **A mudança climática deve ser entendida no contexto da história do clima no planeta e da variabilidade climática**
3. **Há incertezas nos cenários dos modelos de mudança climática que necessitam ser incorporados na tomada de decisão**
4. **Faz-se necessário estratégia de gestão do risco climático, devendo esta estar incorporada no planejamento e gestão dos recursos hídricos**

## O litoral do Brasil: localização de capitais, acidentes geográficos e plataforma continental



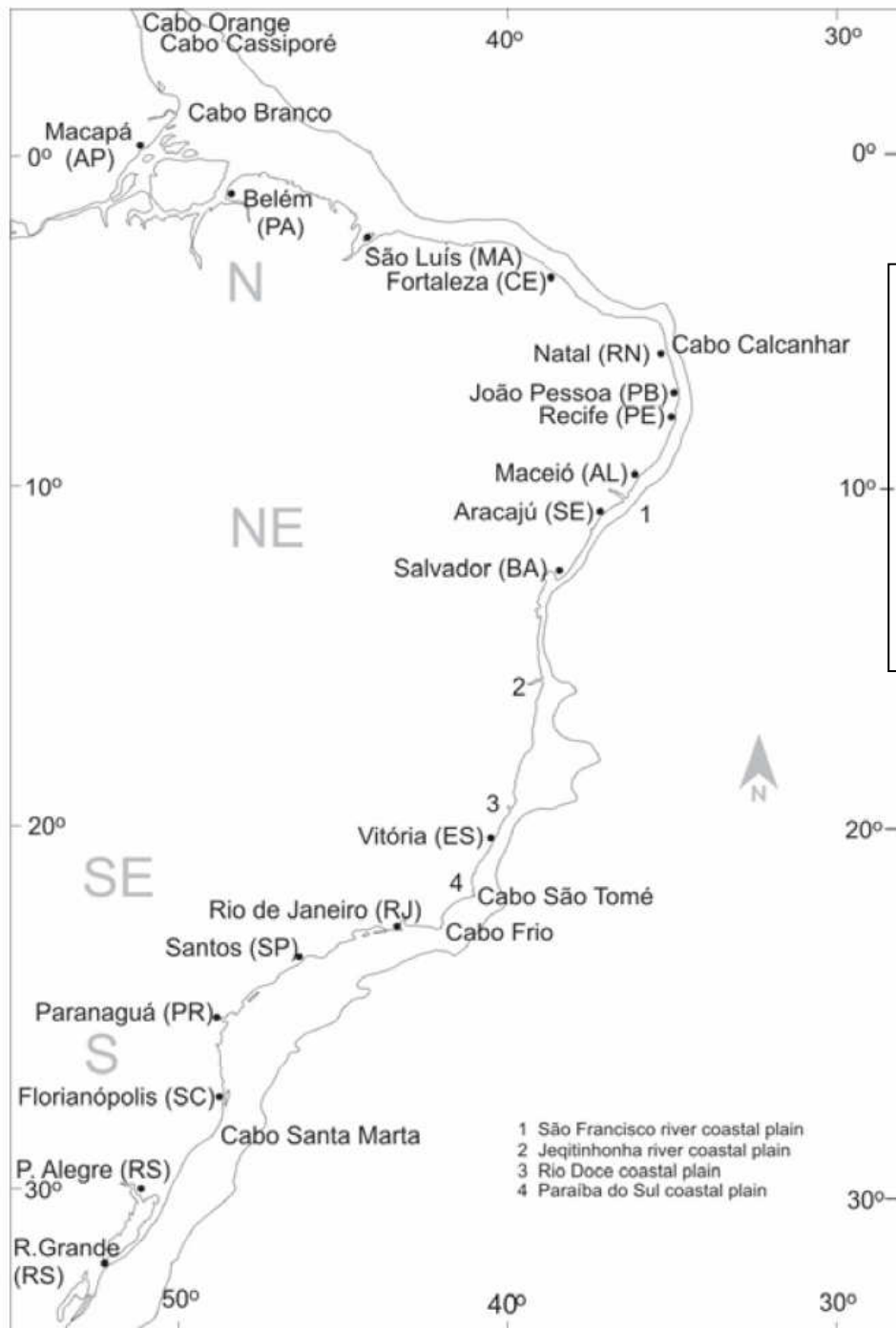
. Os Censos de 1980 e 1991 mostraram que a população residente nos municípios costeiros, banhados diretamente pelo mar ou em regiões estuarinas, permaneceu em torno de 20% da população total do país.

.os Estados da Região Nordeste, o Rio de Janeiro e o Amapá, por diferentes motivos, têm concentrada sua população na zona costeira, enquanto que dois Estados populosos – São Paulo e Paraná –, possuem baixa densidade populacional nos municípios costeiros.

# Distribuição populacional ao longo da costa brasileira

| Densidade de ocupação PLC (população/km) |                |        |             |              |         |       |
|--|----------------|--------|-------------|--------------|---------|-------|
| Ano                                      | Linha de costa | <1.000 | 1.000-5.000 | 5.000-10.000 | >10.000 | Total |
| 1980                                     | Extensão (km)  | 3.824  | 2.683       | 385          | 560     | 7.452 |
|  | Porcentagem    | 51,3%  | 36,0%       | 5,2%         | 7,5%    | 100%  |
| 1991                                     | Extensão (km)  | 3.328  | 2.867       | 512          | 745     | 7.452 |
|  | Porcentagem    | 44,7%  | 38,5%       | 6,9%         | 10,0%   | 100%  |

## O litoral do Brasil: localização de capitais, acidentes geográficos e plataforma continental



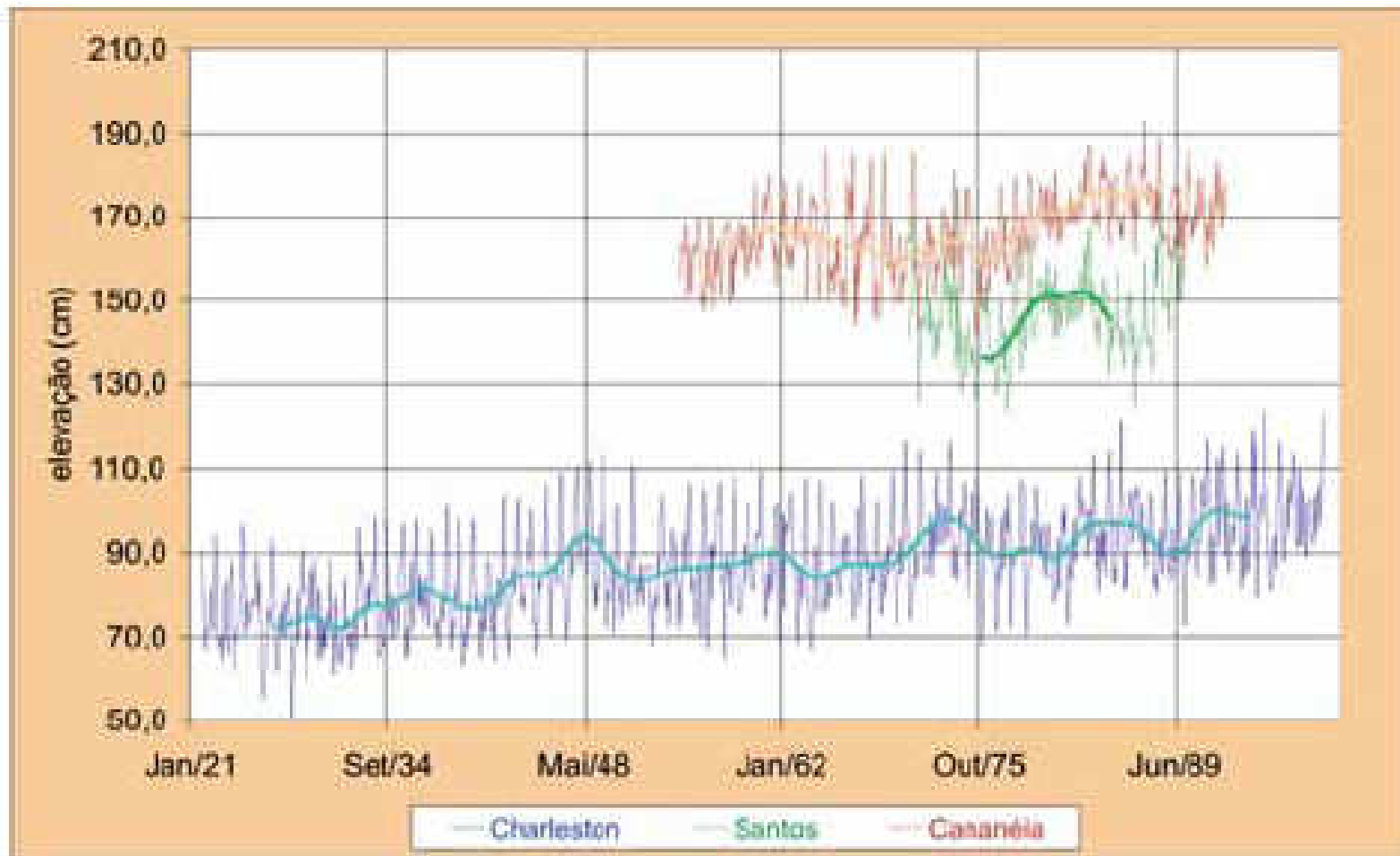
### PROCESSOS

- .Regime de Ventos
- . Regime de Ondas
- . Mudança na Pressão
- .Variação do Nível do Mar
- .Transporte de Sedimento costeiro
- . Precipitações e Regime Fluvial

# Impactos Potenciais

- Erosão e progradação costeira;
- Danos a obras de proteção costeira;
- Portos: prejuízos estruturais ou operacionais a portos e terminais;
- Danos a obras de urbanização de cidades litorâneas;
- Emissários Submárinos:
  - danos estruturais
  - Mudança da prejuízos operacionais a obras de saneamento;
- Intrusão salina:
  - estuários;
  - aquíferos;
- danos a recifes de coral.

# variação do nível médio do mar em Santos, Cananéia e Charleston (FIA)



Fonte: J.Harari e B.Kjerve

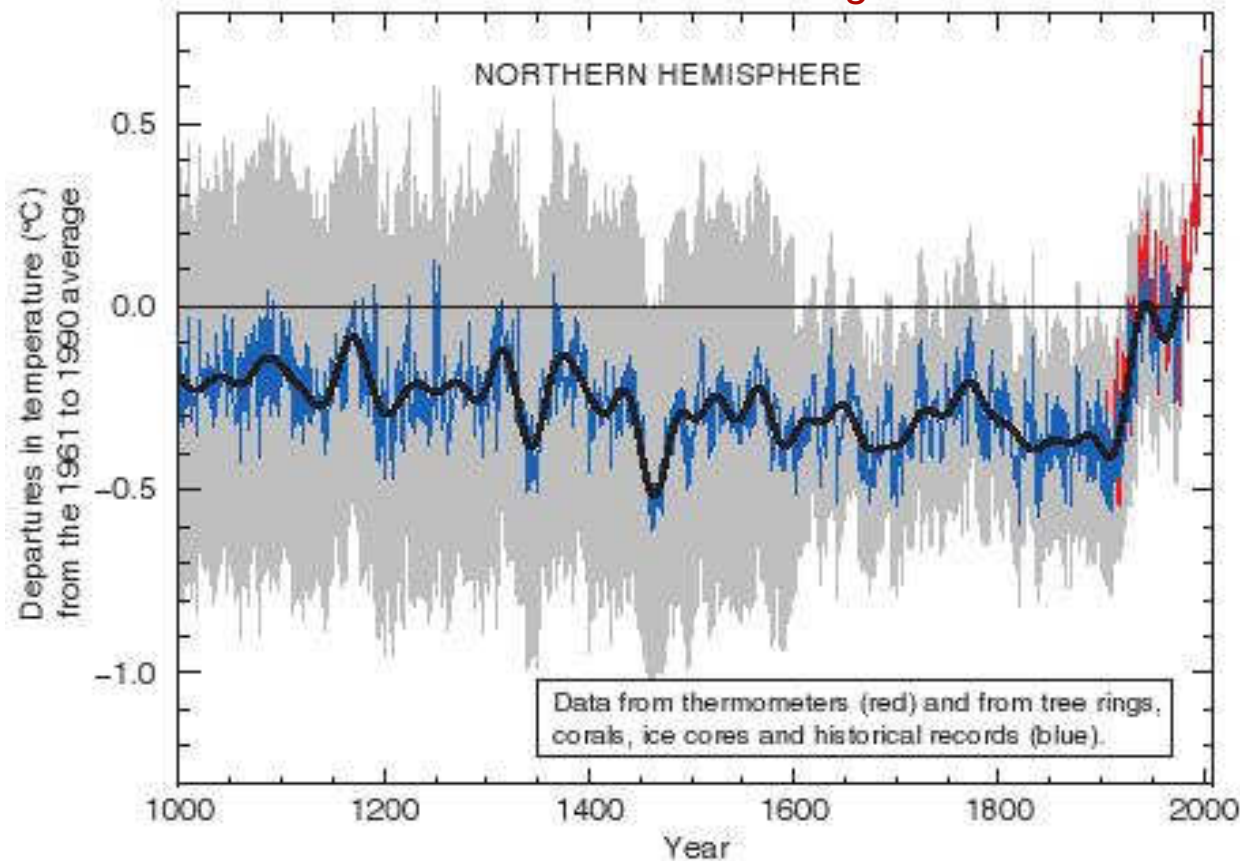
# Exemplos: Erosão costeira em Fortaleza



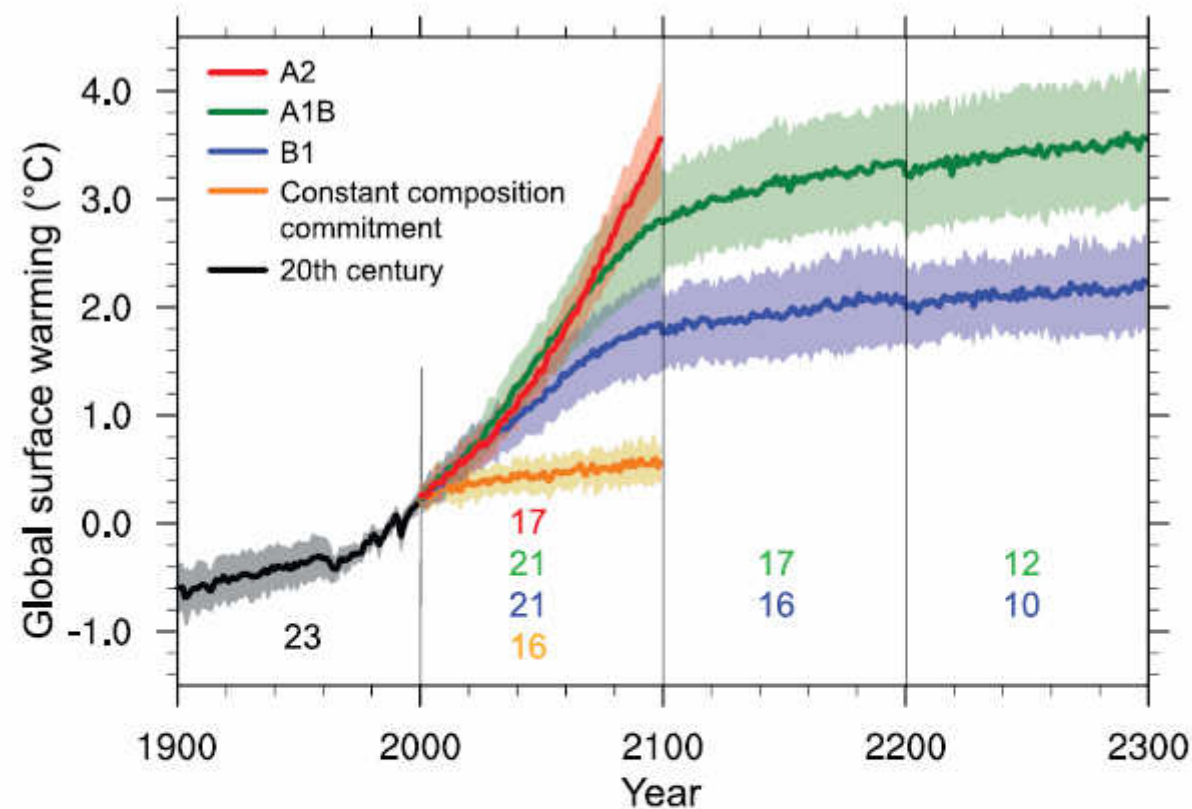
# Reconstrução Climática (Proxy records)

Reconstrução da Temperature proxy e observação histórica obs.  
**1,000 anos**

*Figure 16.6 in Ahrens*

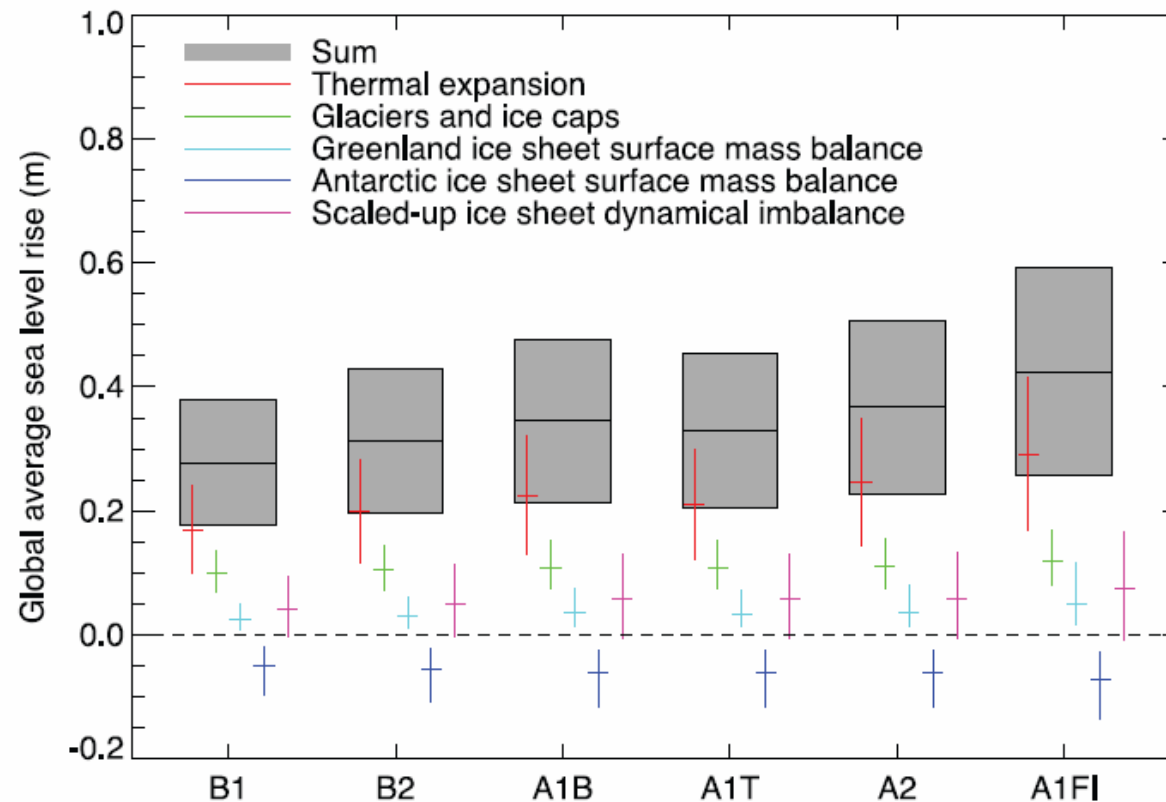


IPCC, Third Assessment Report, 2001



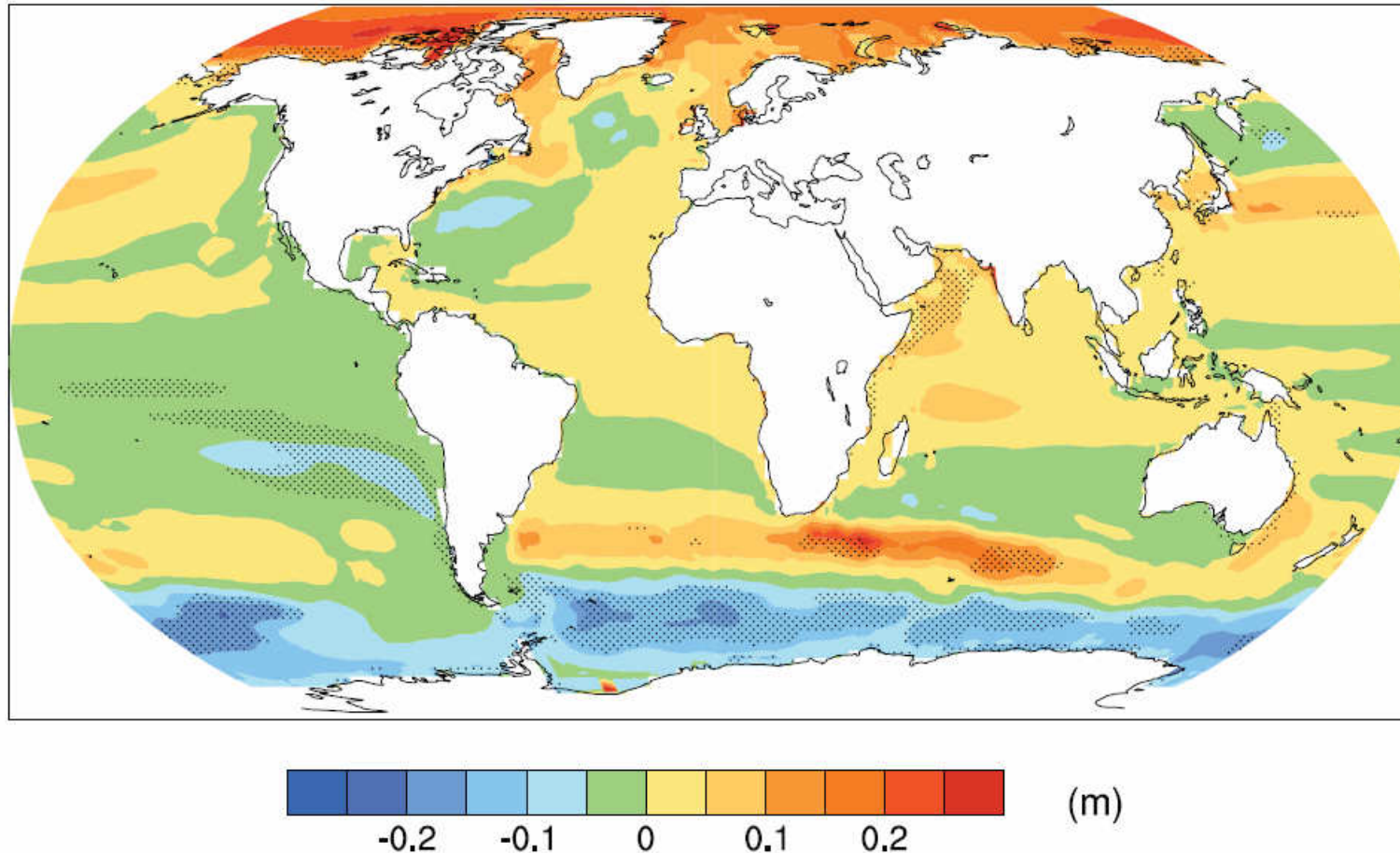
**Figure 10.4.** Multi-model means of surface warming (relative to 1980–1999) for the scenarios A2, A1B and B1, shown as continuations of the 20th-century simulation. Values beyond 2100 are for the stabilisation scenarios (see Section 10.7). Linear trends from the corresponding control runs have been removed from these time series. Lines show the multi-model means, shading denotes the  $\pm 1$  standard deviation range of individual model annual means. Discontinuities between different periods have no physical meaning and are caused by the fact that the number of models that have run a given scenario is different for each period and scenario, as indicated by the coloured numbers given for each period and scenario at the bottom of the panel. For the same reason, uncertainty across scenarios should not be interpreted from this figure (see Section 10.5.4.6 for uncertainty estimates).

# Elevação Média do Nível do Mar



**Figure 10.33.** Projections and uncertainties (5 to 95% ranges) of global average sea level rise and its components in 2090 to 2099 (relative to 1980 to 1999) for the six SRES marker scenarios. The projected sea level rise assumes that the part of the present-day ice sheet mass imbalance that is due to recent ice flow acceleration will persist unchanged. It does not include the contribution shown from scaled-up ice sheet discharge, which is an alternative possibility. It is also possible that the present imbalance might be transient, in which case the projected sea level rise is reduced by 0.02 m. It must be emphasized that we cannot assess the likelihood of any of these three alternatives, which are presented as illustrative. The state of understanding prevents a best estimate from being made.

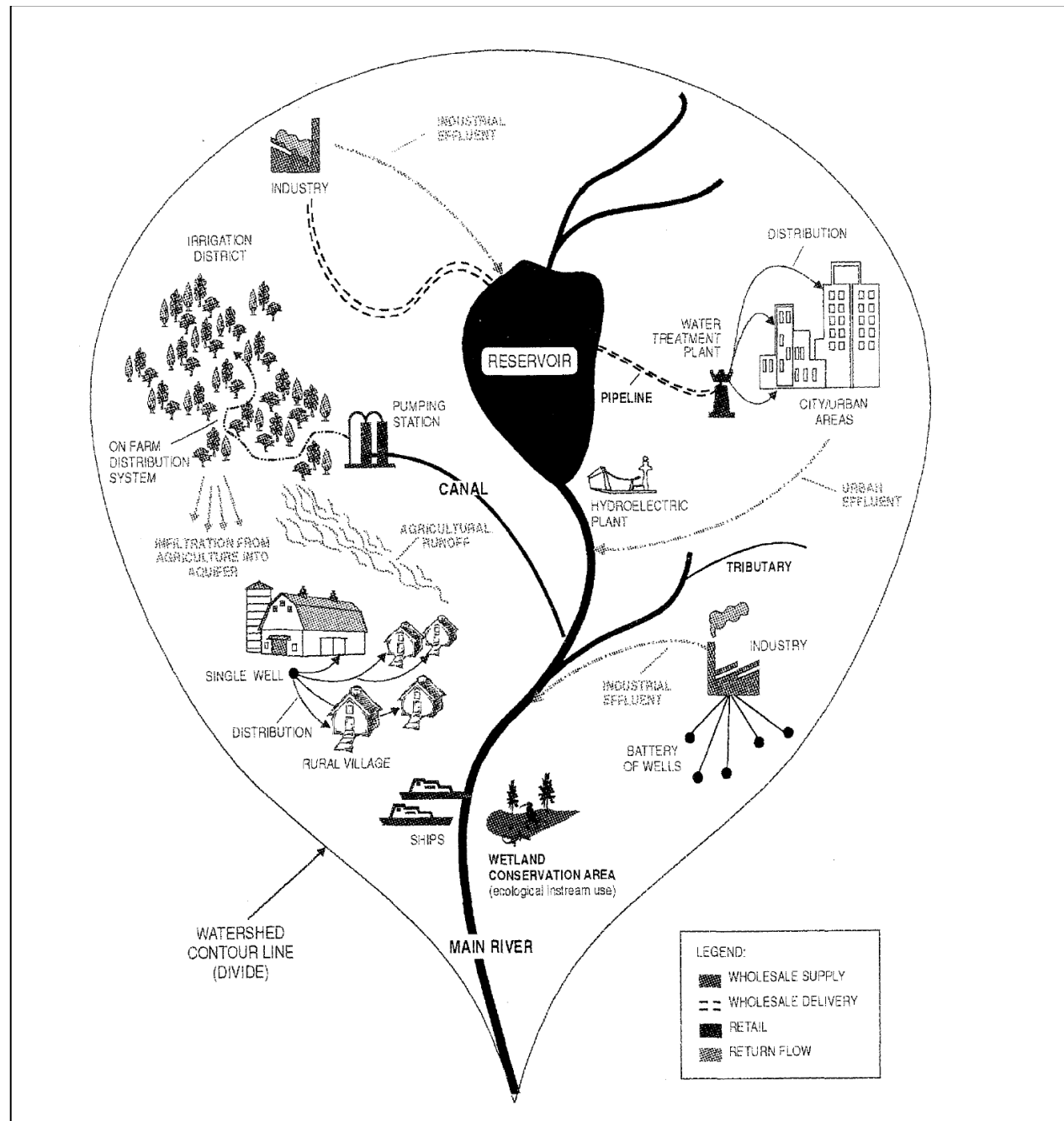
# Nível do Mar



**Figure 10.32.** Local sea level change (m) due to ocean density and circulation change relative to the global average (i.e., positive values indicate greater local sea level change than global) during the 21st century, calculated as the difference between averages for 2080 to 2099 and 1980 to 1999, as an ensemble mean over 16 AOGCMs forced with the SRES A1B scenario. Stippling denotes regions where the magnitude of the multi-model ensemble mean divided by the multi-model standard deviation exceeds 1.0.

Efeitos Locais – Inclinação da Plataforma

# Bacia Hidrográfica



*Oferta e Demanda Hídricas*

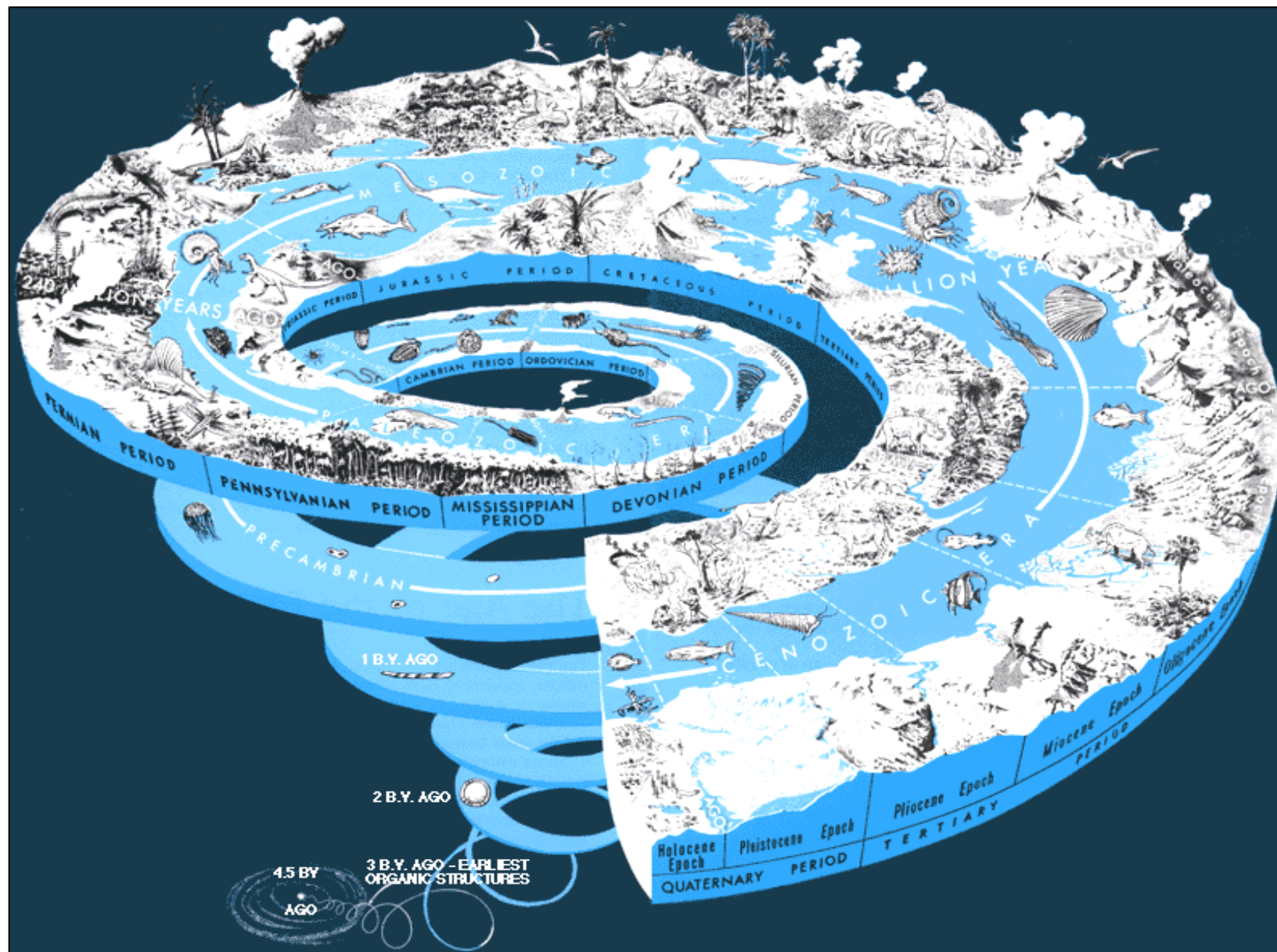
*Variáveis climáticas na gestão de RH e implantação de infra-estrutura hídrica*

# Resumo 1

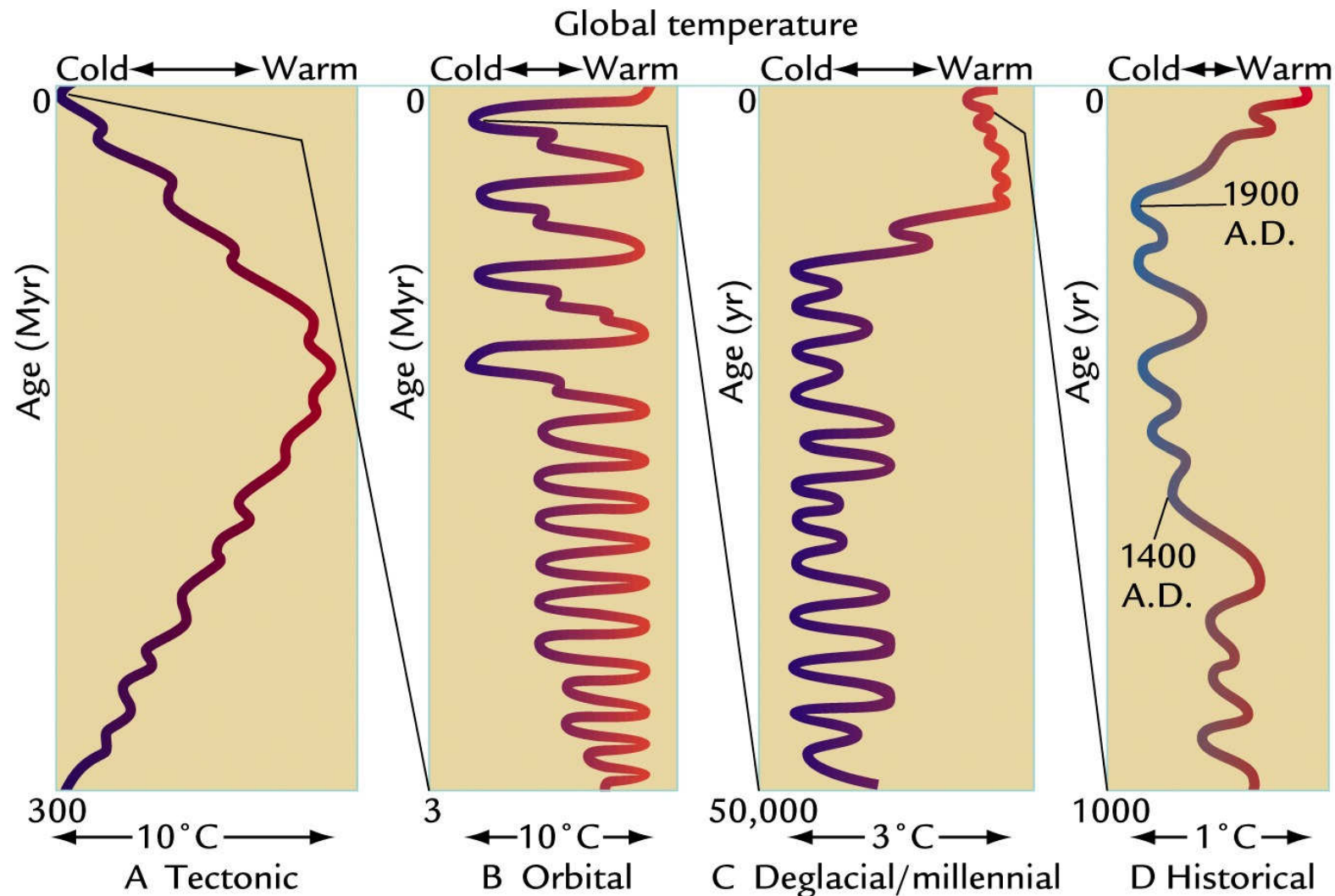
- Há padrões de Variação Climática que produzem impactos significativos na oferta e demanda de água
- Faz-se necessário conhecer como estes padrões de variação ocorrem e podem ser alterados pela ação do Homem
- As cidades costeiras são estratégicas e são impactadas por restrição de recursos naturais (água e energia) e por processos costeiros; exibindo uma dupla sensibilidade as alterações do clima
- Necessita-se de uma política que Gerenciamento do Risco Climático em Recursos Hídricos

# PONTOS

1. **Sensibilidade das cidades costeiras à mudança climática e sua dupla pressão: incerteza dos recursos (água e energia) e mudança nos oceânicos.**
2. **A mudança climática deve ser entendida no contexto da história do clima no planeta e da variabilidade climática**
3. **Há incertezas nos cenários dos modelos de mudança climática que necessitam ser incorporados na tomada de decisão**
4. **Faz-se necessário estratégia de gestão do risco climático, devendo esta estar incorporada no planejamento e gestão dos recursos hídricos**

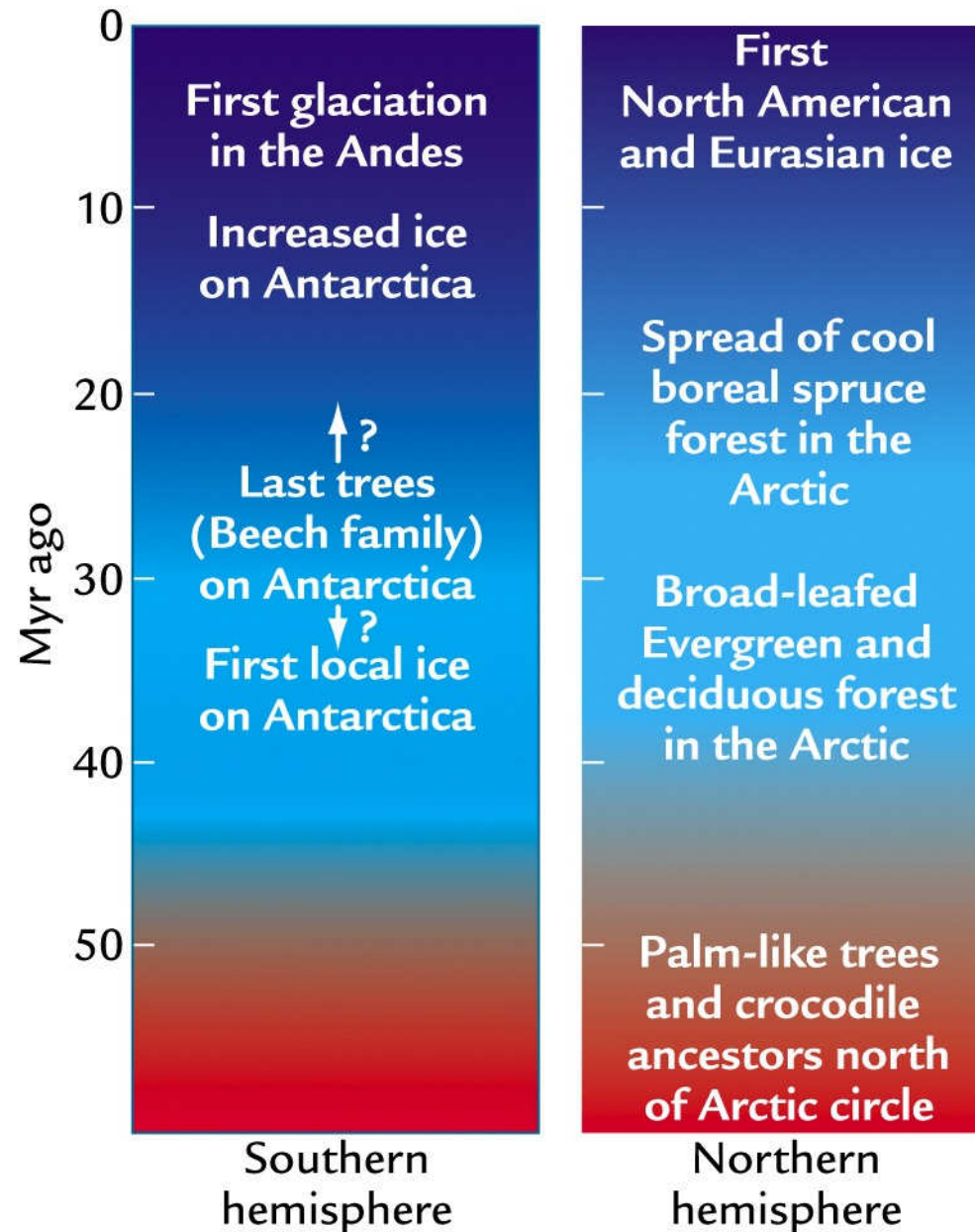


# Evolução do Clima na Terra em Diferentes Escalas Temporais



O Clima da terra não é estacionário, ele modifica-se em diferentes escalas temporais

# Ultimos 55 Milioes de anos

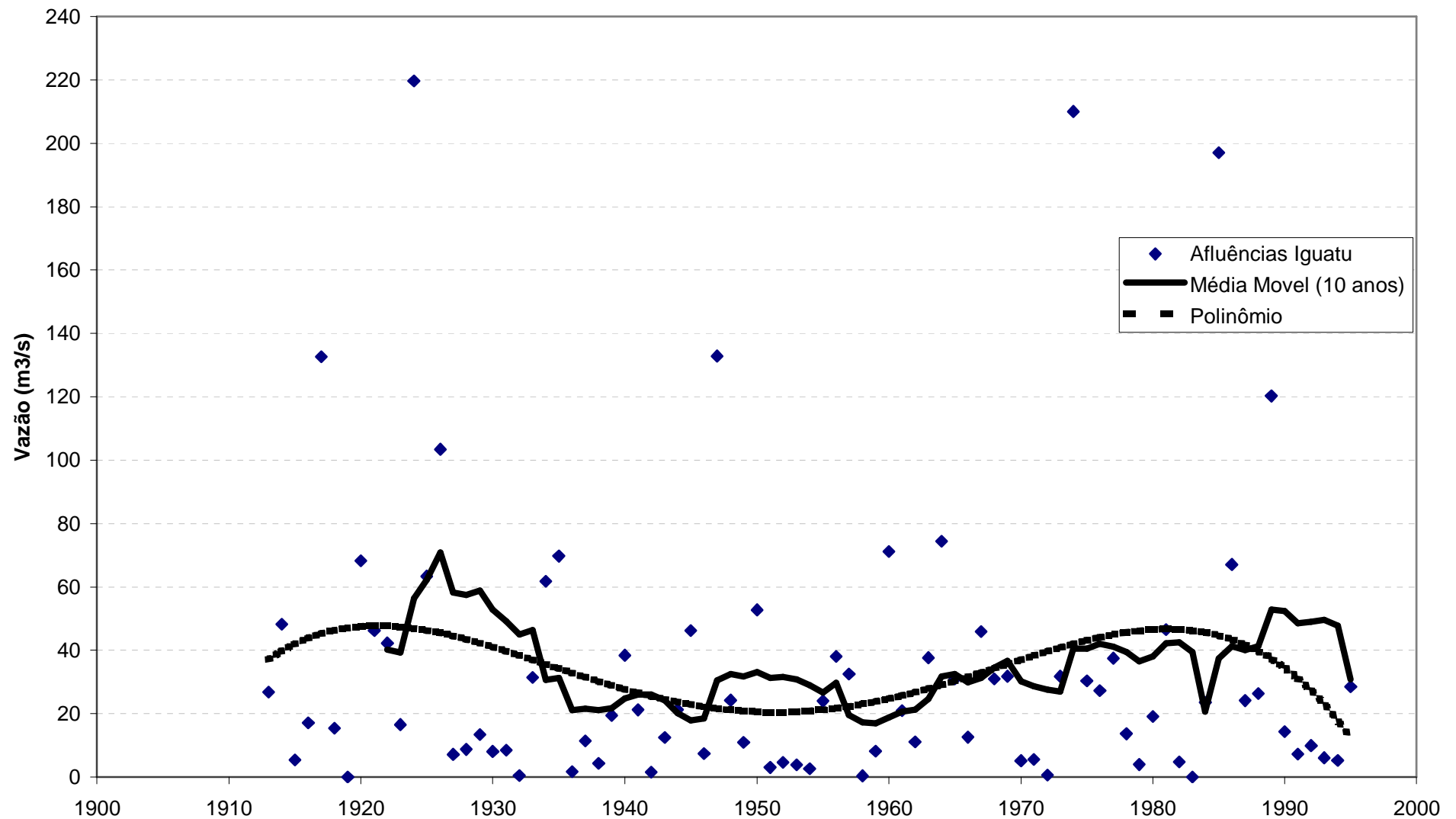


# Precipitação em Fortaleza 1849-2006

1877 Drought



# Afluências ao Reservatório Orós



# Bacia do Rio Paraná

## Produção de Energia

- Os Escoamentos no Rio Paraná cresceram após os anos 70
- A bacia produz 60% da energia hidroelétrica
- 90% da Eletricidade do Brasil é Hidroeletrica

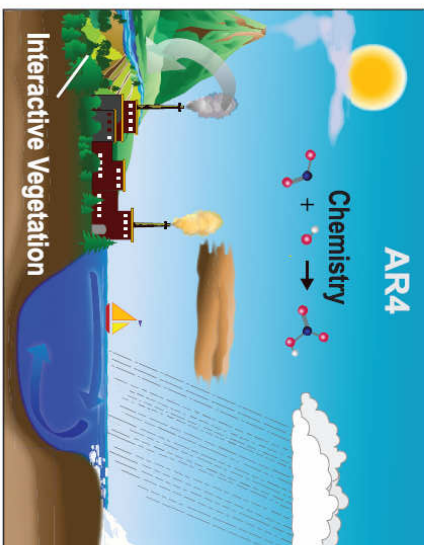
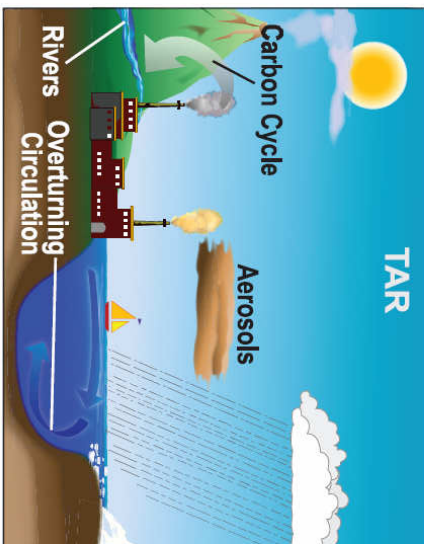
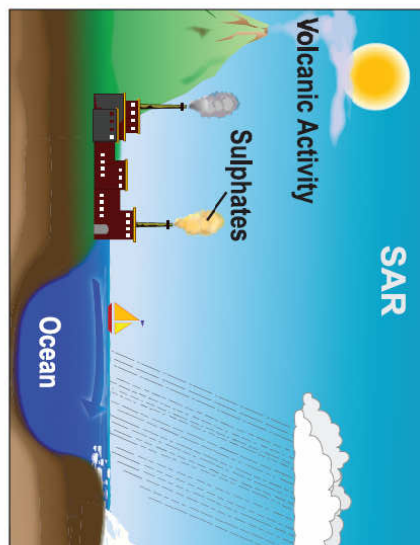
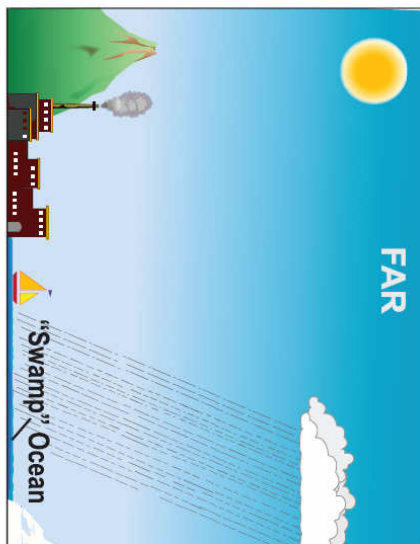
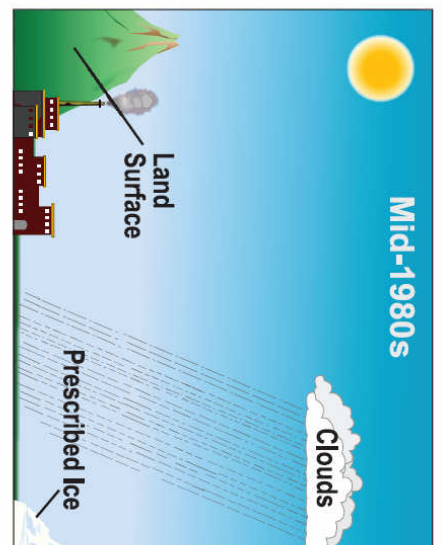
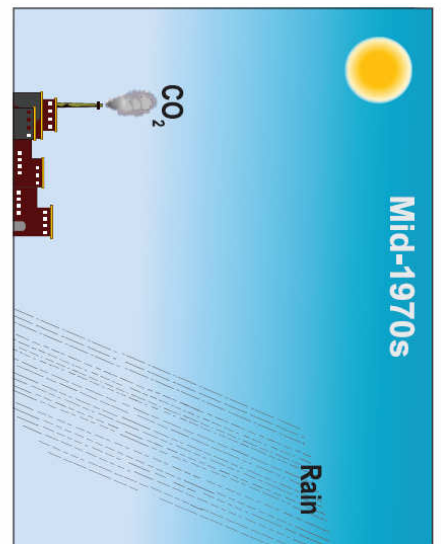
# Resumo 2

- O Clima da Terra é NÃO ESTACIONÁRIO nas diversas escalas temporais (tecnônica, orbital, milenar, centenária, decadal, interanual e Sazonal)
- O entendimento destes padrões de variação são decisivos para entender a alteração climática devido a ação antrópica
- A existência de séries históricas longas é fundamental para sabermos o que é variabilidade de baixa frequência e tendência.
- As civilizações humanas foram criadas no holoceno e não conheceram outro clima

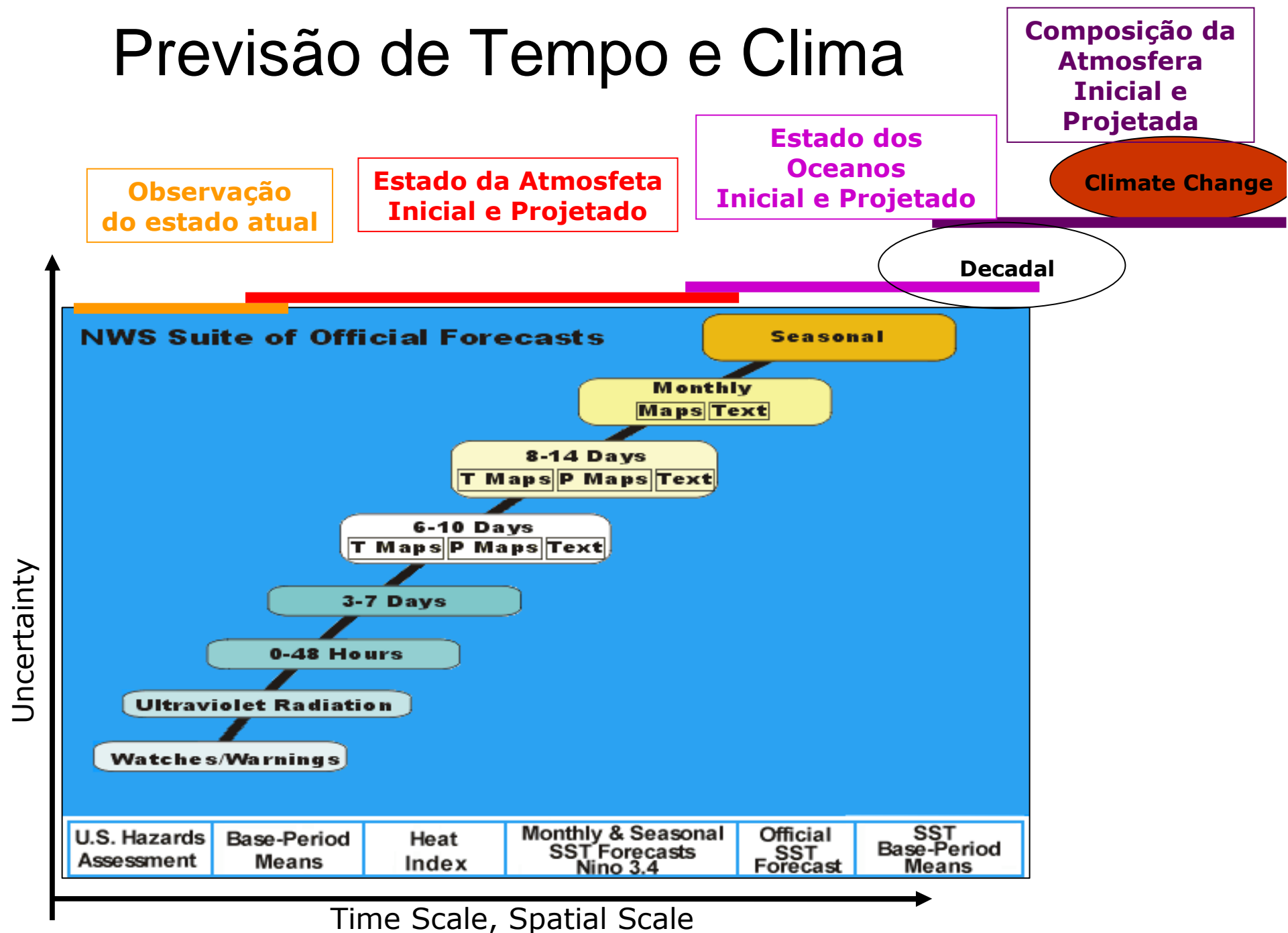
# PONTOS

1. **Sensibilidade das cidades costeiras à mudança climática e sua dupla pressão: incerteza dos recursos (água e energia) e mudança nos oceânicos.**
2. **A mudança climática deve ser entendida no contexto da história do clima no planeta e da variabilidade climática**
3. **Há incertezas nos cenários dos modelos de mudança climática que necessitam ser incorporados na tomada de decisão**
4. **Faz-se necessário estratégia de gestão do risco climático, devendo esta estar incorporada no planejamento e gestão dos recursos hídricos**

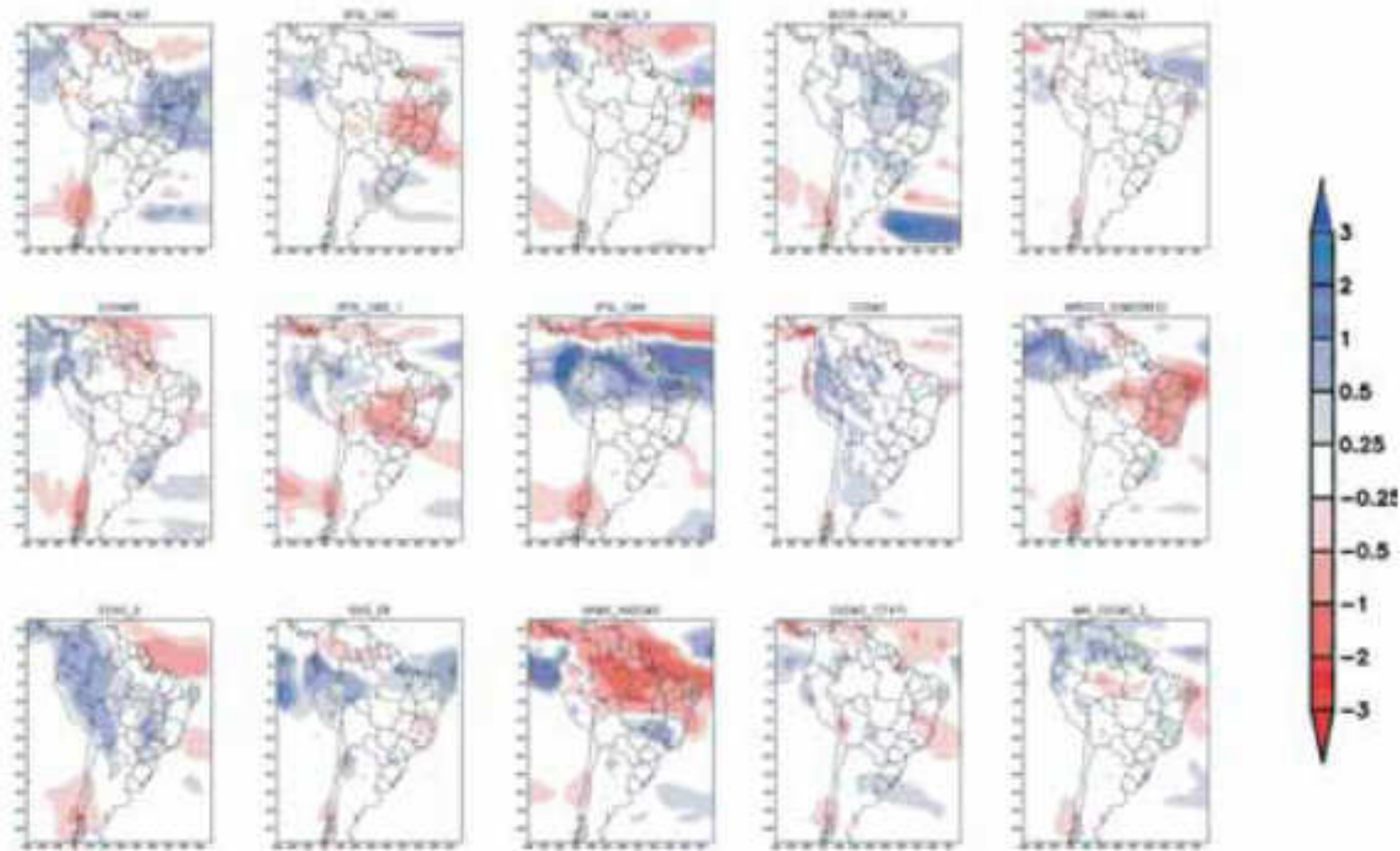
# Modelos Atmosféricos Usados pelo IPCC



# Previsão de Tempo e Clima

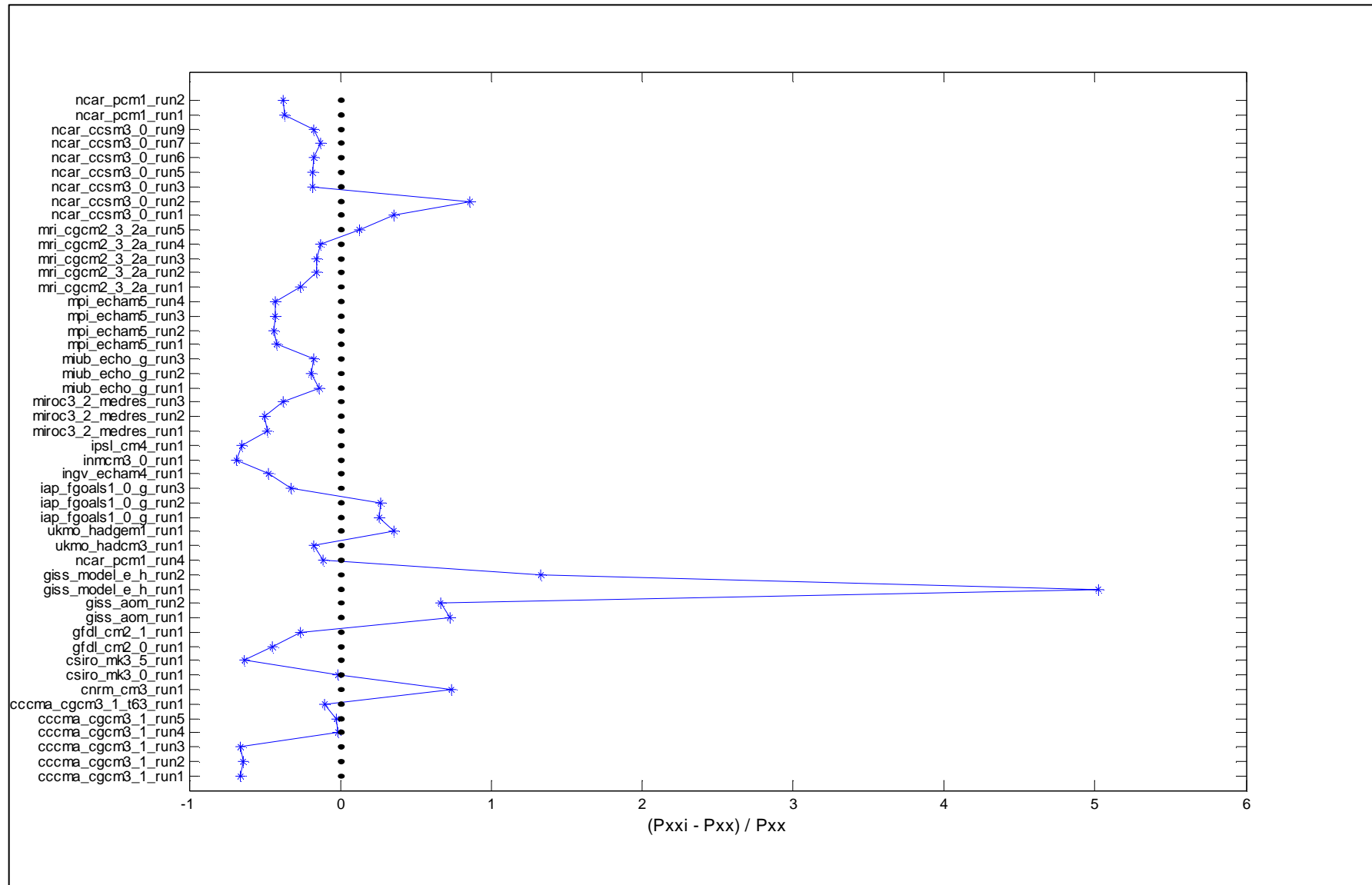


**Figura 1.** Projeções de anomalias de precipitação (mm/dia) para América do Sul para o período de 2071-2100 (Cenário B1) em relação ao período base de 1961-1990 para 15 diferentes modelos climáticos globais disponíveis através do IPCC

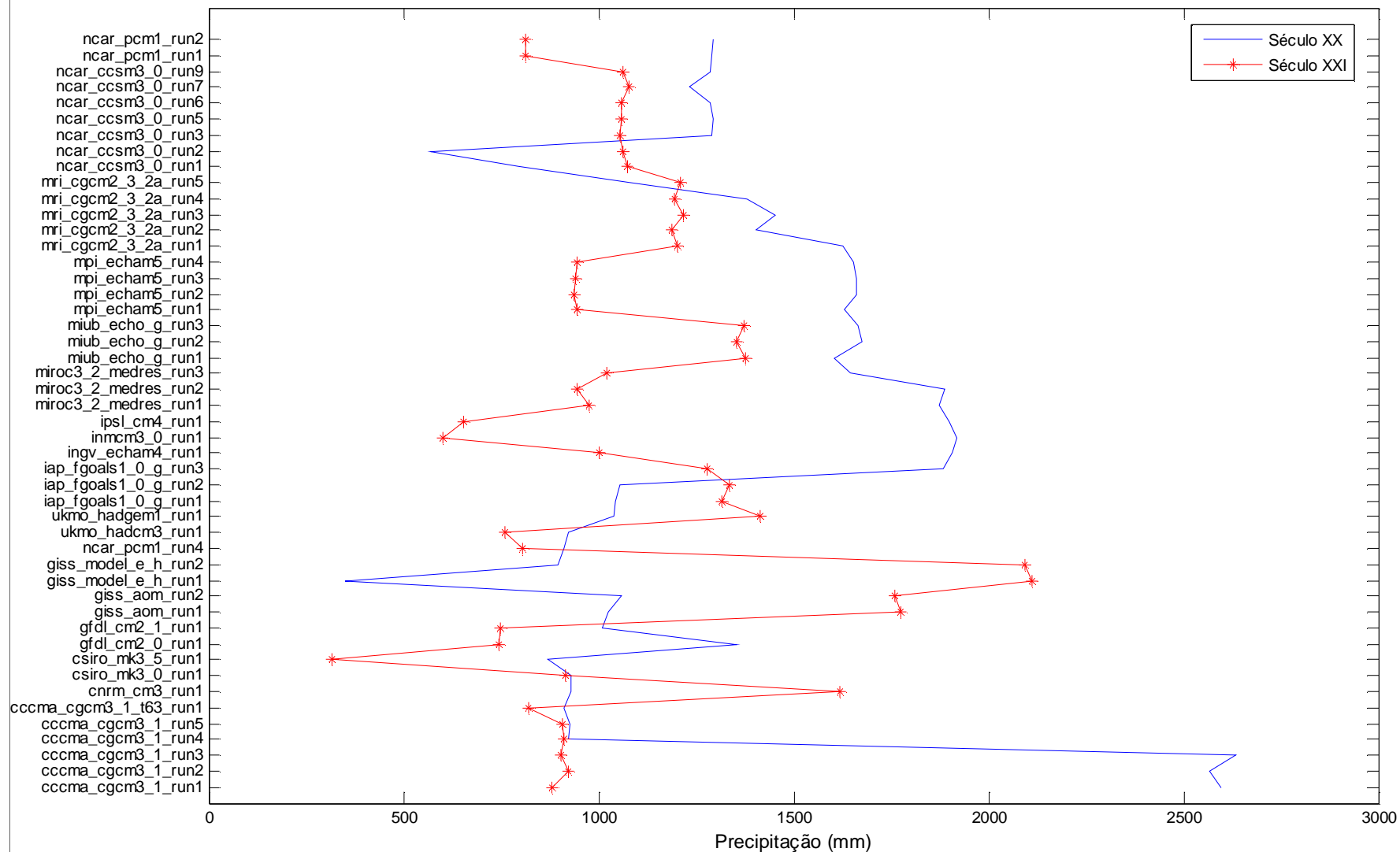


# Precipitação NEB - Sec. XXI

## Cenário A1B

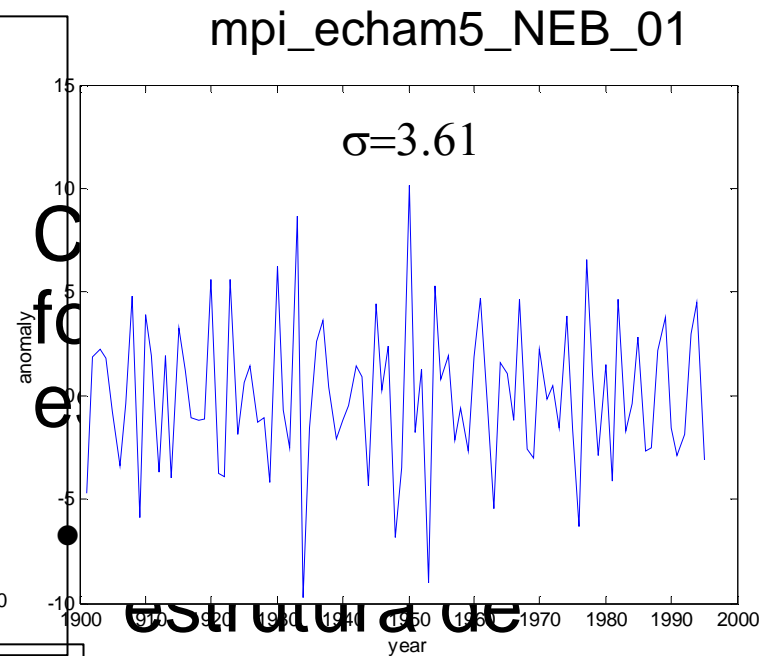
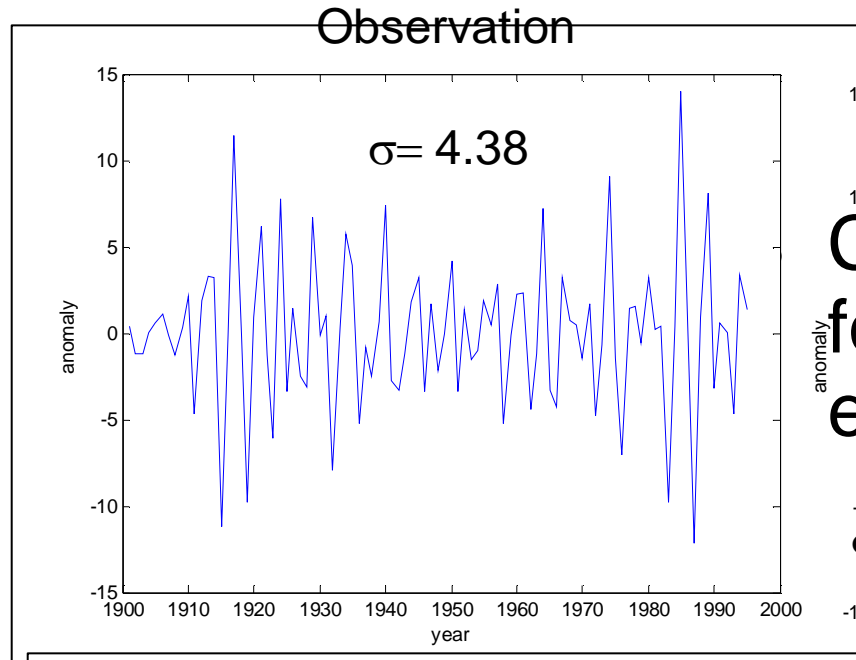


# Precipitação Nordeste do Brasil

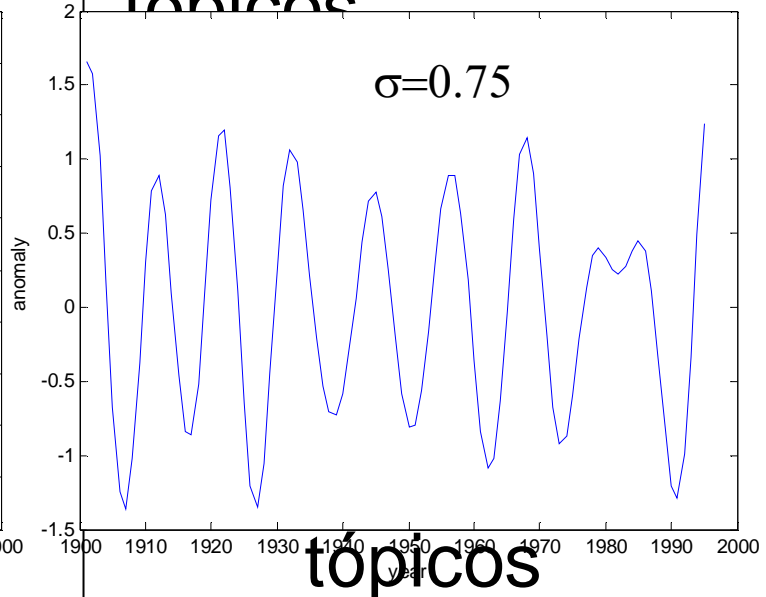
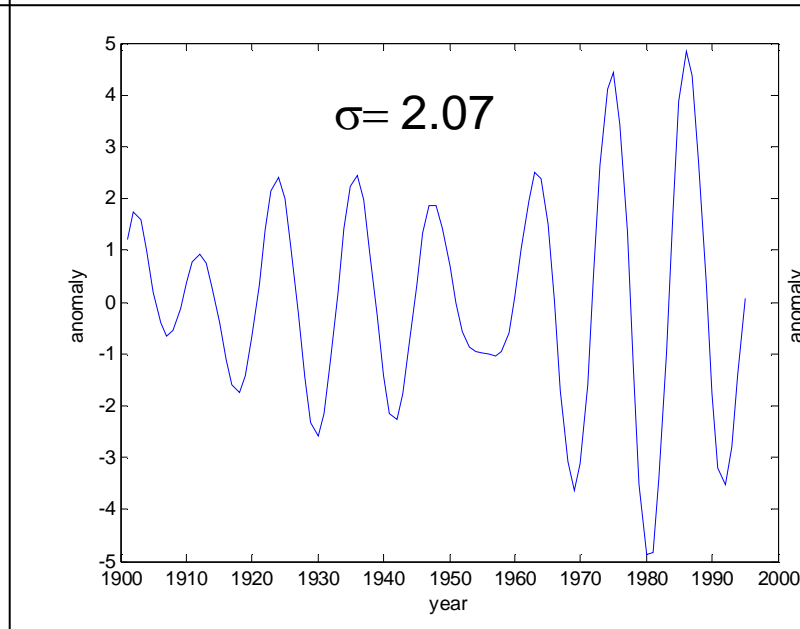


# Frequência Anual Precipitação NEB

High  
Frequency  
Anomaly  
(2-6 years)



Low  
Frequency  
Anomaly  
(9-16 years)



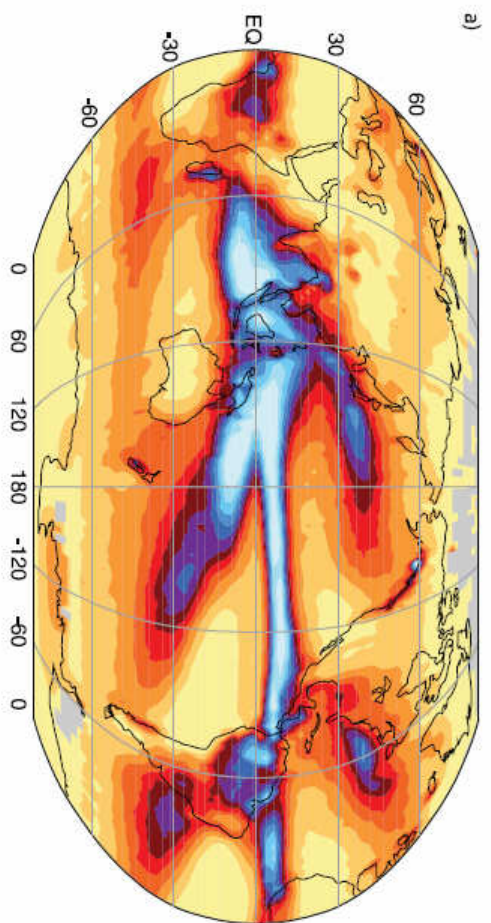
Confidence

estrutura de tópicos

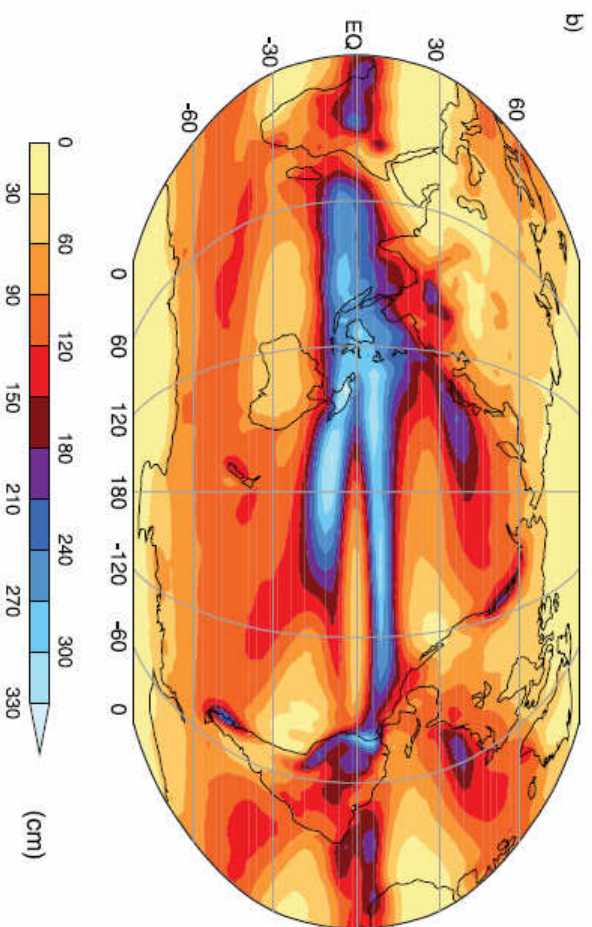
tópicos

# Dificuldades do Modelo Prever corretamente a ITCZ

Observação



Simulação



**Figure 8.5.** Annual mean precipitation (cm), observed (a) and simulated (b), based on the multi-model mean. The Climate Prediction Center Merged Analysis of Precipitation (CMAP, Xie and Arkin, 1997) observation-based climatology for 1980 to 1999 is shown, and the model results are for the same period in the 20th-century simulations in the MMD at PCMDI. In (a), observations were not available for the grey regions. Results for individual models can be seen in Supplementary Material, Figure S8.9.

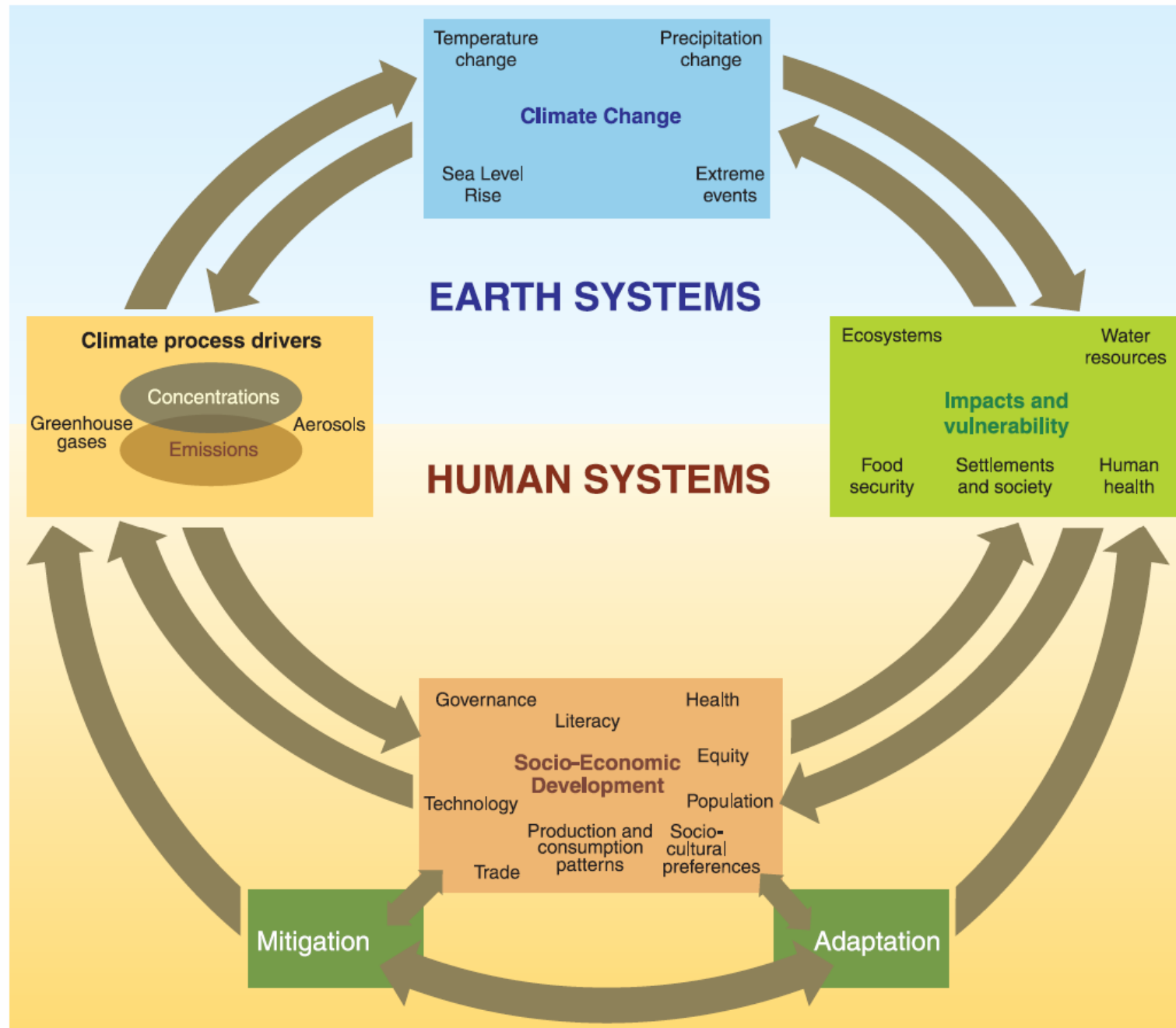
# Resumo 3

- O efeito estufa é essencial no equilíbrio térmico do planeta.
- O sistema climático ocorre em escala planetária transportando calor e umidade dos trópicos para as altas latitudes
- Há mecanismos de retroalimentação positiva e negativa do sistema climático
- O clima das diversas regiões do planeta é condicionado pela dinâmica de circulação oceano-atmosfera.
- Modelos com diferentes características/estruturas podem simular diferentes escalas temporais de ocorrência climática

# PONTOS

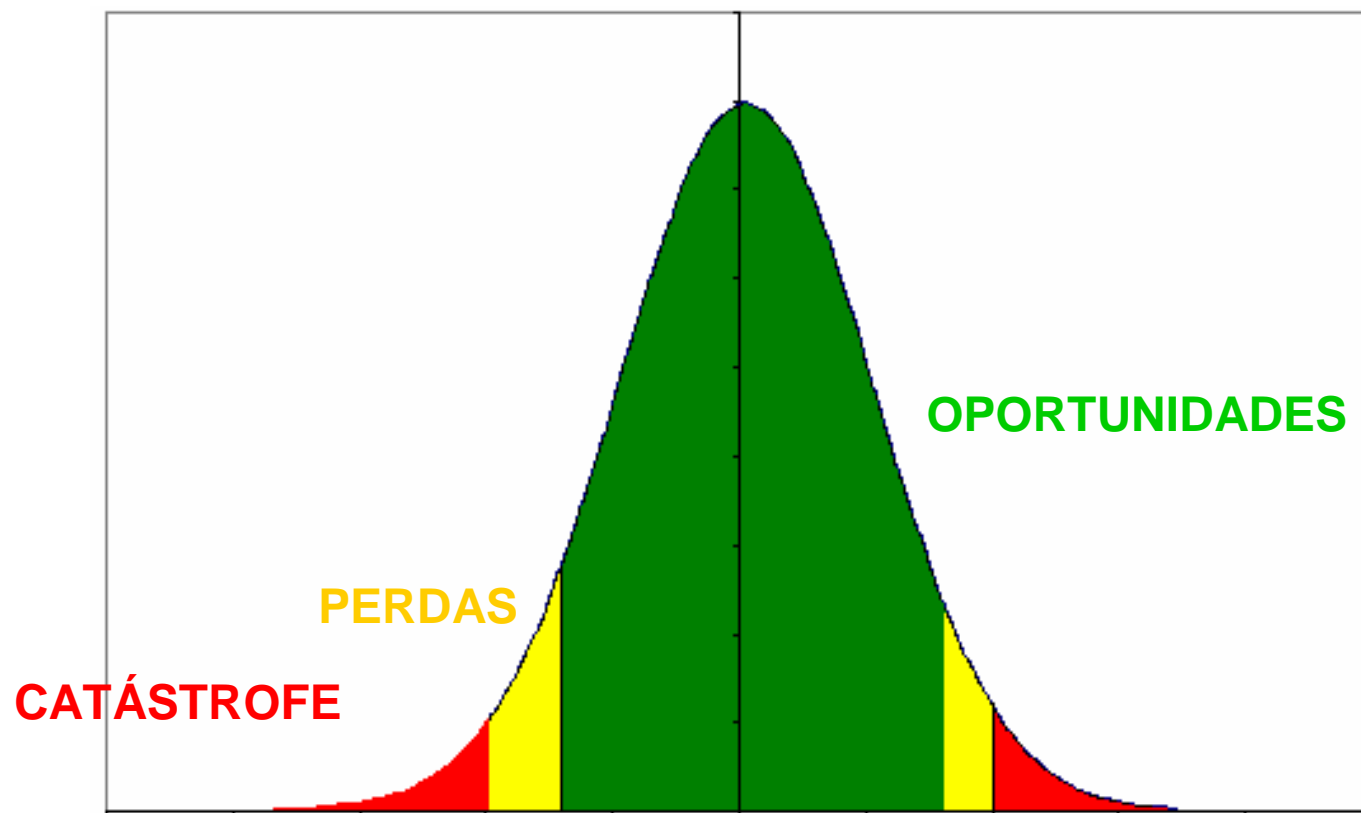
1. **Sensibilidade das cidades costeiras à mudança climática e sua dupla pressão: incerteza dos recursos (água e energia) e mudança nos oceânicos.**
2. **A mudança climática deve ser entendida no contexto da história do clima no planeta e da variabilidade climática**
3. **Há incertezas nos cenários dos modelos de mudança climática que necessitam ser incorporados na tomada de decisão**
4. **Faz-se necessário estratégia de gestão do risco climático, devendo esta estar incorporada no planejamento e gestão dos recursos hídricos**

**Schematic framework of anthropogenic climate change drivers, impacts and responses**



**Figure I.1.** Schematic framework representing anthropogenic drivers, impacts of and responses to climate change, and their linkages.

# Fundamento da Gestão do Risco Climático

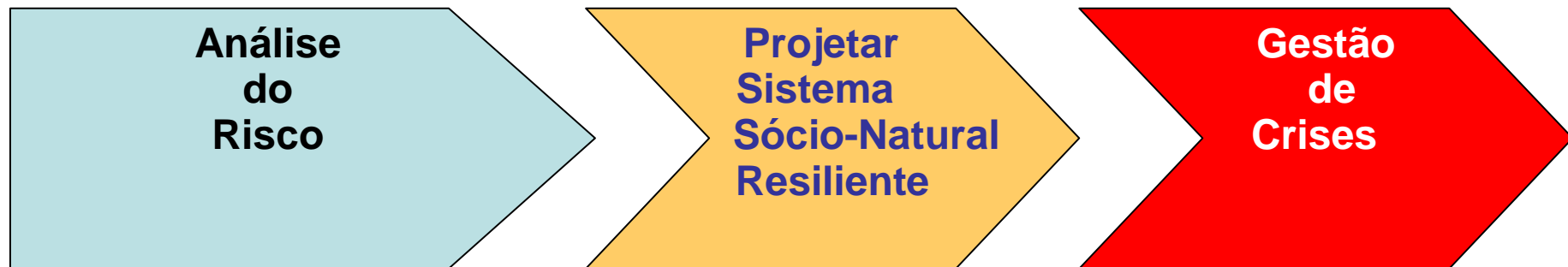


Adaptado de Baethgen (2007)

Engenharia de Risco x Gerenciamento dos Riscos

- 2º Nível da estrutura de

# Gerenciamento do Risco Climático



# ADAPTAÇÃO

## Governança Adaptativa em Sistemas Complexos

- Fornecimento de Informação
  - Tratar com Conflitos
  - Induzir o cumprimento das regras
  - Prover Infra-estrutura
  - Estar Preparado para Mudanças
  - Gerenciar o Risco
- Clique para editar o formato do texto da estrutura de tópicos
  - 2º Nível da estrutura de tópicos
    - 3º Nível da estrutura de tópicos

Adaptado de Elinor Ostrom

- . Mobilidade (estratégia espacial)
- . Estocagem (estratégia temporal)
- . Diversificação (bens, ativos e atividades)
- . Flexibilidade
- . Agrupamento de Recursos
- . Desenvolvimento de rede social
- . Desenvolvimento de capacidade de aprendizagem e sistema de conhecimentos

# Ações

- Introduzir no Plano de Recursos Estratégia de Gestão do Risco Climático
- Produção de Informação (Ex. Paleoclima e Paleohidrologia)
- Desenvolvimento de novos Instrumentos Econômicos (Ex. Seguro)
- Construção de Infra-Estrutura que permita maior flexibilidade
- Mecanismos de Alocação de água mais eficientes

# PONTOS

1. **Sensibilidade das cidades costeiras à mudança climática e sua dupla pressão: incerteza dos recursos (água e energia) e mudança nos oceânicos.**
2. **A mudança climática deve ser entendida no contexto da história do clima no planeta e da variabilidade climática**
3. **Há incertezas nos cenários dos modelos de mudança climática que necessitam ser incorporados na tomada de decisão**
4. **Faz-se necessário estratégia de gestão do risco climático, devendo esta estar incorporada no planejamento e gestão dos recursos hídricos**



FIM

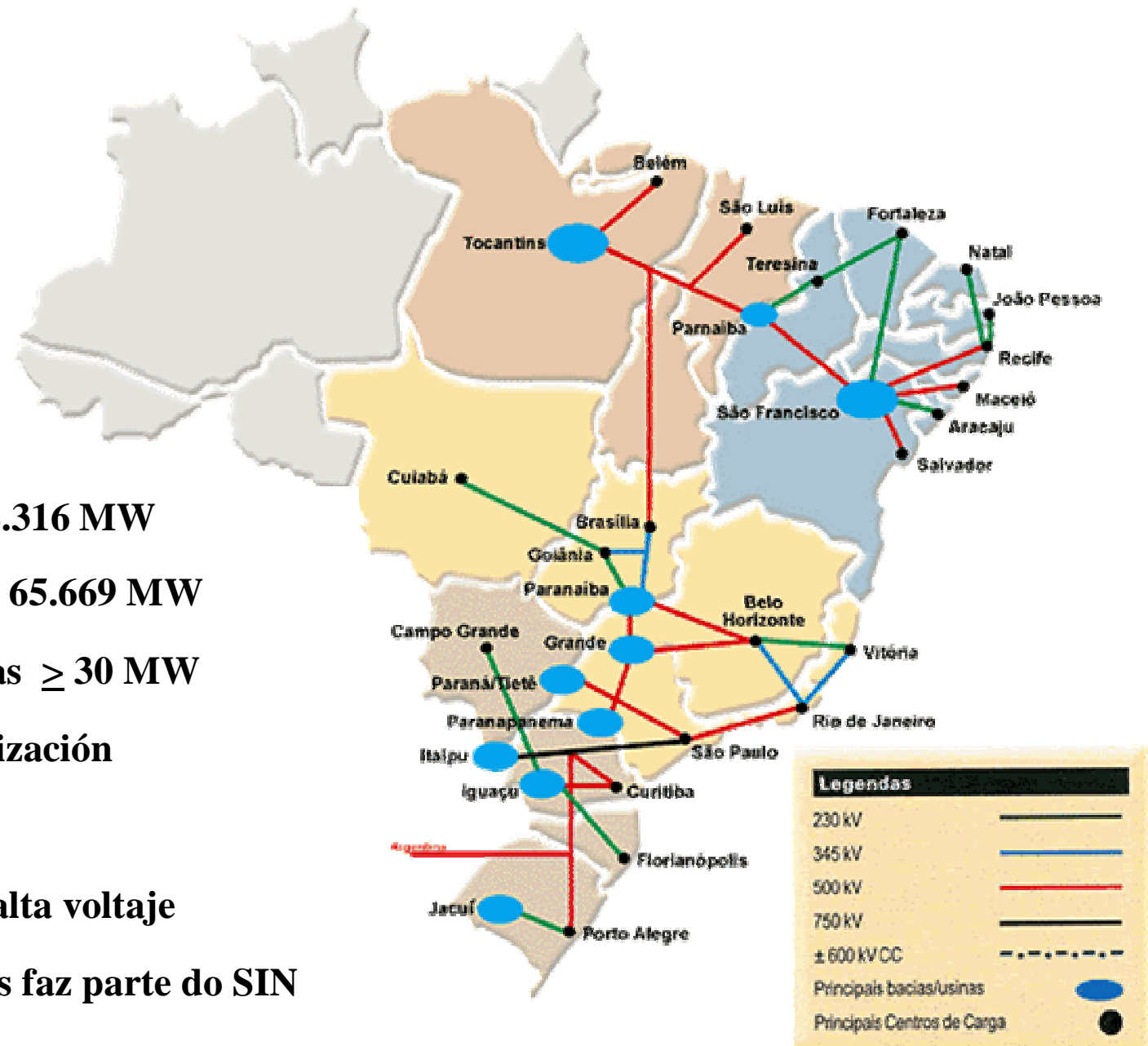
tulo mestre

# Qual a Relevância do Tema?

Clique para editar o estilo do subtítulo mestre

# SISTEMA INTERLIGADO BRASILEIRO

- Demanda máxima = 58.316 MW
- Capacidad instalada = 65.669 MW
- 96 Usinas hidroeléctricas  $\geq$  30 MW
- 57 Embalses de regularización
- Sinergismo hidrológico
- 70.000 km de líneas de alta voltaje
- 96% da geração no país faz parte do SIN



# Sobradinho Inflow



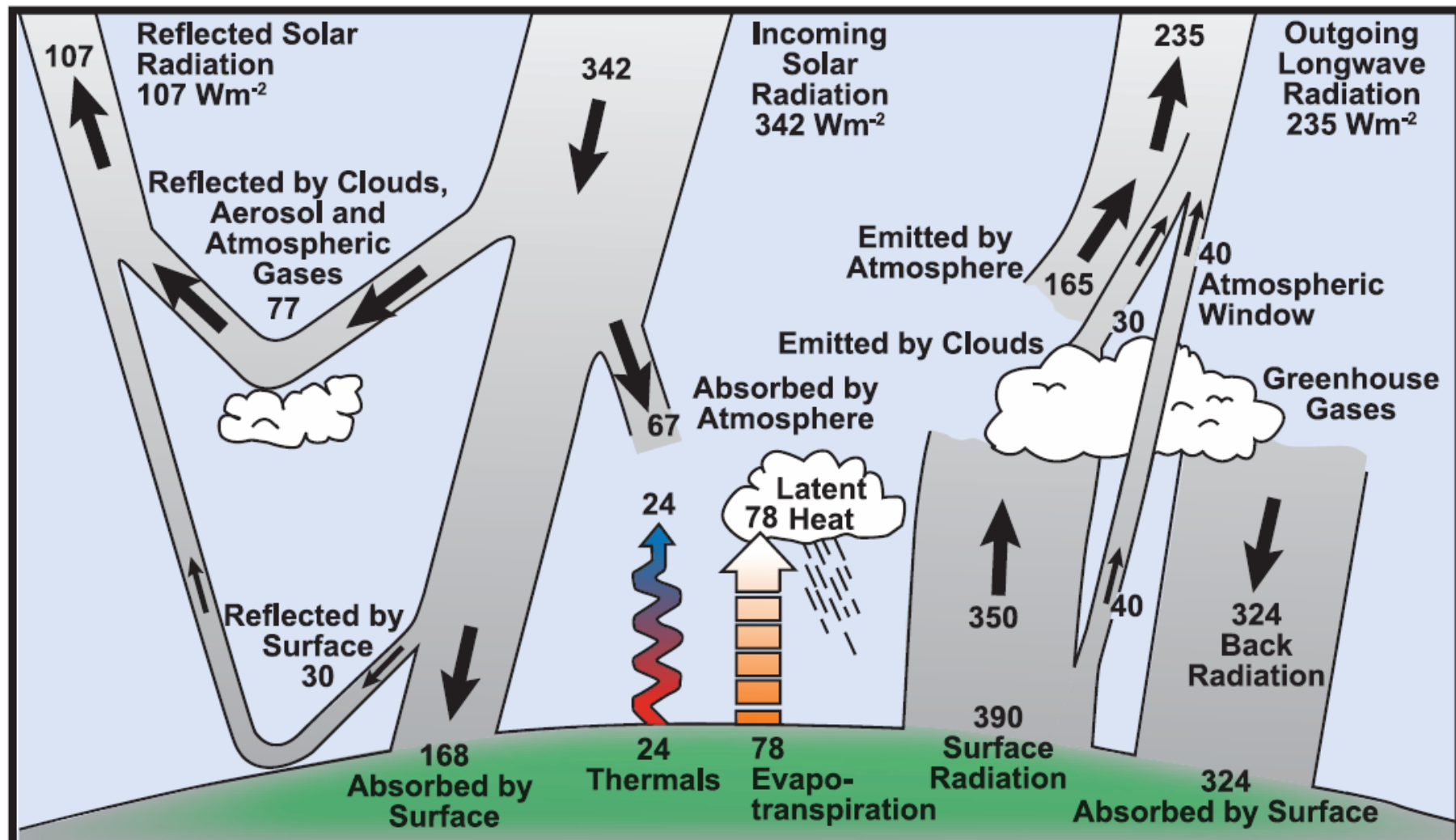
# Como funciona o sistema climático?

Clique para editar o estilo do subtítulo mestre

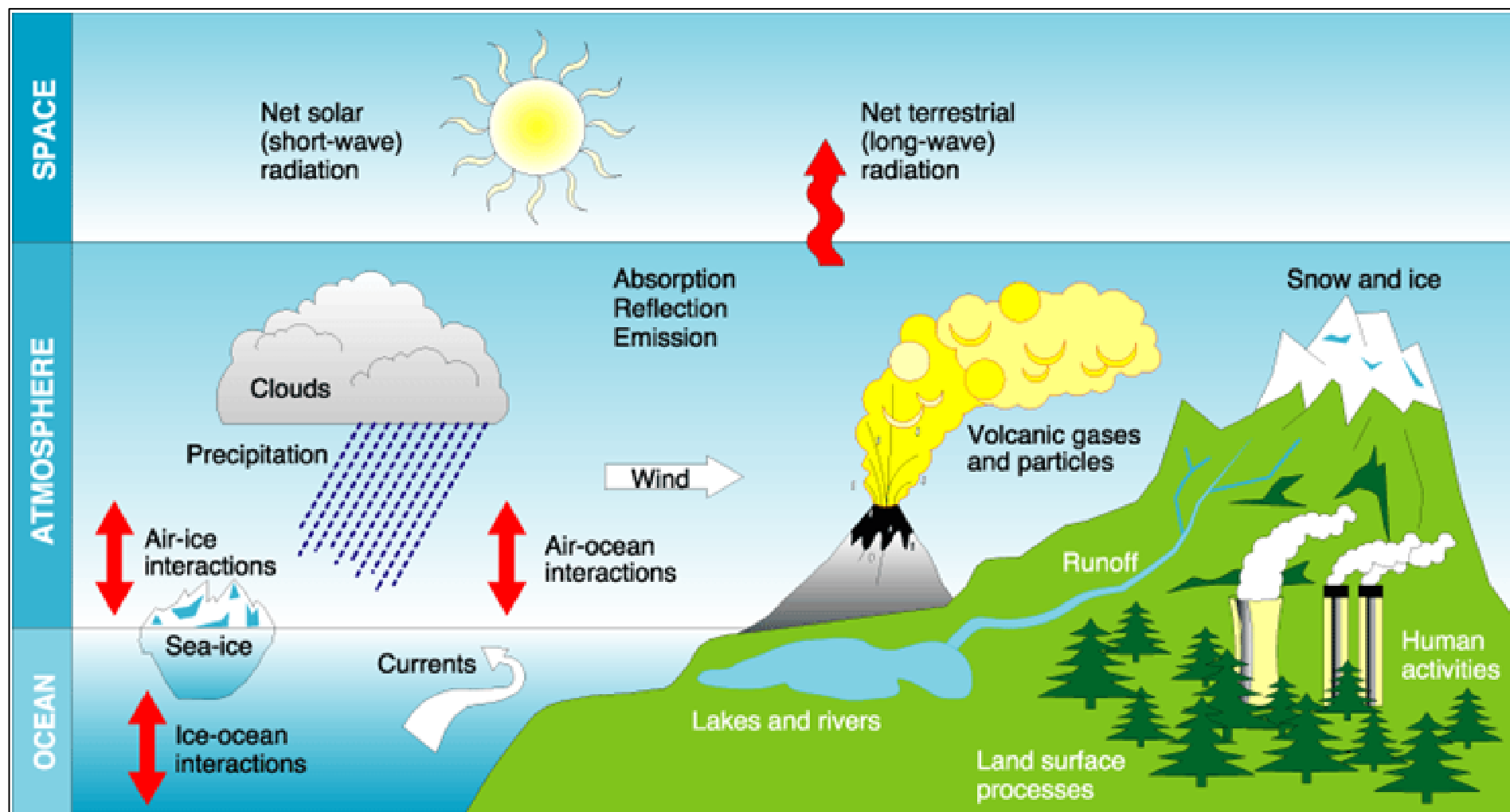
# FUNDAMENTOS

Clique para editar o estilo do subtítulo mestre

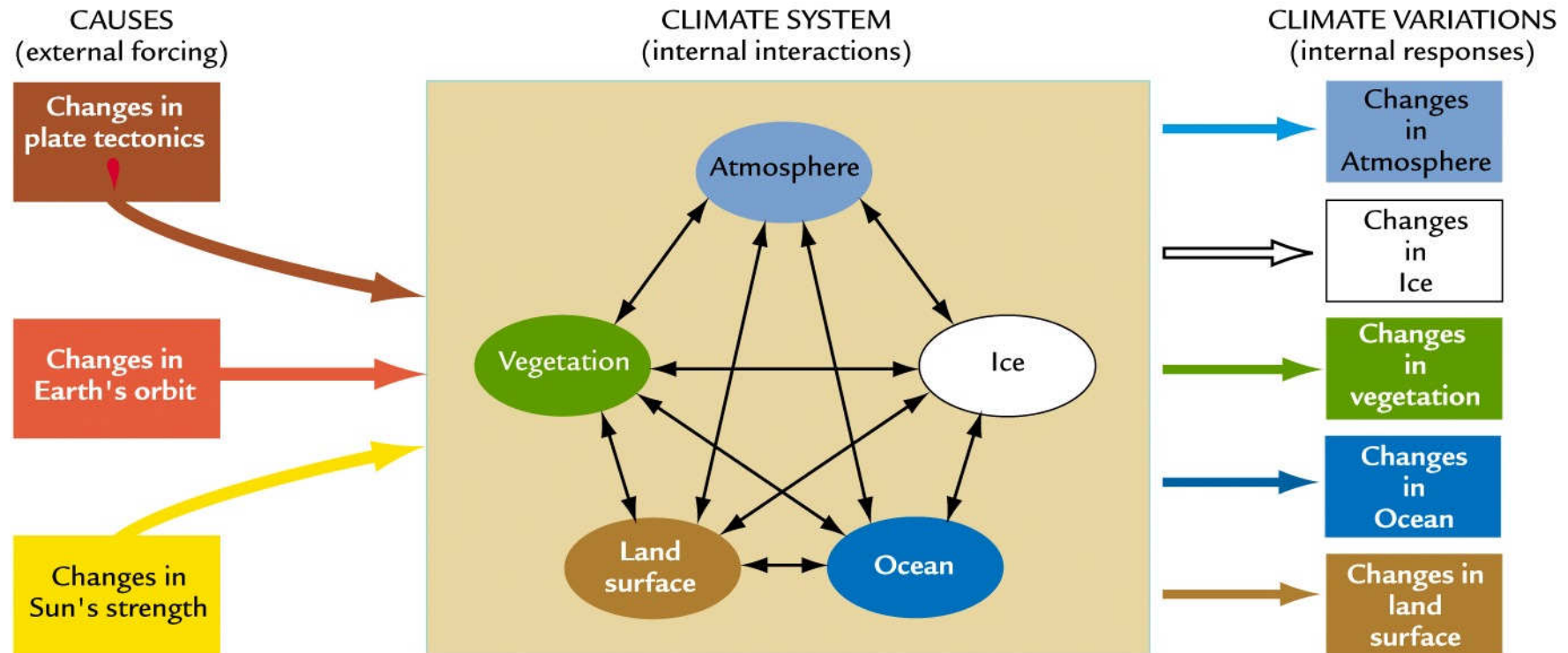
# Balanço de Energia na Terra



# Climate System



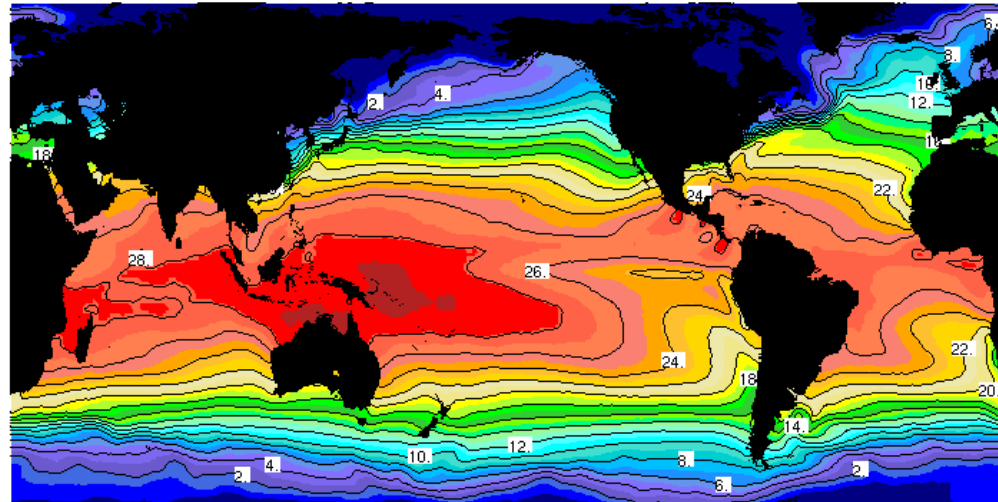
# Sistema Climático



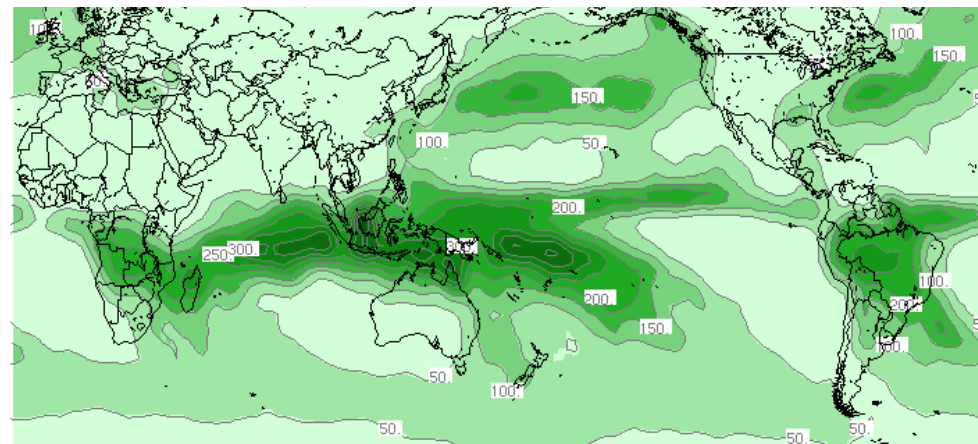
# CLIMA HOJE

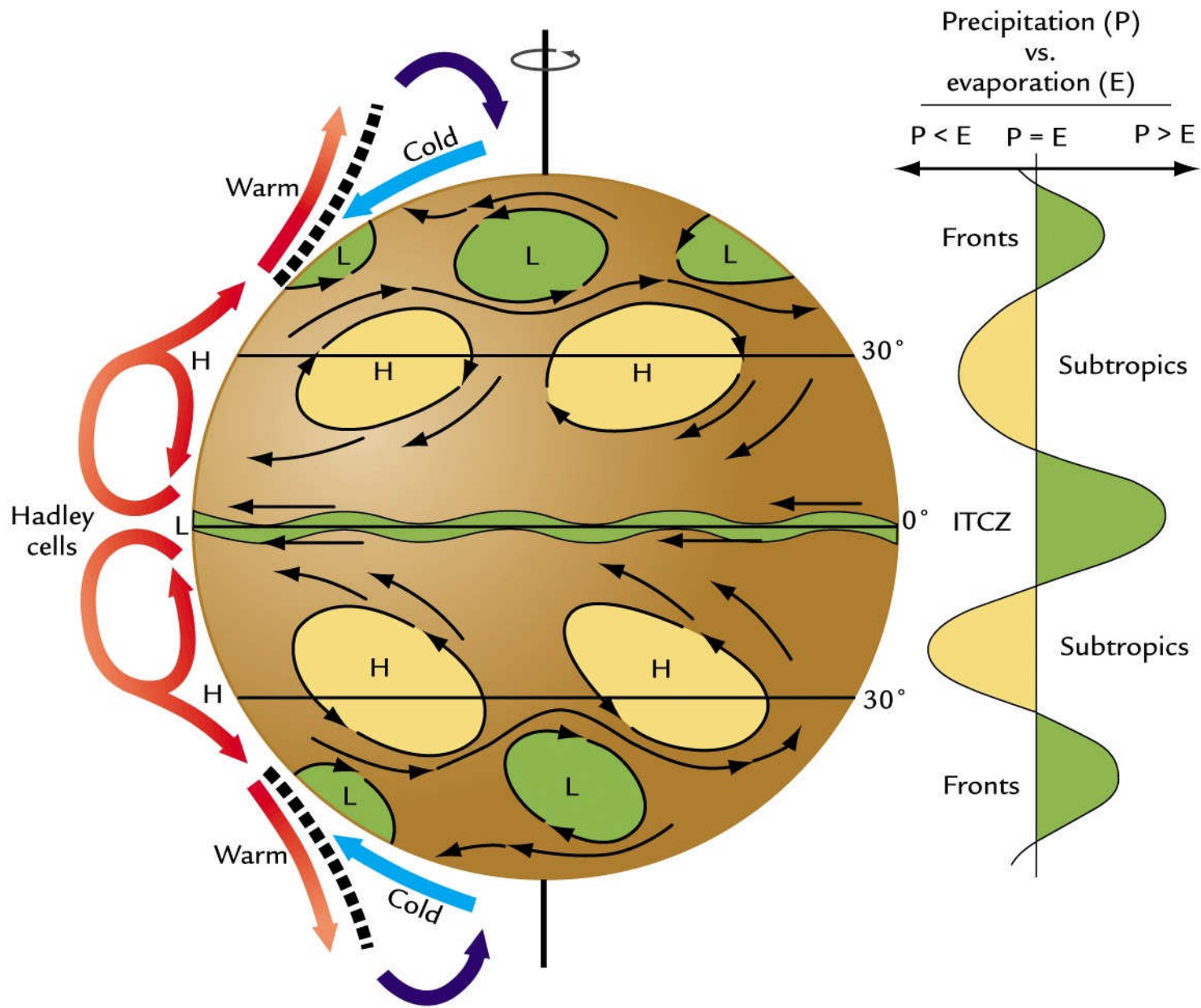
Clique para editar o estilo do subtítulo mestre

# Condicionantes Globais do Regime de Chuvas: Transporte de umidade e calor

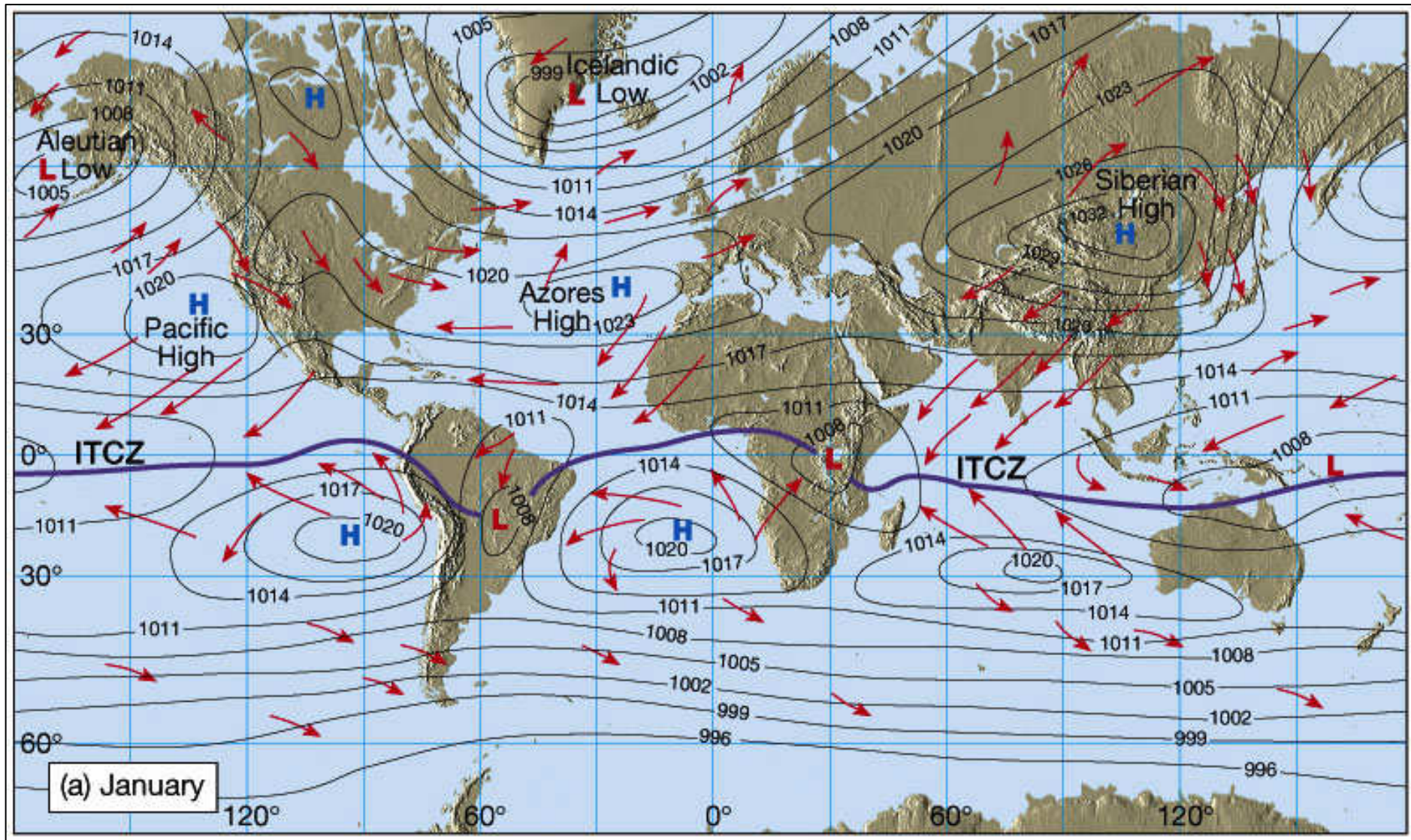


Jan





# Atmospheric Circulation

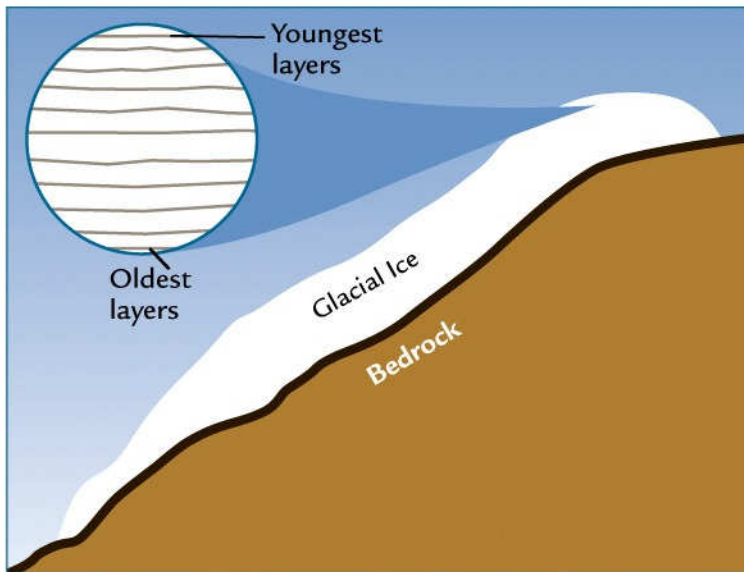


# Resumo 2

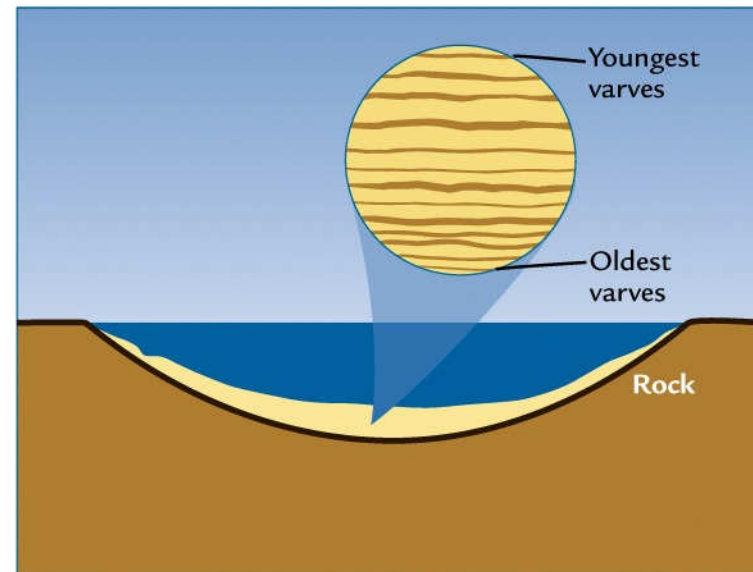
- O efeito estufa é essencial no equilíbrio térmico do planeta.
- O sistema climático ocorre em escala planetária transportando calor e umidade dos trópicos para as altas latitudes
- Há mecanismos de retroalimentação positiva e negativa do sistema climático
- O clima das diversas regiões do planeta é condicionado pela dinâmica de circulação oceano-atmosfera.
- Modelos com diferentes características/estruturas podem simular diferentes escalas temporais de ocorrência climática

# O Clima na Terra Tem História?

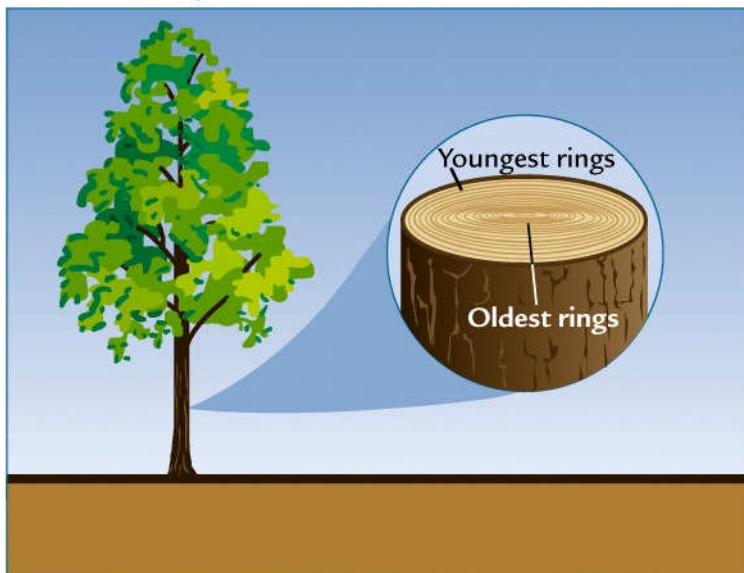
Clique para editar o estilo do subtítulo mestre



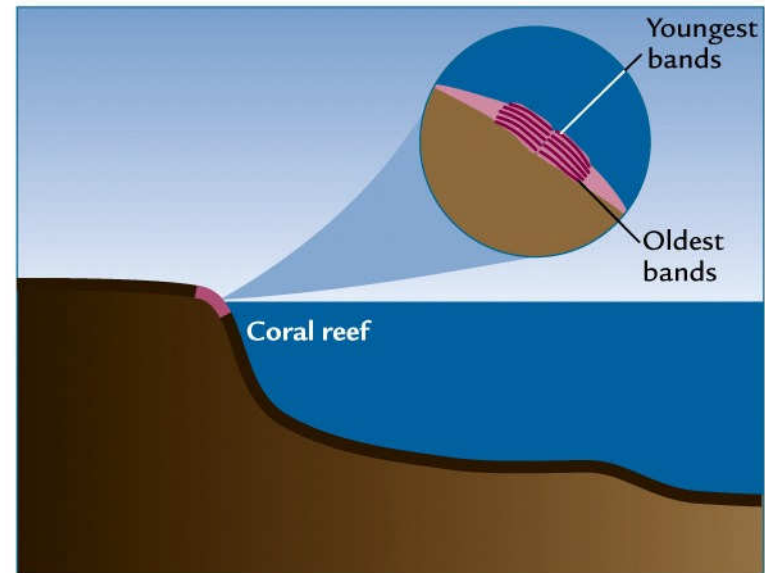
A Annual ice layers



B Annual sediment varves



C Annual tree rings



D Annual coral bands

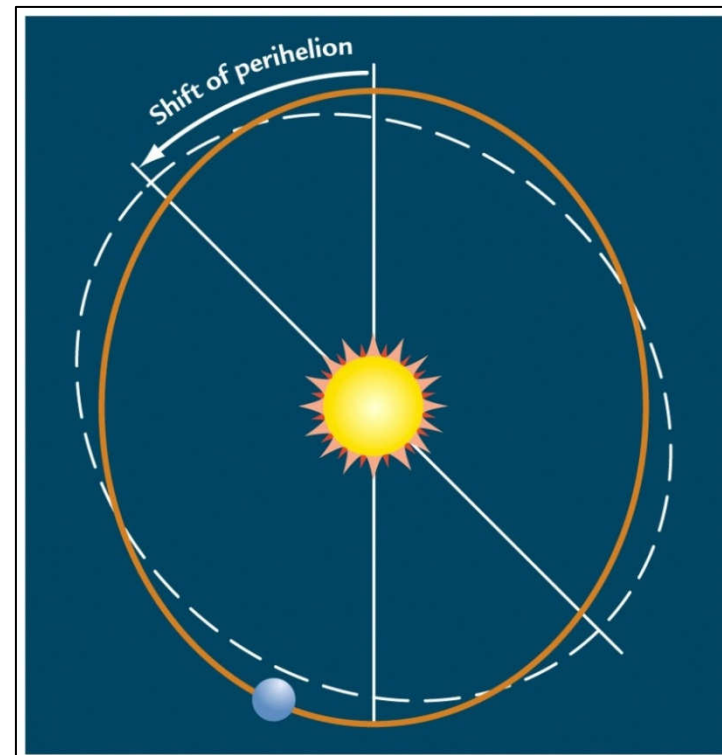
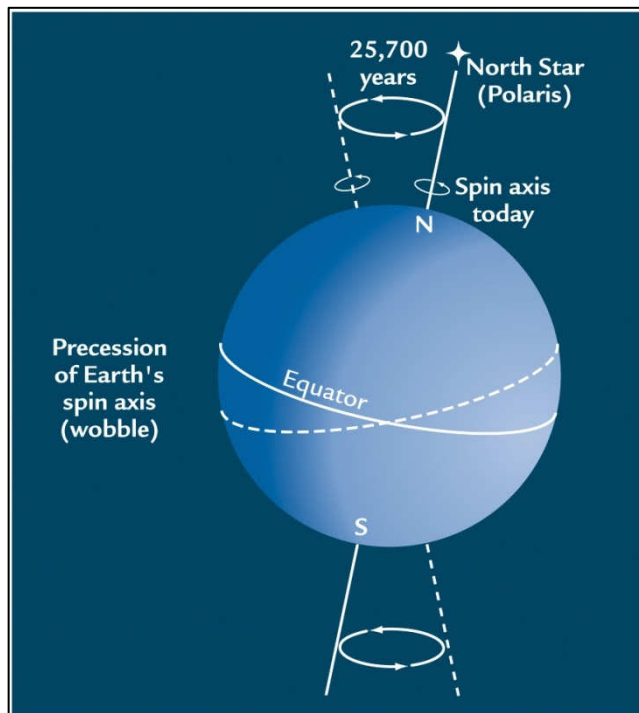
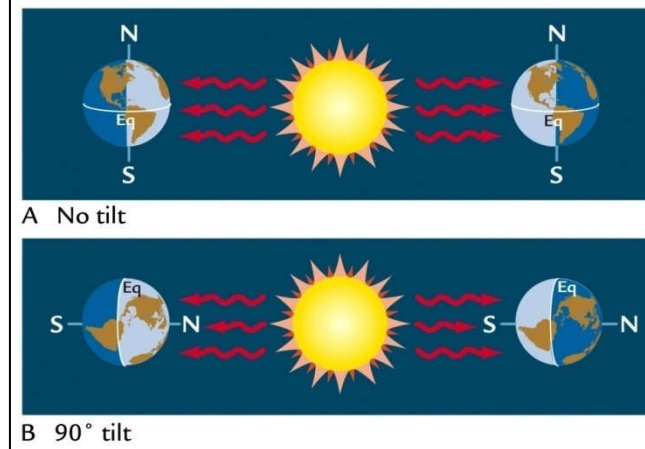
# Órbita da Terra e Variabilidade da Temperatura

## Teoria de Milankovitch

>Precession – Mudança do eixo do afélio e perihélio (23ky)

>Obliquidade – mudança na inclinação (41ky)

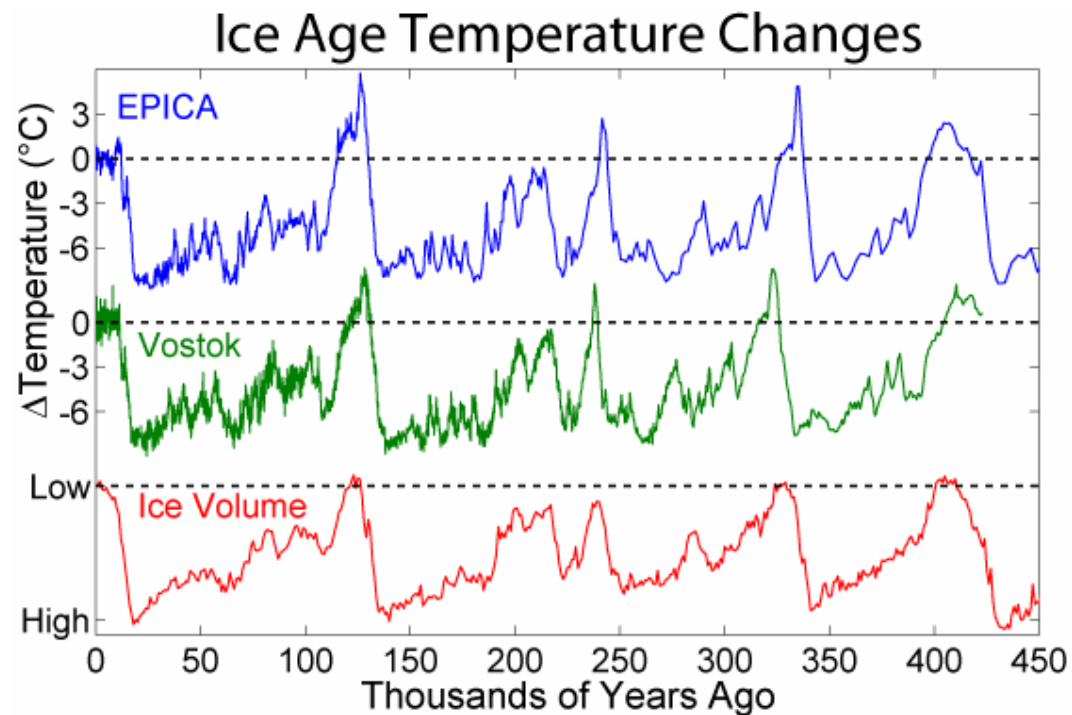
>Ecentricidade – Forma na órbita (100ky)



# Reconstrução Climática - Proxy records

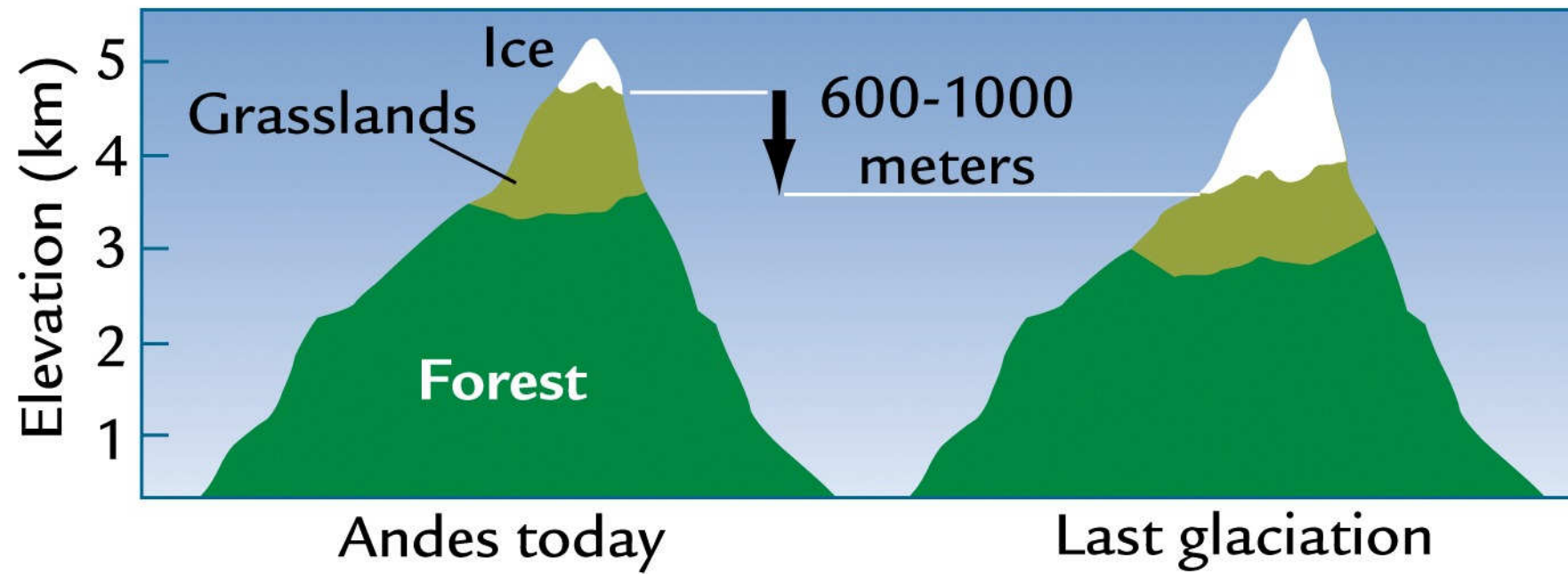
Temp reconst from  
isotope analysis -  
Antarctica.

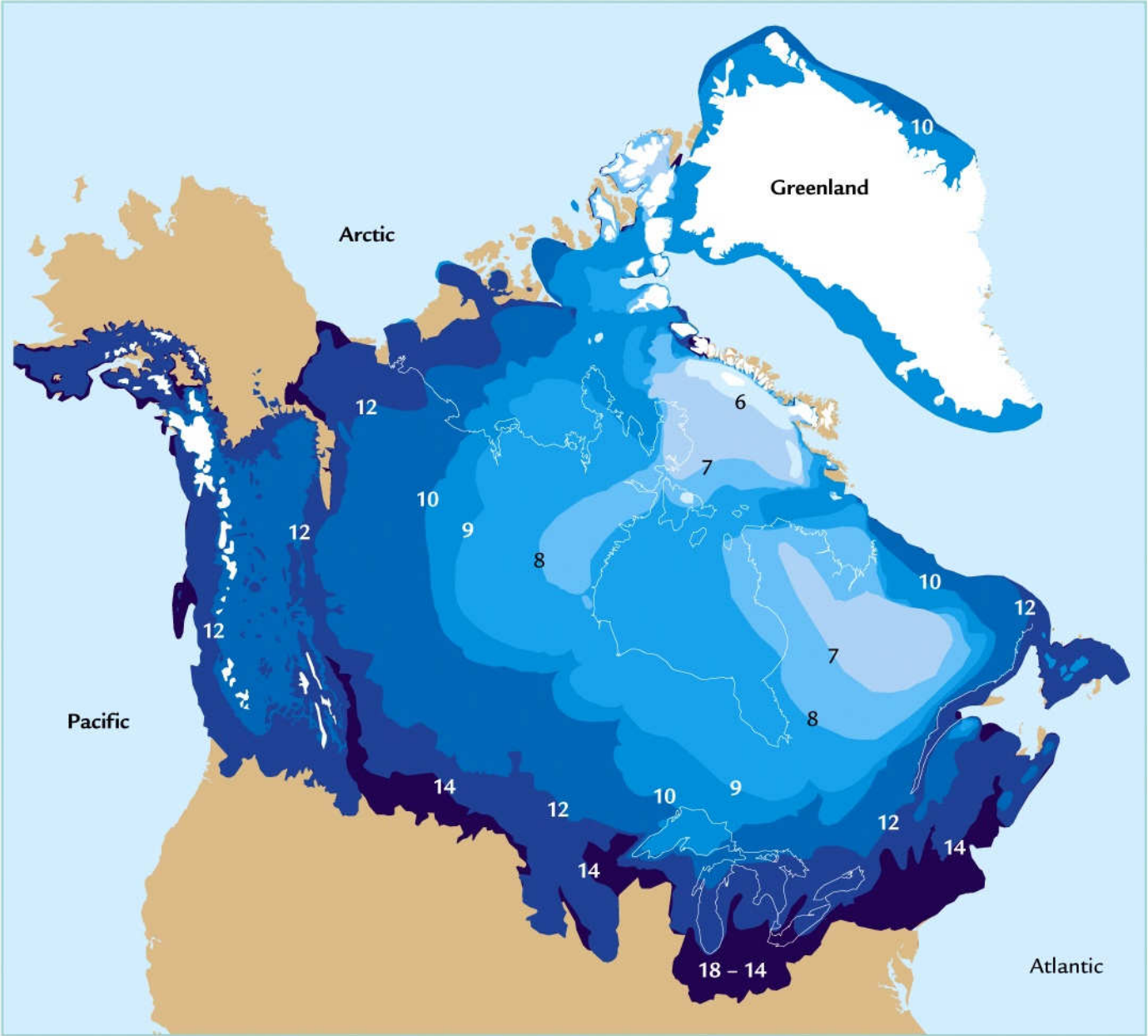
***450,000 years***

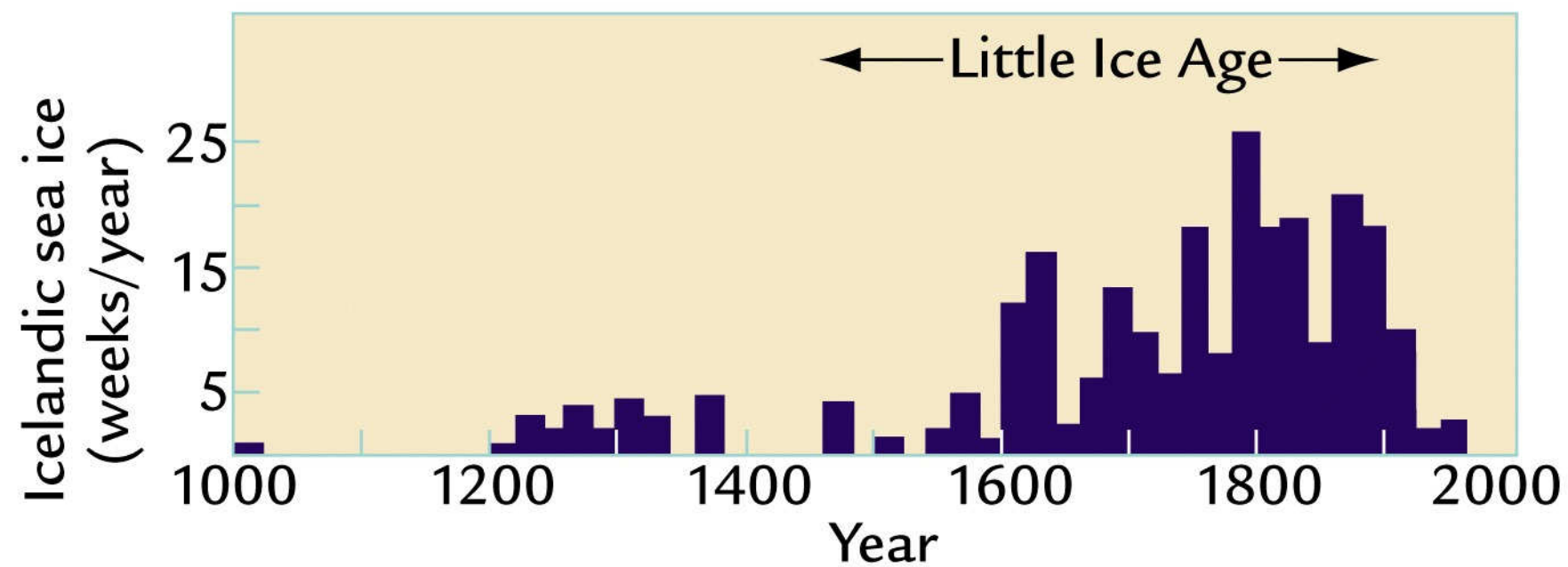


Clique para editar o estilo do subtítulo mestre

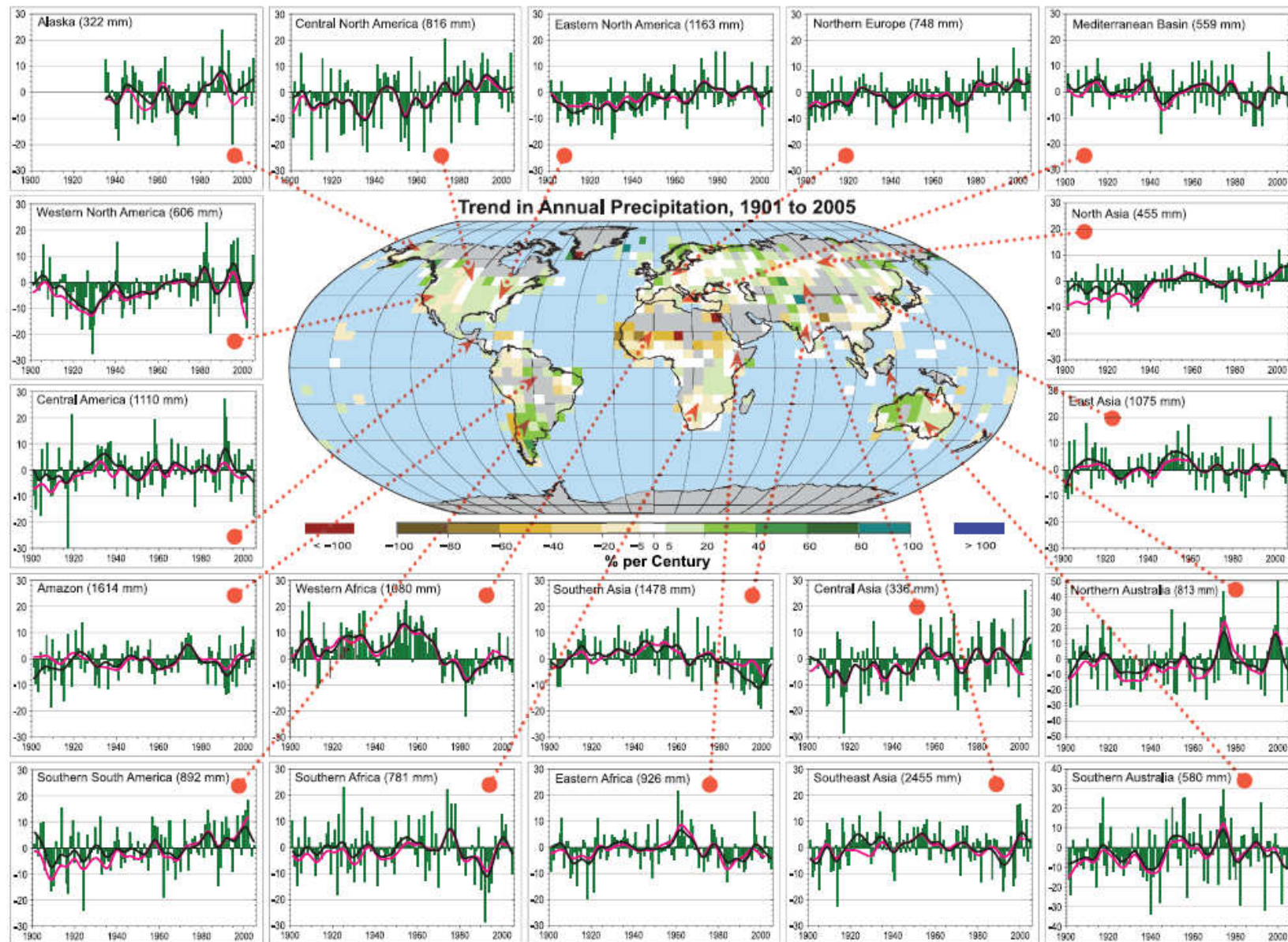
# Andes







**Figure 3.14.** Precipitation for 1900 to 2005. The central map shows the annual mean trends (% per century). Areas in grey have insufficient data to produce reliable trends. The surrounding time series of annual precipitation displayed (% of mean, with the mean given at top for 1961 to 1990) are for the named regions as indicated by the red arrows. The GHCN precipitation from NCDC was used for the annual green bars and black for decadal variations (see Appendix 3.A), and for comparison the CRU decadal variations are in magenta. The range is +30 to -30% except for the two Australian panels. The regions are a subset of those defined in Table 11.1 (Section 11.1) and include: Central North America, Western North America, Alaska, Central America, Eastern North America, Mediterranean, Northern Europe, North Asia, East Asia, Central Asia, Southeast Asia, Southern Asia, Northern Australia, Southern Australia, Eastern Africa, Western Africa, Southern Africa, Southern South America, and the Amazon.

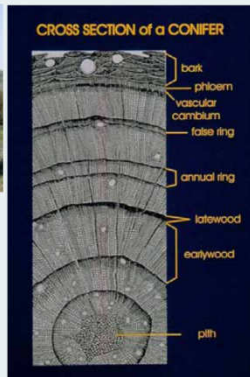


# From Connie Woodhouse

How is past streamflow reconstructed from tree rings?

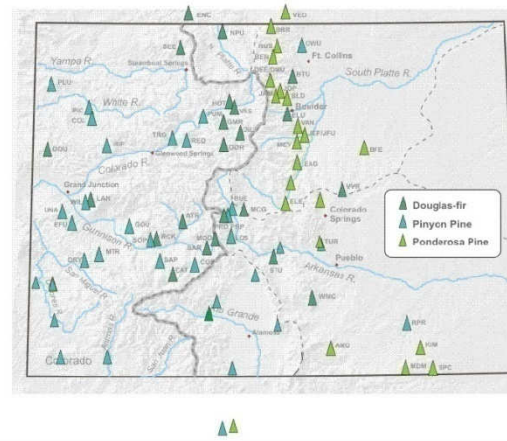


Moisture-sensitive tree species growing on open, well drained sites reflect moisture variability in their ring widths and are targeted for collection.

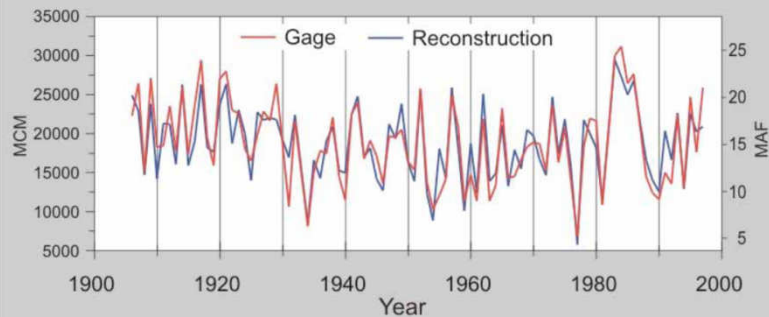


Cores collected from about 20 trees are dated, measured, and averaged into site tree-ring chronologies.

Recent tree-ring collections from moisture-sensitive sites

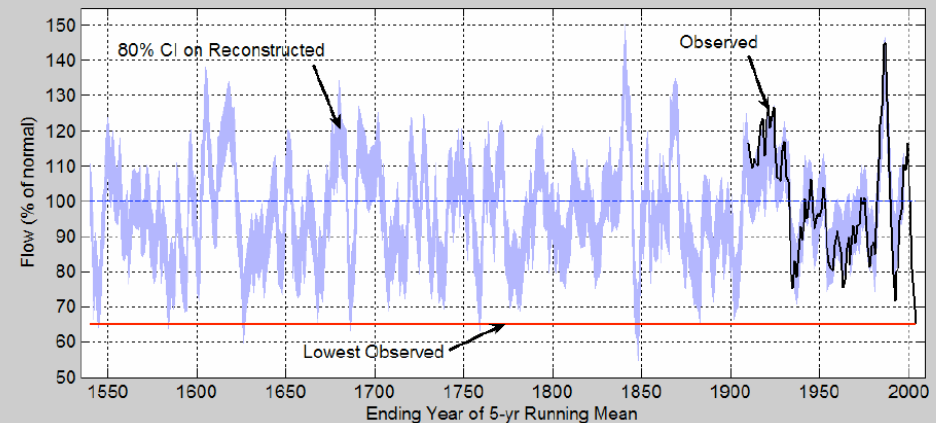


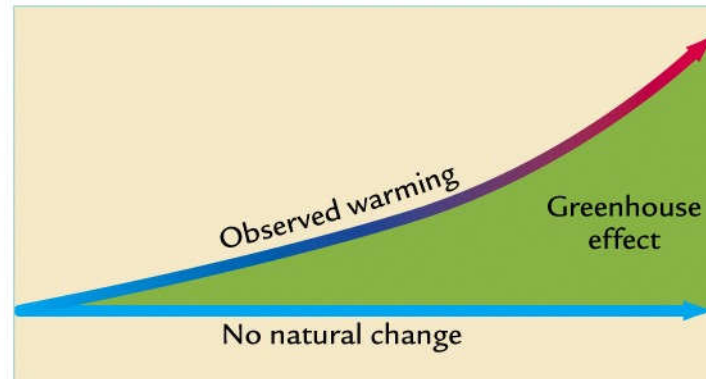
Lees Ferry reconstruction and gage values 1906-1995



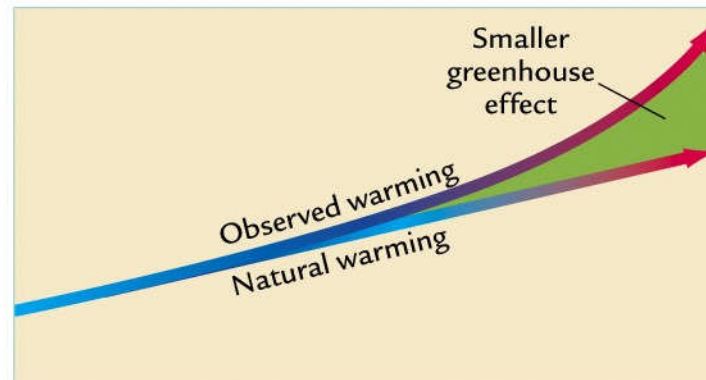
Lees Ferry Reconstruction, 1536-1997  
5-Year Running Mean

Assessing the 1999-2004 drought in a multi-century context

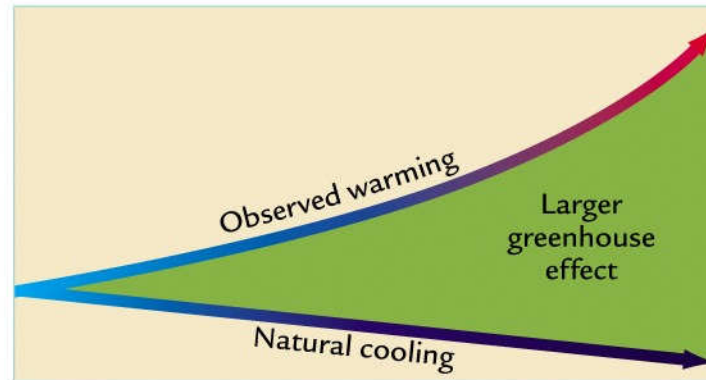




A



B

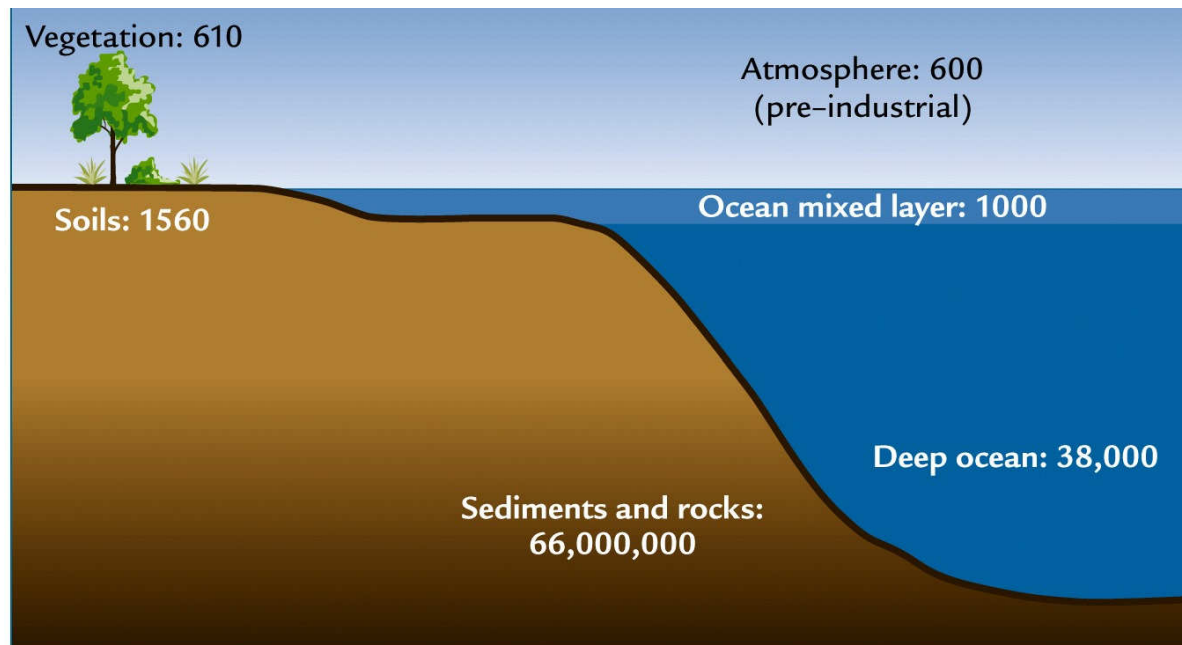


C

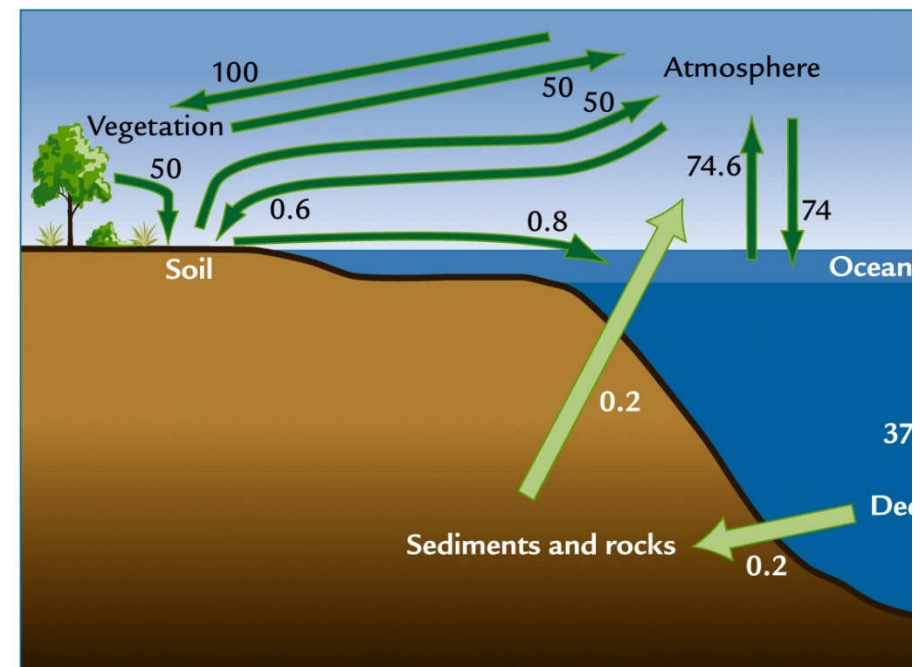
Time →

# Alterações do Clima pelo Homem?

Clique para editar o estilo do subtítulo mestre

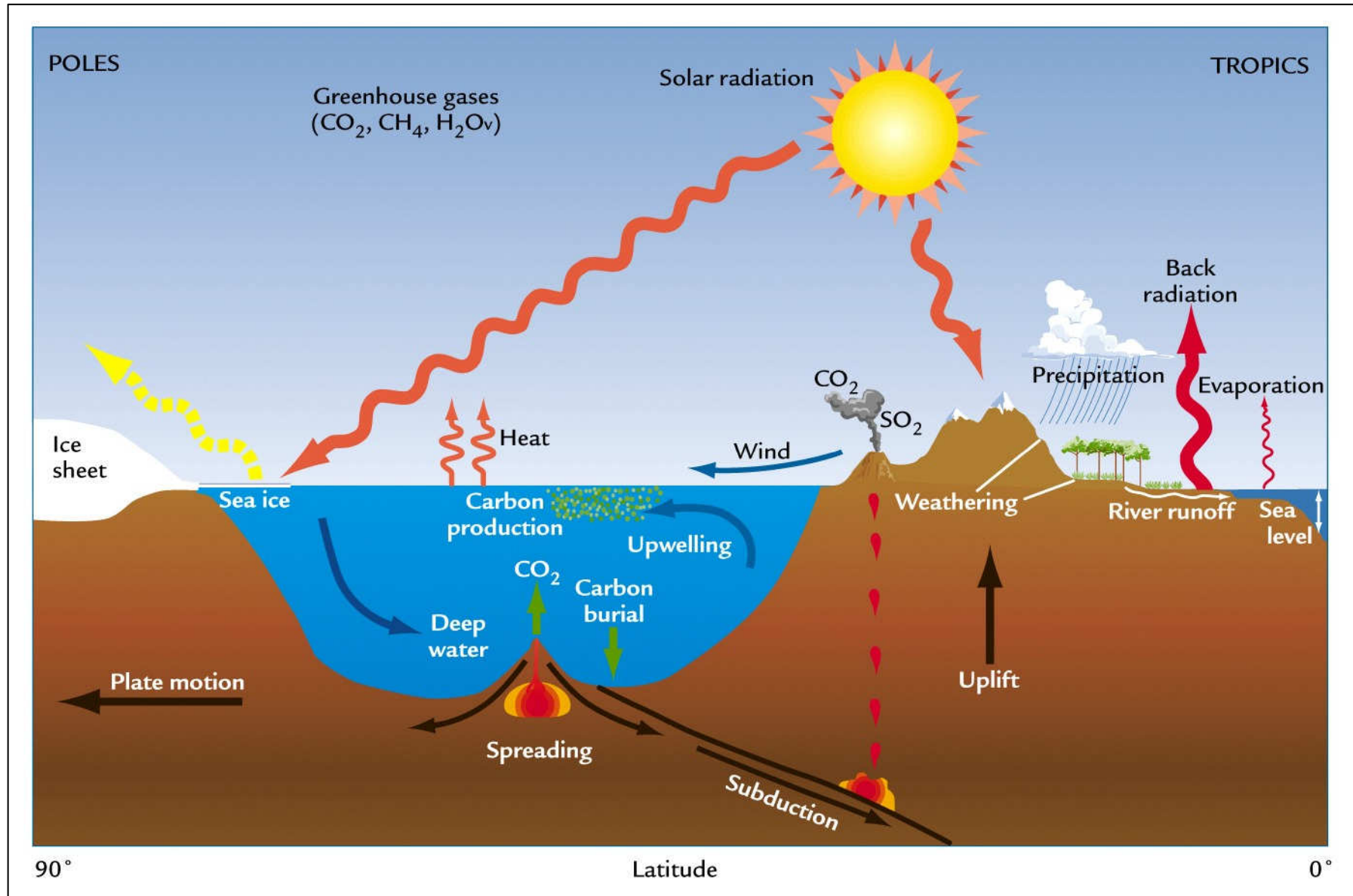


**A** Major carbon reservoirs (gigatons; 1 gigaton =  $10^{15}$  grams)

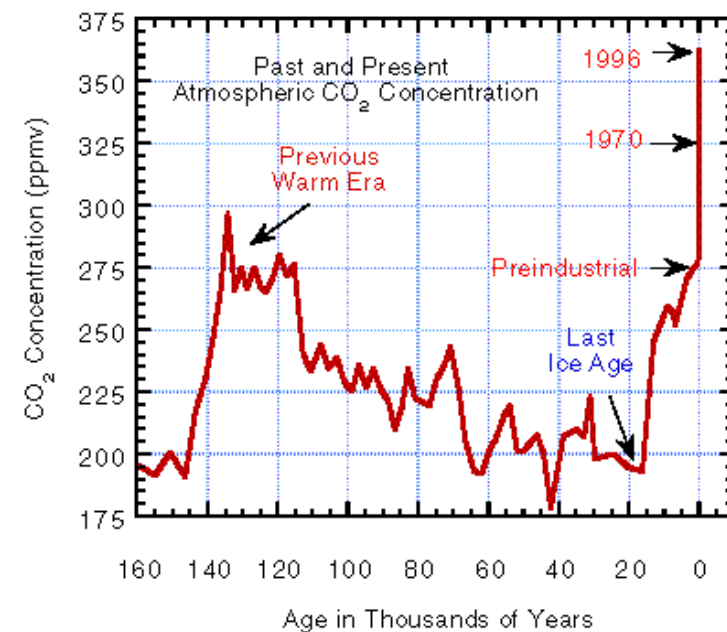
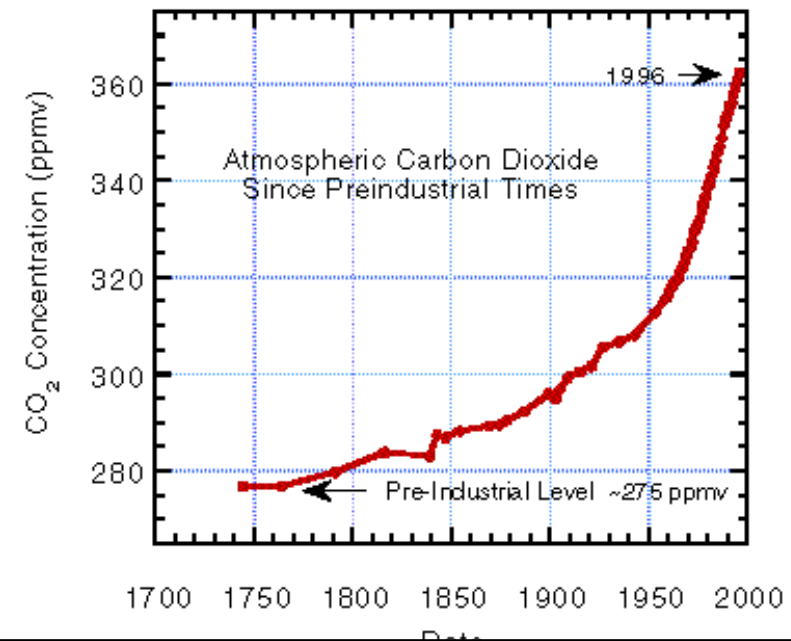


**B** Carbon exchange rates (gigatons/year)

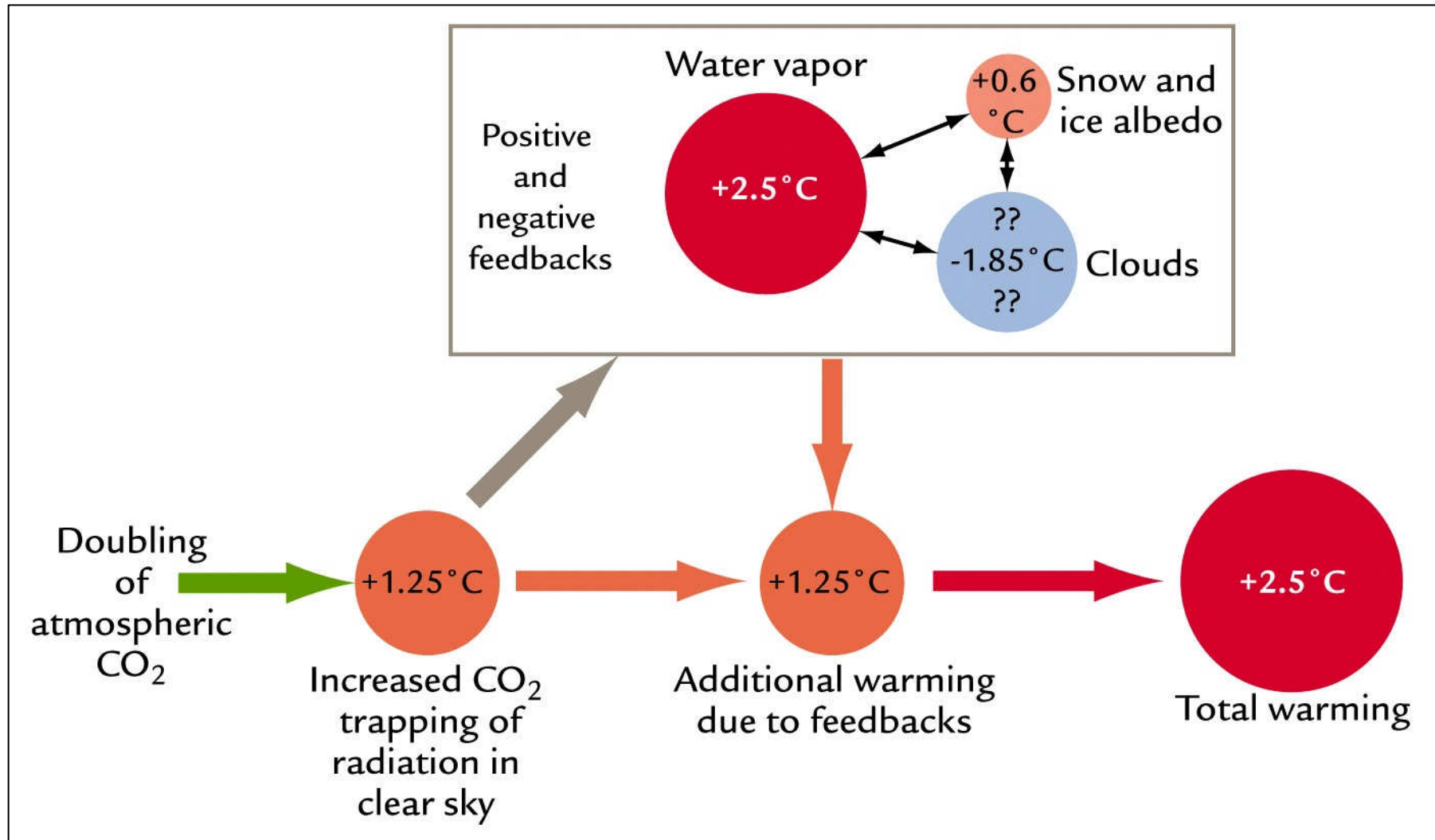
# Fluxo dos Gases de Efeito Estufa



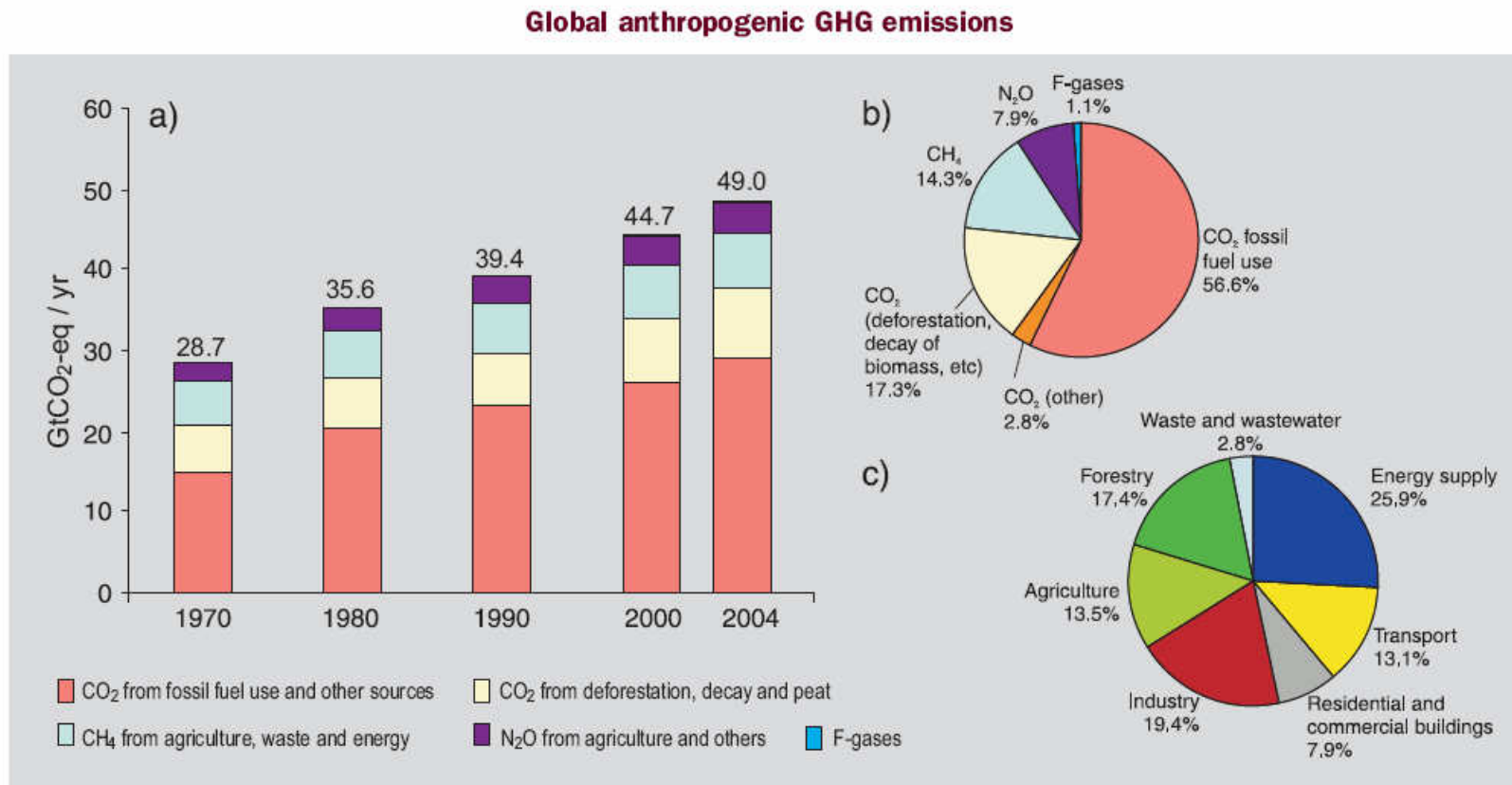
# Homens estão alterando a Composição da Atmosfera



# Retroalimentação do Vapor de Água



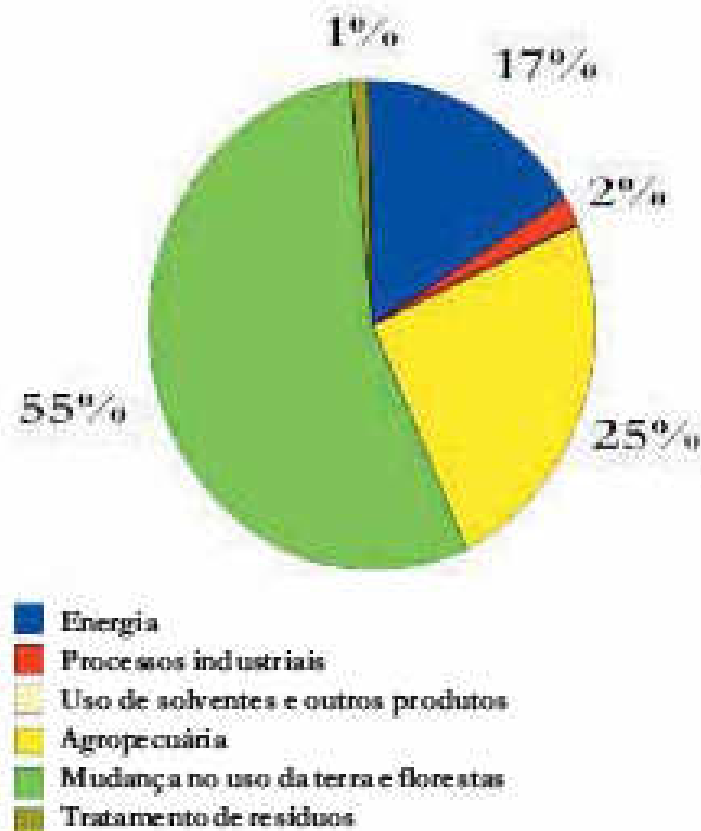
# Emissão Global



**Figure 2.1.** (a) Global annual emissions of anthropogenic GHGs from 1970 to 2004.<sup>5</sup> (b) Share of different anthropogenic GHGs in total emissions in 2004 in terms of CO<sub>2</sub>-eq. (c) Share of different sectors in total anthropogenic GHG emissions in 2004 in terms of CO<sub>2</sub>-eq. (Forestry includes deforestation.) {WGIII Figures TS.1a. TS.1b. TS.2b}

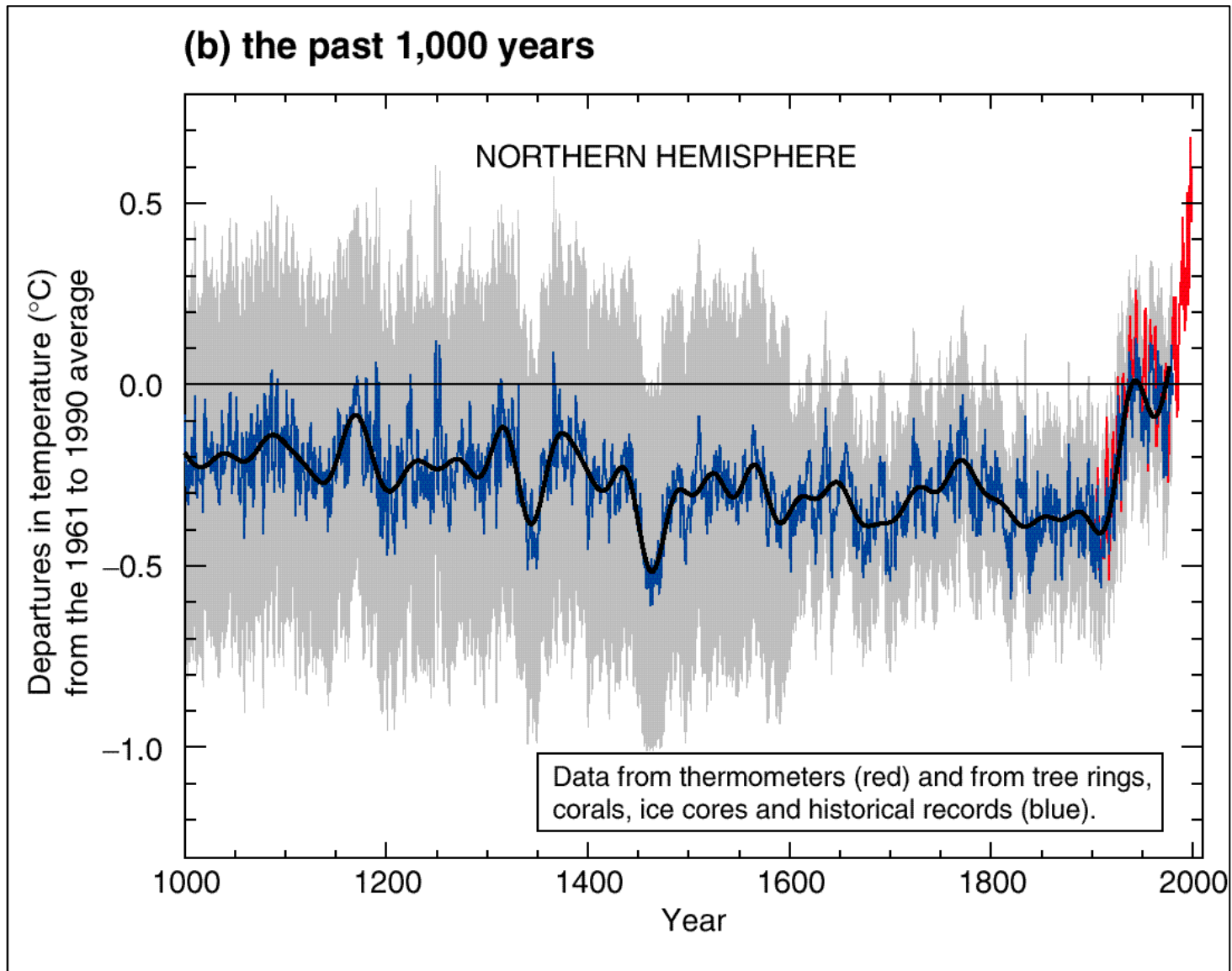
# Emissões Brasileiras

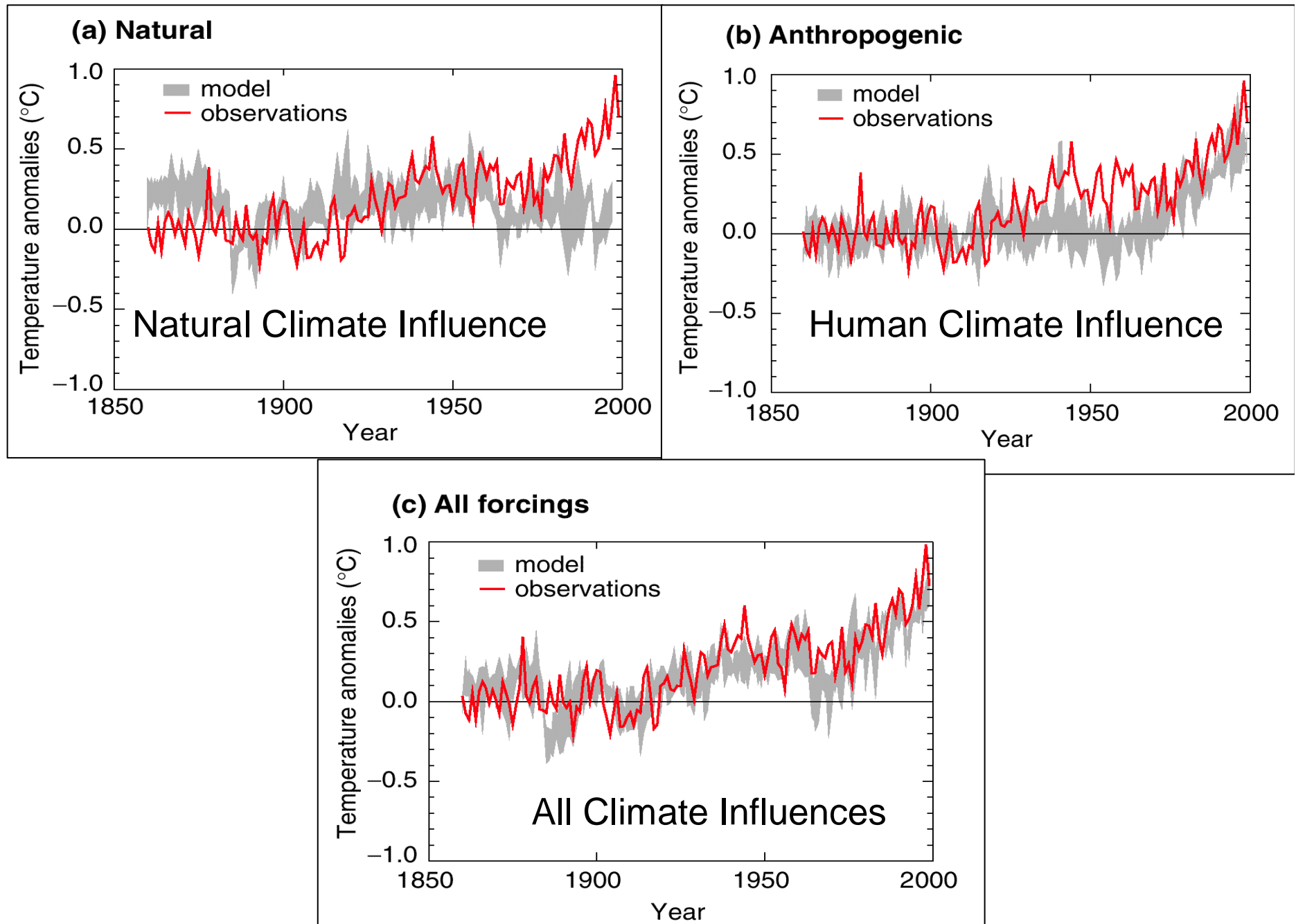
## Emissões Brasileiras de CO<sub>2</sub> eq (1994)



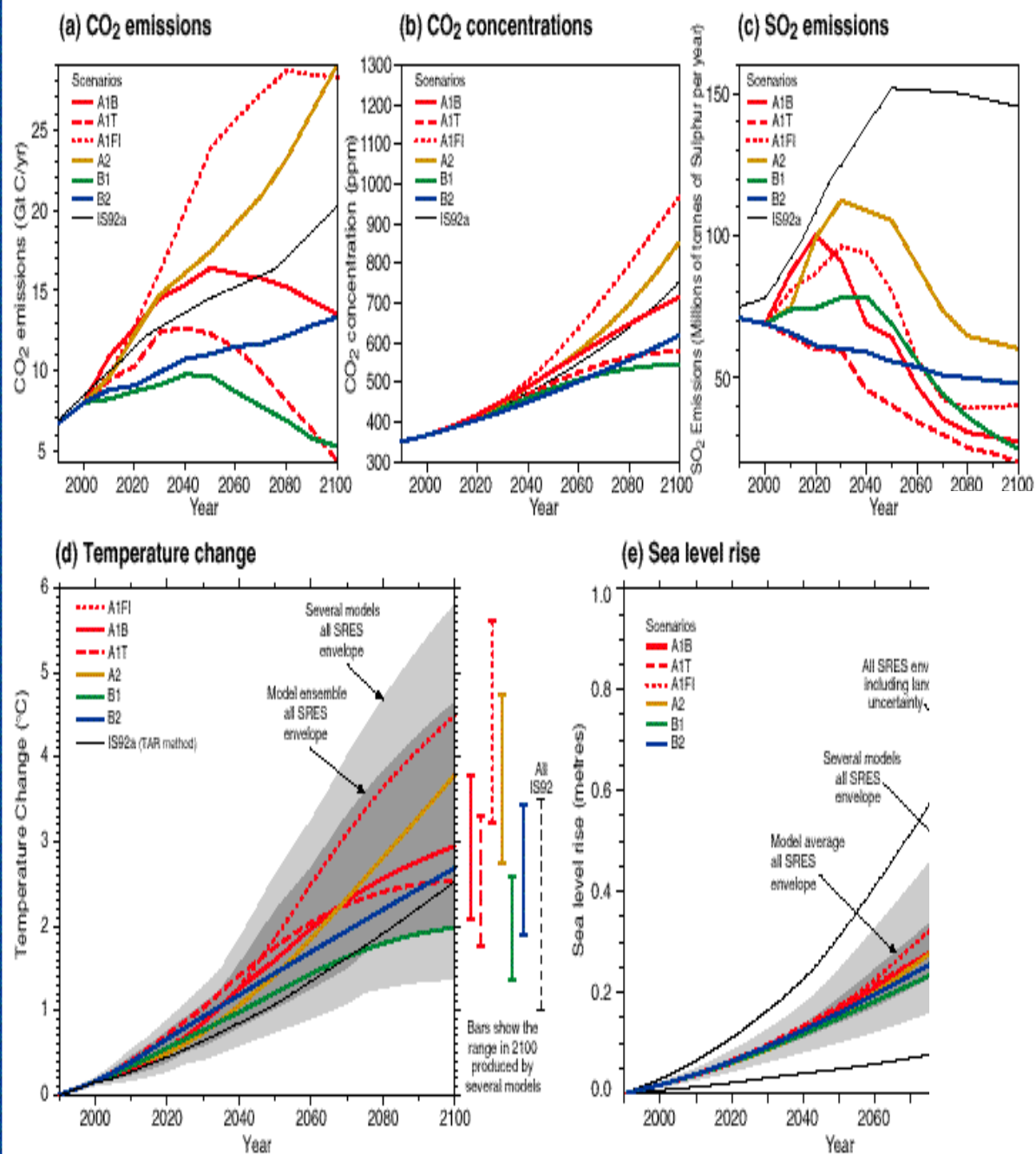
Fontes: Ministérios da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente

# The earth is warming -- abruptly

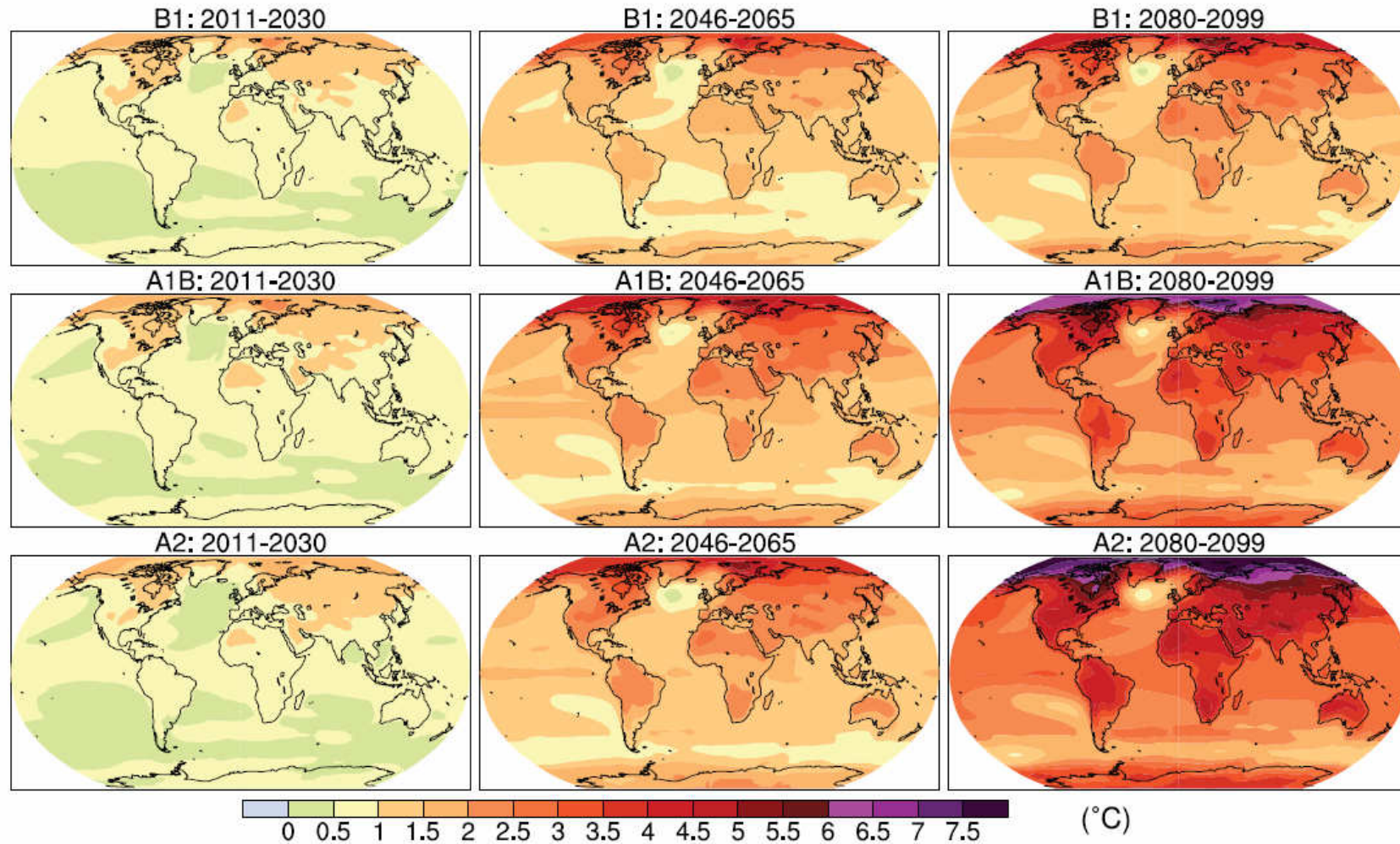




# The global climate of the 21st century

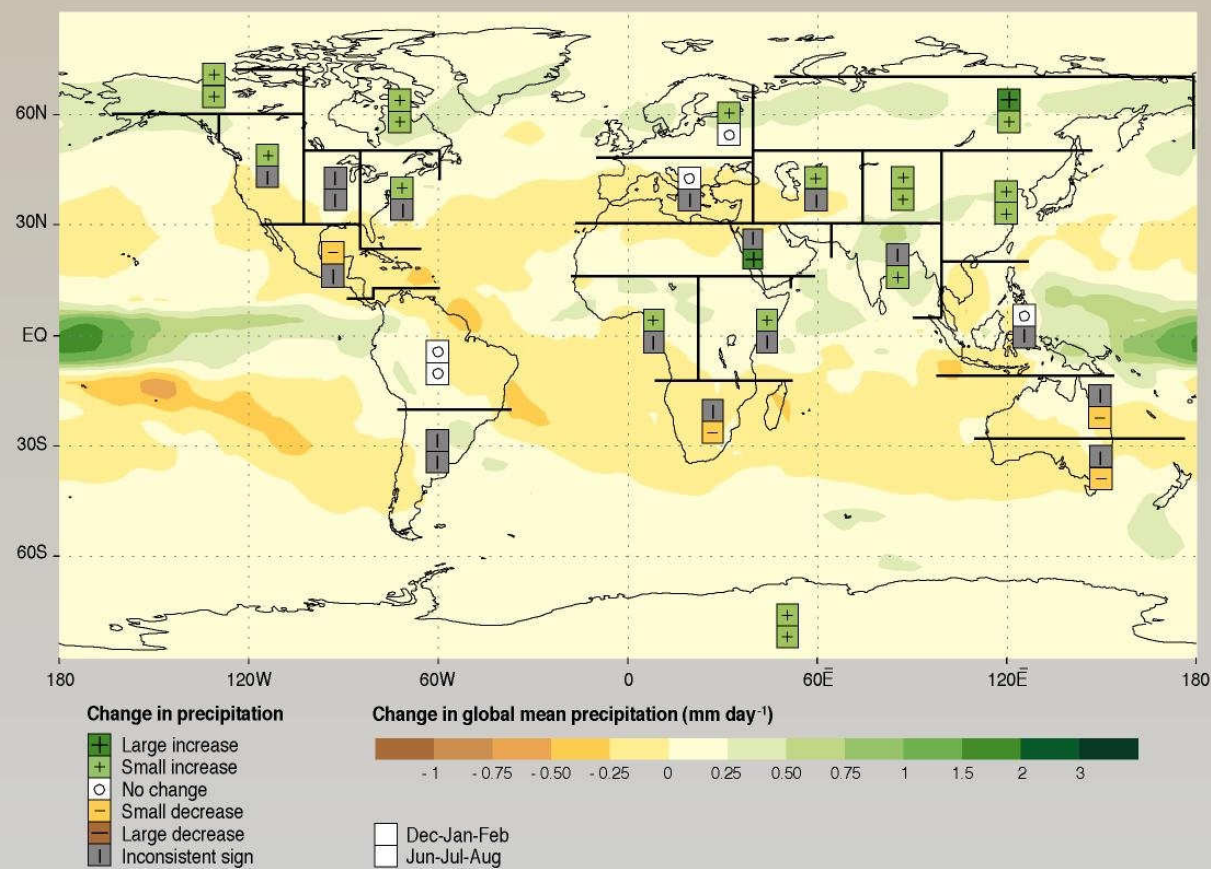


# Aquecimento da Superfície da Terra



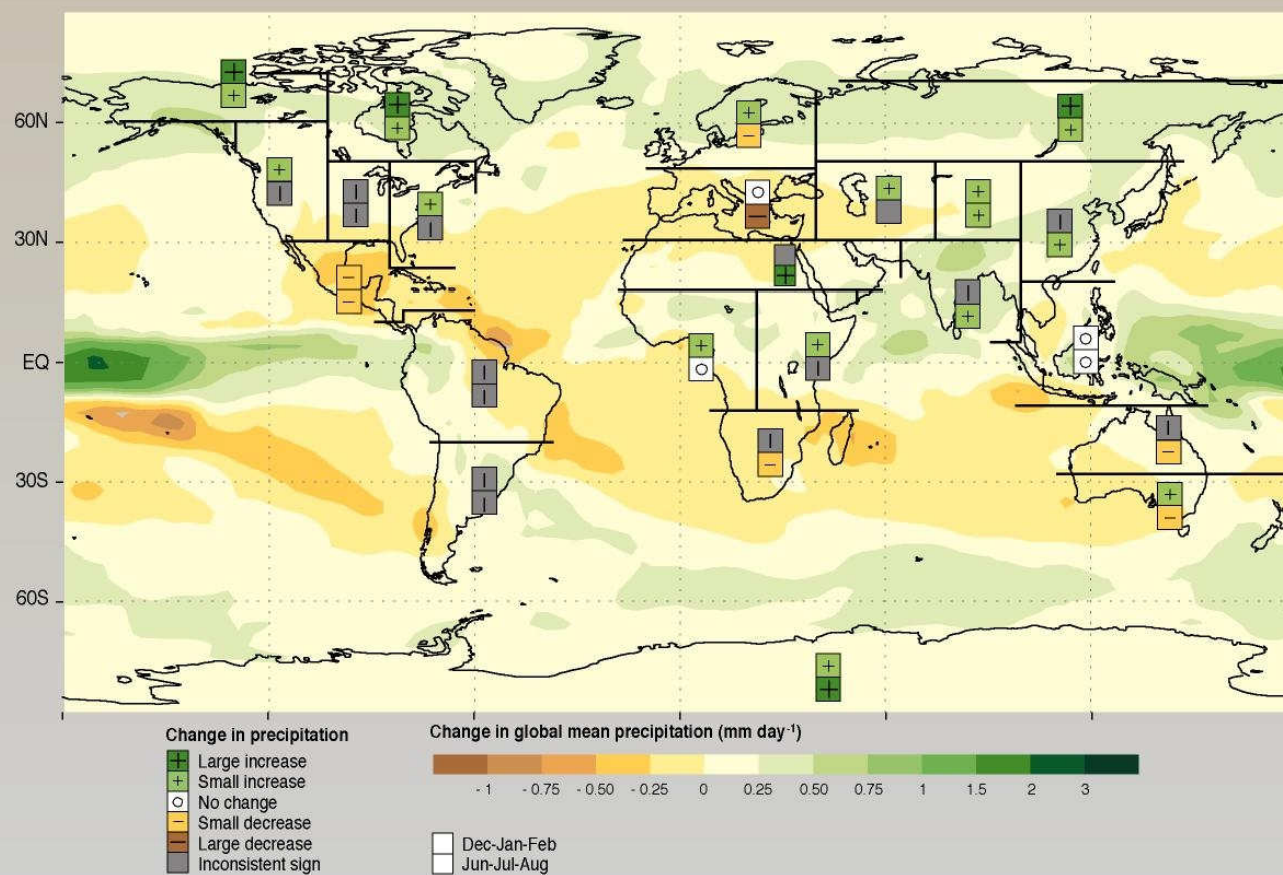
**Figure 10.8.** Multi-model mean of annual mean surface warming (surface air temperature change, °C) for the scenarios B1 (top), A1B (middle) and A2 (bottom), and three time periods, 2011 to 2030 (left), 2046 to 2065 (middle) and 2080 to 2099 (right). Stippling is omitted for clarity (see text). Anomalies are relative to the average of the period 1980 to 1999. Results for individual models can be seen in the Supplementary Material for this chapter.

## Change in precipitation for scenario B2



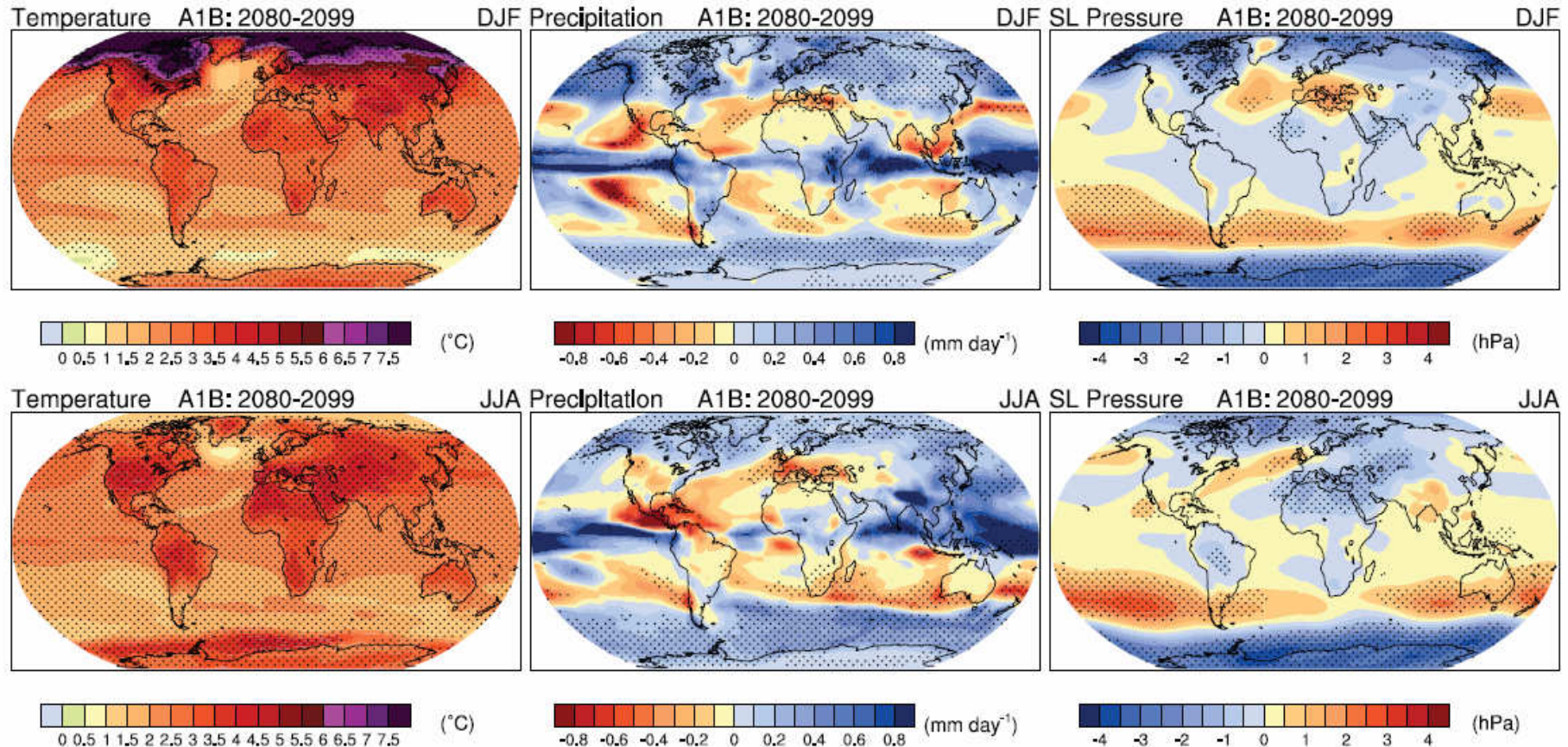
SYR - FIGURE 3-3 b

## Change in precipitation for scenario A2



SYR - FIGURE 3-3 a

# Multimodelos: Temperatura, Precipitação e Pressão



**Figure 10.9.** Multi-model mean changes in surface air temperature (°C, left), precipitation (mm day<sup>-1</sup>, middle) and sea level pressure (hPa, right) for boreal winter (DJF, top) and summer (JJA, bottom). Changes are given for the SRES A1B scenario, for the period 2080 to 2099 relative to 1980 to 1999. Stippling denotes areas where the magnitude of the multi-model ensemble mean exceeds the inter-model standard deviation. Results for individual models can be seen in the Supplementary Material for this chapter.

# Setores Sensíveis aos Impactos

Clique para editar o estilo do subtítulo mestre

Clique para editar o estilo do subtítulo mestre

# Elementos para uma estratégia de Gerenciamento de Risco Climático

Clique para editar o estilo do subtítulo mestre

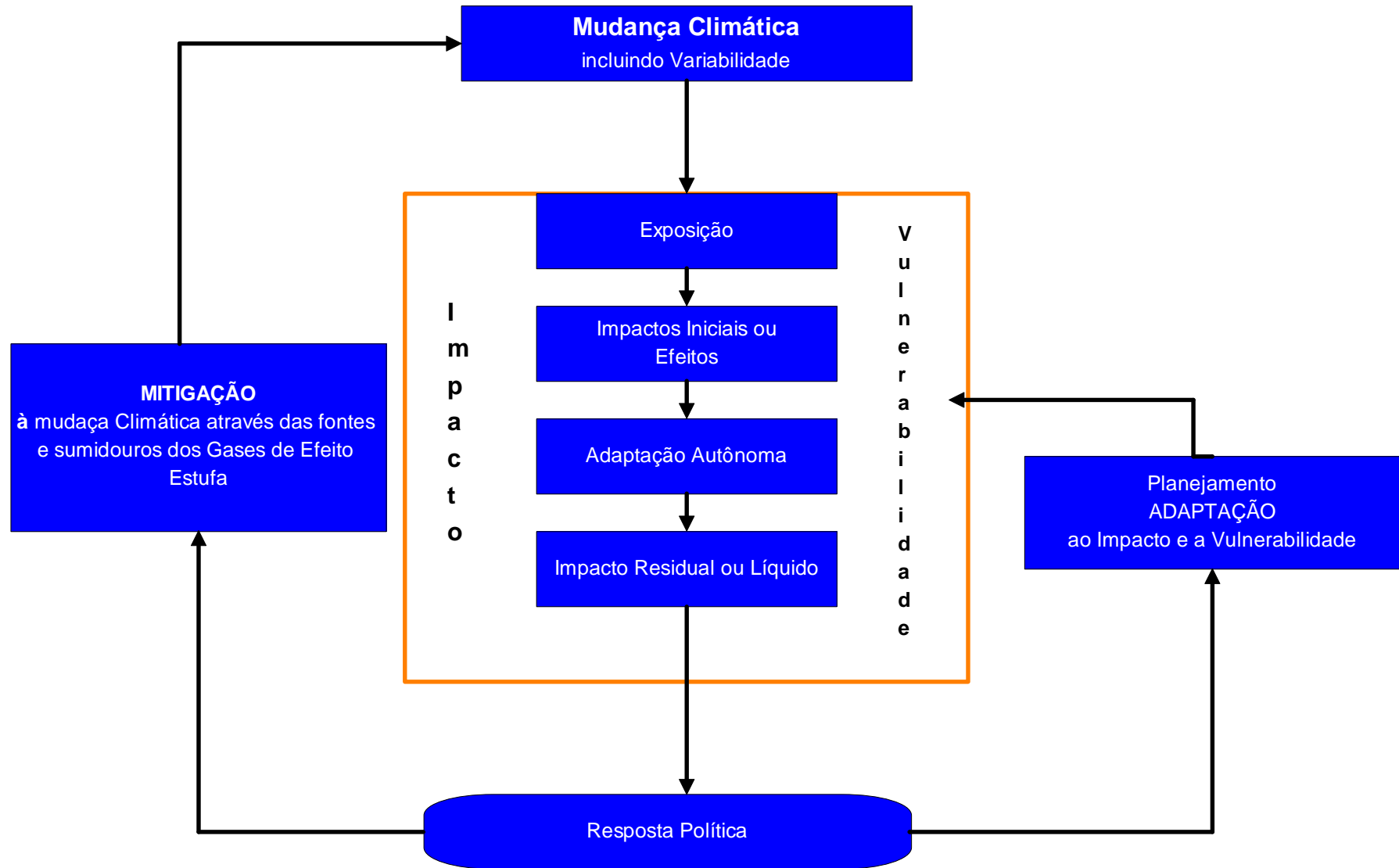
Conceitos  
Ações

Clique para editar o estilo do subtítulo mestre

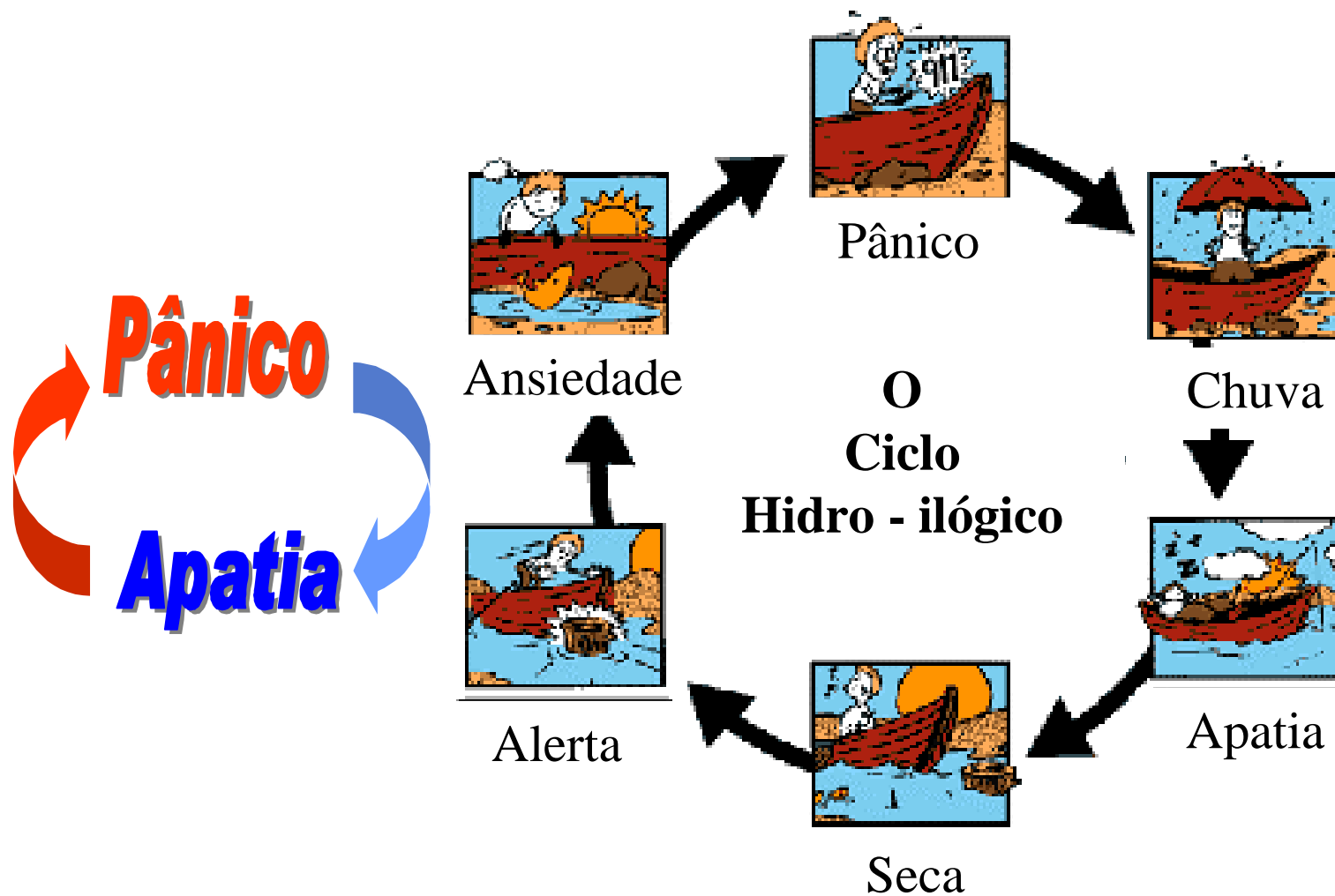
# Três Conceitos

- **Sensibilidade** é o grau em que o *sistema* é afetado por um estímulo.
- **Capacidade de Adaptação** é a habilidade que o *sistema* tem de se ajustar ao estímulo .
- **Vulnerabilidade** é a susceptibilidade do *sistema* a efeitos adversos, sendo uma função de sua sensibilidade e capacidade de adaptação

# Impacto, Adaptação e Mitigação

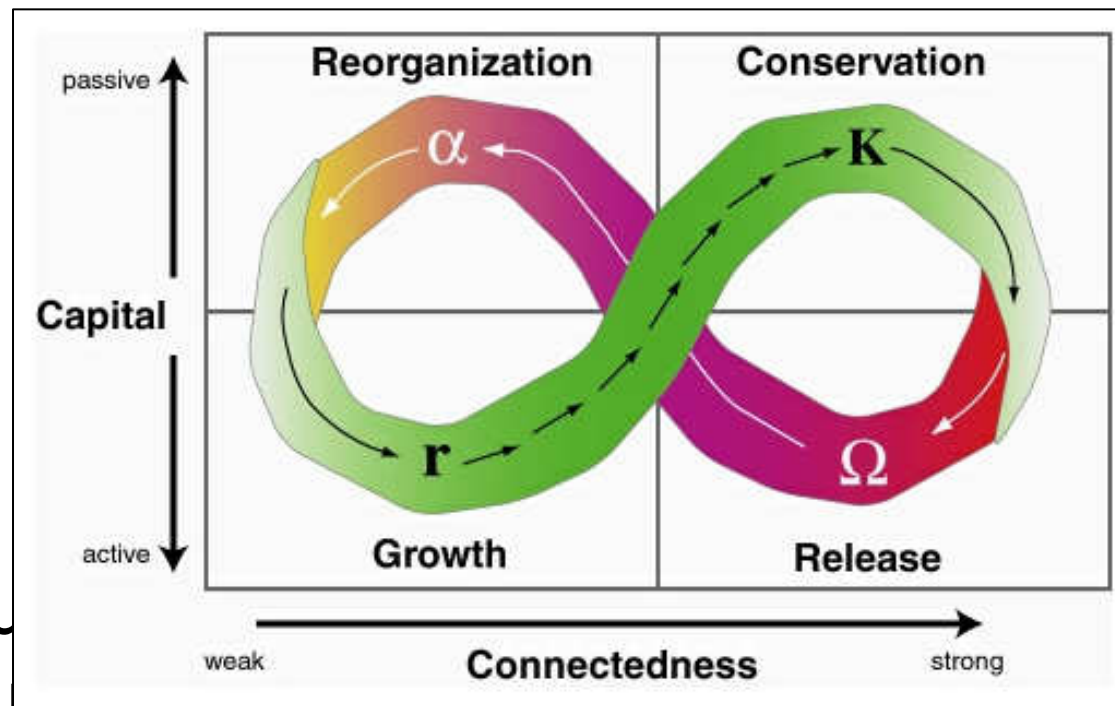


# Ciclo Hidro-ilógico



(adaptado de National Drought Mitigation Center, USA)

# Ciclo Adaptativo como Ferramenta



- Clique de tópicos
- 2º Nível da estrutura de tópicos
- 3º Nível da estrutura de tópicos
- 4º Nível da estrutura de tópicos

*From Label (2006) after Holling (2001)*