

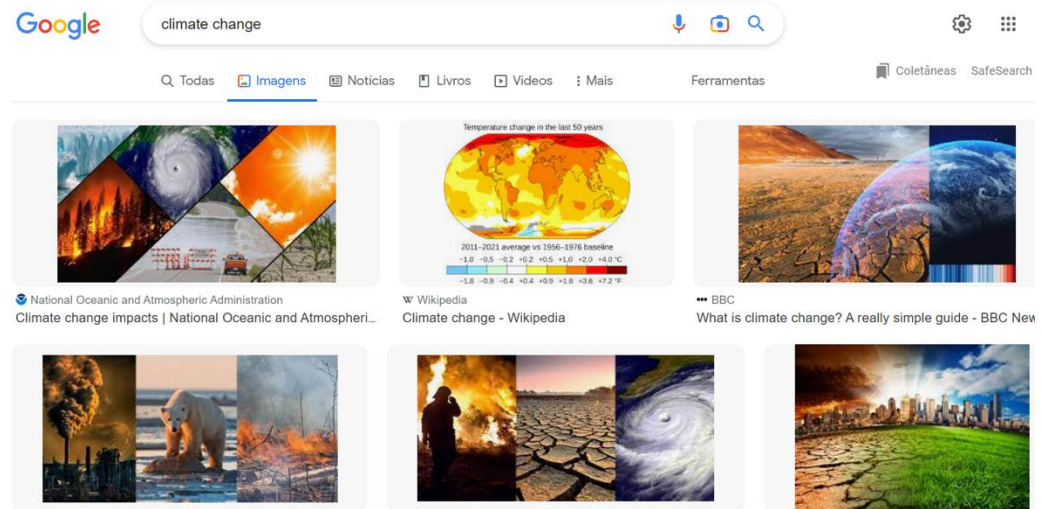
Mudanças climáticas

Humberto Ribeiro da Rocha

Professor

humberto.rocha@iag.usp.br

Mudanças climáticas
é um assunto muito exposto
na mídia, com toda razão



certas posições humanas

1. Ceticismo : duvidar; descrer.
2. Negacionismo: *negar* como verdadeiro um fato que pode ser verificado empiricamente (ex.: negacionismo científico, negacionismo histórico)
3. Alarmismo: disseminar notícias de conteúdo alarmante, causando medo e inquietação
4. Realismo científico: na percepção do objeto, independente de pontos de vista, aceitar a realidade do fato

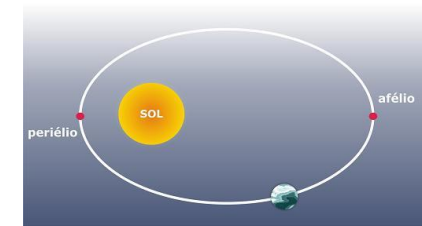
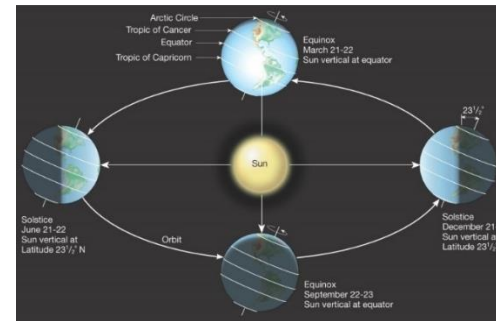
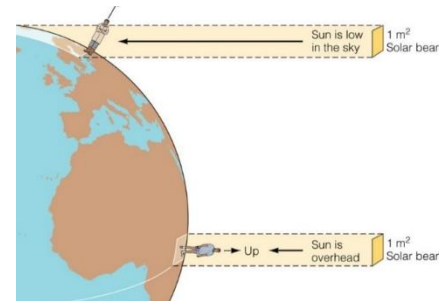
O que é o clima terrestre?

grego κλίμα ou *klima* (= inclinado)

Por que há diferentes climas na superfície da Terra ?

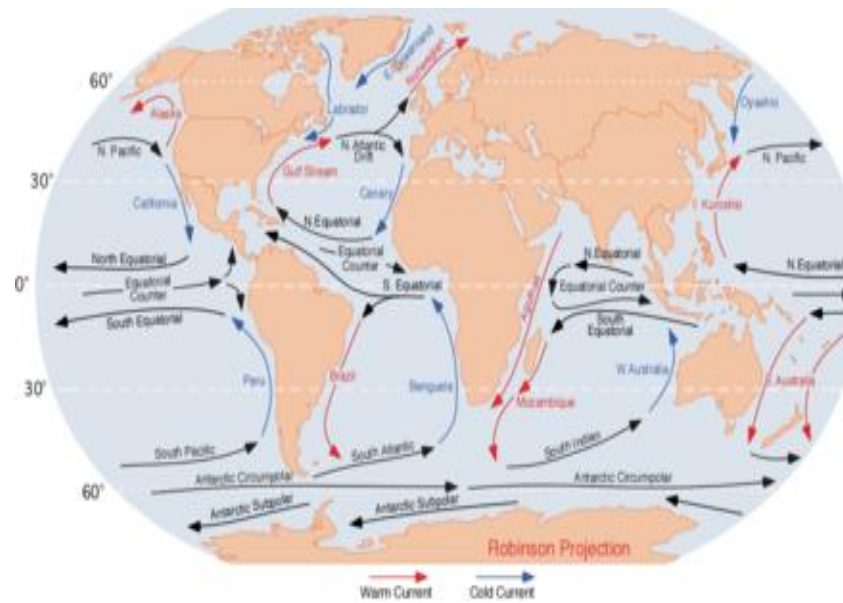
Aquecimento diferencial

1. a esfericidade da Terra
Equador recebe mais radiação por m^2 do que os pólos
2. obliquidade ou inclinação do eixo de rotação
um hemisfério recebe mais radiação que o outro (e v.v) cf a estação
3. Distribuição de terra e água



Distribuição de terra e água	% terra	% água
Global	29,2	70,8
Hem Norte	39,3	60,7
Hem Sul	19,1	80,9

4. altitude
correntes oceanicas
vegetação

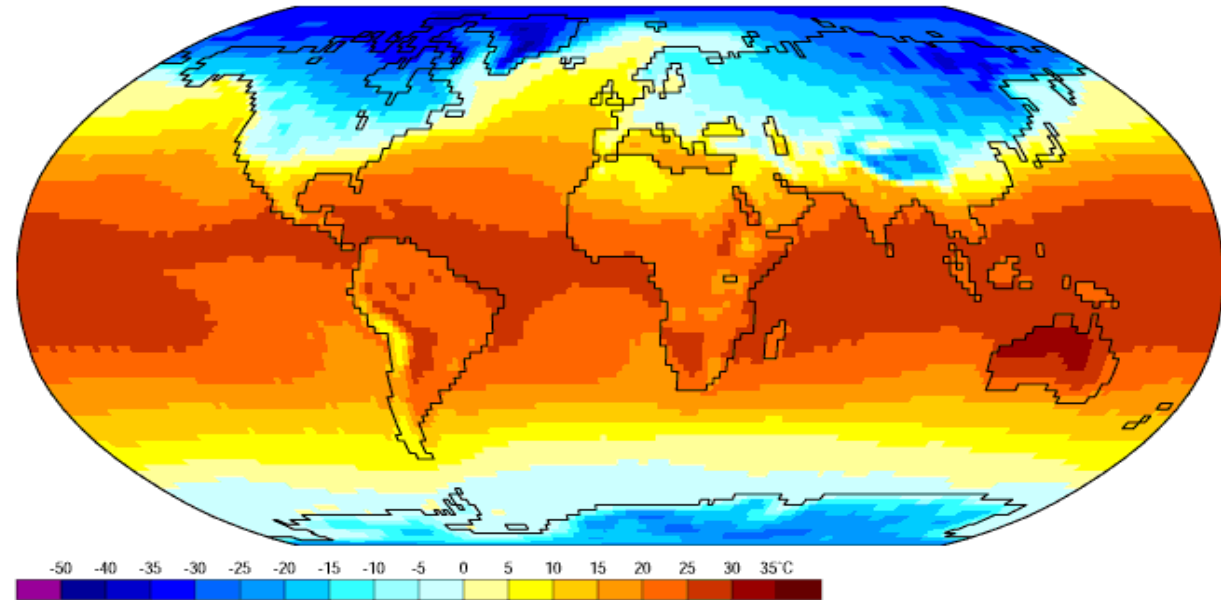


Como é a dinâmica do clima na Terra ?

Temperatura do ar
mensal

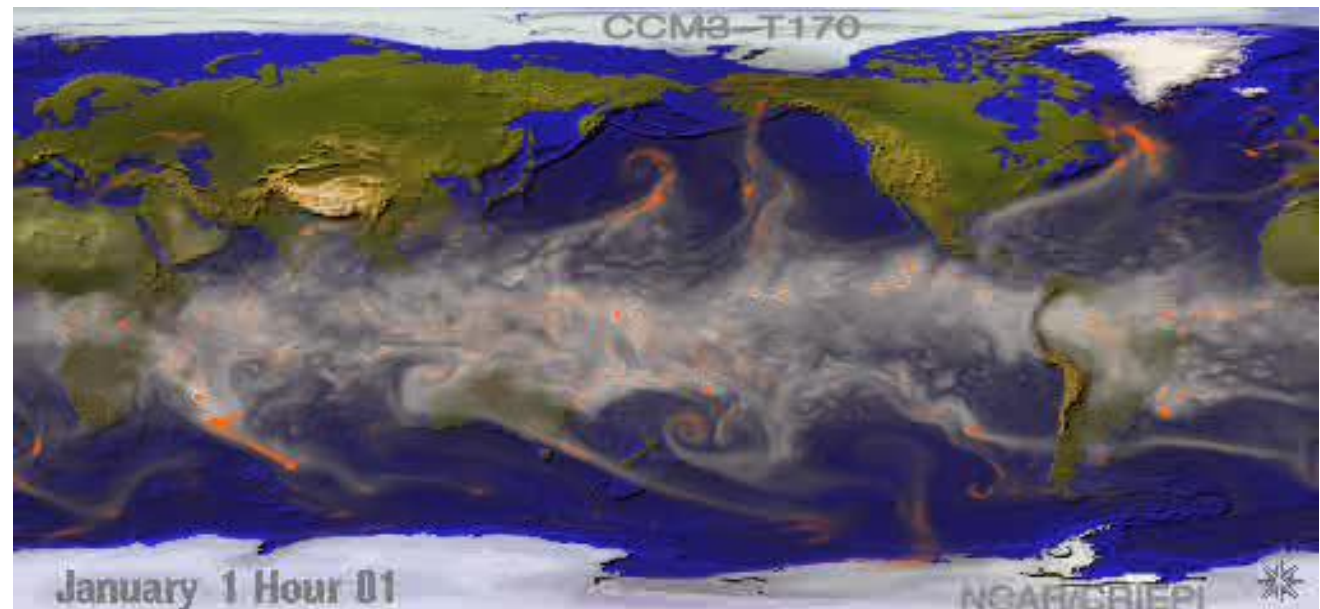
Air Temperature

Dec

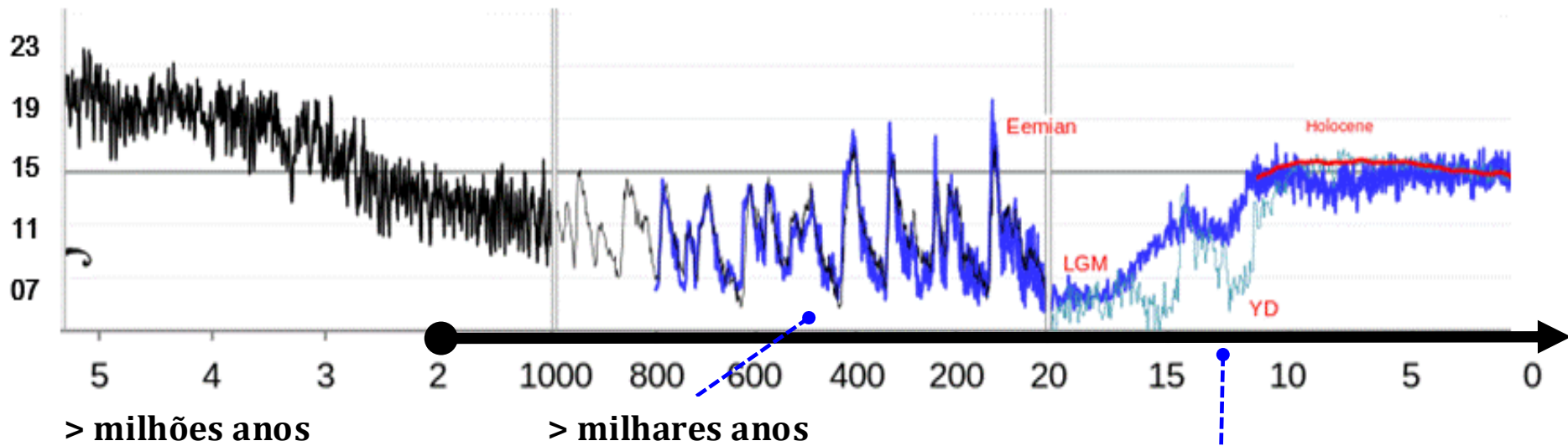


Data: NCEP/NCAR Reanalysis Project, 1959-1997 Climatologies

Sistemas de
precipitação
(chuva)
e circulação (vento)



Temperatura da Terra e evolução humana



Homo habilis

Homo erectus

Homo sapiens

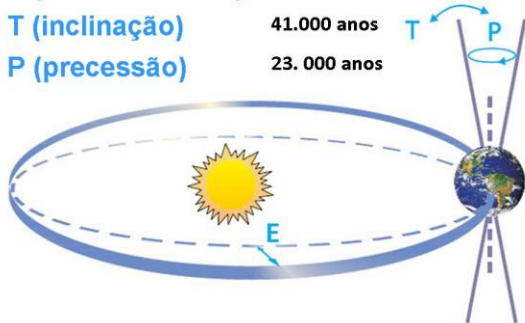
Agricultura
Irrigação

regime de Glaciais e Interglaciais
(ciclos de Croll-Milankovitch)

E (excentricidade) ~ 100.000 anos

T (inclinação) 41.000 anos

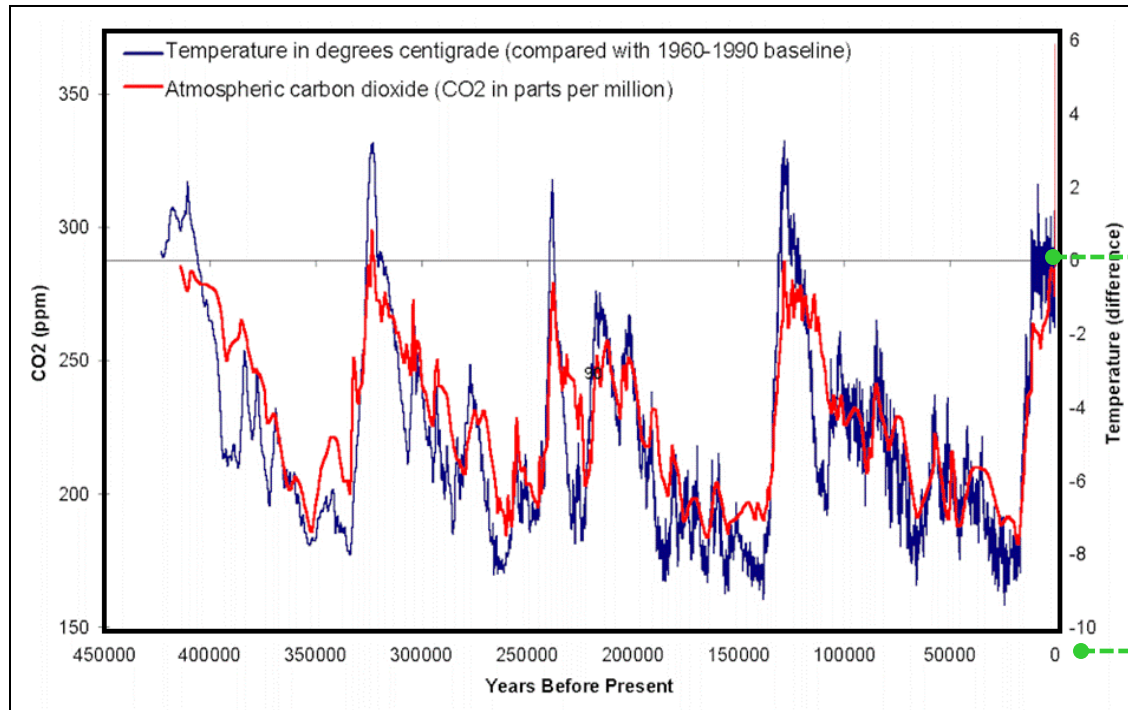
P (precessão) 23.000 anos



Atlântida segundo
Platão (12.000 a)

O clima da Terra caminha para um congelamento

Quando ?



estamos aqui !

*para que regime
climático vamos ?*

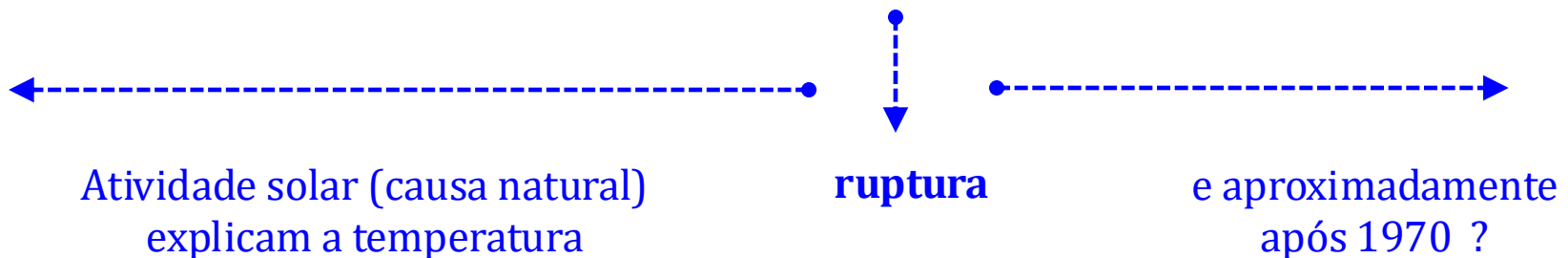
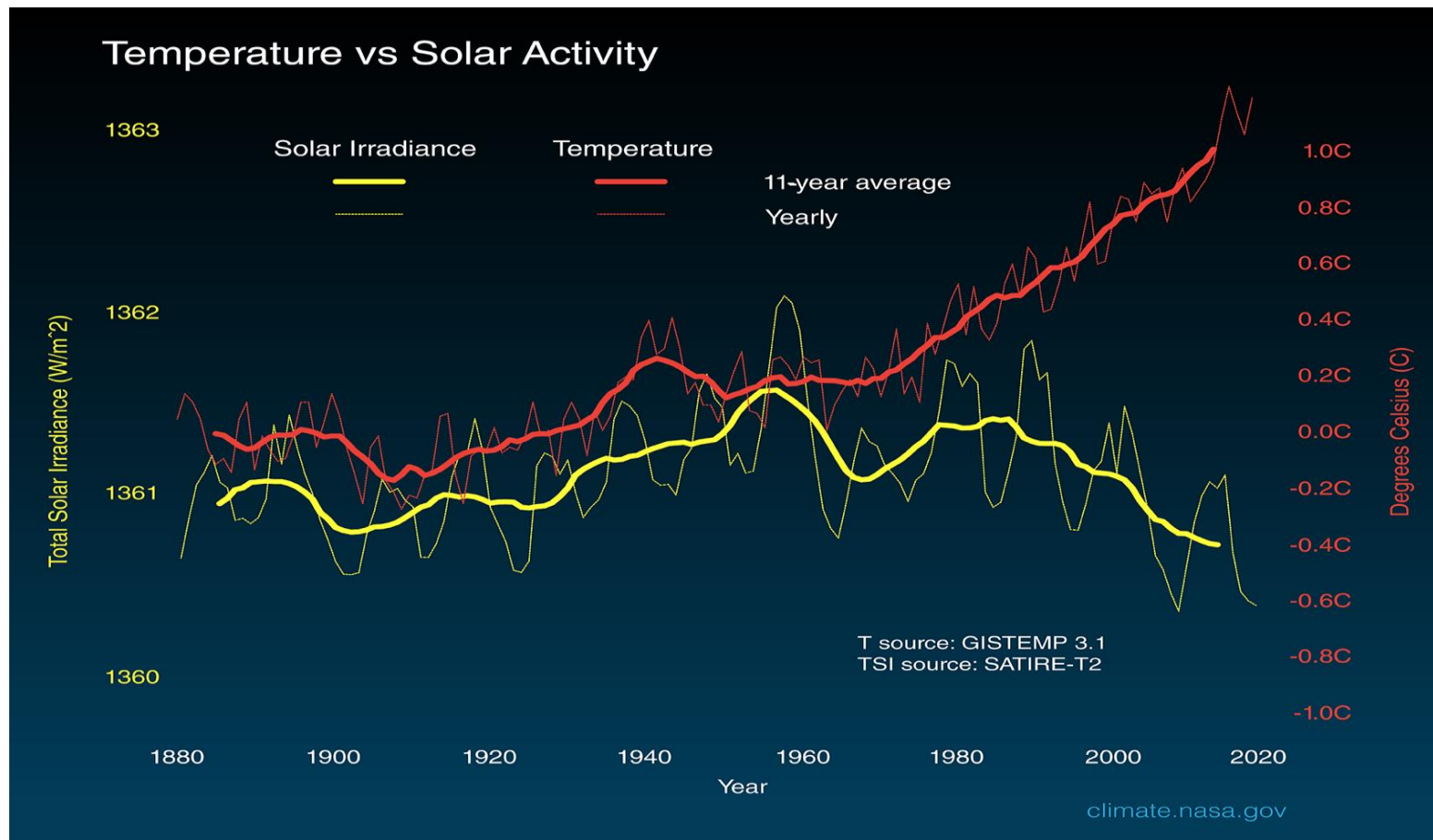
tempo

Variabilidade natural do clima com regimes de glacial e interglacial

Incerteza devido ao início de um novo glacial ?! séculos

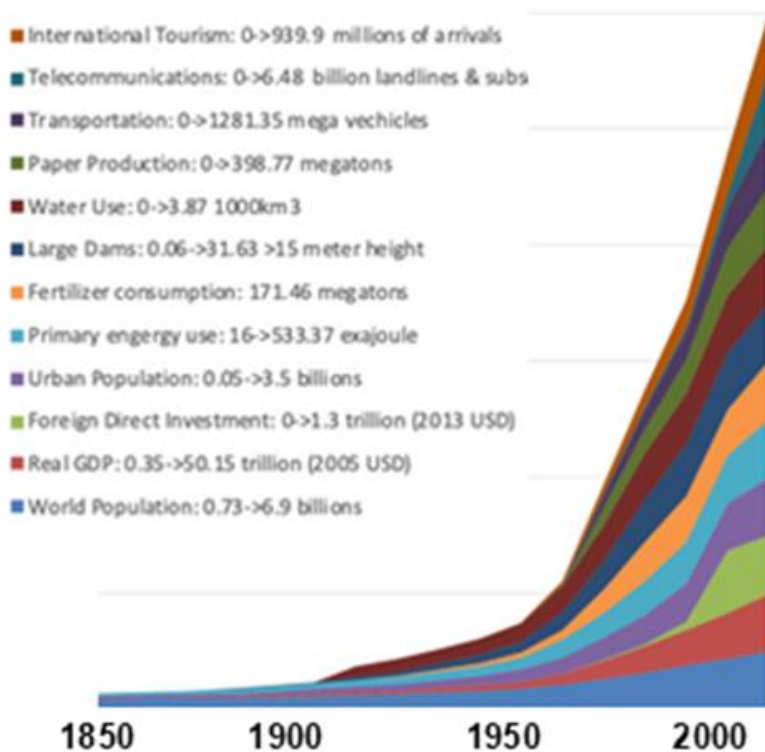
Fonte: Petit (1999) *Nature*; Shackleton (2000) *Science*

Temperatura média nos últimos 140 anos (variação ao redor da média)



O experimento do progresso

Tendências socioeconômicas

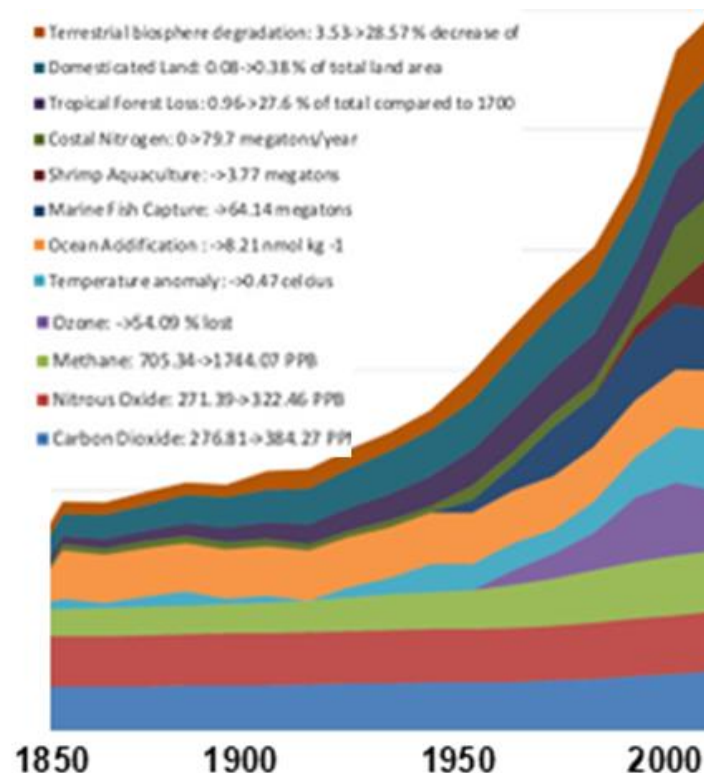


Revolução industrial
1750-1850



Grande aceleração global

Tendências sistema climático terrestre



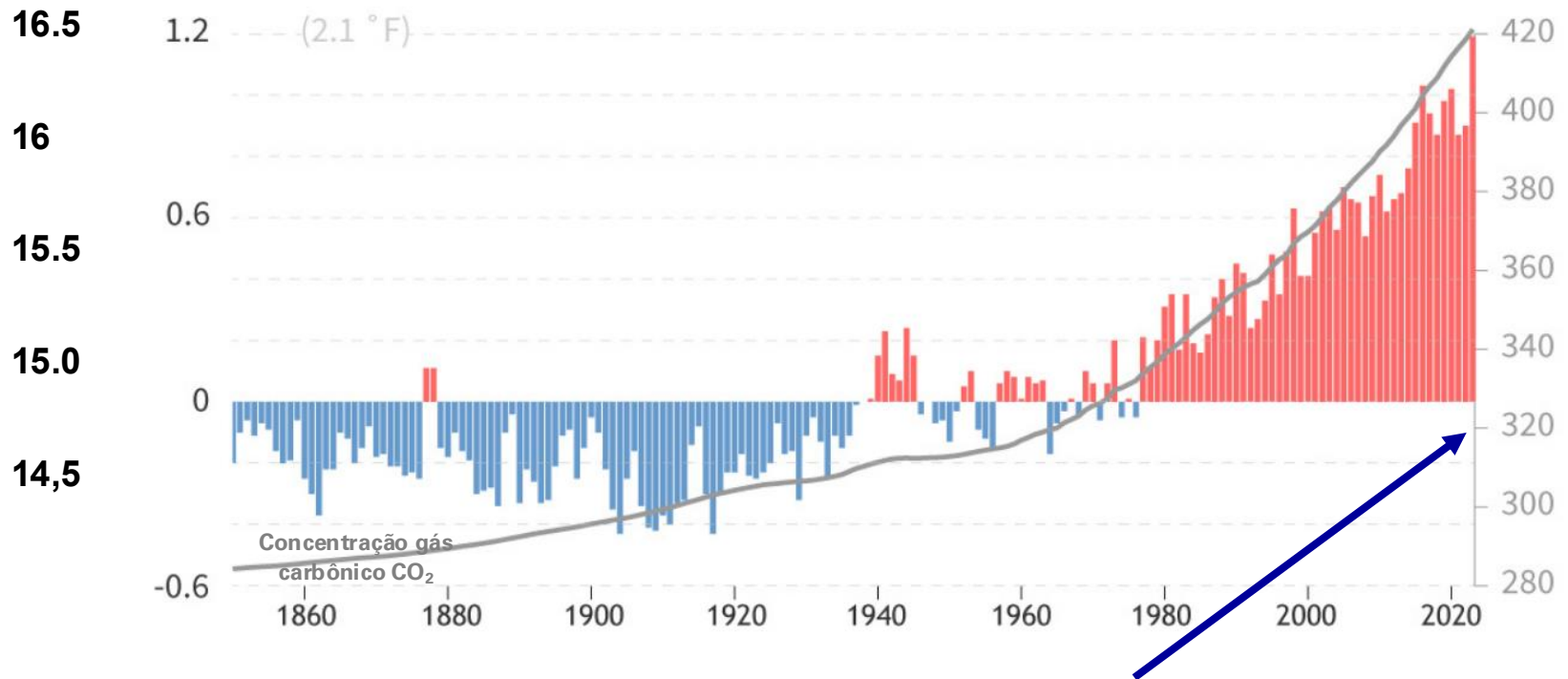
Chuva ácida
Buraco ozônio
Inverno nuclear



Ilha de calor urbana
Aquecimento global
Alagamentos
Críticidade hídrica
Poluição ambiente
Transtornos mentais

**O que são as mudanças
climáticas globais ?**

O aquecimento global sinal mais evidente das mudanças climáticas



Tendência de aumento consolidada !
aumento $\approx 1,5$ °C em 2024

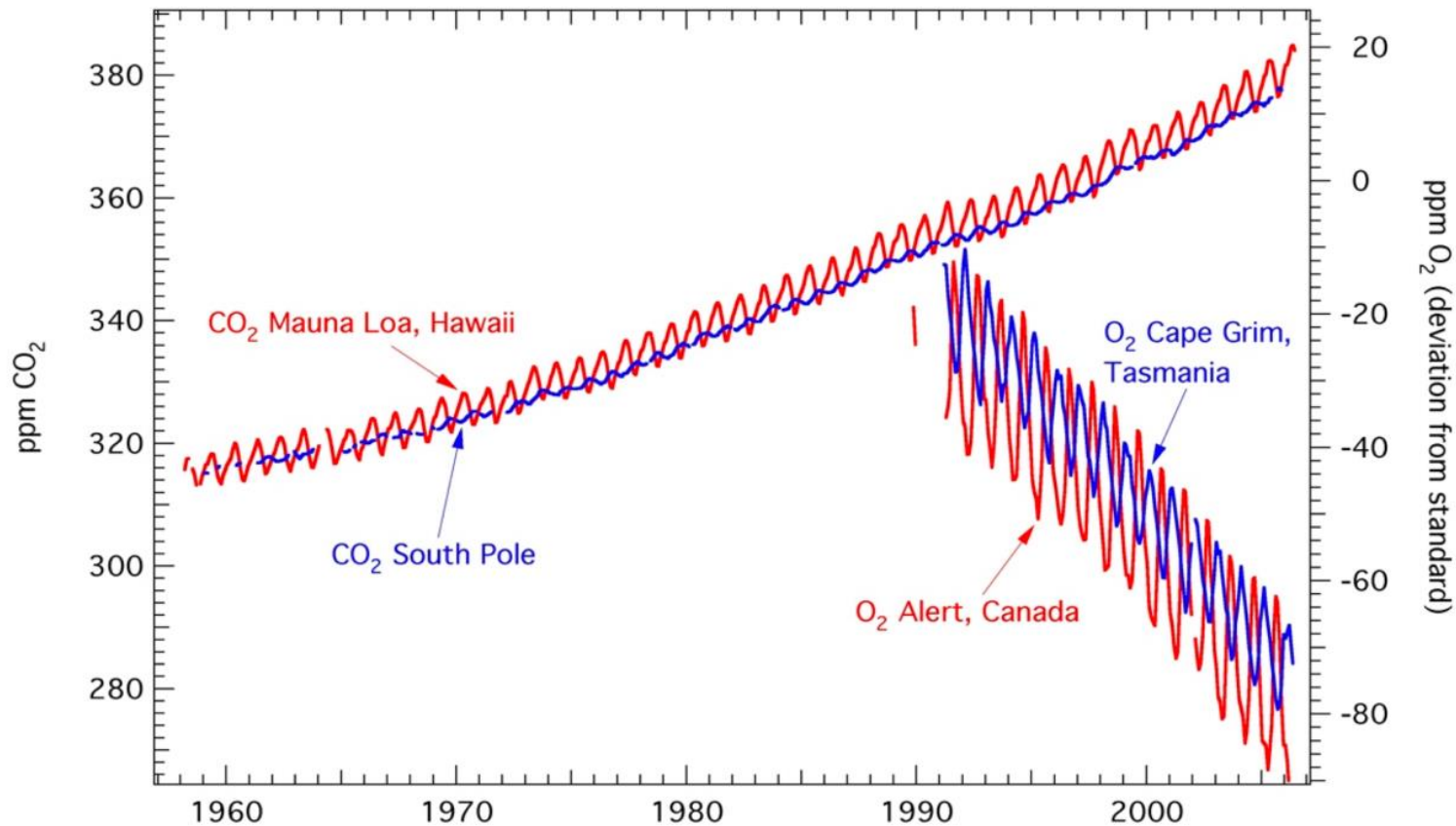
Temperatura na superfície média global anual (°C)

https://climate.nasa.gov/climate_resources/127/global-temperature/

O que acontece com o gelo do Ártico nos últimos 40 anos?

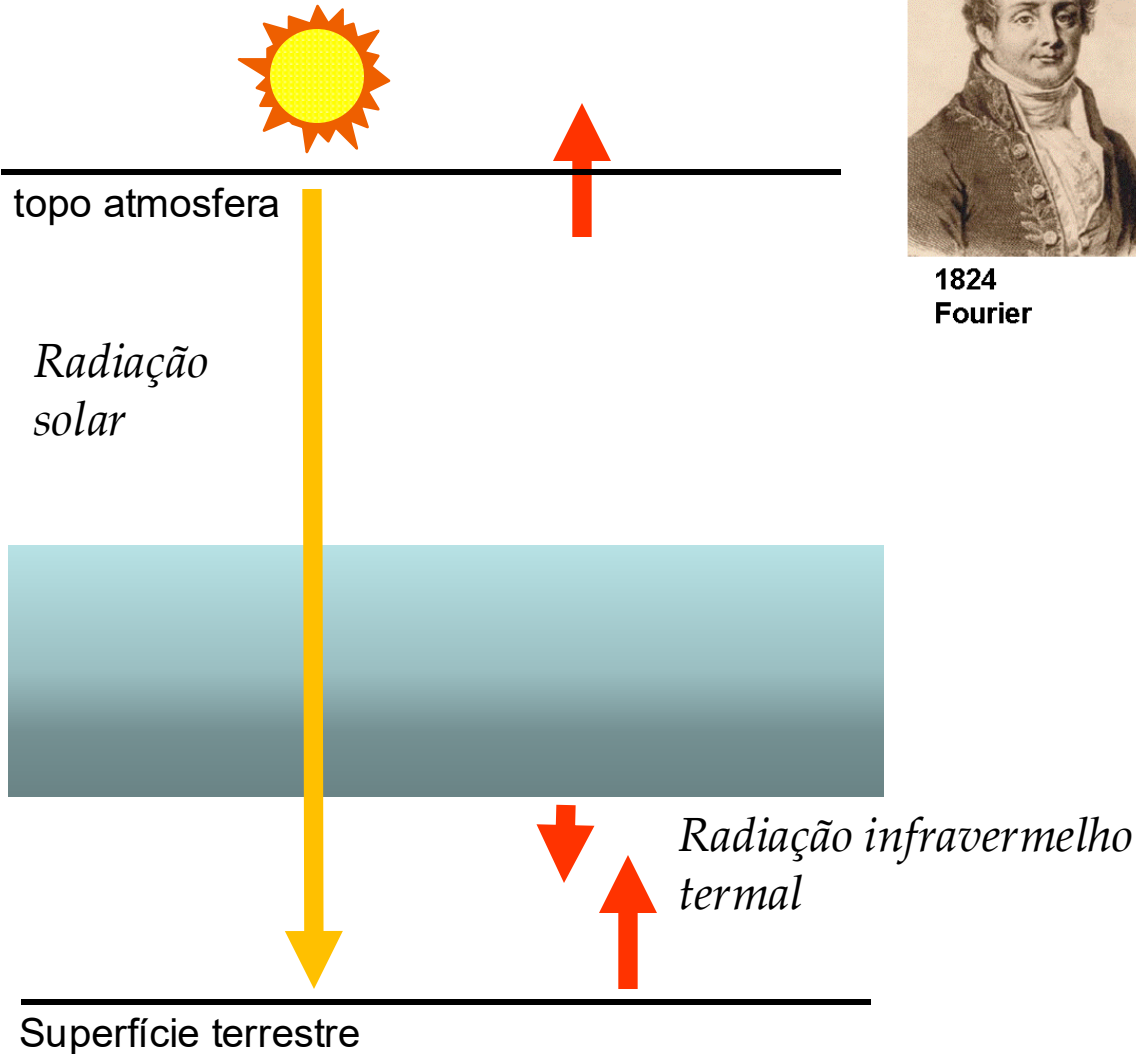


Atribuição de causas: aumento dos gases estufa

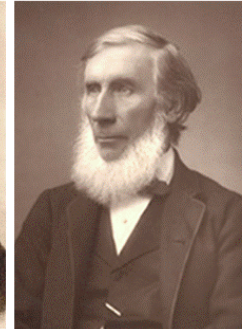


Concentração de CO₂ e O₂ (desvio de 21%). Fonte: Canadell (2007), *PNAS*

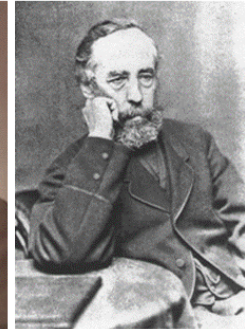
Atribuição de causas: o efeito estufa



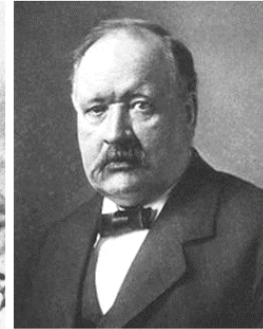
1824
Fourier



1854
Tyndall



1864
Croll



1896
Arrhenius

**efeito estufa natural e
antrópico: duas origens
diferentes**

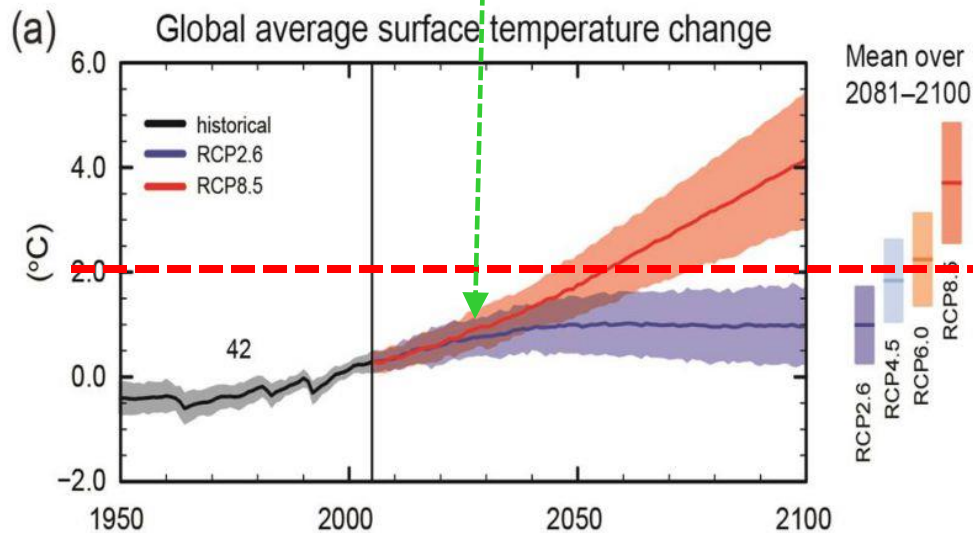
**Que efeitos estão
ocorrendo ?**

O clima da Terra caminha para um aquecimento nas próximas décadas

As projeções globais do clima no futuro próximo

estamos aqui !

Como serão os próximos 80 anos ?



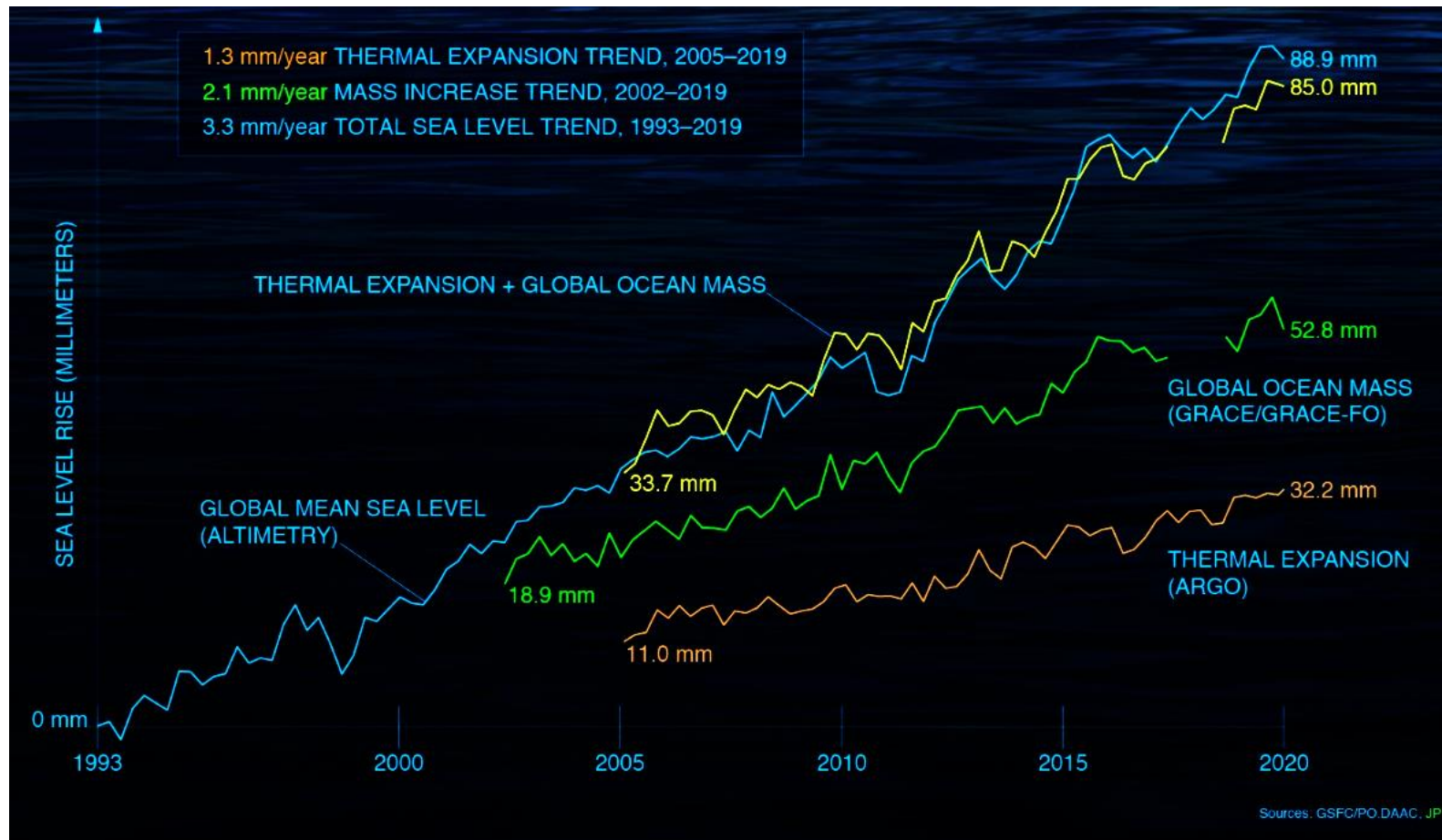
cenários pessimista e otimista

- conforme Baixa ou Alta emissão de carbono

Projeções indicam aquecimento
*limiar **perigoso** de 2°C*

Fonte: (RCP representative concentration pathway) do IPCC AR5

Consequências do aquecimento global : aumento do nível do mar



Medições históricas indicam aumento do nível do mar

Causas:

- derretimento do gelo
- expansão térmica da água

Fonte: <https://sealevel.nasa.gov/>

Saúde e atividade laboral

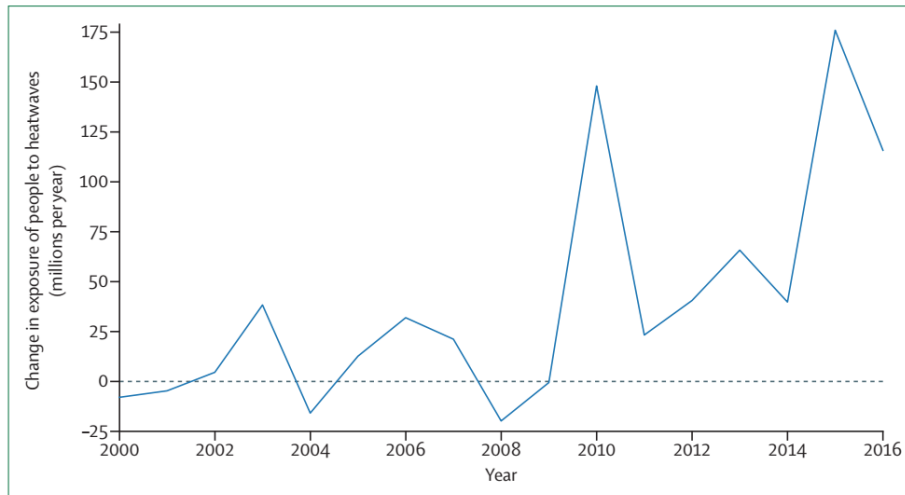


Figure 2: The change in heatwave exposure (in people older than 65 years), relative to the 1986–2008 average

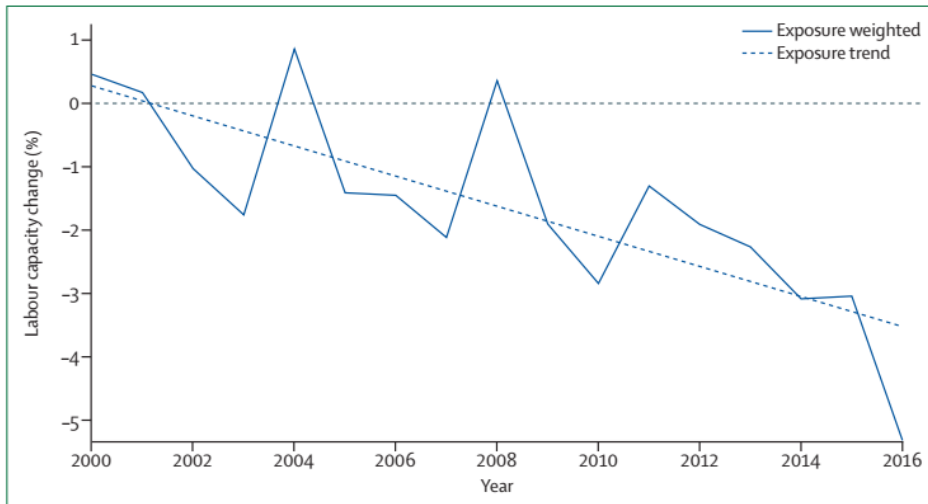


Figure 4: Labour capacity change worldwide, relative to the 1986–2008 average

Aumento da exposição às ondas de calor (pessoas acima 65 anos)

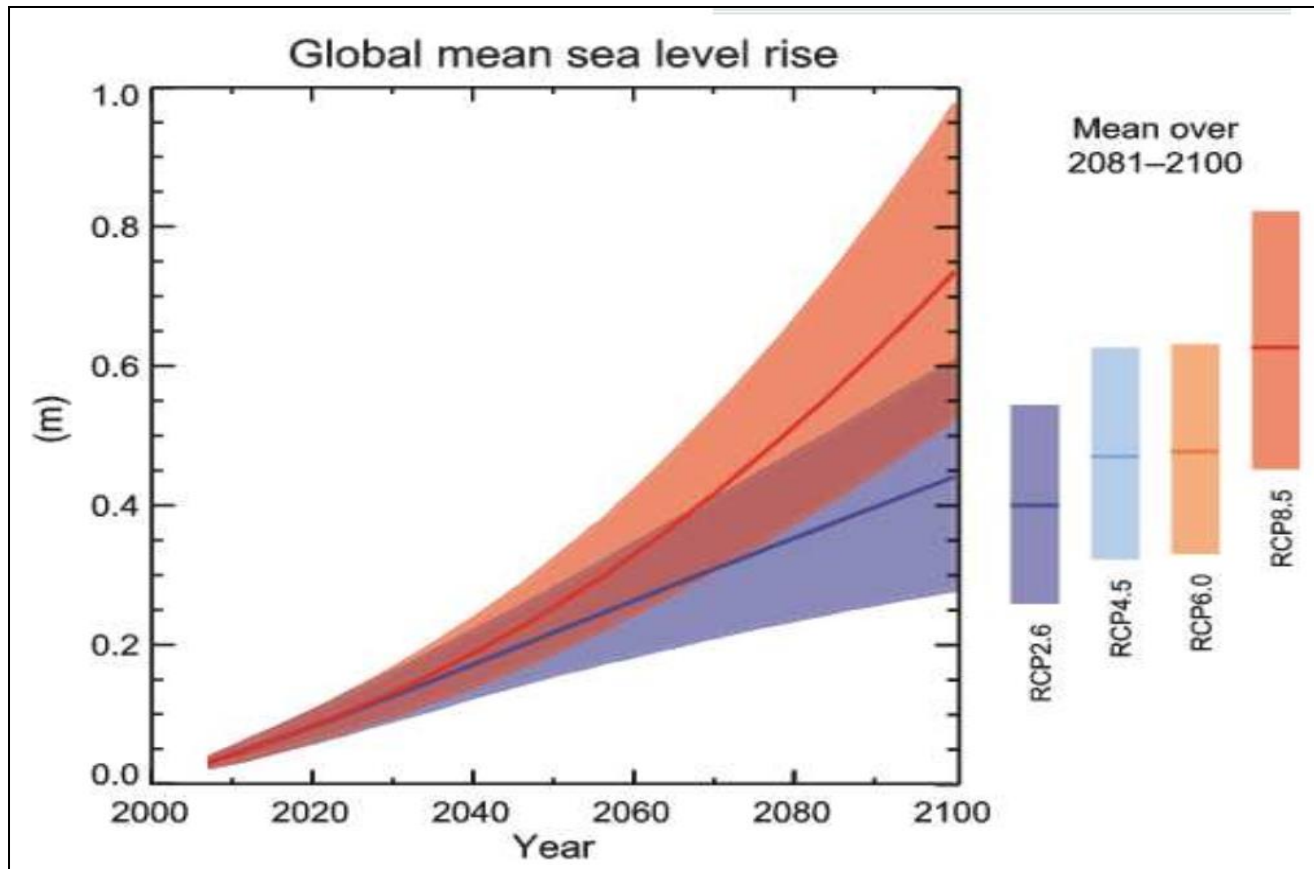
Queda da capacidade laboral (média global)

The *Lancet* Countdown on health and climate change: from 25 years of inaction to a global transformation for public health

Nick Watts, Markus Amann, Sonja Ayeb-Karlsson, Kristine Belesova, Timothy Bouley, Maxwell Boykoff, Peter Byass, Wenjia Cai

**Que efeitos se
projetam
no futuro ?**

Consequências do aquecimento global : aumento do nível do mar



Projeções são de aumento do nível do mar médio global no sec. 21, relativo a 1986-2005. Fonte: IPCC AR5

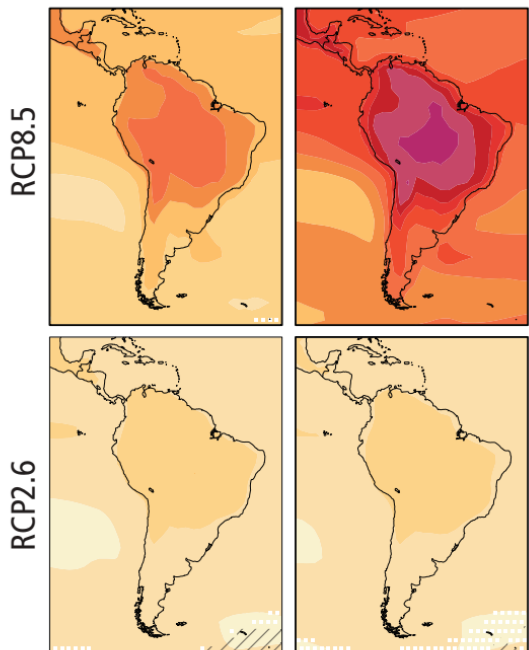
Projeção de mudança da temperatura e chuva na América do Sul no sec. 21 (CMIP5)

Annual Temperature Change

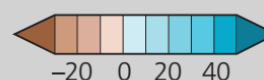


Difference from
1986–2005 mean (°C)

mid 21st century late 21st century

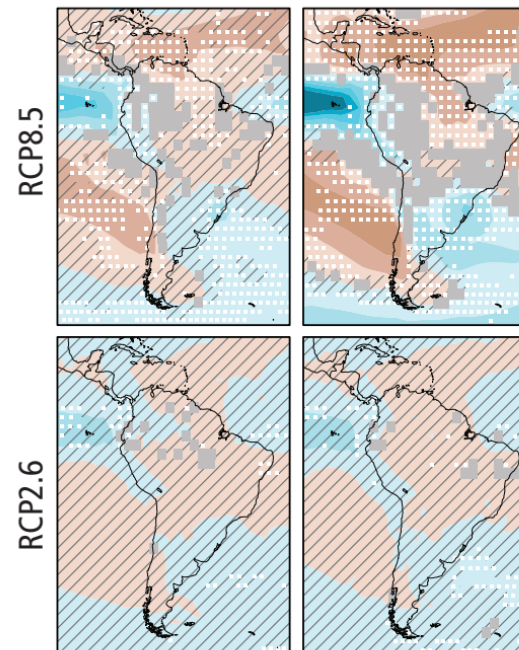


Annual Precipitation Change



Difference from
1986–2005 mean (%)

mid 21st century late 21st century



Solid Color

Very strong
agreement

White Dots

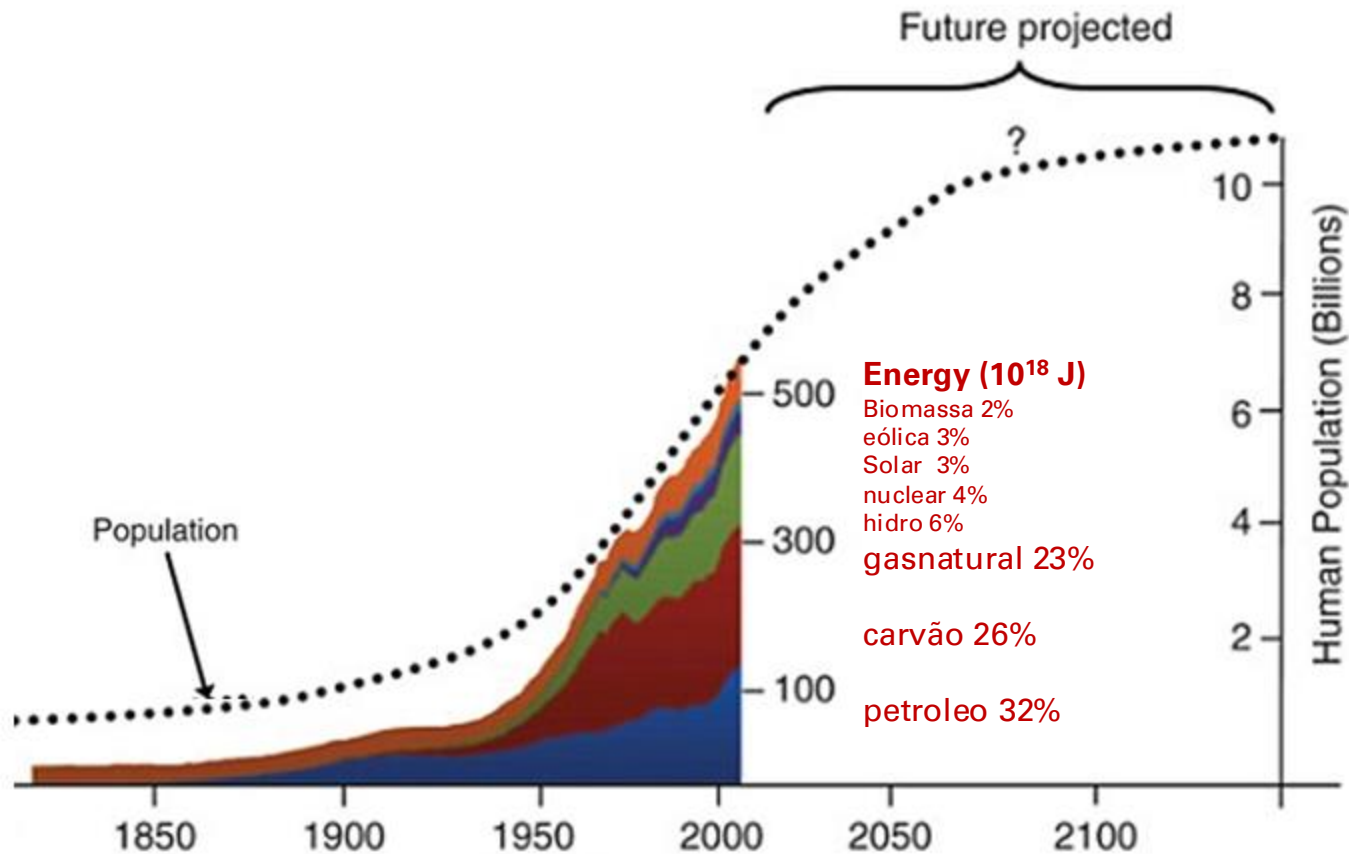
Strong
agreement

Gray

Divergent
changes

Diagonal Lines

Little or
no change



Fonte: United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2024). *World Population Prospects 2024: Methodology of the United Nations population estimates and projections* (UN DESA/POP/2024/DC/NO. 10)

Segurança energética : fornecimento estável e acessível de energia para todas necessidades socioeconômicas.

Segurança hídrica: disponibilidade e acesso sustentável à água em quantidade e qualidade adequadas para necessidades humanas, ambientais e econômicas.

Transição ecológica: transformação dos modelos socioeconômicos com práticas sustentáveis (sustentabilidade = uso de recursos para atender necessidades atuais e futuras)

> mudanças na produção, consumo e uso de recursos para enfrentar crises climática e ambiental.