



1º SIMPÓSIO INTEGRADO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

8 a 10 de Outubro de 2025

Local: Centro de Convenções da Unesp/FCAV

Introdução às mudanças climáticas globais, impactos, adaptações e mitigação

Prof. Dr. Alan Rodrigo Panosso

Departamento de Ciências Exatas
Unesp Câmpus de Jaboticabal



FCAV/UNESP
08/10/2025





1970 – Fumar não está ligado ao câncer

A indústria do tabaco gastou enormes quantias em campanhas **de desinformação** e propaganda para negar e desviar a ciência ligando o tabagismo ao câncer.

- há evidências científicas inadequadas de que os componentes tóxicos no fumo são prejudiciais ao fumante;
- A publicidade não aumenta o tamanho da população fumante;
- O fumo passivo não é comprovado que causa doença.

https://www.emro.who.int/stop_tobacco_industry/tobacco_industry.html



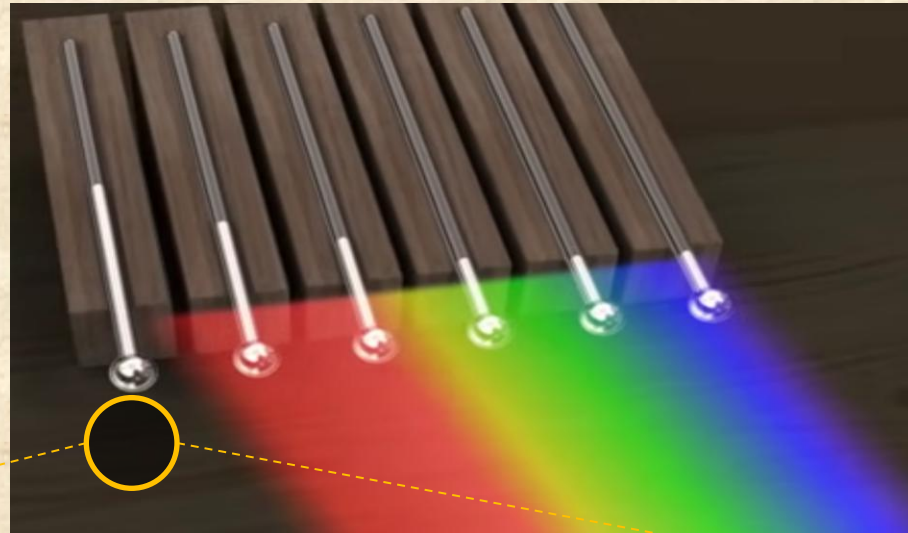
"Quem acredita em
mudanças climáticas,
não entende nada de
estatística"

AR6 - Climate change 2021: The Physical Science basis

A contribuição do Grupo de Trabalho I para o Sexto Relatório de Avaliação aborda a compreensão física mais atualizada do sistema climático e das mudanças climáticas, reunindo os mais recentes avanços na ciência climática

<https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-i/>

Descoberta da Radiação Infravermelha – Herschel (1800)



Infrared Region of the Electromagnetic Spectrum

1000 μm

FAR

Diameter of a Human Hair

15 μm

THERMAL

8 μm

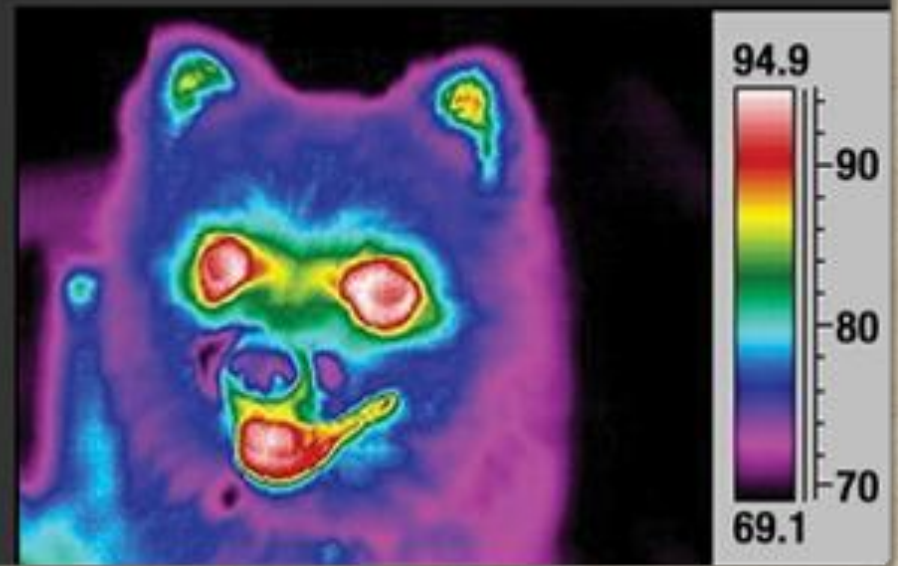
MID

3 μm

NEAR

0.7 μm

- Usou prisma de vidro e termômetros para medir a temperatura das cores do espectro
- Filtros de cores transmitiam diferentes quantidades de calor de forma que a temperatura aumentava do violeta para o vermelho.
- Ao medir após o vermelho (sem luz visível), detectou calor ainda maior.
- Concluiu a existência de radiação invisível, chamada de “raios caloríficos”, hoje conhecida como infravermelho.



Podemos perceber parte da energia infravermelha como calor. Alguns objetos estão tão quentes que também emitem luz visível (fogo). Outros objetos, não estão tão quentes e emitem apenas ondas infravermelhas. Nossos olhos não conseguem ver essas ondas, mas instrumentos que detectam energia infravermelha (como óculos de visão noturna ou câmeras infravermelhas).



This page contains archived content and is no longer being updated. At the time of publication, it represented the best available science. ✕

SVANTE ARRHENIUS (1859-1927)

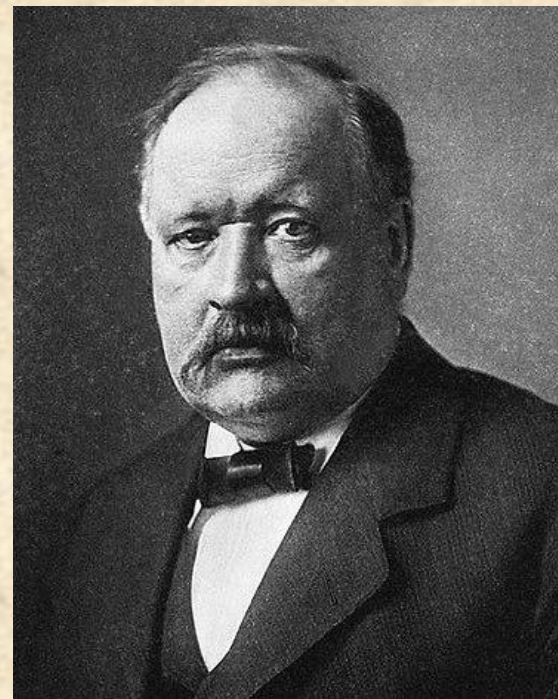
Arrhenius did very little research in the fields of climatology and geophysics, and considered any work in these fields a hobby. His basic approach was to apply knowledge of basic scientific principles to make sense of existing observations, while hypothesizing a theory on the cause of the "Ice Age." Later on, his geophysical work would serve as a catalyst for the work of others.

In 1895, Arrhenius presented a paper to the Stockholm Physical Society titled, "On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground." This article described an energy budget model that considered the radiative effects of carbon dioxide (carbonic acid) and water vapor on the surface temperature of the Earth, and variations in atmospheric carbon dioxide concentrations. In order to proceed with his experiments, Arrhenius relied heavily on the experiments and observations of other scientists, including Josef Stefan, Arvid

"ARRHENIUS ARGUED THAT VARIATIONS IN TRACE ATMOSPHERIC CONSTITUENTS COULD INFLUENCE THE EARTH'S HEAT BUDGET."

On the Shoulders of Giants

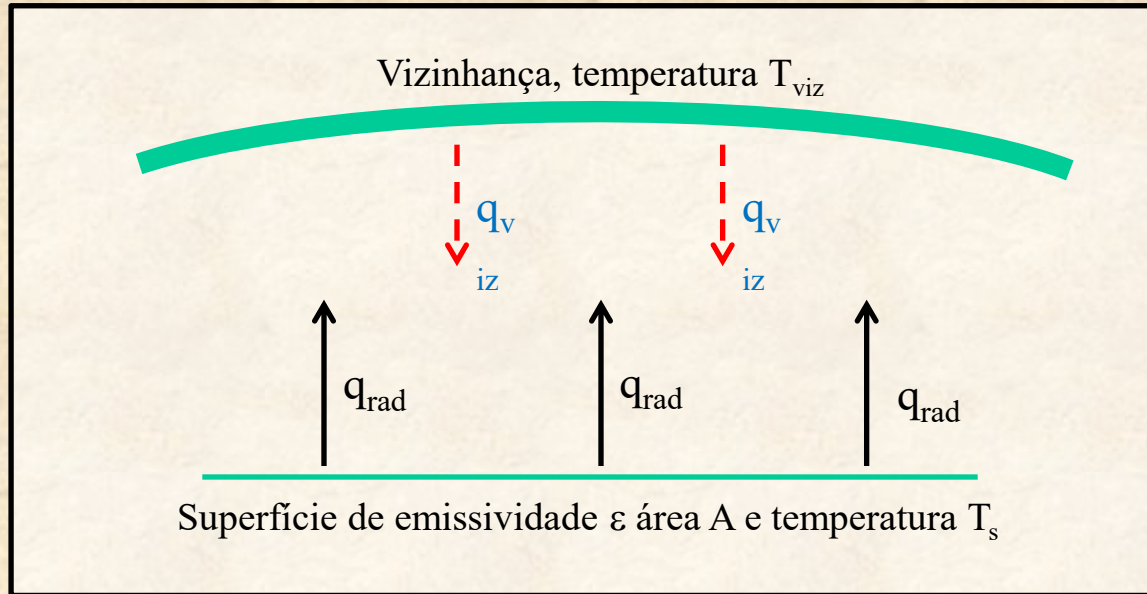
[Svante Arrhenius](#)
[Arrhenius' Carbon Dioxide Research](#)
[Hot House Theory](#)
[Links and References](#)



Svante August Arrhenius

Seus cálculos mostraram que a 'temperatura das regiões árticas subiria cerca de 8 ou 9 graus Celsius, se o ácido carbônico (CO₂) aumentasse de 2,5 a 3 vezes o seu valor atual. Para se alcançar a temperatura da era do gelo entre os paralelos 40 e 50, o carbônico ácido no ar deveria cair para 0,62 a 0,55 do valor atual (reduzindo a temperatura em 4 a 5 graus Celsius).'

Radiação de Calor: Troca de radiação entre duas superfícies



A radiação é a energia emitida pela matéria que quando numa temperatura $T > 0$ K.

A energia é transportada na forma de ondas eletromagnéticas, e não exige a presença de um meio material, a radiação se propaga no vácuo.

Termodinâmica (radiação)



A potência emitida pelo corpo é dado pela lei de **Stefan-Boltzmann**:

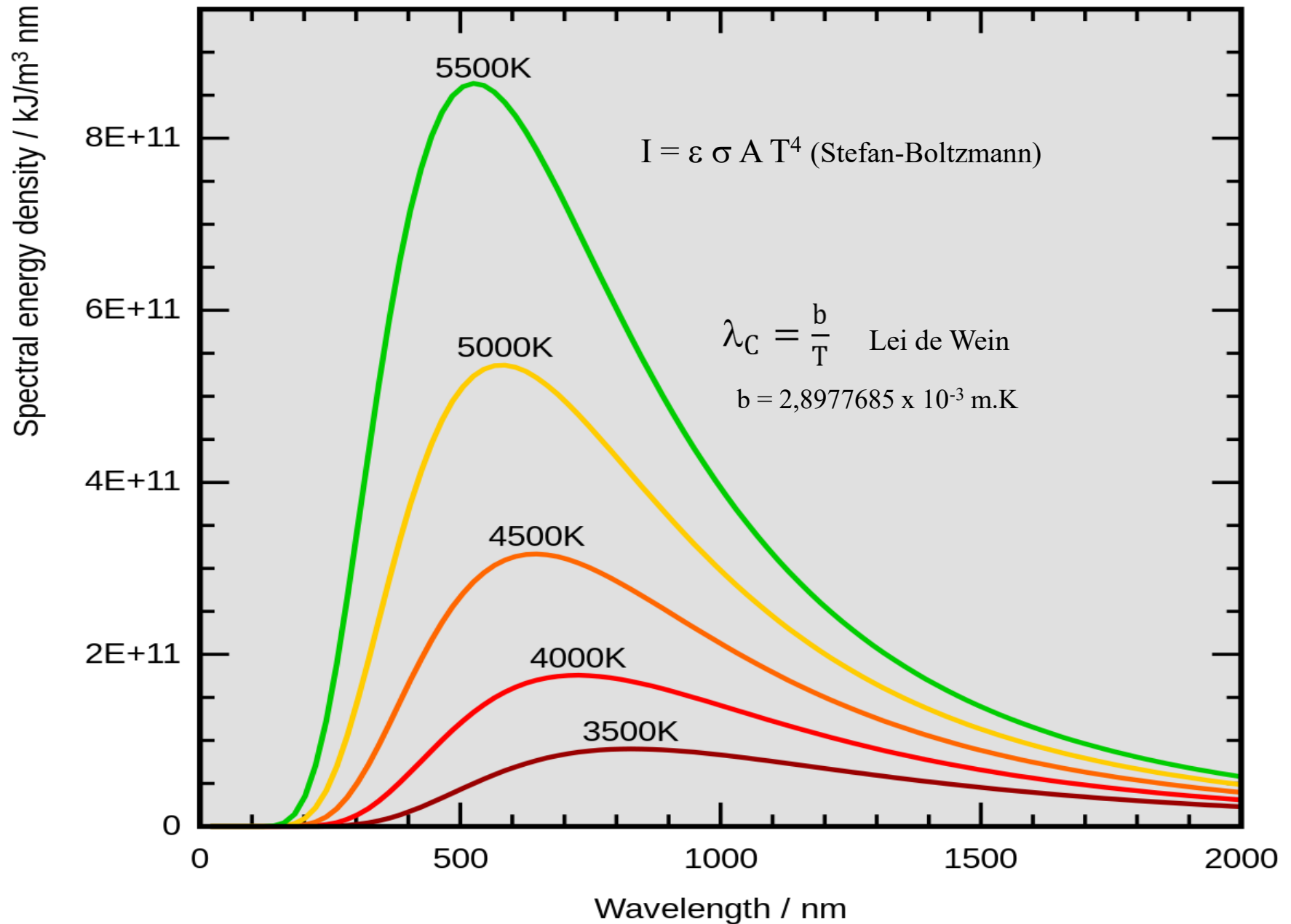
$$q_{\text{rad}} = \varepsilon \sigma A (T_s)^4$$

Onde T_s é a temperatura (K) da superfície, σ é a constante de Stefan-Boltzmann ($5,67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$) e ε a emissividade da superfície (entre 0 e 1, adimensional).

Assim, a taxa líquida de troca de radiação térmica entre a superfície e sua vizinhança é dada por:

$$q_{\text{rad}} = \varepsilon \sigma A (T_s^4 - T_{\text{viz}}^4)$$

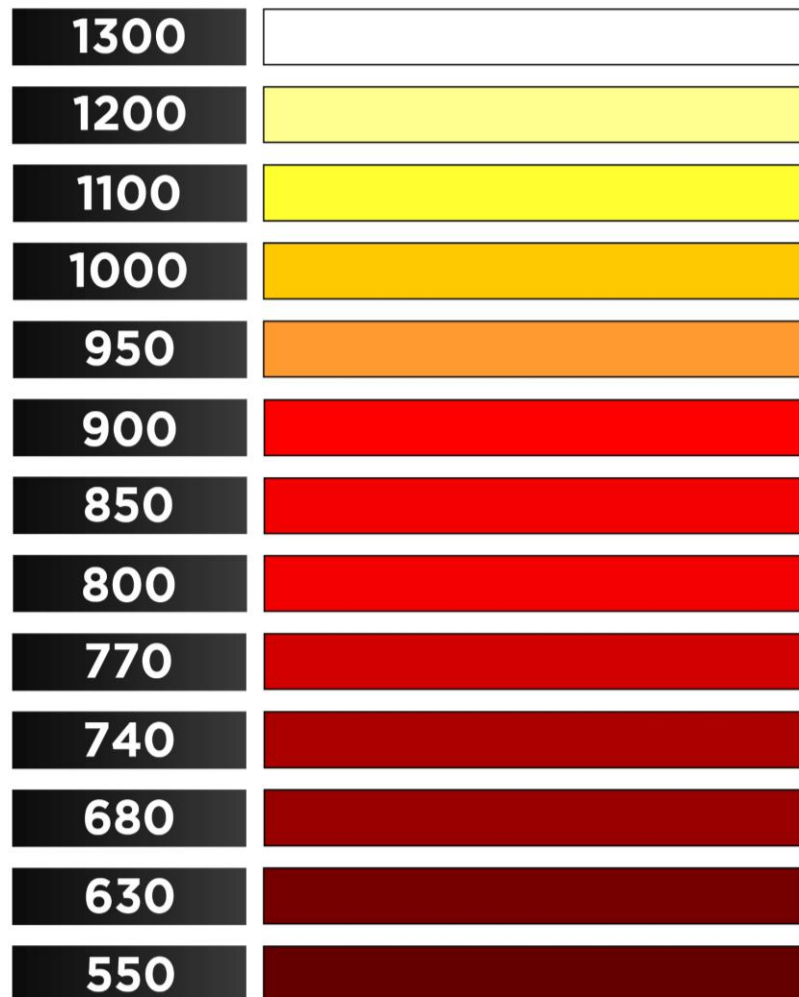
Física da radiação térmica



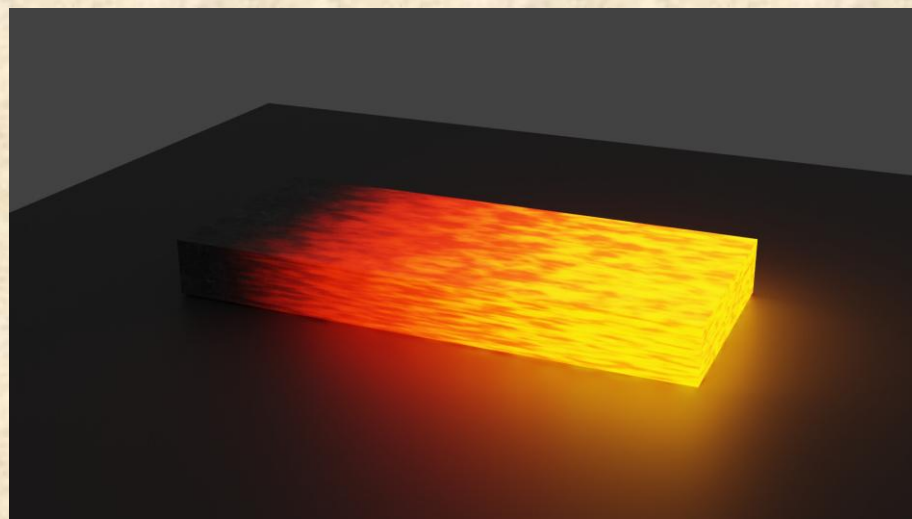
Física da radiação térmica

Température de forge de l'acier (en degrés celsius)

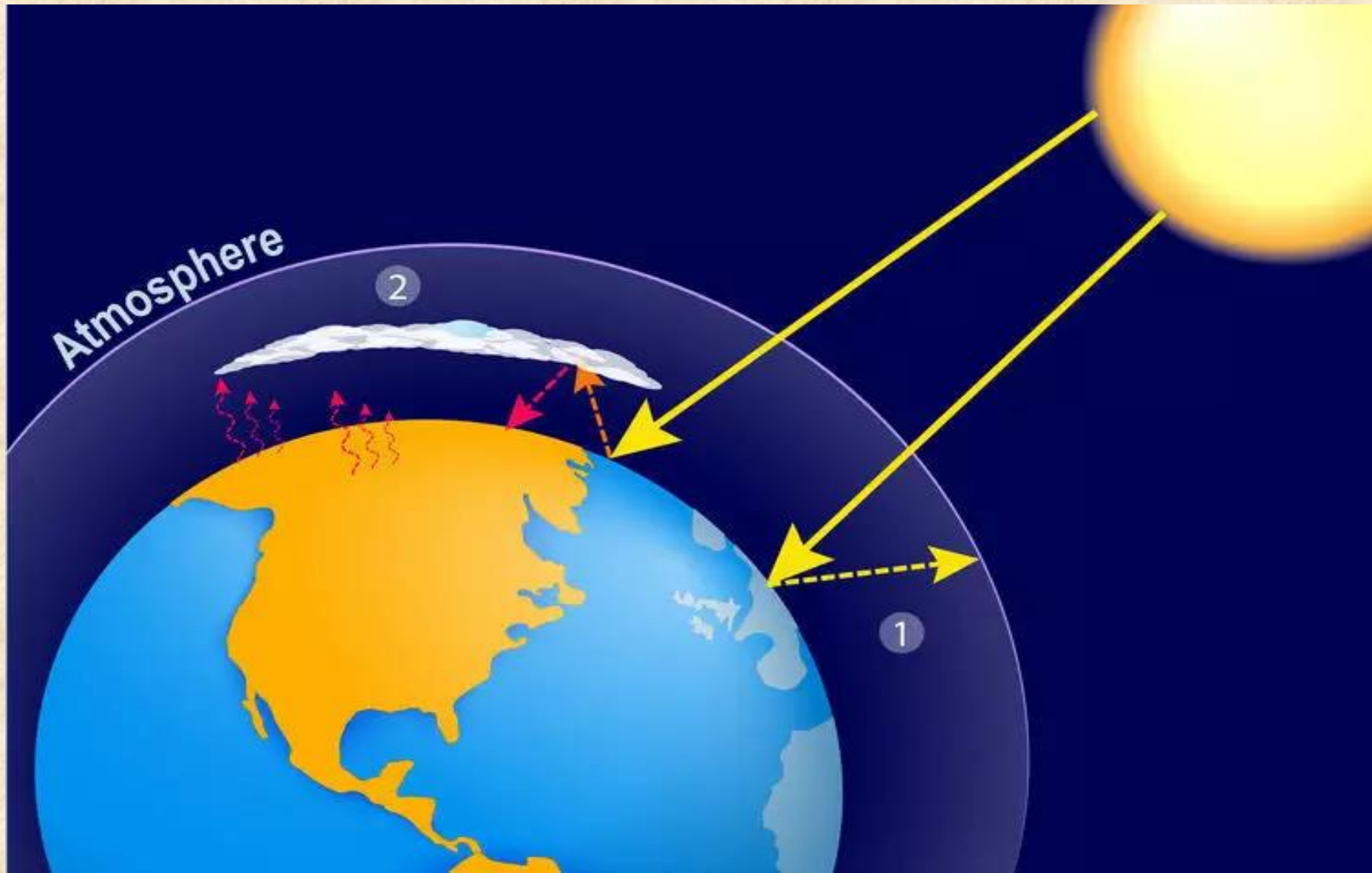
Forging temperature of steel (in degrees Celsius)



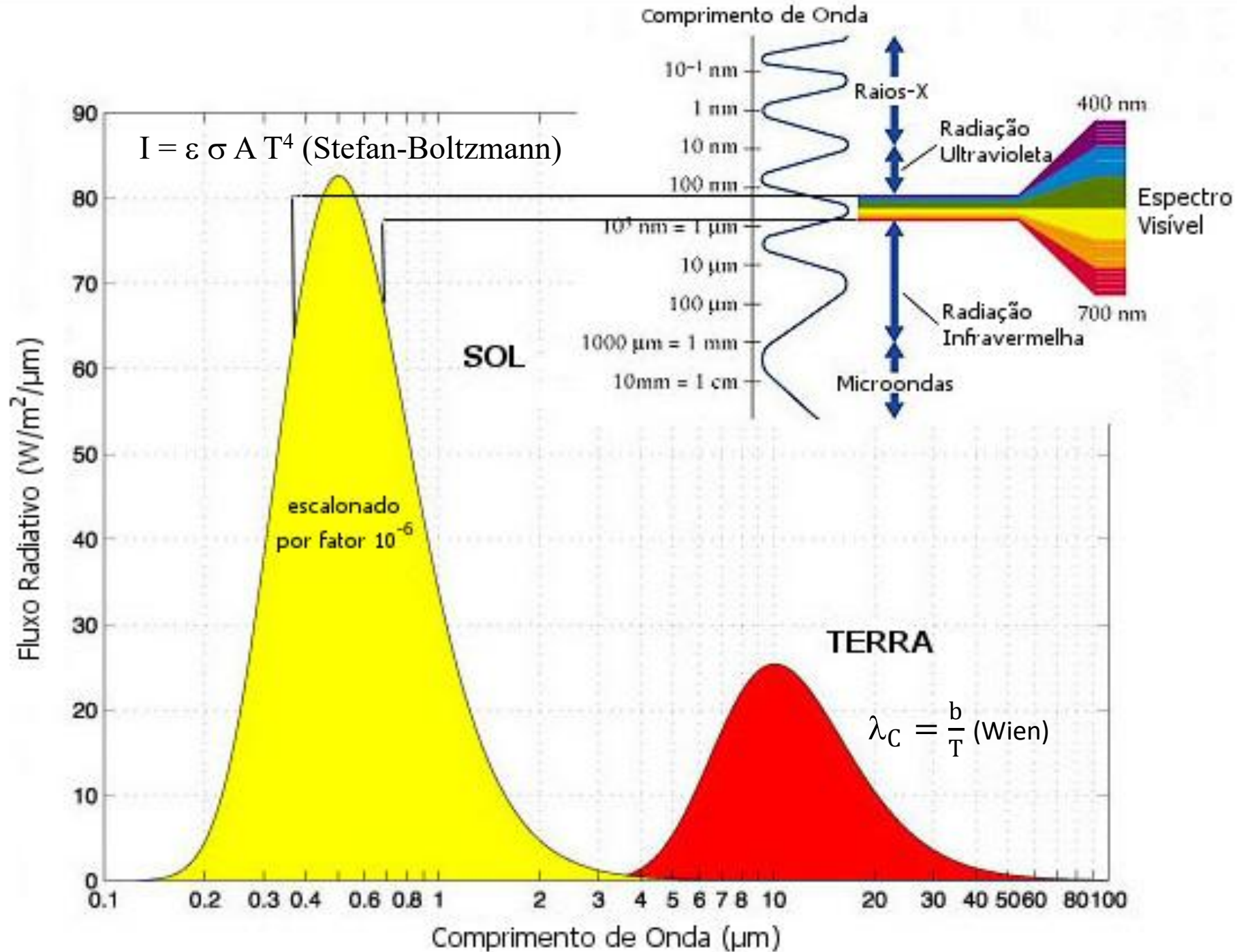
www.eurotechni.com



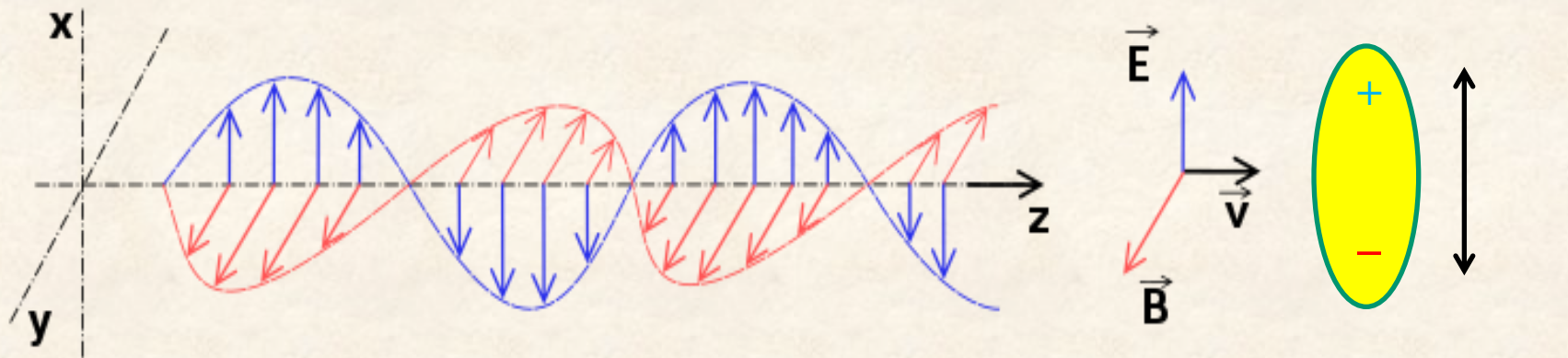
Efeito Estufa



Não houvesse efeito de estufa a temperatura da superfície terrestre seria, em média, cerca de **33 °C mais fria** do que é, +15 °C para **-18 °C**



Onda eletromagnética

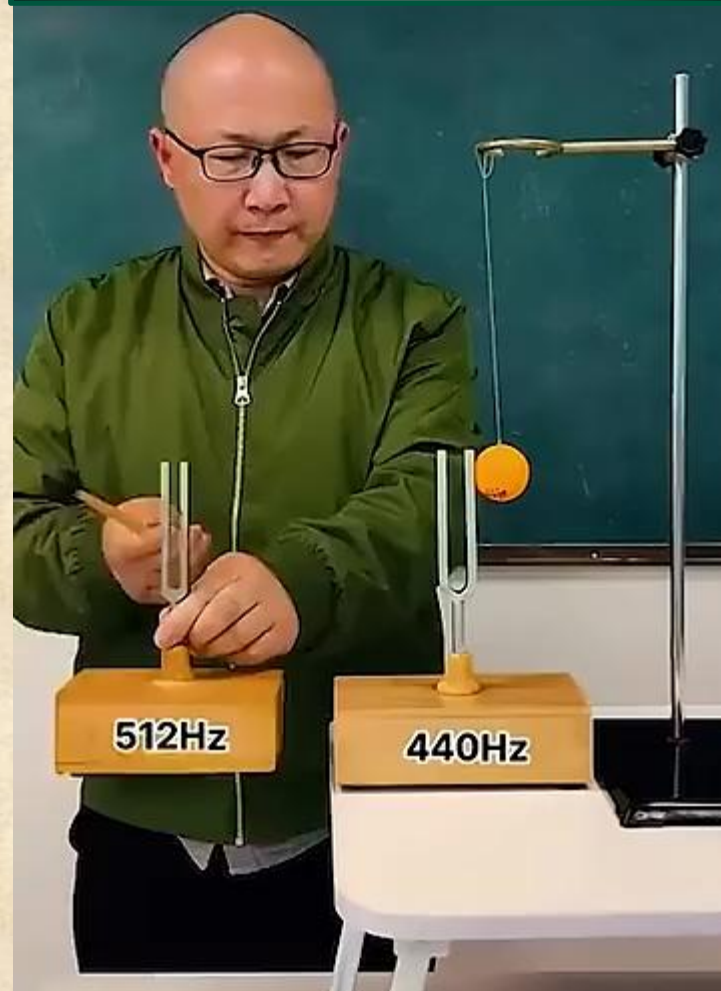


1. A onda se propaga na direção **z**.
2. O campo **elétrico (E, azul)** oscila em uma direção (eixo x).
3. O campo **magnético (B, vermelho)** oscila em direção perpendicular (eixo y).
4. Ambos são perpendiculares entre si e à direção de propagação → **onda transversal**.
5. O campo elétrico da onda faz os elétrons e núcleos da molécula **vibrarem (polarização)**.
6. O sinal “+” e “-” mostra como a molécula sofre **oscilações de dipolo elétrico**.

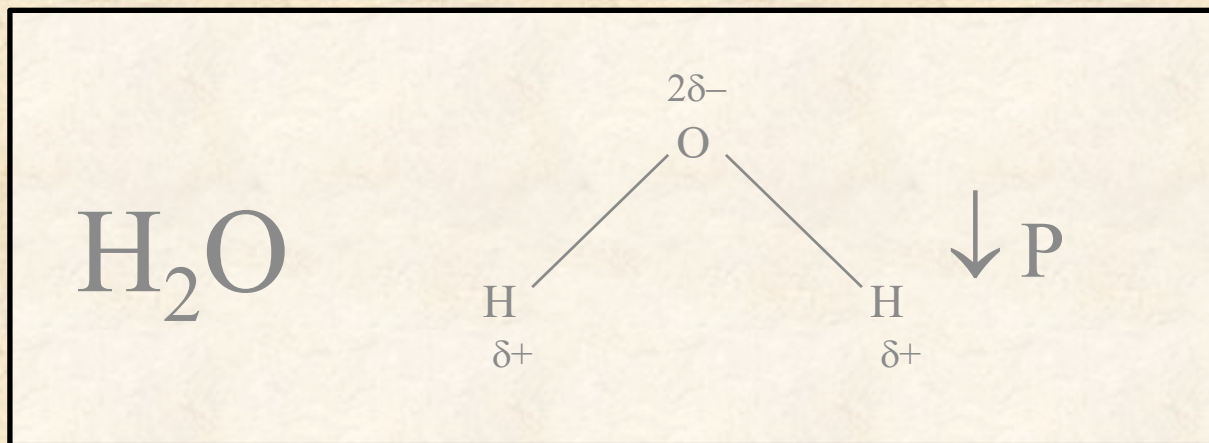
Relação com gases de efeito estufa (GEE)

- Quando a radiação infravermelha (calor emitido pela Terra) interage com uma molécula de gás de efeito estufa (CO₂, CH₄, H₂O, N₂O...), **o campo elétrico da onda faz a molécula vibrar**.
- Se essa vibração altera o **momento de dipolo elétrico** da molécula, ela **absorve energia** da radiação.
- Essa energia pode depois ser **reemitida em outras direções**, prendendo parte do calor na atmosfera.

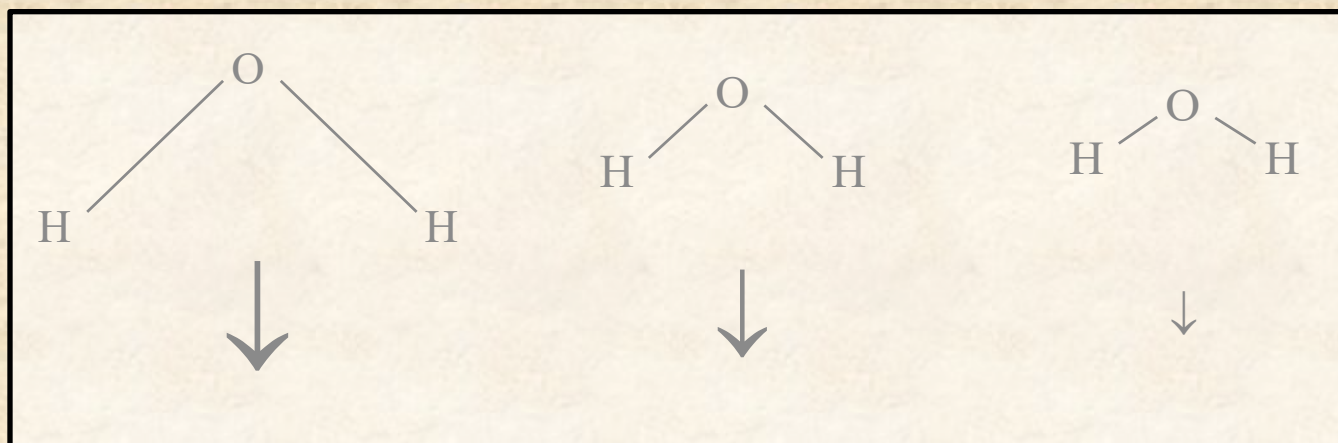
Experimento de Ressonância



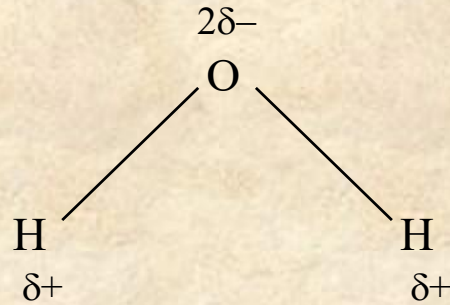
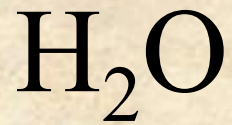
<https://www.youtube.com/shorts/coDTlinuF2k>



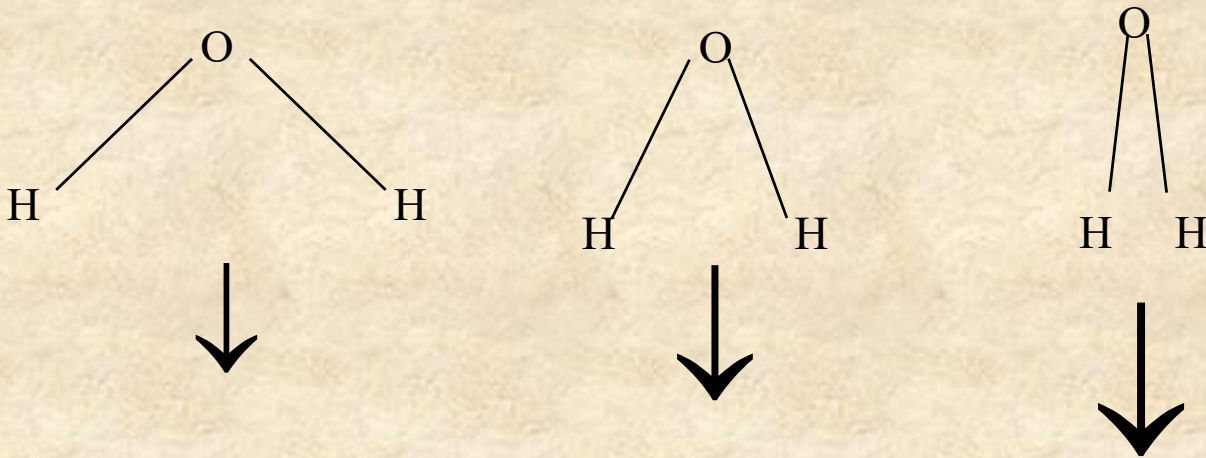
Deformações Axiais Simétricas e Assimétricas



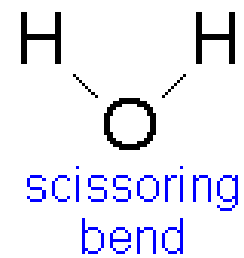
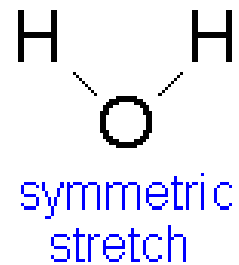
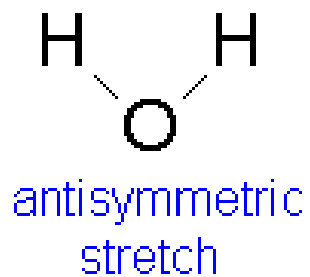
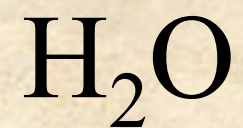
Absorção / emissão na faixa espectral próxima a $2,7 \mu\text{m}$

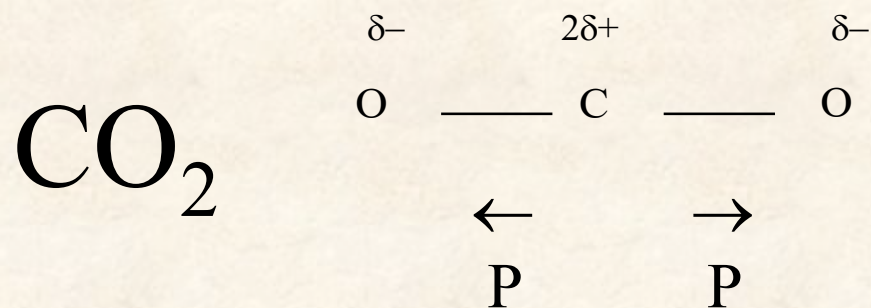


Deformação Angular

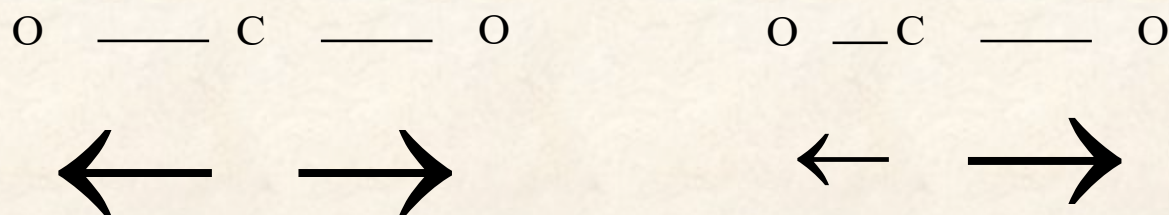


Absorção / emissão na faixa espectral próxima a $6,0 \mu\text{m}$

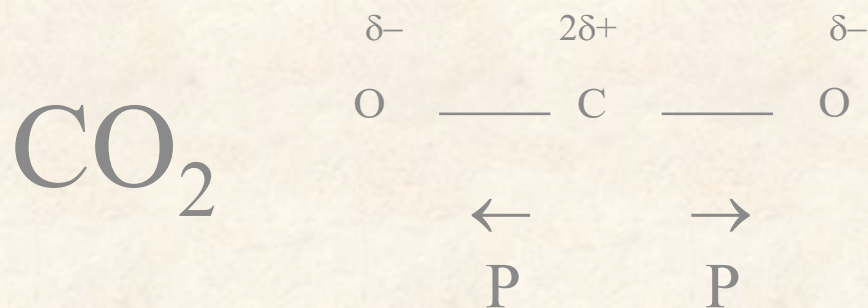




Deformações Axial Assimétrica



Absorção / emissão na faixa espectral próxima a 4,25
μm



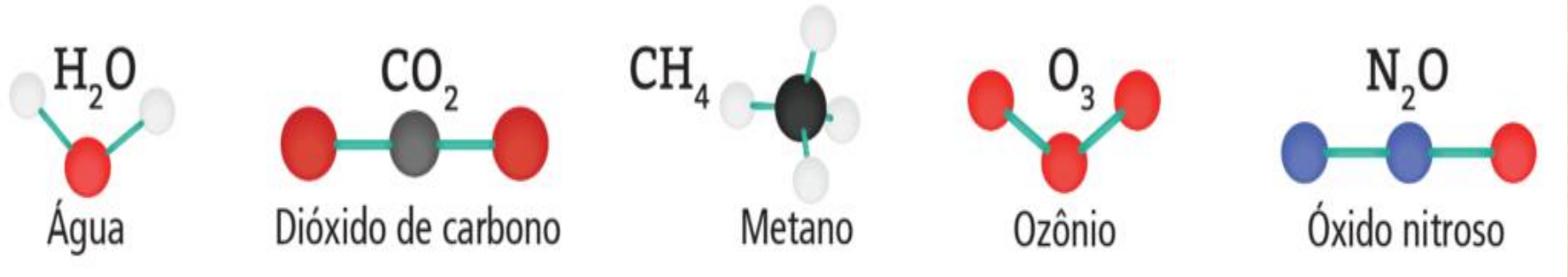
Deformações Angulares Simétricas



Absorção / emissão na faixa espectral próxima a $15\ \mu\text{m}$

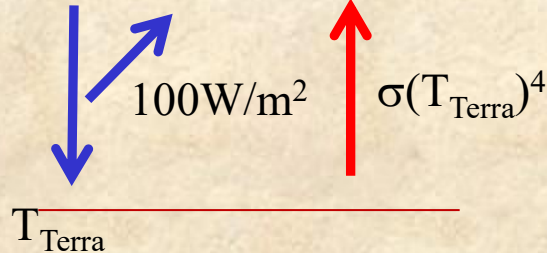


Efeito Estufa



Ausência de gases traço

$$I_{\text{Sol}} = 340 \text{ W/m}^2 \quad I_{\text{Terra}} = 340 \text{ W/m}^2$$



Em 1 m^2

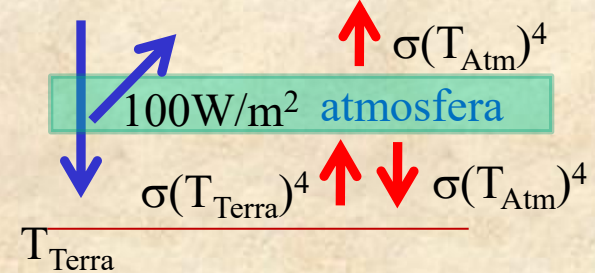
$$I_{\text{Terra}} = 240 \text{ W} = \sigma(T_{\text{Terra}})^4$$



$$T_s = 255 \text{ K } (-18 \text{ }^\circ\text{C})$$

Presença de gases traço

$$I_{\text{Sol}} = 340 \text{ W/m}^2 \quad I_{\text{Terra}} = 340 \text{ W/m}^2$$



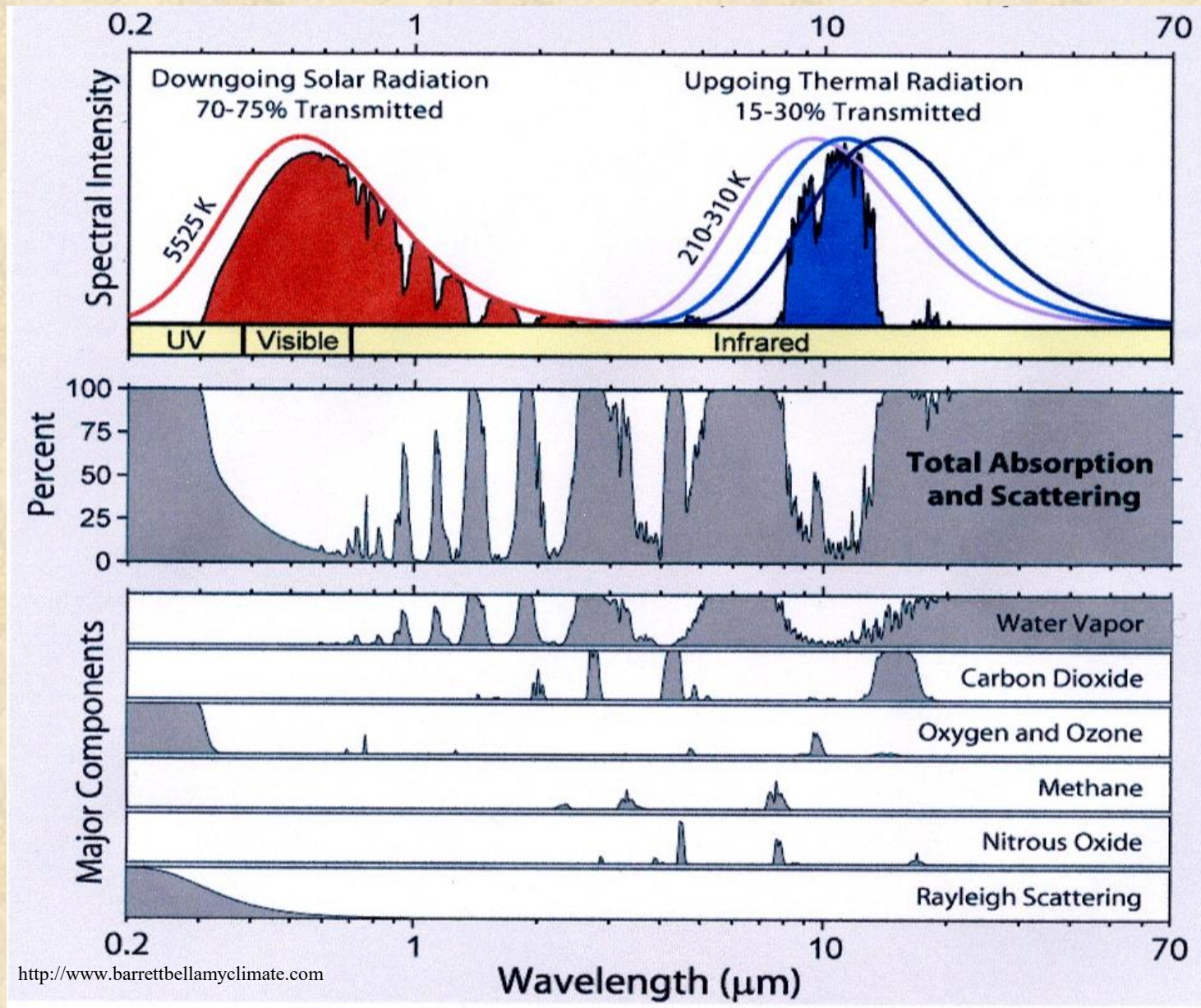
Em 1 m^2

$$I_{\text{Terra}} = 395 \text{ W} = \sigma(T_{\text{Terra}})^4$$

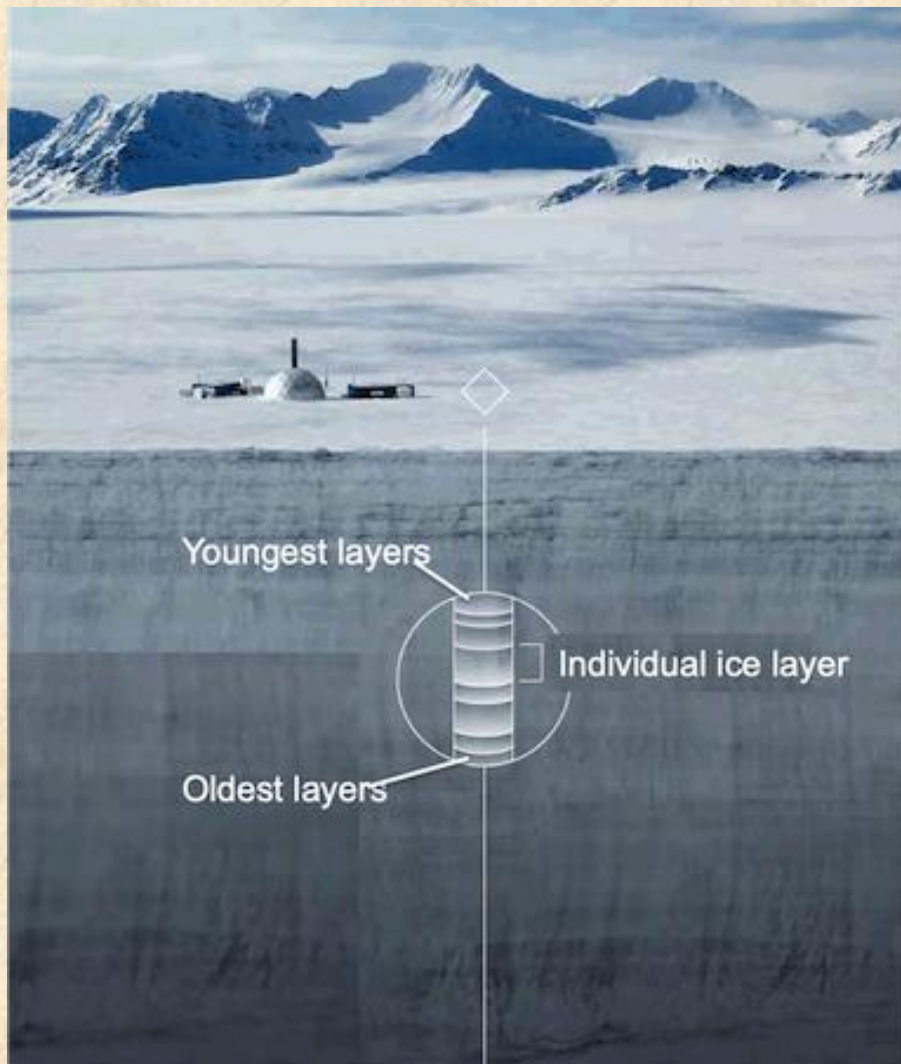


$$T_s = 289 \text{ K } (+16 \text{ }^\circ\text{C})$$

Interação da atmosfera radiação solar e terrestre



Testemunho de gelo: Dados paleoclimáticos





Alteração na superfície - Alan Rodrigo Panosso mede a respiração de solo com musgos; impacto é menor (Foto: arquivo pessoal, via 'Unesp Ciência')



Destaque na paisagem - Baldes pintados de cinza se distinguem quando o local volta a ter gelo; dentro deles há uma solução de NaOH, que absorve o CO₂ emitido a longo prazo (Foto: arquivo pessoal, via Unesp Ciência)



This page contains archived content and is no longer being updated. At the time of publication, it represented the best available science. [×](#)

Paleoclimatology: the Oxygen Balance

by Holli Riebeek • May 6, 2005

Paleoclimatology

Introduction

Written in the Earth

A Record from the Deep

The Ice Core Record

Climate Close-up

Explaining the Evidence

Understanding the Past to Predict the Future

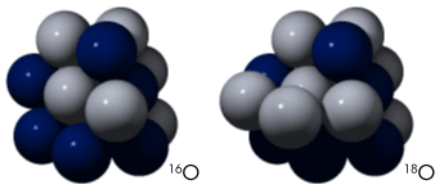
Evidence

Understanding the Past to Predict the Future

Past to Predict the Future

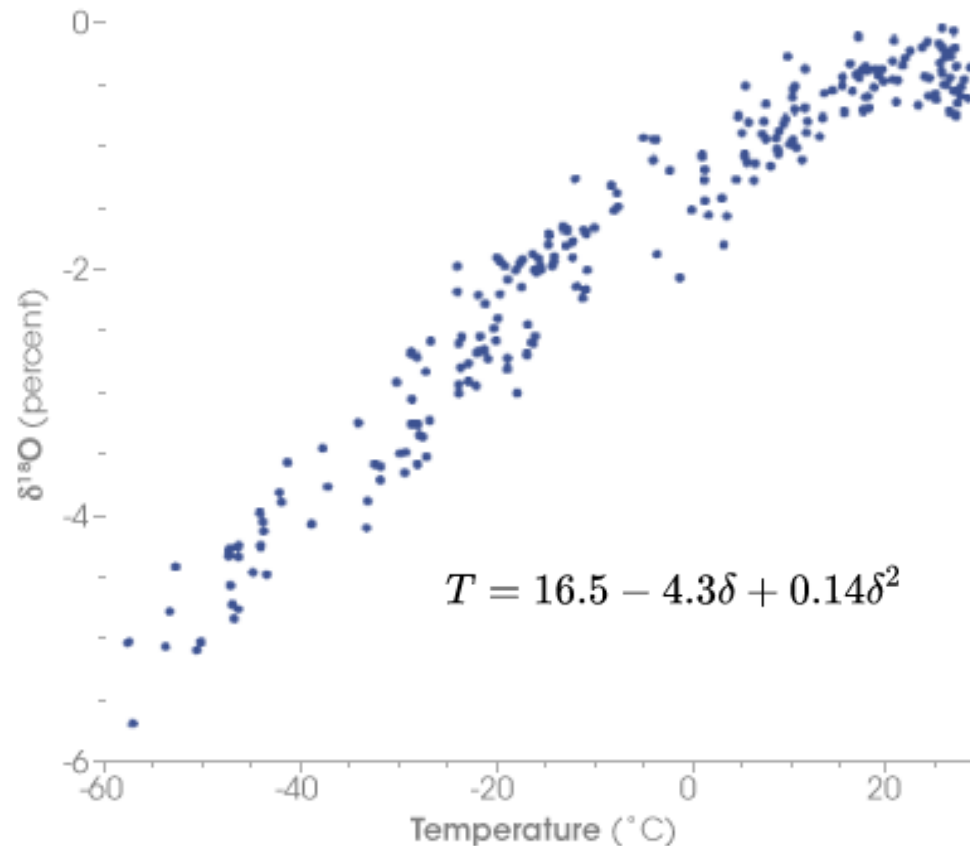
Future

Oxygen is one of the most significant keys to deciphering past climates. Oxygen comes in heavy and light varieties, or isotopes, which are useful for paleoclimate research. Like all elements, oxygen is made up of a nucleus of protons and neutrons, surrounded by a cloud of electrons. All oxygen atoms have 8 protons, but the nucleus might contain 8, 9, or 10 neutrons. "Light" oxygen-16, with 8 protons and 8 neutrons, is the most common isotope found in nature, followed by much lesser amounts of "heavy" oxygen-18, with 8 protons and 10 neutrons.



The ratio (relative amount) of these two types of oxygen in water changes with the

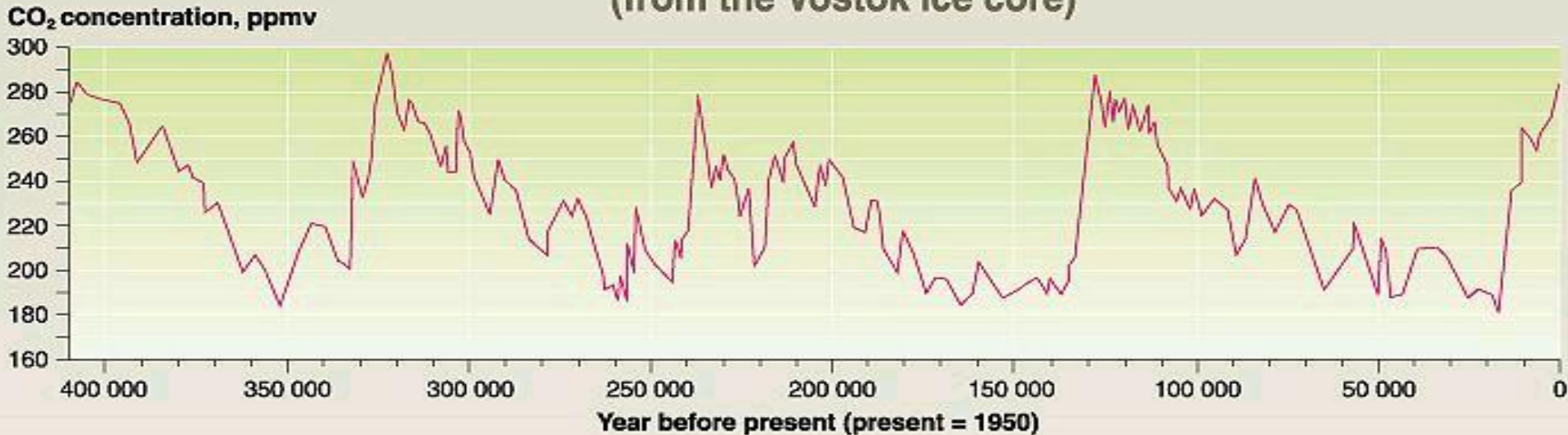
The Oxygen-18 isotope has an extra two neutrons, for a total of 10 neutrons and 8 protons, compared to the 8 neutrons and 8 protons in a normal oxygen atom. The slightly greater mass of



Como o isótopo ^{16}O é mais leve, ele tende a ficar retido nas geleiras durante períodos de glaciação. Isso faz com que a água dos oceanos fique relativamente enriquecida em ^{18}O , de modo que uma maior proporção de ^{18}O nos sedimentos ou carbonatos marinhos indica épocas glaciais.

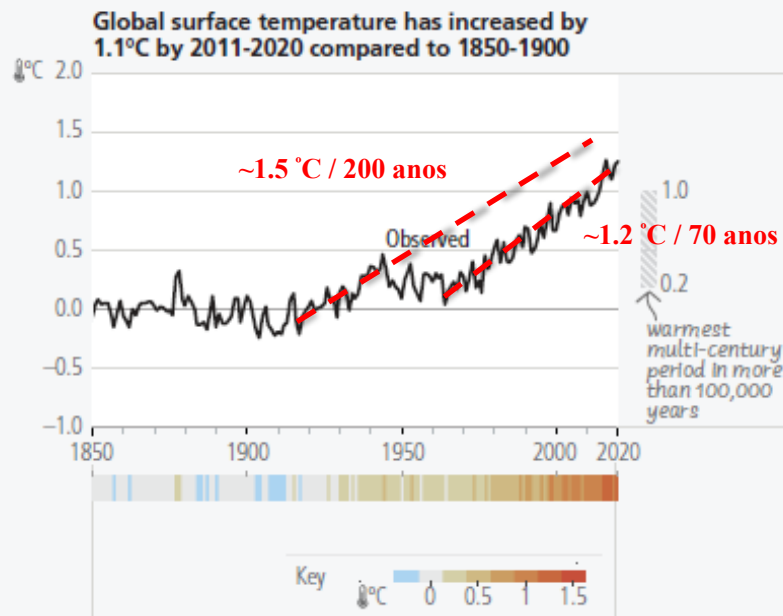
Testemunho de gelo: Dados paleoclimáticos

Temperature and CO₂ concentration in the atmosphere over the past 400 000 years
(from the Vostok ice core)



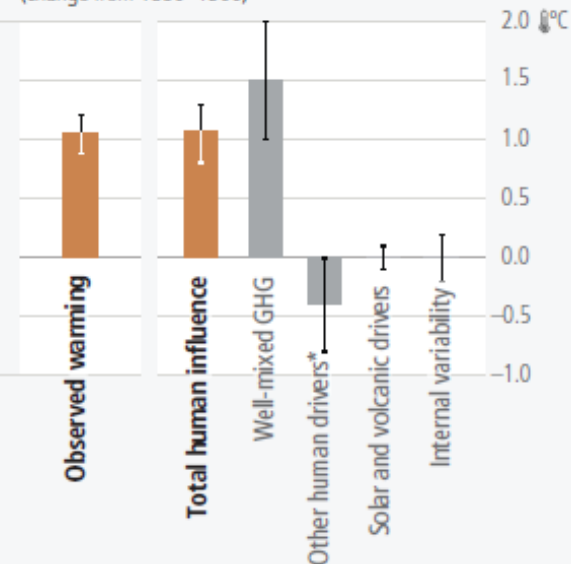
Mudanças na temperatura global

c) Changes in global surface temperature

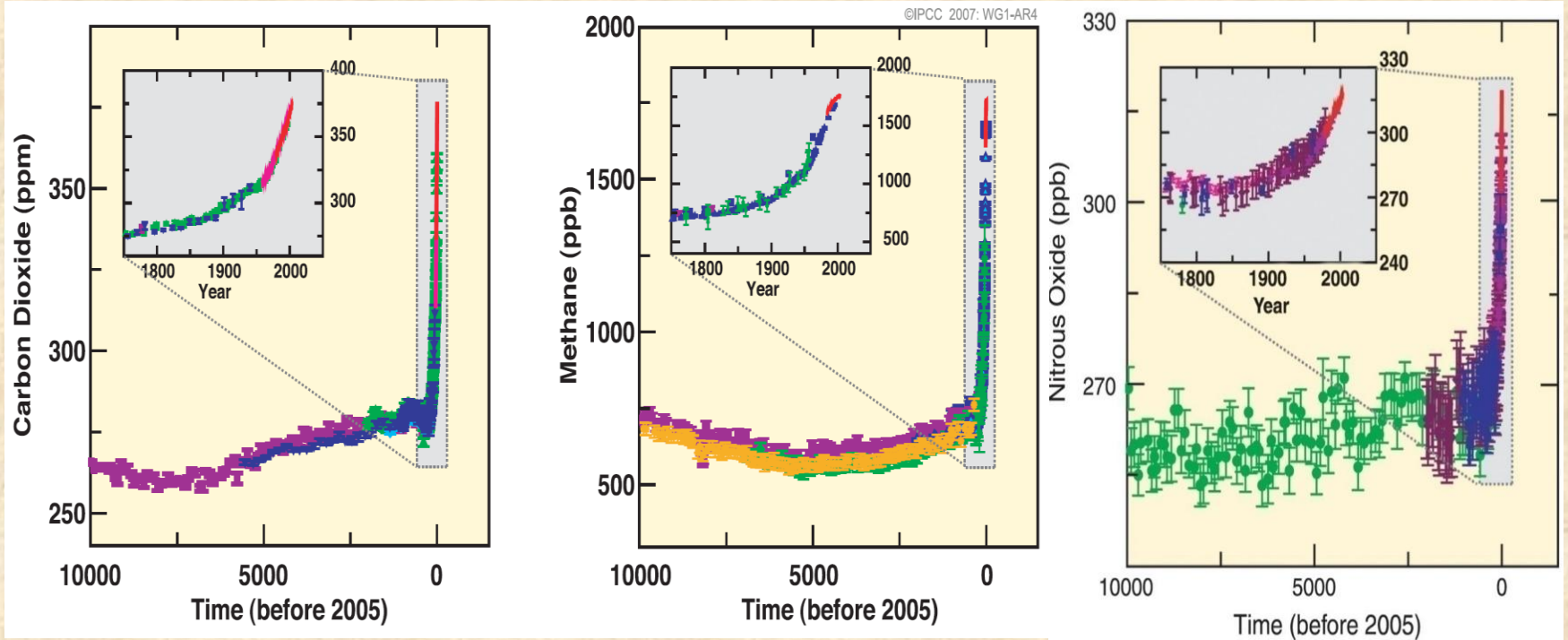


d) Humans are responsible

Observed warming is driven by emissions from human activities with GHG warming partly masked by aerosol cooling 2010-2019 (change from 1850-1900)



GASES DO EFEITO ESTUFA



Concentração atmosférica de CO_2 , CH_4 e N_2O nos últimos 10.000 anos (figuras maiores) e desde 1750 (figuras menores) .

Medições feitas em amostras de gelo (símbolos com diferentes cores nos diferentes estudos) e amostras atmosféricas (linhas vermelho).

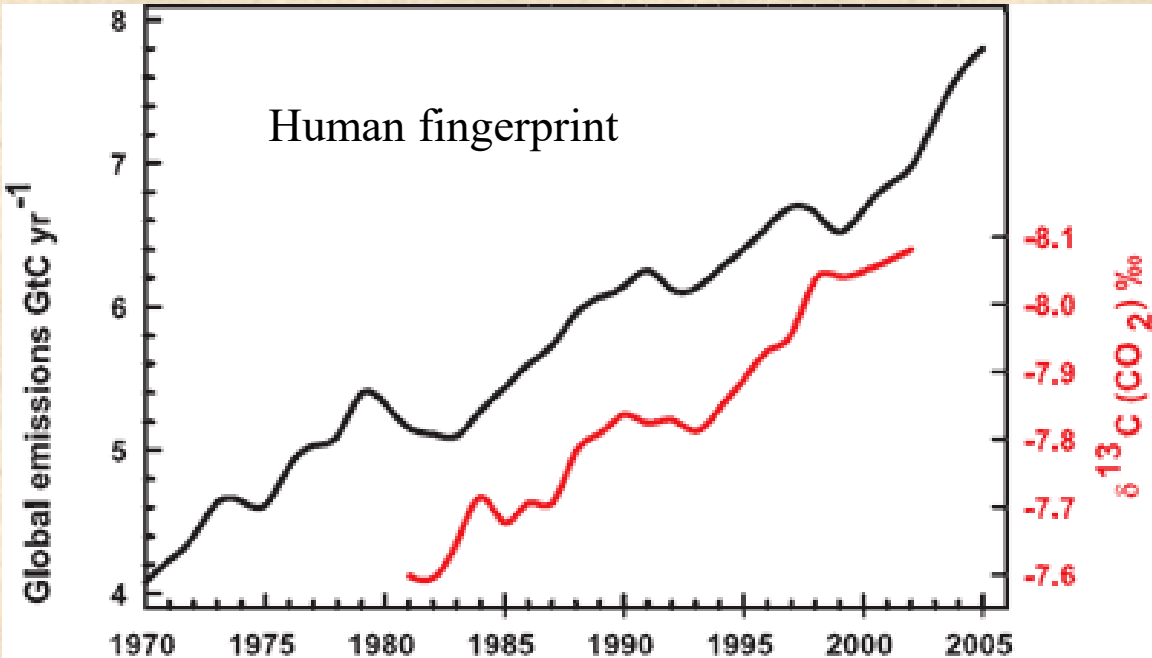


Figure 2: Annual global CO₂ emissions from fossil fuel burning and cement manufacture in GtC yr⁻¹ (black), annual averages of the ¹³C/¹²C ratio measured in atmospheric CO₂ at Mauna Loa from 1981 to 2002 (red). The isotope data are expressed as $\delta^{13}\text{C}(\text{CO}_2)$ ‰ (per mil) deviation from a calibration standard. Note that this scale is inverted to improve clarity. (IPCC AR4)

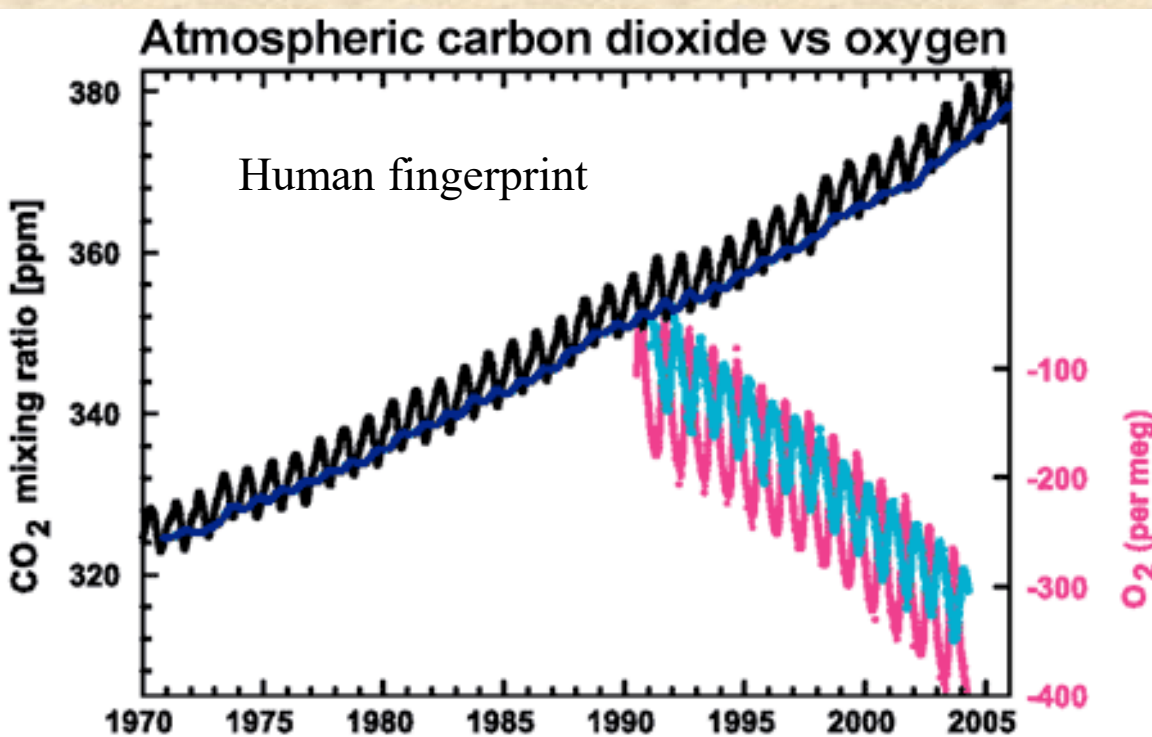


Figure 3: CO₂ concentrations from Mauna Loa, Hawaii (black) and Baring Head, New Zealand (blue). In bottom right corner is atmospheric oxygen (O₂) measurements from Alert, Canada (pink) and Cape Grim, Australia (cyan) (IPCC AR4 2.3.1 adapted from Manning 2006).



“Negar as mudanças climáticas é ignorar a física que explica o efeito estufa, a química que descreve o CO₂ e a estatística que comprova as tendências globais... além de fechar os olhos à realidade humana por falta de virtudes como a empatia”