

Introdução à Física Atmosférica, PGF5321

Efeito estufa.

Willian Fernandes dos Santos

IFUSP - 2018

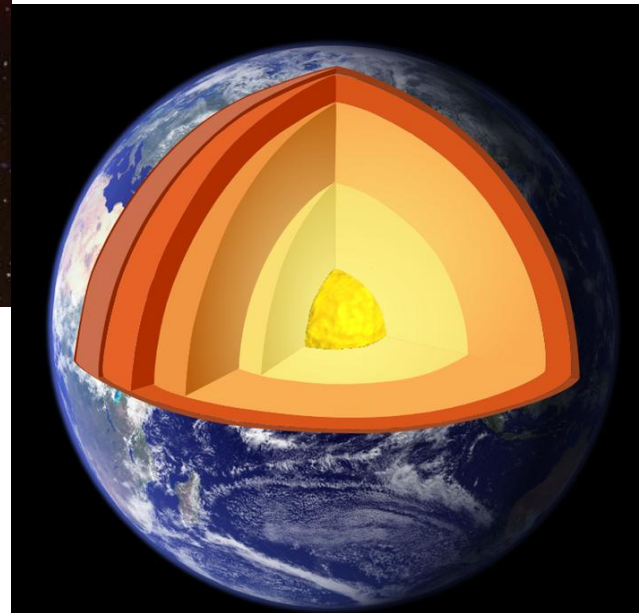
Objetivo do grupo:

- Efeito estufa natural. Gases intensificadores do efeito estufa. Aquecimento global e mudanças climáticas.
- Reconstruções paleoclimáticas. Registros instrumentais de temperatura no globo. Influência da variabilidade solar, vulcões e oceanos sobre o clima.
- Influência humana sobre o clima.

Objetivo da apresentação de hoje:

- Efeito estufa natural. Gases intensificadores do efeito estufa. Aquecimento global e mudanças climáticas.
 - Uma abordagem histórica.

Quais são as fontes que oferece energia na forma de calor para planeta Terra?



Energia do centro da Terra em média $0,1 \text{ W/ m}^2$.

Termodinâmica e temperatura do planeta.

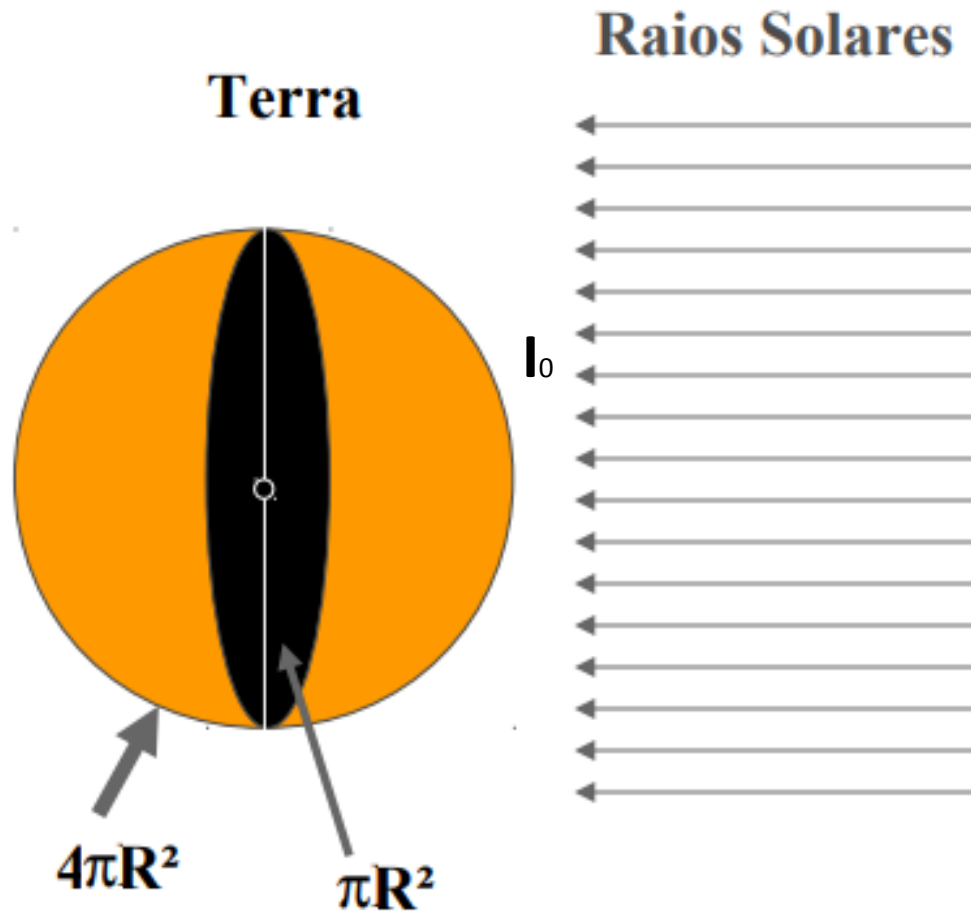
- Como realizar a medida da temperatura da média do planeta (século XIX)?
- Modelo de equilíbrio termodinâmico.
Lei de Stefan-Boltzmann.

Lei de Stefan-Boltzmann

$$E = \sigma T^4$$

onde E é o fluxo de radiação em W/m^2 , σ é a constante de Stefan-Boltzmann ($\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$) e T é a temperatura em Kelvin.

Modelo:



Considerando que a radiação absorvida pela Terra, é:

$$E_A = S(1-a)/4$$

Mais a Lei de Stefan-Boltzmann

Considerando que o sistema está em equilíbrio dinâmico.

$$\sigma \cdot T^4 = S(1-a)/4 \Rightarrow T^4 = S(1-a)/(4 \cdot \sigma)$$

$$T^4 = 1368,5 \times (1 - 0,3) / (4 \times 5,67 \times 10^{-8})$$

$$T = 255 \text{ K ou } T = -18^\circ\text{C}$$



O que estaria faltando considerar?

Na concepção de Fourier, dois cenários poderiam estar acontecendo: ou pouco calor estava chegando a Terra, ou muito calor estava sendo emitido de volta ao espaço. Após estudar as variáveis de seus cálculos notou o papel dos gases da atmosfera como isolante térmico e considerou-os em seus novos cálculos.

François Marie Charles Fourier



1772 - 1837

Propõem que, parte da energia que é refletida é absorvida pela atmosfera.
Criando assim um cobertor. (Efeito Estufa)

Fourier descobriu que uma maior parte da energia que a Terra irradia é dissipada para o espaço, mas outra parte fica retida nos gases da atmosfera. Fourier então foi o primeiro a constatar o efeito estufa, e caracterizá-lo como um potencial agente ligado a manutenção da temperatura média do planeta.

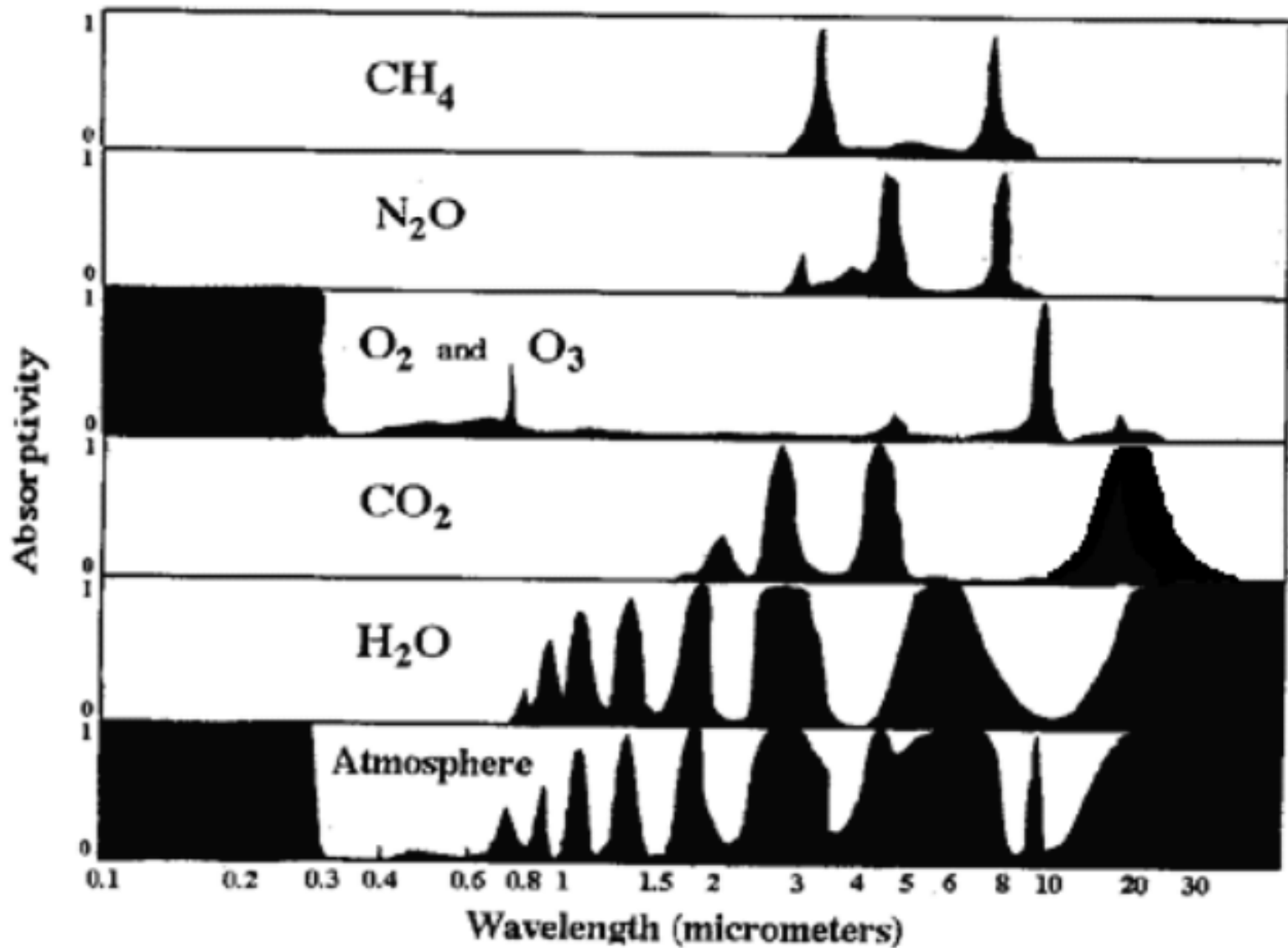
Na correção da equação, insere-se então o elemento “G” que representa o quanto o planeta Terra irradia de calor, e o elemento $1-G$ que representa quanto desta irradiação é retida pelos gases da atmosfera – que, evidentemente, é menor que a total irradiada

Como o elemento G é igual a 0.4 (ou 40%) resulta em uma temperatura média do planeta de 288°K, ou 16°C. Esta foi a primeira modelagem de temperatura média global, e obviamente, passou por refinamentos conforme os instrumentos de medição ficaram mais precisos chegando a 14°C adicionando o que houve de aquecimento desde 1880.

Quais as moléculas que causam o efeito estufa e quais as suas concentrações(século XX)?

Svante August Arrhenius (1859 - 1927)





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 (379) | ~50 | 1.66 |
| metano (CH_4) | 1.7 (1.774) | 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 |

Gases atmosféricos.

| Gás | Porcentagem | Partes por Milhão |
|--------------------|--------------------|--------------------------|
| Nitrogênio | 78,08 | 780.000,0 |
| Oxigênio | 20,95 | 209.460,0 |
| Argônio | 0,93 | 9.340,0 |
| Dióxido de carbono | 0,035 | 350,0 |
| Neônio | 0,0018 | 18,0 |
| Hélio | 0,00052 | 5,2 |
| Metano | 0,00014 | 1,4 |
| Kriptônio | 0,00010 | 1,0 |
| Óxido nitroso | 0,00005 | 0,5 |
| Hidrogênio | 0,00005 | 0,5 |
| Ozônio | 0,000007 | 0,07 |
| Xenônio | 0,000009 | 0,09 |

O Papel da Atmosfera

Gases Estufa: absorvem pouca radiação solar e retêm na atmosfera a radiação emitida pela Terra

* **Vapor de água.** É o principal gás estufa. Possui uma concentração na atmosfera de aproximadamente 3000ppm. É gerado principalmente através da evaporação das águas dos oceanos, rios e lagos.

* **CO₂** . Possui uma concentração na atmosfera de aproximadamente 345 ppm e um tempo de residência de 7 anos (Ramanathan, 1985). É gerado através da queima de combustíveis, nas emissões dos carros, queimadas e também, por formas naturais, como, por exemplo, a respiração e a decomposição de matéria orgânica por bactérias.

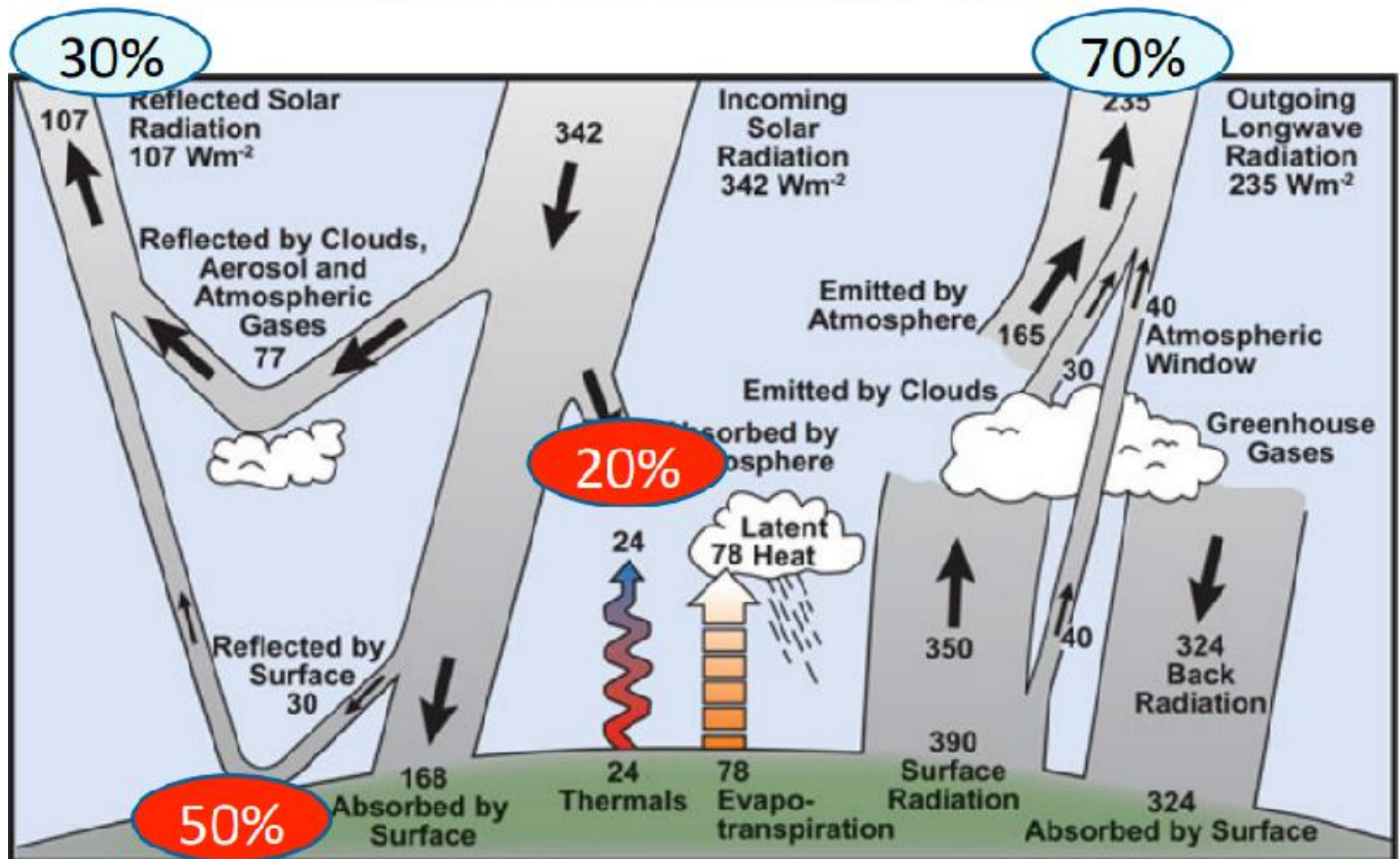
* **CH₄** : Possui uma concentração na atmosfera de aproximadamente 1,7 ppm e um tempo de residência de 10 anos (Ramanathan, 1985). É obtido através de atividade micro-orgânica, queima incompleta de biomassa e gás natural.

* **N₂O** : Possui uma concentração na atmosfera de aproximadamente 0,3 ppm e um tempo de residência de 170 anos (Ramanathan, 1985). É gerado pela ação bactericida nos solos, fertilizantes.

* **CFC:** Existem vários tipos. Em média possuem uma concentração de aproximadamente 0,0002 ppm. O tempo de residência varia com o tipo. O CF₂ClCF₂Cl (CFC – 114), por exemplo, possui um tempo de residência de 300 anos (Ramanathan, 1985). São muito utilizados em sprays, motores de aviões, plásticos e solventes utilizados na indústria eletrônica.

* **Ozônio:** é resultado de reações fotoquímicas. Próximo à superfície terrestre é gerado especialmente por gases emitidos pelos veículos.

Atmospheric Energy Balance



CO₂

Quanto de gás Carbono tem na
atmosfera?

Quanto de gás Carbono tem na
atmosfera?

Charles Keeling

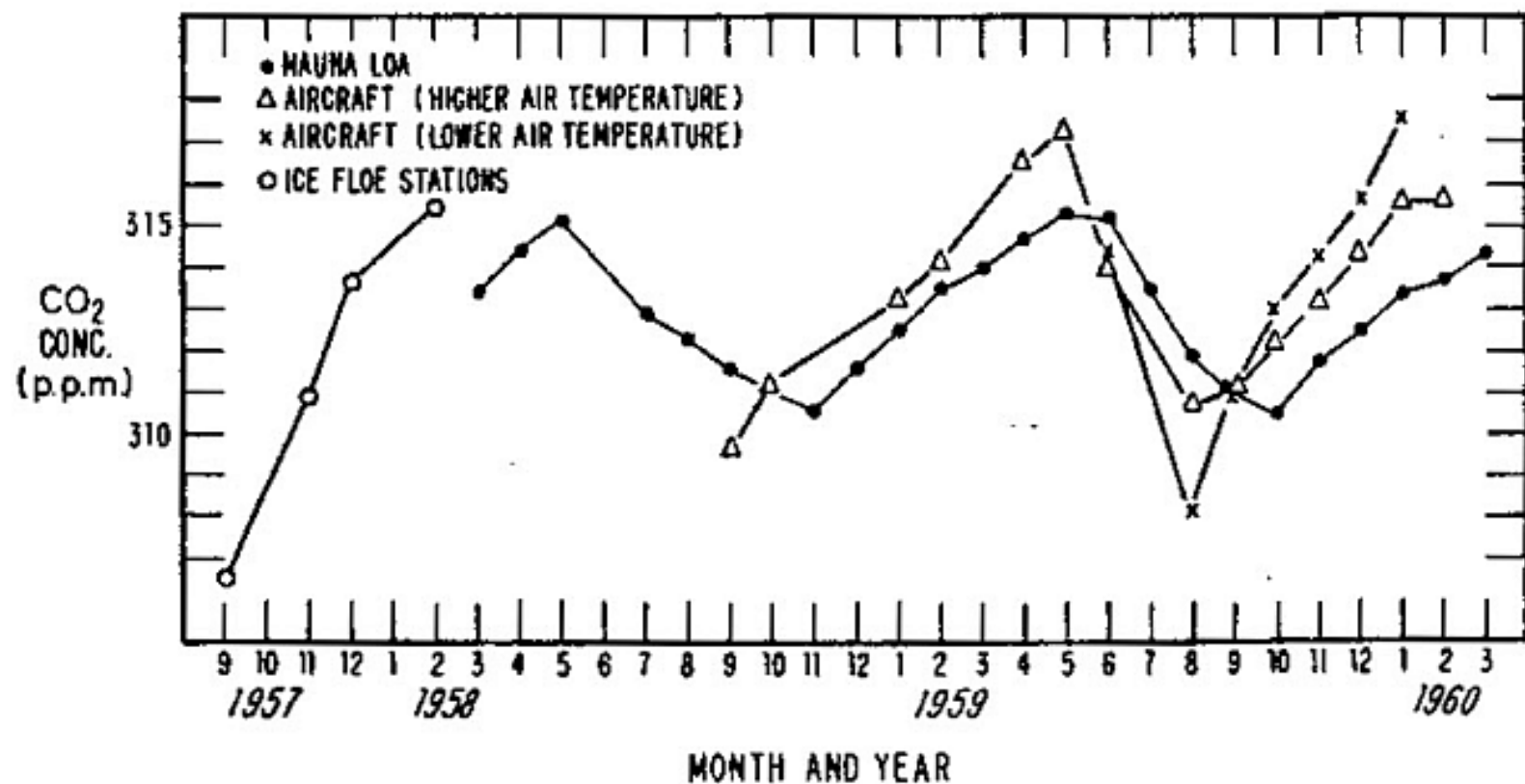
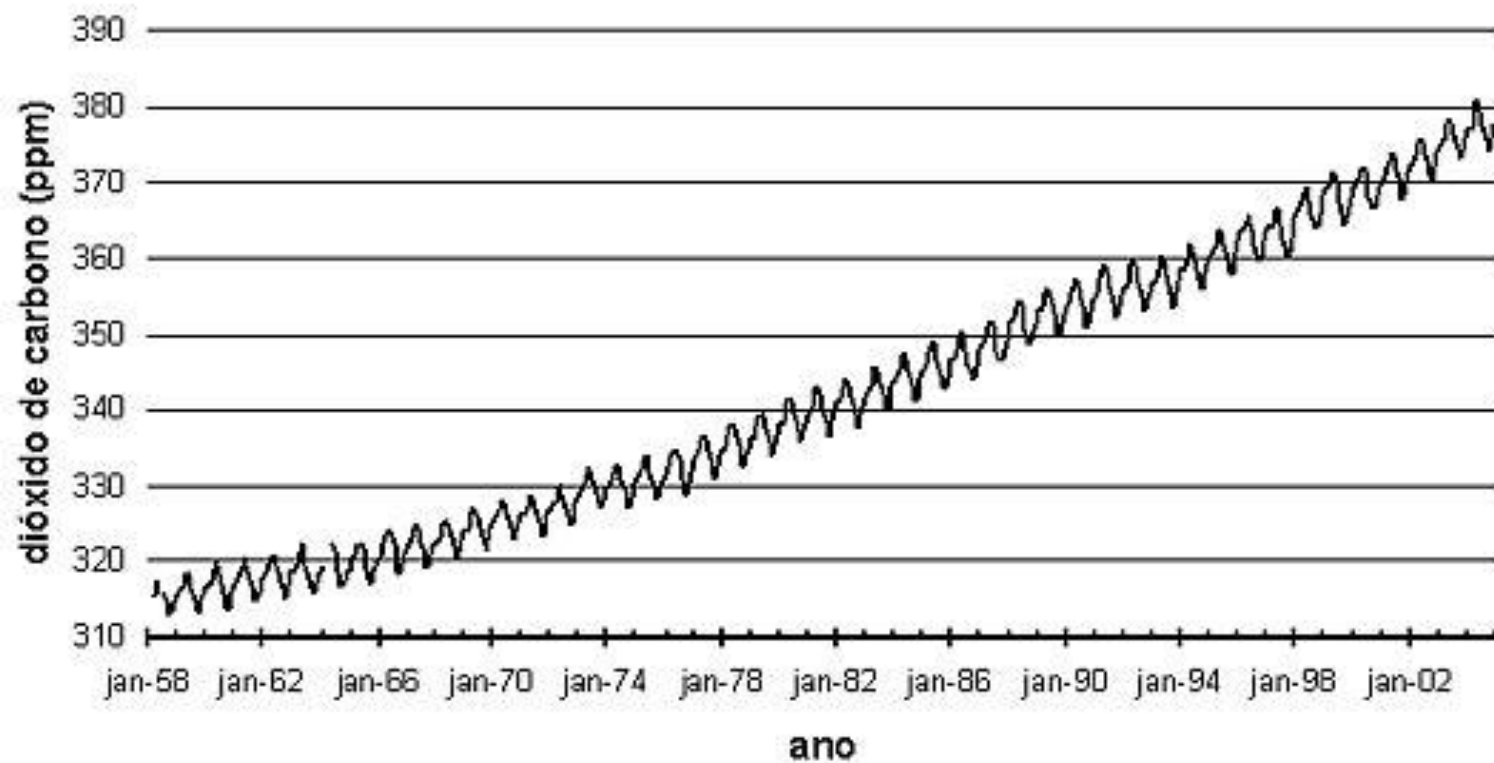


Fig. 1. Variation in concentration of atmospheric carbon dioxide in the Northern Hemisphere.

https://www.youtube.com/watch?v=Her9H-no1_4&t=4s

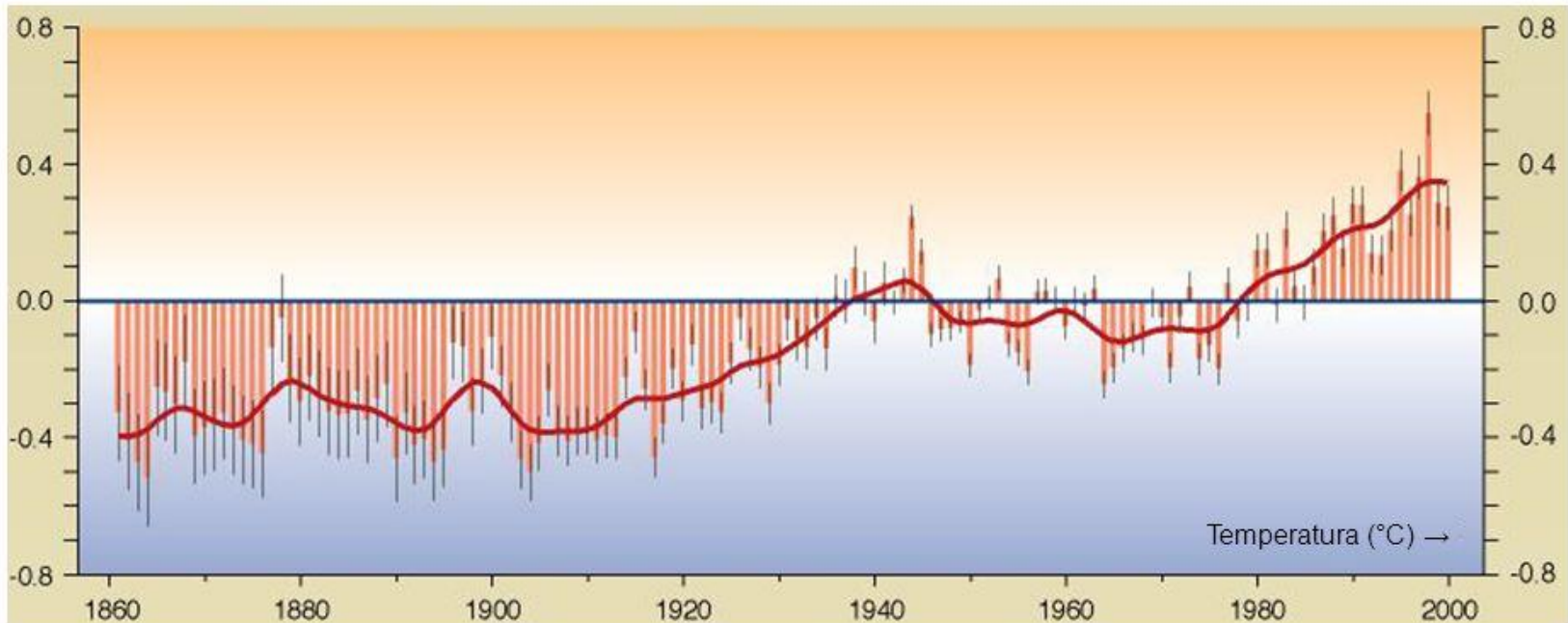
A curva de Keeling



O 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)

Mudança na temperatura da terra nos últimos 140 anos



- As diferenças anuais são apresentadas com relação à média do período 1961-1990
- Os dados representam os desvios da temperatura média de 1860 até o ano 2000

Bibliografia:

- Notas de aulas Professor: Henrique de Melo Jorge Barbosa
http://www.fap.if.usp.br/~hbarbosa/uploads/Teaching/FisPoluicaoAr2016/Lisboa_Cap4_monitoramento_poluentes_2007.pdf
- J.H. Seinfeld e S. N. Pandis, "Atmospheric Chemistry and Physics: from air pollution to climate change", John Wiley & Sons, New York, 1998.
- Daniel Jacob, Introduction to Atmospheric Chemistry, Princeton University Press, 1999.
- Brasseur, G.P., Orlando, J.J., Tyndall, G.S., - Atmospheric Chemistry and Global Change, Oxford University Press, New York, 1999.
- Wallace, J.M. e Hobbs, P.V. - Atmospheric Science: An Introductory Survey. Academic Press, New York, 2006