



# INTRODUÇÃO AOS CONCEITOS DE TEMPO E CLIMA

**Glauber Lopes Mariano**

Faculdade de Meteorologia Universidade Federal de Pelotas

E-mail: [glauber.mariano@ufpel.edu.br](mailto:glauber.mariano@ufpel.edu.br)

# Meteorologia

**Ciência que estuda os fenômenos físicos e dinâmicos da atmosfera**



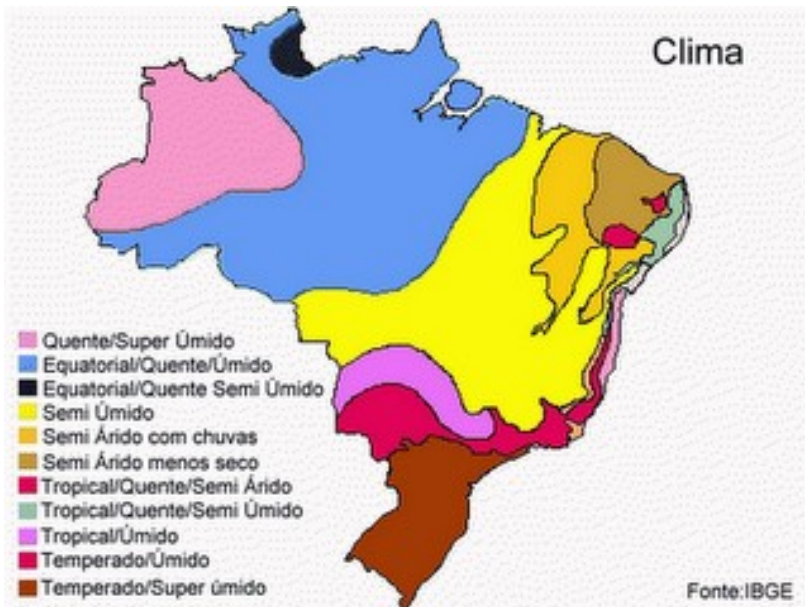
**X**



# Meteorologia

## Áreas da Meteorologia / Aplicações

- Climatologia – estuda os fenômenos atmosféricos do ponto de vista de suas propriedades estatísticas para caracterizar o clima em função da localização geográfica, estação do ano, etc..



# Meteorologia no Brasil e no mundo

**Egito** - “Previa” chuvas no Rio Nilo e se as estações seriam mais ou menos chuvosas conforme movimento do sol, estrelas e planetas.

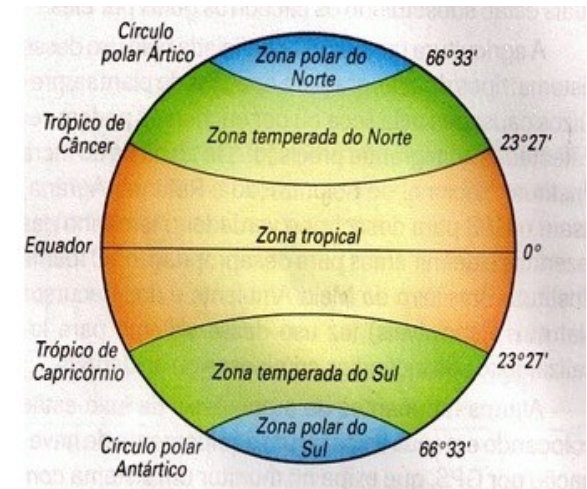
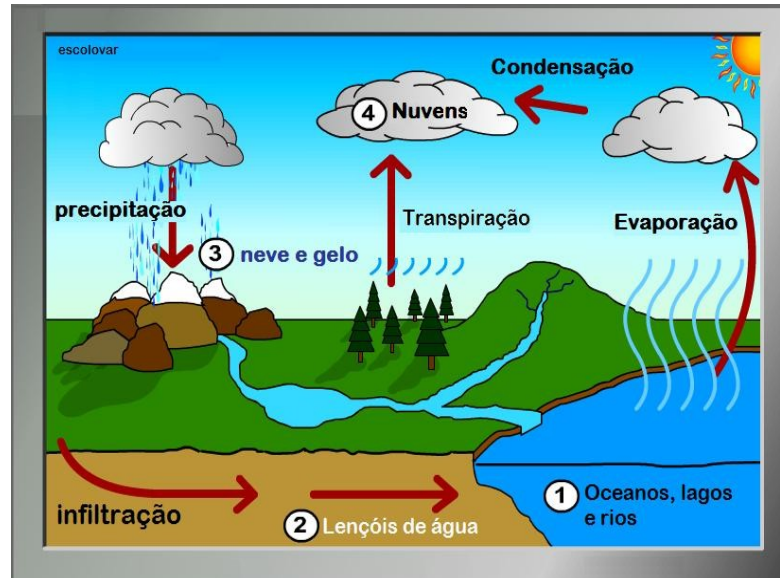
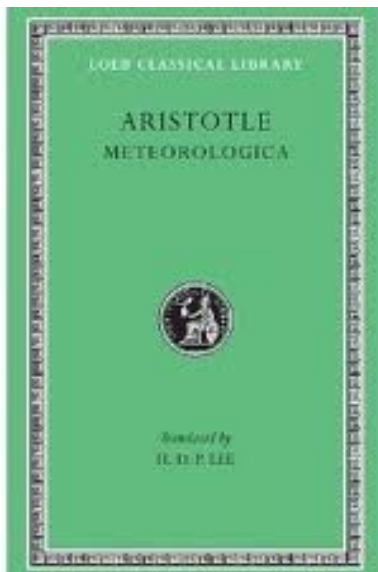
**Império romano** - oferendas





# Meteorologia no Brasil e no mundo

**Aristóteles** - “Pai” da meteorologia. Meteorologica (350 a.C). Ciclo da água, esboçou zonas climáticas do planeta. Hadley (1735)



# Meteorologia

## Tempo x Clima

**Tempo** – estado médio da atmosfera, em um dado intervalo de tempo e em um dado lugar.

Ex.: No dia do jogo o céu estava claro e fazia muito calor

**Clima** – característica da atmosfera inferidas de observações contínuas durante um longo período de tempo (30 anos). Analisa médias, frequência, desvio padrão, etc..

Ex.: Temperatura média do mês de maio em Pelotas foi de 18°C.

# Noções Básicas

## **Tempo**

Estado momentâneo da atmosfera em um dado instante e local

Como caracterizar? - Variáveis / elementos meteorológicos:

- Radiação solar / insolação
- Temperatura
- Umidade do ar (relativa / específica) / razão de mistura ...
- Pressão atmosférica / velocidade do vento

## **Clima**

Conjunto de fenômenos meteorológicos que caracterizam a condição média da atmosfera sobre um local (Hanm, XIX)

Síntese do tempo num determinado lugar durante um período de 30 – 35 anos (Ayoade, 1980)

# Clima

“Condições média” / “síntese” ..... → como caracterizar?

*Ferramentas estatísticas:*

- Médias, variâncias, mediana, moda, percentil, quantil, desvio padrão, amplitude, probabilidade, frequência, análise de agrupamento, análise de componentes principais, etc....

# Climatologia

**Conceito dinâmico (abordagem “moderna”) x Conceito estático (abordagem “clássica”)**



# Atmosfera

## Conceito

Conjunto de gases, vapor d'água e partículas (aerossóis) constituindo o chamado “ar” que envolve a superfície da Terra devido a ação da força da gravidade



Raio da atmosfera x raio da terra = 1,6%

# Atmosfera

“Ar” mistura de gases principais que compõe a atmosfera. Homogênea aproximadamente até 25km de altura.

Component	Volume Percent
Nitrogen (N <sub>2</sub> )	78.084
Oxygen (O <sub>2</sub> )	20.946
Argon (Ar)	0.934
Carbon dioxide (CO <sub>2</sub> )	0.037
Neon (Ne)	0.001818
Helium (He)	0.000524
Methane (CH <sub>4</sub> )	0.0002
Krypton (Kr)	0.000114
Hydrogen (H <sub>2</sub> )	0.00005
Dinitrogen monoxide (N <sub>2</sub> O)	0.00005
Xenon (Xe)	0.000009

# Atmosfera

Vapor d'água – muito variável – entre 1-4% (latitude, proximidade de corpos d'água, vegetação)



Podemos considerar a atmosfera da Terra como:

$$\text{AR} = \text{Ar Seco} + \text{Vapor d'água}$$

# Atmosfera

Podemos considerar a atmosfera da Terra como:

$$\mathbf{AR = Ar\ Seco + Vapor\ d'água}$$

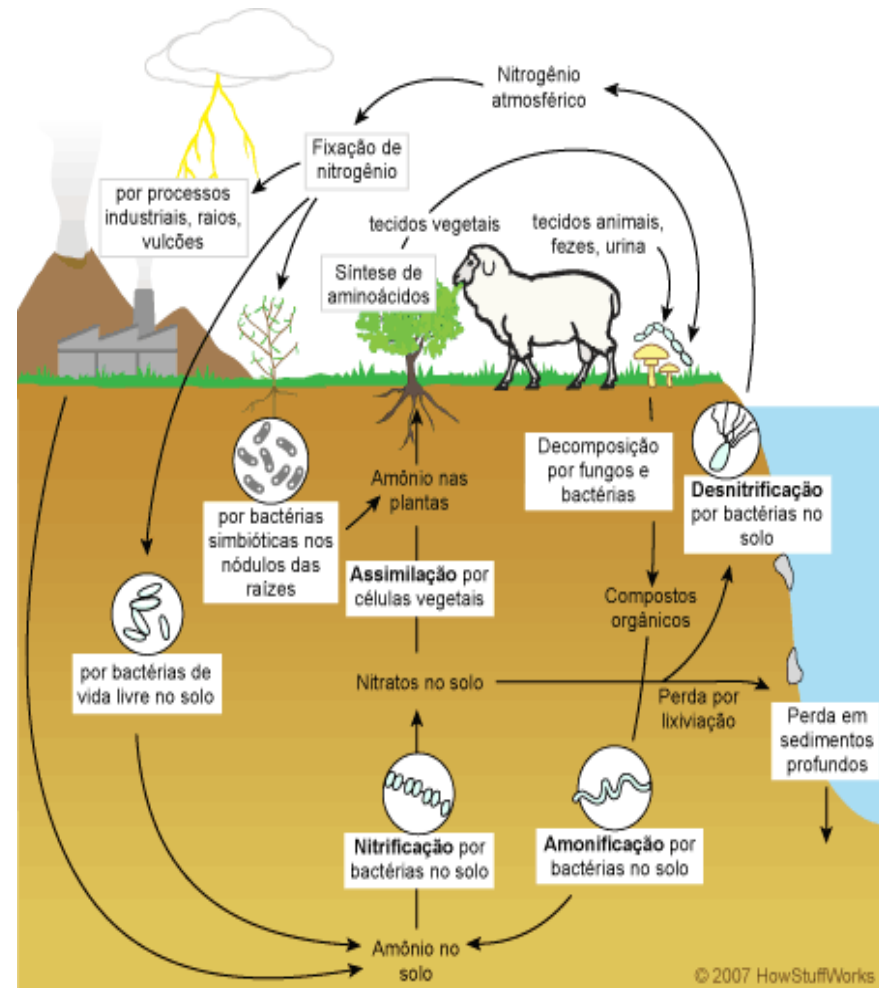
## Importância dos principais gases da atmosfera

- Nitrogênio (N<sub>2</sub>)
- Oxigênio (O<sub>2</sub>) e Ozônio (O<sub>3</sub>)
- Gás Carbônico (CO<sub>2</sub>)
- Vapor d'água (H<sub>2</sub>O)

## Nitrogênio (N<sub>2</sub>)

# Atmosfera

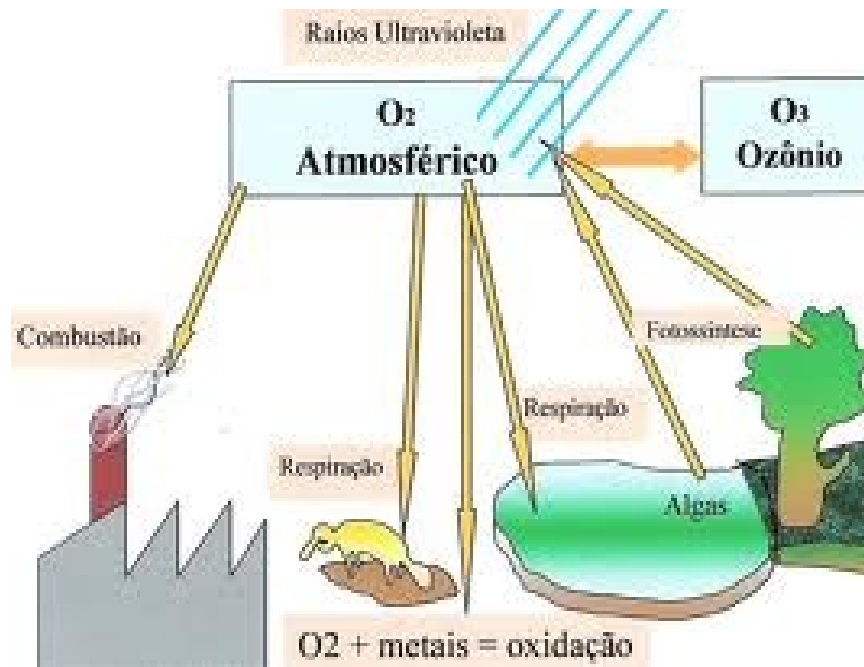
- Gás mais abundante na atmosfera (78%)
- Não desempenha nenhum papel relevante na química ou na física da atmosfera próxima à superfície terrestre.
- Na alta atmosfera absorve energia/radiação solar e passa a forma atômica (N)
- Papel importante para agricultura



# Atmosfera

## Oxigênio (O<sub>2</sub>) e Ozônio (O<sub>3</sub>)

- Desempenha papel fundamental à vida na Terra, além de possibilitar a formação de Ozônio



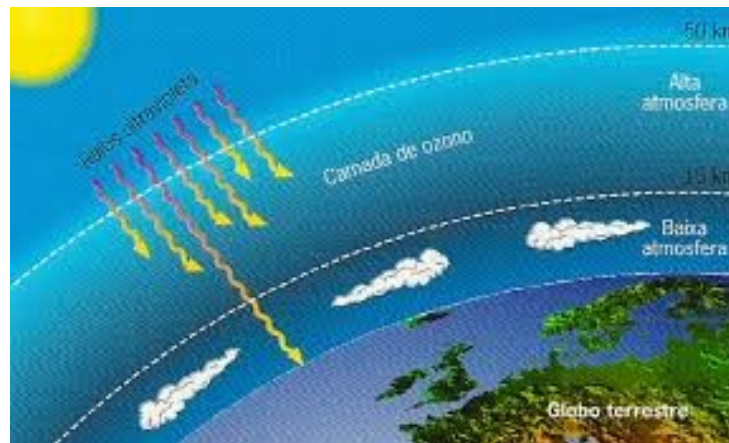


# Atmosfera

## Oxigênio (O<sub>2</sub>) e Ozônio (O<sub>3</sub>)



A presença de uma molécula (M) de um gás qualquer é importante para absorver a energia liberada durante combinação. Sem ela o produto final será instável,



# Atmosfera

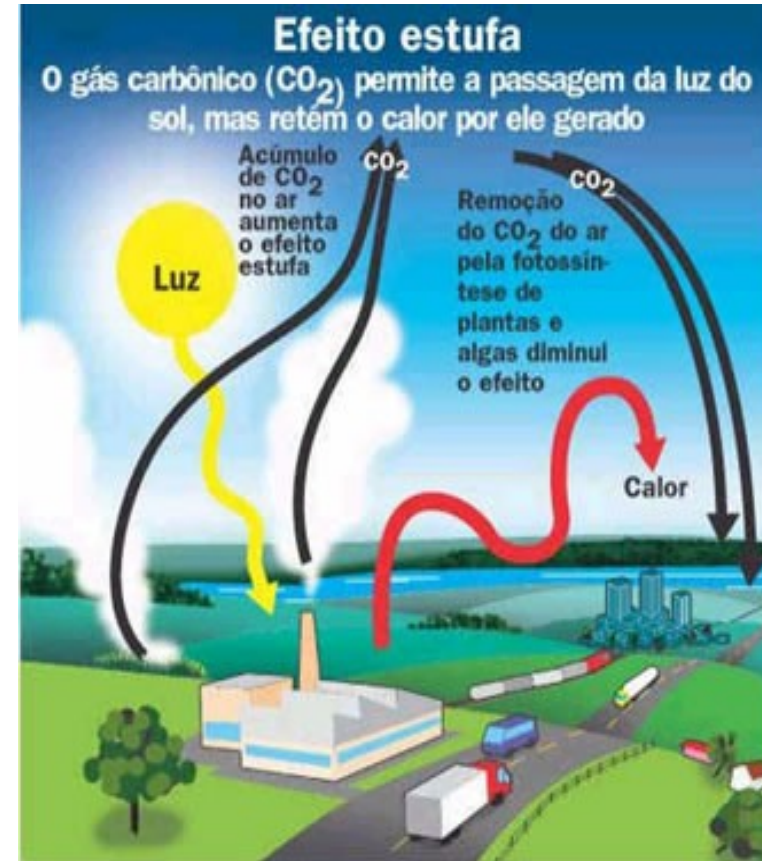
## Oxigênio (O<sub>2</sub>) e Ozônio (O<sub>3</sub>)

- Formação de O<sub>3</sub> por relâmpagos (pouca quantidade)
- Ozônio é fundamental à vida por absorver radiação ultravioleta.
- Todo o Ozônio da atmosfera concentrado junto à superfície sobre pressão e temperatura normais teria uma camada de 3mm de espessura.

# Atmosfera

## Gás Carbônico (CO<sub>2</sub>) / Dióxido de Carbono

- Cerca de 98% existente se encontra dissolvido nos oceanos, sendo que quase todo o resto está na atmosfera → Aumenta com a proximidade de cidades, indústrias,...
- Desempenha papel importante pois absorve energia solar e terrestre (alguns comprimentos de onda) e emite energia em direção à superfície da Terra.



# Atmosfera

## Vapor d'água

- Bastante variável na atmosfera (entre 1% e 4%) porém o mais importante para a Meteorologia sendo responsável pela origem das nuvens e de diversos fenômenos atmosféricos.

- Interfere na Temperatura (pela absorção e liberação de energia) e é o único constituinte atmosférico que muda de estado físico em condições normais



# Atmosfera

Não existe um limite superior bem definido para a atmosfera. O que existe é uma progressiva rarefação (diminuição da densidade) do ar com a altitude.

Na meteorologia, define-se o topo da atmosfera entre 80-100km. Porém, toda essa região é importante para a meteorologia??

## **ORIGEM / FORMAÇÃO DA ATMOSFERA TERRESTRE**

Será que a atmosfera terrestre sempre teve essa composição?

Como sabemos a composição atmosférica antes da presença da humanidade?

Podemos dividir o clima passado entre antes e depois da história registrada



# Atmosfera

## Paleoclimatología

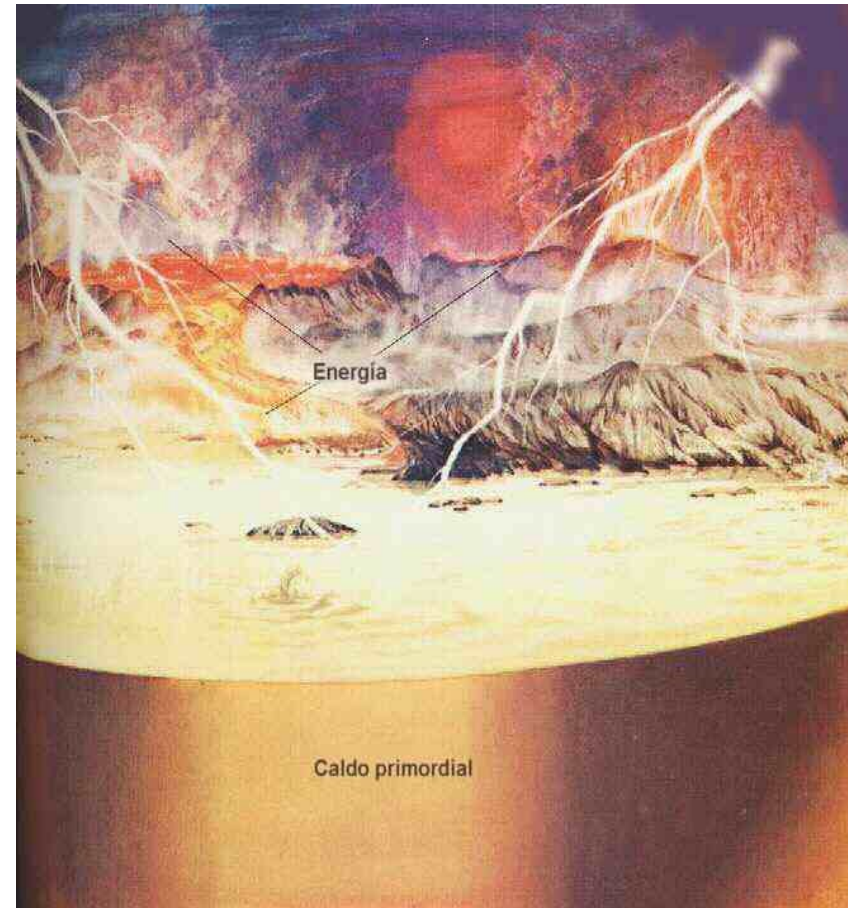
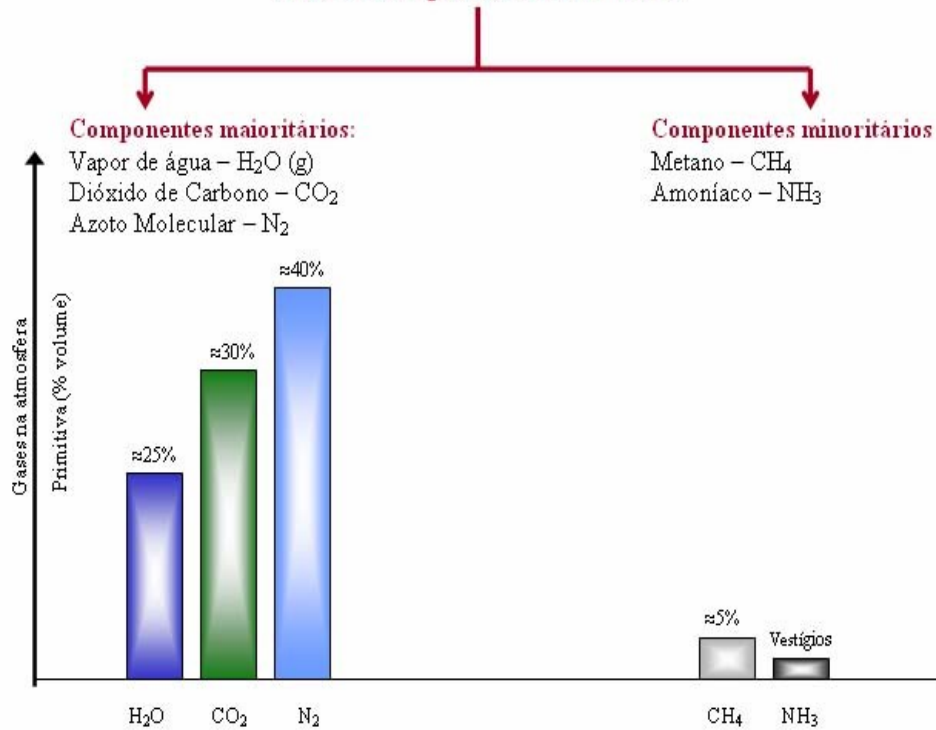




# Atmosfera

## Atmosfera primitiva

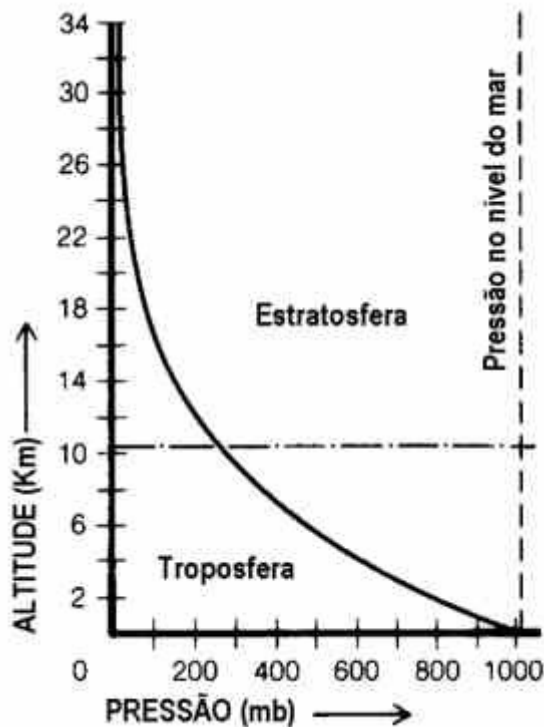
### Atmosfera primitiva da Terra



# Estrutura Vertical da Atmosfera

## Variação vertical das propriedades atmosféricas

Massa da atmosfera → 50% se encontra até 5km de altitude. (75% até 10km e 95% até 20km - troposfera)



Rarefação do ar com altitude → limite da atmosfera

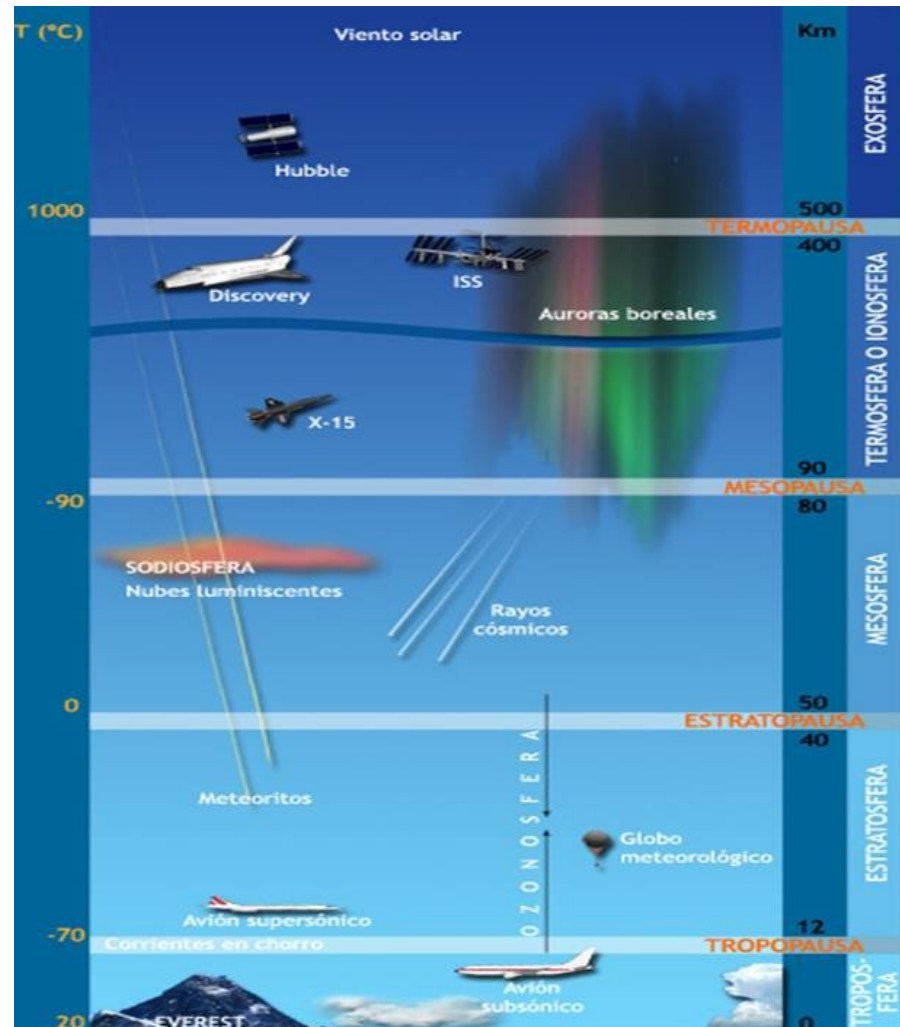
120km de altitude → espaço entre as moléculas é de 3m

# Estrutura Vertical da Atmosfera

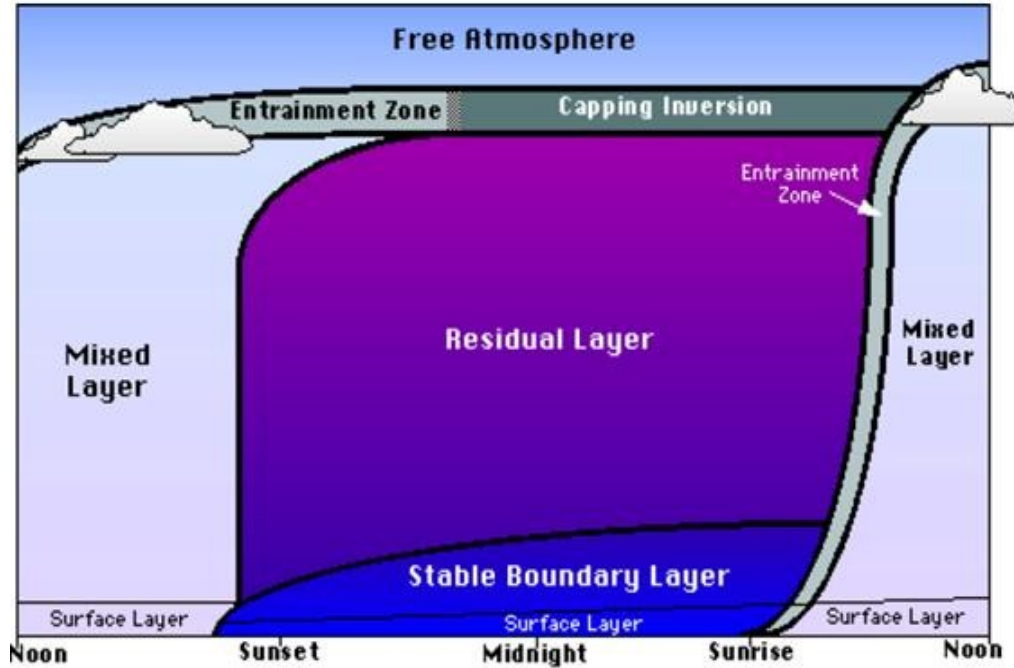
## Variação vertical das propriedades atmosféricas

Diferentes formas de dividirmos a atmosfera:

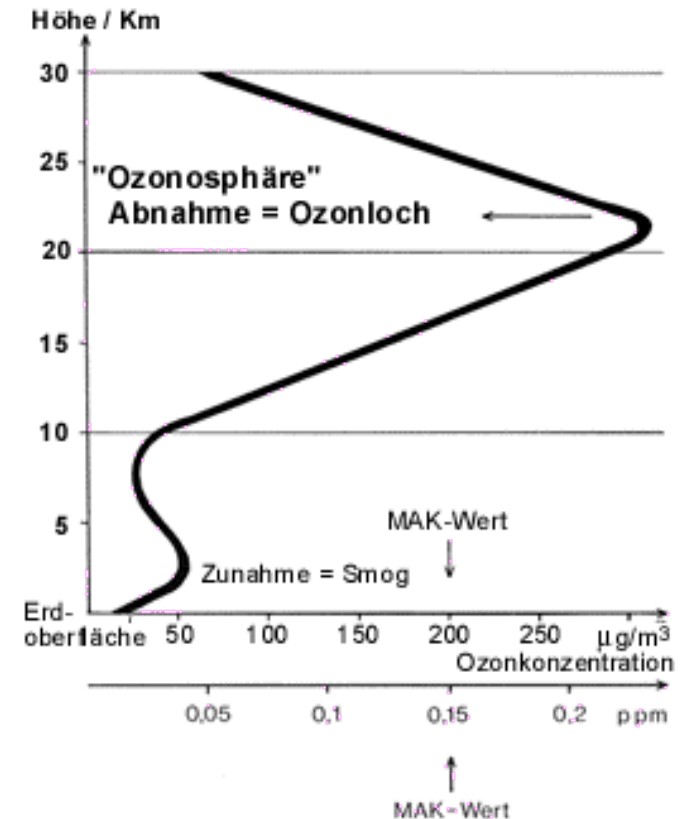
- temperatura
- densidade
- CLP/Atmosfera Livre
- Composição de um gás específico



# Variação CLP/Atmosfera livre



## Variação da concentração de Ozônio



**LAPSE RATE** ( $\Gamma$ ) → Taxa de decaimento com altura da temperatura do ar

Lapse rate troposférico = 6,5 K/km

$$\Gamma = - \Delta T / \Delta Z$$

Onde:

$\Delta T$  – variação da temperatura

$\Delta Z$  – variação da altura

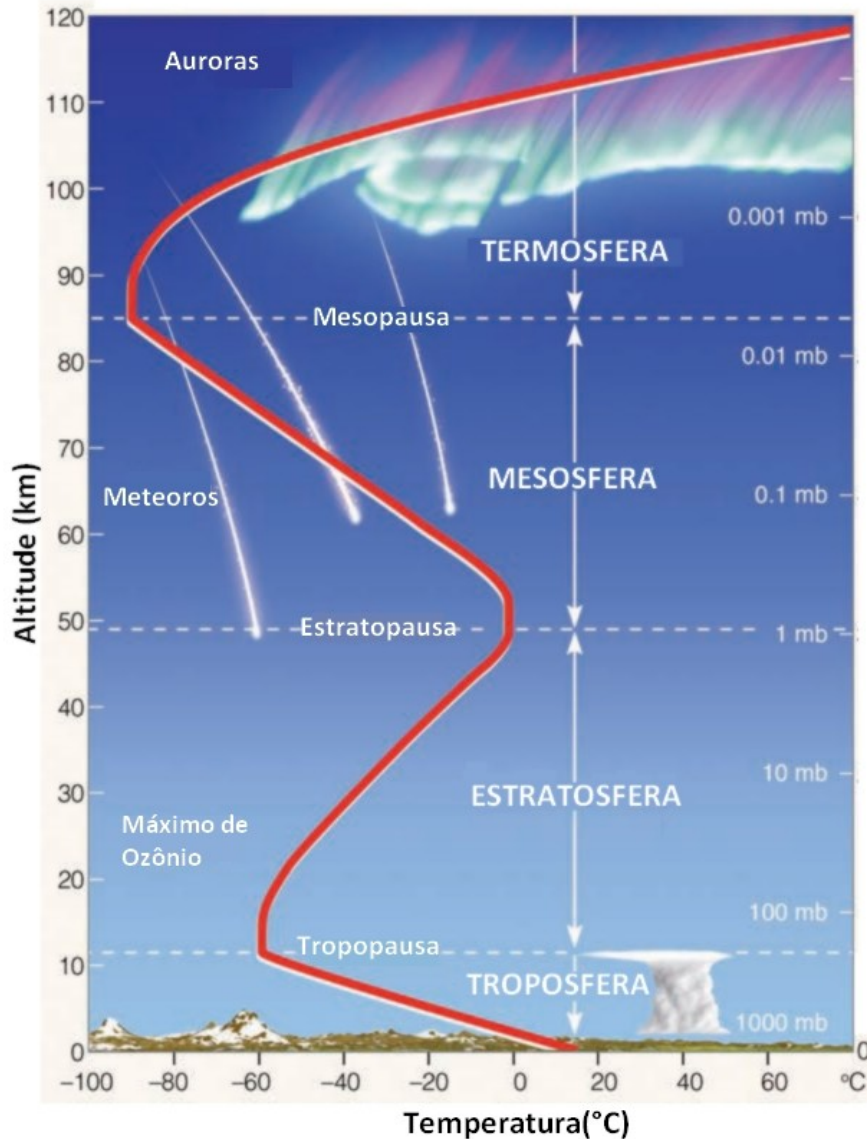
Ex.:

$Z_1 = 0\text{m}$      $Z_2 = 1\text{km}$

$T_1 = 20^\circ\text{C}$      $T_2 = 12^\circ\text{C}$

$$\Gamma = - (12-20) / (1-0)$$

**Variação com a temperatura do ar** → Atmosfera dividida em camadas aproximadamente homogêneas



### Zonas de transição:

Tropopausa  
Estratopausa  
Mesopausa

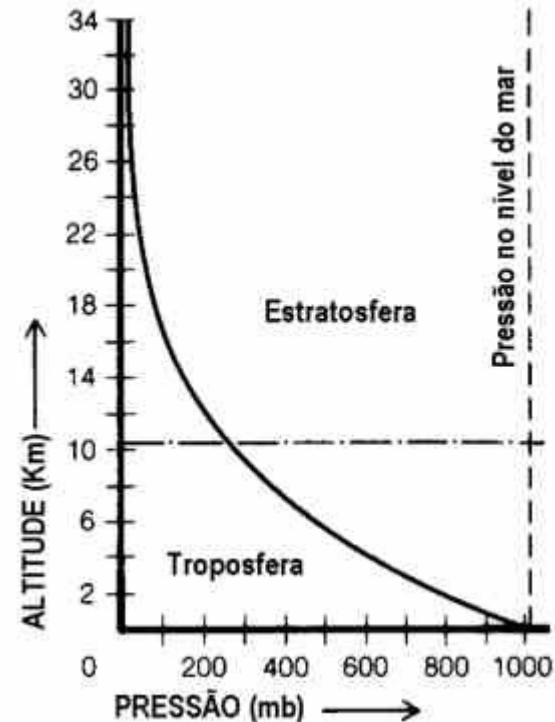
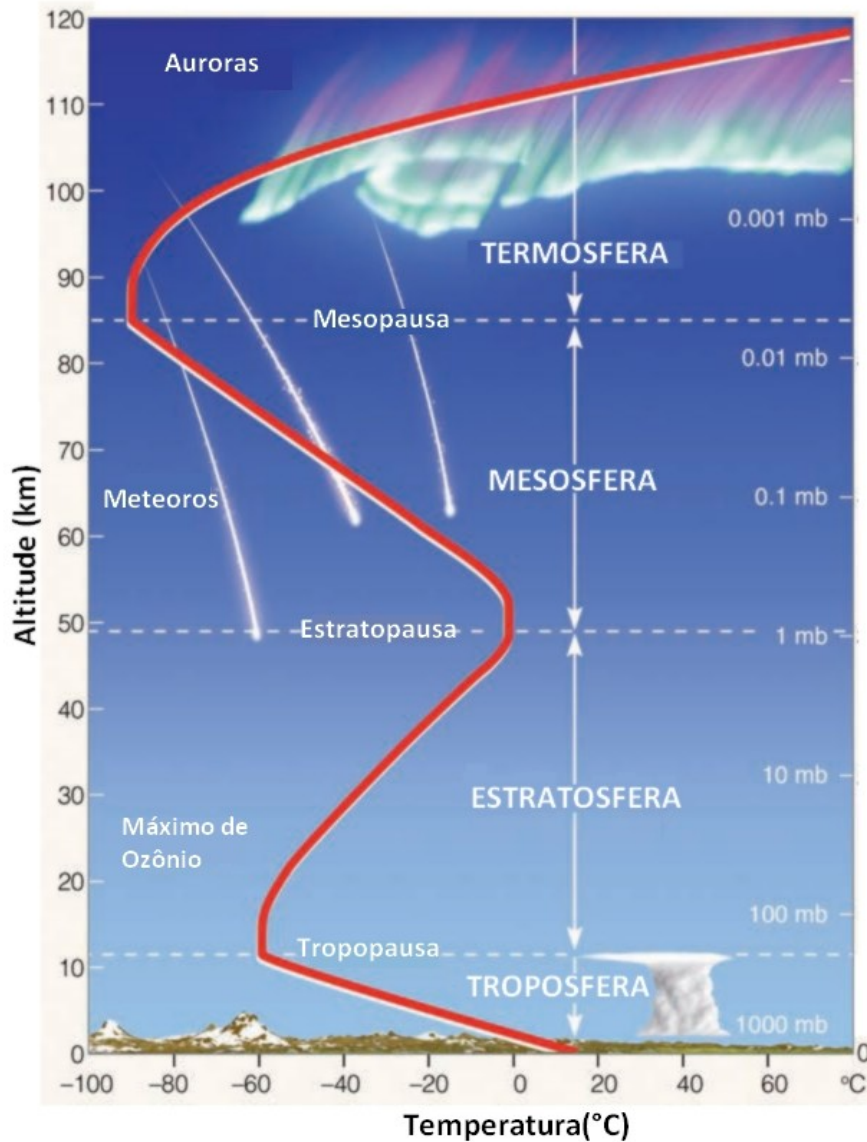
### Lapse Rate por camada?

Positivo  
Negativo  
Outro valor?



# TROPOSFERA

- Camada mais importante para a meteorologia
- Concentra  $\frac{3}{4}$  da massa total da atmosfera e quase todo o vapor d'água.



# TROPOSFERA

- Atmosfera (troposfera) é aquecida por baixo → Sol aquece a superfície terrestre que aquece a atmosfera
- Lapse Rate = 6,5 K/km (valor médio para todo o planeta)

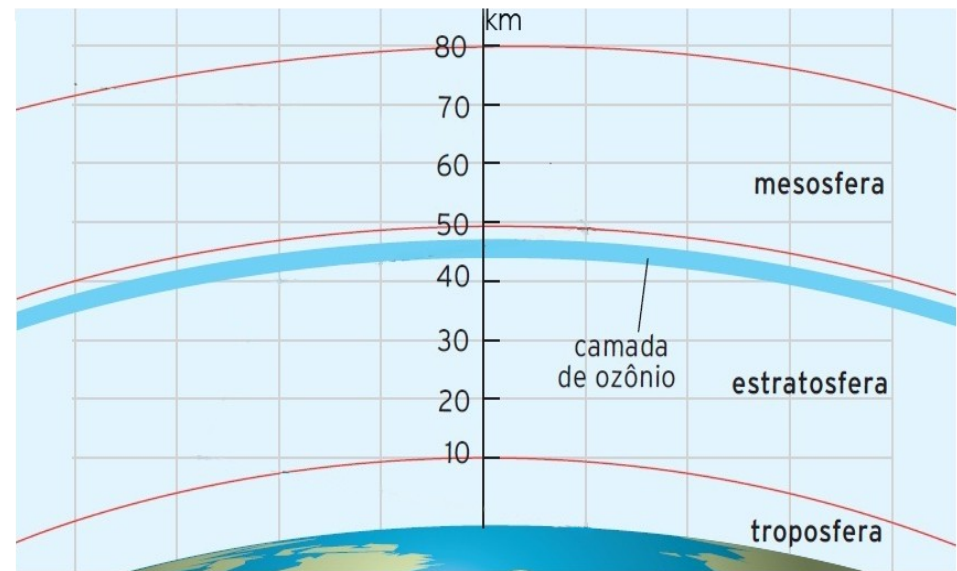
Altura da troposfera:

-	INVERNO	VERÃO
<b>Pólos</b>	6 km	10 km
<b>Trópicos</b>	15 km	18 km

## ESTRATOSFERA

- Estende-se aproximadamente até 50 km de altura tendo seu limite superior a base da estratopausa e inferior o topo da tropopausa.

- Nos primeiros 20 km zona aproximadamente isoterma a partir desse ponto tem sua temperatura aumentando com altura (lapse rate  $< 0$ ) → liberação de energia na formação do Ozônio



Mapa representativo das camadas de ar sobre a terra



# MESOSFERA

- Estende-se aproximadamente entre 50-80 km apresentando variação média de temperatura  $> 0$  (temperatura volta a diminuir com a altura)
- Topo da mesosfera  $\rightarrow$  Temperatura aproximadamente  $-95^{\circ}\text{C}$
- Quase não existe mais vapor d'água, ou seja, sem gases e  $\text{H}_2\text{O}$  para absorver radiação  $\rightarrow$  Temperatura diminui
- Apesar de ser bastante rarefeita (densidade baixa)  $\rightarrow$  meteoritos se tornam incandescentes  $\rightarrow$  Sódio e metais (partículas finas)

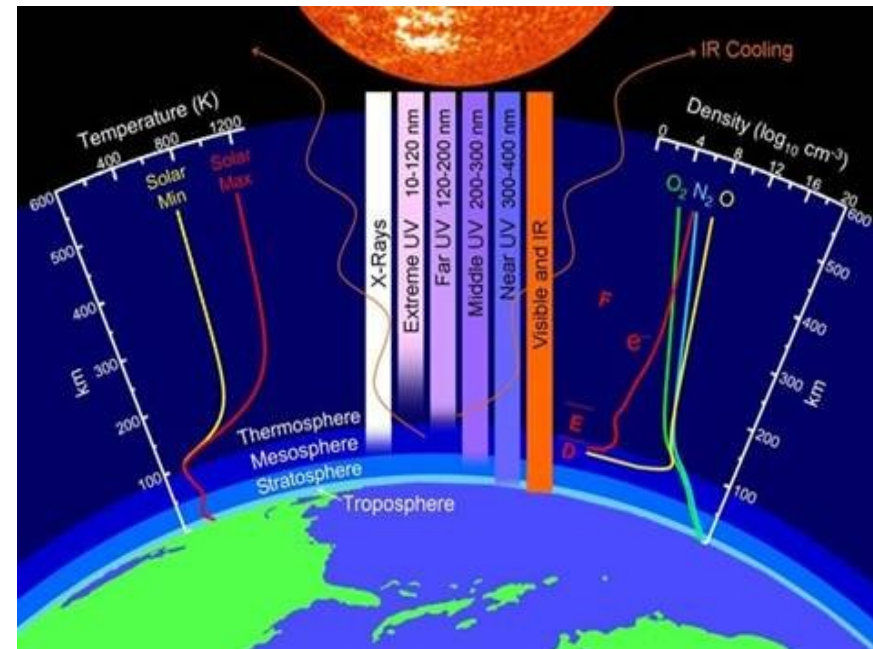
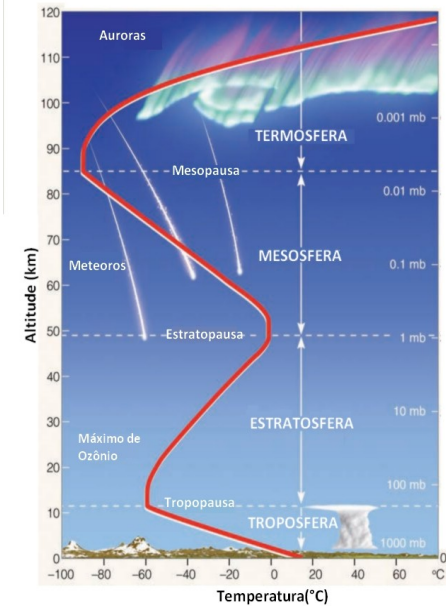


# TERMOSFERA

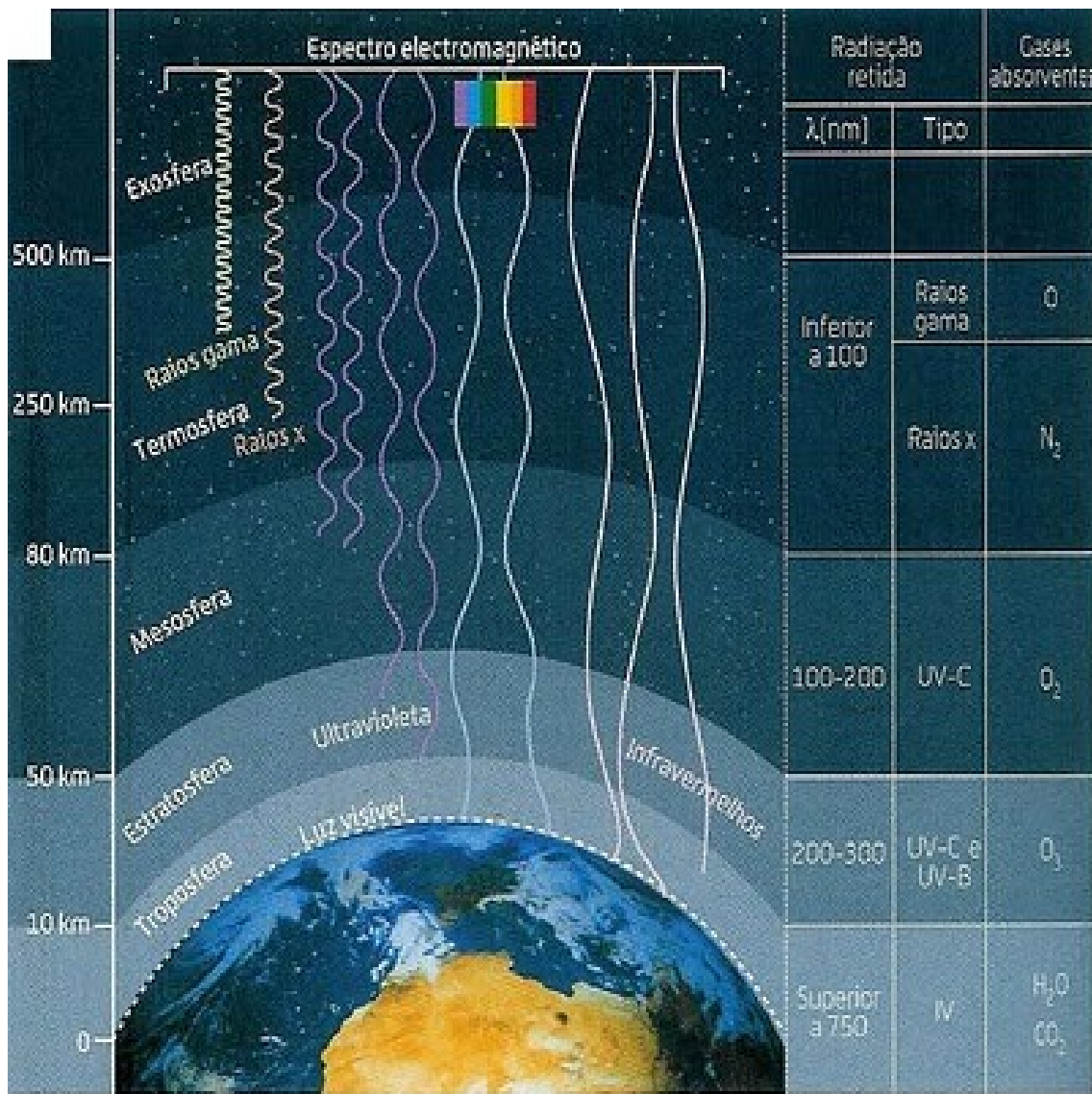
- Aproximadamente a partir de 90 km de altura e é caracterizada por um aumento de Temperatura média do ar com altitude.

- Valores de temperatura “altos”??? → Radiação solar interage com poucas moléculas!!! Densidade pequena!

- Temperatura do ar varia centenas de graus entre dia e noite



# Absorção da radiação por camadas



Troposfera → Muito variável, IV

Estratosfera → UVA e UVB

Mesosfera → Pouca absorção

Termosfera → Raios X e gama

# Elementos e Fatores Climáticos

ELEMENTOS → Grandezas meteorológicas que comunicam ao meio atmosférico suas propriedades e características variando no tempo e espaço.

FATORES → Fatores capazes de modificar o clima influenciando nos elementos climáticos.

Os elementos climáticos interagem entre si formando os diferentes climas na Terra. Esses elementos variam espacialmente e temporalmente devido à influência dos fatores climáticos.



# Elementos e Fatores Climáticos

ELEMENTOS → Grandezas meteorológicas que comunicam ao meio atmosférico suas propriedades e características variando no tempo e espaço.

Ex.:

- Temperatura do ar
- Pressão atmosférica
- Umidade do ar
- Nuvens
- Precipitação
- Visibilidade
- Vento

FATORES → Fatores capazes de modificar o clima influenciando nos elementos climáticos.

# Elementos e Fatores Climáticos

FATORES → Fatores capazes de modificar o clima influenciando nos elementos climáticos.

Ex.:

- Radiação Solar
- Latitude
- Altitude
- Maritimidade / continentalidade
- Vegetação
- Atividades humanas

ELEMENTOS → Grandezas meteorológicas que comunicam ao meio atmosférico suas propriedades e características variando no tempo e espaço.

# Elementos e Fatores Climáticos

## FATORES

### Latitude

- Fator astronômico → Define o ângulo que os raios do Sol irão atingir a superfície da Terra → energia para os fenômenos atmosféricos
- Definem as zonas climáticas

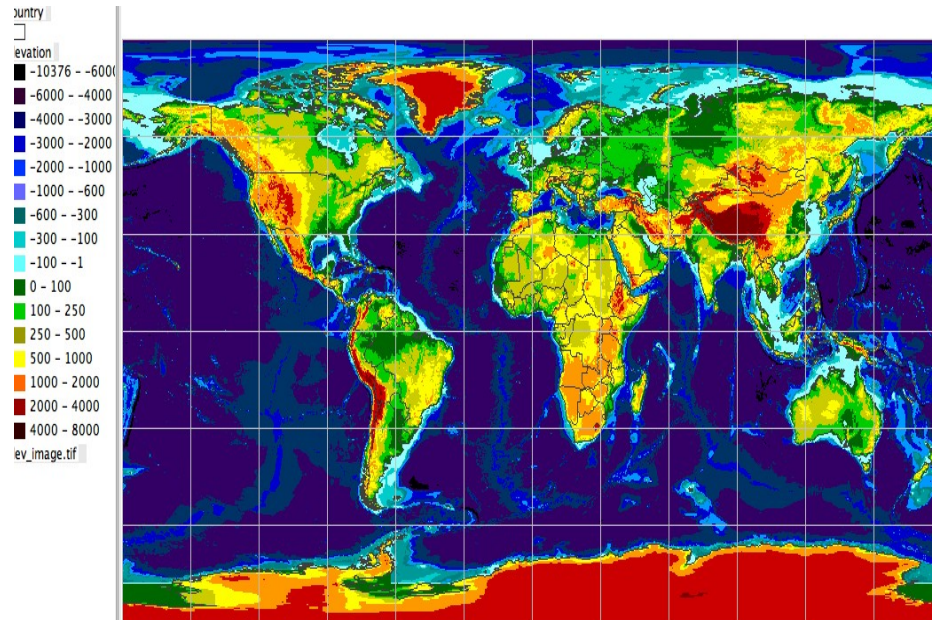


# Elementos e Fatores Climáticos

## FATORES

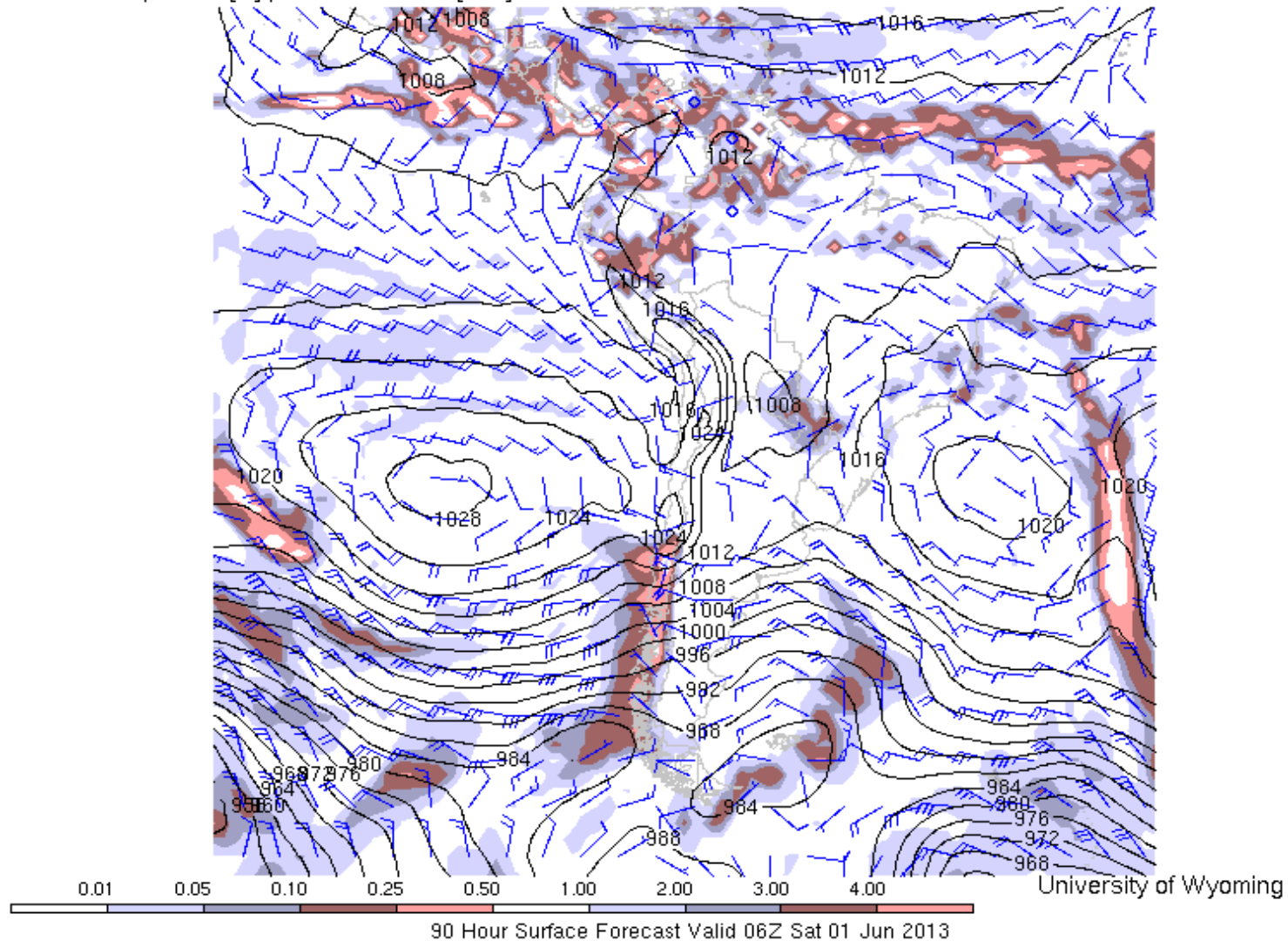
### Relevo

- Afeta devido as variações de altitude, forma e orientação.
- Ex.: Jato de baixos níveis / chuvas orográficas



# Elementos e Fatores Climáticos

6 Hour Precipitation [in] | Sea Level Pres [hPa]

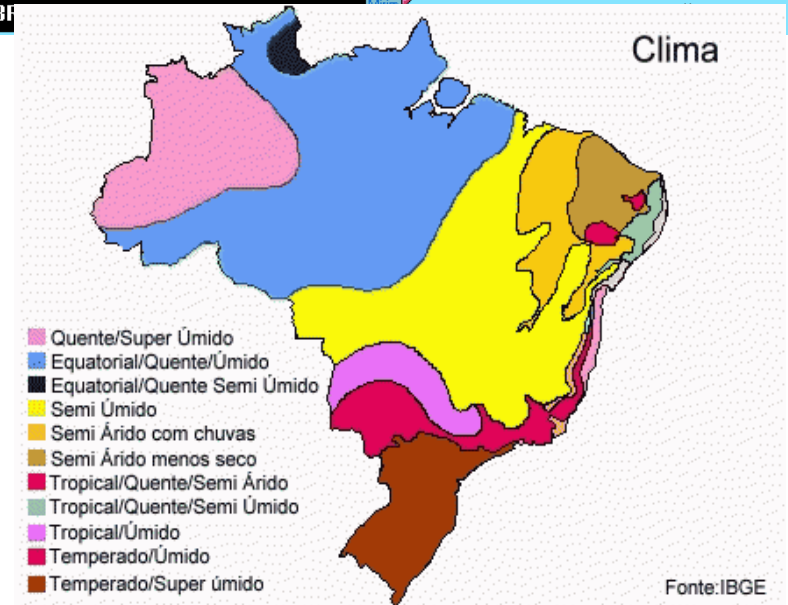


# Elementos e Fatores Climáticos

## FATORES

### Vegetação

- papel regulador de umidade e temperatura
- área vegetada mais amena que campos  
→ calor latente



# Elementos e Fatores Climáticos

## FATORES

### Maritimidade/Continentalidade

- Controla a distribuição de energia
- 70% dos continentes (massa) estão no H.N. → amplitudes térmicas

