

UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA  
CAMPUS DE JI-PARANÁ  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

UNIR

DEA  
Departamento de Engenharia Ambiental

# Climatologia

Prof.ª Renata Gonçalves Aguiar

## Artigo para a aula de hoje

Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics

ELSEVIER

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/jastp](http://www.elsevier.com/locate/jastp)

Correlation between solar activity and the local temperature of Antarctica during the past 11,000 years


X.H. Zhao\*, X.S. Feng\*

SICMA Weather Group, State Key Laboratory of Space Weather, Center for Space Science and Applied Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China

CrossMark

2

## 1.2 – Atmosfera Terrestre




Fonte: Wroclaw.plant.pl

3

## Atmosfera

Camada gasosa de espessura muito fina que envolve a Terra, sendo fundamental para a manutenção da vida na superfície terrestre.



Fonte: meoambiente.culturamix

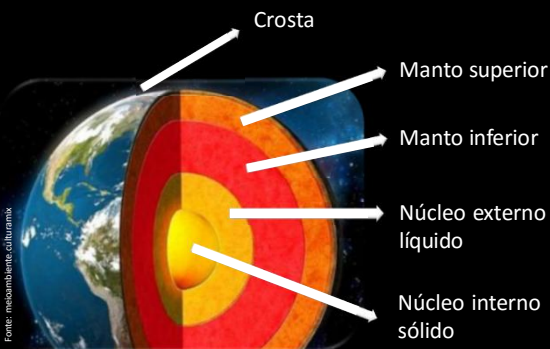
4

## Atmosfera

Das camadas da Terra, a atmosfera é a mais tênue, sendo sua massa 1.000.000 de vezes menor que a massa da parte sólida da Terra.

5

## Camadas da Terra



Crusta

Manto superior

Manto inferior

Núcleo externo líquido

Núcleo interno sólido


Fonte: meoambiente.culturamix

Figura 1 – Camadas da Terra.

6

## Atmosfera

Não existe um limite superior para a atmosfera, no sentido físico, verificando-se apenas uma progressiva rarefação do ar com a altitude.



Fonte: cursosdaescola.com.br

## Atmosfera

No âmbito da Meteorologia, geralmente se considera que a atmosfera terrestre possui cerca de 80 a 100 km de espessura.




Fonte: cursosdaescola.com.br

## Atmosfera

A porção mais importante da atmosfera, sob o ponto de vista meteorológico, porém, não atinge 20 km de altitude, o que representa apenas 0,3% do raio do planeta.

Preocupação em preservá-la.



Fonte: cursosdaescola.com.br

## Composição da Atmosfera

### Gases não-variáveis

**Tabela 1 – Gases não variáveis (% em volume de ar seco)**

Constituinte	Porcentagem	Partes por Milhão (ppm)
Nitrogênio	78,084	780.000,00
Oxigênio	20,948	209.460,00
Argônio	0,934	9.340,00
Neônio	0,0018	18,00
Hélio	0,00052	5,20
Kriptônio	0,00010	1,00
Hidrogênio	0,00005	0,07
Xenônio	0,000009	0,09

A composição média do ar seco é praticamente constante até cerca de 25 km de altitude.

10

## Composição da Atmosfera

### Gases não-variáveis

Fundamentais para manutenção da vida.

**Tabela 2 – Gases não variáveis em alguns planetas.**

Planeta	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
Vênus	96,5	3,5	–
<b>Terra</b>	<b>0,03</b>	<b>78,1</b>	<b>20,9</b>
Marte	95,3	2,7	0,13

## Composição da Atmosfera

Os gases atmosféricos naturais fazem parte de ciclos geológicos, sempre com tendência ao equilíbrio dinâmico.

Reservatórios

}

Oceanos

Florestas

12

## Composição da Atmosfera

Em função do equilíbrio dinâmico, só se pode falar de uma composição atmosférica média, que varia no tempo e no espaço.

13

## Composição da Atmosfera

### Gases variáveis

Tabela 3 – Gases variáveis

Constituinte	Porcentagem
Vapor d'água	0 a 7
Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )	0,033
Ozônio (O <sub>3</sub> )	0 a 0,01
Dióxido de enxofre (SO <sub>2</sub> )	0 a 0,0001
Dióxido de nitrogênio (NO <sub>2</sub> )	0 a 0,000002

14

## Composição da Atmosfera

Que fator (não antropogênico) injeta grande quantidade de gases e partículas na atmosfera, em um intervalo de tempo reduzido?

Erupção vulcânica



15

## Composição da Atmosfera

Tais gases são muito quentes formando correntes verticais ascendentes intensas, que atingem altitudes elevadas, onde os ventos fluem a grande velocidade.



16

## Composição da Atmosfera

Isso resulta em dispersão dos gases e partículas vulcânicas na escala global, afetando o ciclo natural dos gases atmosféricos não apenas no local de emissão.



17

## Composição da Atmosfera

### Gases variáveis

**Importância Física** - No balanço de radiação da Terra, retendo parte das ondas de calor emitidas pela superfície e na atenuação da radiação proveniente do Sol.

18

## Composição da Atmosfera

**Gases variáveis**

**Importância Biológica** - Suprir matéria prima para o processo da fotossíntese (CO<sub>2</sub>) e regular o processo de transpiração das plantas.

19

## Composição da Atmosfera

**Nitrogênio**

Embora seja o constituinte mais abundante na atmosfera não tem papel relevante na superfície terrestre.

**Vegetais** → 

 Algumas algas (rizobactérias) e microorganismos do solo têm a capacidade de fixar esse elemento da atmosfera.

20

## Composição da Atmosfera

**Nitrogênio**



Na alta atmosfera esse gás absorve um pouco de energia solar de pequeno comprimento de onda (no domínio do ultravioleta).

21

## Composição da Atmosfera

**Oxigênio**

Torna possível a vida aeróbia na Terra.

Possibilita a formação de ozônio na atmosfera.

22

## Composição da Atmosfera

**Oxigênio**

Na alta atmosfera o oxigênio molecular (O<sub>2</sub>) se dissocia quando absorve energia **ultravioleta** proveniente do Sol.

$O_2 + \text{radiação ultravioleta} \Rightarrow O + O$

23

## Composição da Atmosfera

**Oxigênio**

Os átomos de oxigênio, assim formados, podem se combinar entre si ou com moléculas ou átomos de outros constituintes atmosféricos.



$O + O + M \Rightarrow O_2 + M$   
 $O_2 + O + M \Rightarrow O_3 + M$

24

## Composição da Atmosfera

### Ozônio

É encontrado desde níveis próximos da superfície terrestre até cerca de 100 km de altitude.

A camada compreendida entre 10 e 70 km, por ser a mais rica em ozônio, é conhecida como ozonoesfera.

25

## Composição da Atmosfera

### Ozônio

Qual a sua importância?

Sabe-se que o excesso de radiação solar ultravioleta, causaria grandes queimaduras na epiderme dos seres vivos, aumentando drasticamente a incidência de câncer de pele.

26

## Composição da Atmosfera

### Ozônio

Por outro lado, se a concentração de ozônio aumentasse a ponto de absorver totalmente a radiação ultravioleta oriunda do Sol, não haveria formação de vitamina D, o que afetaria a fixação do cálcio e do fósforo, indispensáveis à formação do tecido ósseo.

27

## Composição da Atmosfera

### Ozônio

Protocolo de Montreal em 1987

Acordo internacional para redução de poluentes com a participação de 180 países.

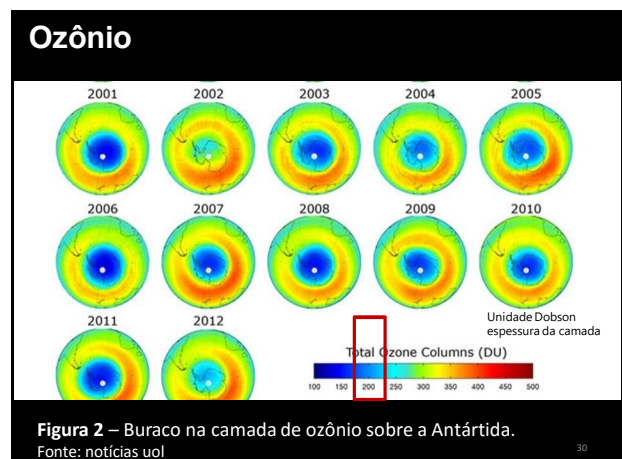
28

## Composição da Atmosfera

### Ozônio

Mais de 100 cientistas e 10 países trabalharam por 16 meses e concluíram que os CFCs são os maiores responsáveis pela destruição da camada de ozônio.

29



## Composição da Atmosfera

### Ozônio

Quando uma molécula de clorofluorcarboneto (CFC) é atingida por radiação ultravioleta (UV), a molécula se dissocia liberando cloro (Cl).

31

## Composição da Atmosfera

### Ozônio

Estima-se que um átomo de cloro seja capaz de destruir dezenas de milhares de moléculas de ozônio.

32

## Composição da Atmosfera

### Vapor d'água

Responsável pela formação das nuvens e fenômenos atmosféricos importantes (chuva, neve, orvalho).

Transporte de calor na atmosfera, conduzindo-o sob a forma latente.

33

## Vapor d'água

Atua como agente termorregulador, evitando flutuações muito intensas da temperatura do ambiente.

Fonte: phanphoan.com.vn/stockphoto

## Vapor d'água

Sua proporção na atmosfera determina o nível de **conforto ambiental**.

Fonte: phanphoan.com.vn/stockphoto

## Composição da Atmosfera

### Vapor d'água

De acordo com Organização Mundial de Saúde (OMS) o ideal é que ocorra uma variação entre 50 e 80%

36

## Composição da Atmosfera

### Vapor d'água



Índice de  
**UMIDADE DO AR**

- 40% a 30% - Observação
- 29% a 20% - Atenção
- 19% a 12% - Alerta
- Abaixo de 12% - Emergência

Fonte: Climatempo.com.br


37

## Composição da Atmosfera

### Dióxido de Carbono

Fotossíntese

Agente termorregulador ao absorver a radiação infravermelha.



Fonte: Paralelo 30

Figura 5 – Fotossíntese.

38

## Composição da Atmosfera

### Dióxido de Carbono

Excesso de dióxido de carbono.

Os reservatórios naturais de carbono e os sumidouros também estão sendo afetados por ações antrópicas.

39

## Composição da Atmosfera

### Dióxido de Carbono

Após a revolução industrial, as atividades antropogênicas resultaram em microerupções urbanas responsáveis pela injeção contínua de uma quantidade cada vez maior de gases e partículas.

40

## Composição da Atmosfera

### Dióxido de Carbono

Devido o solo possuir um estoque 2 a 3 vezes maior que o da atmosfera, **mudanças no uso da terra** podem ser importantes fontes de carbono para a atmosfera.

41

## Composição da Atmosfera

### Dióxido de Carbono

O monitoramento contínuo da concentração de CO<sub>2</sub> tem sido feito no Observatório de Mauna Loa, Havaí (no meio do oceano Pacífico), uma área isolada das grandes fontes industriais. Portanto, a concentração ali encontrada é representativa da tendência global.

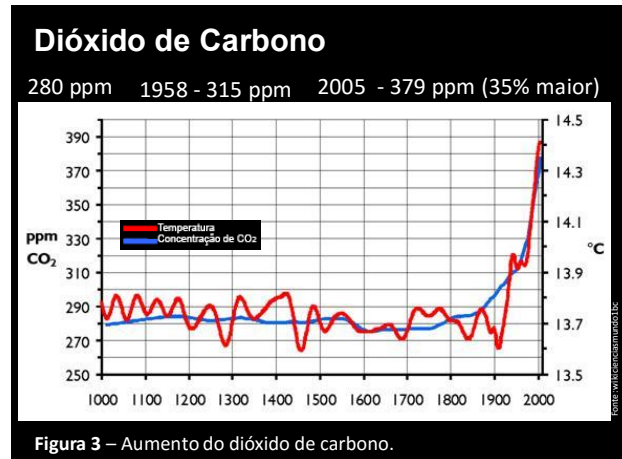
42

## Composição da Atmosfera

### Dióxido de Carbono

Resultados do Observatório de Mauna Loa revelaram, ainda na década de 50, que a concentração atmosférica de CO<sub>2</sub> estava aumentando.

43

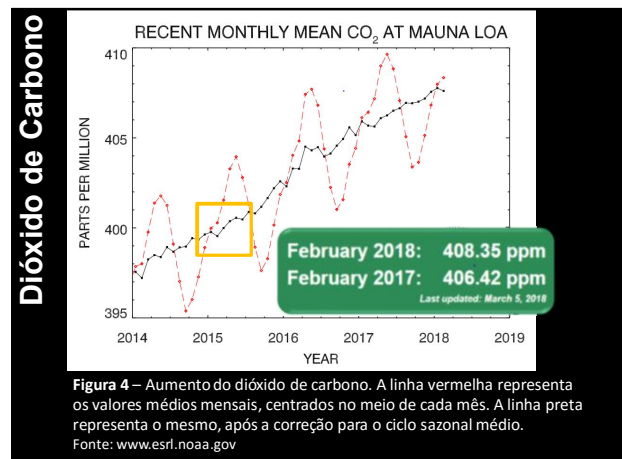


## Composição da Atmosfera

### Dióxido de Carbono

Em abril de 2014, as concentrações mensais de CO<sub>2</sub> na atmosfera ultrapassaram 400 partes por milhão (ppm) apenas no Hemisfério Norte, atingindo o nível mais alto dos últimos 800.000 anos, ressaltou a Administração Oceânica e Atmosférica Nacional (NOAA).

45



## Composição da Atmosfera

### Dióxido de Carbono

Estudos revelam que desde 150 mil anos atrás, os níveis de CO<sub>2</sub> mantiveram-se em cerca de 275 parte por milhão (ppm).

47

## Composição da Atmosfera

### Dióxido de Carbono

No final do século XX foram lançados anualmente para a atmosfera cerca de 7 bilhões de toneladas de CO<sub>2</sub>.

48



## Composição da Atmosfera

**Dióxido de Carbono**

Mas se o CO<sub>2</sub> faz parte do metabolismo das plantas e animais, qual é então a preocupação com o aumento em sua concentração?

} Absorção de radiação de ondas longas

49

## Efeito Estufa

É um fenômeno atmosférico natural, em que alguns gases que compõem a atmosfera funcionam como o vidro de uma estufa deixando passar a luz solar para o interior, porém, aprisionando o calor gerado dentro da estufa.

50

## Efeito Estufa

Mantém a temperatura do planeta nos limites adequados para a vida. Sem essa "manta" que retém o calor, a temperatura seria cerca de -18 °C.

51

## Efeito Estufa

Qual o principal gás estufa?

O vapor d'água é o principal "gás estufa", cuja quantidade contida no ar varia muito, no tempo e no espaço.

O segundo em importância é o CO<sub>2</sub>. Além desses existem o metano (CH<sub>4</sub>), ozônio (O<sub>3</sub>), e o óxido nitroso (N<sub>2</sub>O).

52

### Efeito estufa

**A** - A radiação solar atravessa a atmosfera. A maior parte da radiação é absorvida pela superfície terrestre e aquece-a.

**B** - Alguma da radiação solar é refletida pela Terra e atmosfera, de volta ao espaço.

**C** - Parte da radiação infravermelha (calor) é refletida pela superfície da terra, mas não regressa ao espaço, pois é refletida de novo e absorvida pela camada de gases de estufa que envolve o planeta. O efeito é o aquecimento da superfície terrestre e da atmosfera.

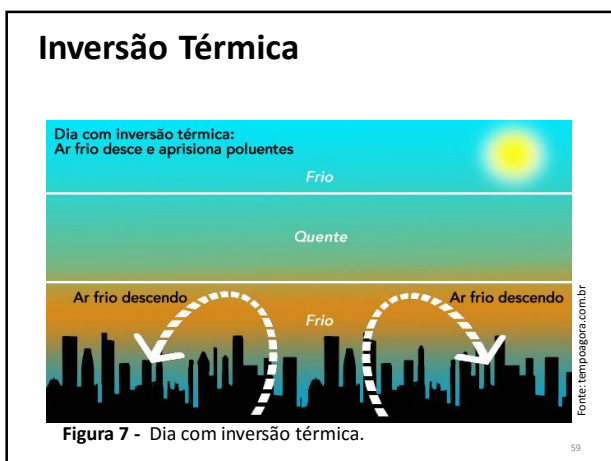
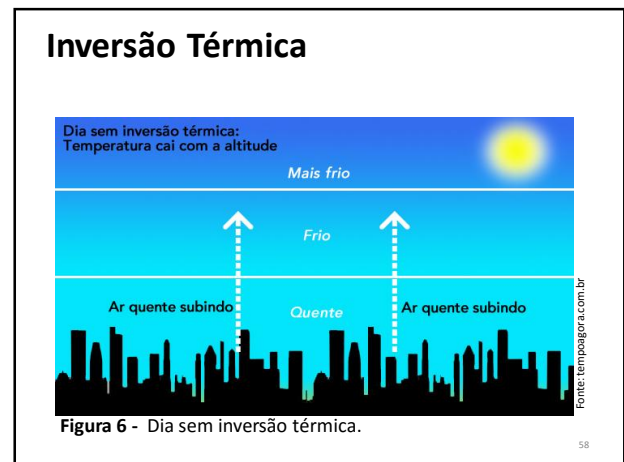
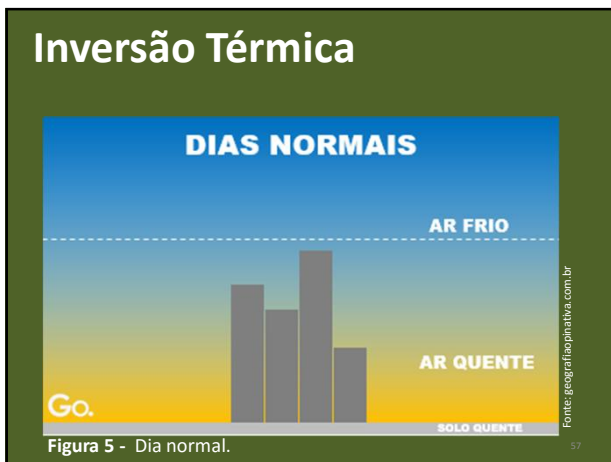
Gases atmosféricos	Porcentagem (%)
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	55
Clorofluorcarbono (CFC's)	20
Metano (CH <sub>4</sub> )	15
Óxido nitroso (N <sub>2</sub> O) e outros gases	10
<b>Total</b>	<b>100</b>

fonte: princípios da astronomia

### Efeito Estufa

Gases de Efeito Estufa – fontes, concentração, tempo de residência e poder de aquecimento em relação ao CO<sub>2</sub>

GÁS	FONTES DE EMISSÃO		CONCENTRAÇÃO		TEMPO DE RESIDÊNCIA NA ATMOSFERA	PODER DE AQUECIM.
	naturais	antropogênicas	1750	atual		
CO <sub>2</sub>	→Respiração → Decomposição de material orgânico	→queima combustíveis fósseis →mudanças na vegetação → queima de biomassa → fabricação de cimento	280 ppmv	370 ppmv	50 - 200 anos	1
CH <sub>4</sub>	→mat. orgânica em decomposição (pântanos, lagos e oceanos)	→combustíveis fósseis →fermentação entérica →arrozais inundados →dejetos animais →esgotos	700 ppbv	1800 ppb	12 - 17 anos	21
N <sub>2</sub> O	→oceanos, solos tropicais e temperados (bactérias)	→fertilizantes →indústria nylon, ac. nítrico →queima de biomassa e de combustíveis fósseis →modificação do uso do solo →conversão catalítica (carros)	275 ppbv	310 ppbv	120 anos	310
CFCs		→propelentes, solventes, refrigeração, espumas	0	ordem de pptv	13 - 102 anos	acima de 10.000



### Inversão Térmica

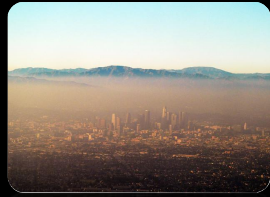
A inversão térmica ocorre quando há uma mudança abrupta de temperatura devido à inversão das camadas de ar frias e quentes.

Esse fenômeno ocorre principalmente nos grandes centros urbanos, regiões onde o nível de poluição é muito elevado.

60

## Inversão Térmica

A camada de ar fria, por ser mais pesada, fica numa região próxima a superfície terrestre, retendo os poluentes. O ar quente, por ser mais leve, fica numa camada superior, impedindo a dispersão dos poluentes.



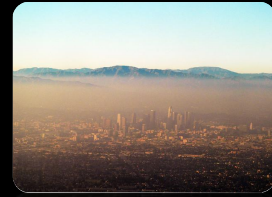
Fonte: reddit.com

61

## Inversão Térmica

Ocorre em qualquer dia do ano, porém é no **inverno** que ele é mais comum.

Por quê?



Fonte: reddit.com

62

## Inversão Térmica

Por causa da perda de calor o ar próximo à superfície fica mais frio.

Nesta época as chuvas são raras, dificultando ainda mais a dispersão dos poluentes.



Fonte: reddit.com

63

## Inversão Térmica

É importante ressaltar que a inversão térmica é um fenômeno natural, sendo registrada em áreas rurais e com baixo grau de industrialização.

Os efeitos nocivos se devem ao lançamento de poluentes na atmosfera, o que é muito comum nas grandes cidades.

64

## Inversão Térmica

Quais são as consequências ?

Doenças respiratórias, irritação nos olhos e intoxicações são algumas das consequências da concentração de poluentes na camada de ar próxima ao solo.

65

## Inversão Térmica

**Elenque soluções para diminuir a retenção de poluentes pela atmosfera**

66

## Inversão Térmica

Adoção de políticas ambientais eficientes que visem diminuir o nível de **poluição do ar** nos grandes centros urbanos.

A substituição de combustíveis fósseis por **biocombustíveis** ou **energia elétrica** poderia reduzir esse problema.

67

## Atividade 2

Pesquisar sobre a estrutura vertical da atmosfera

68

## Estrutura Vertical da Atmosfera



## Estrutura Vertical da Atmosfera

É extremamente variável devido à inúmeros aspectos:

- Composição
- Temperatura
- Umidade
- Pressão

70

## Troposfera

Primeira camada que cerca a Terra.

Altitude aproximada de 15 km.

Nela encontramos 80% da massa atmosférica.

Onde ocorrem os fenômenos meteorológicos.

A medida que ganhamos altitude diminui a temperatura (0,65 °C/100m).



## Estratosfera

Local onde encontramos a camada de ozônio.

Altitude aproximada de 50 km.

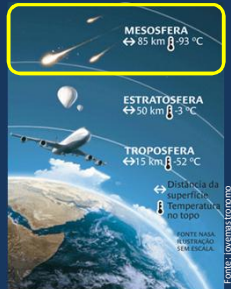
A medida que ganhamos altitude a temperatura aumenta, atingindo, no topo, valores máximos próximos de -3 °C.

Formação do ozônio libera energia



## Mesosfera

Esta camada é aquecida por baixo (pela camada de ozônio). Neste caso, a temperatura decrescerá a uma taxa de  $3,5^{\circ}\text{C}/\text{km}$  atingindo, no topo da camada - 85 km de altitude, o valor mais baixo de toda a atmosfera,  $-93^{\circ}\text{C}$ .



## Termosfera

A partir de 85 km de altura, estende-se por centenas de quilômetros em direção ao espaço.

A noção de temperatura é imprecisa, devido à rarefação das moléculas, mas, estima-se que varia de 226 a  $1.727^{\circ}\text{C}$ .



## Ionosfera

Localizada entre as altitude de 80 km a 900 km (na Termosfera).

Possui uma concentração relativamente alta de íons, esses íons tem grande importância na transmissão de ondas de rádio.



## Ionosfera

Região em que orbitam os satélites artificiais.



## Estrutura Vertical da Atmosfera

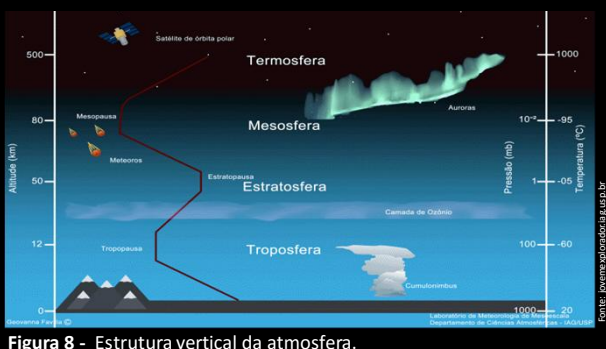


Figura 8 - Estrutura vertical da atmosfera.

## Sinais Vitais da Humanosfera

Fernando Reinach. Estadão - SP, 14.02.2015 (Science)

Qual o intervalo no qual precisamos nos preocupar em tentar "curar" o planeta e qual o valor a partir do qual a vida na Terra fica impossível?



## Sinais Vitais da Humanosfera

Mudanças climáticas  
 Integridade da biosfera  
 Composição da estratosfera  
 Acidificação dos oceanos  
 Fluxos biogeoquímicos  
 Cobertura dos solos  
 Uso de água doce  
 Quantidade de aerossóis na atmosfera

79

## Sinais Vitais da Humanosfera

Os cientistas definiram valor normal (predominou nos últimos 11.700 anos) e o atual.

### Mudanças climáticas

CO<sub>2</sub> Normal – 350 ppm  
 Atenção – 350 a 450 ppm  
 Atual (2015) – 398,5 ppm



Fonte: mundoboticario.com

80

## Sinais Vitais da Humanosfera

### Integridade da biosfera

Diversidade genética –  
 extinção de espécies  
 Normal – 10 espécies  
 extintas por milhão de  
 espécies por ano.  
 Atenção – 10 e 100.  
 Atual – 100 e 1.000.



81

Fonte: infocsa.com

## Sinais Vitais da Humanosfera

### Uso de água doce

Normal – 4.000 km<sup>3</sup> por ano  
 Atual – 2.600 km<sup>3</sup> por ano



Dy: R. S. Aguiar

## Referências

AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand Brasil, 2003.

FISCHER, G. R. **Notas de aula de Climatologia**, 2011.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Ed. Oficina de Textos, 2007.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981.

83

Climatologia - UNH

## Referências

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações**. Guaíba: Agropecuária, 2002.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e climatologia**. Versão digital 2, Recife, 2006.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia Básica e Aplicações**. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2012.

84

Climatologia - UNH