

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA  
Disciplina: Climatologia Geográfica I**

## Unidade II

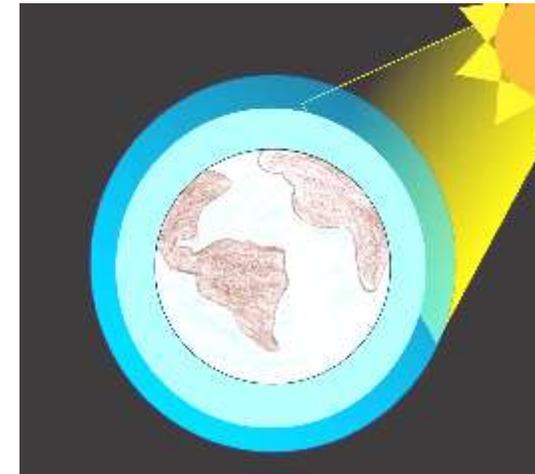
# Controle primário do tempo e clima – parte 2

Patricia M. P. Trindade; Waterloo Pereira Filho.

**LABGEOTEC**  
LABORATÓRIO DE GEOTECNOLOGIAS

# Atmosfera

- É o conjunto de gases, vapor d'água e partículas que envolve a Terra. Estes elementos formam o que chamamos de AR.
- Não existe limite superior para a atmosfera, no entanto verifica-se que a partir do aumento da altitude o ar fica mais rarefeito. Na meteorologia considera-se que a atmosfera apresenta aproximadamente **80 - 100 km** de espessura.

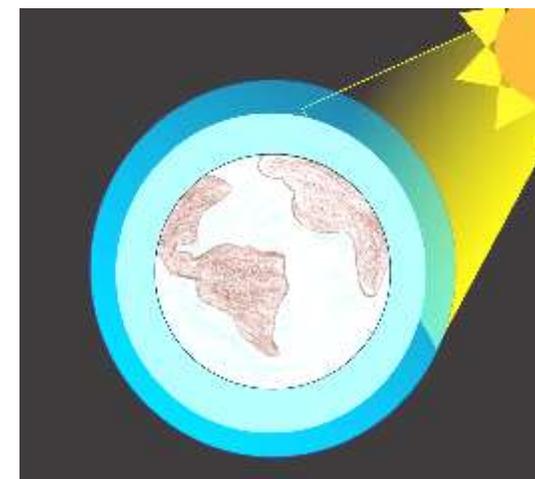


# Atmosfera: principais gases

Gás	Volume % (ar seco)
Nitrogênio (N <sub>2</sub> )	78,08
Oxigênio (O <sub>2</sub> )	20,94
Argônio (Ar)	0,93
Bióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	0,03 (variável)
Neônio (Ne)	0,0018
Hélio (He)	0,0005
Ozônio (O <sub>3</sub> )	0,00006
Hidrogênio (H)	0,00005
Criptônio (Kr)	Indícios
Xenônio (Xe)	Indícios
Metano (Me)	Indícios

Composição média da atmosfera abaixo de 25 Km segundo Barry e Chorley, 1976.

Fonte: Ayoade, 1998.



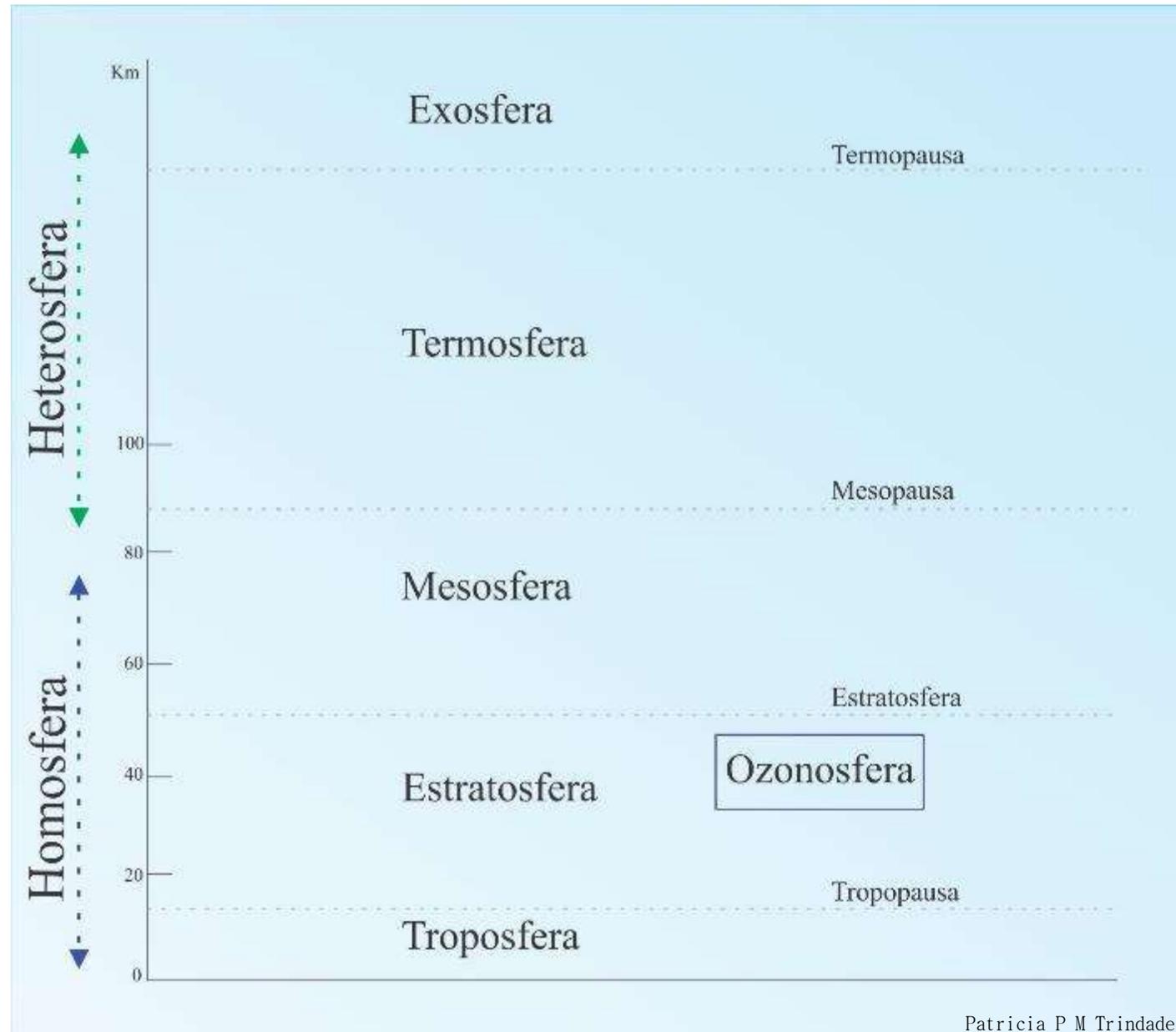
# Estrutura da atmosfera: principais gases

- Nitrogênio: não desempenha nenhum papel relevante referente aos processos químicos e energéticos próximo à superfície terrestre, mas na alta atmosfera absorve energia solar de comprimentos de onda menores (UV);
- Oxigênio: possibilita a vida aeróbica na terra e também a disponibilidade de ozônio na atmosfera.

# Estrutura da atmosfera: principais gases

- Vapor d'água: interfere na distribuição da temperatura. (1º- participa nos processos de absorção e emissão de calor sensível pela atmosfera; 2º- é um veículo de energia quando transfere calor latente da evaporação de uma região para outra.
- Dióxido de carbono: essencial na fotossíntese. Por absorver a radiação de onda longa que a Terra emite, ele influencia no fluxo de energia através da atmosfera ocasionando a retenção de energia na baixa atmosfera, assim torna a vida própria na Terra.

# Estrutura da atmosfera

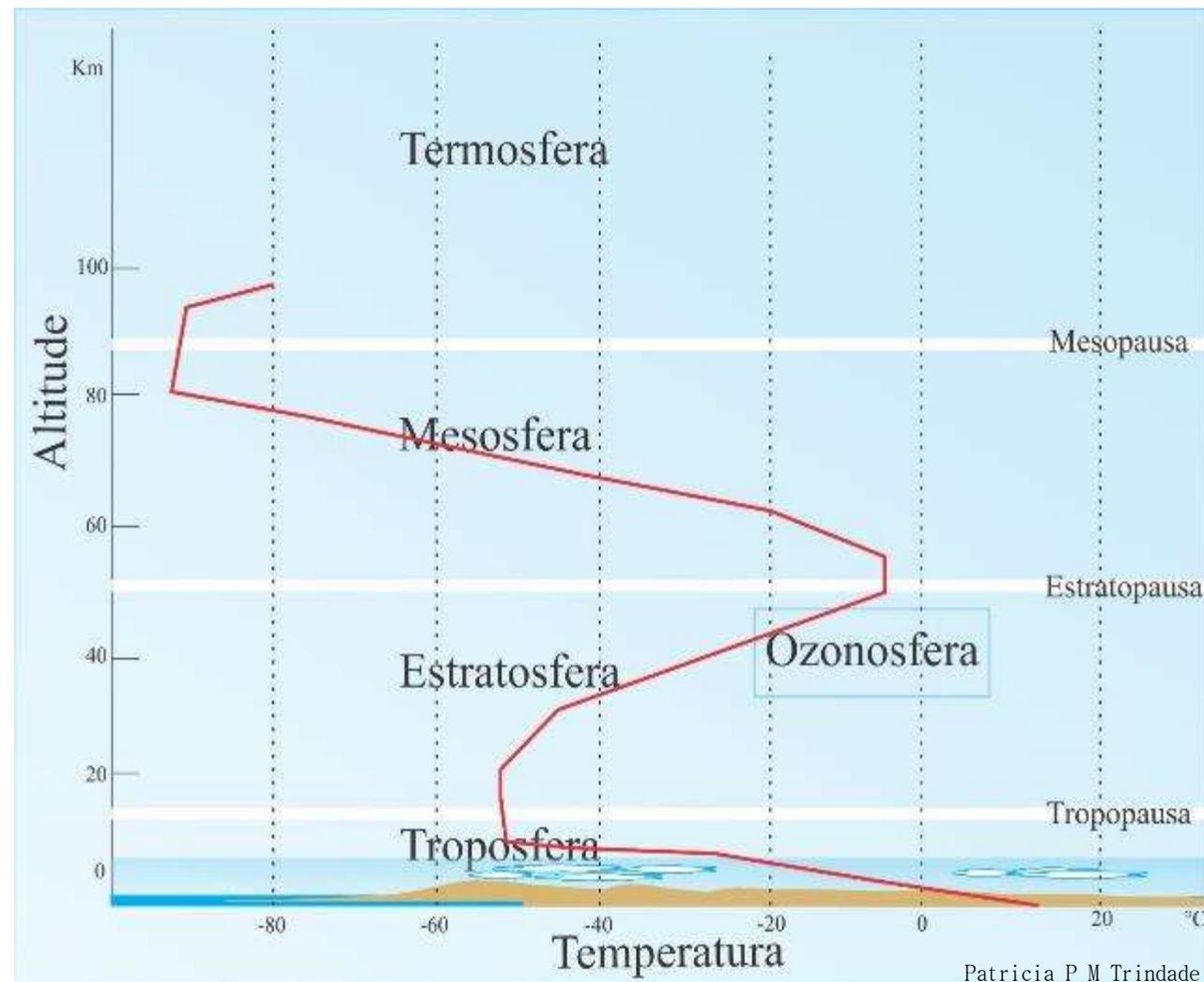


# Estrutura da atmosfera

## Troposfera

- É a camada mais baixa da atmosfera e contem cerca de 75% da massa gasosa total da atmosfera e a totalidade de vapor d'água e aerossóis.
- É a camada da atmosfera onde os fenômenos do tempo e turbulências mais ocorrem.
- Maior espessura sobre a região equatorial (10°N e 15°S)  
Na tropopausa temperaturas mais baixas (-80°C).

Ayoade, 1998.

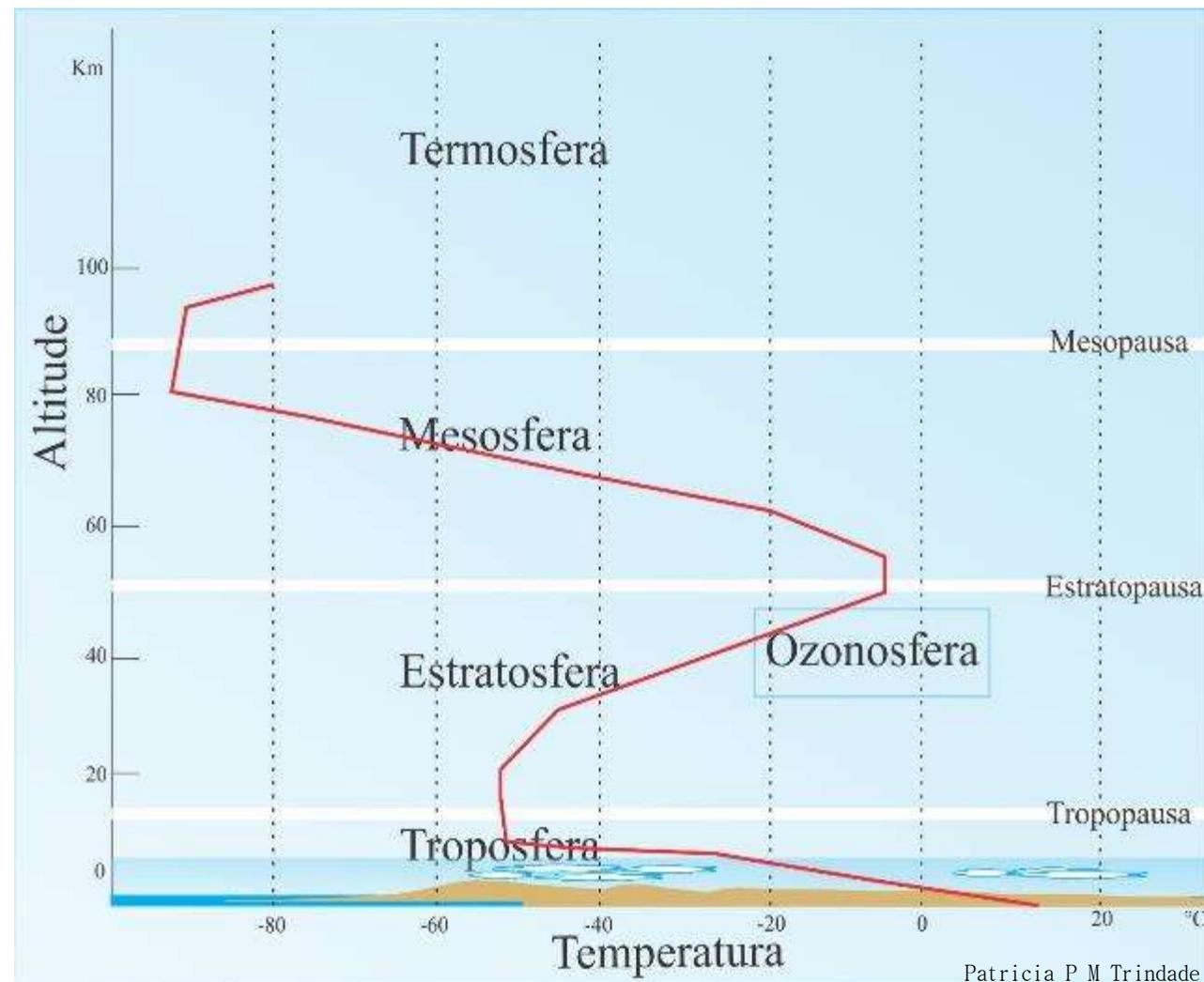


Patricia P M Trindade

# Estrutura da atmosfera

## Troposfera

- Menor espessura sobre a região polar ( $66^{\circ}$ - $90^{\circ}$  HN e HS)  
Na tropopausa temperaturas mais altas ( $-60^{\circ}\text{C}$ )
- A temperatura diminui cerca de  $6,5^{\circ}\text{C}$  a cada 1 Km, fenômeno denominado **gradiente térmico**. À semelhança da temperatura, a pressão e a densidade diminuem com a altitude.



# Estrutura da atmosfera

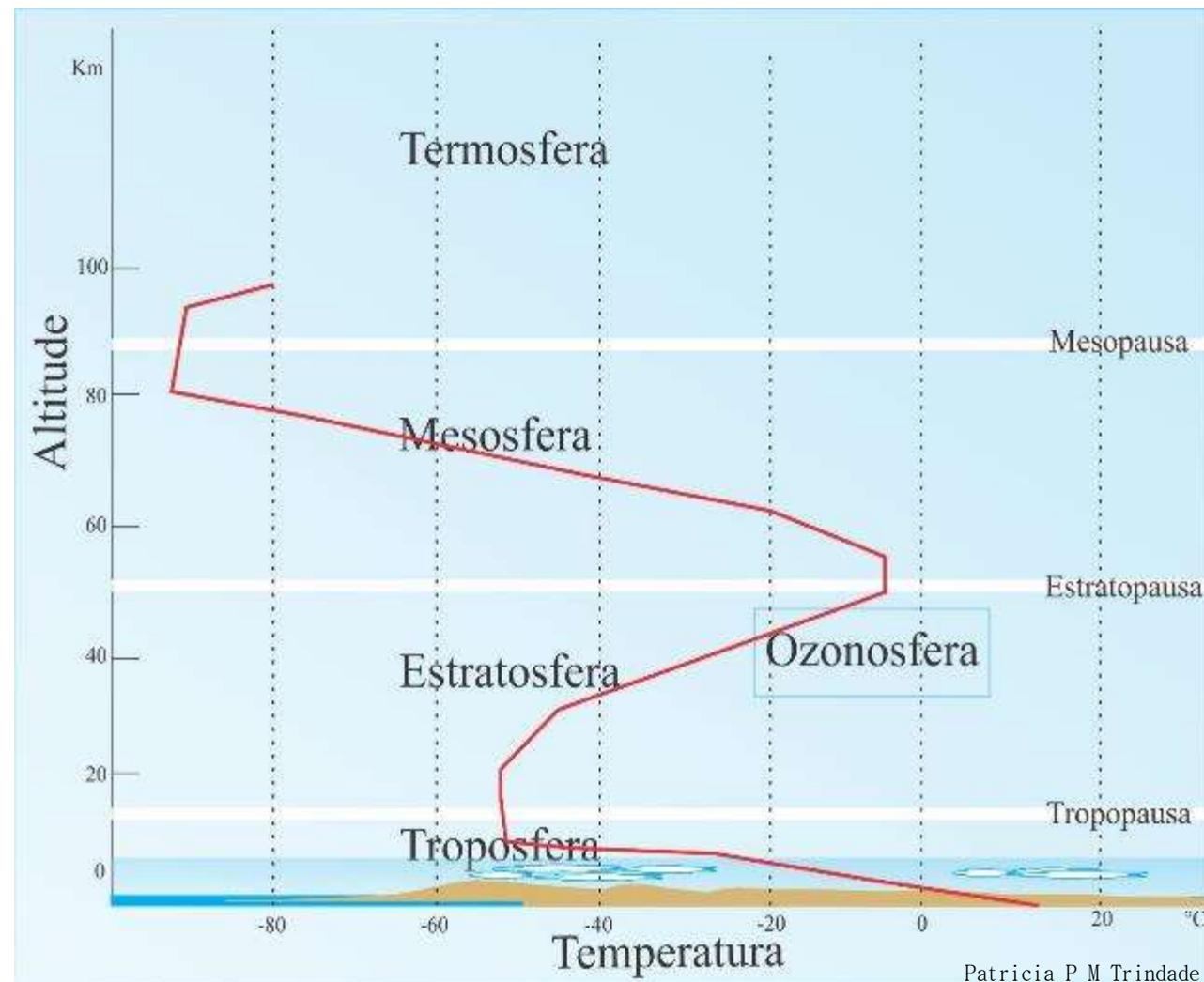
## Troposfera

Causas da diferença de espessura...

- Movimentos convectivos (correntes ascendentes de ar) permanentes na região equatorial = transporte de ar para níveis mais altos.
- Movimentos descendentes de ar e permanentes sobre a região polar (deslocamento de ar dos níveis superiores da atmosfera para a superfície).
- Força centrífuga (é maior no equador) e a gravidade terrestre (maior na região polar).

Ayode, 1998.

Varejão-Silva, 2006



Patricia P M Trindade

# Estrutura da atmosfera

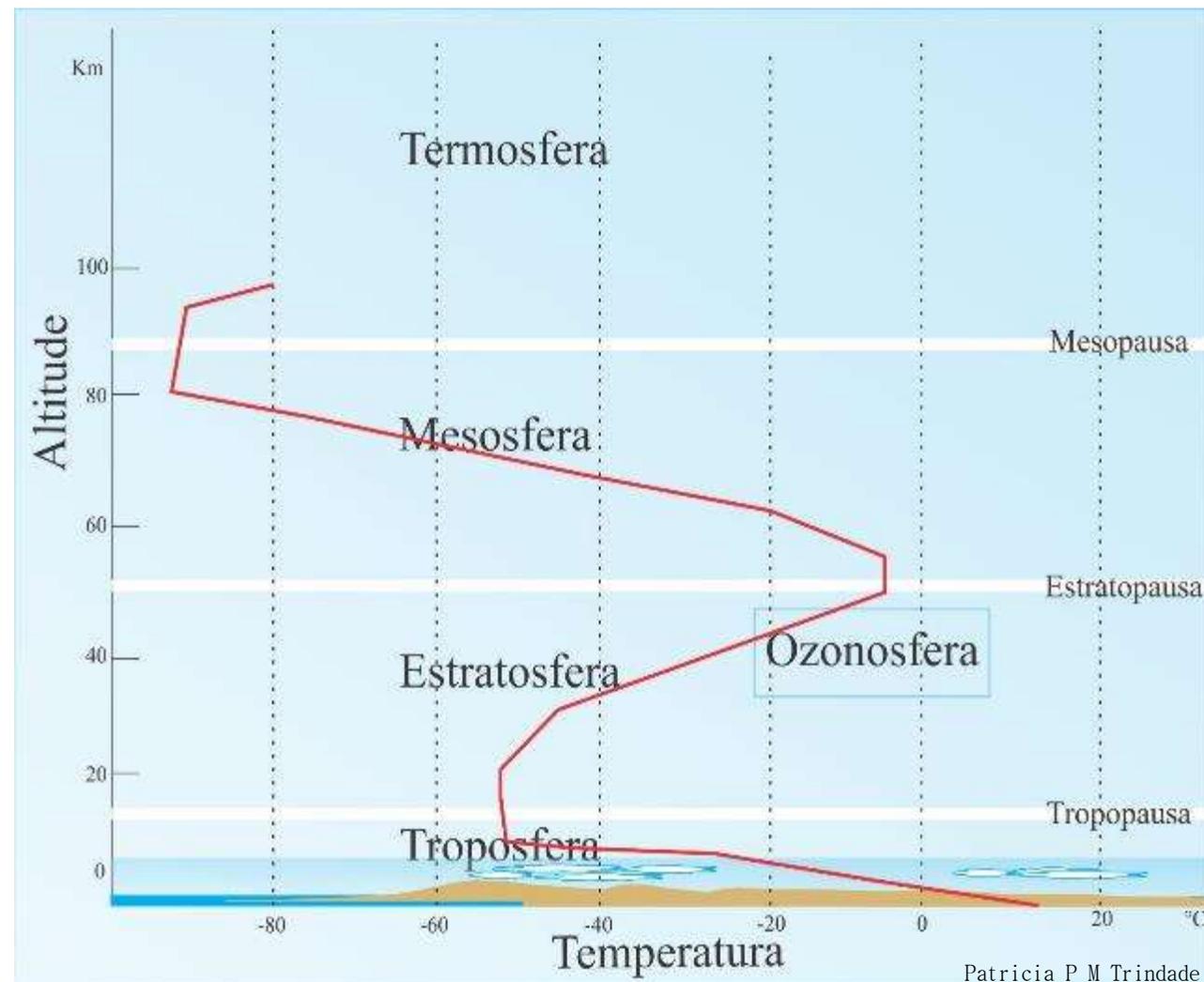
## Estratosfera

É a segunda principal camada da atmosfera e estende-se até 50 km acima do solo.

A temperatura aumenta com a altitude.

Como a densidade de ar é menor, a absorção de radiação pelo ozônio produz um aumento na temperatura.

Ayoade, 1998.



Patricia P M Trindade

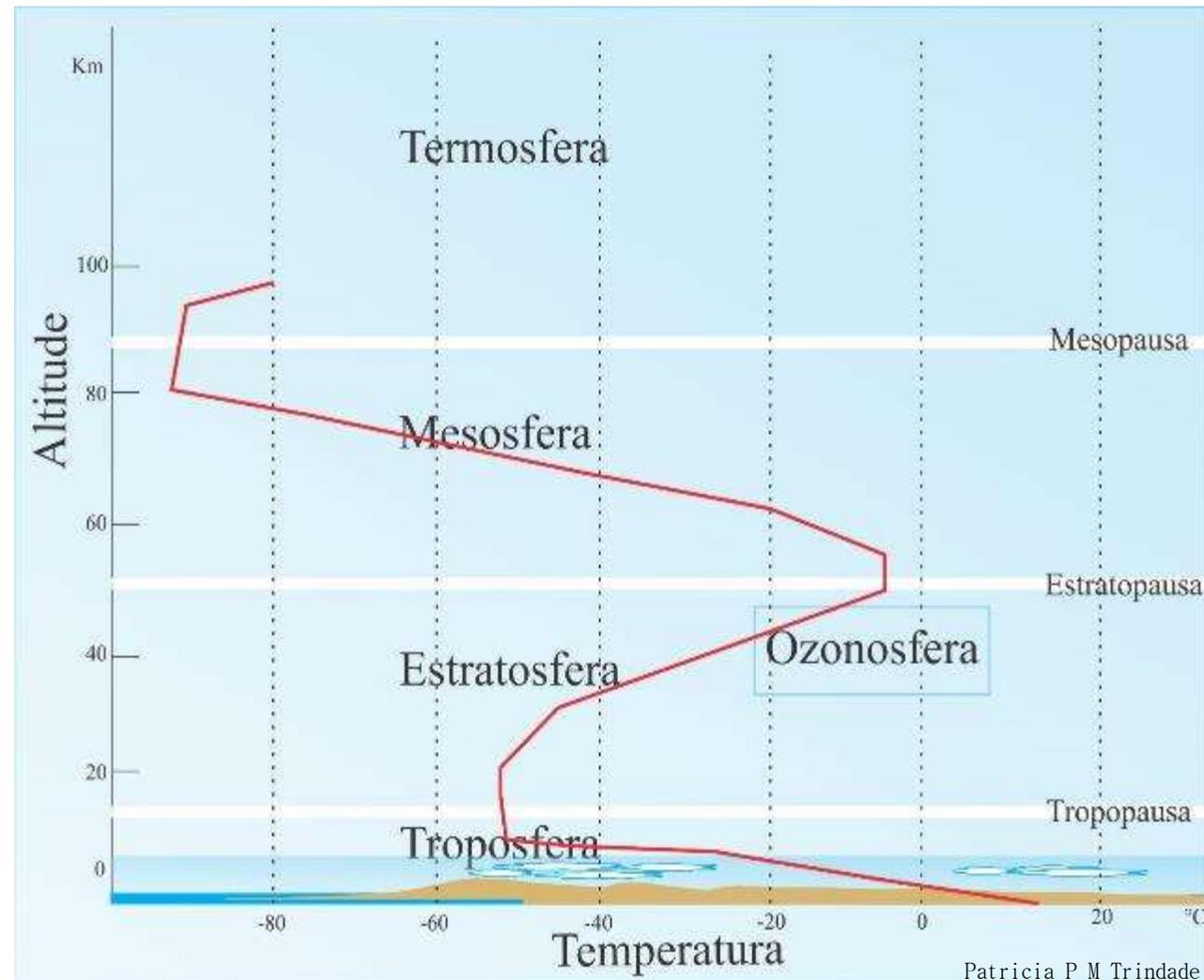
# Estrutura da atmosfera

## Estratosfera

Contem a maior parte do ozônio da atmosfera.

A concentração máxima de ozônio ocorre em aproximadamente 22 Km de altitude. **Ozonosfera.**

Ayoade, 1998.



Patricia P M Trindade

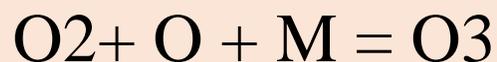
# Estrutura da atmosfera

## Estratosfera - Ozonosfera

Máxima concentração de O<sub>3</sub> +- 35 Km

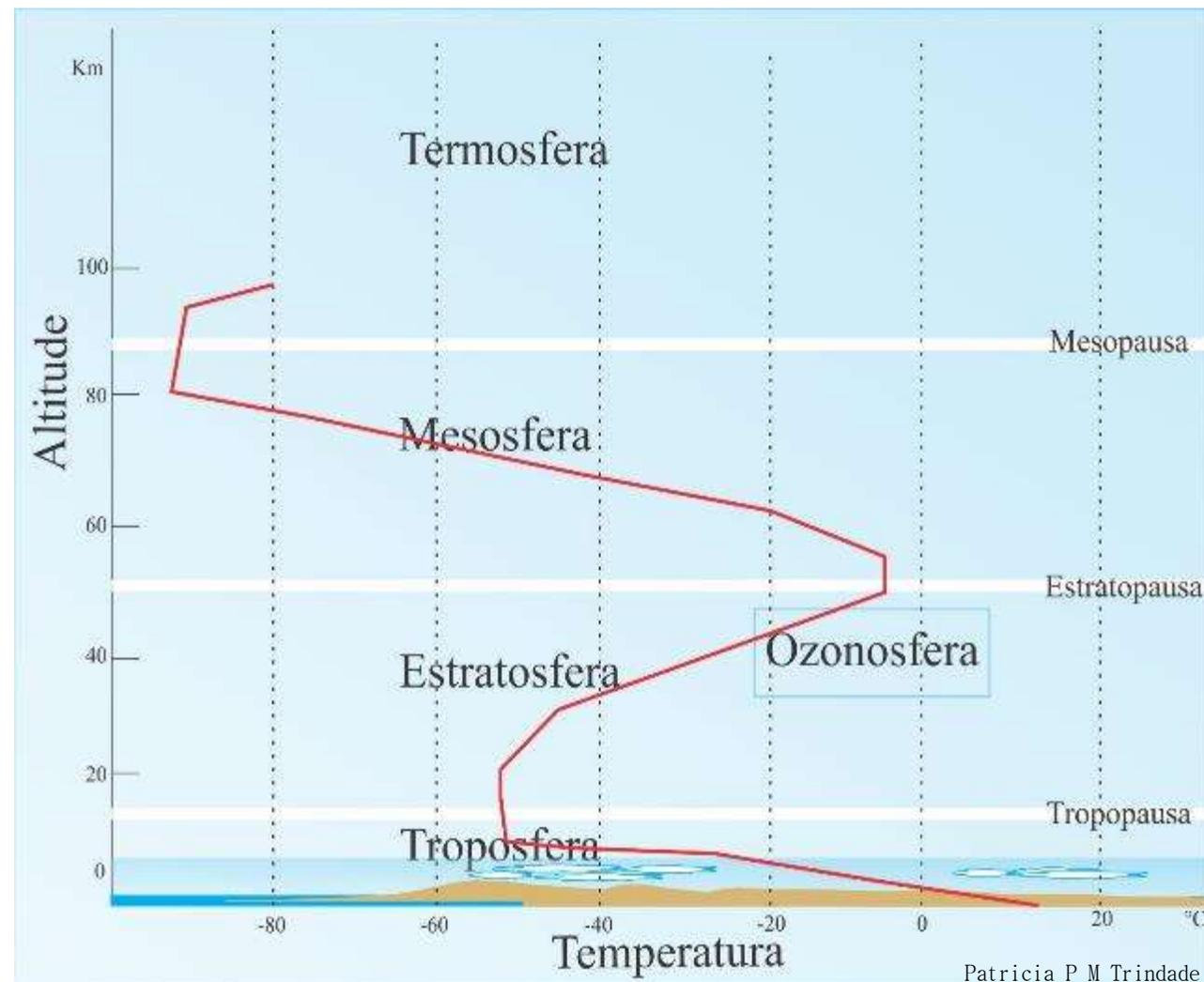
Os átomos de oxigênio molecular (O<sub>2</sub>), na alta atmosfera, ao absorver energia UV do sol dissocia-se contribuindo para a formação do O<sub>3</sub>.

Para tanto:



A molécula M de um gás qualquer é necessária para absorver a energia liberada na combinação, assim o produto final fica estável (Fleag e Bussinger, 1963).

Ayoade, 1998.



Patricia P M Trindade

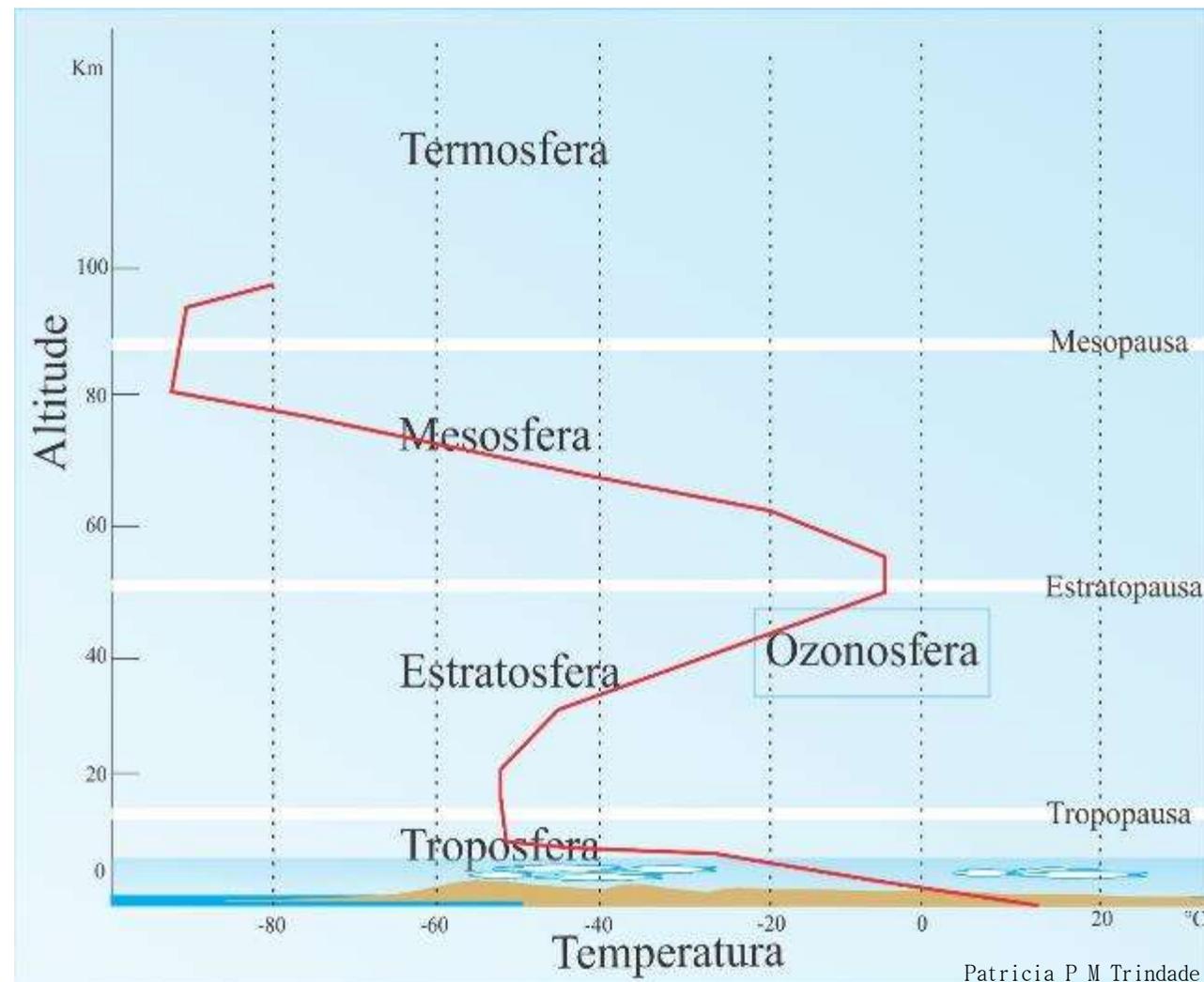
# Estrutura da atmosfera

## Estratosfera - Ozonosfera

Aumento da temperatura com a altitude

Causa:

- Absorção do UV pelo O<sub>2</sub> – dissociação ou rompimento da molécula O<sub>2</sub>
  - Recombinação do Oxigênio em O<sub>3</sub> – energia calorífica
- Ayoade, 1998.

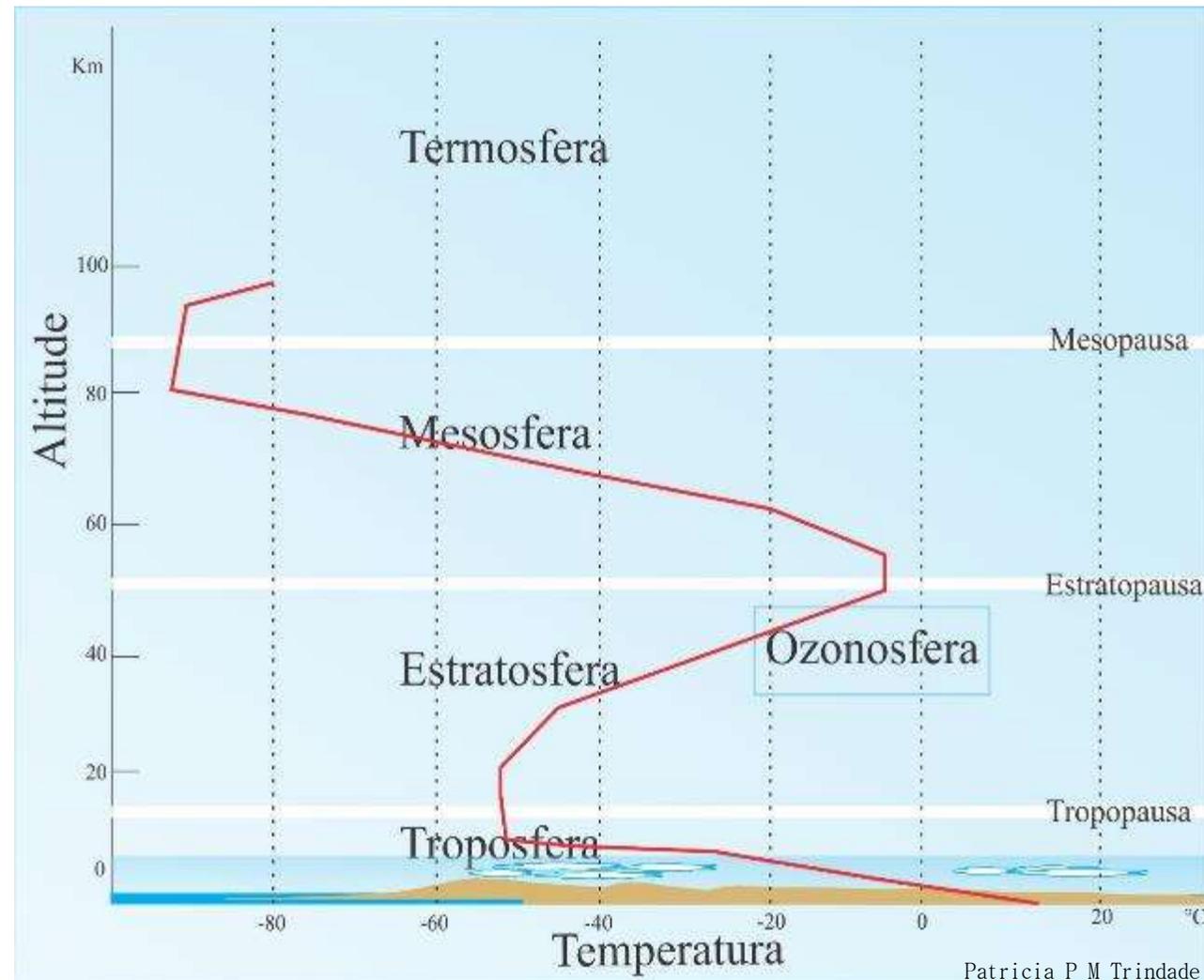


# Estrutura da atmosfera

## Mesosfera

- Temperatura diminui com a altitude e chega até  $-90^{\circ}\text{C}$  nos 80 Km.
- A pressão atmosférica é muito baixa, diminui de um mb, na base da mesosfera aos 50 Km acima do solo, até 0,01 mb próximo aso 90 Km.

Ayoade, 1998.



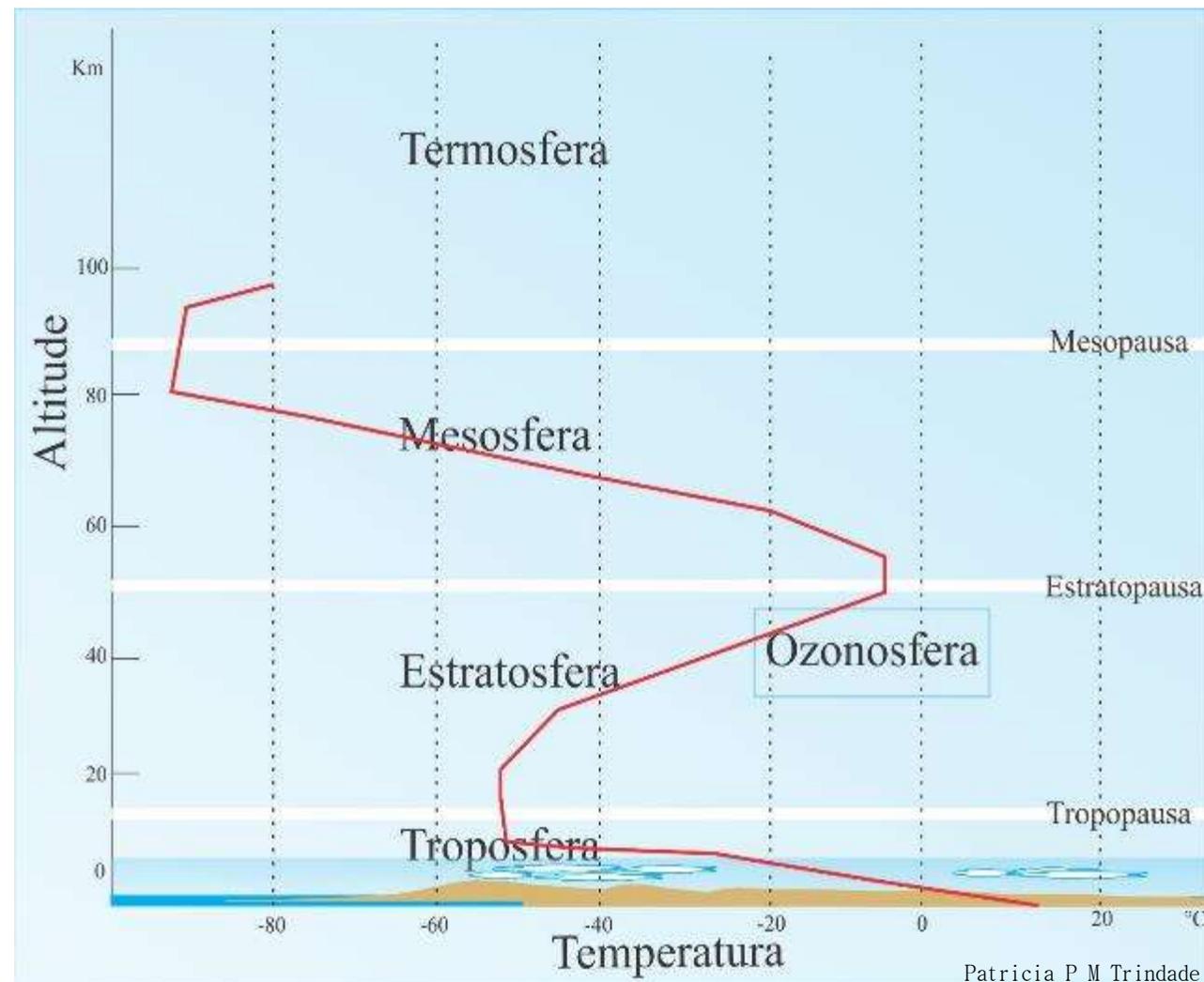
Patricia P M Trindade

# Estrutura da atmosfera

## Termosfera

- Temperatura aumenta com a altitude devido a absorção dos raios UV pelo oxigênio.
- A atmosfera é muito rarefeita.
- Acima de 100 Km é afetada pelos raios-X e UV provocando a ionização ou carregamento elétrico. IONOSFERA.

Ayoade, 1998.

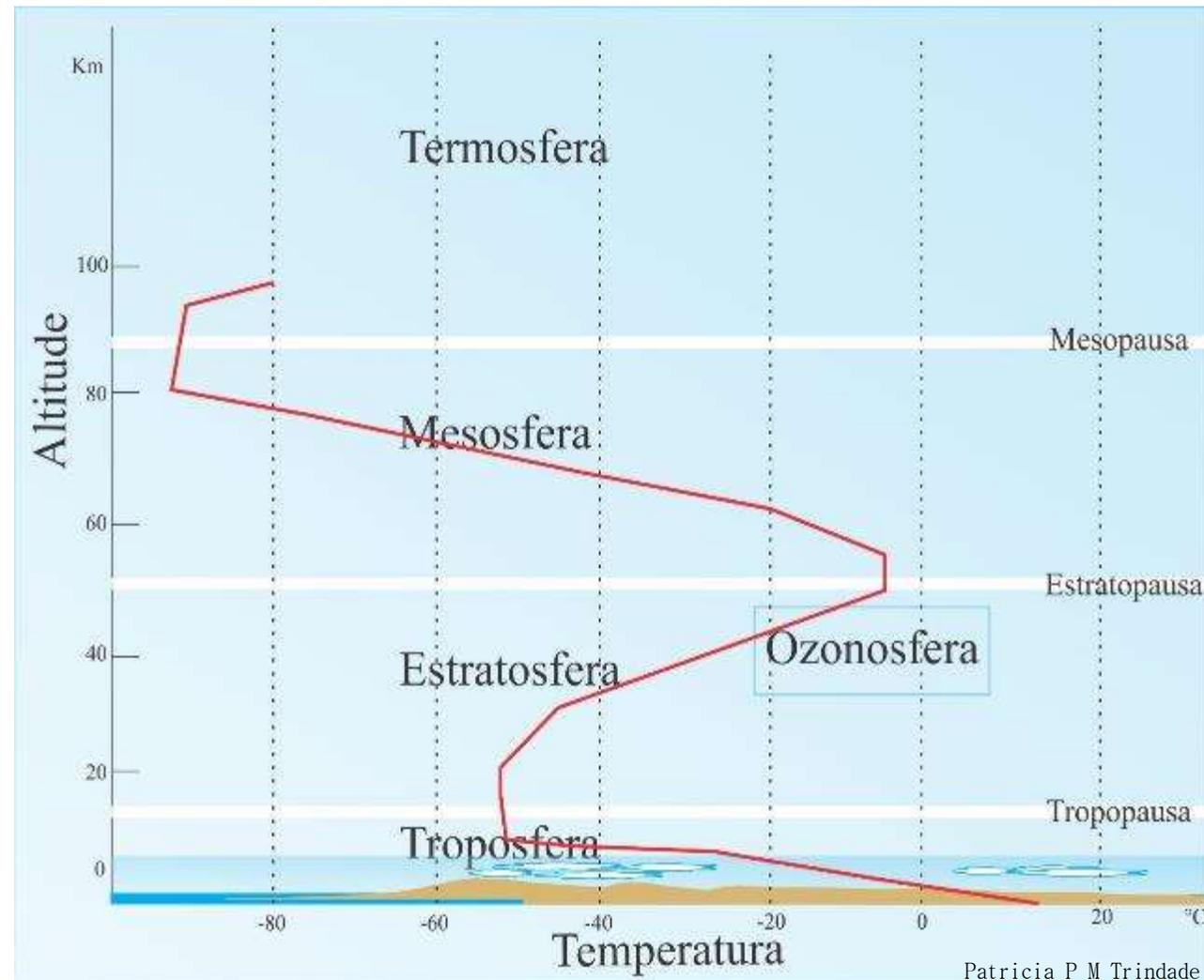


Patricia P M Trindade

# Estrutura da atmosfera

## Exosfera

- Estende-se entre 500 e 750 Km da superfície terrestre.
- Os átomos de hidrogênio, oxigênio e hélio formam uma atmosfera muito tênue.

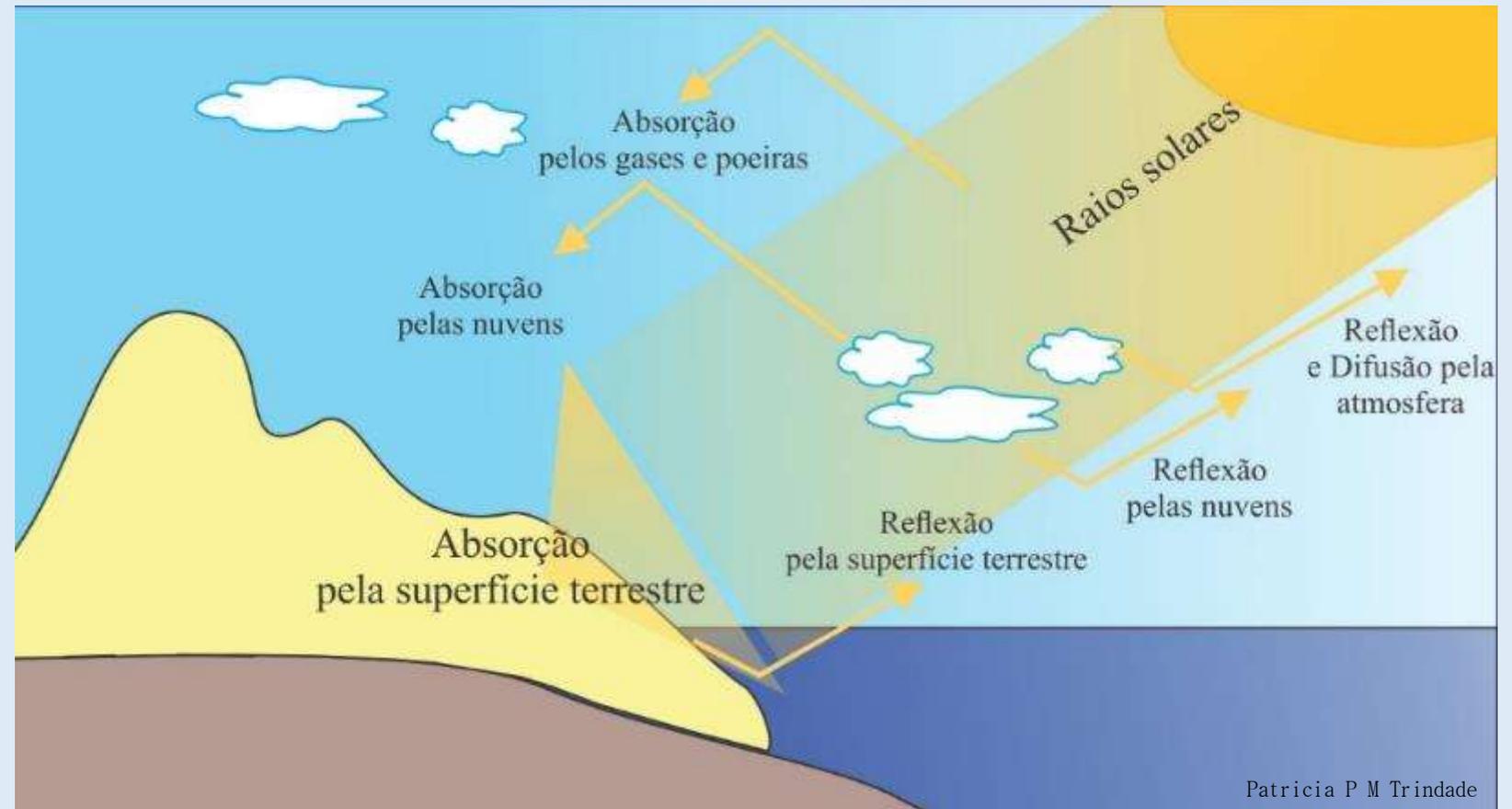


Patricia P M Trindade

# O papel da atmosfera no balanço de energia

A radiação eletromagnética total que chega no topo da atmosfera sofre três processos principais:

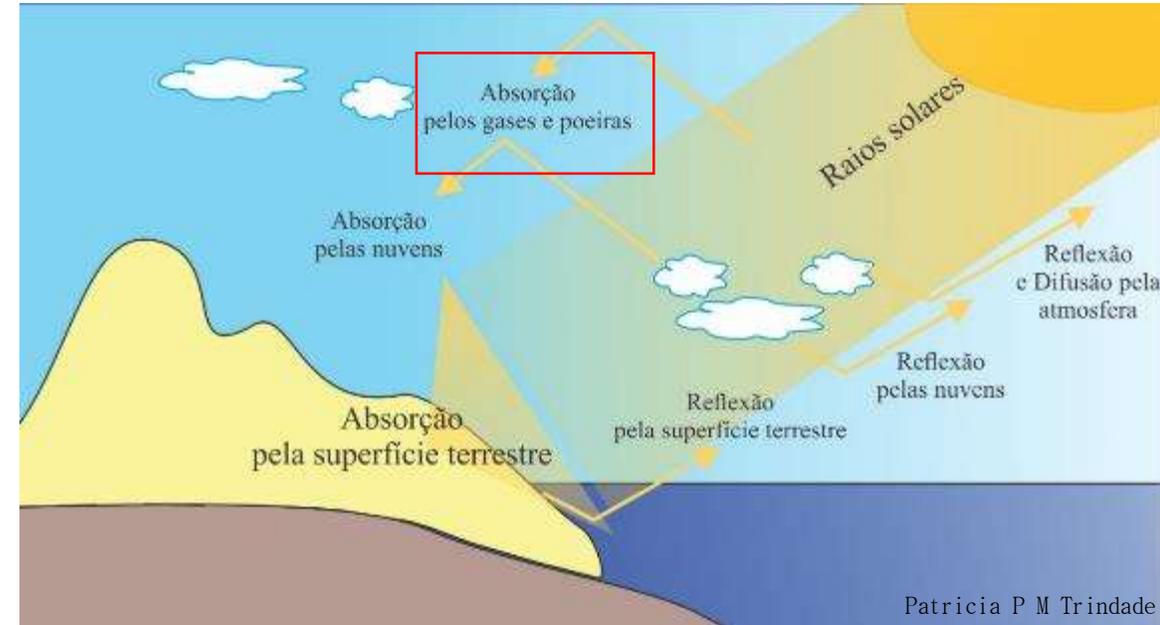
- Absorção (18%)
- Difusão (15%)
- Reflexão (25%)



# O papel da atmosfera no balanço de energia

## Absorção

A REM ao se propagar pela atmosfera é absorvida seletivamente pelos seus vários constituintes: no UV e Visível, o ozônio é o principal atenuador por absorção, enquanto que no infravermelho o vapor d'água são o dióxido de carbono.

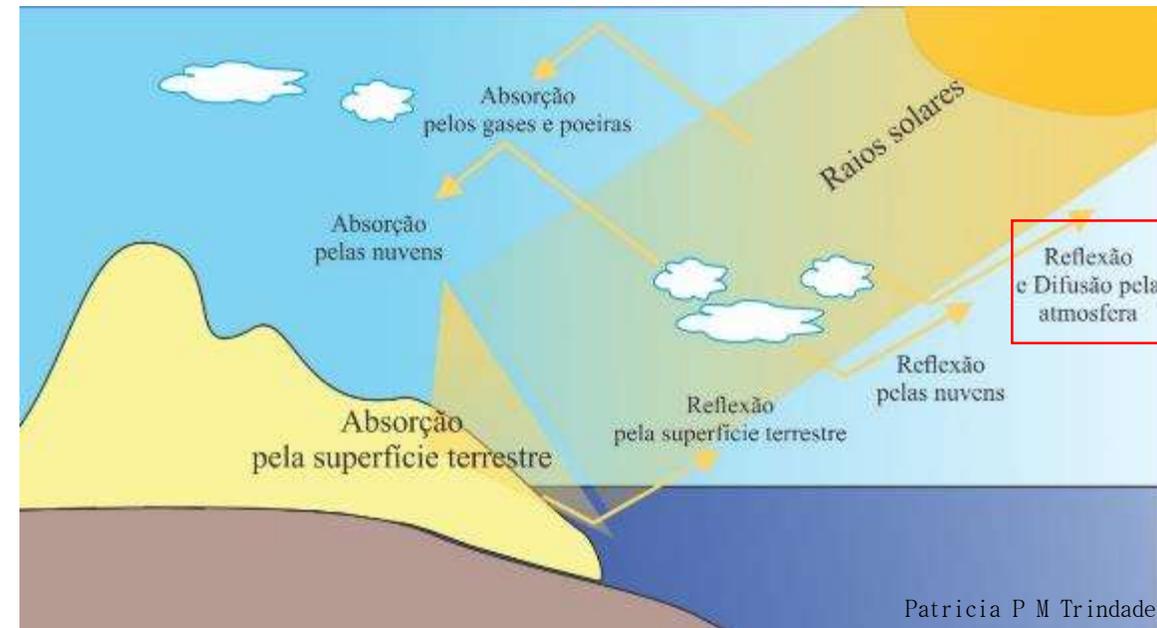


# O papel da atmosfera no balanço de energia

## Difusão

Os constituintes atmosféricos (poeira, gases e água) difundem a REM em todas as direções. Assim:

- Parte da energia difundida é enviada para o espaço;
- E outra parte atinge a superfície terrestre (radiação difusa).

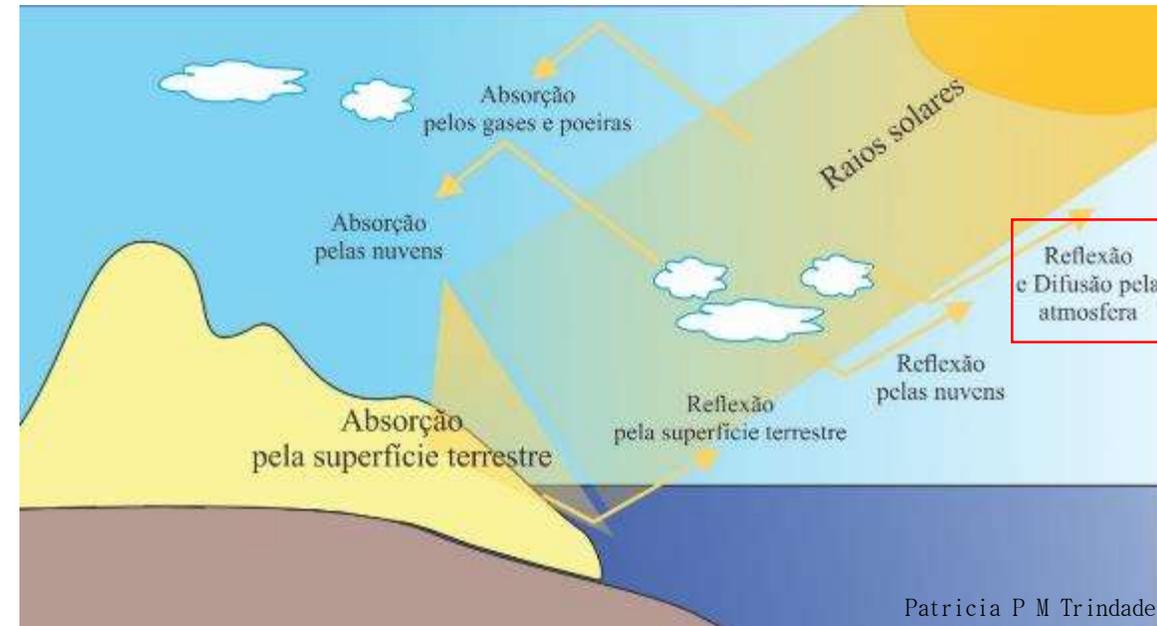


# O papel da atmosfera no balanço de energia

## Difusão

A insolação é difundida por vapor d'água, moléculas de ar e partículas suspensas na atmosfera.

Cerca de 6% da radiação que atinge a atmosfera é difundida para baixo e atinge a superfície como radiação difusa.



# O papel da atmosfera no balanço de energia

## Difusão

Difusão seletiva **Rayleigh** – quando comprimentos de onda mais curtos são afetados pela difusão. Ocorre quando o diâmetro das partículas são menores que os comprimentos de onda da radiação solar.

Os comprimentos de onda do **violeta e azul** são espalhados do que os maiores comprimentos de onda, como laranja e vermelho.

Moléculas de gás – 2 a 8 Km acima do solo.



# O papel da atmosfera no balanço de energia

## Difusão

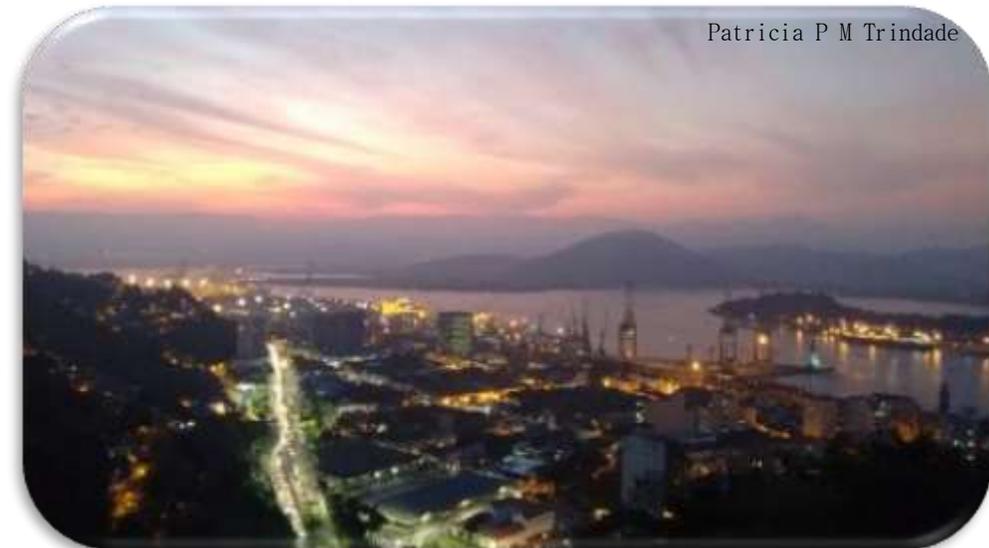
Difusão seletiva **Mie** – ocorre nos 4,5 Km inferiores da atmosfera, onde se encontra as partículas (aerossóis) com diâmetros iguais ao do tamanho dos comprimentos de onda.

Os comprimentos de onda são maiores, e quanto mais partículas em suspensão (fumaça, poeira) mais os comprimentos de onda violeta e azul serão removidos e apenas os **laranjas e vermelhos** serão percebidos pela visão.

Fonte: Jensen, 2009.



Patricia P M Trindade



Patricia P M Trindade

# O papel da atmosfera no balanço de energia

## Difusão

Difusão **não-seletiva** – ocorre nas porções mais baixas da atmosfera. Onde estão as partículas 10 x maiores que os comprimentos de onda da radiação.

Todos os comprimentos de onda são espalhados.

As gotículas de água que formam nuvens e nevoeiros espalham todos os comprimentos de onda da luz visível, por isso as nuvens são brancas.

Fonte: Jensen, 2009.



Patricia P M Trindade



Patricia P M Trindade

# O papel da atmosfera no balanço de energia

## Difusão

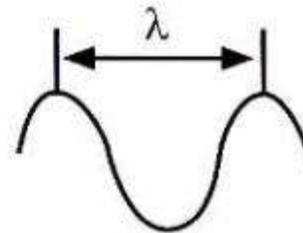
### Espalhamento Atmosférico

#### Espalhamento Rayleigh

a.  Molécula de gás

#### Espalhamento Mie

b.  diâmetro Fumaça, poeira



Fóton de energia eletromagnética modelado como uma onda

#### Espalhamento Não-seletivo

c.  Vapor d'água

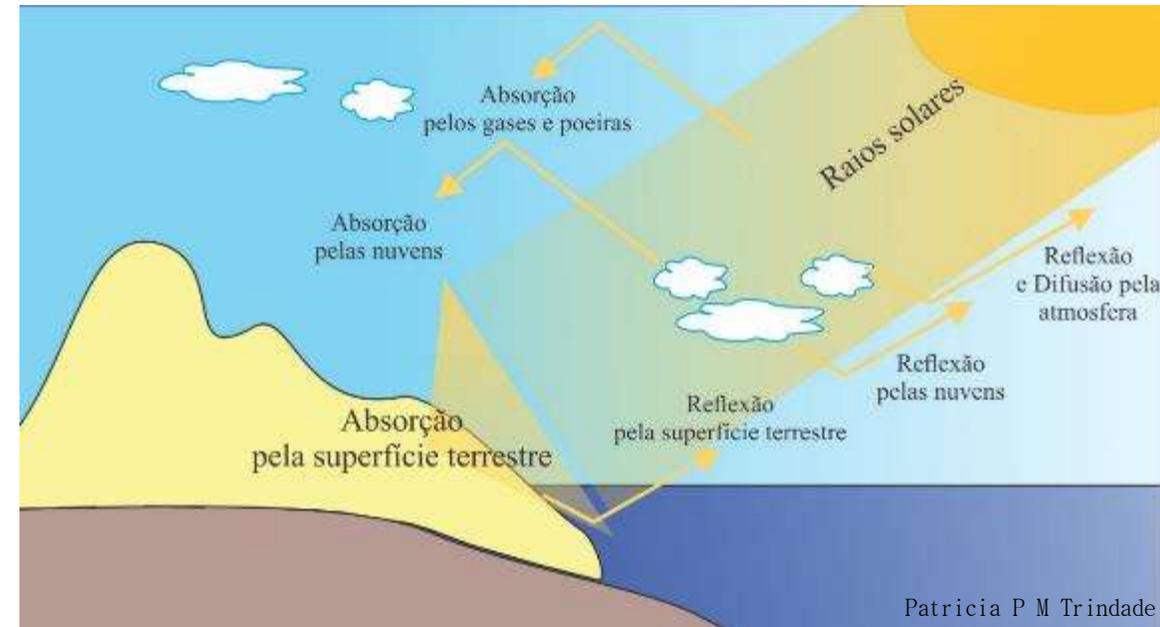
# O papel da atmosfera no balanço de energia

## Reflexão

Em média 25% da radiação solar é refletida pelas nuvens.

A superfície terrestre reflete os raios solares.

A reflexão vai depender da cor e estrutura dos materiais terrestres (solo, gelo, vegetação...).



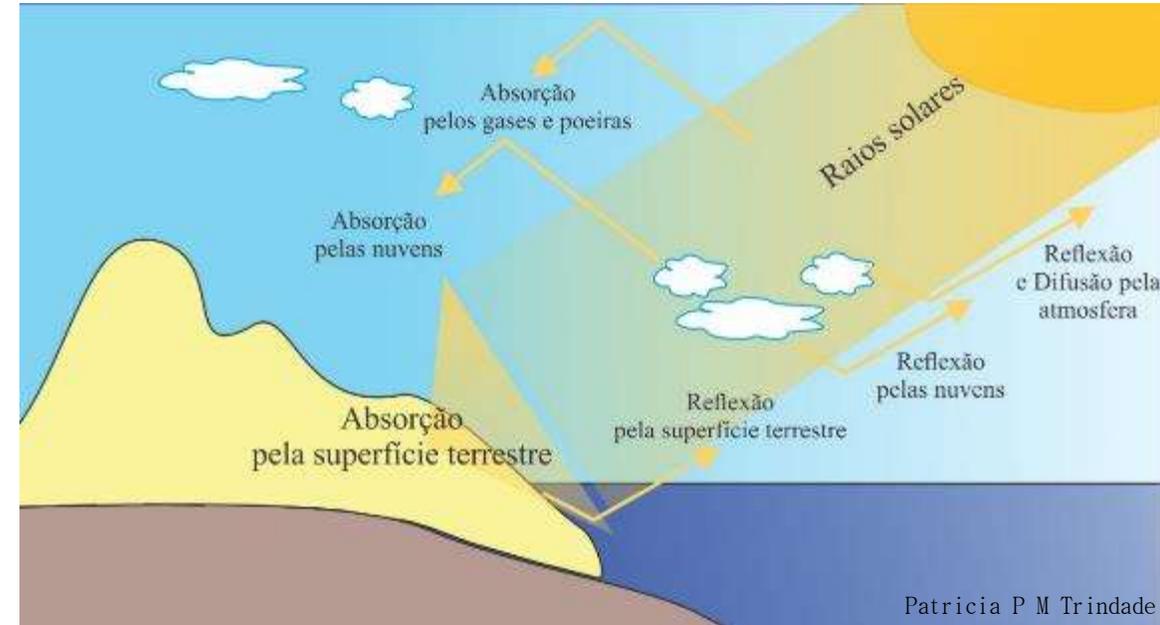
# O papel da atmosfera no balanço de energia

## Reflexão

A reflexão vai depender da cor e estrutura dos materiais terrestres (solo, gelo, vegetação...).

Geralmente superfícies secas e com cores claras refletem mais radiação que superfícies úmidas e escuras.

Temos o conceito de **ALBEDO**: fração de energia refletida por um corpo em relação à energia recebida.



# O papel da atmosfera no balanço de energia

## Reflexão

O albedo também varia com o comprimento de onda e com o ângulo de incidência solar.

Solo e vegetação, por exemplo tem albedo muito baixo no UV, mas vai aumentando em direção ao VISÍVEL E IVP.

Raios luminosos verticais ocasionam menor albedo do que os raios oblíquos ou inclinados. Dai o albedo de uma superfície ser maior no nascer e pôr-dos-sol.

Superfície	Albedo %
Solo negro e seco	14
Solo negro e úmido	8
Solo nu	7 – 20
Areia	15 – 25
Florestas	3 – 10
Campos naturais	3 – 15
Campos de cultivo secos	20 – 25
Gramados	15 – 30
Neve recém-caída	80
Neve caída há dias ou há semanas	50 – 70
Gelo	50 – 70
Água, altitude solar $> 40^\circ$	2 – 4
Água, altitude solar $5 - 30^\circ$	6 – 40
Cidades	14 – 18

Fonte: Ayoade, 1998.

# O papel da atmosfera no balanço de energia

As nuvens são as únicas que refletem, difundem e absorvem!!

Radiação solar – do topo para cima (espaço); e base das nuvens altas para superfície.

A umidade e poeiras são importantes para irradiação terrestre: aquecimento do ar e efeito estufa.

Tipo de nuvem	Albedo %
Cumuliforme	70 – 90
Cumulonimbus: grande e espessa	92
Stratus (150 – 300 metros de espessura)	59 – 84
Stratus de 500 metros de espessura, sobre o oceano	64
Stratus fino sobre o oceano	42
Altostratus	39 – 59
Cirrostratus	44 – 50
Cirrus sobre o continente	36

Fonte: Ayoade, 1998.

# O papel da atmosfera no balanço de energia

## Sobre as superfícies continentais sólidas

A absorção e reflexão vai depender da natureza da superfície e de sua cor.

- Quanto mais escura = maior absorção;
- Quanto mais clara = maior reflexão;



# O papel da atmosfera no balanço de energia

## Sobre as superfícies líquidas

30% da radiação solar para evaporação;

O calor específico da água é 3 vezes maior do que as superfícies sólidas.

O aquecimento e resfriamento da água se faz por mistura: turbulência, densidade, movimento.

As superfícies líquidas aquecem e resfriam mais lentamente do que as continentais.



# Referências

- AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Tradução: Maria Juraci Zani dos Santos. ed.5ª, Rio de Janeiro: Bertrand, 1998.
- VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. 2ª versão digital. Recife, 2006.
- JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos naturais**. São José dos Campos, SP: Parêntese, 2009.
- LORENZZETI, J. A. **Princípios físicos de sensoriamento remoto**. São Paulo: Blucher, 2015.
- MENDONÇA, F. **Climatologia: noções básicas e climas no Brasil**. São Paulo: Oficina de textos, 2007.
- NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 3 ed. São Paulo: Blucher, 2010.
- PETERSEN, J. F.; SACK, D.; GABLER, R. E. **Fundamentos de Geografia Física**. Tradução: Marina Vicente Vieira. São Paulo: Cengage Learning, 2014.
- STEINKE, E. T. **Climatologia Fácil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.
- Atlas Geográfico, 2017.

# Exercícios

1. Qual a camada da atmosfera ocorrem os fenômenos do tempo e turbulências? Quais suas principais características?
2. Quais os principais processos de interação que ocorrem entre a radiação solar e a atmosfera terrestre?
3. O que significa o albedo? Exemplifique.
4. Explique o que é espalhamento seletivo e não-seletivo.