



Sensoriamento remoto I

Prof. Dr. Jorge Antonio Silva Centeno

Universidade Federal do Paraná

Departamento de Geomática

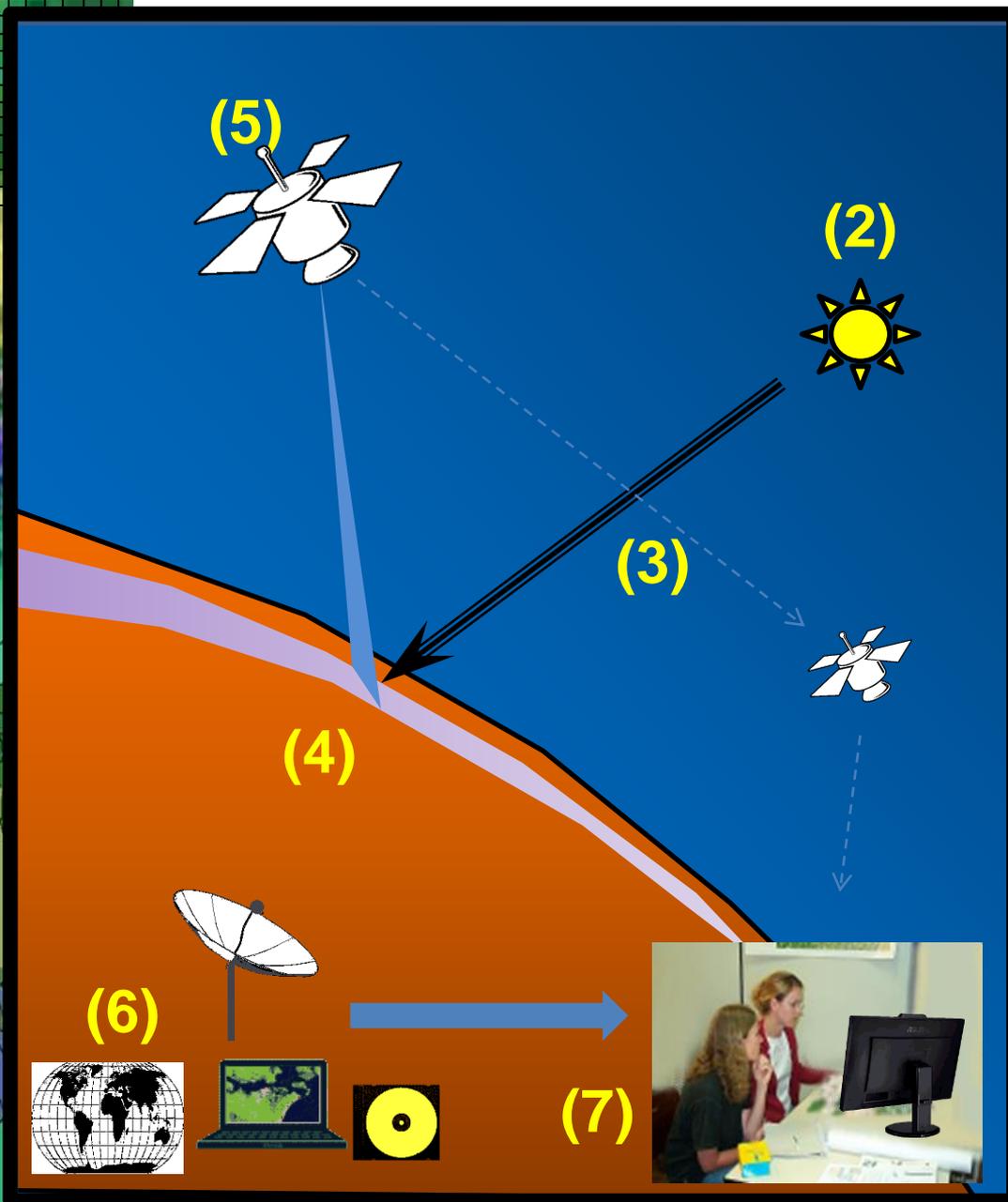
| | |
|-----------------------|------------------------|
| código | GA111 |
| denominação | SENSORIAMENTO REMOTO I |
| carga horária semanal | 05 hrs |
| | e total 75 hrs. |

Cap 1. Princípios físicos

- Etapas e processos do sensoriamento remoto
- Princípios e leis da radiação eletromagnética
- Radiação solar
- Conceito de corpo negro
- REM e sensoriamento remoto
- Modelos da radiação eletromagnética:
 - Onda e partícula
 - Espectro eletromagnético
 - Geometria da radiação, termos, unidades
 - Interação com a atmosfera
 - Interação com a superfície

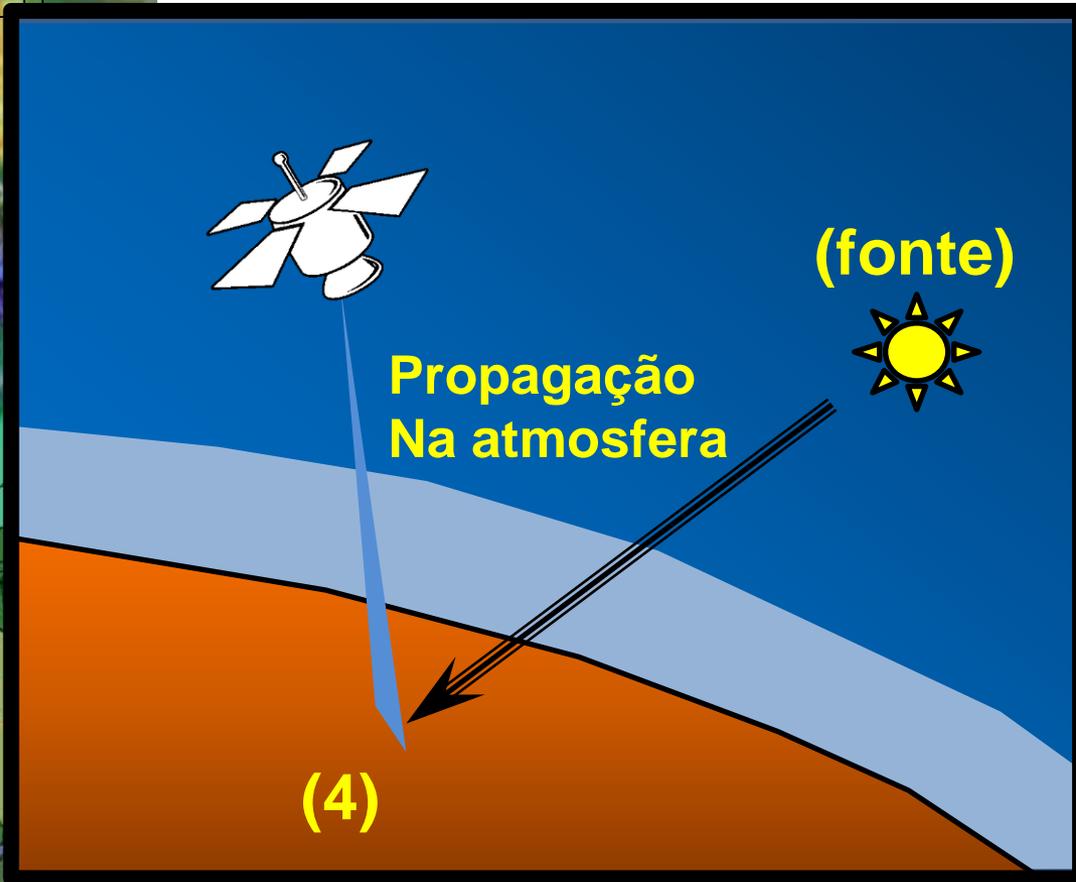


Elementos do S.R.



- Radiação Eletromagnética (1)
- Fonte REM (2)
- Propagação da REM.(3)
- a interação da energia com a superfície dos objetos (4),
- o sistema sensor (5),
- os sistemas de transmissão e recepção (6) e
- interpretação e geração de informações (7)

A radiação eletromagnética



O que é?
De onde vem? (fonte)
Como pode ser descrita?
Como é mudada ao passar
pela atmosfera?

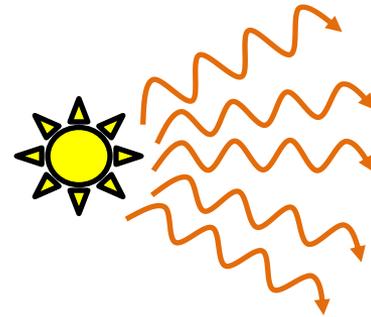
E a interação entre esta energia e a matéria?

Teoria ondulatória: modelo de onda (Maxwell)

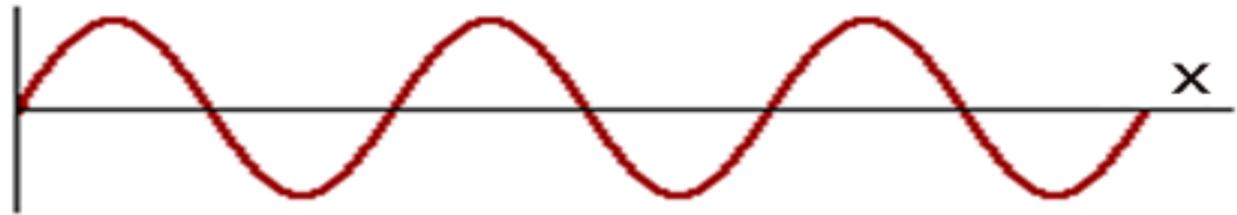
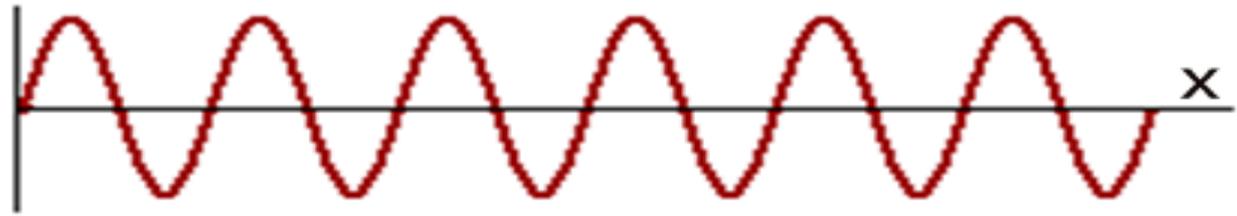
Maxwell propôs que se um campo magnético em movimento pode gerar um campo elétrico, então um campo elétrico (uma carga elétrica oscilando, por exemplo) pode criar um campo magnético. Para concluir, Maxwell disse que a luz é uma onda eletromagnética que se propaga a velocidade constante, como uma onda.



James Clerk Maxwell
(1831 — 1879)



Uma onda



Amplitude (A)?

Comprimento de onda (λ) ?

Frequencia (f)?

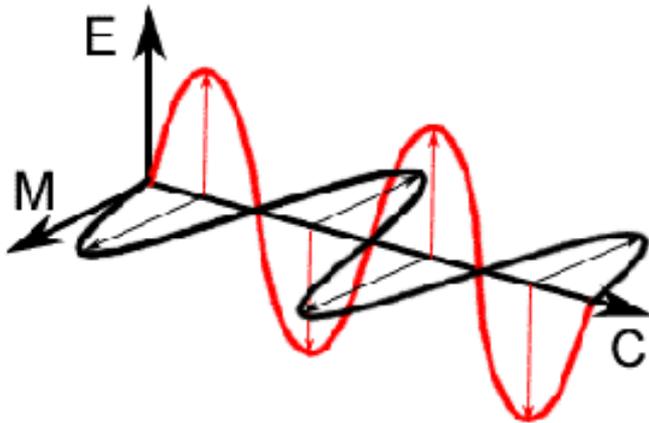
Teoria ondulatória:

A radiação eletromagnética consiste de dois campos:

campo magnético e

campo elétrico.

que seguem um movimento harmônico simples e se propaga à velocidade da luz (c).



Tempo para completar um ciclo=
 $1/f$

Distância de um ciclo= (λ)

Logo,

Velocidade:

$$c = \lambda * f$$

$$C = 3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$$

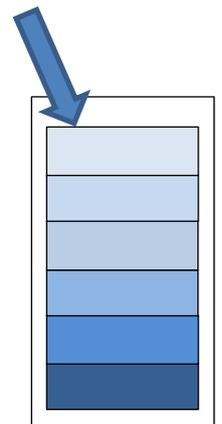
Refração e reflexão

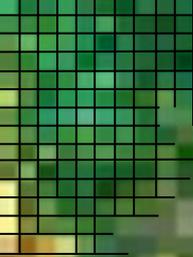
A refração: ocorre quando a luz muda o meio no qual se propaga.

A frequência da radiação não é alterada ao atravessar este novo meio, porém, sua velocidade sim.

Na figura ao lado como a imagem do canudo de metal é “quebrada” ao passar de um meio (ar) para outro (água). Este efeito é causado pela refração da luz e ocorre apenas na interface, na superfície da água.

- O que ocorreria se a água tivesse densidades diferentes variando na vertical?





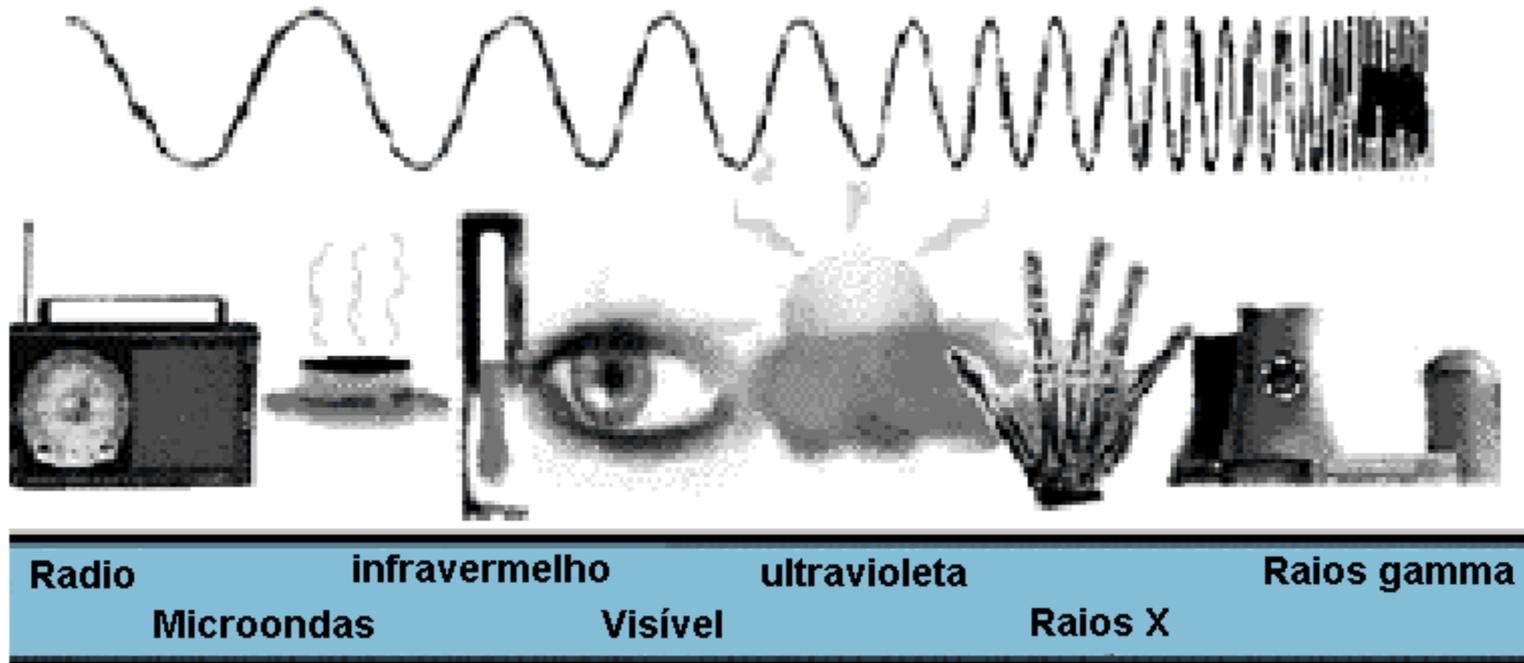
O ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO

- A faixa de comprimentos de onda em que se encontra a REM é praticamente ilimitada.

- $$0 < f < \infty$$

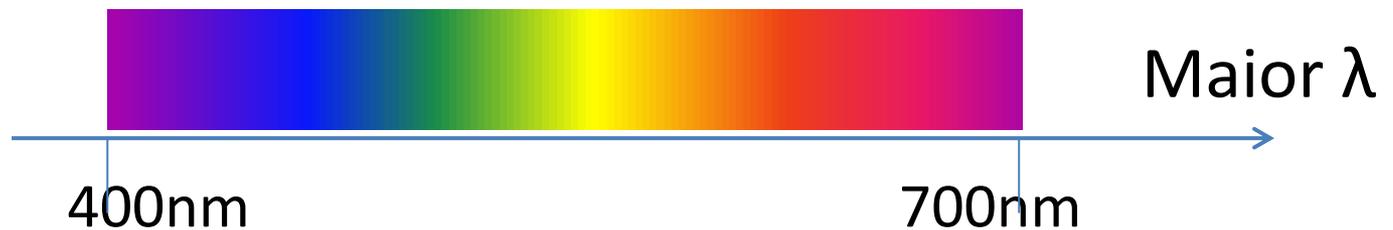
- A representação contínua da REM em termos de comprimento de onda ou frequência é denominada de ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO.

O espectro eletromagnético



- <http://www.ccrs.nrcan.gc.ca>

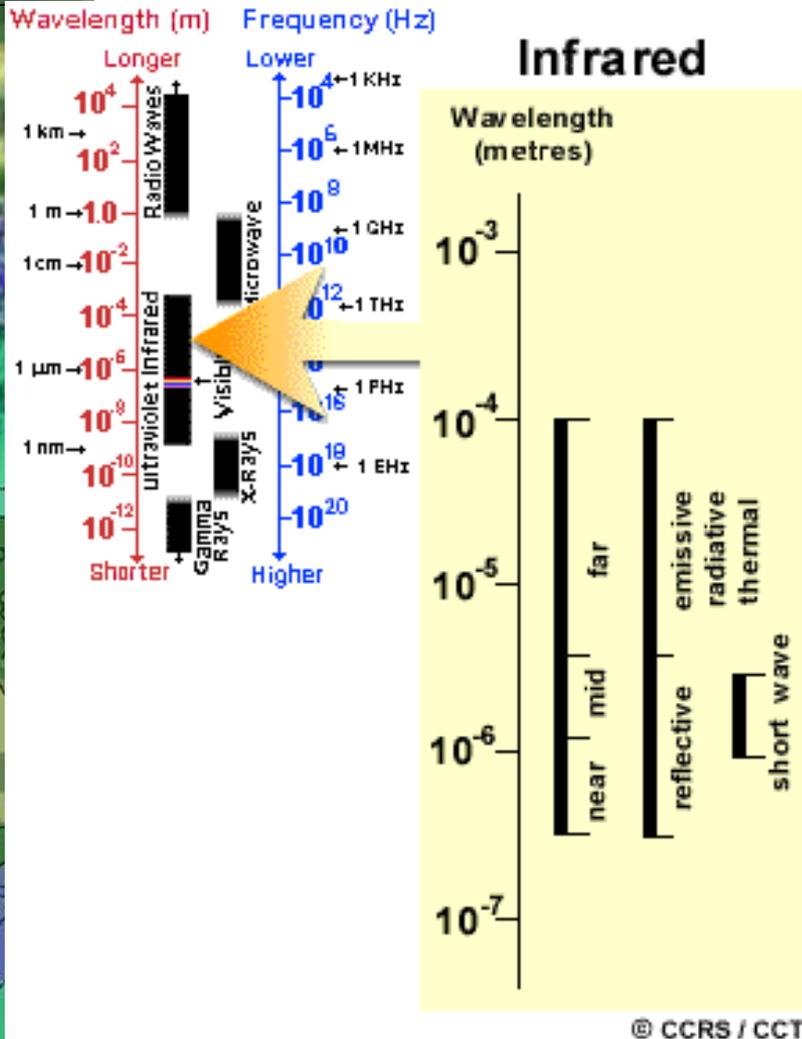
O espectro visível



- azul: 0.4 - 0.500 μm
- verde: 0.500 - 0.6 μm
- vermelho: 0.6 - 0.7 μm

- Claro que essa transição é gradual e assim se formam outras cores.

O infra-vermelho - IR



Será mais fácil ou difícil de detectar comprimentos de onda maiores em relação ao visível?

emissivo (ou *thermal IR*, TIR)

reflectivo (shortwave IR, SWIR)

A region próxima ao visível é chamada de infra-vermelho próximo (*near-IR*, NIR).



Micro-ondas

| banda | Faixa cm |
|-------|----------|
| P | 30-100 |
| L | 15-30 |
| S | 7,5-15 |
| C | 3,75-7,5 |
| X | 2,4-3,75 |
| Ku | 1,57-2,4 |
| Ka | 1,1-1,67 |

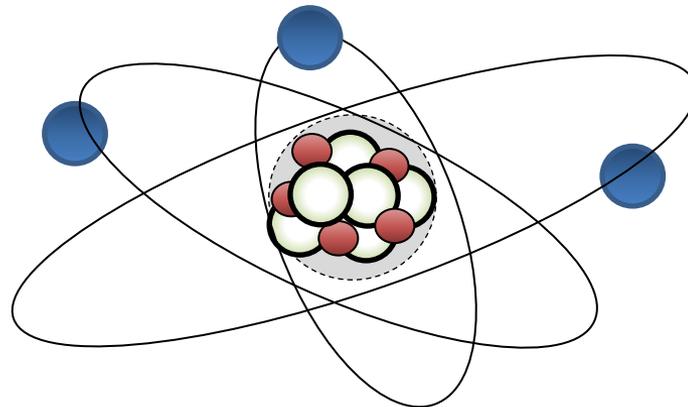
- Varia na ordem de mm, cm, m

Faixas espectrais usadas no sensoriamento remoto

| região | nome | Faixa (μ m) |
|-----------------------|--------------------|-----------------------------------|
| Visível | Azul | 0.4-0.5 |
| Visível | Verde | 0.5-0.6 |
| Visível | Vermelho | 0.6 - 0.7 |
| infra-vermelho | próximo | 0.7 a 1.3 |
| infra-vermelho | médio | 1.3 a 4.0 |
| infra-vermelho | Distante | 4 a 100 |
| microondas | Micro-ondas | Maior que 1mm |

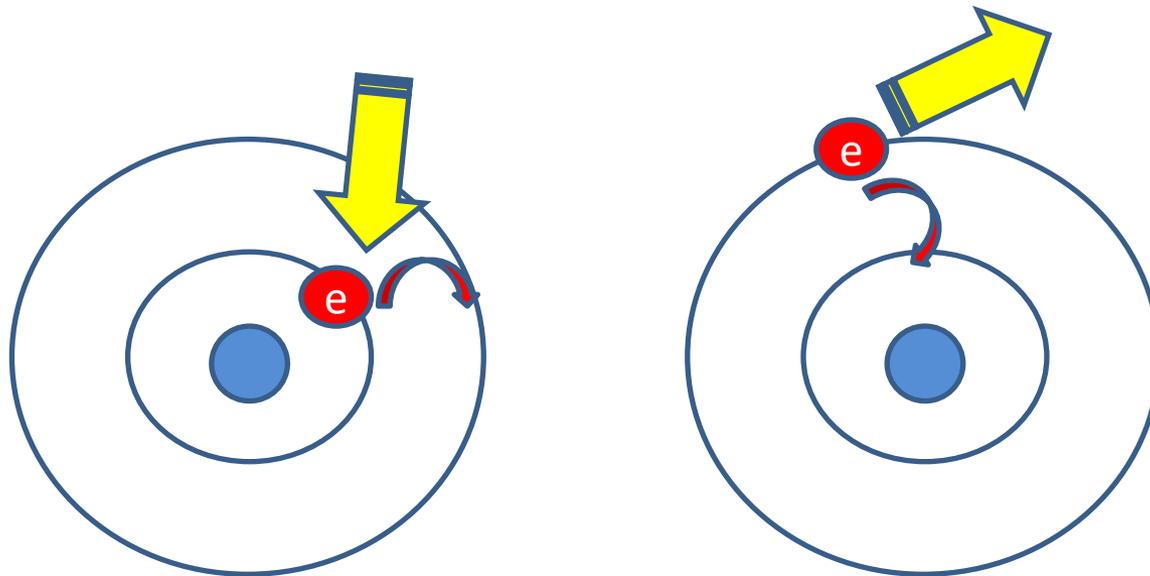
REM: como partícula

- REM está intimamente relacionada à estrutura e energia atômica
- No átomo:
 - Núcleo (protons+ e neutrons)
 - elétrons em órbitas em torno do núcleo



REM: como partícula

- As órbitas do elétron são fixas e em determinados níveis. A mudança da órbita requer energia:
- Existe um mínimo de energia para trocar de nível
- Para subir de nível, é necessário fornecer energia
- Ao descer de nível, o elétron libera uma quantidade fixa de energia (fóton).



Ou se comporta como uma partícula?

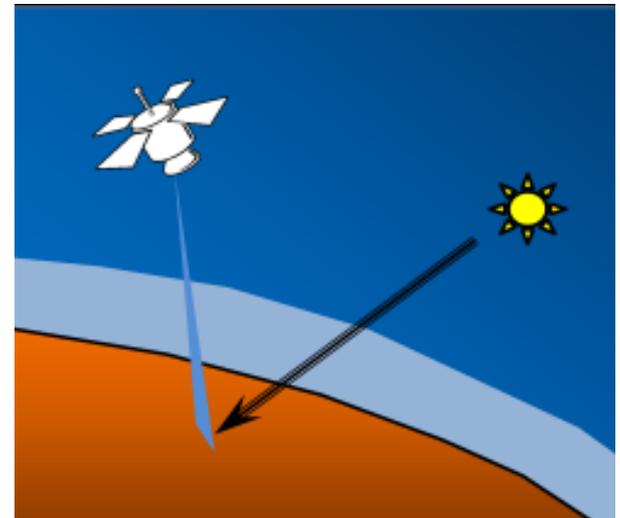
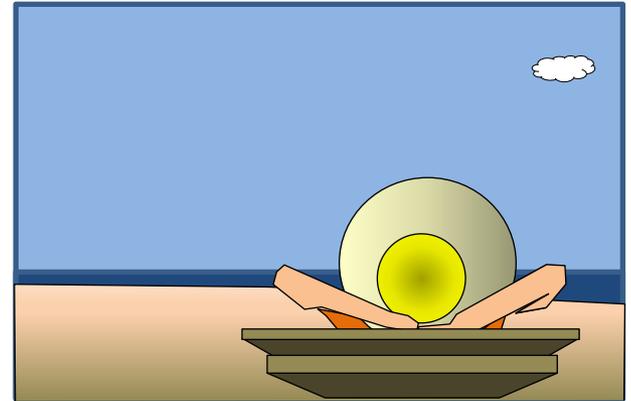
- Segundo Plank, A energia eletromagnética é emitida, absorvida ou mesmo propagada sob forma de pequenas partículas, em unidades fixas, os fótons ou quanta.
- $Q = h \cdot f$
- A energia transportada por um fóton é:
- $Q = h \cdot c / \lambda$
- Q representa a energia em Joule [J]
- $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ constante de Plank [Js].
- Logo, a radiação com comprimento de onda menor está associada a

Perguntas

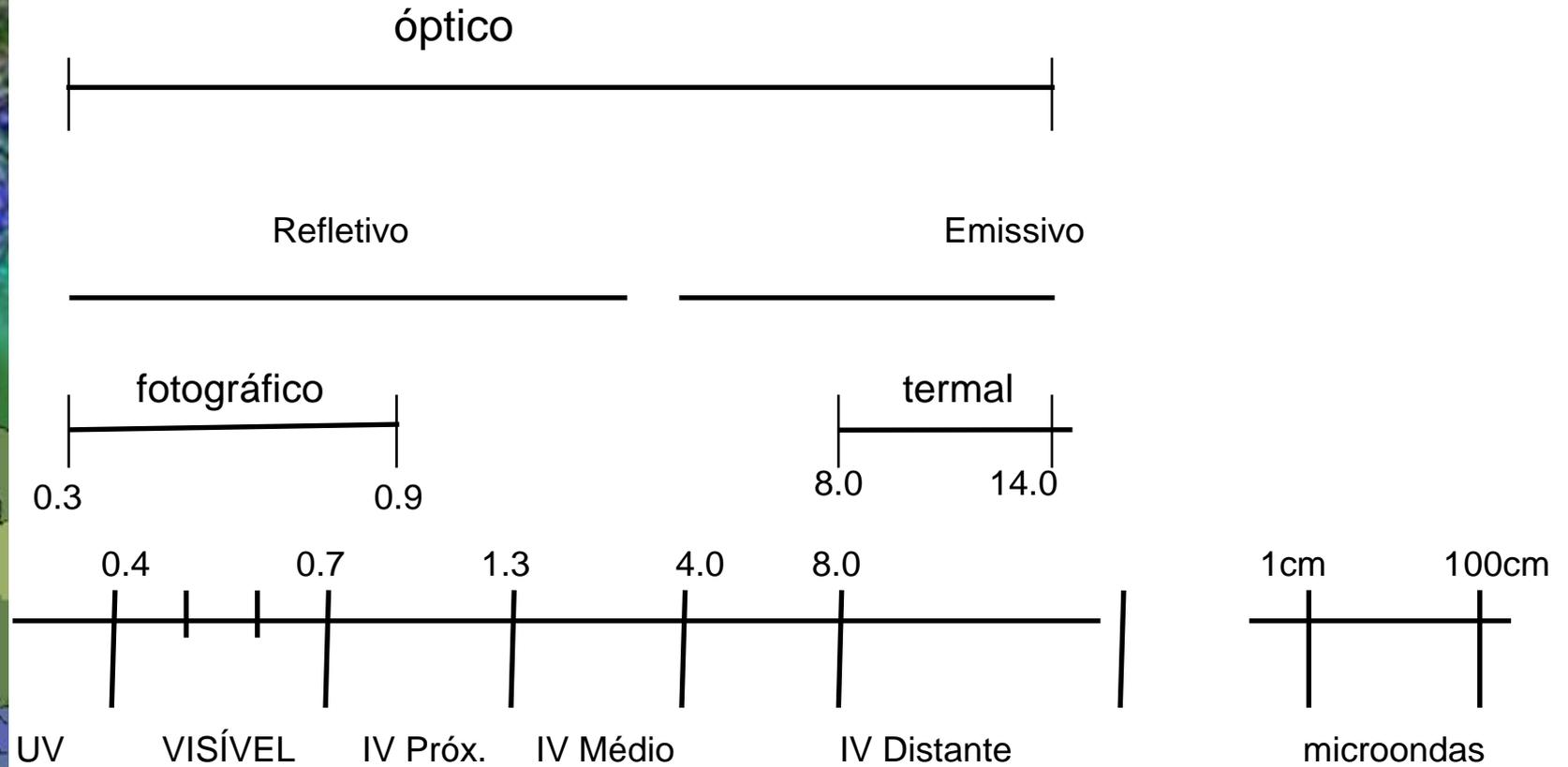
a) Vai de Filtro solar?

b) Considerando que: A energia da radiação emitida é inversamente proporcional ao comprimento de onda. Para o sensoriamento remoto é mais difícil detectar radiação eletromagnética com comprimento de onda ...

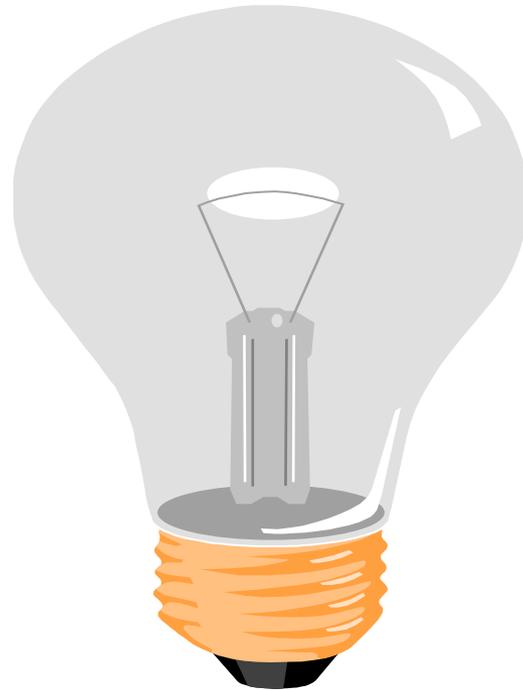
Maiores ou menores?



Espectro no S.R.

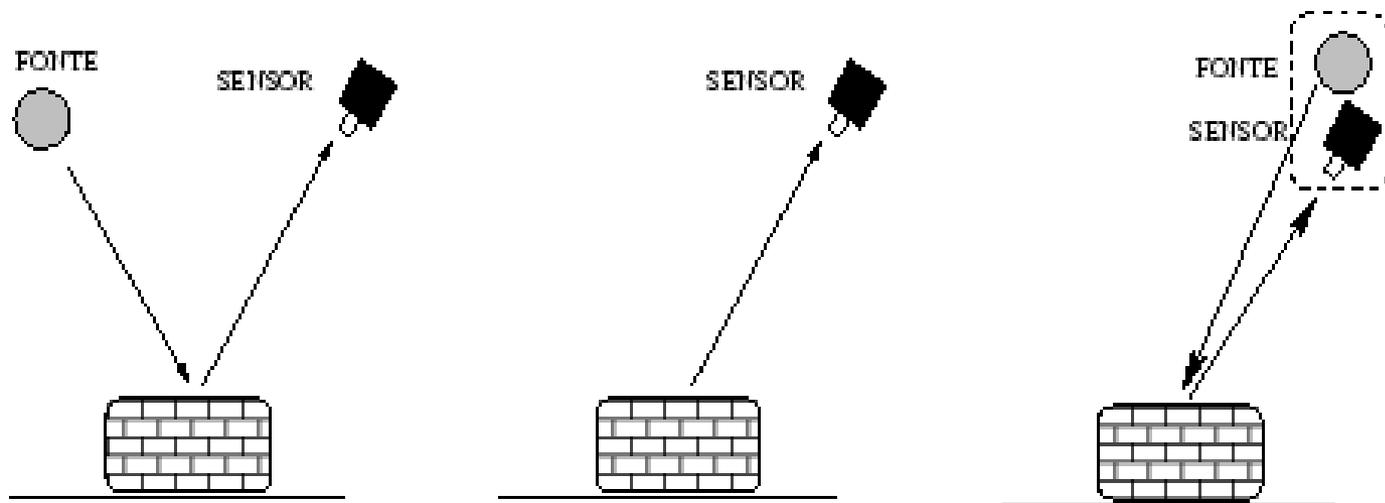


A FONTE ...



Sistema Ativo / Sistema Passivo

- PASSIVO ou ATIVO
- Formas do sensoriamento remoto.
- (a) energia emitida por uma fonte natural e refletida pela superfície do objeto,
- (b) energia emitida pelo objeto e
- (c) energia emitida artificialmente em direção ao objeto e refletida pela superfície do objeto.



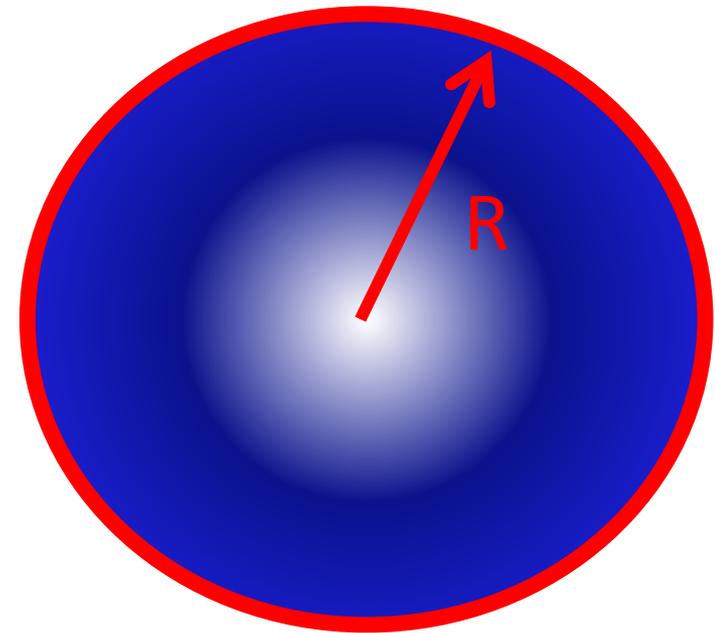
O Sol

- O sol irradia energia aproximadamente de forma uniforme em todas as direções. (irradiador isotrópico)

A potencia total (P_t) da energia irradiada (emitida) está distribuída em todas as direções.

Logo, considerando uma esfera de raio "R" em torno do Sol,

- O fluxo de energia total é constante para qualquer raio.



O fluxo de energia solar

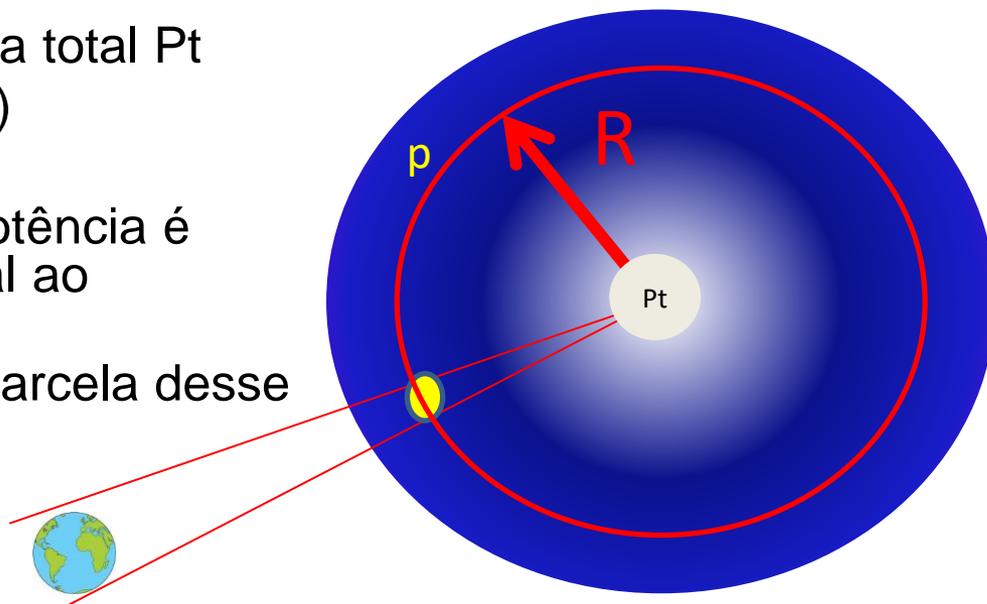
- Visto desde a terra, o Sol pode ser considerado uma fonte pontual de energia, porque está muito distante.
- Assim, apenas uma pequena parcela de sua energia chega à Terra.
- Podemos calcular o fluxo de energia que atravessa uma unidade de área a uma determinada distância (R) da fonte.

Se o Sol tem uma potência total P_t

$$\rho = P_t / (4\pi R^2)$$

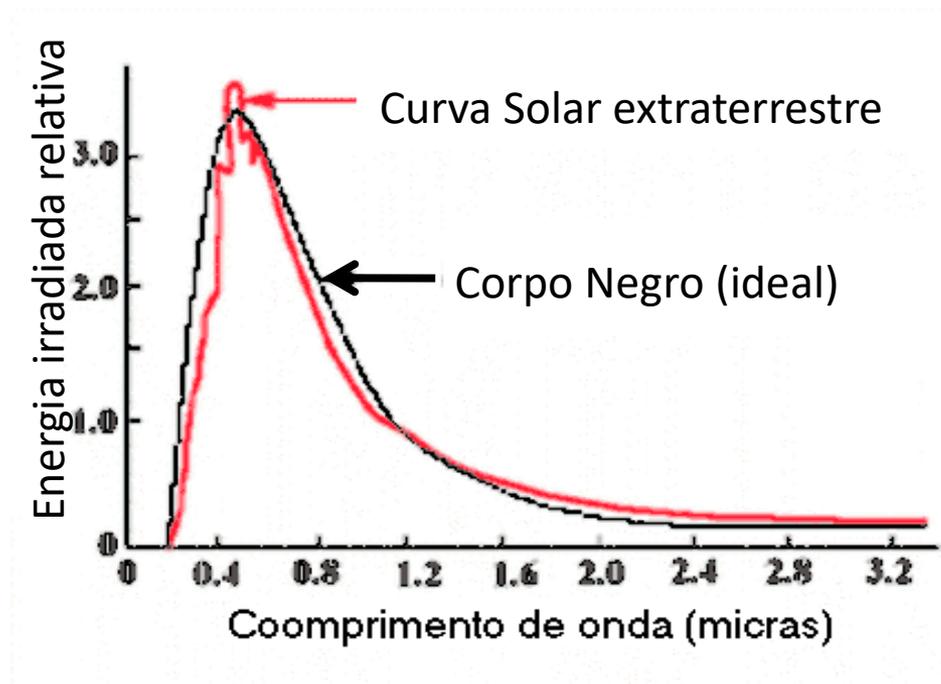
LOGO: a densidade de potência é inversamente proporcional ao quadrado da distância.

E apenas uma pequena parcela desse total chega à Terra



Emissão solar

O Sol emite energia de maneira diferenciada ao longo do espectro. Pode ser considerado um emissor ideal (Corpo Negro) a 6000K. “emite toda a energia disponível”.



Adaptado de <http://web.pdx.edu/~emch/rs/EXArs.html>

Fonte de Radiação : Sol

- A emitância (Energia emitida pela superfície do corpo, por segundo e por unidade de área) de um corpo negro a 6000K pode ser modelada como:

$$M_{\lambda} = \frac{2 * h * c^2}{\lambda^5 * (e^{hc/[\lambda KT]} - 1)}$$

onde

K= constante de Boltzman

c= velocidade da luz

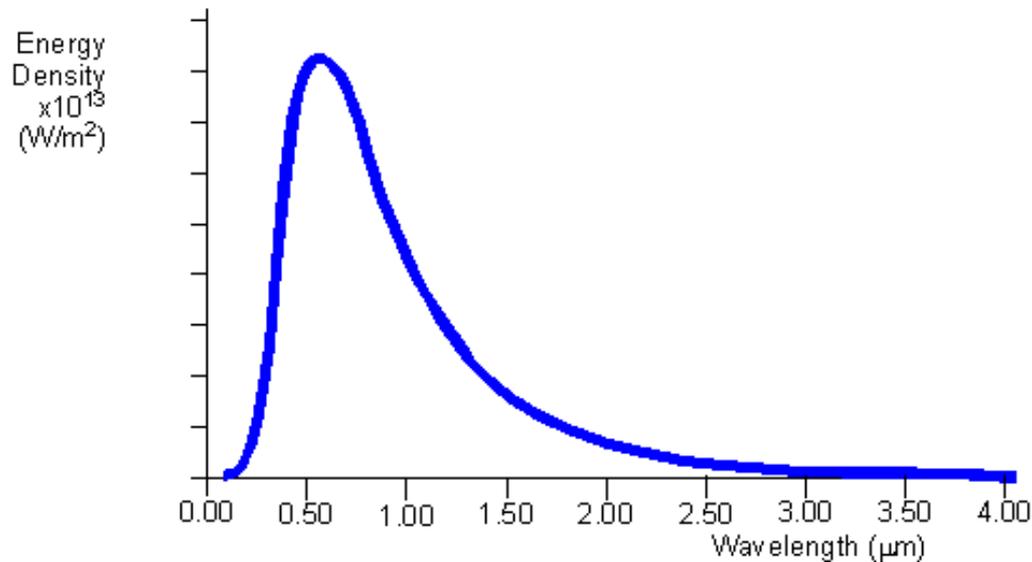
λ = comprimento de onda

T= temperatura

- A radiação emitida é constante ao longo de todo o espectro?
- Como varia em função da Temperatura?

Depende do comprimento de onda

- Exemplo: Emissão de corpo negro a 5000 K.



Fonte: <http://voyager.egglescliffe.org.uk/physics/astronomy/blackbody>

Pico máximo

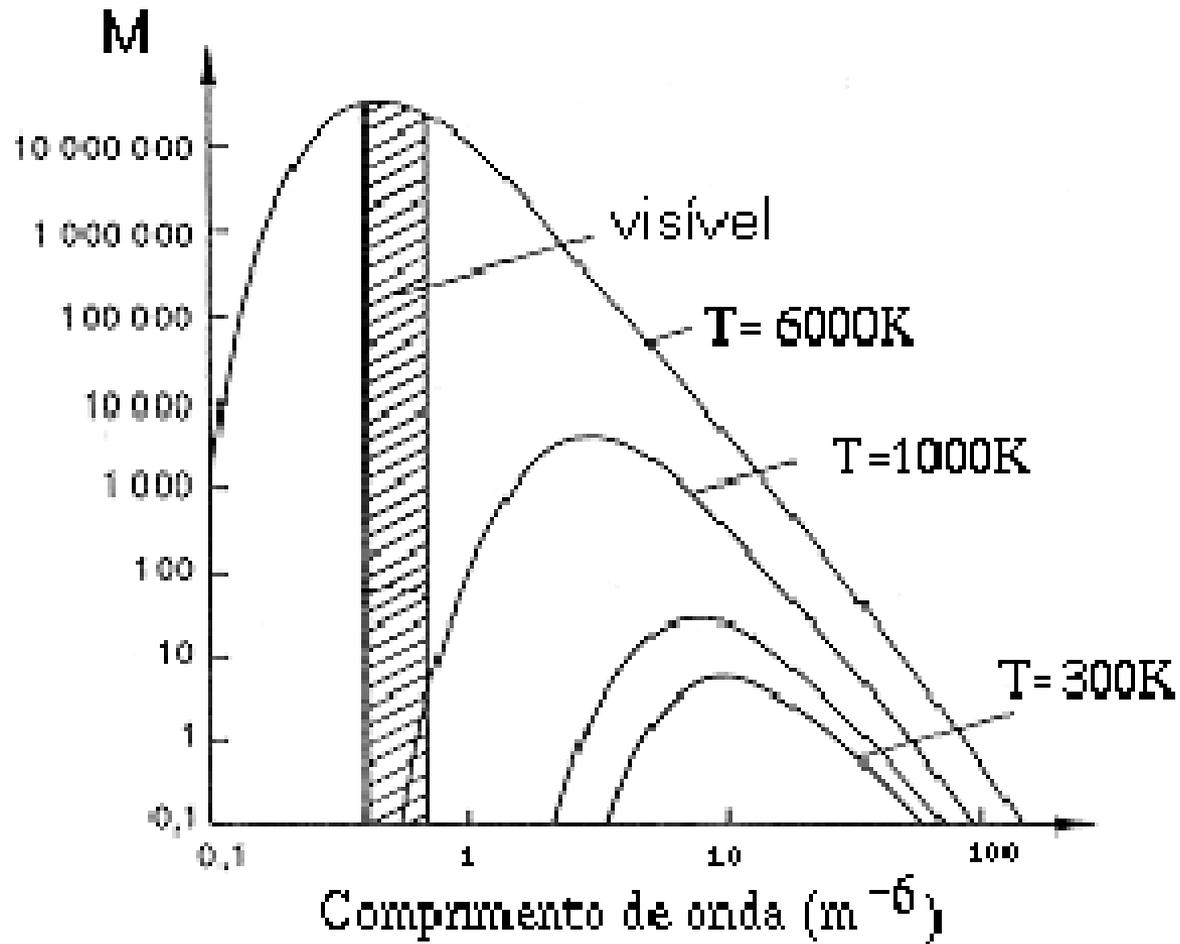
- Para calcular o comprimento de onda onde ocorre o máximo de emitância para uma determinada temperatura, deve-se derivar a expressão e igualando a zero tem-se:

$$\lambda_{\text{máx}} = 2897/T$$

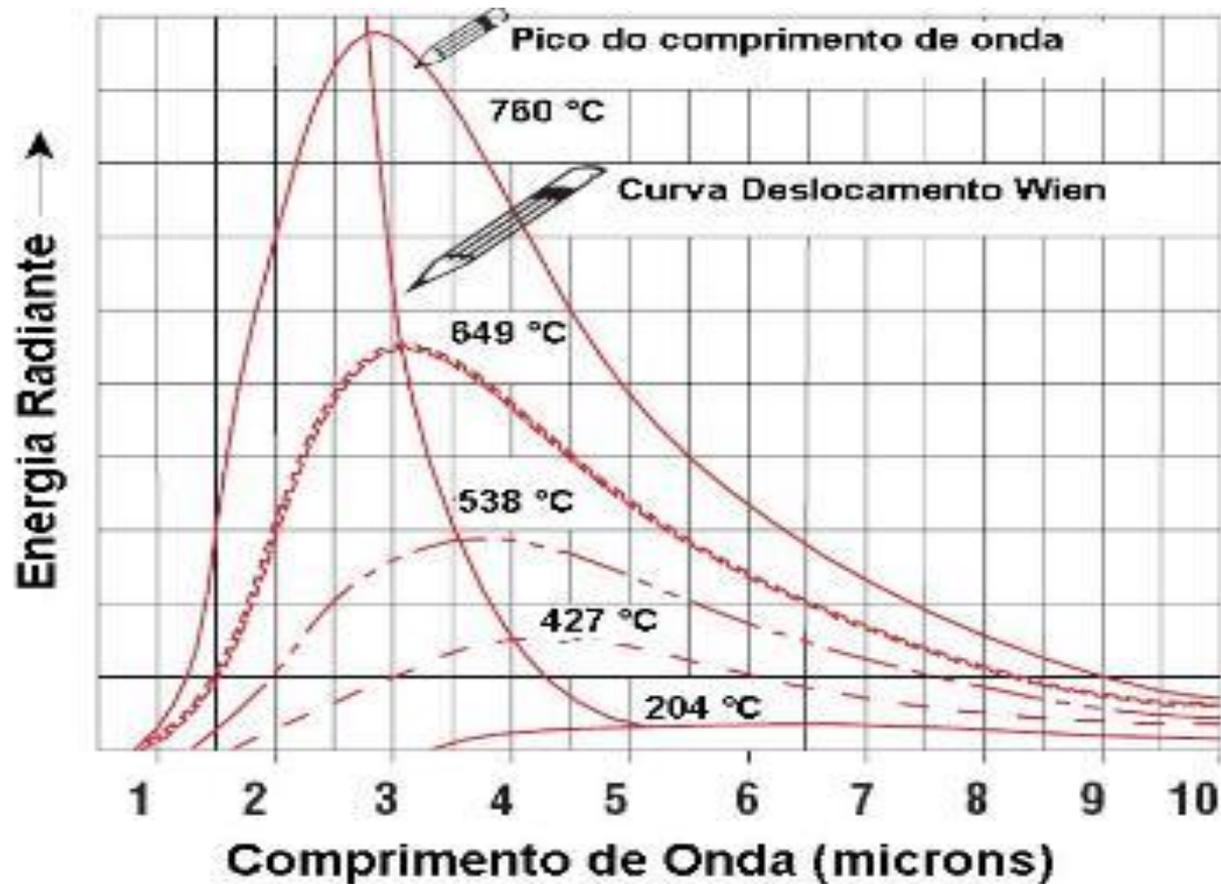
Qual o comprimento de onda do pico de emitância do Sol? e da Terra?

Em que região do espectro ficam estes picos?

$$M=f(T)$$



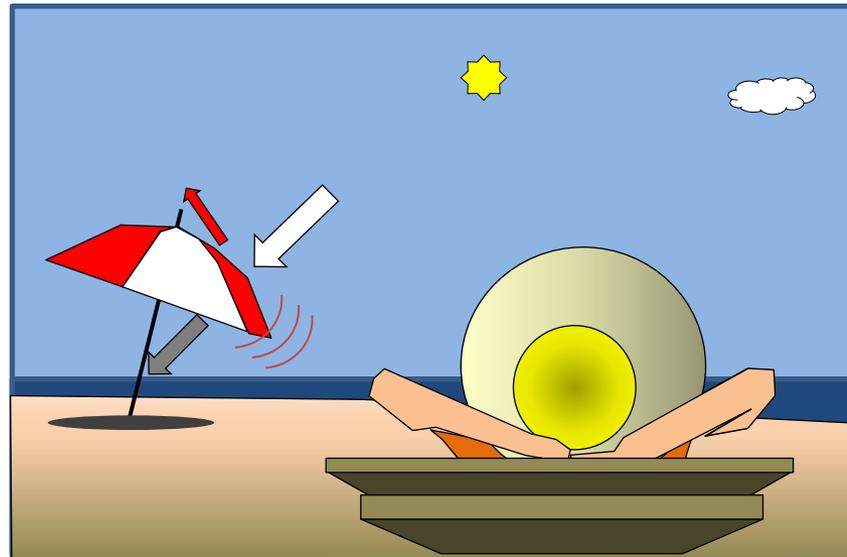
Lei de deslocamento de Wien



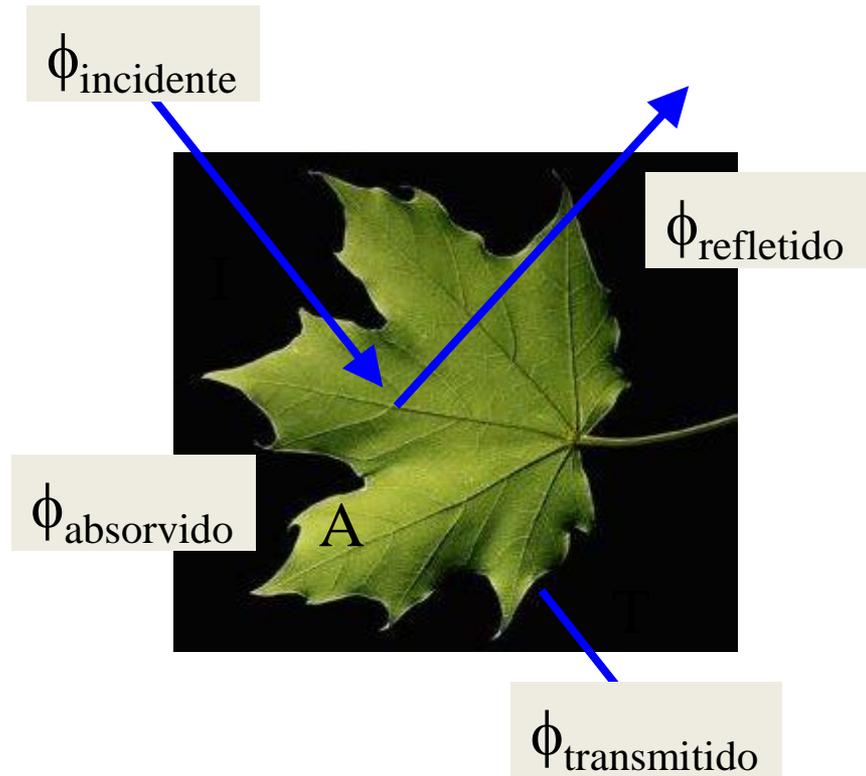
<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAlccAD/teoria-infravermelho>

Interação com a matéria

- O que ocorre quando a REM atinge uma superfície ou um gas?



O balanço de energia



$$\phi_{incidente} = \phi_{refletido} + \phi_{absorvido} + \phi_{transmitido}$$

Transmissão

Uma folha reflete radiação visível principalmente no verde



Ela também permite passar parte desta luz. É parcialmente transparente.
A radiação é transmitida através da folha.




$$\phi_{\text{incidente}} = \phi_{\text{refletido}} + \phi_{\text{absorvido}} + \phi_{\text{transmitido}}$$

Chamando:

$$\rho = \phi_{\text{refletido}} / \phi_{\text{incidente}}$$

$$\alpha = \phi_{\text{absorvido}} / \phi_{\text{incidente}}$$

$$\tau = \phi_{\text{transmitido}} / \phi_{\text{incidente}}$$

$$1 = \rho + \alpha + \tau$$

As proporções são diferentes para cada objeto e dependem do comprimento de onda:

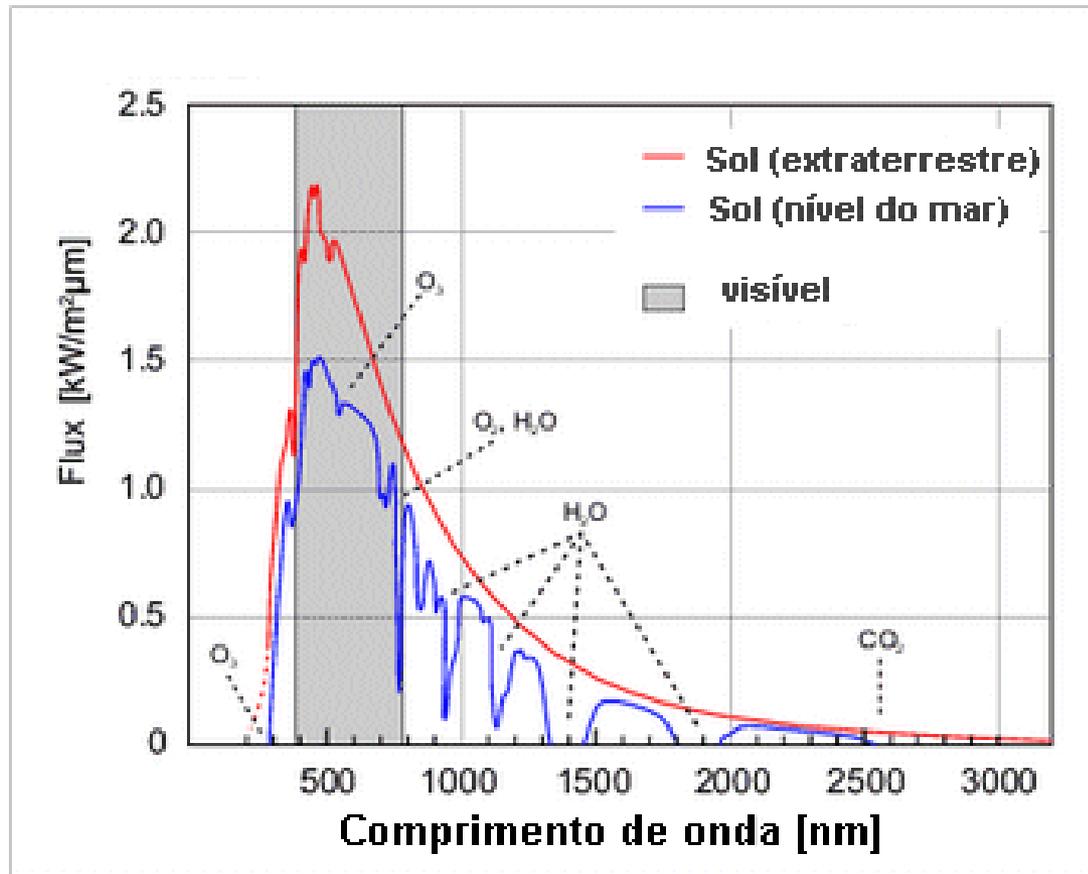
$$1 = \rho_{\lambda} + \alpha_{\lambda} + \tau_{\lambda}$$



Interação com a atmosfera

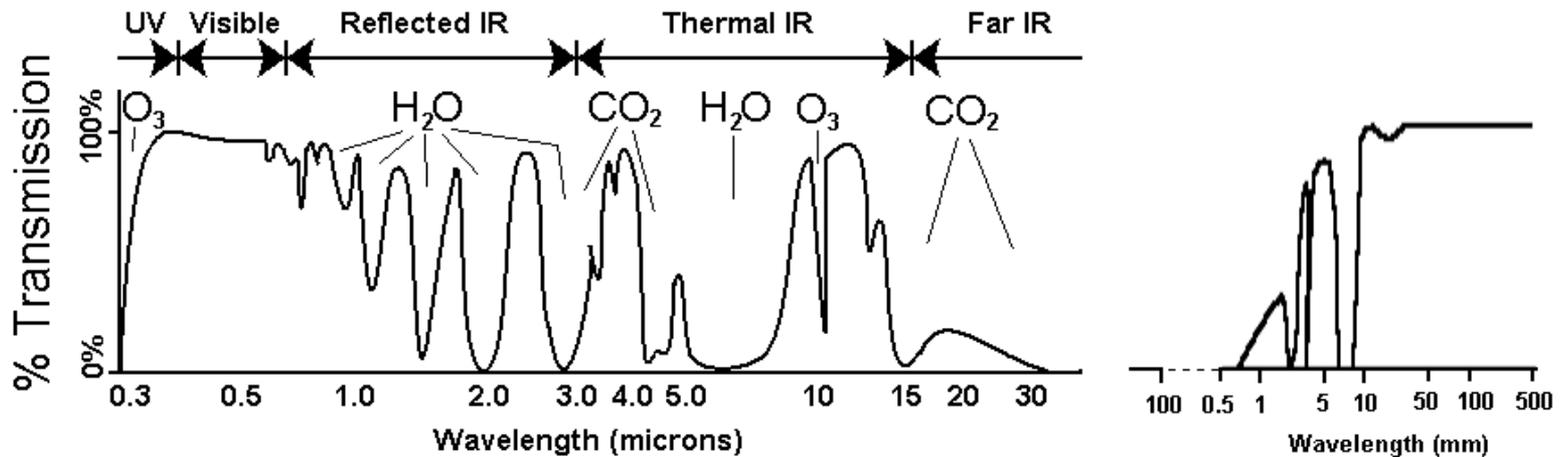
- Interação com a atmosfera
 - absorção
 - espalhamento
 - Efeitos atmosféricos

absorção



Janelas atmosféricas

A transmitância da atmosfera não é uniforme

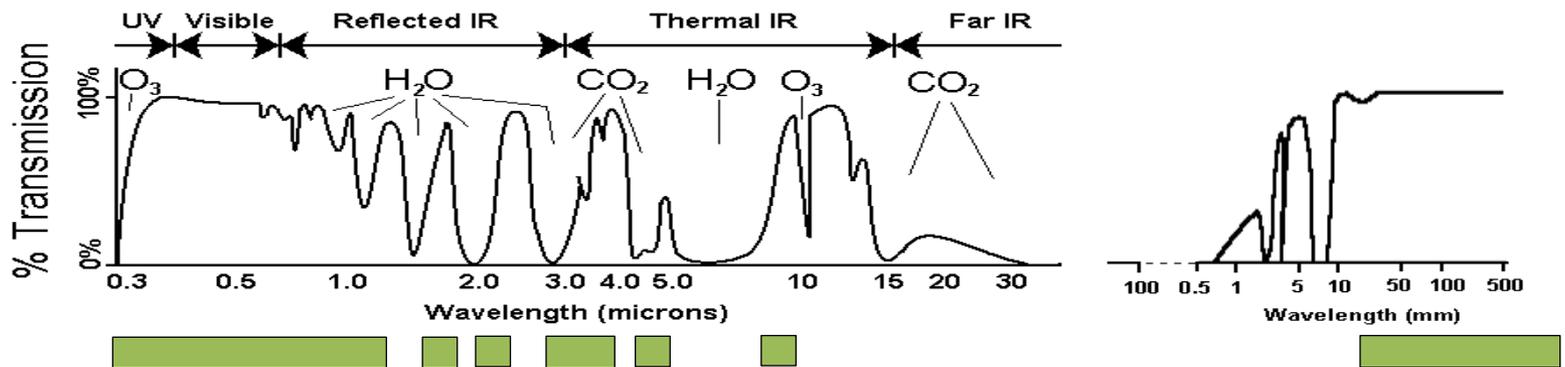


<http://www.sarracenia.com/astronomy/remotesensing>

Janelas atmosféricas

Onde existe alta transparência

| | |
|----|------------------------|
| 1 | 0,3-1,3 μm |
| 2 | 1,5-1,8 μm |
| 3 | 2,0-2,4 μm |
| 4 | 3,0-3,6 μm |
| 5 | 4,2-5,0 μm |
| 6 | 8,0-10,0 μm |
| 7* | >20mm |

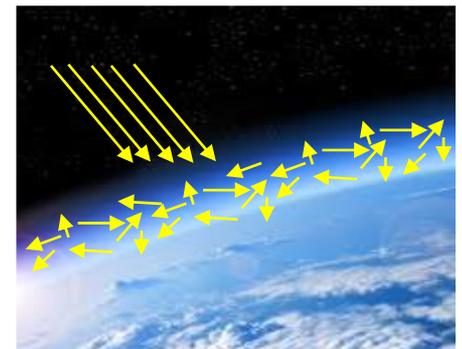
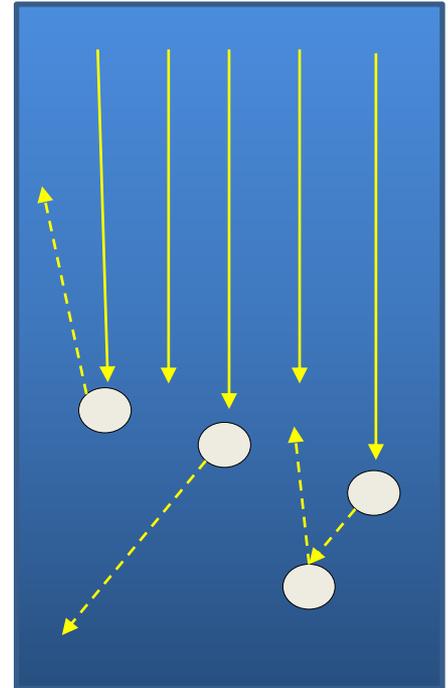


Espalhamento atmosférico

Energia é refletida ou refratada pelas partículas na atmosfera (moléculas de gases, pó, água), O que pode mudar a trajetória.

Depende de comprimento de onda, a densidade de partículas ou gases na atmosfera e da distância que a energia deve percorrer ao atravessar a atmosfera.

Da um efeito de bruma à imagem.



espalhamento

Questão 1: Qual a cor do céu?

- Por que dessa cor?

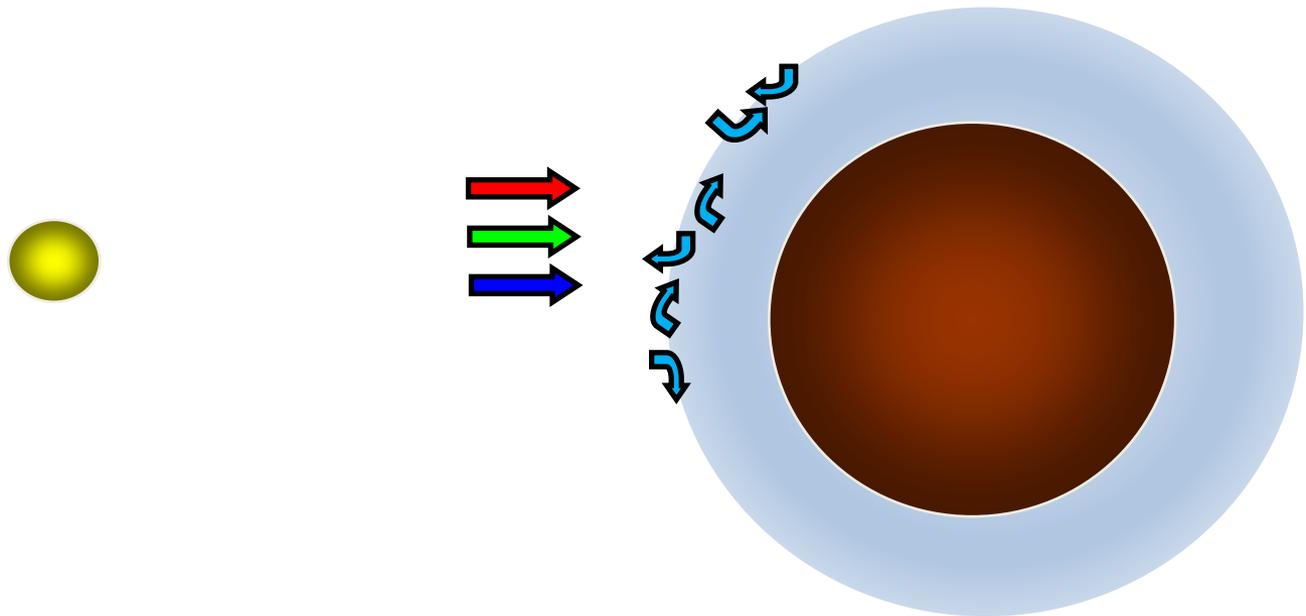


Questão 2: e ao por do sol? Ou de madrugada?

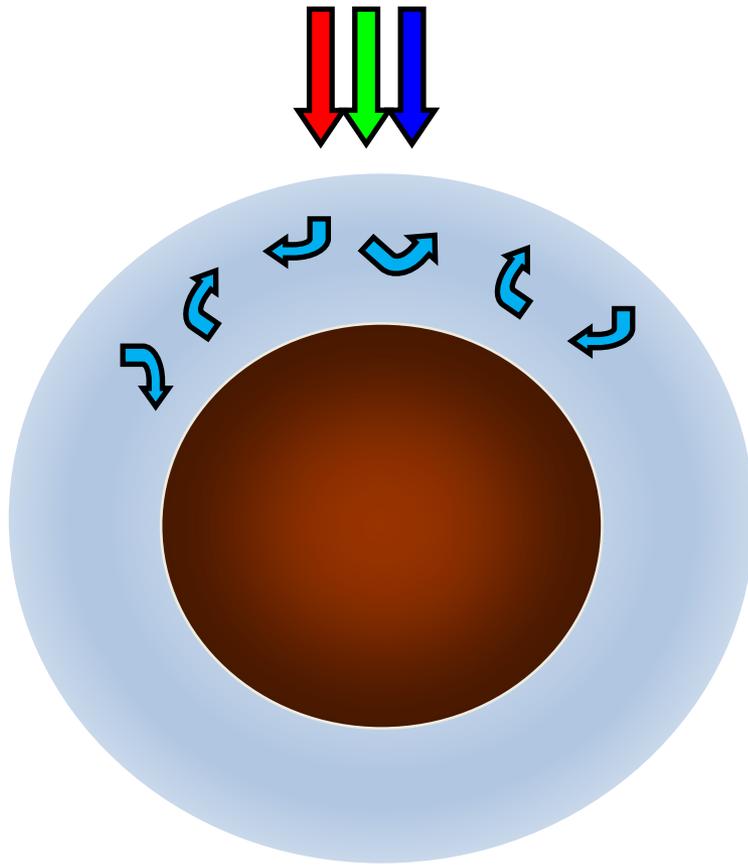
Tipos de Espalhamento

Espalhamento Raleigh

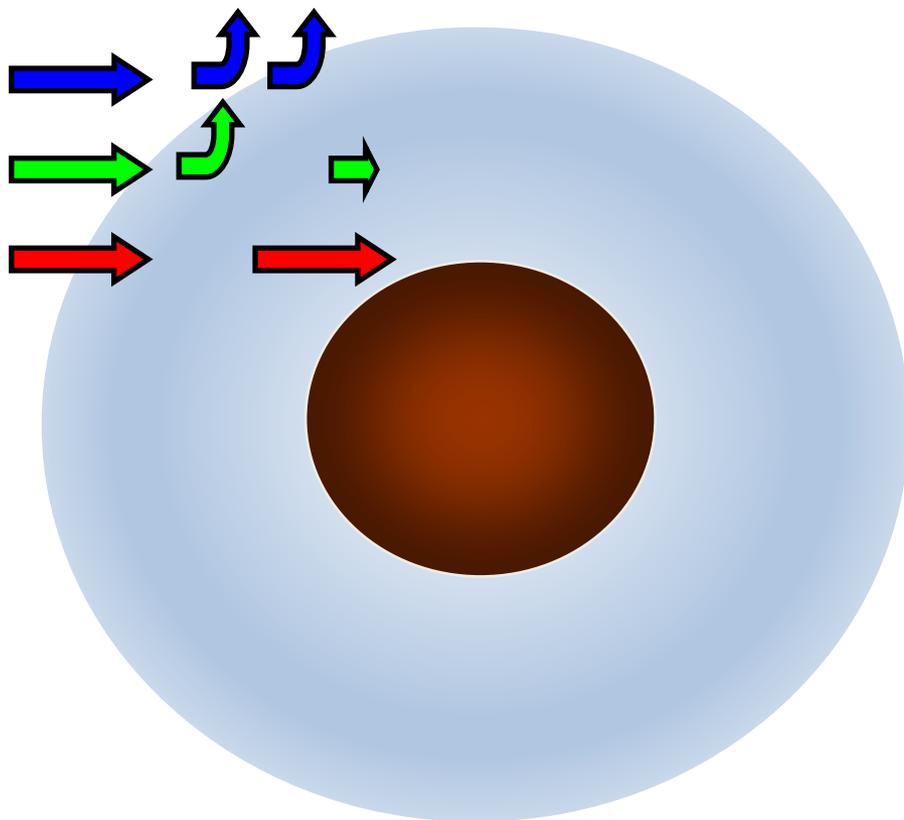
- Ocorre nas regiões altas da atmosfera;
- quando o diâmetro da partícula é menor que o comprimento de onda
- Causas principais: O₂ , N
- Afeta principalmente comprimentos de onda menores

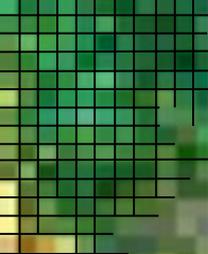


Qual cor tem menor comprimento de onda?



espalhamento





Tipos de Espalhamento

Espalhamento Mie

Ocorre nas regiões baixas da atmosfera;

Quando o diâmetro da partícula é da mesma ordem de grandeza que o comprimento de onda

Causas: Aerossóis, pó, fumaça, pólen, vapor de água;

Visível com névoa, fumaça e nas nuvens.

- De <https://en.antaraneews.com/news/133318/jambis-red-sky-explained-as-mie-scattering-phenomenon>

Um exemplo

Jambi's red sky explained as Mie scattering phenomenon

22nd September 2019



Jakarta (ANTARA) - A Agência de Meteorologia, Climatologia e Geofísica (BMKG) afirmou que o céu vermelho que apareceu em Muaro Jambi, província de Jambi, alguns dias atrás, foi causado pelo fenômeno de espalhamento Mie....

O fenômeno ocorreu quando a luz do sol foi espalhada no ar por micropartículas com diâmetro de 0,7 micras (aerossol), ou aproximadamente o mesmo com comprimento de luz visível do sol.

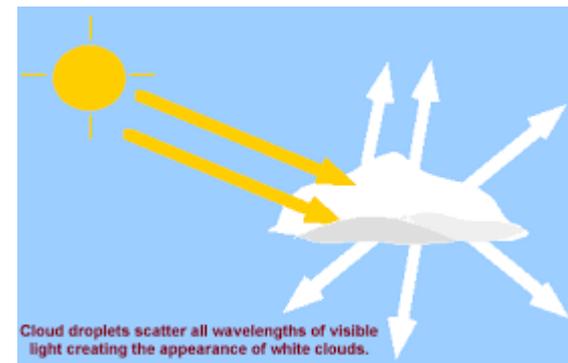
De acordo com os dados compilados pela BMKG, a concentração de partículas poluentes de tamanho inferior a 10 micrômetros era muito alta nos arredores de Jambi, Palembang e Pekanbaru.

Tipos de Espalhamento

Espalhamento não seletivo:

O último tipo de espalhamento é o espalhamento não seletivo.

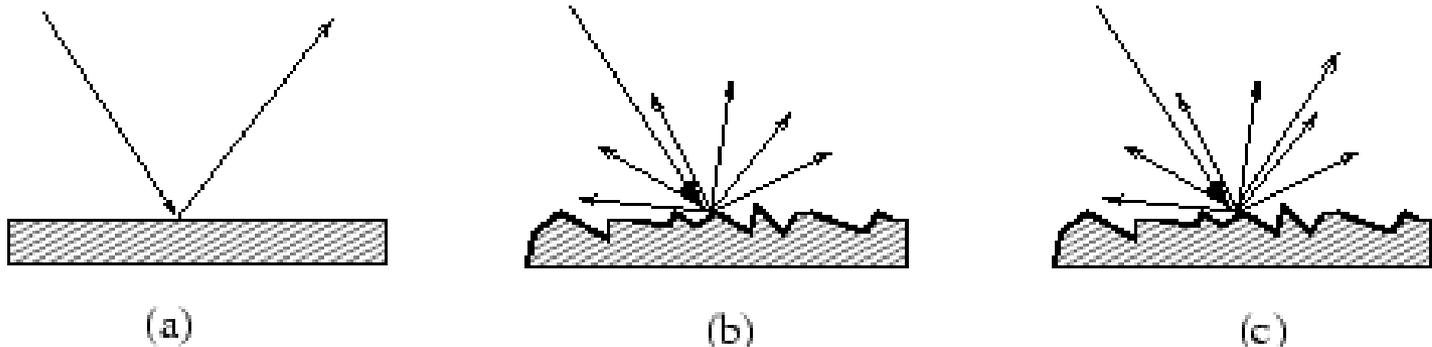
Ele ocorre na porção inferior da atmosfera, quando as partículas são muito maiores que a radiação incidente. Este tipo de espalhamento não depende do comprimento de onda e é a principal causa da neblina, poluição e o pó.



Passaúna: 3 datas



Reflexão: Especular ou difusa?



A variação da rugosidade da superfície influencia a capacidade de um objeto refletir a energia.

- Reflexão especular
- Reflexão difusa
- Reflexão mista