

BIOCLIMATOLOGIA ECOLÓGICA

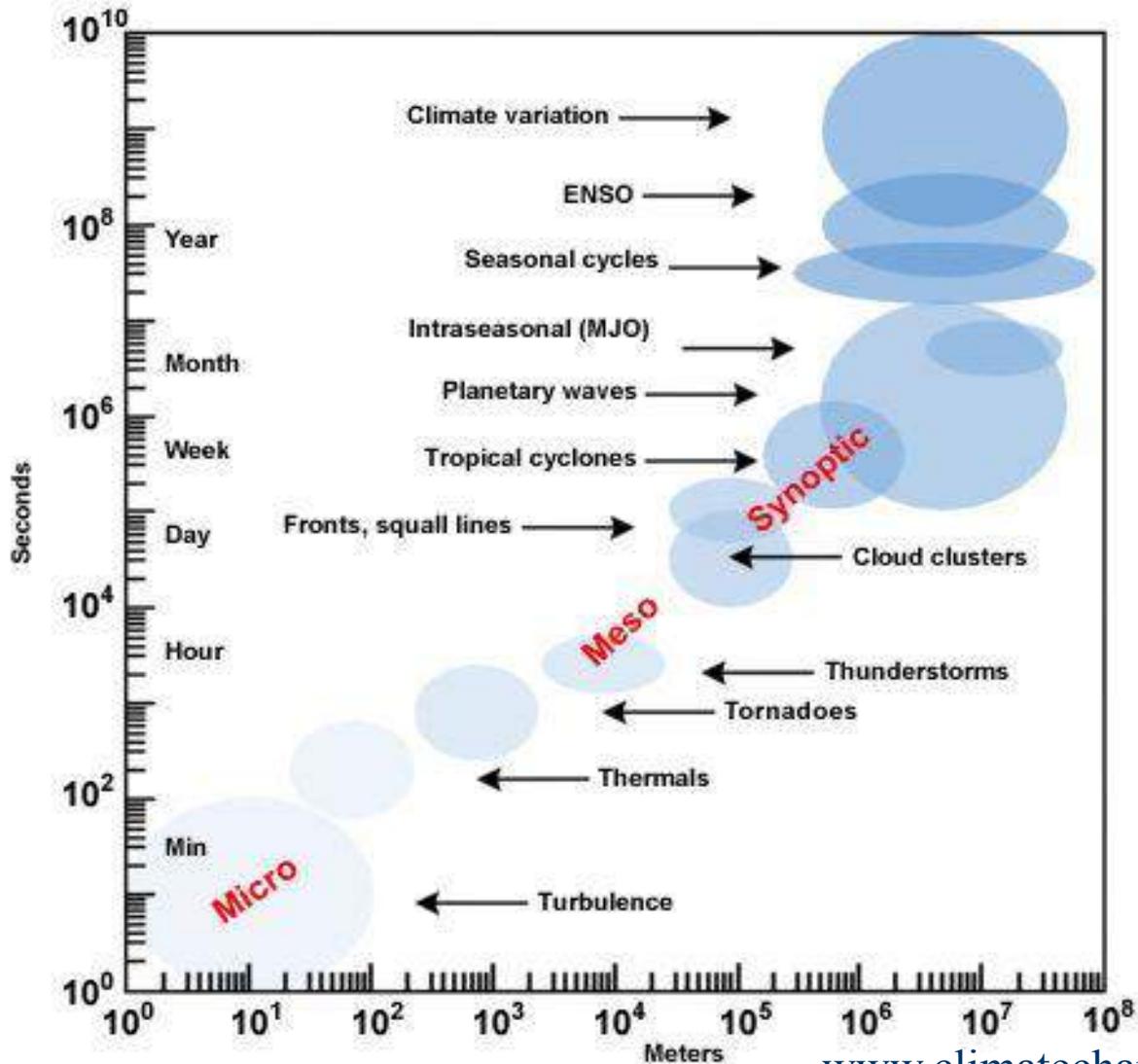
A bioclimatologia aborda todos os fenômenos do ambiente físico que potencialmente afetam o seres vivos nas diversas escalas do sistema terra-atmosfera.

Escalas do clima que potencialmente afetam a vida na terra

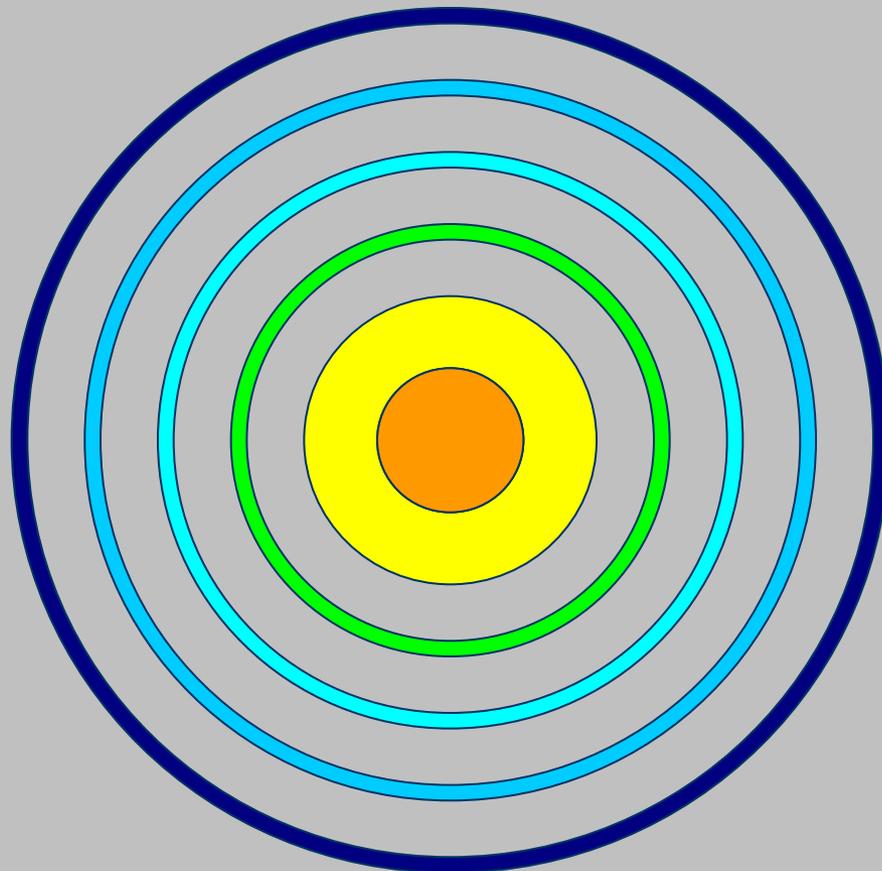
- ◆ Os processos envolvidos são caracterizados por escalas espaciais e temporais;

Efeitos	Anos
Efeitos antrópicos na litosfera	1-100
Efeitos antrópicos na atmosfera	1-100
Vulcanismo	1-1000
Atividade solar	10-1000
Interações entre atmosfera e oceanos	1-100.000
Efeitos da órbita terrestre	10.000-100.000
Processos tectônicos	100.000-100.000.000
Eventos galácticos	10.000-250.000.000

ESCALA DOS EVENTOS CLIMÁTICOS NO SISTEMA TERRA-ATMOSFERA



A ESCALA DE MONTEITH



ENDOCLIMA – ORGAO

EPICLIMA – REVESTIMENTO

MICROCLIMA - ORGANISMO

MESOCLIMA OU CLIMA LOCAL
COMUNIDADE

CLIMA GLOBAL - BIOMA

CLIMA PLANETÁRIO
TERRA

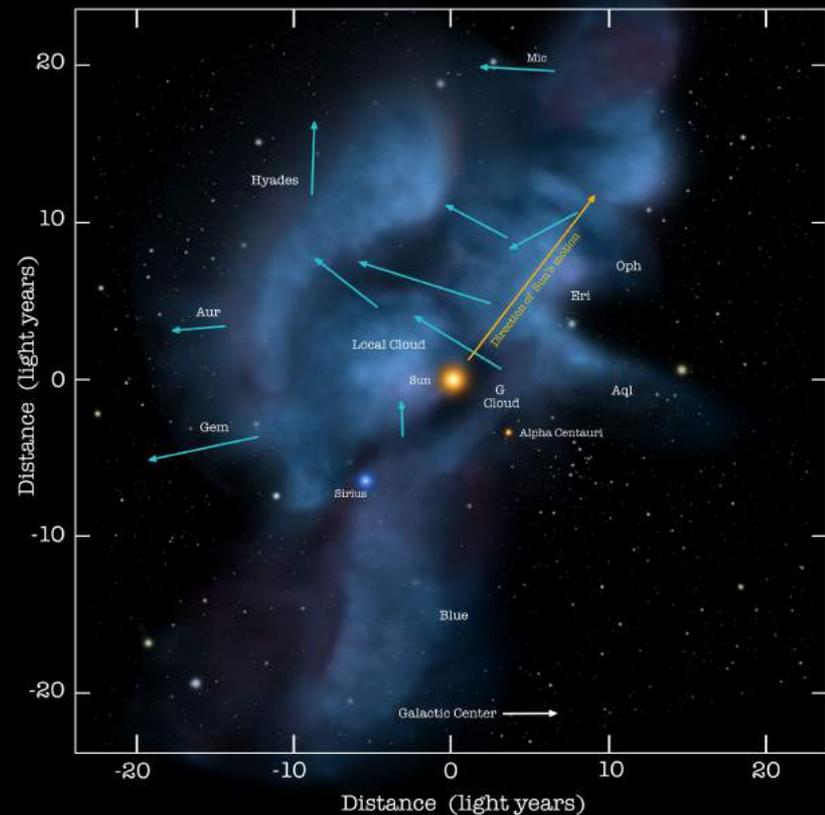
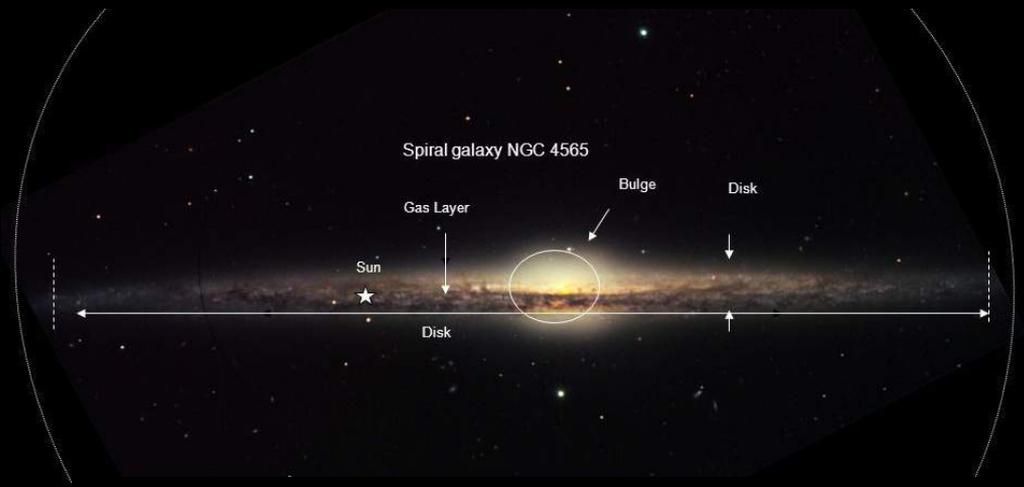
A bioclimatologia é a ciência que lida com os efeitos do clima nos seres vivos.

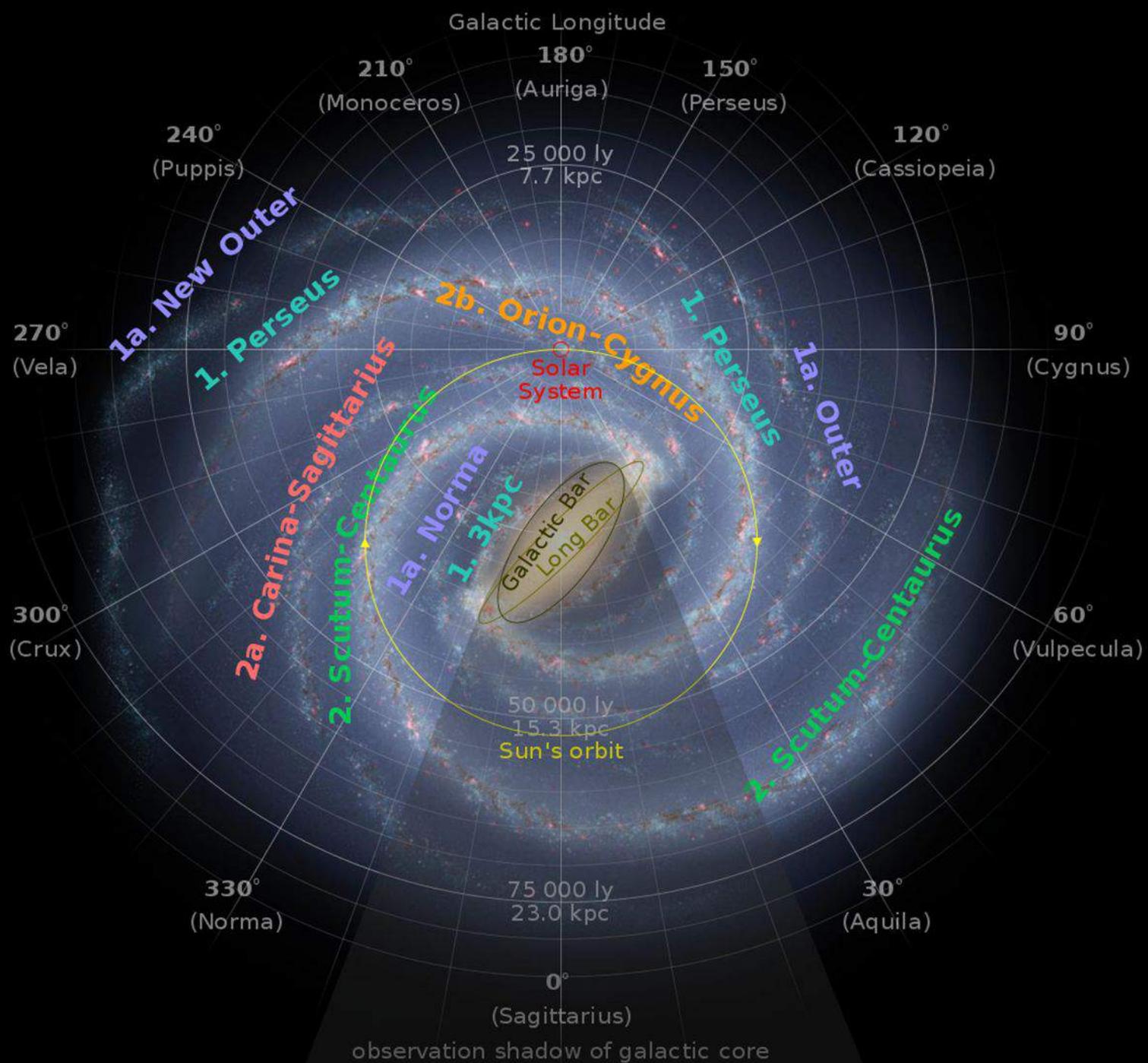
Escalas do clima estão associadas com regiões limítrofes

O clima pode ser tomado como o conjunto de eventos físicos associados ao fluxo de radiação e massa mais relevantes em termos de intensidade e frequência em uma determinada escala. A escala desses eventos está associada à escala espacial das interações.

Assim, pode-se dizer que existem climas definidos em escalas partindo de superestruturas do universo até a escala molecular.

Por exemplo o “halo galáctico” e a “nuvem interestelar local”.





CLIMA GALÁCTICO

A órbita do sistema solar em torno do núcleo da nossa galáxia completa uma volta a cada 250 milhões de anos.

A escala de tempo do clima galáctico está associada à eras geológicas e processos envolvendo potencialmente a evolução biótica na terra.

Os eventos galácticos com potencial de afetar a biosfera correspondem desde o meio imediato externo ao sistema solar até eventos de alta energia na escala da galáxia ou além.

The Galactic Environment of the Sun

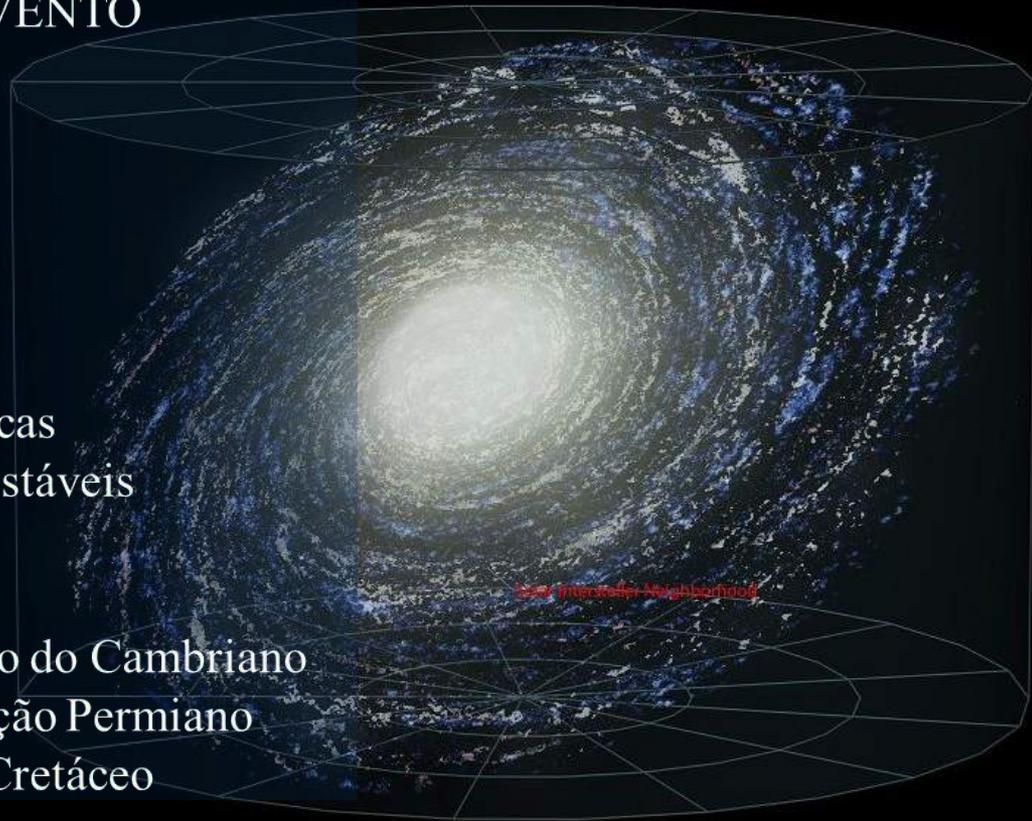
The heliosphere appears to protect the inner solar system from the vagaries of the interstellar medium

Priscilla C. Frisch

American Scientist, Volume 88

EVENTOS EM RELAÇÃO AO TEMPO GALÁCTICO

ANOS GALÁCTICOS	EVENTO
61,32	Big Bang
54,00	Via Láctea
20,44	Sol
17 a 18	Oceanos
16,889	Vida
15,555	Procariotos
12,00	Bactérias típicas
10,00	Continents estáveis
6,8	Metazoários
6,666	Eucariotos
2,4	Diversificação do Cambriano
1,11	Grande extinção Permiano
0,2935	Extinção do Cretáceo

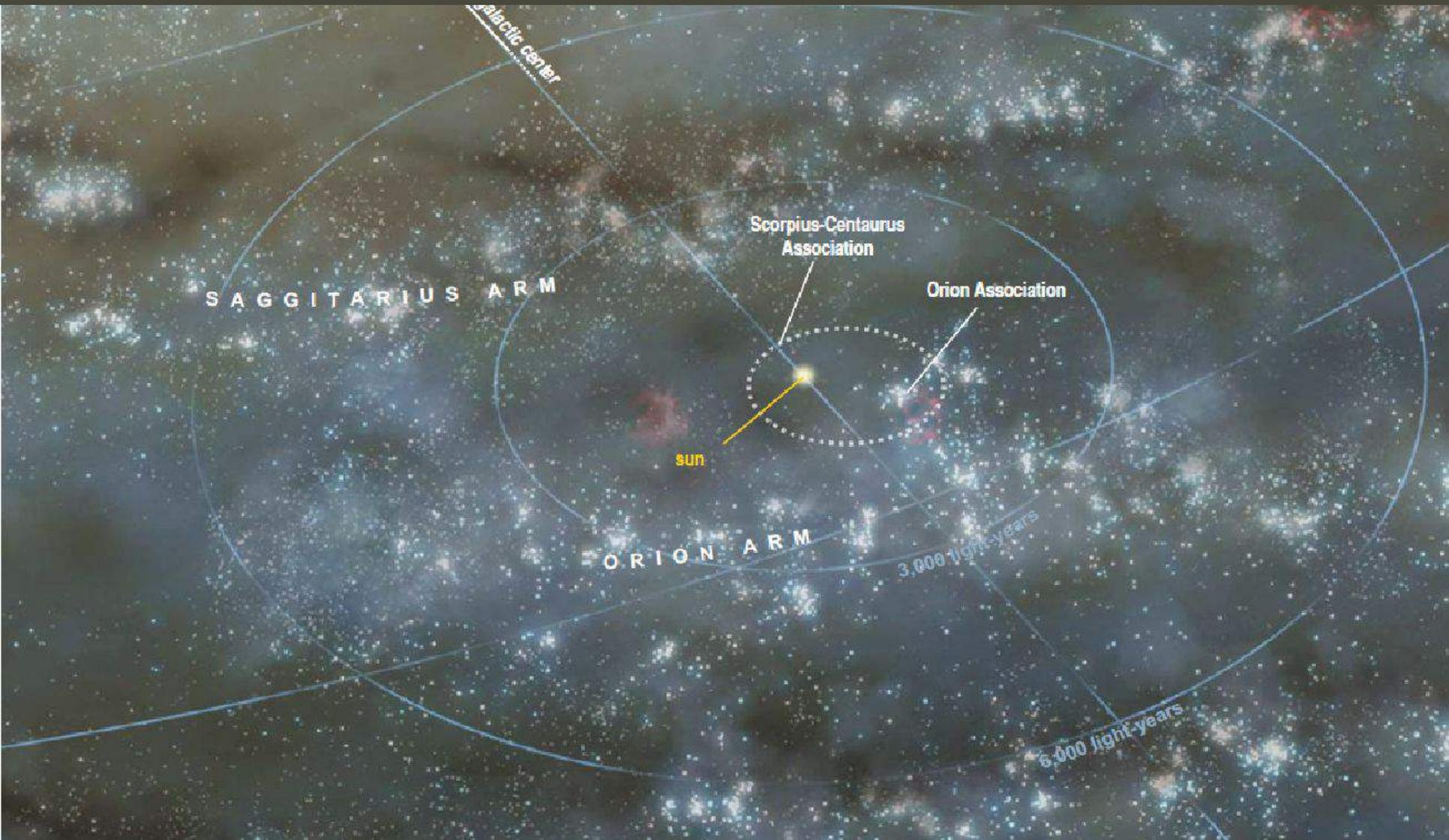


We think of outer space as distant and unreachable, but in fact events out in the cosmos may have helped and hindered the evolution of life on Earth

<http://www.bbc.com/earth/story/20161125-events-in-space-may-have-changed-the-course-of-evolution>

By Philip Ball
28 November 2016

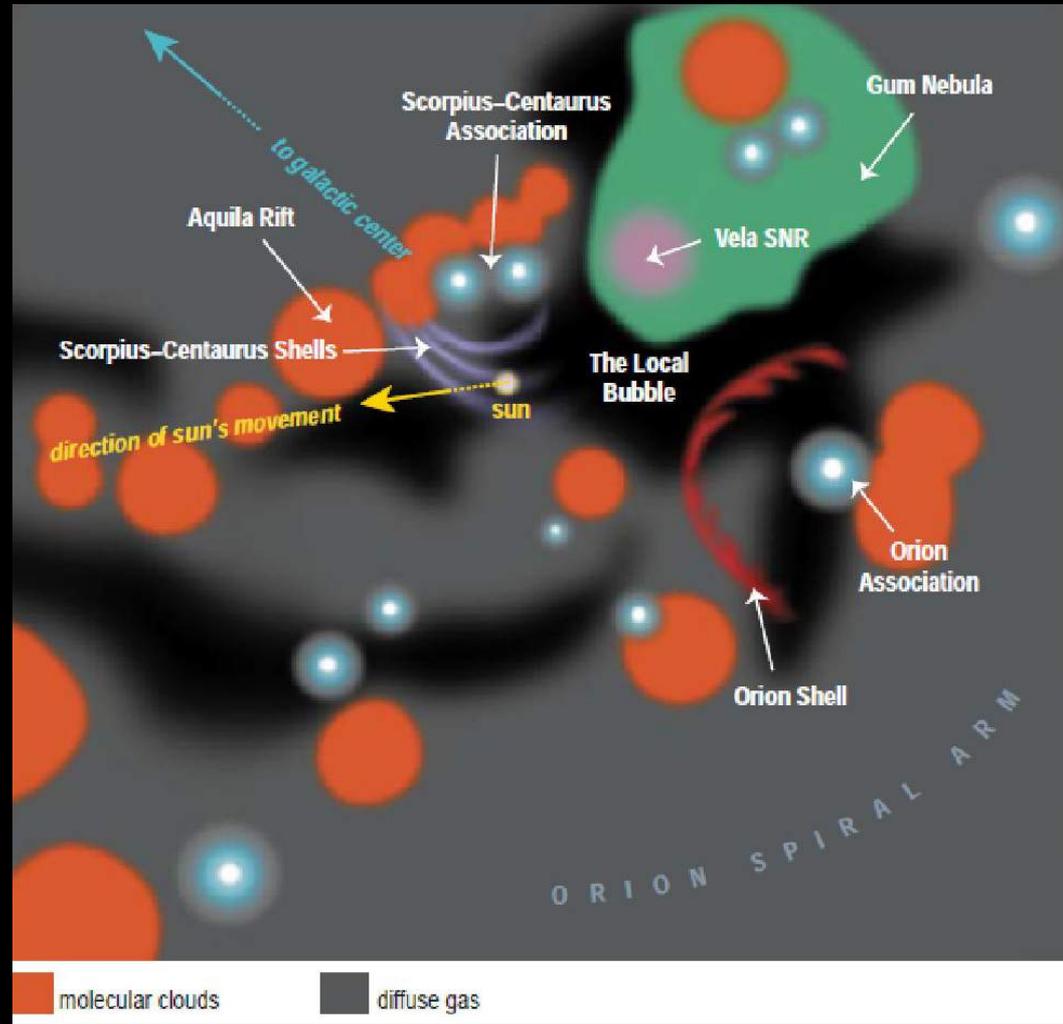
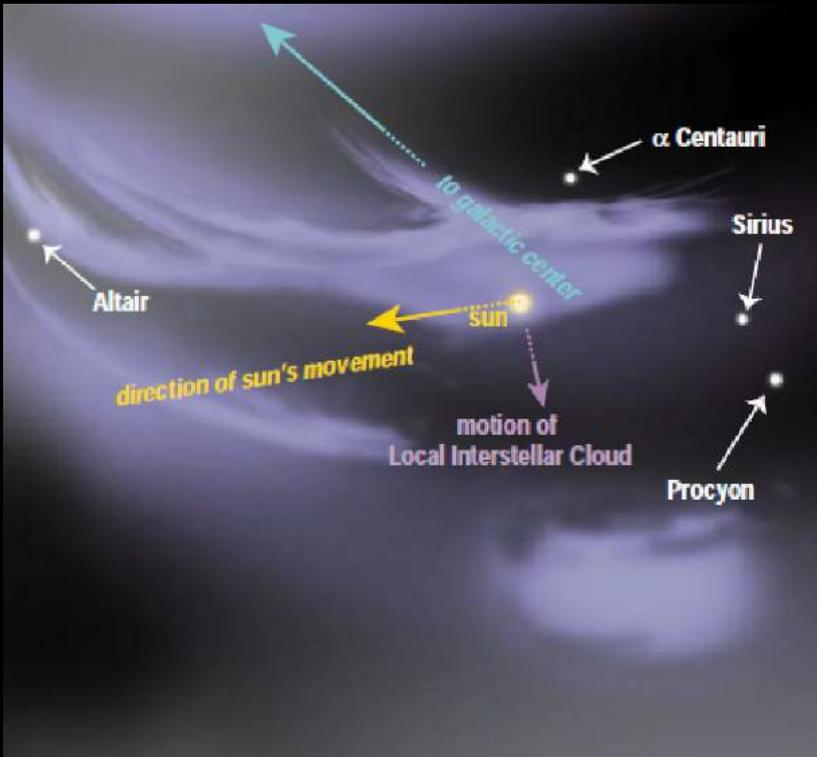
VIZINHANÇA DO SISTEMA SOLAR NA GALÁXIA



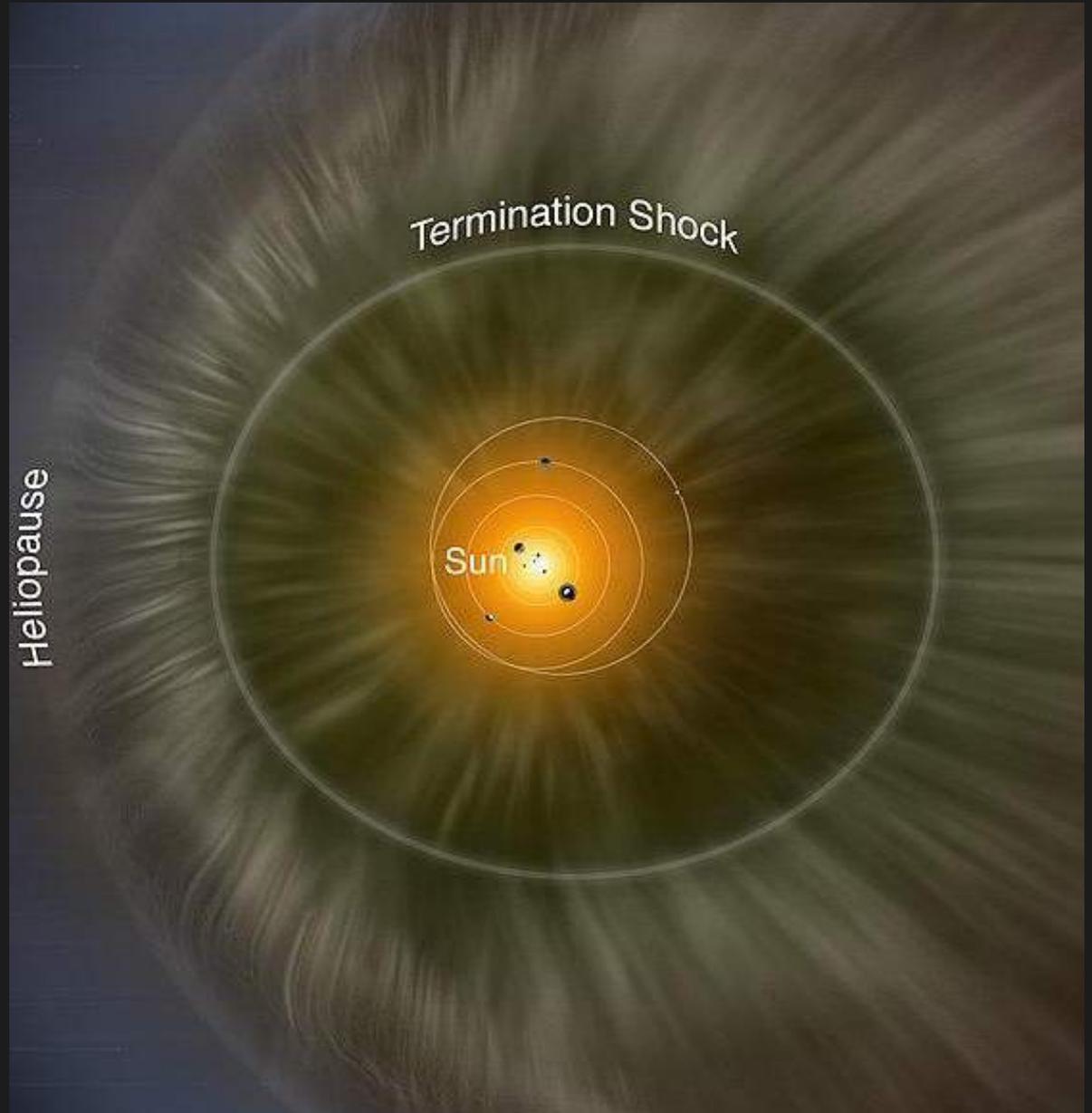
O meio interestelar apresenta frequentemente poeira e gases emitidos por outras estrelas e por eventos catastróficos como explosões de supernovas, etc (aqui, os remanescentes da supernova de Vela e a emissão de raios gama do pulsar remanescente).

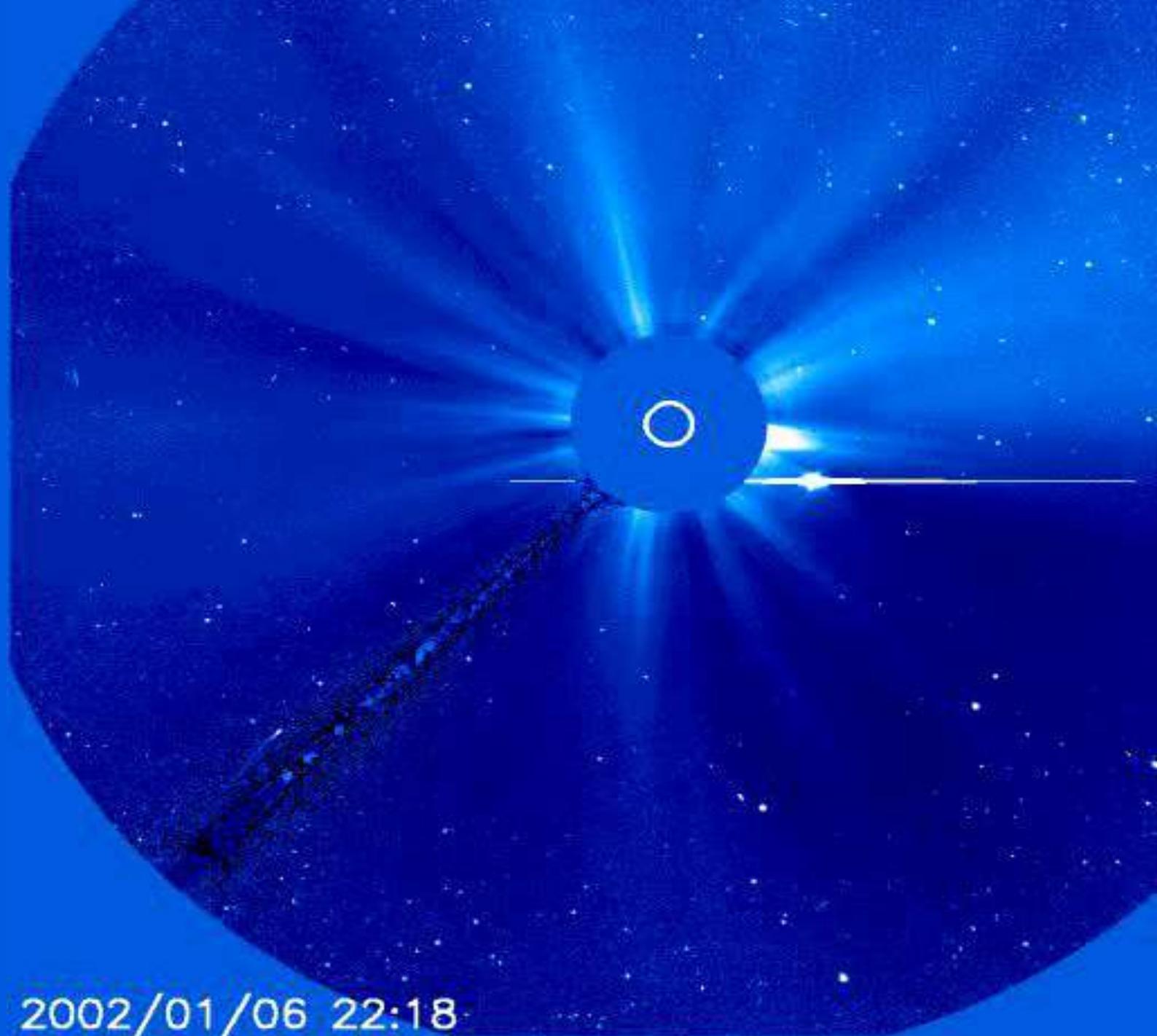


O sol atravessa atualmente uma região mais densa do meio interestelar.



As escalas mais próximas são definidas pela zona de influência direta do Sol – a Heliosfera que interage com o meio local enquanto se desloca através da galáxia. Dentro do sistema solar predomina o clima interplanetário que corresponde à região sob efeito mais intenso da emissão solar.





2002/01/06 22:18

Deslocamento da heliosfera no meio galáctico

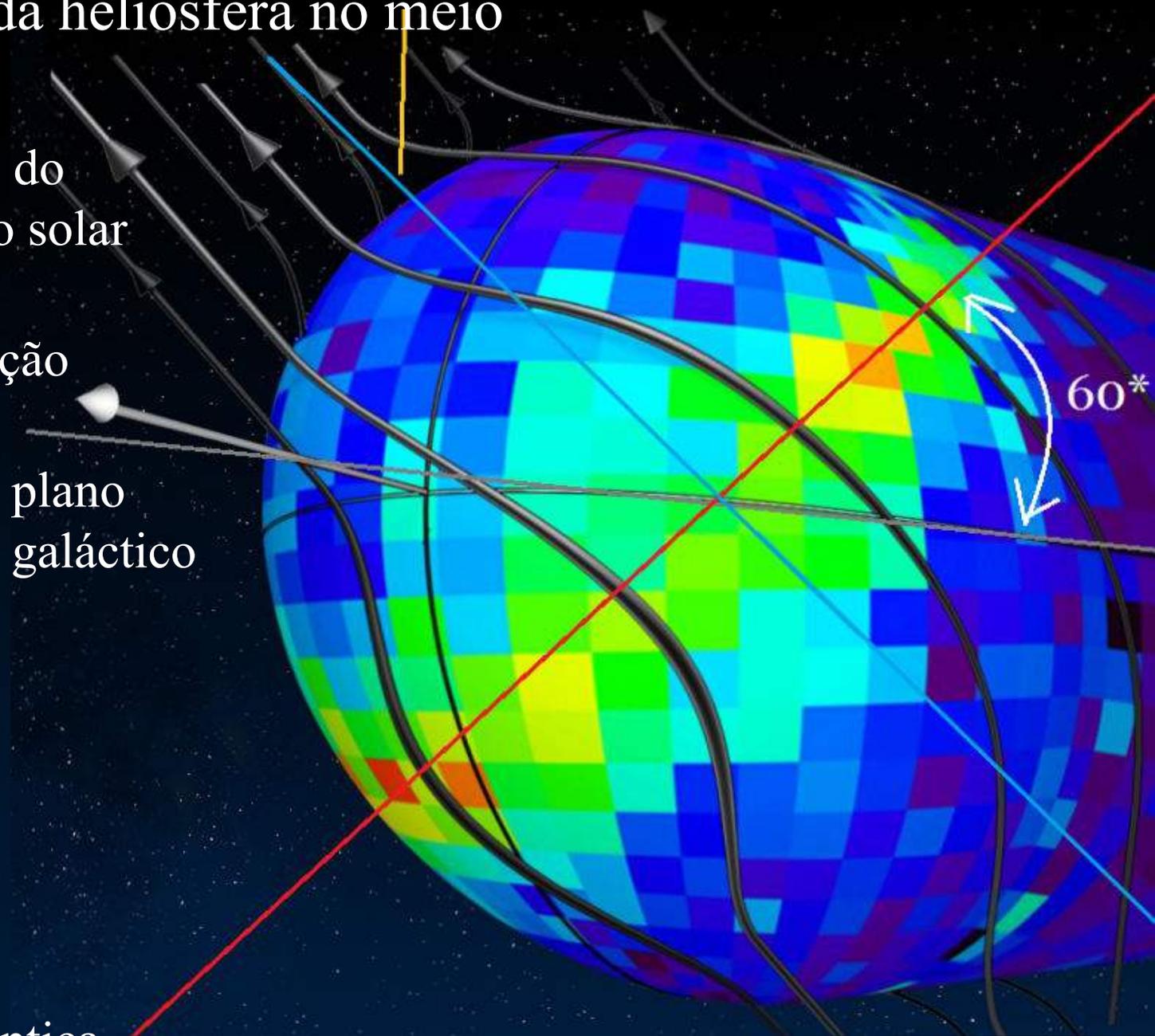
linhas do campo solar

sentido da rotação

plano galáctico

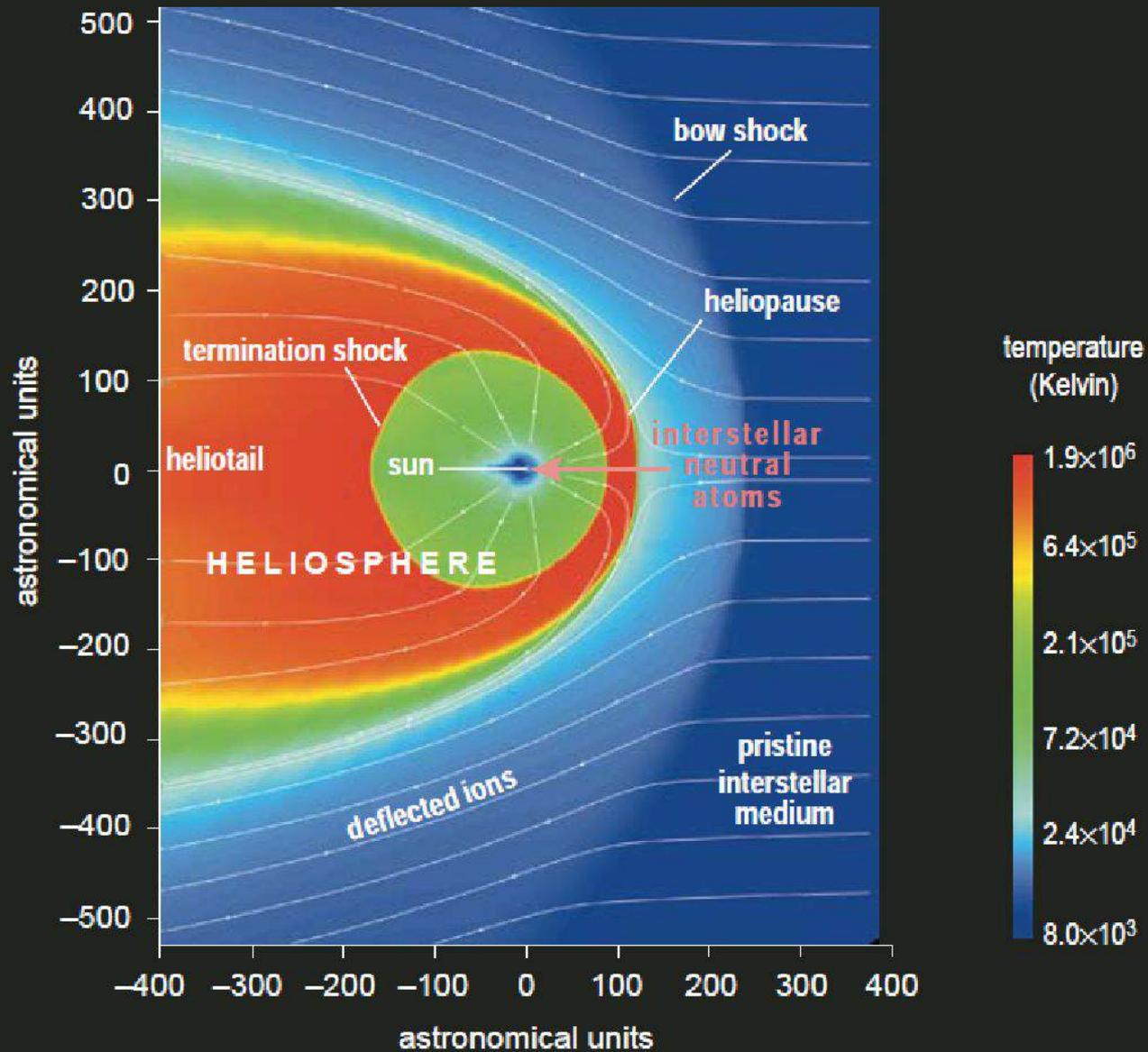
eclíptica

60*

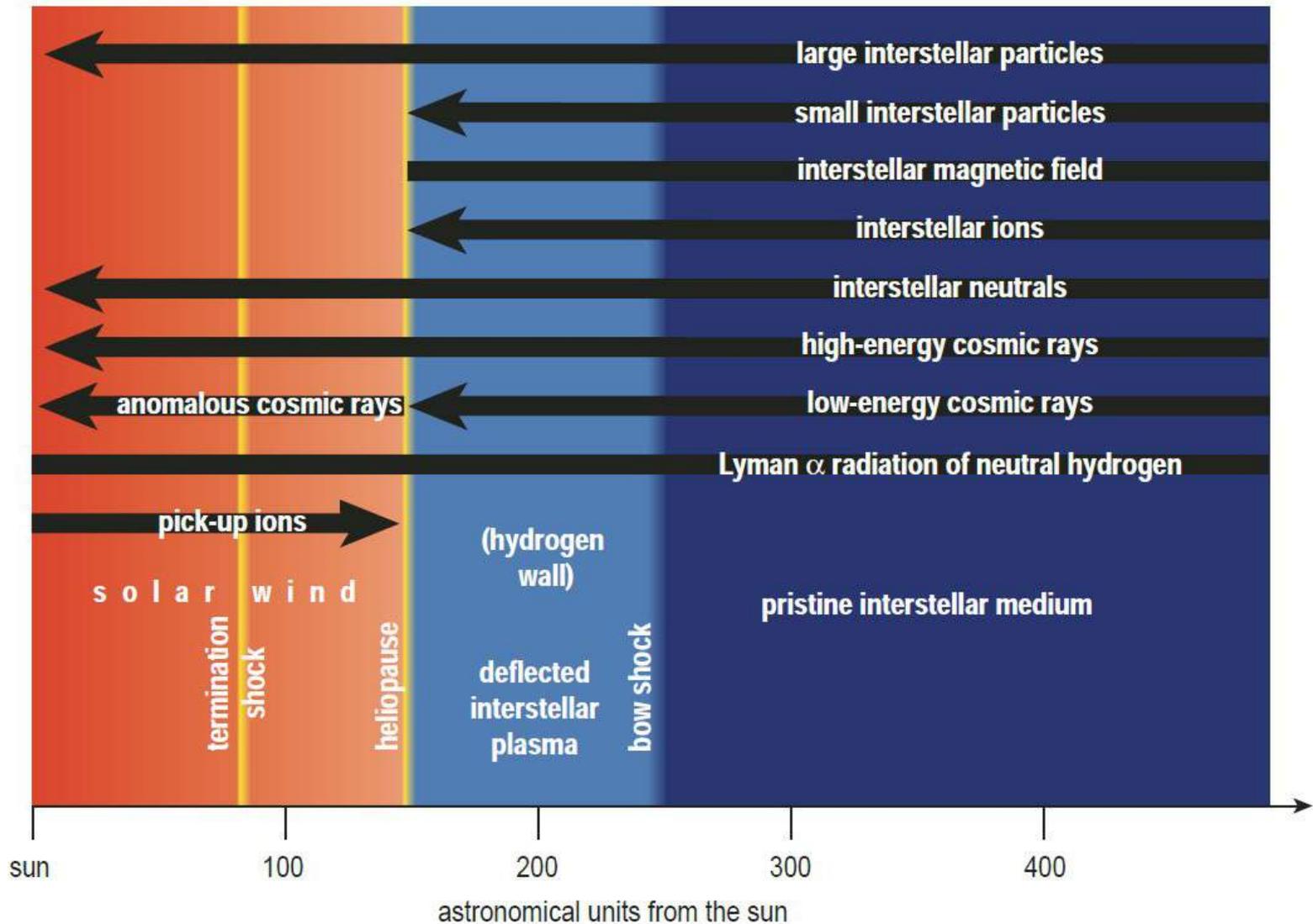


ESTRUTURA DA HELIOSFERA

1 A.U. = 150.000.000km

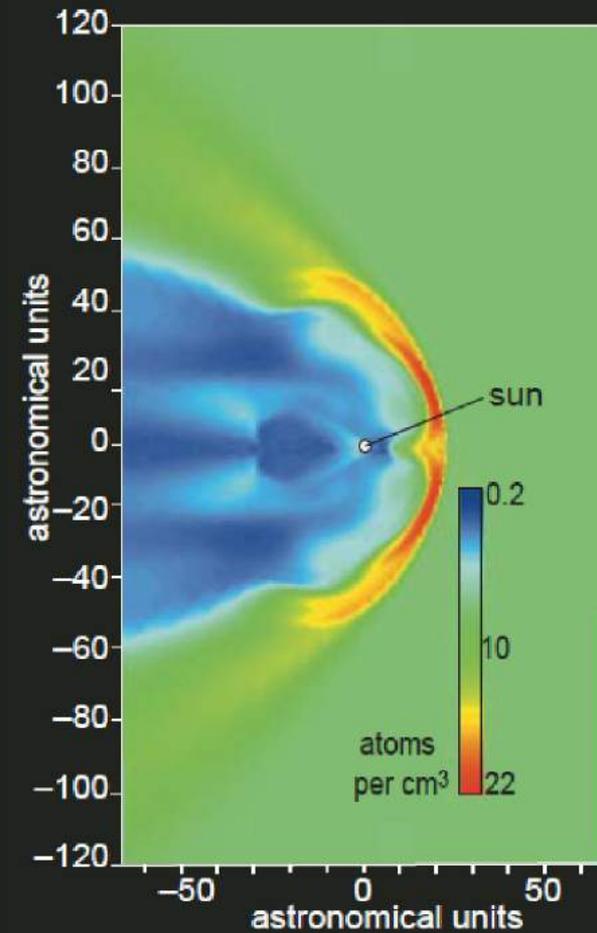
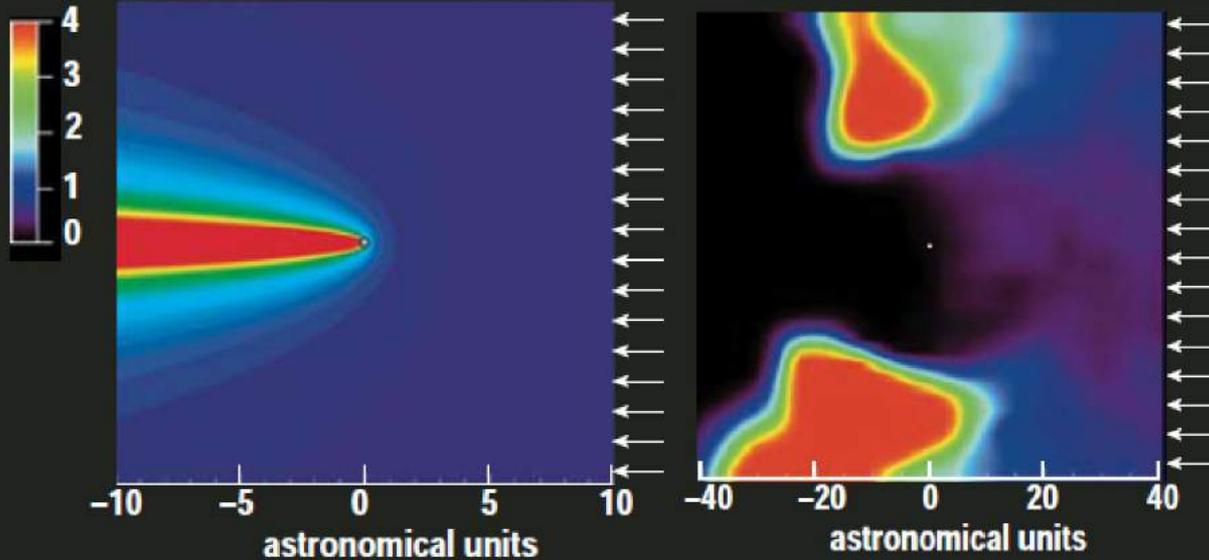


A heliosfera reduz o impacto do clima interestelar sobre o sistema solar

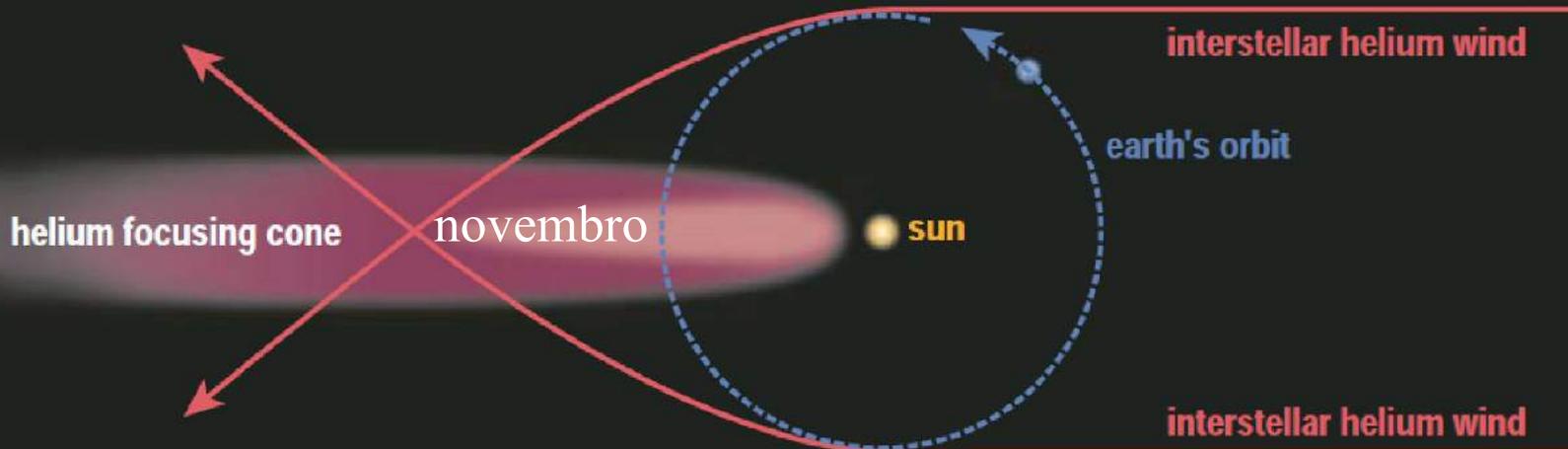


relative density

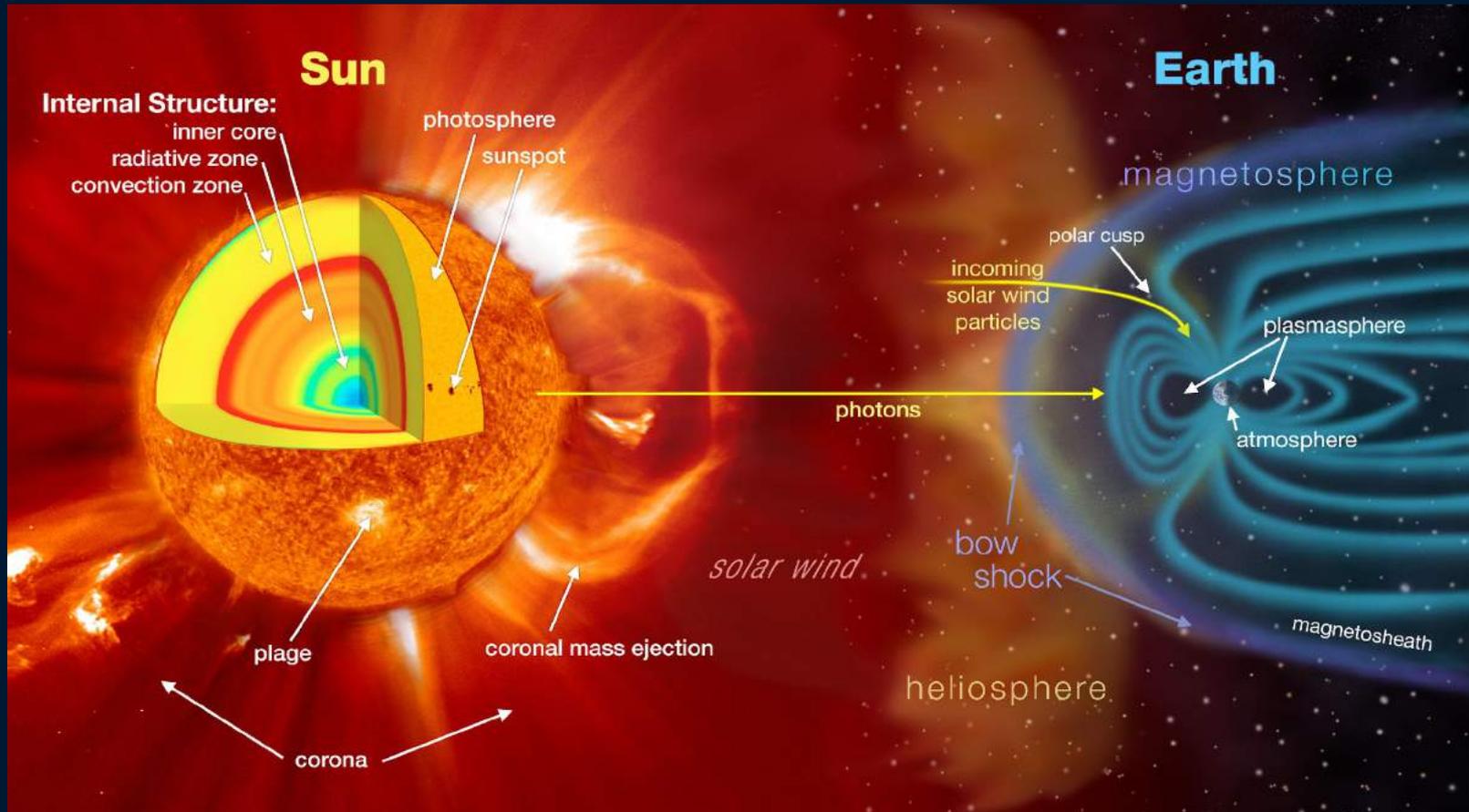
interstellar wind

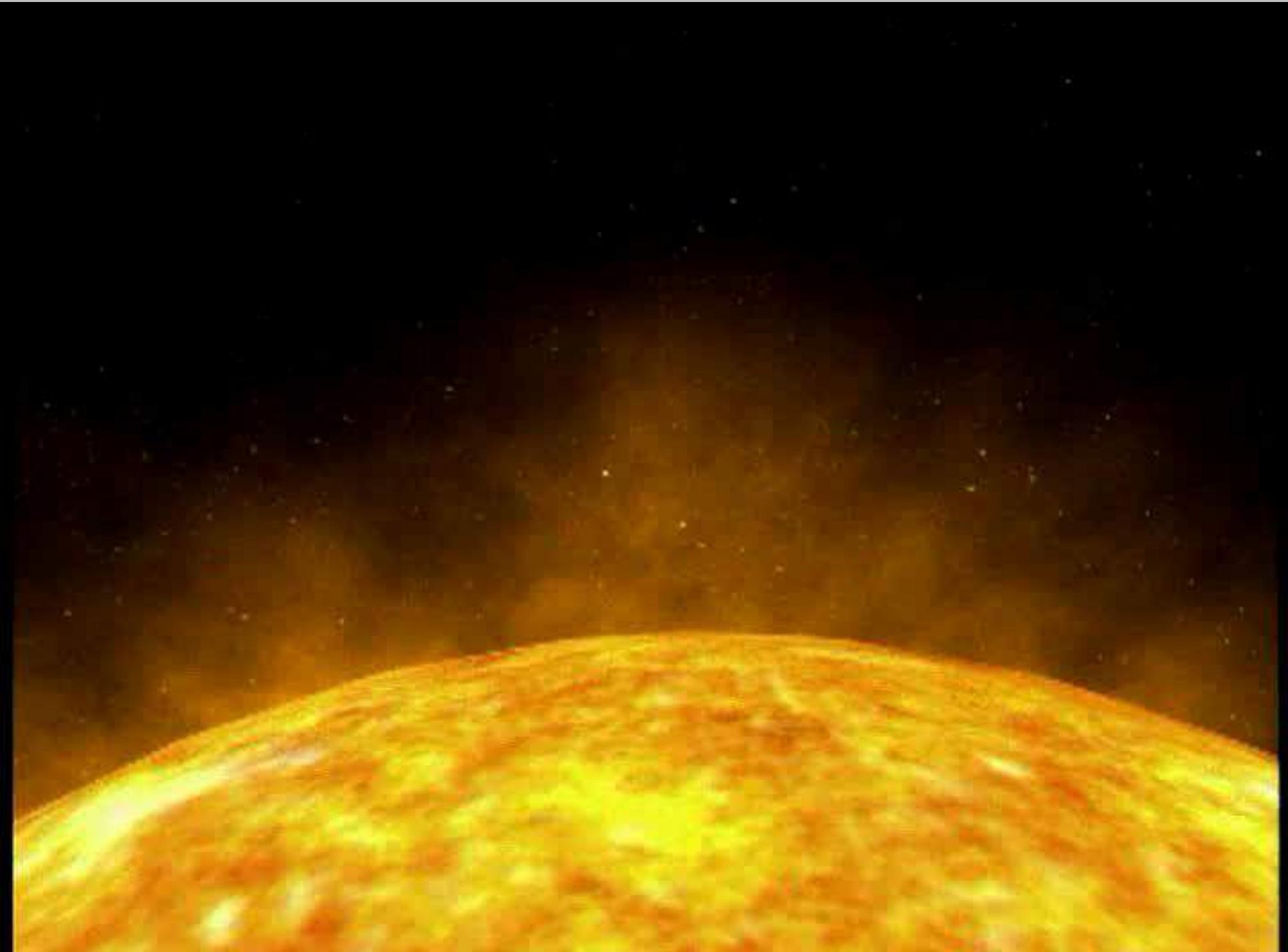


Interação de partículas em torno de $1,4\mu\text{m}$ (e) e menores do que $0,2\mu\text{m}$ (d).
O encontro com nuvens moleculares mais densas pode instabilizar a heliosfera

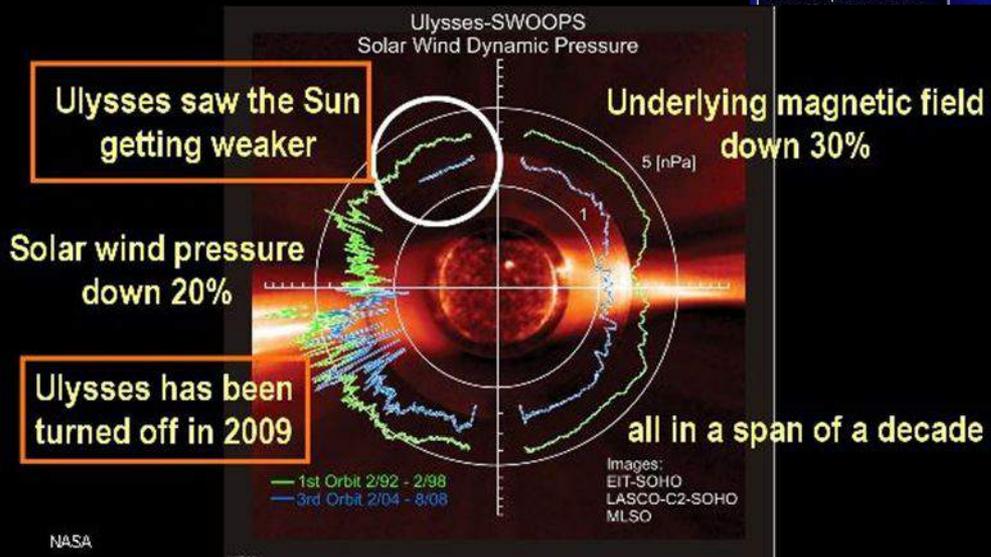
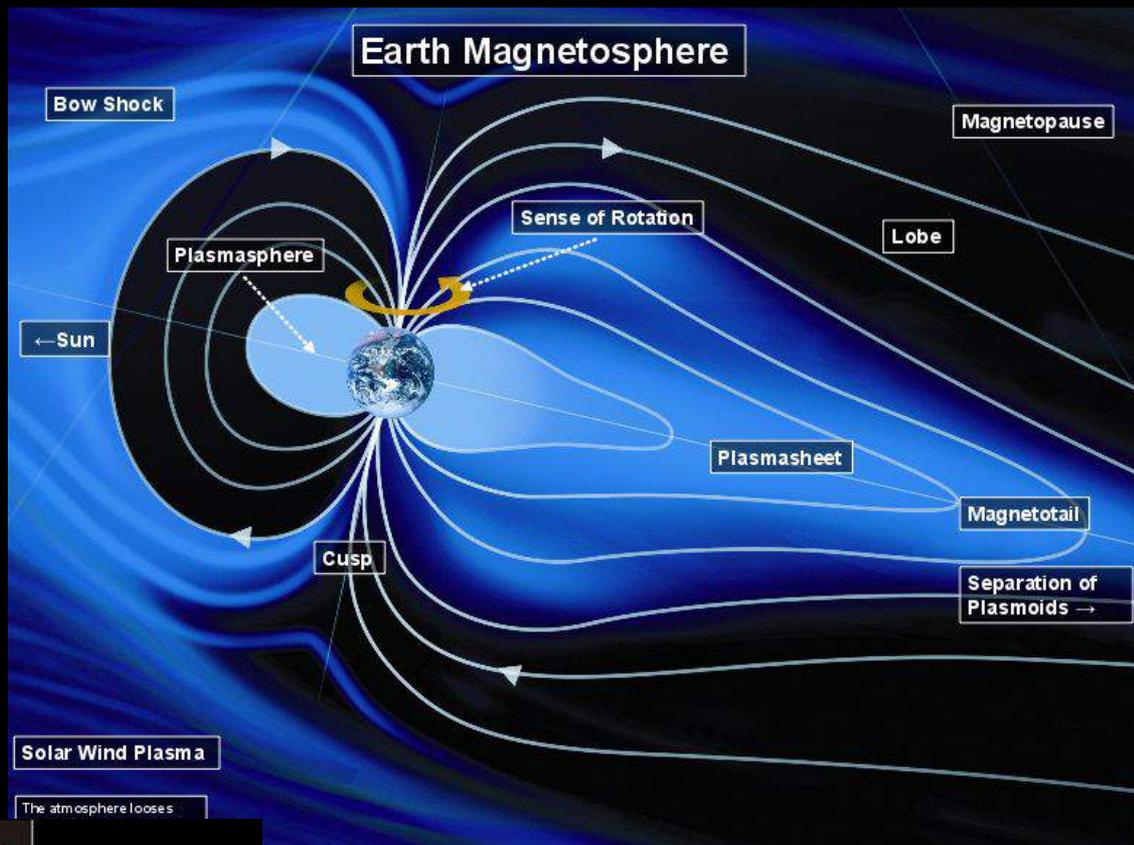


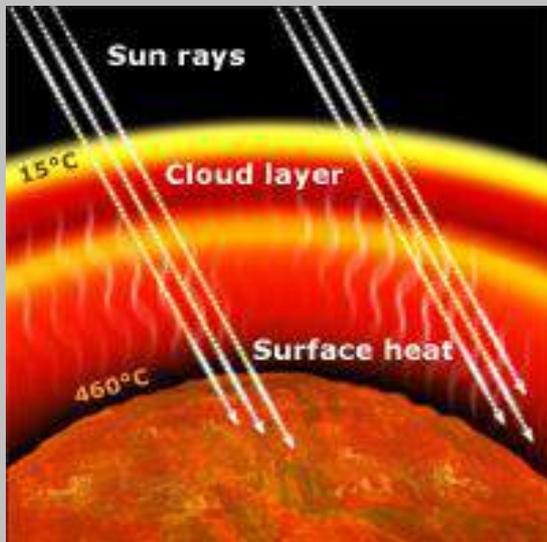
Na escala planetária, o clima é ditado pela interação entre o vento solar e os planetas





A magnetosfera terrestre faz parte do clima interplanetário e influencia a composição da atmosfera terrestre

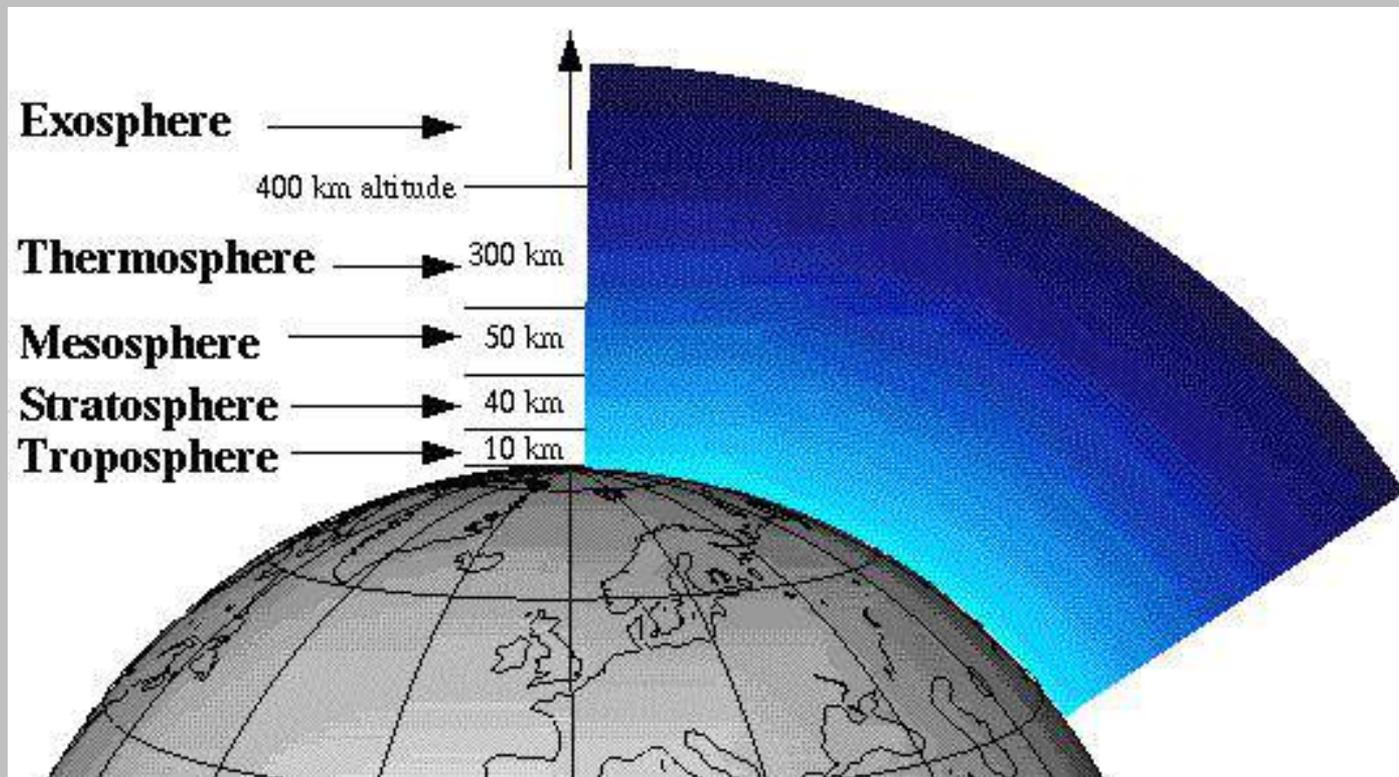


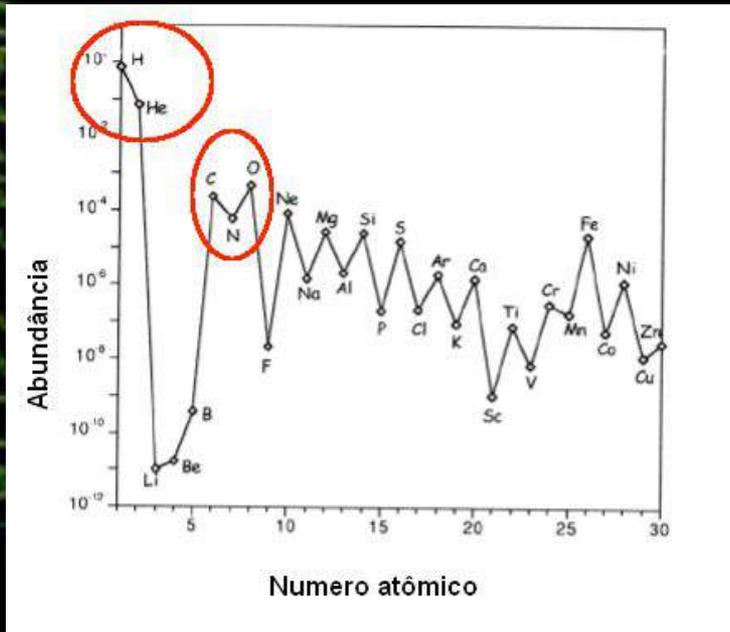


Climas planetários estão associados à composição da atmosfera do planeta, que por sua vez é associada à massa e à intensidade da radiação incidente.

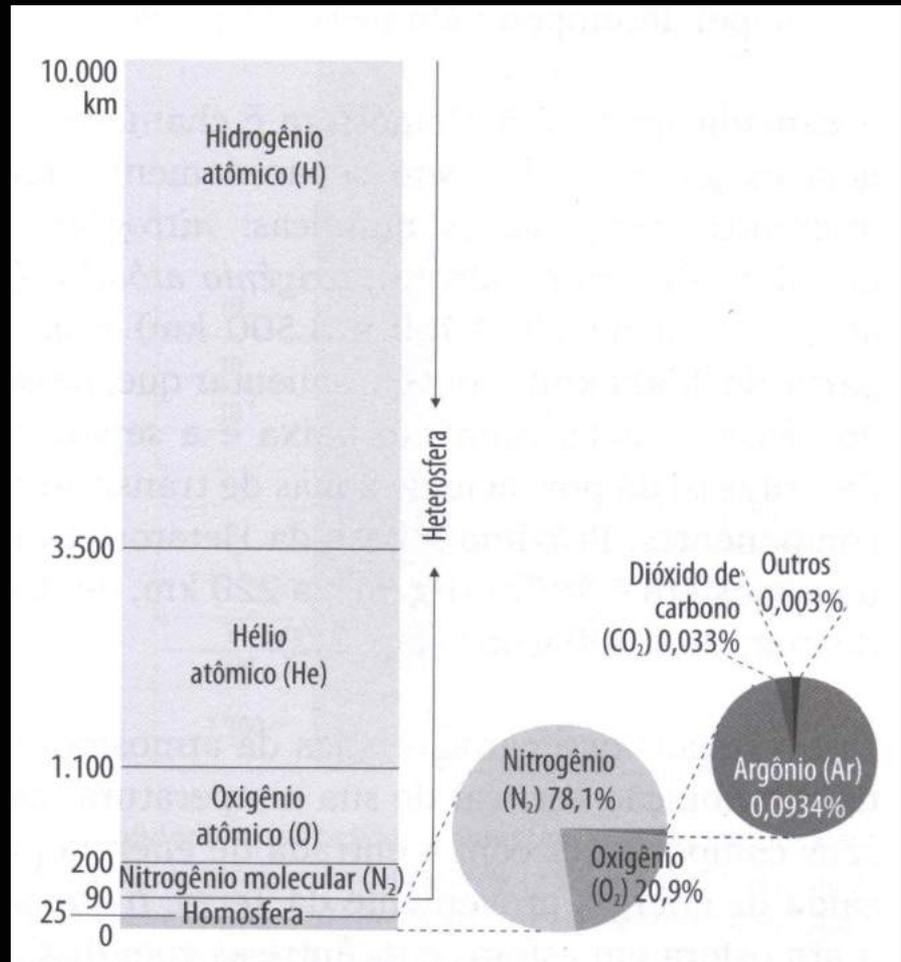


Atmosfera terrestre : **Troposfera** – onde a maior parte da massa da atmosfera esta localizada e onde os principais processos de transporte e transferência de energia ocorrem; **Estratosfera** – zona que se inicia com a inversão da queda de temperatura associada com a altitude – contém 20% da massa da atmosfera e sua temperatura aumenta com a altitude por efeito da radiação ionizante do sol – é a região limítrofe para a vida; **Mesosfera** – limite superior para difusão dos gases da atmosfera e região de ionização dos gases por radiação solar; **Termosfera** – região com predomínio de gás ionizado em concentrações próximas do vácuo, inclui boa parte da ionosfera; **Exosfera** – espaço externo com alguma influência da atmosfera terrestre.

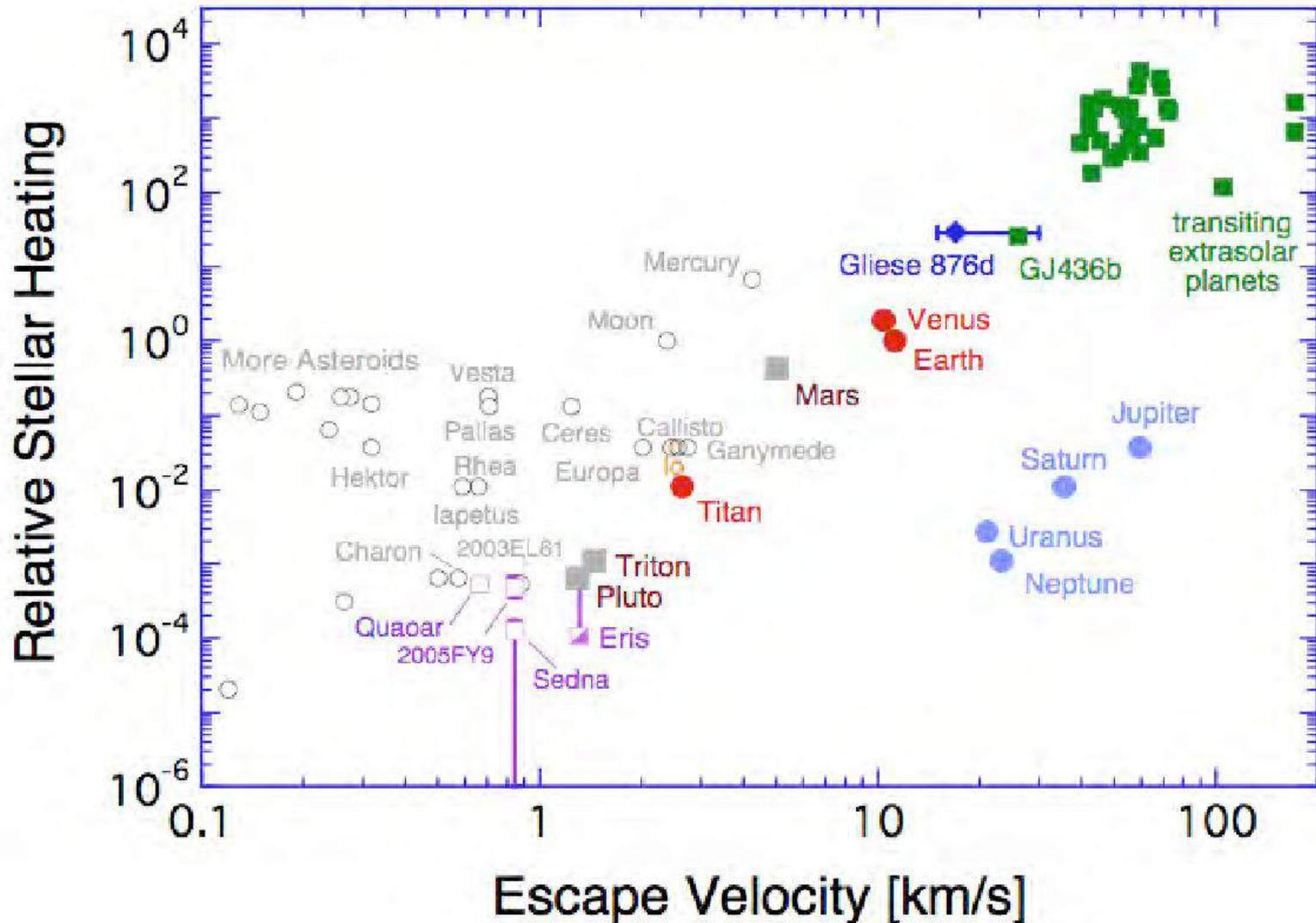




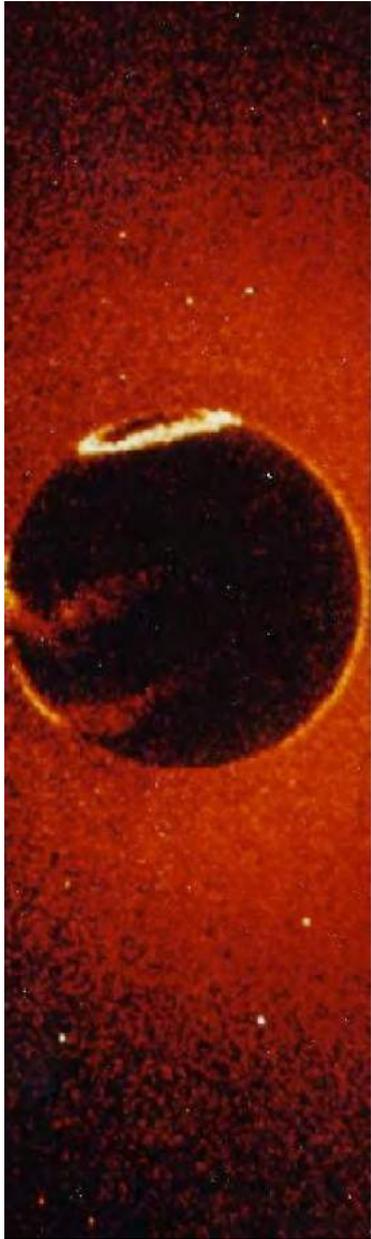
As atmosferas planetárias geralmente são compostas por associações entre os elementos mais abundantes no universo



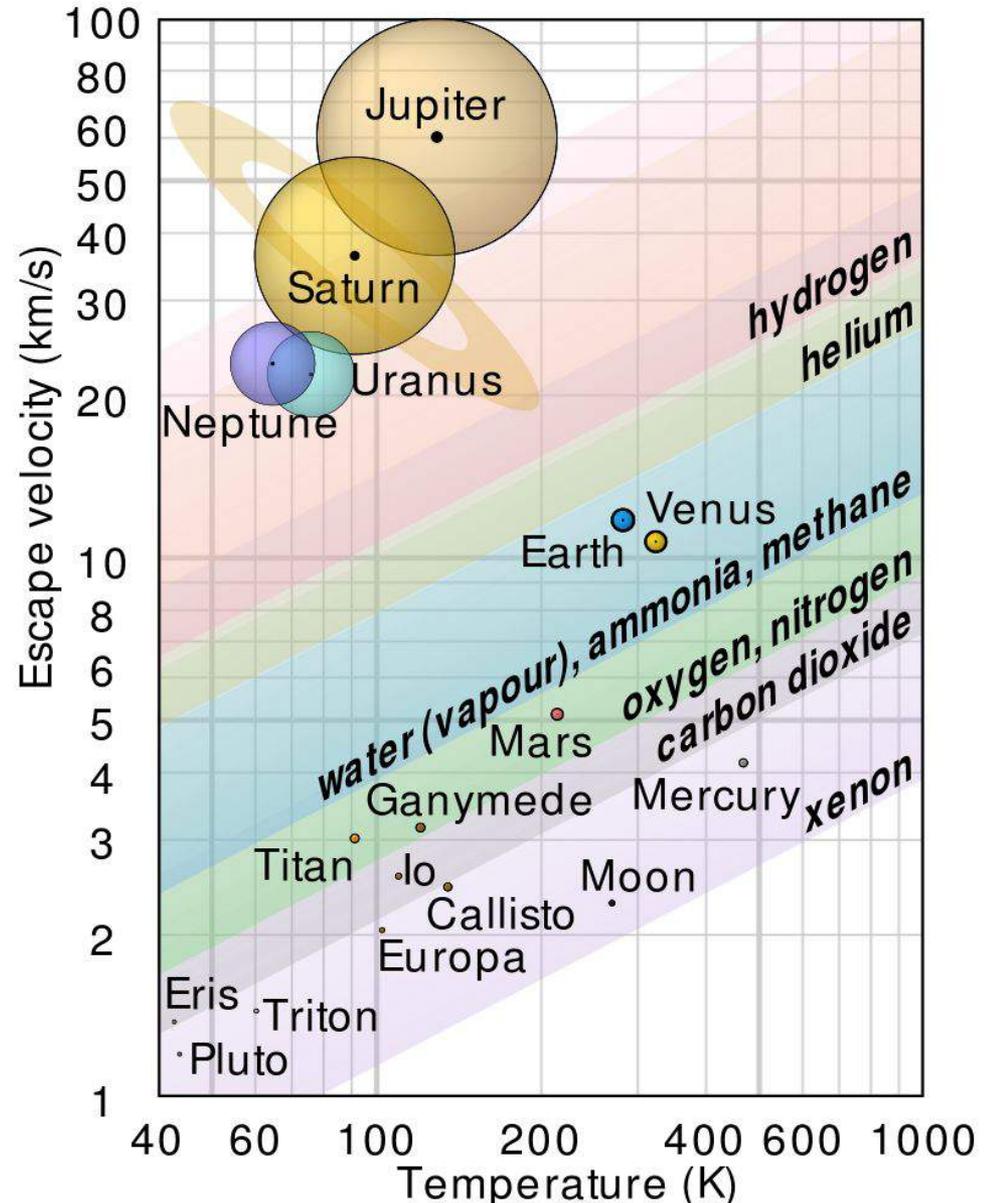
VELOCIDADE DE ESCAPE E EFEITO DO AQUECIMENTO



Velocidades de escape dos gases interpoladas com a temperatura média do planeta.



Terra fotografada do espaço na faixa do ultravioleta evidenciando a perda de hidrogênio e outras emissões de gás.



Solar wind hammers the ozone layer

The Arctic ultraviolet shield took a battering from storms in 2004.

Quirin Schiermeier

A stream of particles from the Sun, in combination with extreme weather conditions, caused an unprecedented thinning last year of the upper Arctic ozone layer.

Scientists have been puzzled by the chemical processes that destroyed up to 60% of ozone molecules in the lower mesosphere and upper stratosphere (the atmospheric layers that lie 30 to 40 kilometres above ground) in the first months of 2004. Reactions with nitrogen oxides generated by solar particles are bad news for ozone. Reactions with chlorofluorocarbons (CFC), the compounds responsible for ozone depletion in the lower stratosphere, could not explain the decline in higher layers.

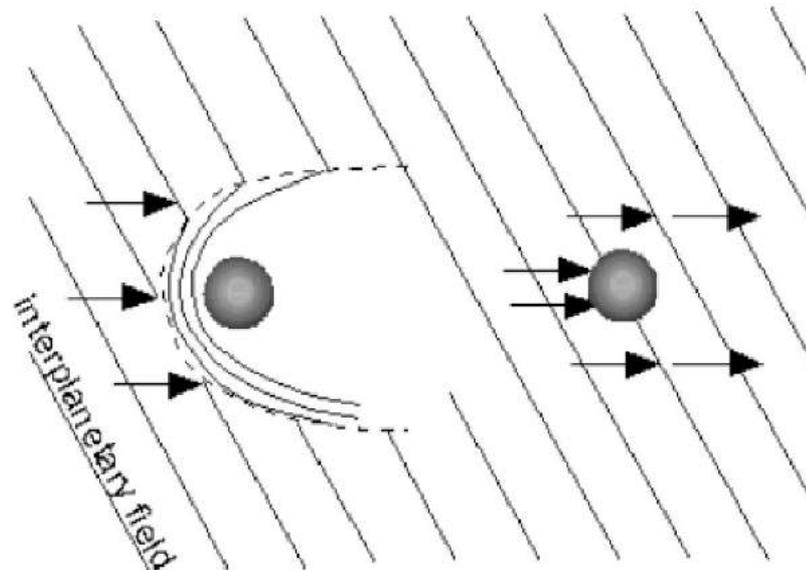
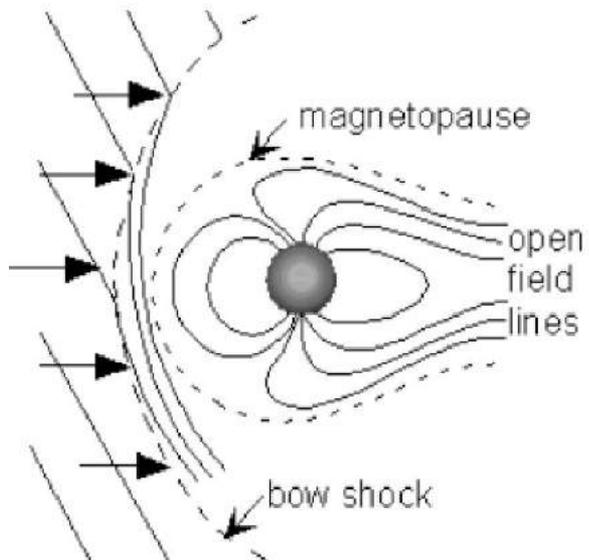
Now an international team of atmosphere researchers, led by Cora Randall of the University of Colorado at Boulder, has suggested a natural cause for this ozone loss at high altitudes.



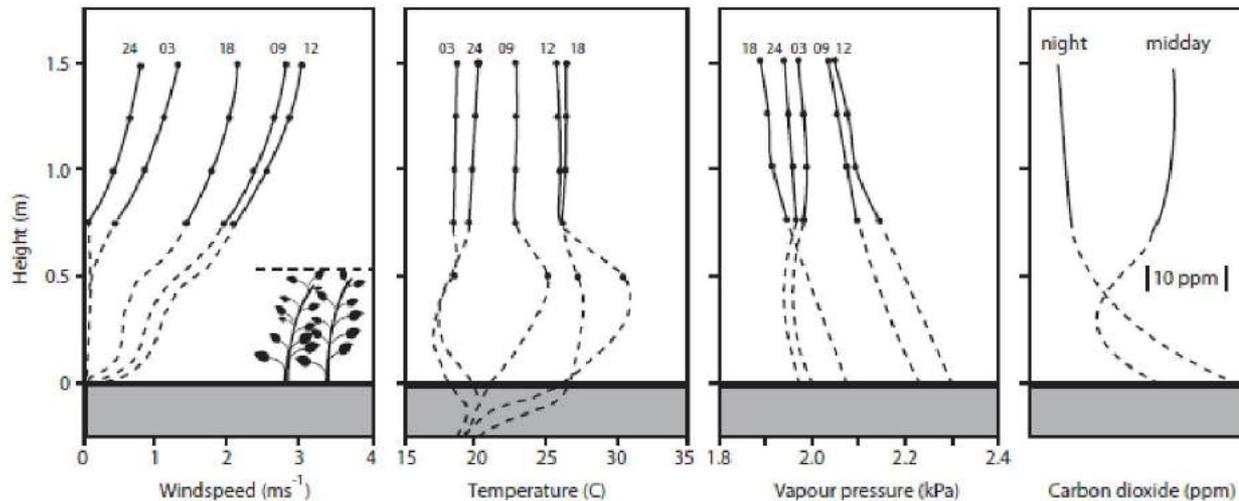
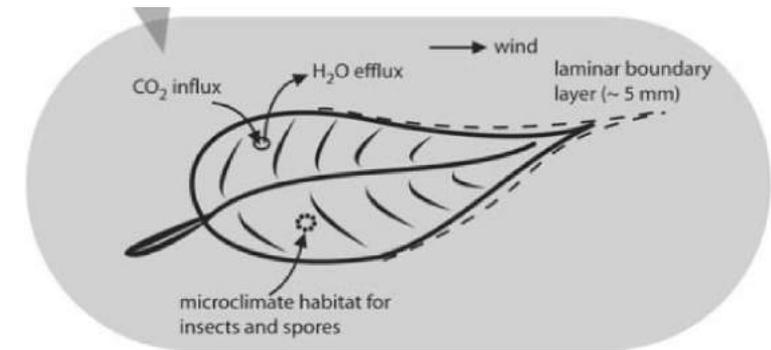
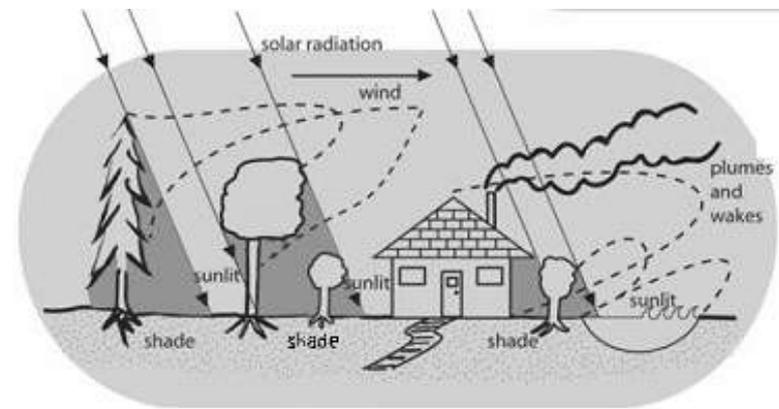
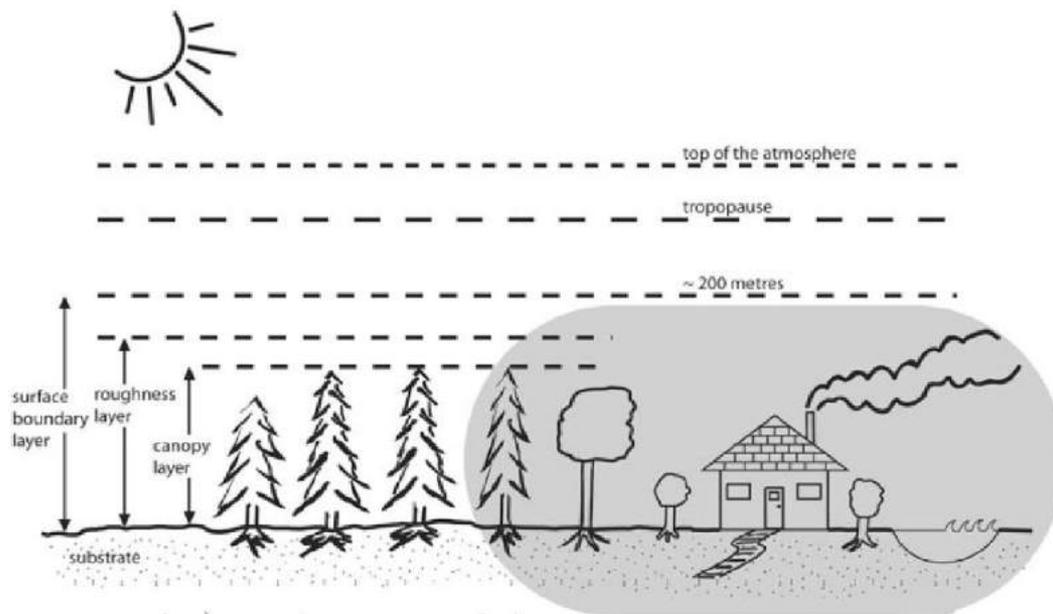
Nitrogen oxides generated by solar particles are bad news for ozone.

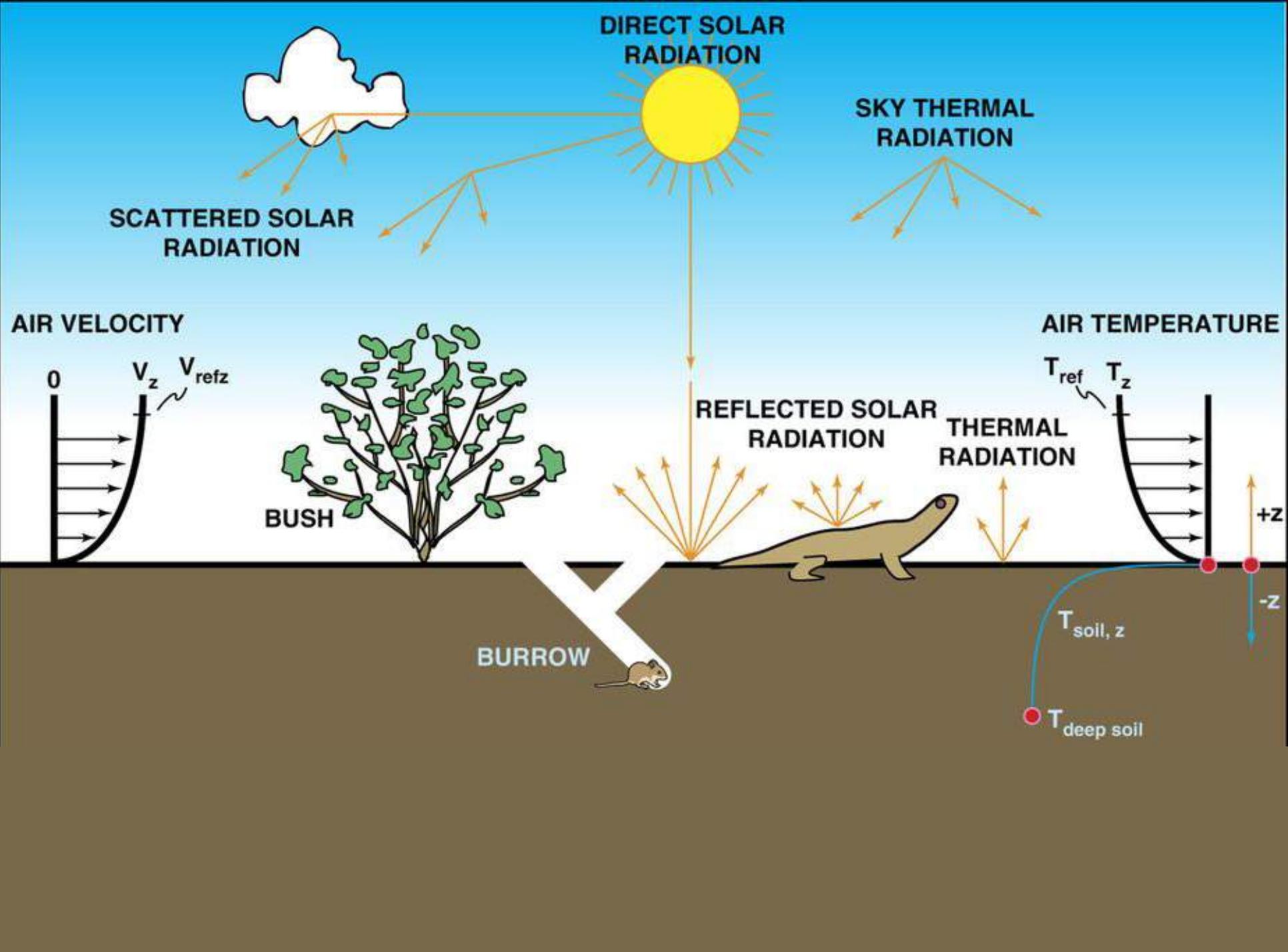
© Punchstock

A ATIVIDADE SOLAR QUE PROTEGE A TERRA DE INFLUÊNCIAS DO MEIO INTERESTELAR PODE AFETAR A ATMOSFERA PLANETÁRIA

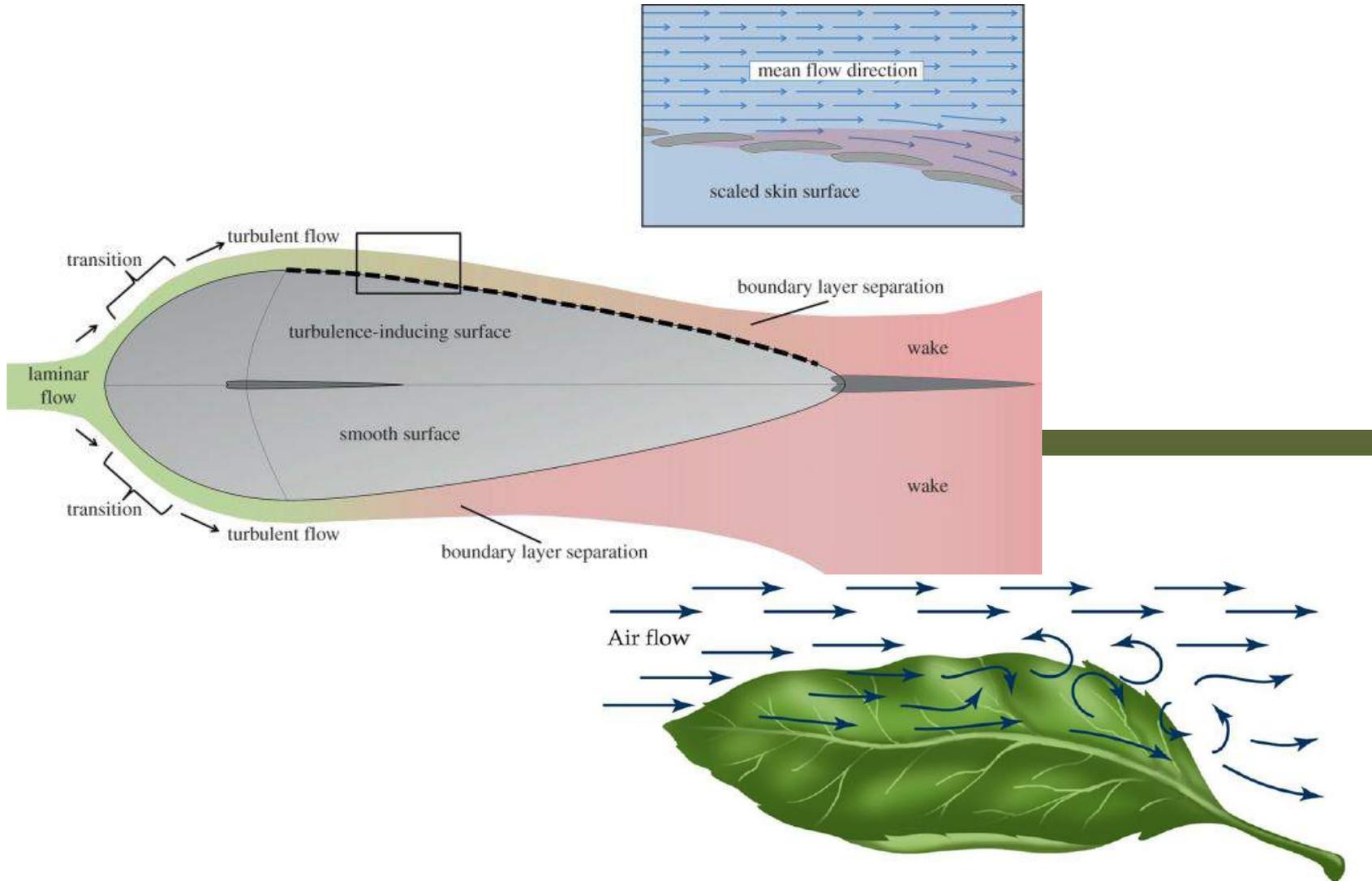


Escalas e atributos locais

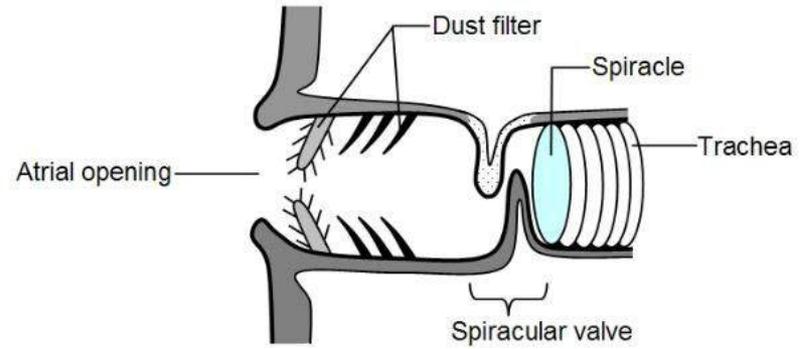




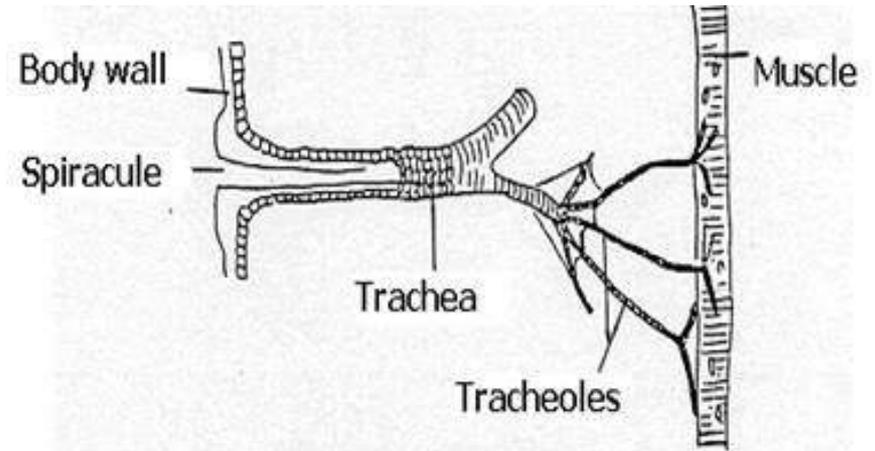
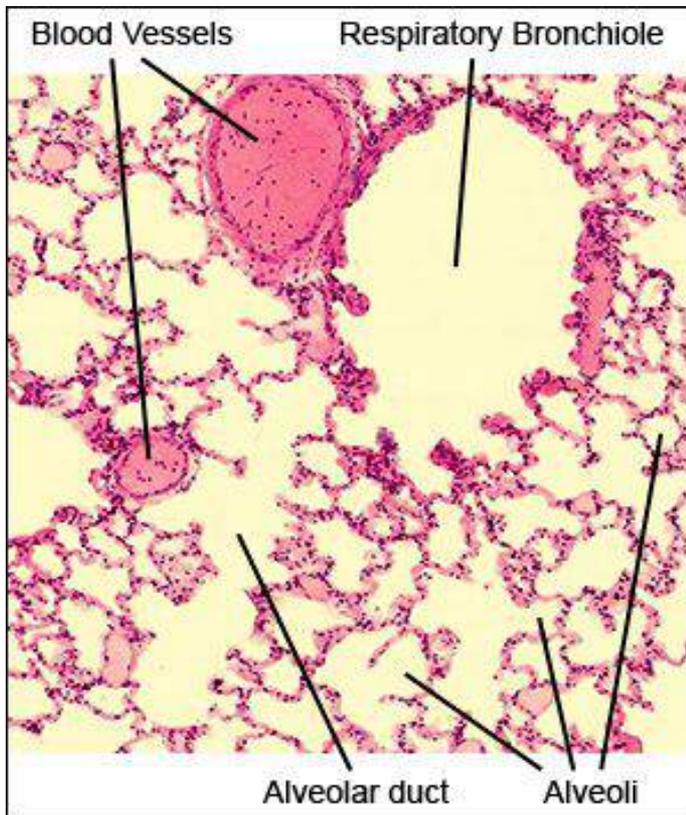
Os eventos associados com a camada envolvente de organismos estão associados ao EPICLIMA



Endoclima em animais



A spiracle equipped with valve, atrium and dust filter



Endoclima em plantas

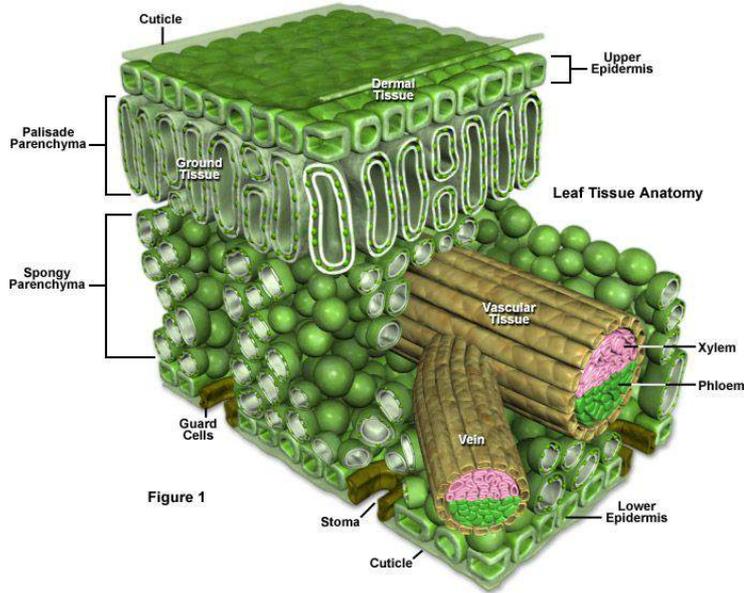


Figure 1

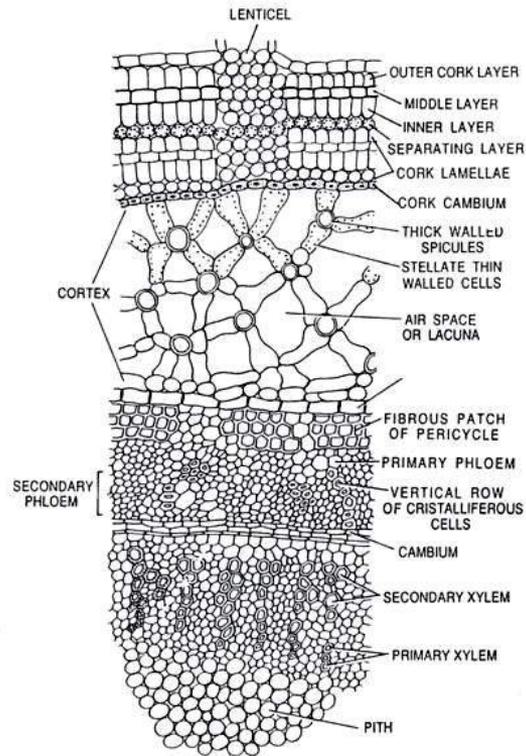
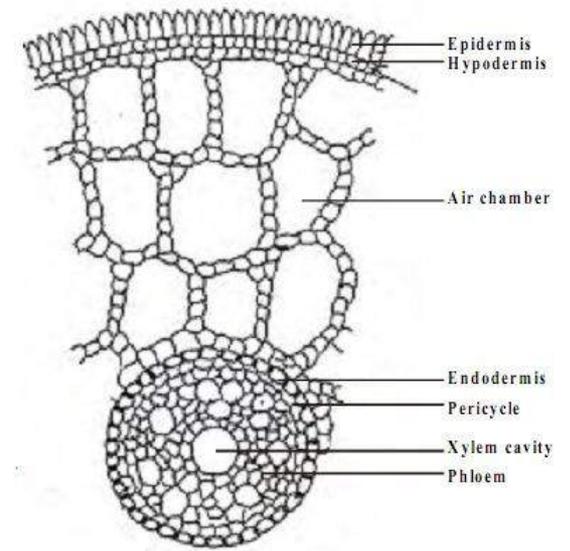
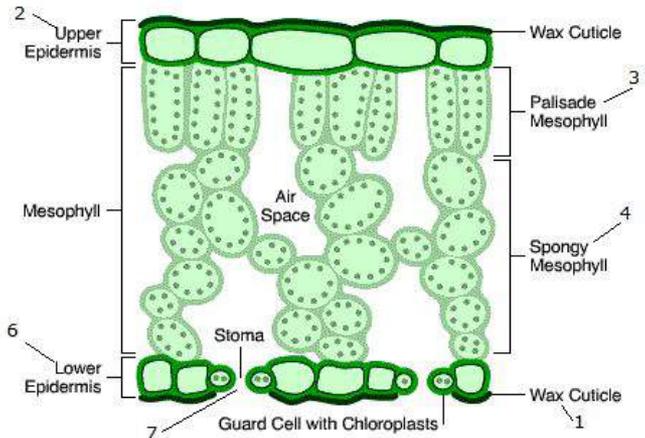
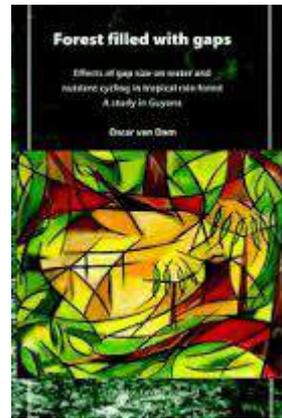


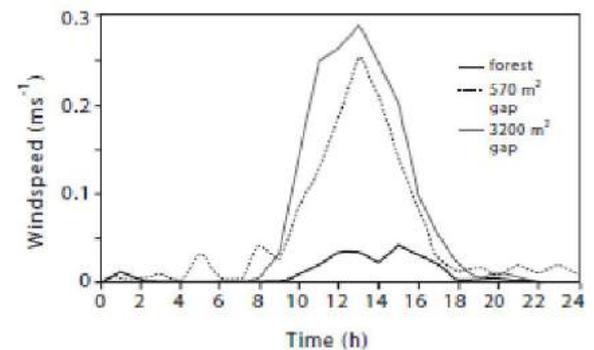
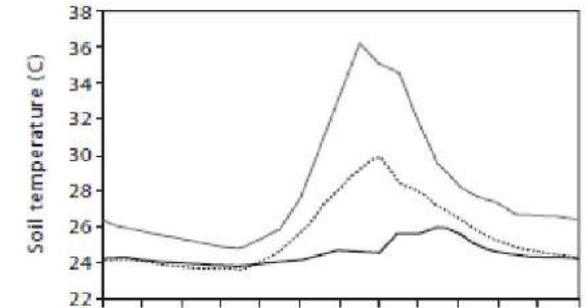
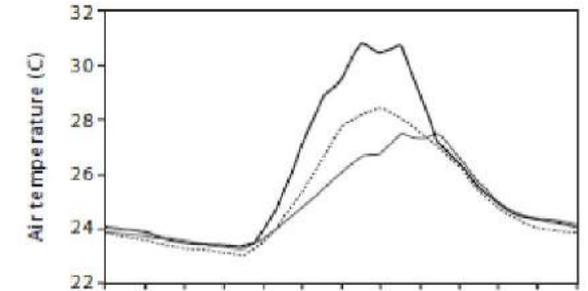
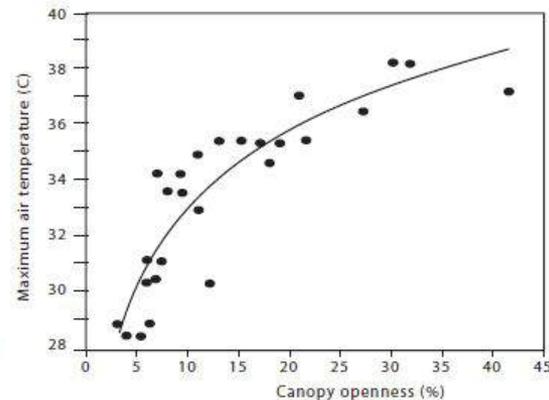
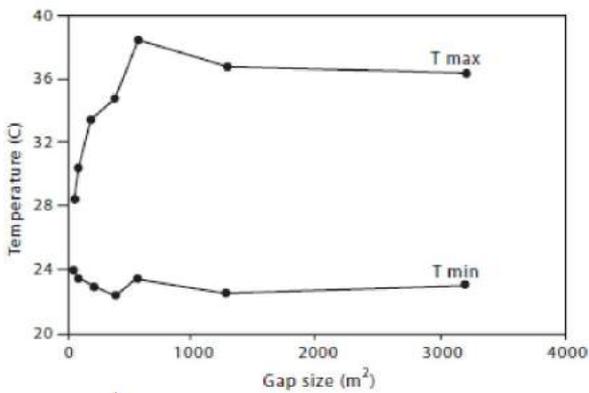
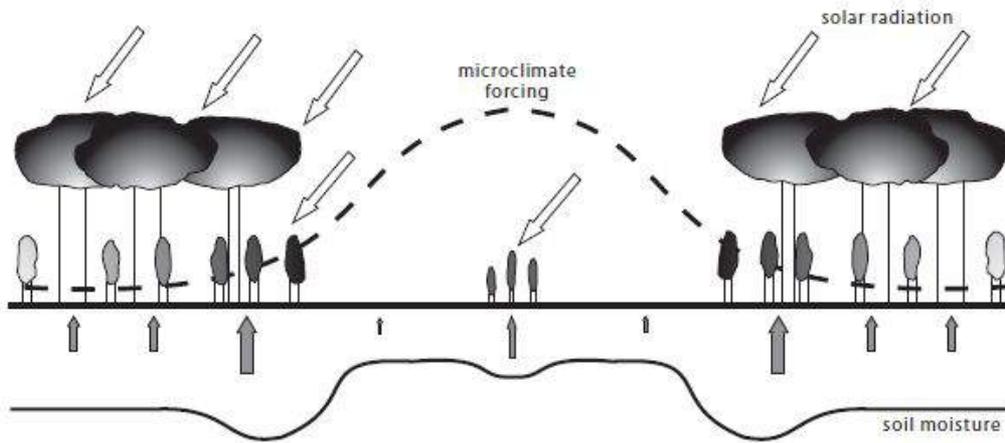
Fig. 45.9. *Sonneratia apetala*. T.S. of a portion of pneumatophore (respiratory root) showing detailed structure.

Exemplo : Estudo do Microclima em Clareiras (2001)



FOREST FILLED WITH GAPS EFFECTS OF GAP SIZE ON WATER AND NUTRIENT CYCLING IN TROPICAL RAIN FOREST A STUDY IN GUYANA

Gap size effects on microclimate and soil moisture with Raymond Sluiter and Niels Smit



O CLIMA DA CAMADA ENVOLVENTE

As condições na superfície da terra, na região onde se encontram os seres vivos, são determinadas pelos processos na chamada “camada envolvente terrestre” onde predomina a interação entre os fluxos de massa e energia e os elementos da superfície (vegetação p. ex.).

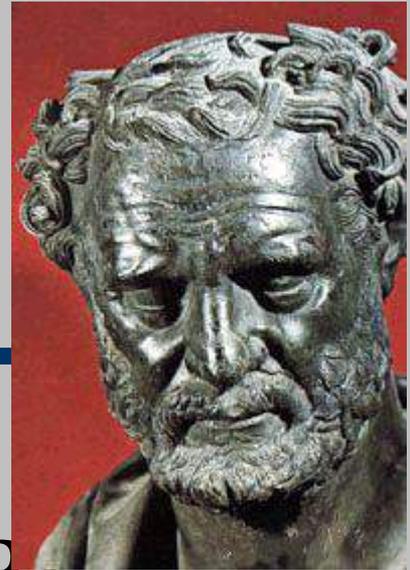
Radiação – albedo, emissividade, ângulo de incidência;

Temperatura – capacitância térmica, condutividade, difusividade, admitância;

Aerodinâmica – rugosidade, altura, distribuição dos elementos no espaço;

Umidade – evaporação e transpiração.

O que é matéria ?

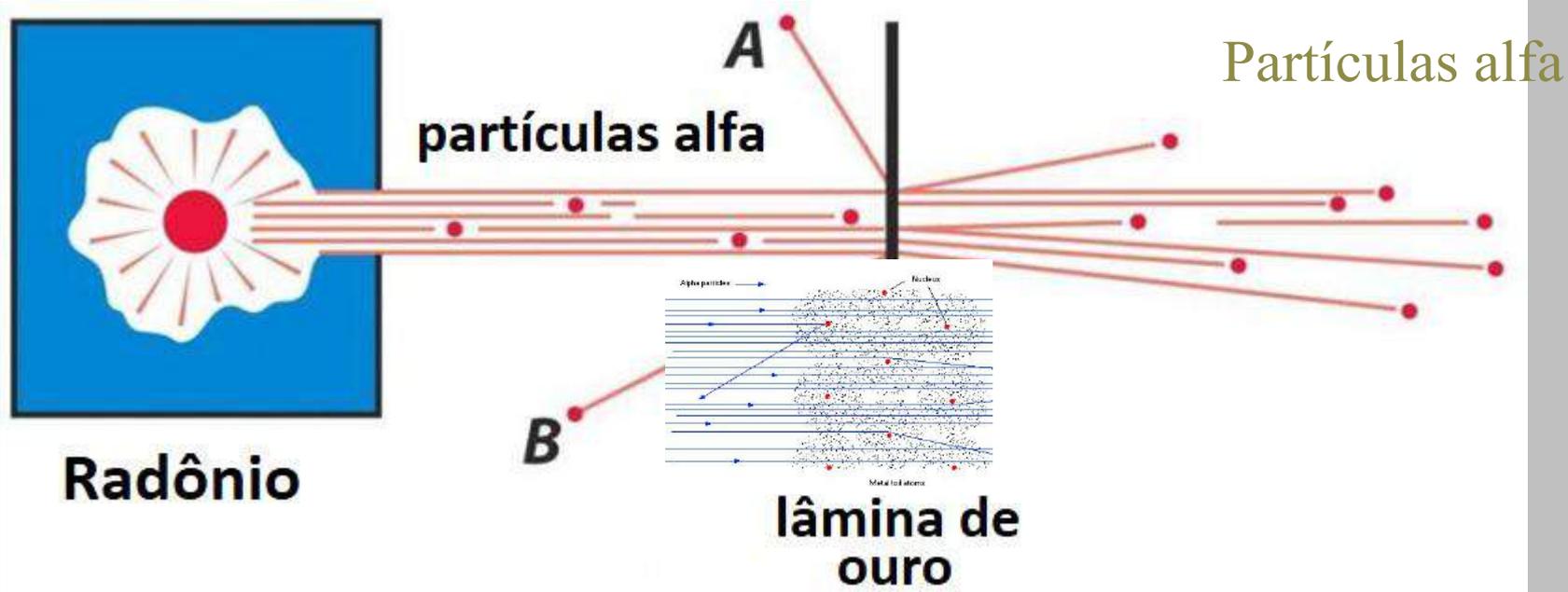


- ◆ **Democritus (~2480 – ~2390 AP)**
A matéria consiste em pequenas partículas que não podem ser divididas ($\alpha\tau\omicron\mu\omicron\nu$) e manifestam as propriedades da matéria que elas compõe.

Ernest Rutherford (1910):
Delineou experimentos para explorar a
estrutura interna dos átomos.
(junto a Geiger & Marsden).



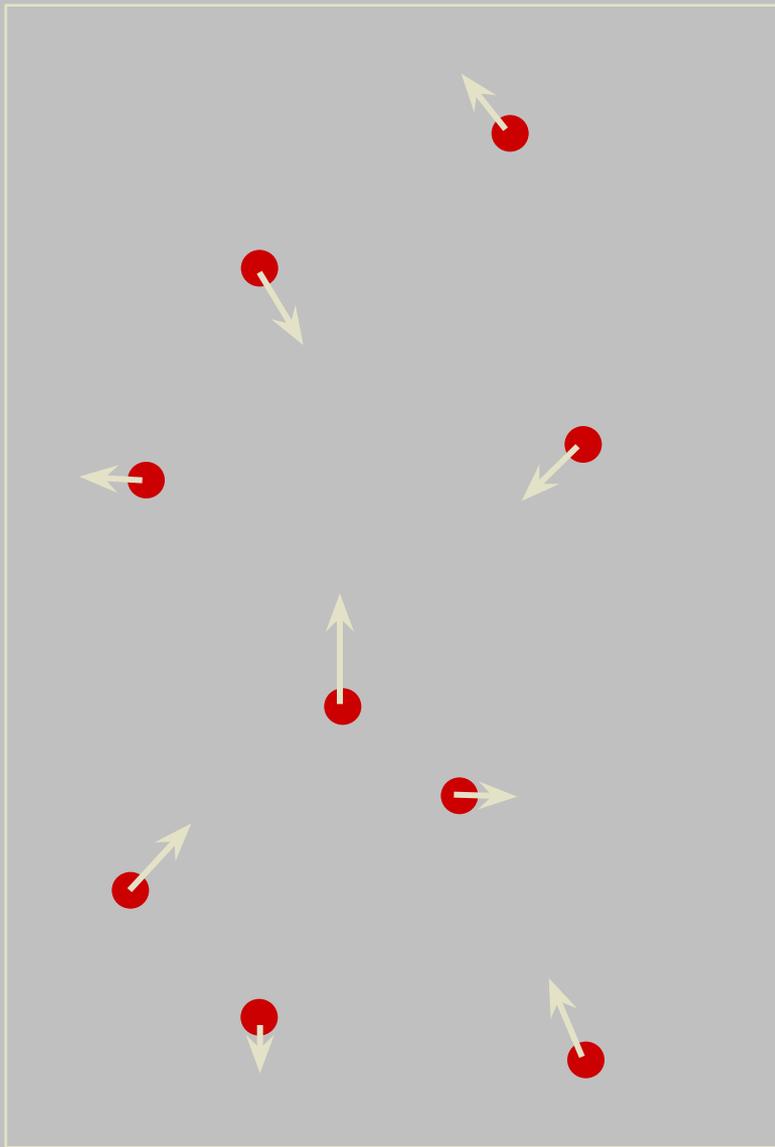
A maior parte da massa do átomo está concentrada em um núcleo compacto menor do que 10^{-15} m e contém pelo menos 99.98% da massa que é envolvida por elétrons negativamente carregados.



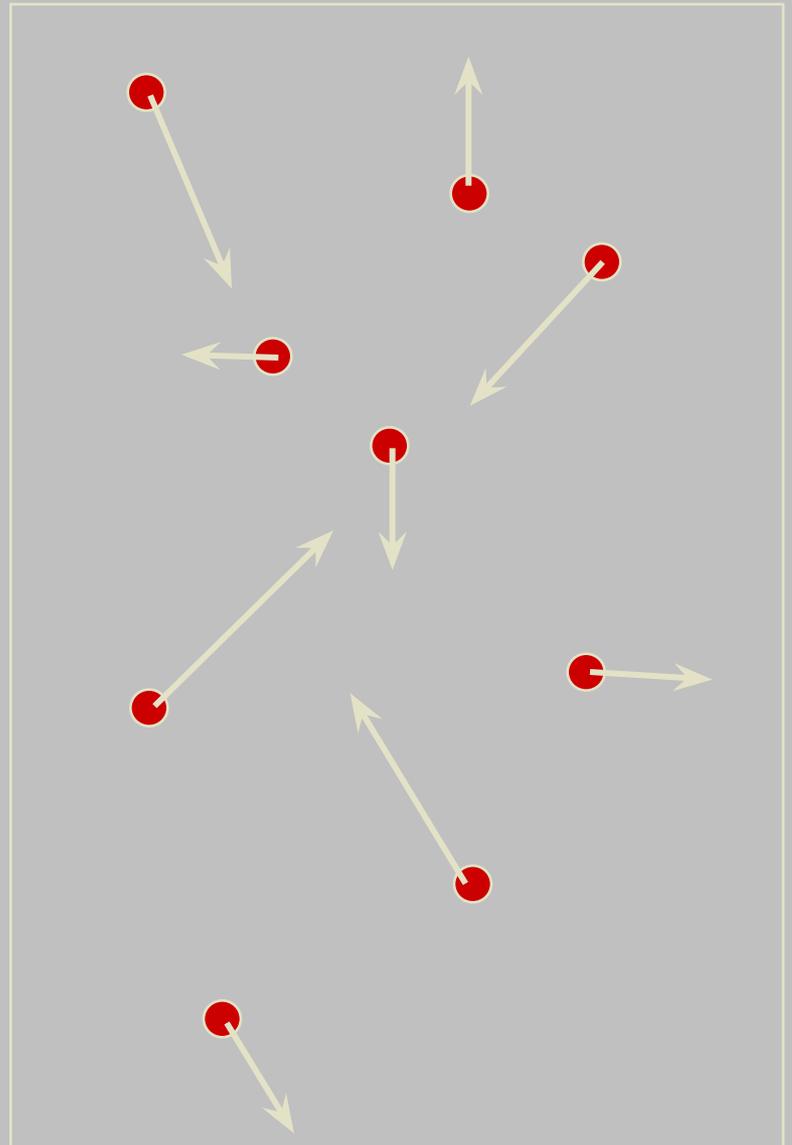
Elétrons não orbitam o núcleo como se fossem planetas em torno do sol

Os componentes do átomo não são partículas pequenas – apresentam características de ondas e partículas simultaneamente



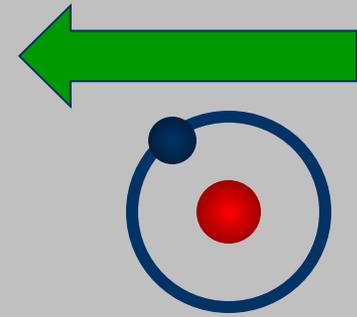
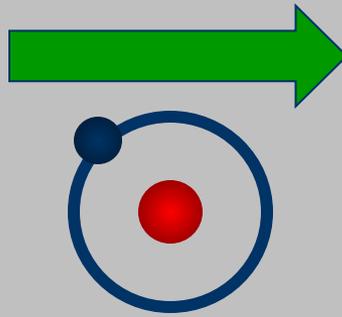


Gas frio
Baixa velocidade



Gas quente
Velocidades maiores

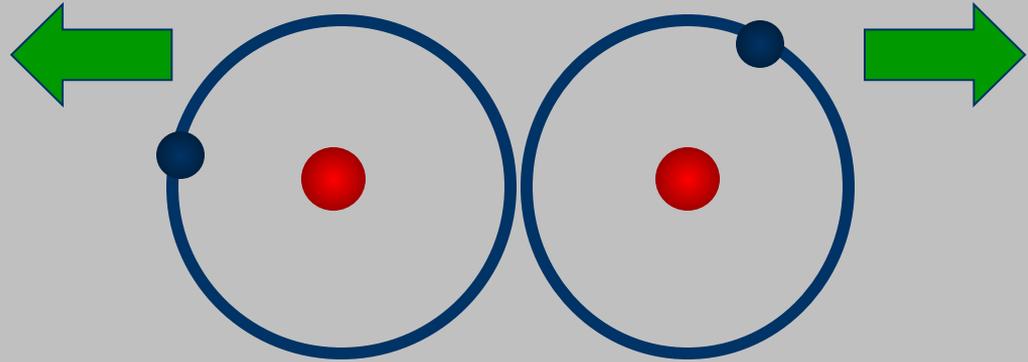
**Dois átomos
colidem em alta
velocidade.**



**Dois átomos
colidem em
alta velocidade**



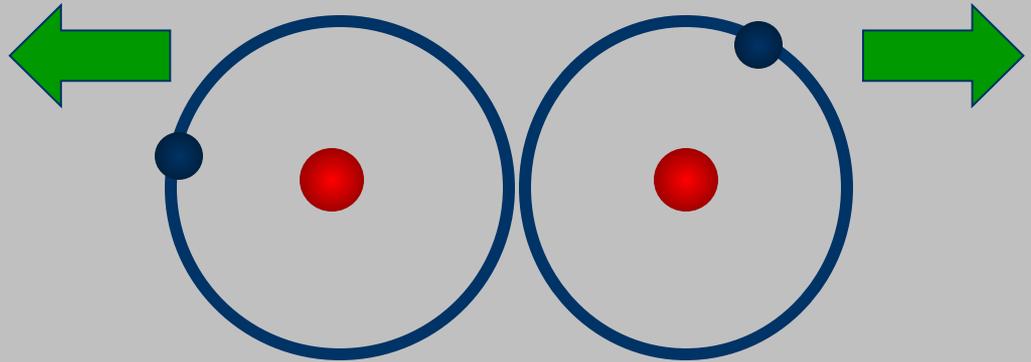
**Parte da energia
produz a excitação
de elétrons e ocorre
troca de energia**



Dois átomos colidem em alta velocidade



Parte da energia produz a excitação de elétrons e ocorre troca de energia cinética



Os átomos relaxam e a energia é dissipada em fótons que são emitidos



A RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA

A fonte primária de energia para todos os processos no sistema terra-atmosfera é a radiação eletromagnética e sua dinâmica no sistema determina os regimes de temperatura e o fluxo de massa associado com a circulação atmosférica

Principles of Environmental Physics

Plants, Animals, and the Atmosphere

Fourth Edition

John L. Monteith[†] and Mike H. Unsworth

David M. Gates

Biophysical Ecology



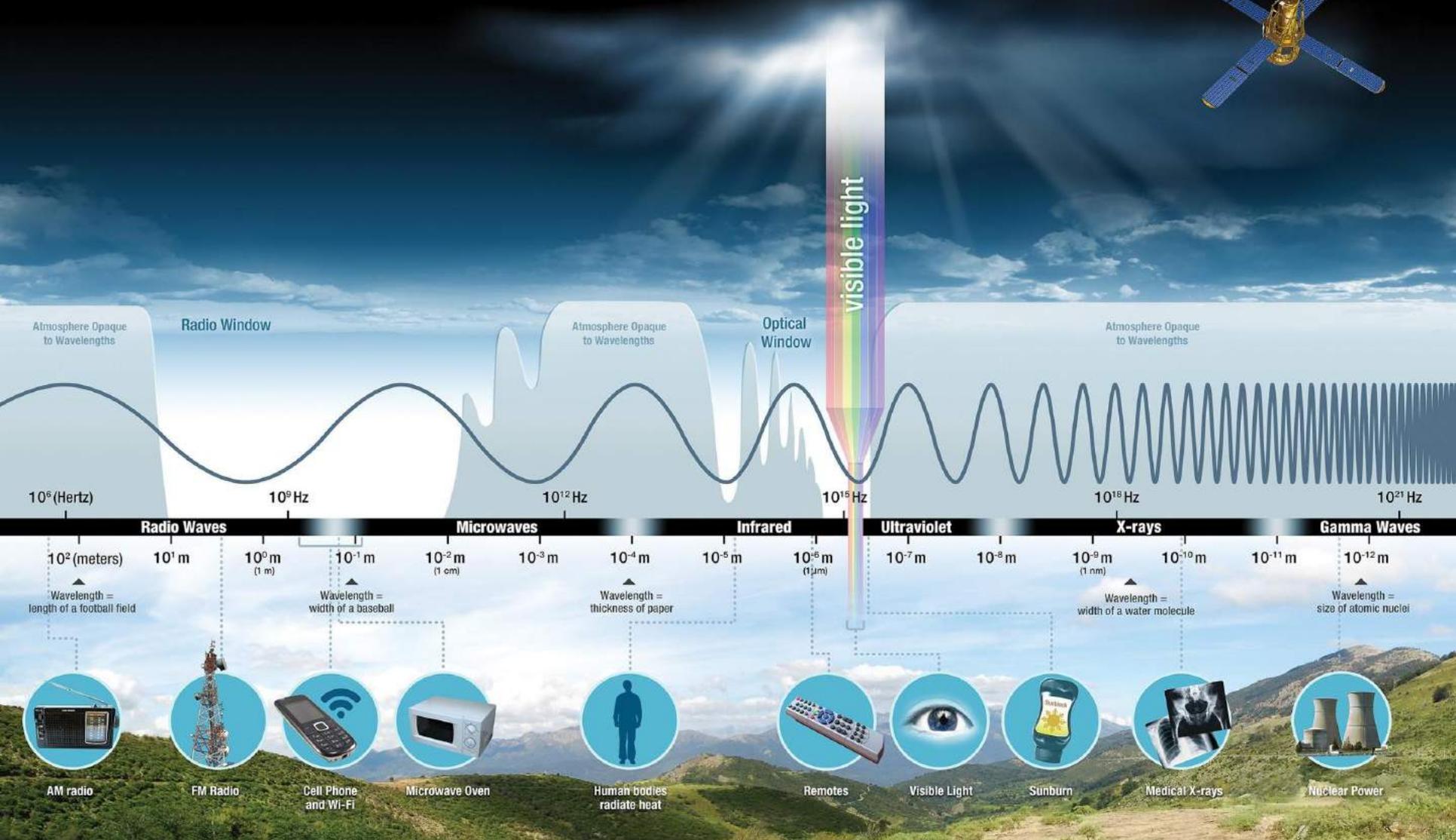
Gaylon S. Campbell
John M. Norman



An Introduction to
Environmental
Biophysics

T.R.OKE

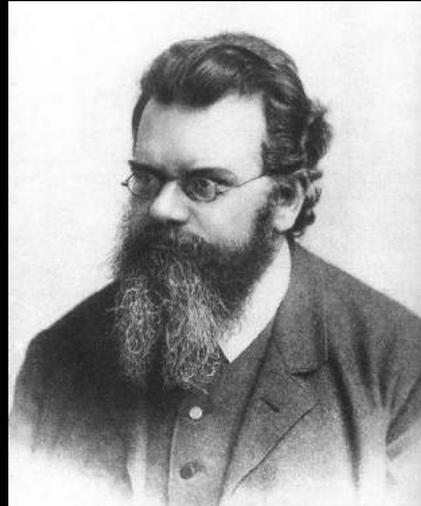
**BOUNDARY
LAYER
CLIMATES**



Propriedades



$$\Phi_{\lambda} = \varepsilon \sigma T^4$$



- ◆ O comprimento de onda central da emissão radiativa de um corpo está relacionado à temperatura.
- ◆ A quantidade de energia emitida por um corpo é proporcional à quarta potência de sua temperatura (em K).

fluxo radiante

emissividade

temperatura em Kelvin

$$\Phi = \epsilon \sigma T^4$$

comprimento de onda

constante de Stefan-Boltzmann

The diagram shows the equation $\Phi = \epsilon \sigma T^4$ in a large, bold, blue font. Four arrows point from text labels to the variables in the equation: 'fluxo radiante' points to Φ , 'emissividade' points to ϵ , 'temperatura em Kelvin' points to T , and 'constante de Stefan-Boltzmann' points to σ . A fifth arrow points from the label 'comprimento de onda' to a Greek letter λ located below the equation.

- ◆ Todo corpo acima de 0 K emite energia na forma de radiação eletromagnética (qualquer corpo - animais, plantas, solo, estrelas, nuvens, o mar, lagos etc etc...);
- ◆ Lei de Stefan ou Stefan-Boltzmann - A quantidade de energia emitida por um corpo é proporcional à sua emissividade e a quarta potência de sua temperatura (em K).

constante de deslocamento

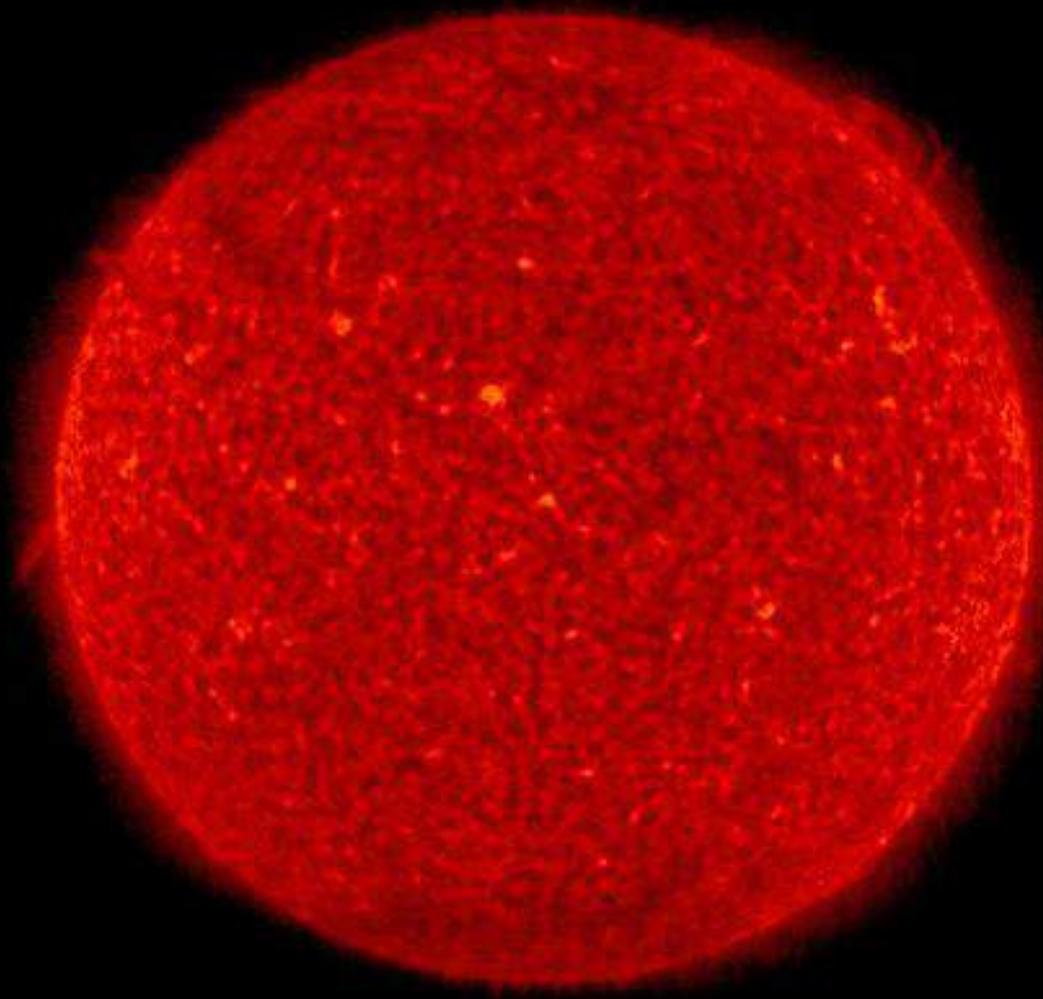
$$\lambda_{\text{max}} = b/T$$

comprimento de onda de máxima emissão

temperatura em Kelvin

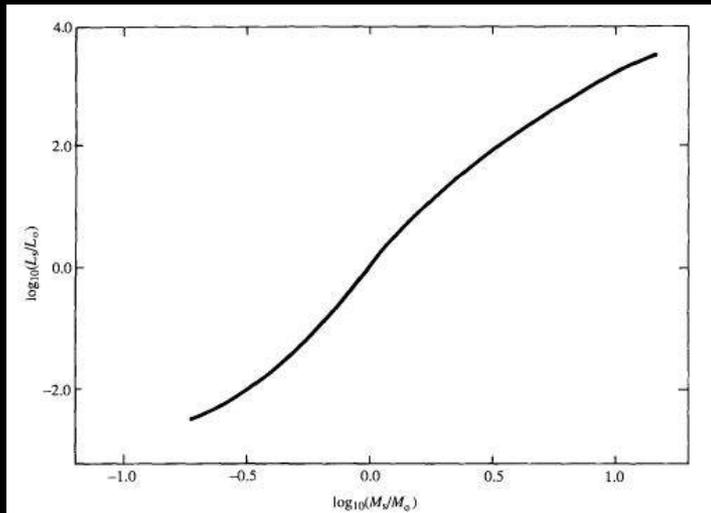
- ◆ Lei de Wien O comprimento de onda central da emissão radiativa de um corpo está relacionado à temperatura.

$$\sigma = \frac{2\pi^5 k^4}{15c^2 h^3} = 5.670400 \times 10^{-8} \text{ J s}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ K}^{-4}$$



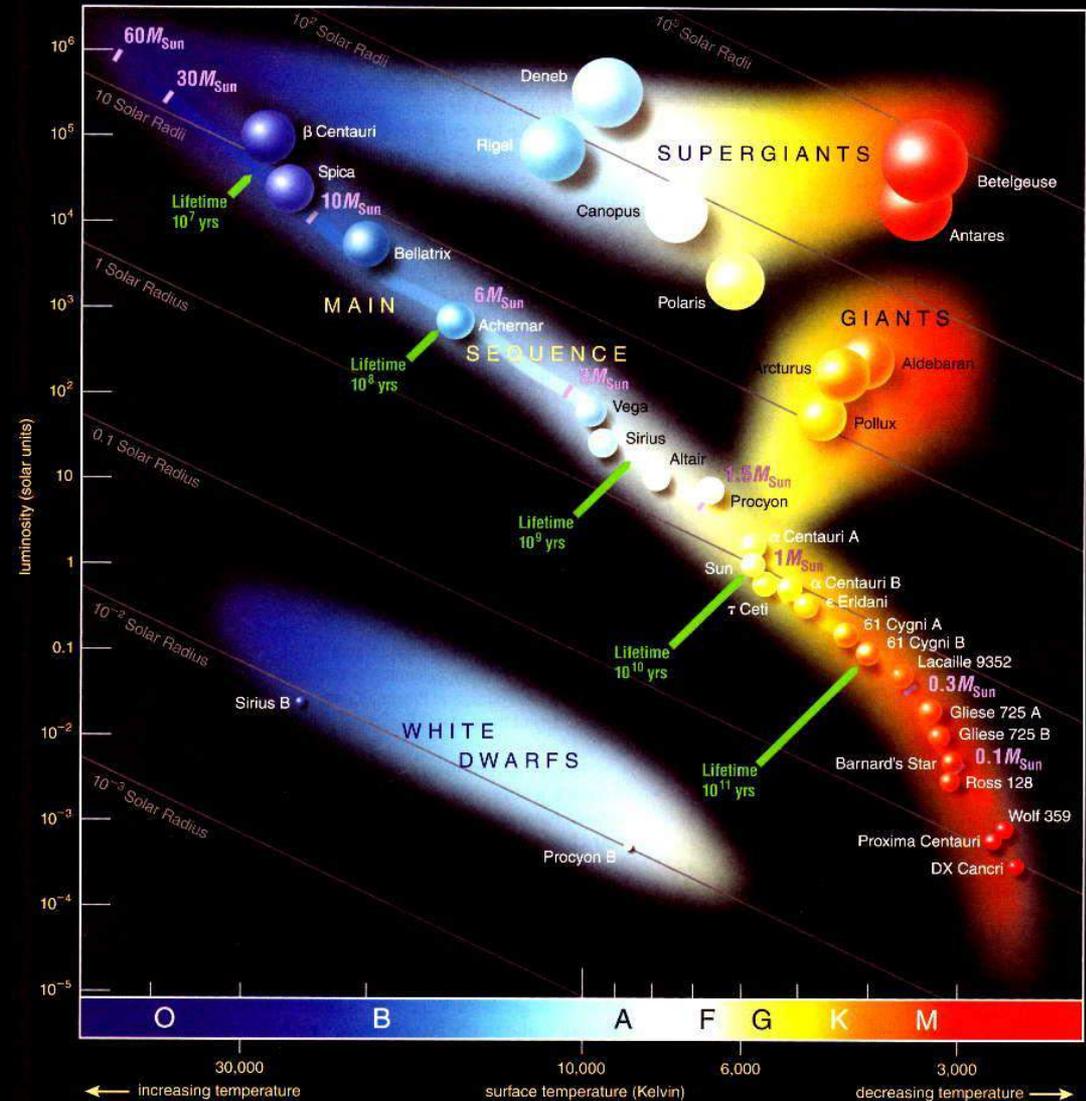
2018/02/25 13:19

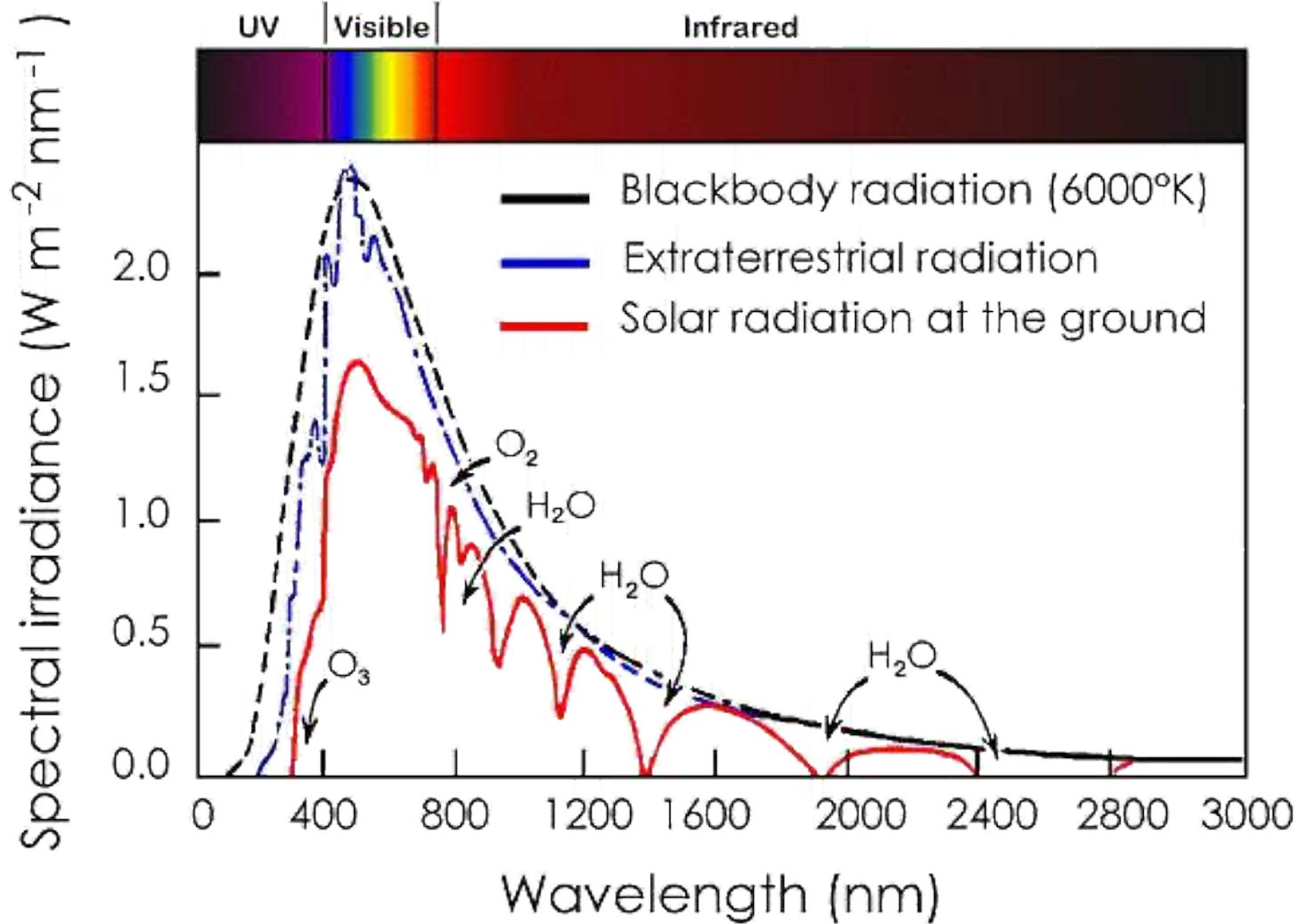
- ◆ A fonte primária de energia em sistemas planetários está associada à características estelares.
 - O que é uma estrela ?



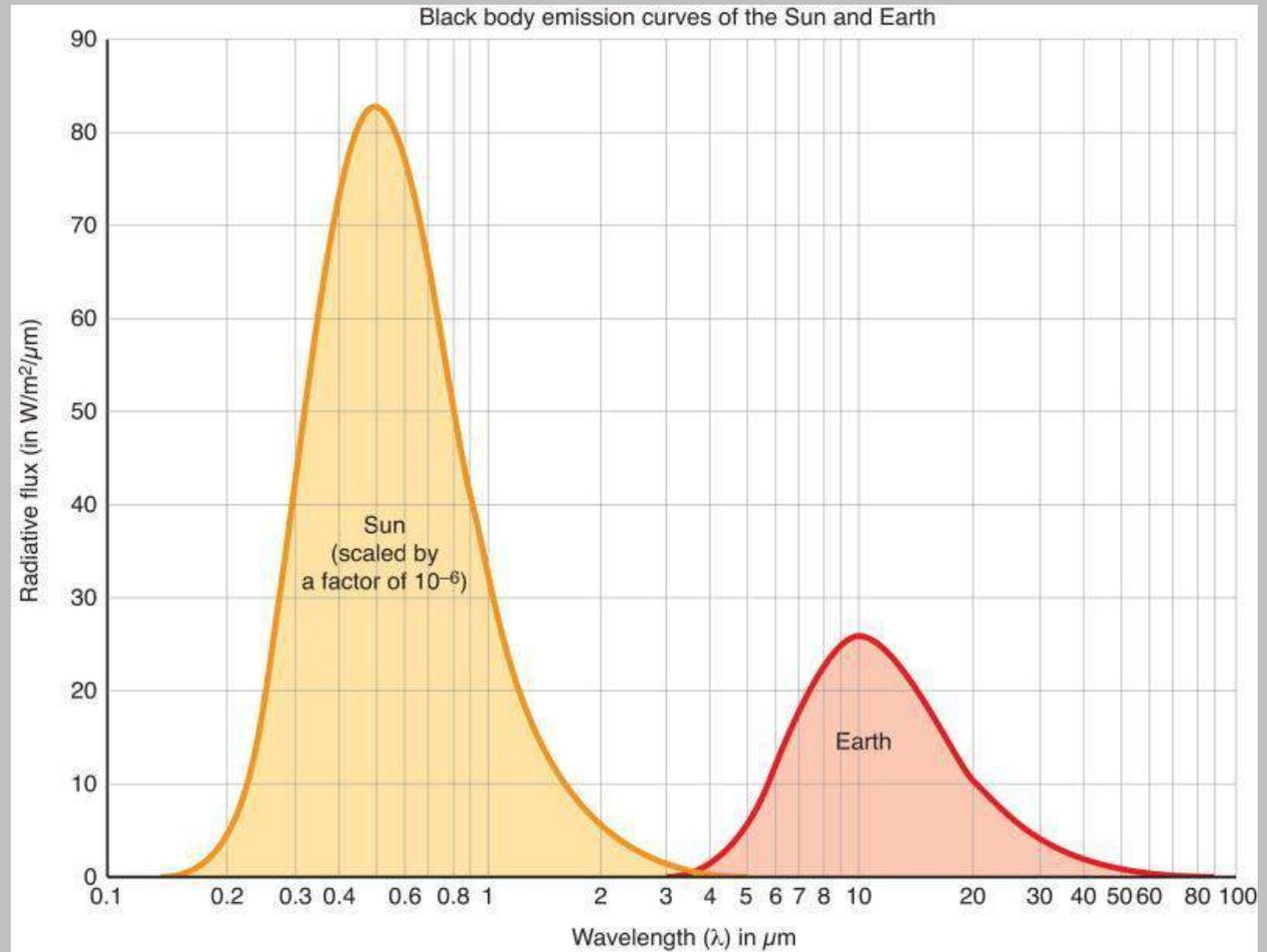
Razão entre massa e irradiância em uma estrela.

Série principal e diagrama de Herzprung Russel ----- □





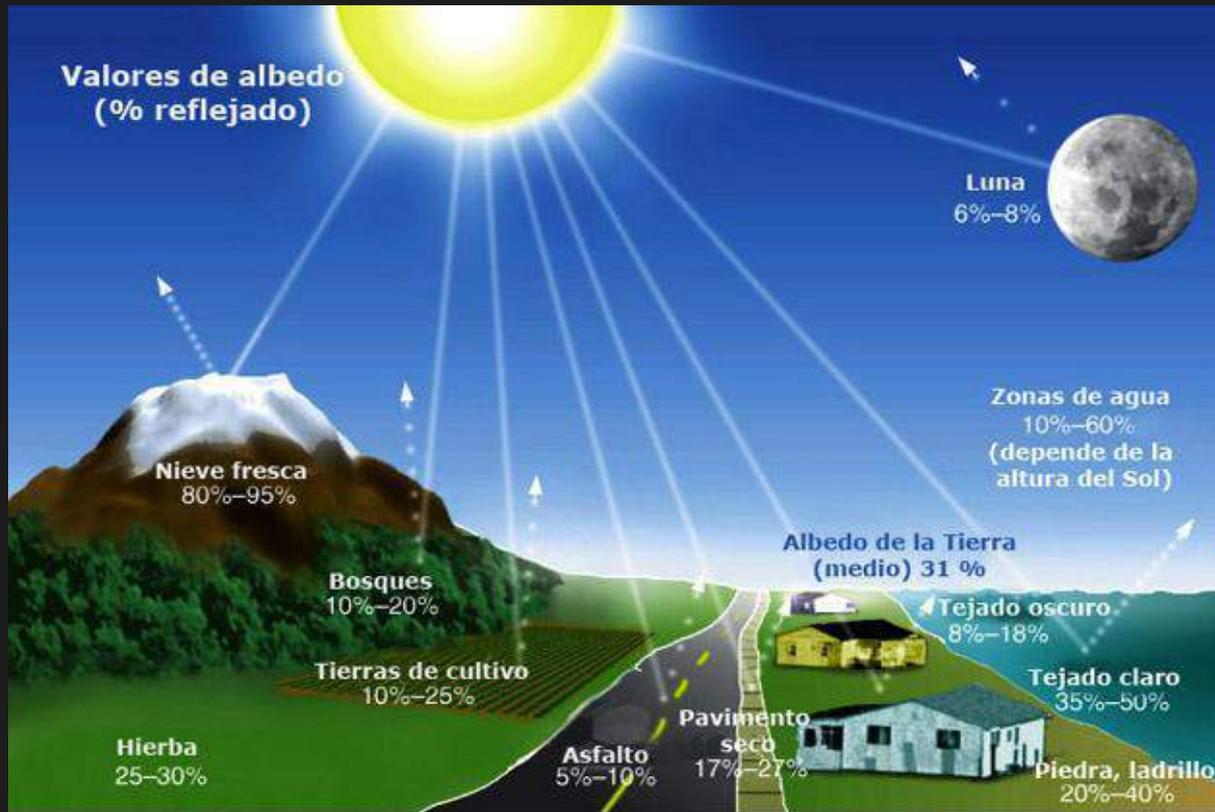
Os tipos de faixa de emissão eletromagnética podem ser diferenciados pelas características de interação com o sistema terra-atmosfera e associadas com o regime de temperaturas predominantes.



AS INTERAÇÕES QUE PRODUZEM O CLIMA

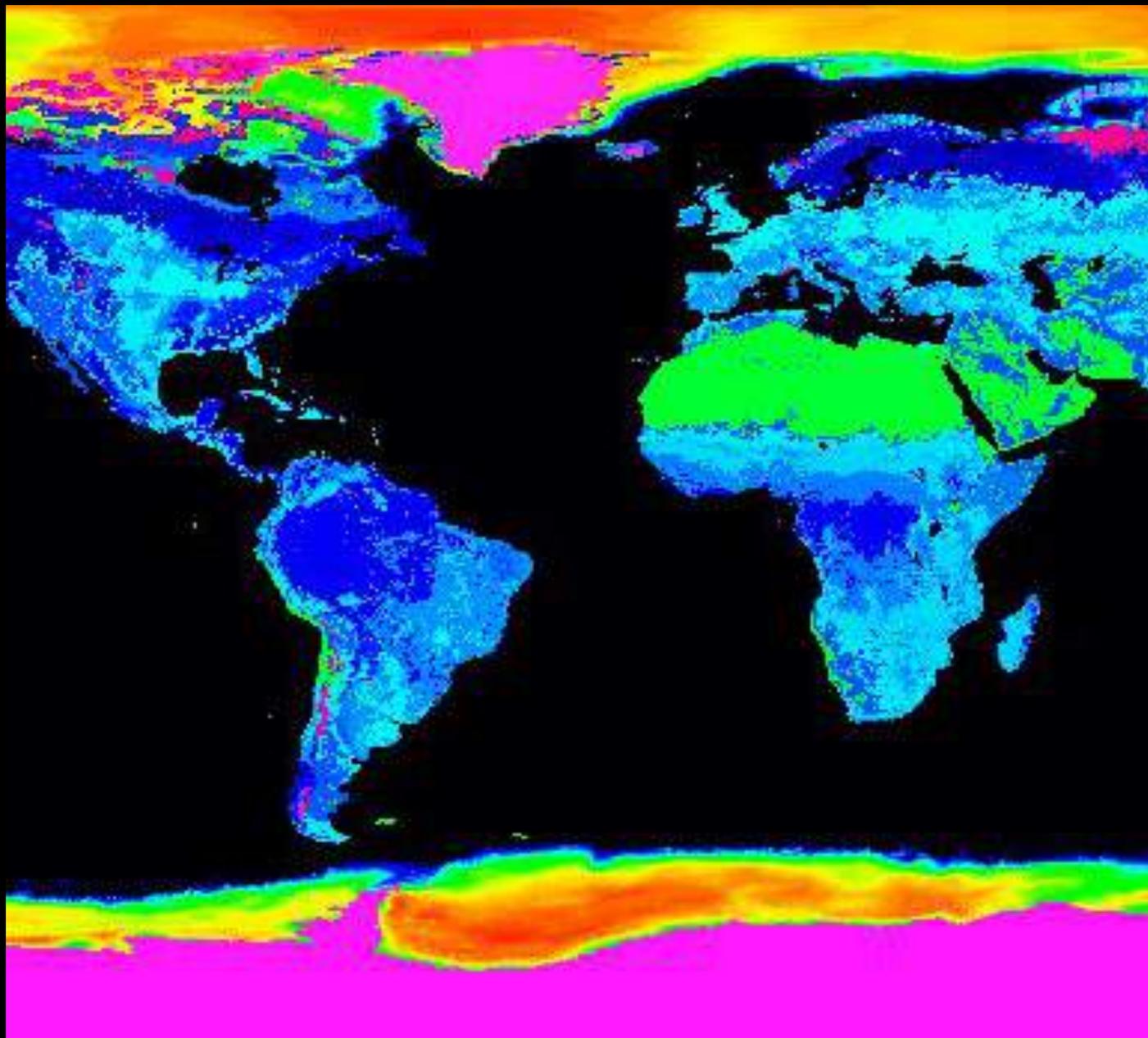
- ◆ O BALANÇO DE ENERGIA RADIANTE NO PLANETA É A INTERAÇÃO PRIMÁRIA NA DEFINIÇÃO DO CLIMA;
- ◆ albedo - refletância da superfície do planeta / atmosfera na faixa de ondas curtas – consiste na primeira interação do planeta com a energia solar.

REFLEXÃO DA EMISSÃO SOLAR DE ONDAS CURTAS

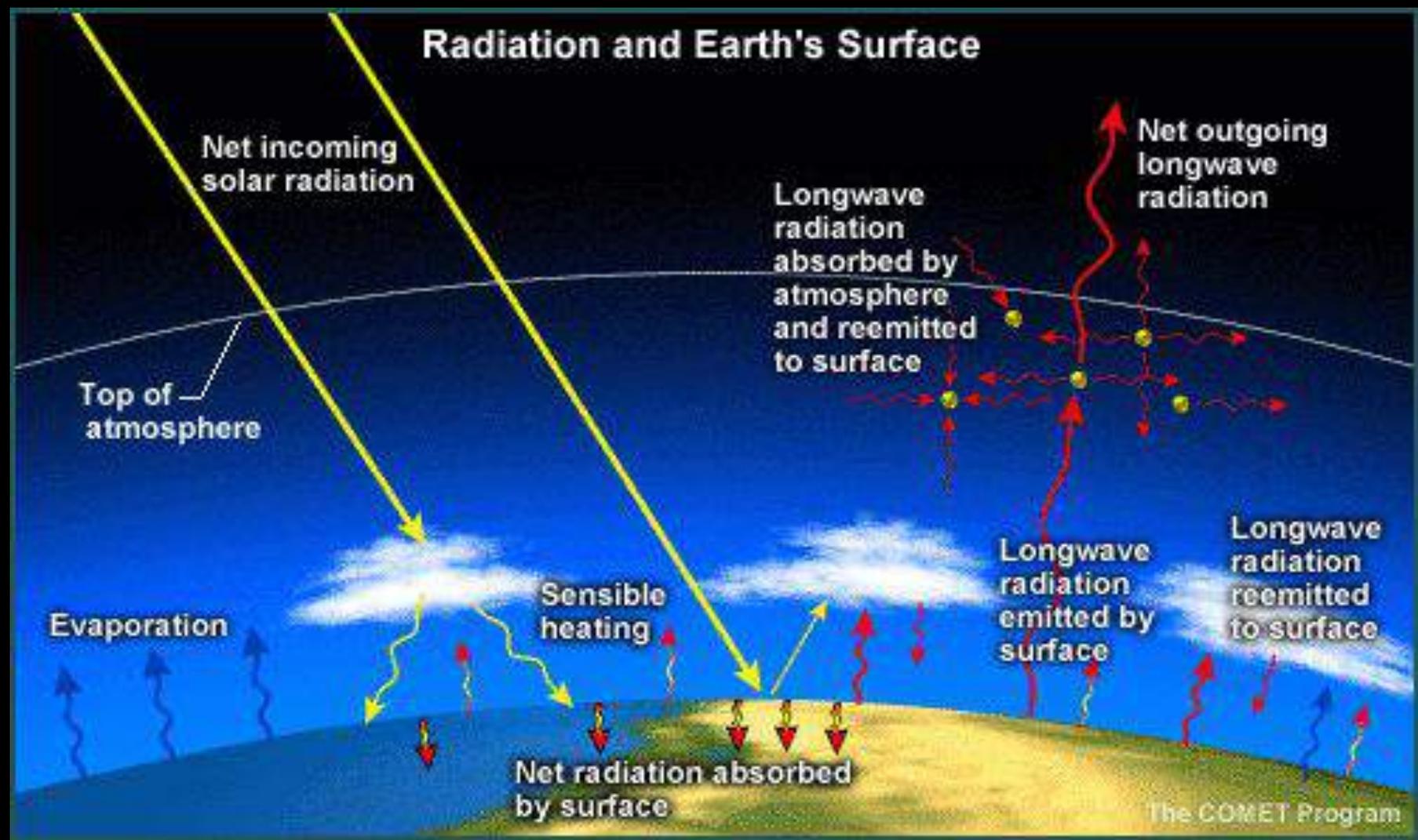


TIPO DE SUPERFÍCIE	ALBEDO (%)
Solo negro e seco	14
Solo negro e úmido	8
Solo nu	7 - 20
Areia	15 - 25
Dunas de areia	30 - 60
Florestas	3 - 10
Floresta tropical úmida	7 - 15
Floresta decíduifolia	12 - 18
Campos naturais	3 - 15
Savana	16 - 18
Campos de cultivos secos	20 - 25
Cana-de-açúcar	15
Gramados	15 - 30
Nuvens cumuliformes	70 - 90
Neve recém-caída	80
Neve caída há dias/semana	50 - 70
Gelo	50 - 70
Água, altura solar 5 - 30°	6 - 40
Água, altura solar > 40°	2 - 4
Cidades	14 - 18
Concreto seco	17 - 27
Madeira	5 - 20
Asfalto	5 - 10
Terra	31
Lua	6 - 8

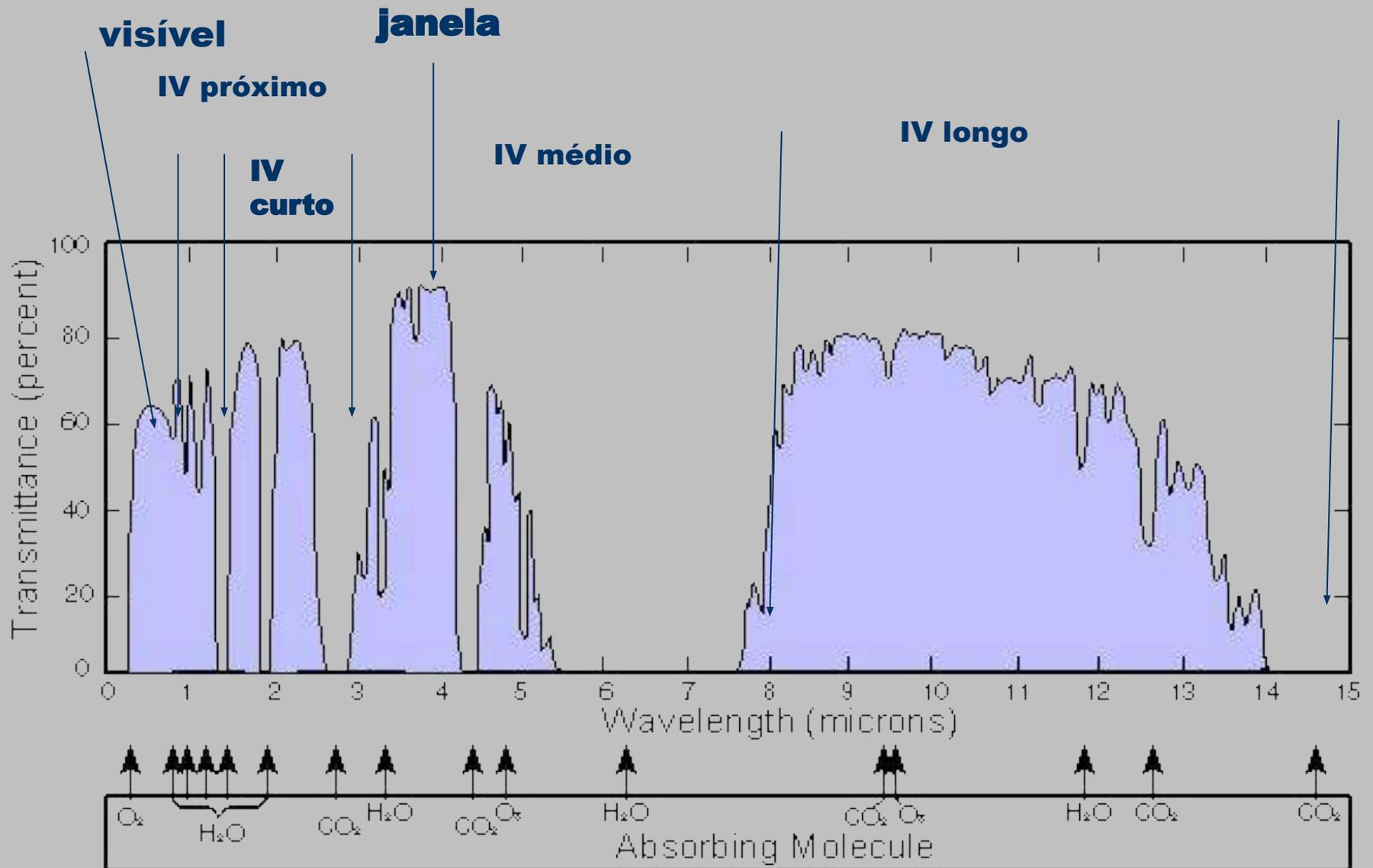
Valores de albedo da
superfície terrestre :
Azul – baixo
Branco - intermediário
Amarelo – alto
Vermelho - máximo



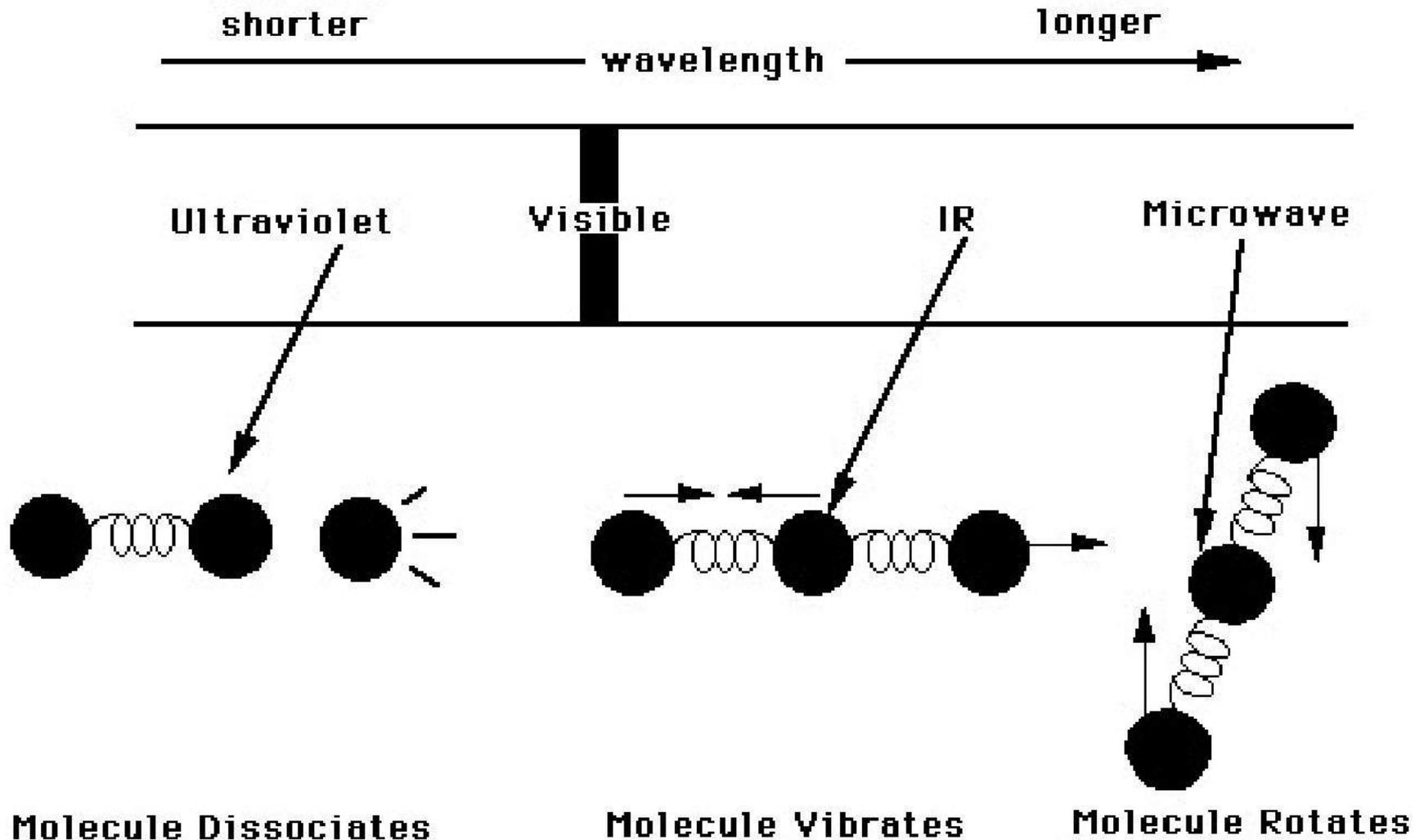
Radiation and Earth's Surface



Janelas Atmosféricas



Interações de moléculas dos gases da atmosfera com a radiação eletromagnética





ν_1

symmetric stretch



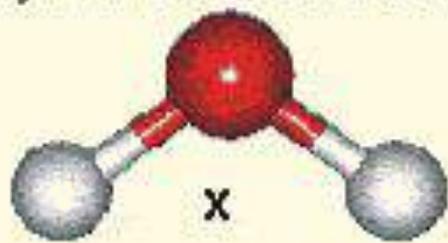
ν_3

asymmetric stretch



ν_2

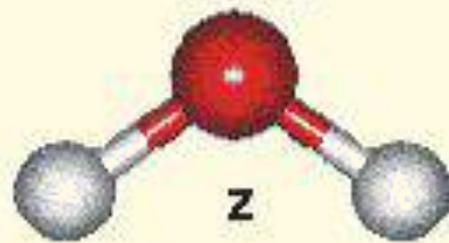
bend



x



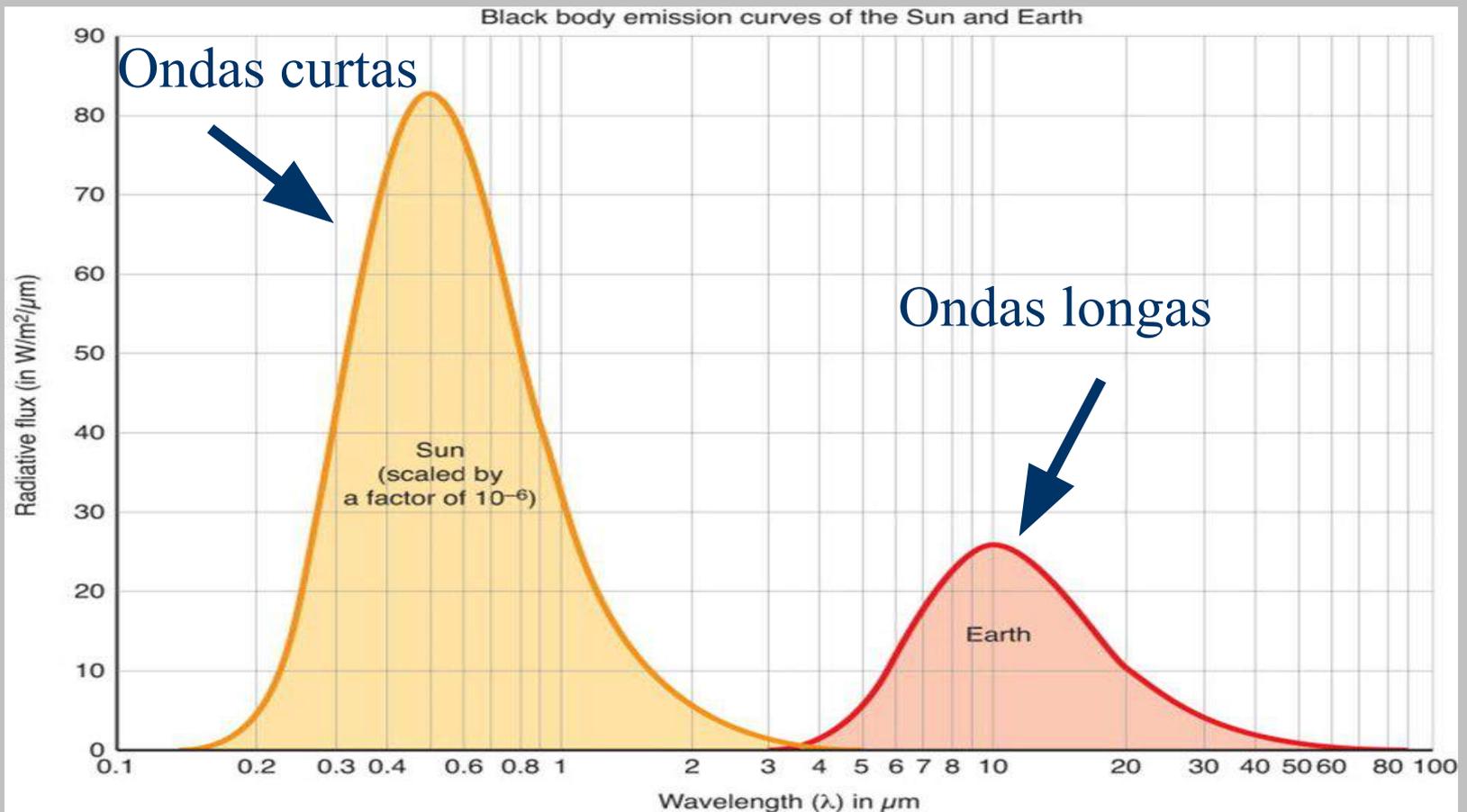
y



z

librations

PARA INVESTIGAR O BALANÇO DE RADIAÇÃO NA BIOSFERA UTILIZA-SE DIVIDIR O ESPECTRO DE RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA EM DOIS INTERVALOS COM PROPRIEDADES DISTINTAS:

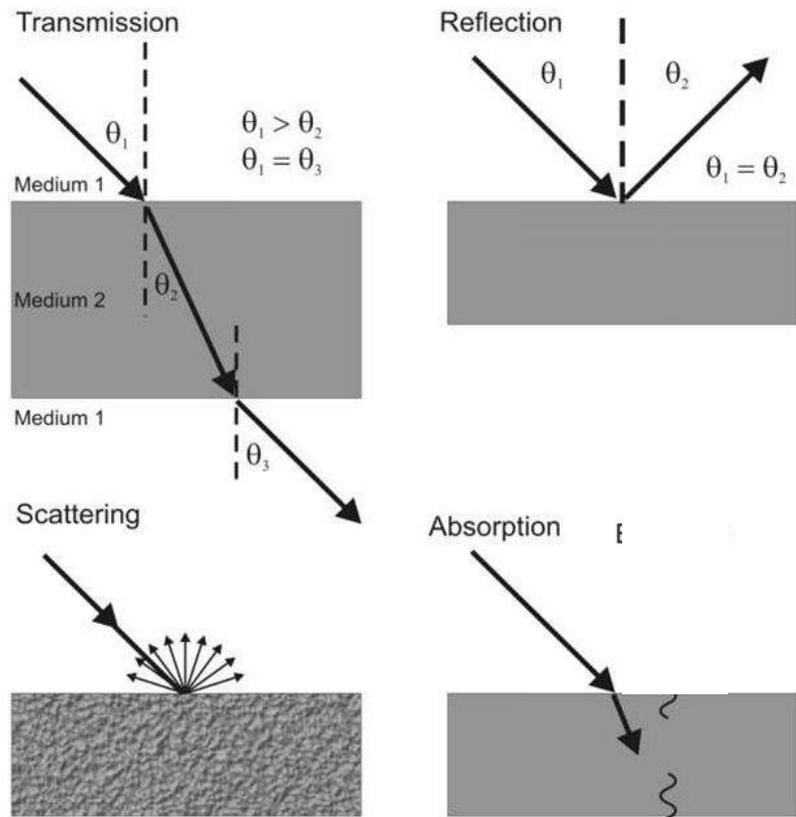


ONDAS CURTAS

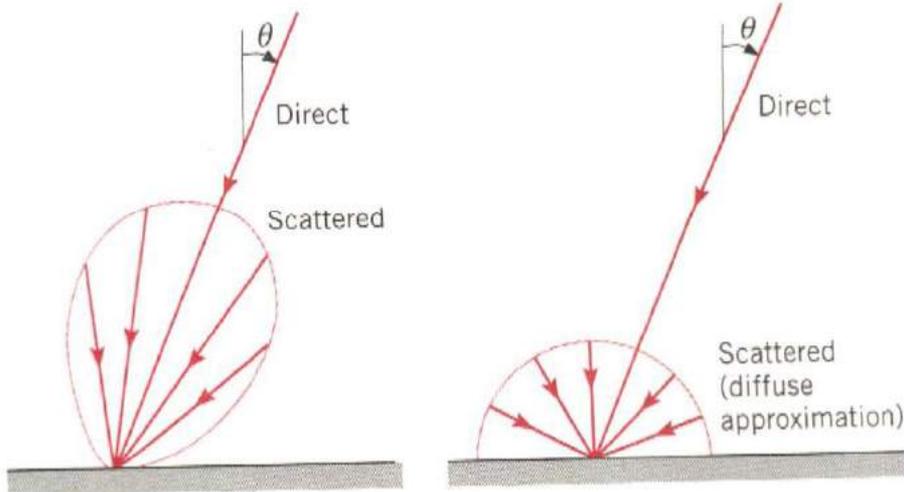
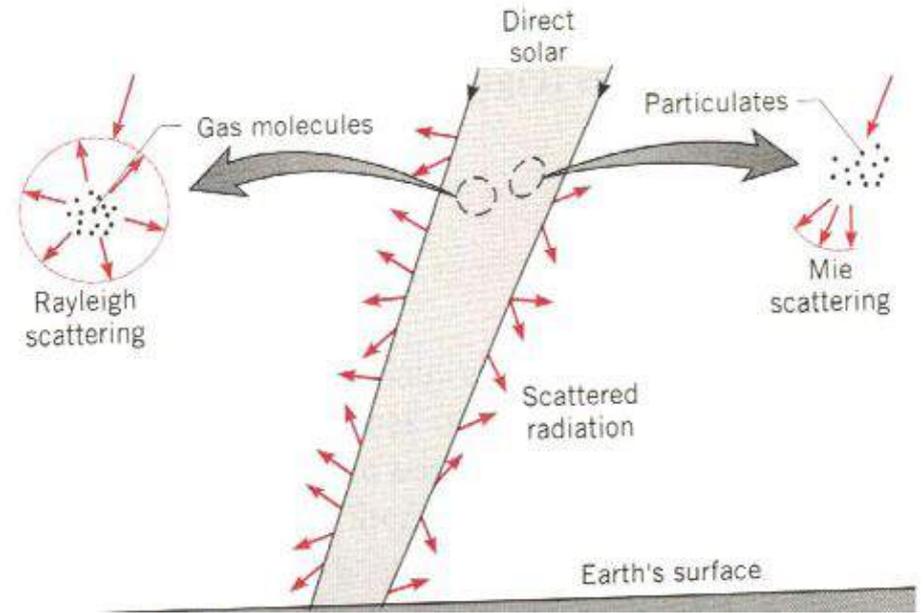
A maior parte dos elementos no sistema terra-atmosfera não correspondem a corpos negros perfeitos na faixa de ondas curtas. Os corpos podem refletir, transmitir ou absorver a radiação nessa região do espectro.

TABLE 11.4. Shortwave absorptivities of leaves and animals (from Gates, 1980).

Leaves		Mammals	
silver maple	0.48–0.56	bison	0.78
american beach	0.47–0.52	wolf	0.80
sunflower	0.52–0.57	cat (white)	0.445
cottonwood	0.50	bobcat	0.70
cottonwood (yellow)	0.39	Reptiles	
Birds		alligator	0.90
Stellar's jay	0.88	lizard	0.90
sparrow (dorsal)	0.75	Humans	
quail (dorsal)	0.72	Eurasian	0.68–0.72
quail egg	0.18	Negroid	0.79
white swan	0.37		



Interação da radiação de ondas curtas com o meio atmosférico e a superfície.

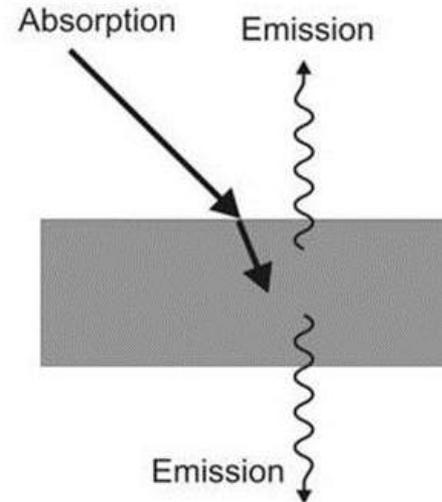


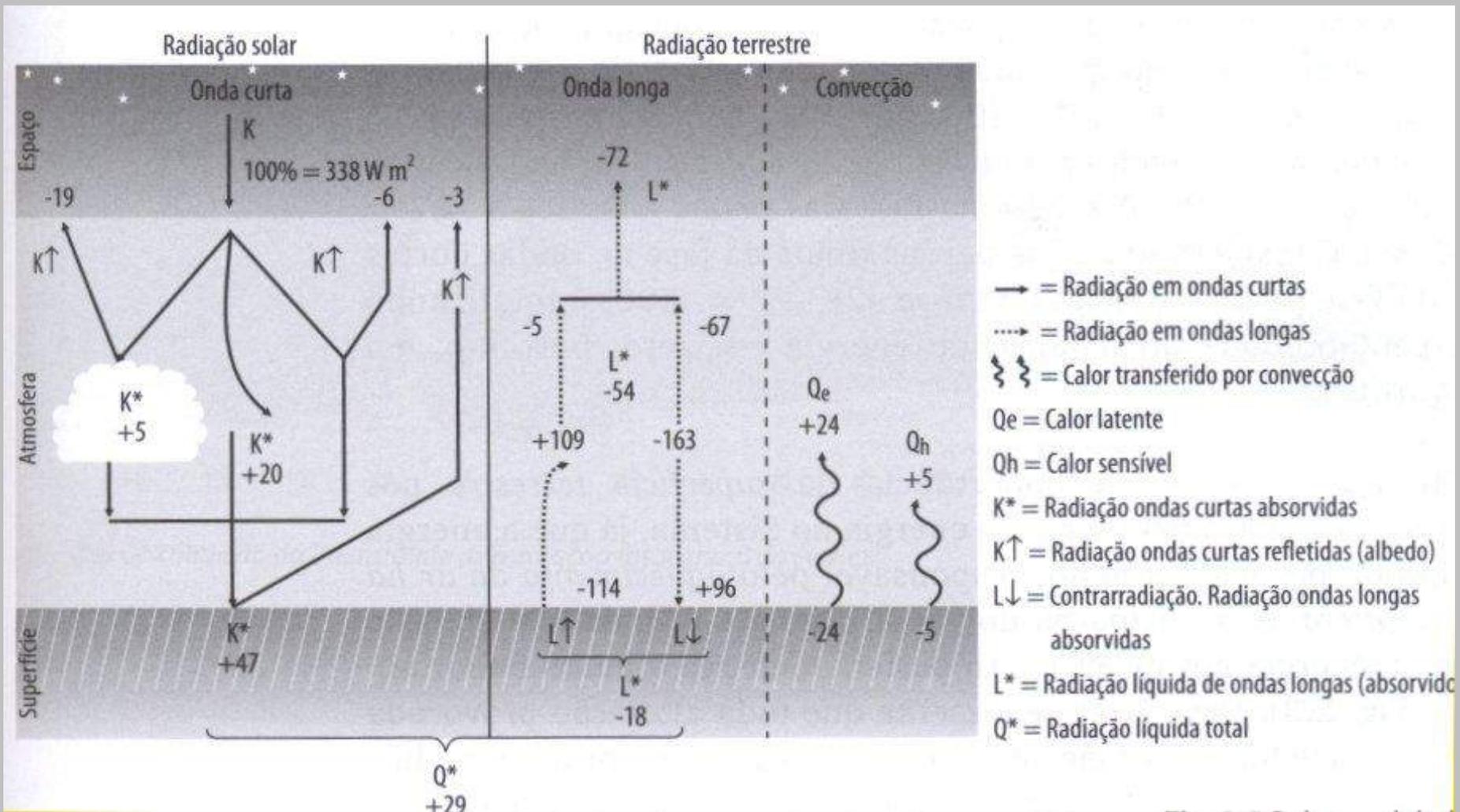
ONDAS LONGAS

A maior parte dos corpos no sistema terra-atmosfera apresenta valores de absorbância e emissividade próximos de 1, ou seja, são quase corpos negros. A atmosfera pode absorver esse comprimento de onda e re-emitir-lo para o espaço cósmico.

TABLE 11.3. Long-wave or thermal emissivities (and absorptivities) for leaves, animals, and other surfaces

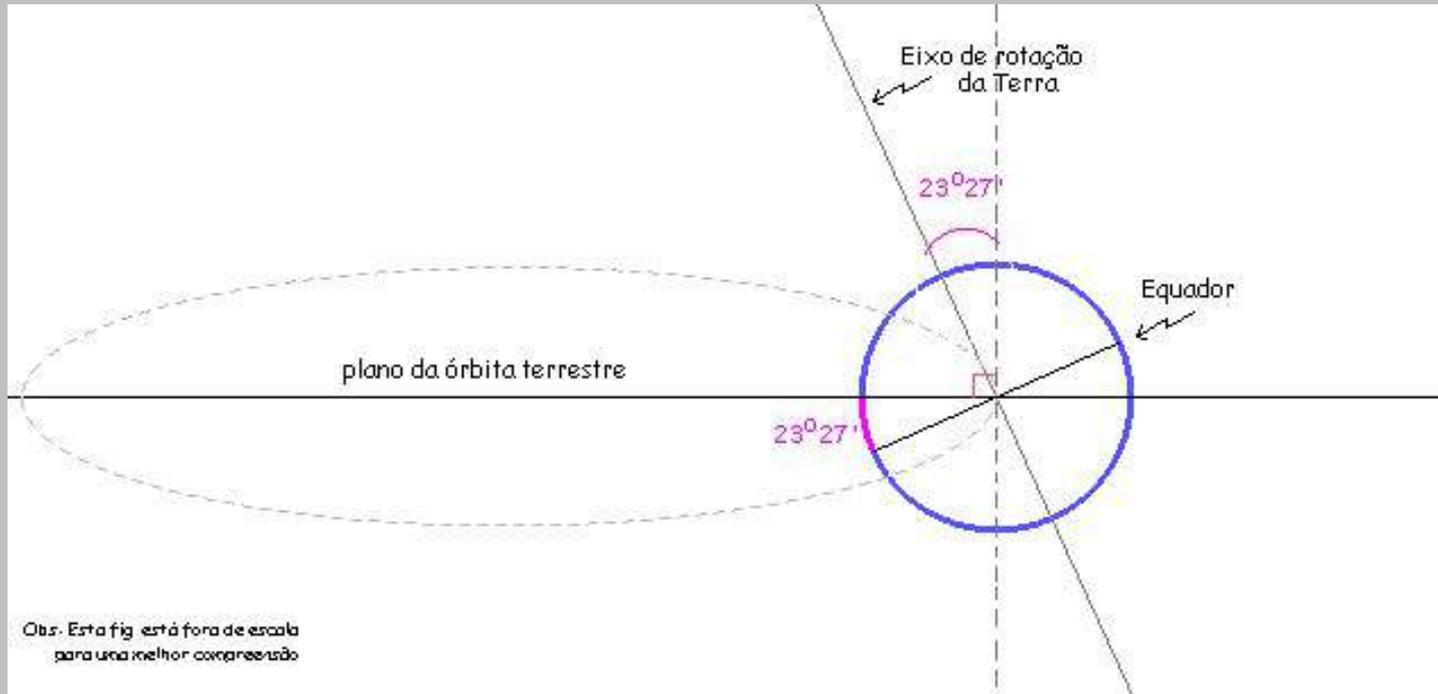
Surface	Emissivity	Surface	Emissivity
maize leaf	0.94	human skin	0.98
tobacco leaf	0.97	snowshoe hare	0.99
bean leaf	0.94	caribou	1.00
cotton leaf	0.96	gray wolf	0.99
sugar cane leaf	0.99	gray squirrel	0.99
poplar leaf	0.98	window glass	0.90–0.95
cactus	0.98	concrete	0.88–0.93
polished chrome	0.05	soil	0.93–0.96
bright aluminum foil	0.06	water	0.96





Componentes do Balanço de Energia

Fonte primária da variação temporal: oscilação anual no regime de irradiância dos hemisférios.

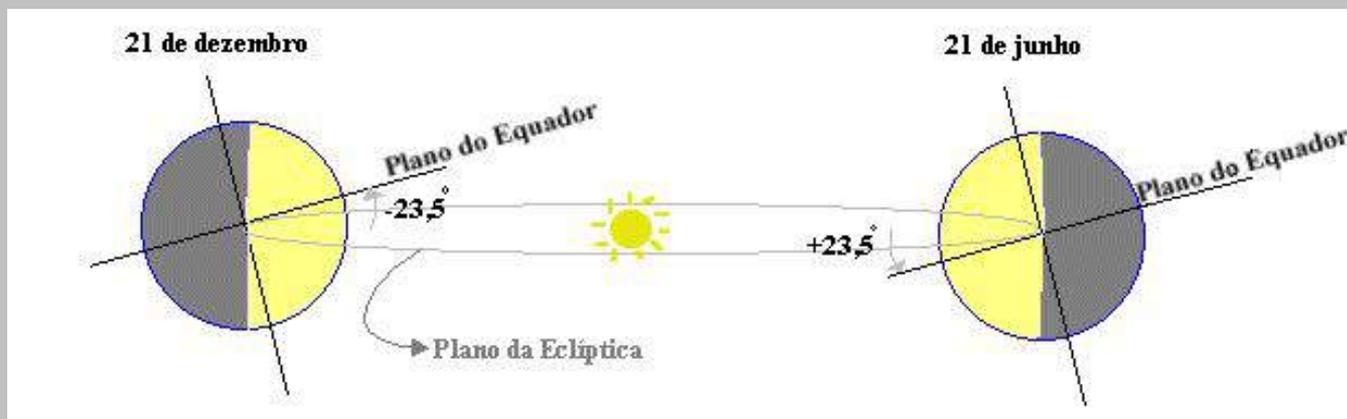
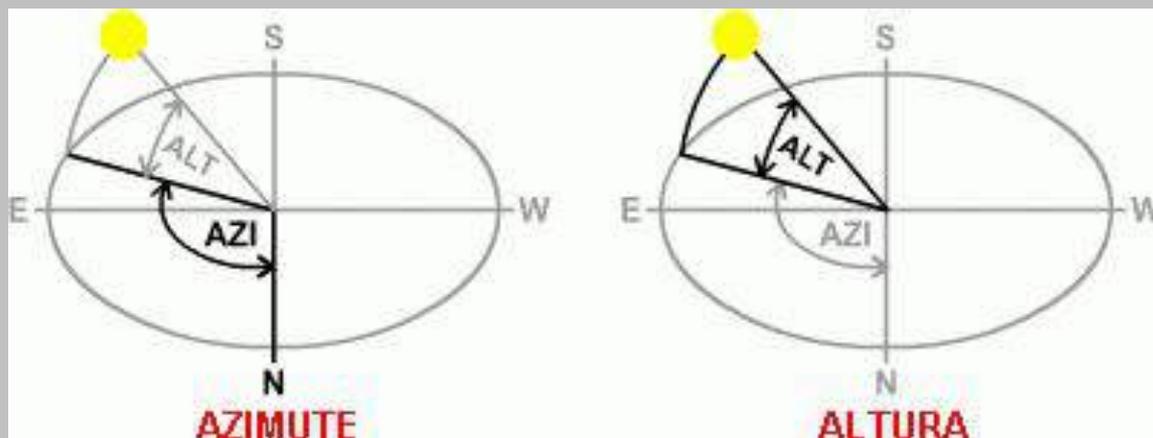


A inclinação entre o plano de rotação e o plano da órbita da terra produz variações no ângulo de incidência e no comprimento do dia.

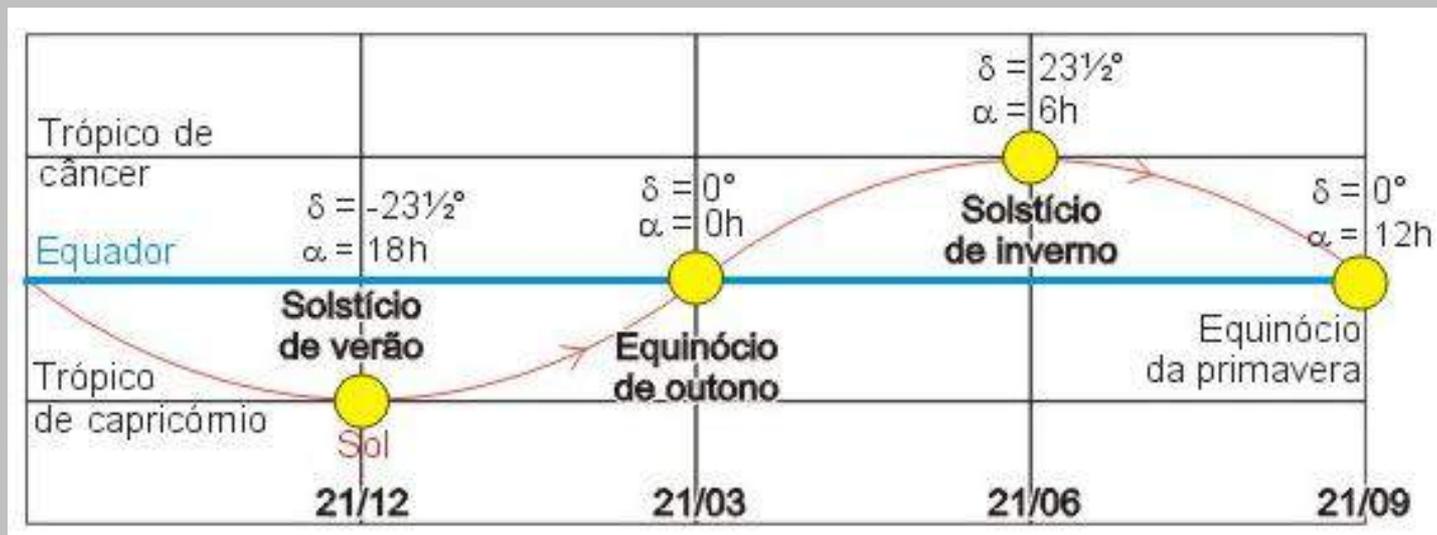
Os efeitos do ângulo entre a órbita e o plano de rotação da terra podem ser examinados pela projeção das coordenadas terrestres na esfera celeste que é apenas uma concepção virtual do espaço em torno da terra.



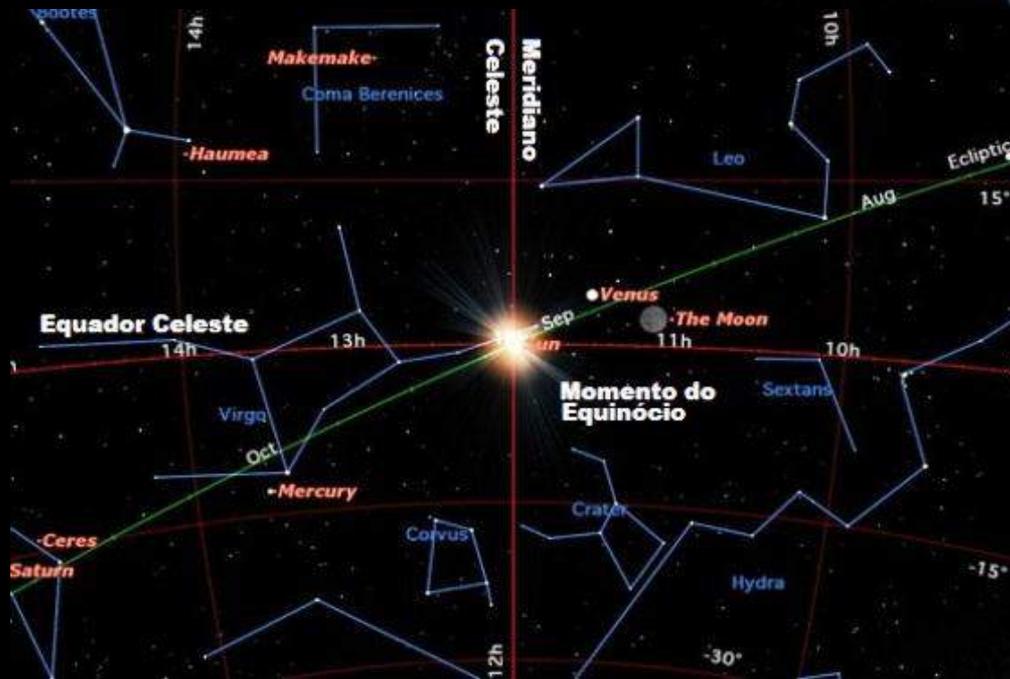
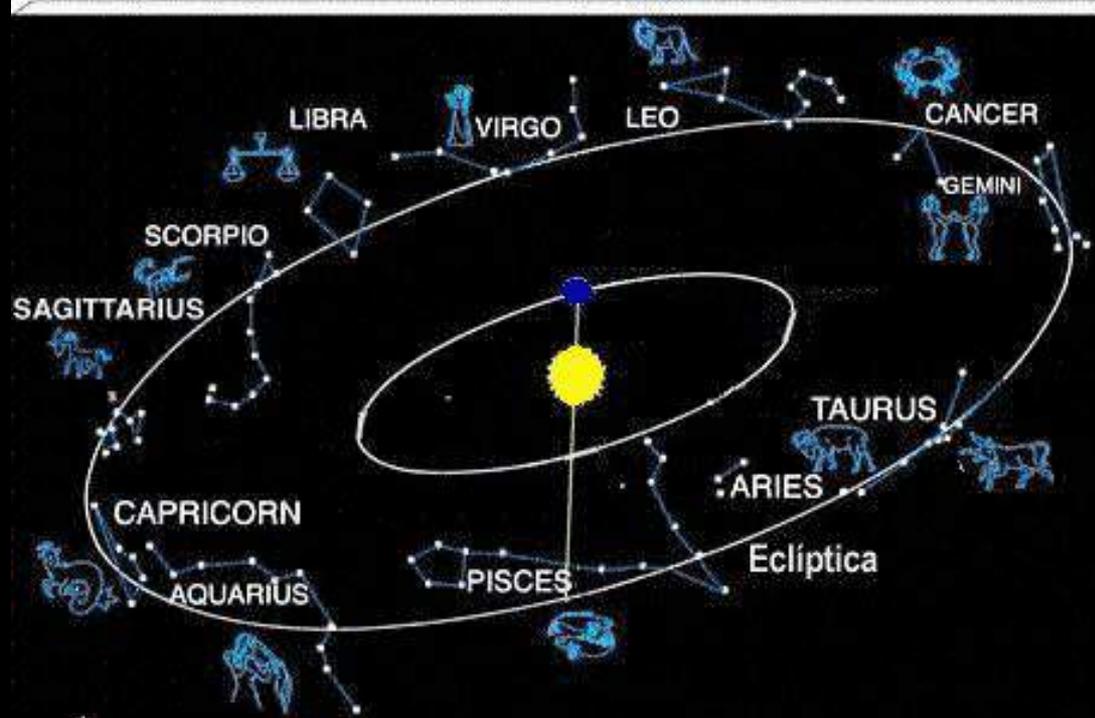
- ◆ Durante o dia a variação na posição do sol entre o Leste e o Oeste é caracterizada pelo AZIMUTE e sua posição em relação ao horizonte é definida pela ALTURA. Essas duas coordenadas variam durante o ano de acordo com a DECLINAÇÃO SOLAR.



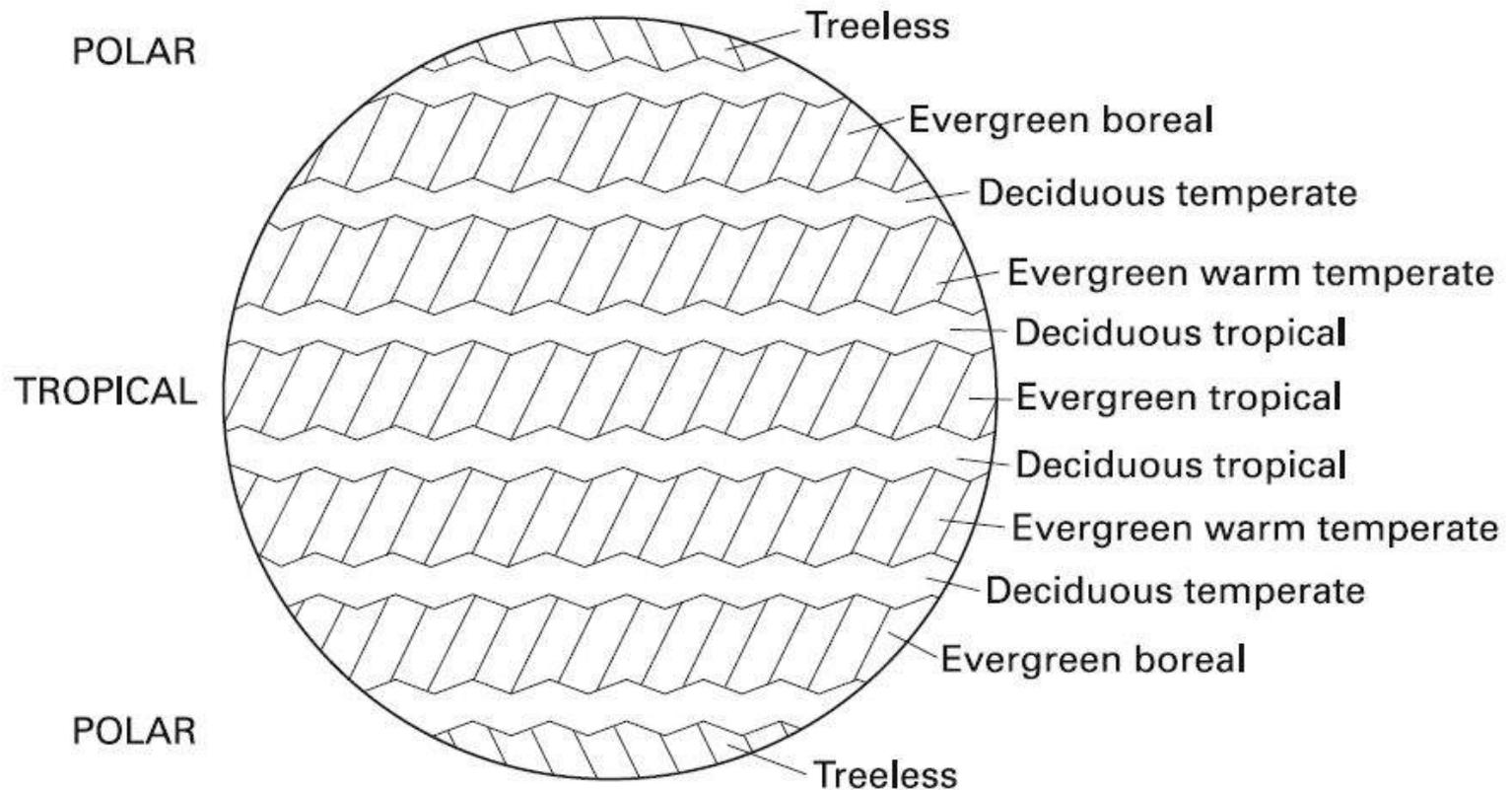
POSIÇÃO APARENTE DO SOL DURANTE O ANO DEFINE UMA LINHA CHAMADA ECLÍPTICA E PONTOS DE REFERÊNCIA DE EQUINÓCIOS E SOLSTÍCIOS



A inclinação entre o plano da órbita e o plano de rotação condiciona uma linha onde o sol parece se deslocar no céu bem como os outros planetas.



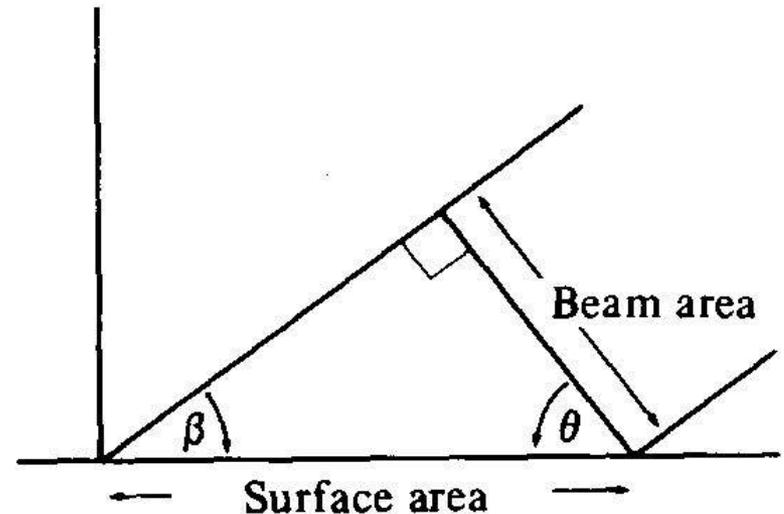
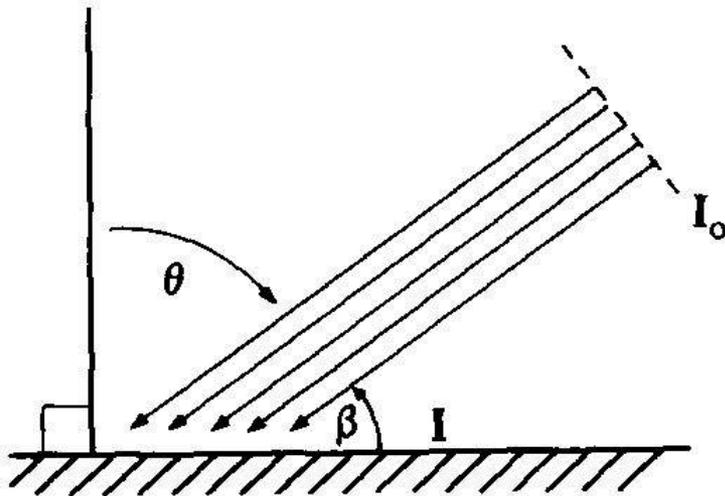
A fonte primária dos fatores que determinam padrões globais de distribuição de biomas é a inclinação entre o plano da órbita e o plano de rotação da terra.



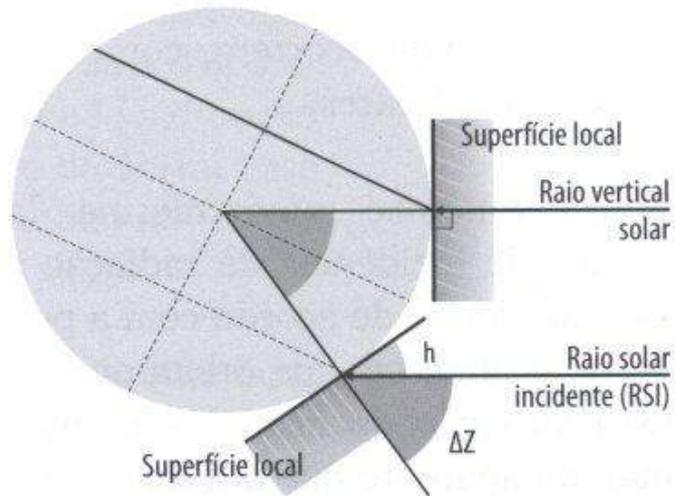
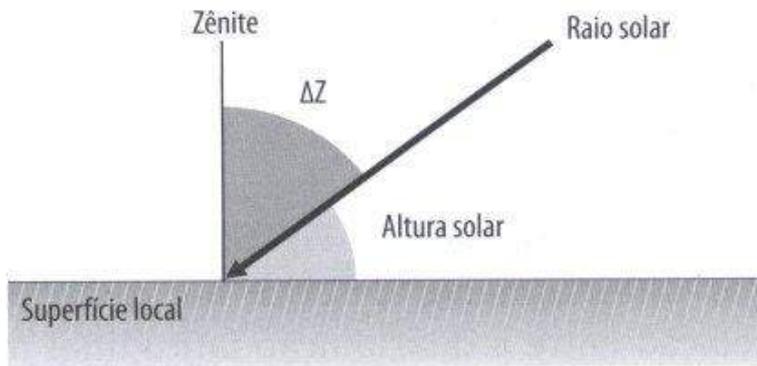
◆ Lei de Lambert

- A razão entre a energia transportada por um feixe e a irradiância em uma superfície que o intercepta é igual ao seno do ângulo de elevação ou o cosseno do ângulo de incidência.

$$I = I_0 \cos \theta = I_0 \sin \beta$$



$$I = I_0 \cos \theta = I_0 \sin \beta = I_0 \text{ Beam area} / \text{Surface area}$$

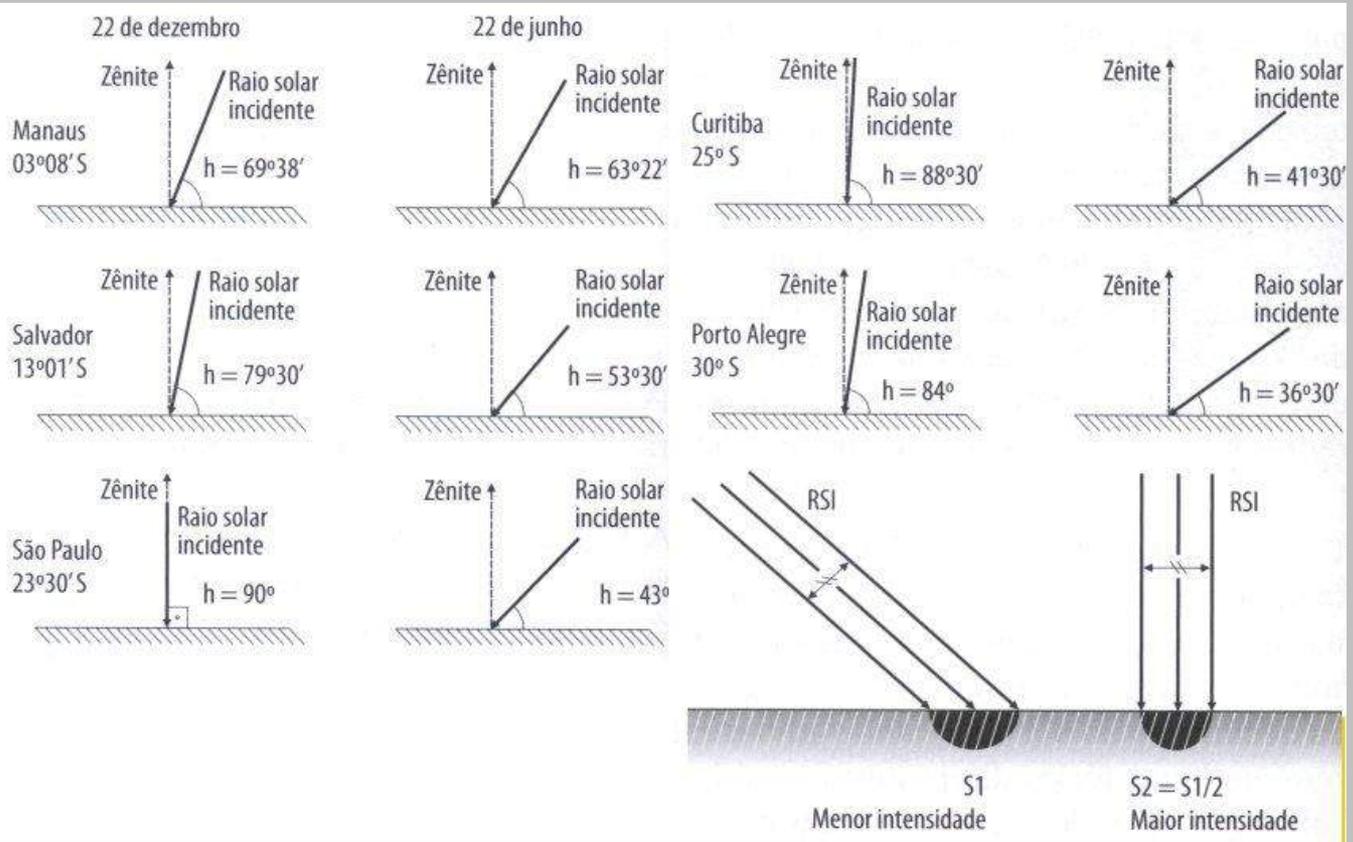


$$\Delta Z = \varphi + / - \delta$$

φ = latitude

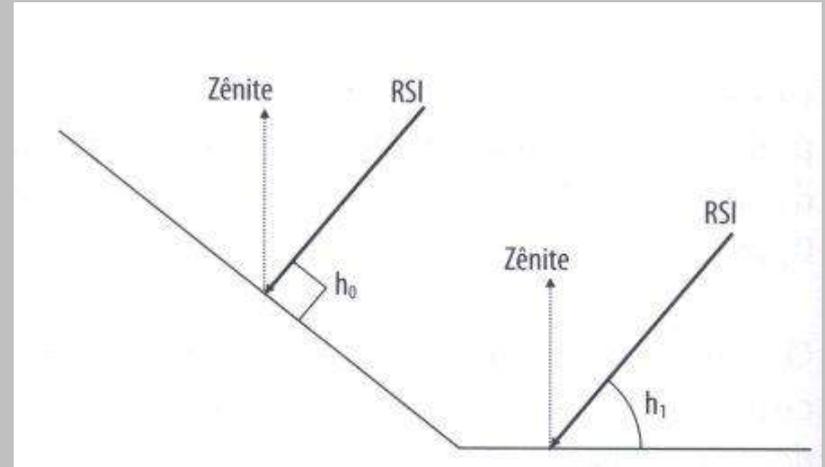
δ = declinação

$$h = 90 - \Delta Z$$



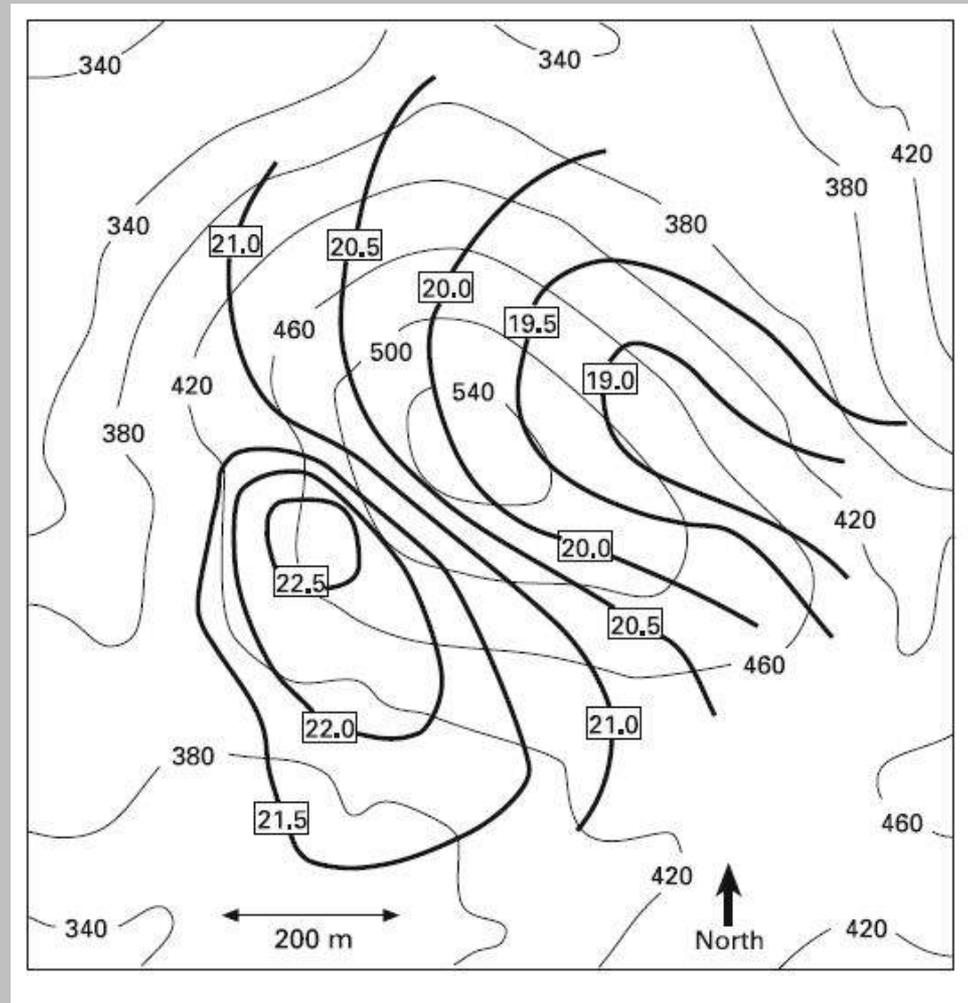
Alguns exemplos durante os solstícios de verão e inverno

A orientação e declividade das vertentes interage como a variação latitudinal.



Latitude e declividade do terreno podem produzir uma grande heterogeneidade microclimática quando associadas à orientação da vertente.

No exemplo são apresentadas isotermas associadas à topografia (hemisfério norte).





Lei de Lambert - Beer

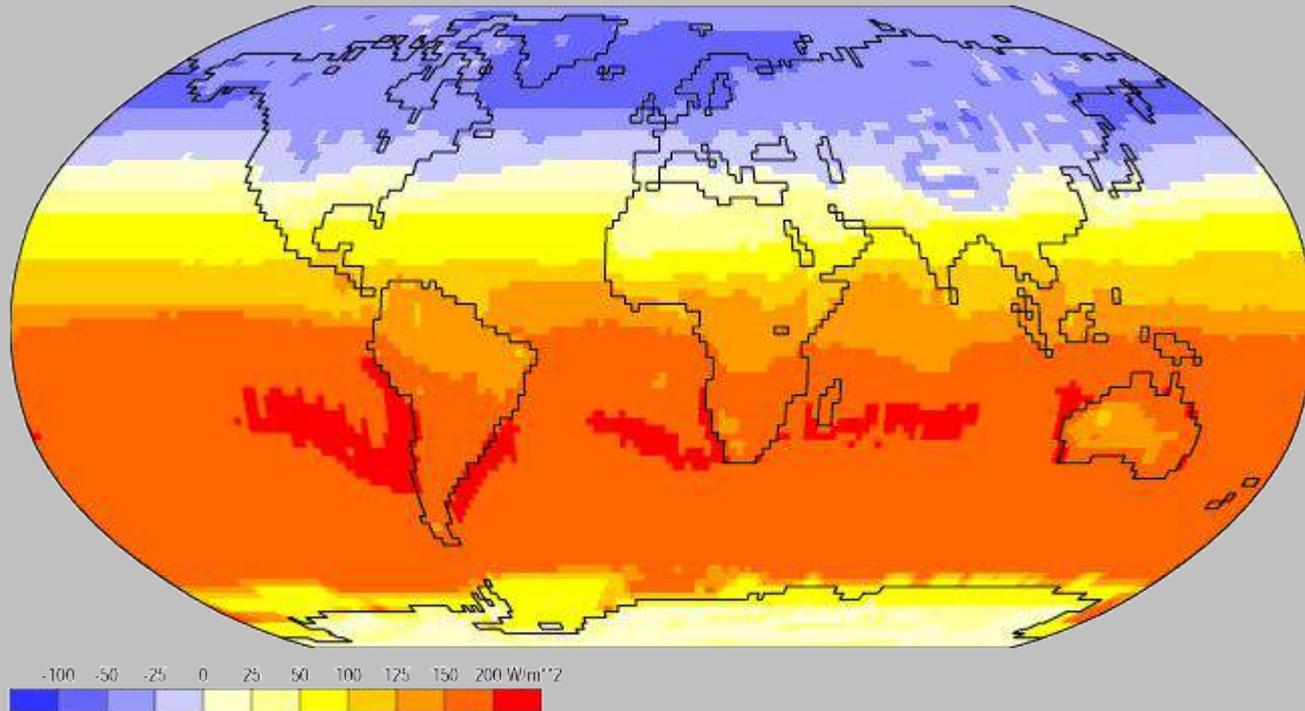
$$\Phi_{\lambda} = \Phi_{\lambda} e^{-kx}$$

- ▣ A radiação é exponencialmente atenuada através de um meio homogêneo dada a distância a percorrer e o coeficiente de extinção do meio.
- ▣ A transparência da atmosfera depende do volume percorrido pelo feixe e, portanto do seu ângulo de elevação.

Regime de irradiância na superfície terrestre

Net Radiation

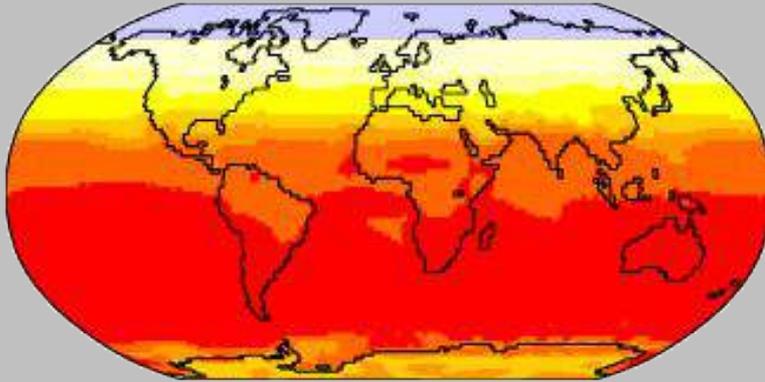
Dec



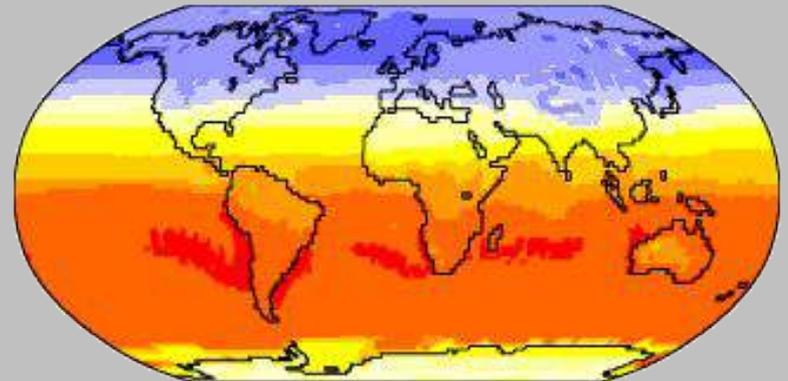
Data: NCEP/NCAR Reanalysis Project, 1959-1997 Climatologies
Animation: Department of Geography, University of Oregon, March 2000

Short-Wave Radiation

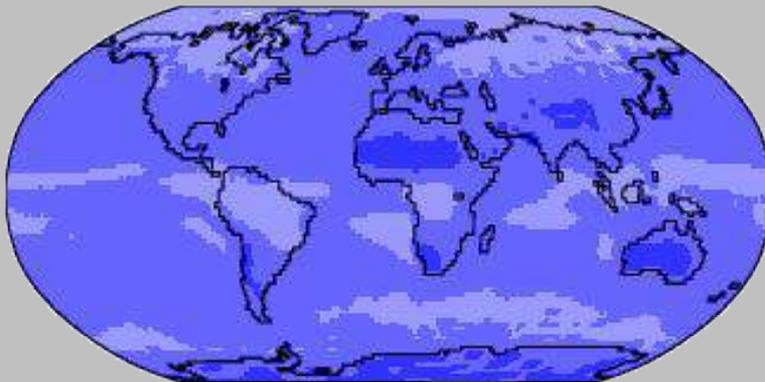
Dec



Net Radiation



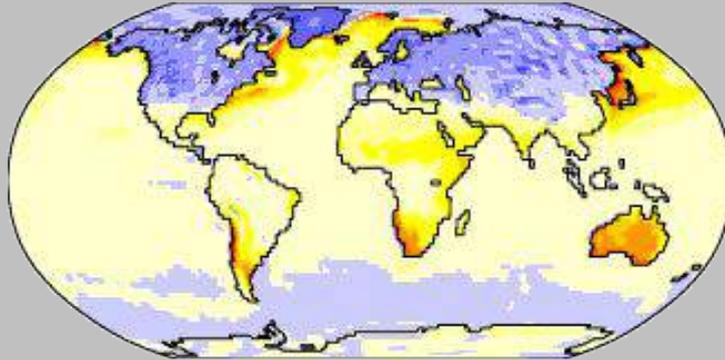
Long-Wave Radiation



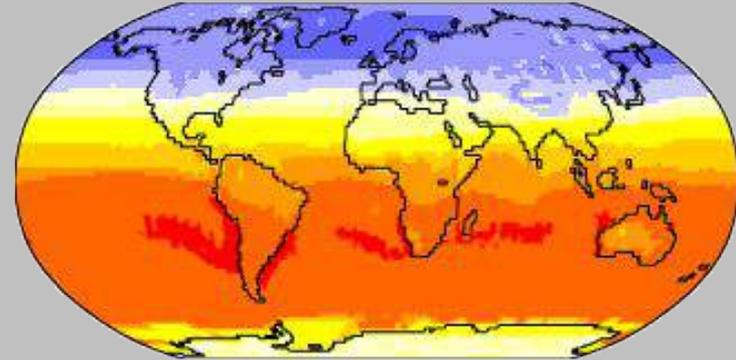
Data: NCEP/NCAR Reanalysis Project, 1959-1997 Climatologies
Animation: Department of Geography, University of Oregon, March 2000

Radiação e componentes do balanço de energia

Sensible Heat Flux

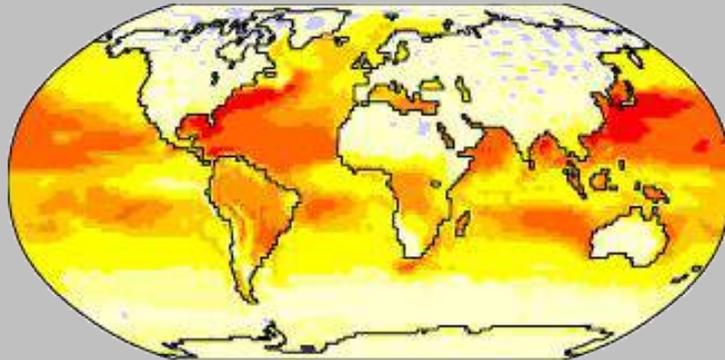


Net Radiation

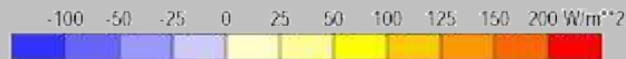
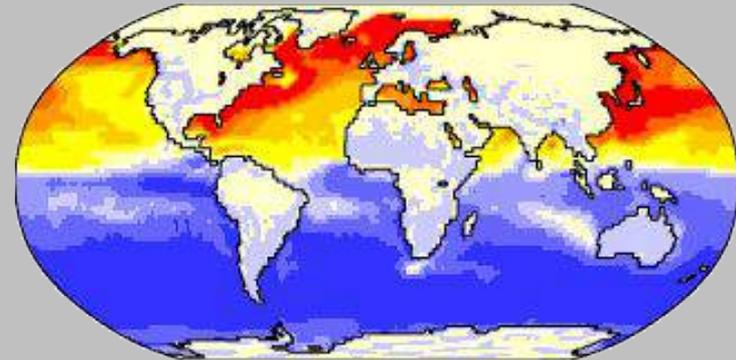


Dec

Latent Heat Flux



Storage Change

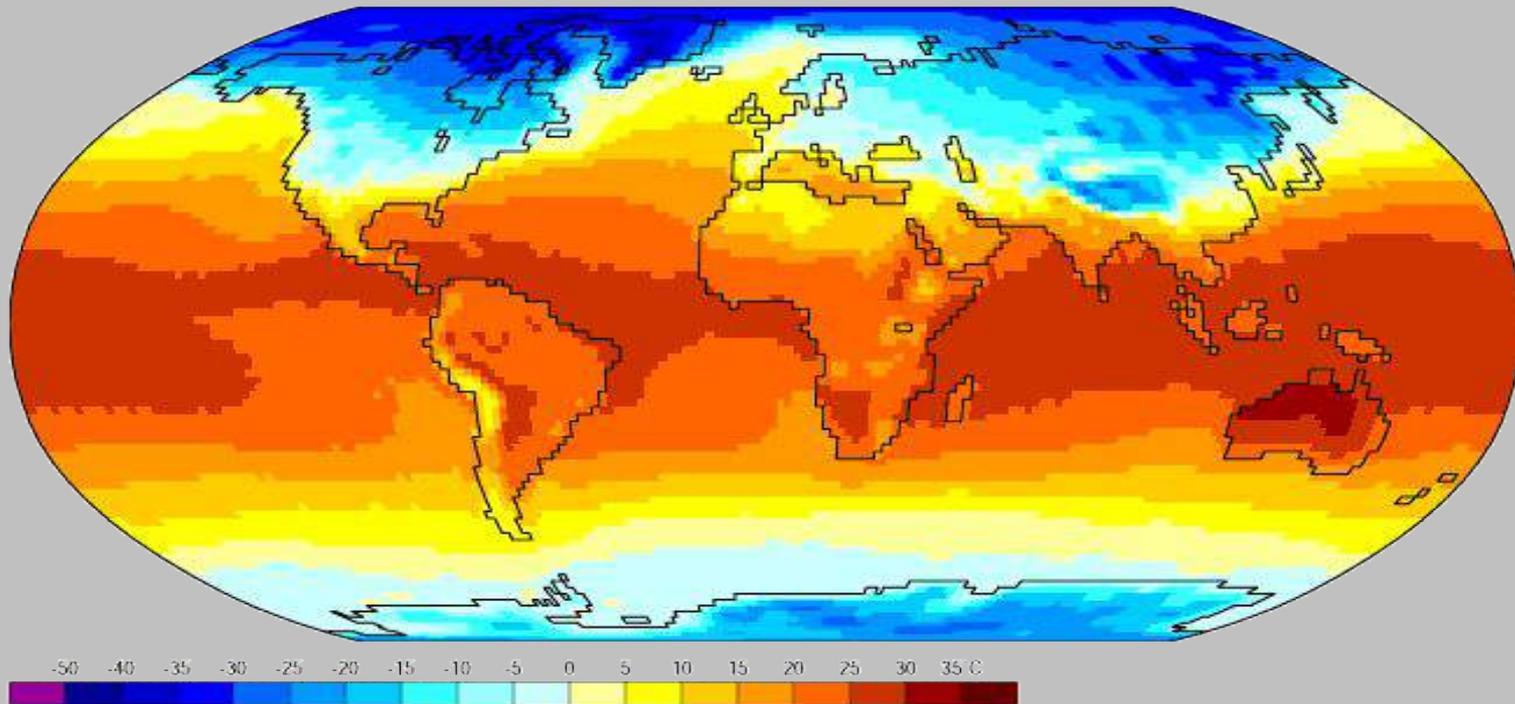


Data: NCEP/NCAR Reanalysis Project, 1959-1997 Climatologies
Animation: Department of Geography, University of Oregon, March 2000

Temperatura como produto do balanço de energia

Air Temperature

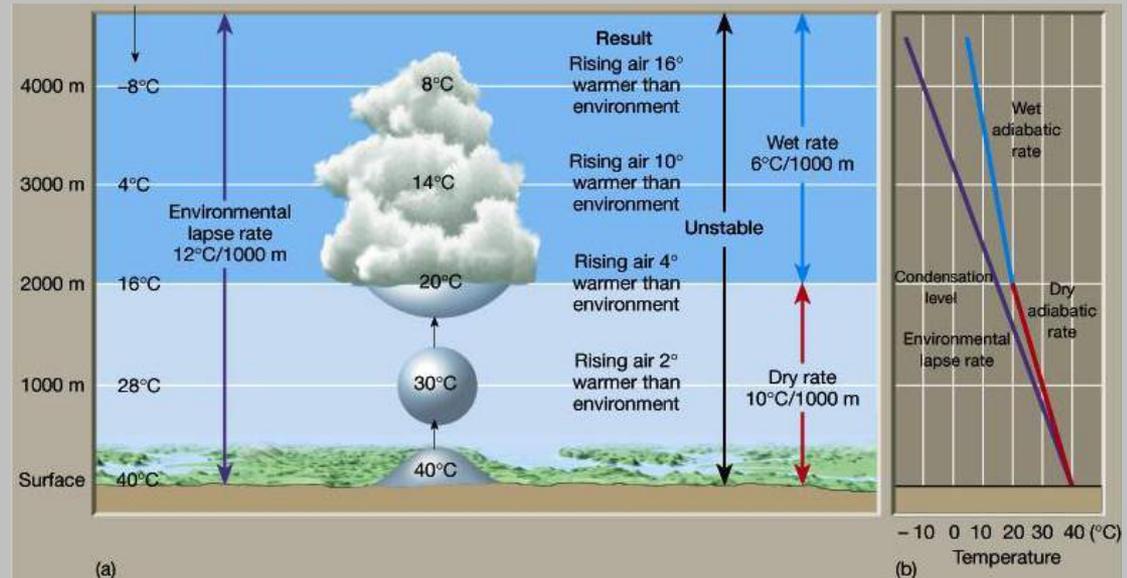
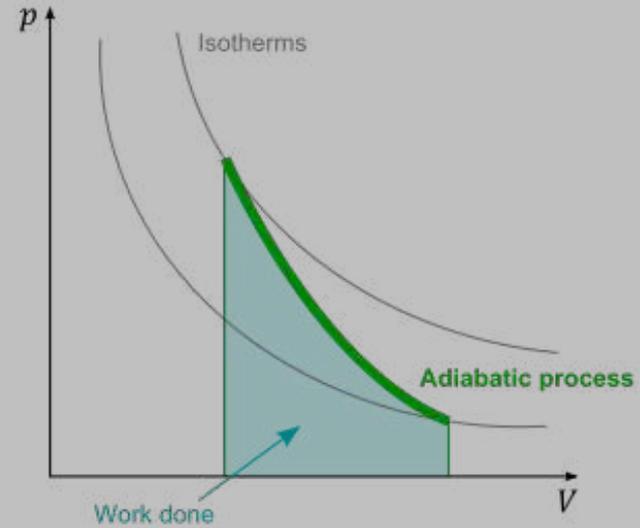
Dec

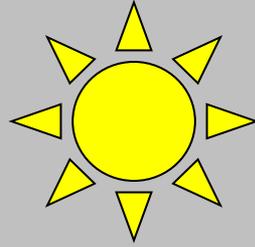


Data: NCEP/NCAR Reanalysis Project, 1959-1997 Climatologies
Animation: Department of Geography, University of Oregon, March 2000

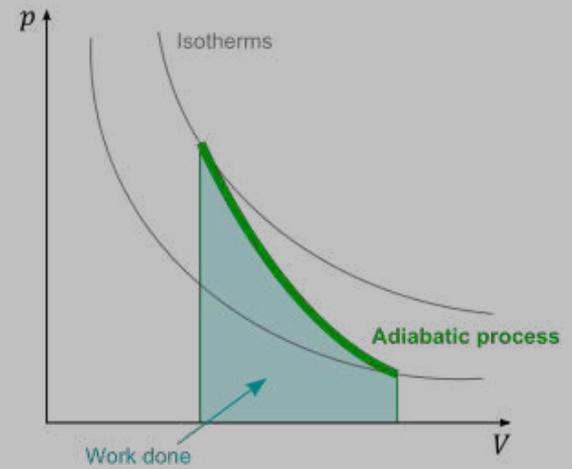
As relações entre temperatura e pressão dos fluidos produzem os principais sistemas de circulação com efeitos sobre o regime de precipitação na superfície terrestre.

As diferenças locais de temperatura produzem mudanças na densidade do ar, gerando diferenças de pressão compensadas por fluxos de massa identificados como vento.





Ar ascendente libera a
Umidade como chuva



Parte do ar flui
Para norte

Parte do ar flui para
O sul

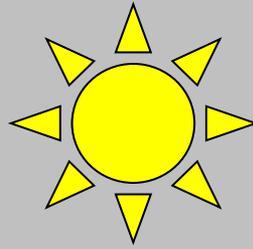
O ar seco desce
na latitude 30° N

O ar seco desce
na latitude em torno
de 30° S

Desertos

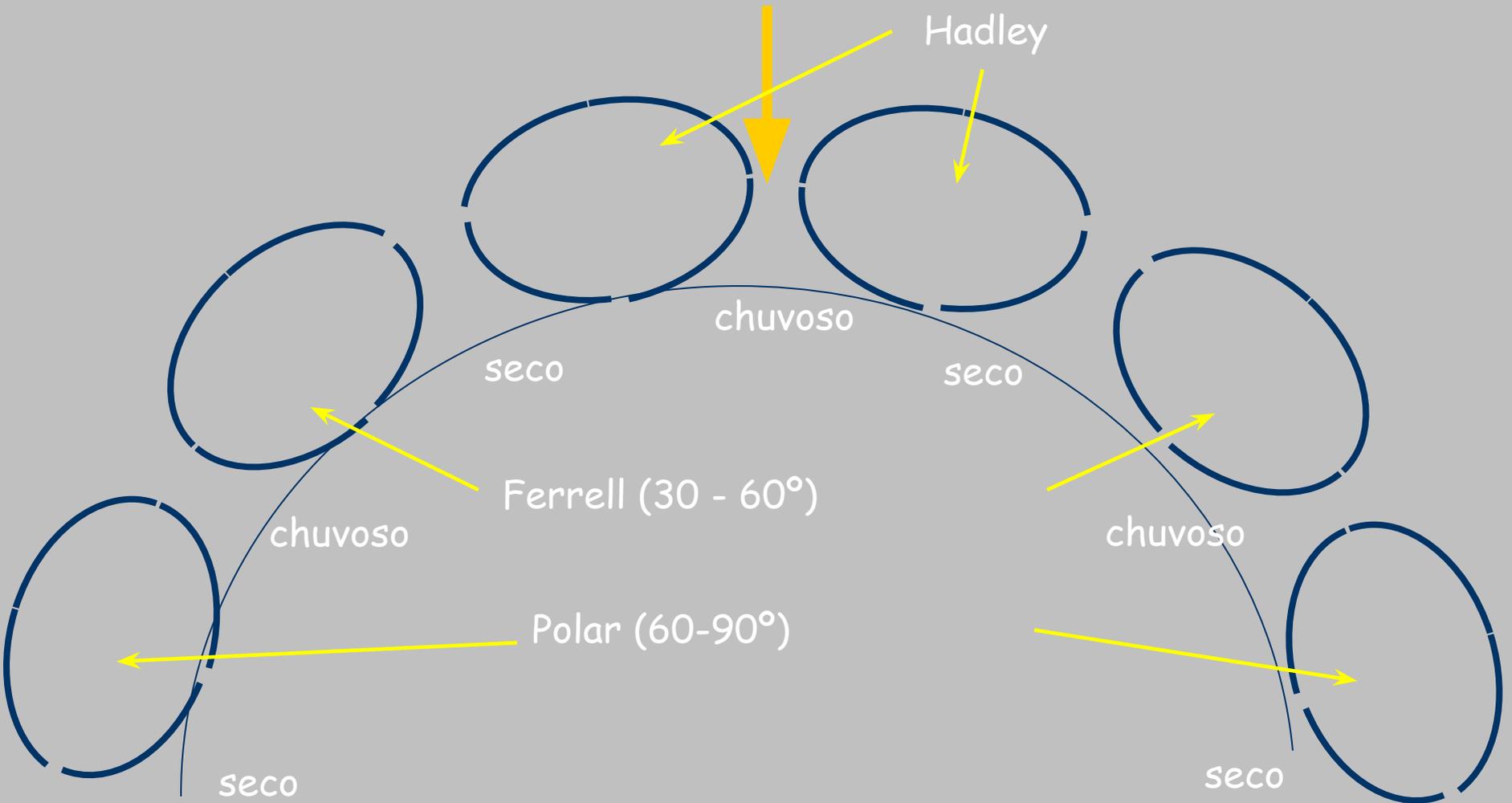
O ar aquecido no equador ascende

Desertos



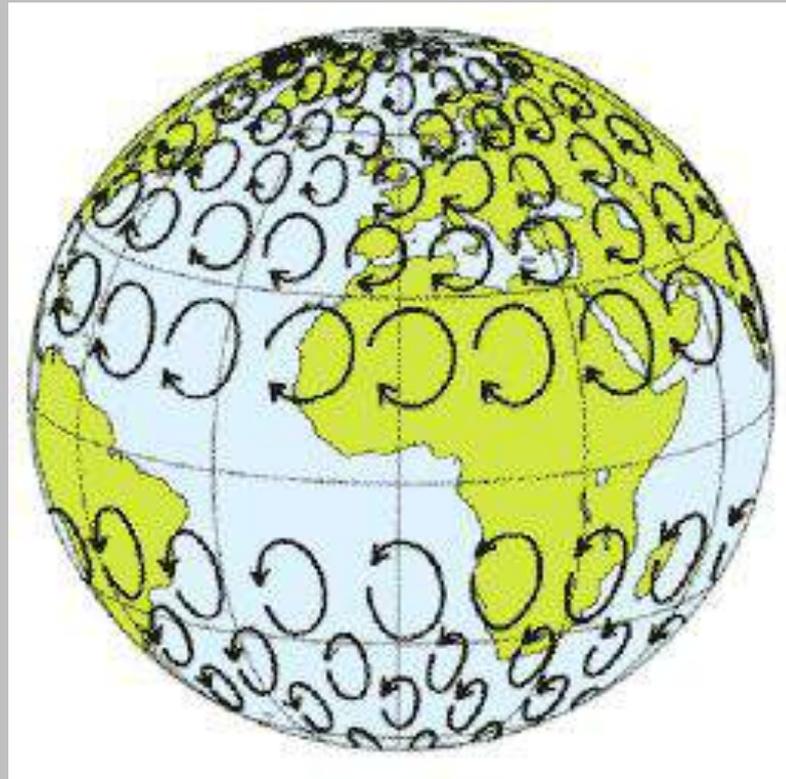
As unidades de fluxo convectivo são chamadas "células"

Celulas de Hadley

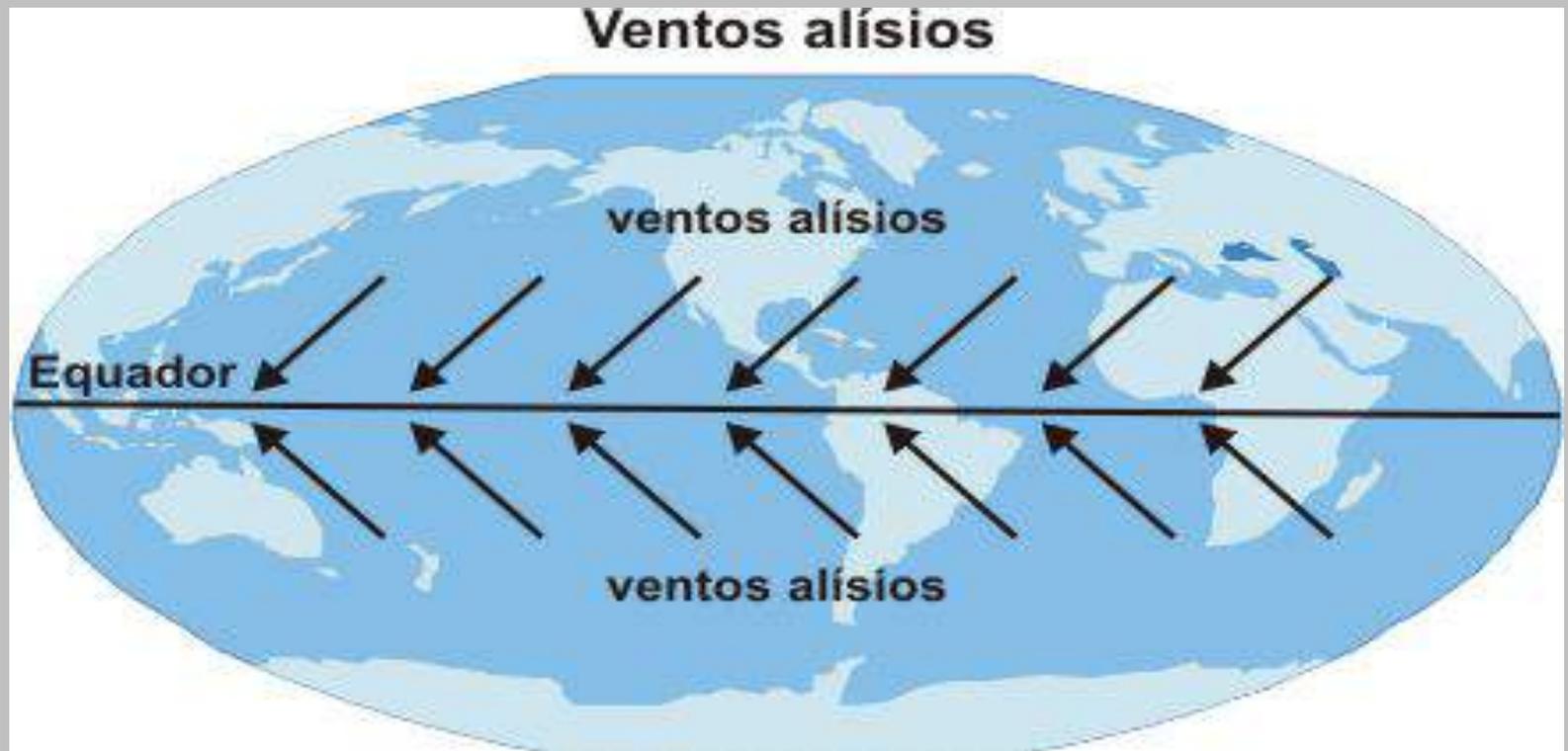


From Steve Hart, NASU

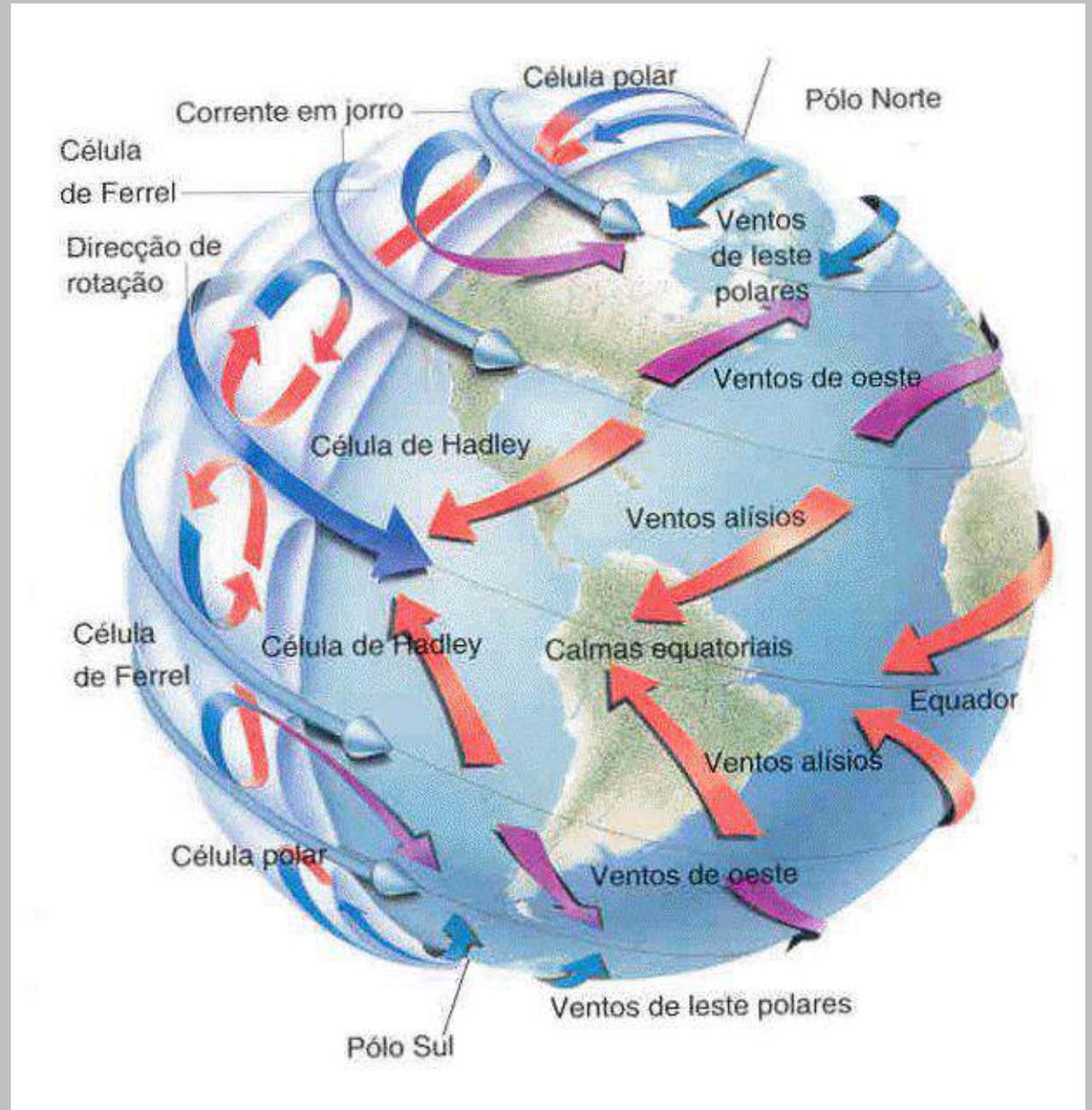
A circulação global é afetada pela direção da rotação do planeta que interage com o movimento longitudinal do ar, um fluido pouco viscoso, produzindo a “força” de Coriolis.



Os ventos alísios contribuem para determinar a heterogeneidade do clima costeiro nos continentes.

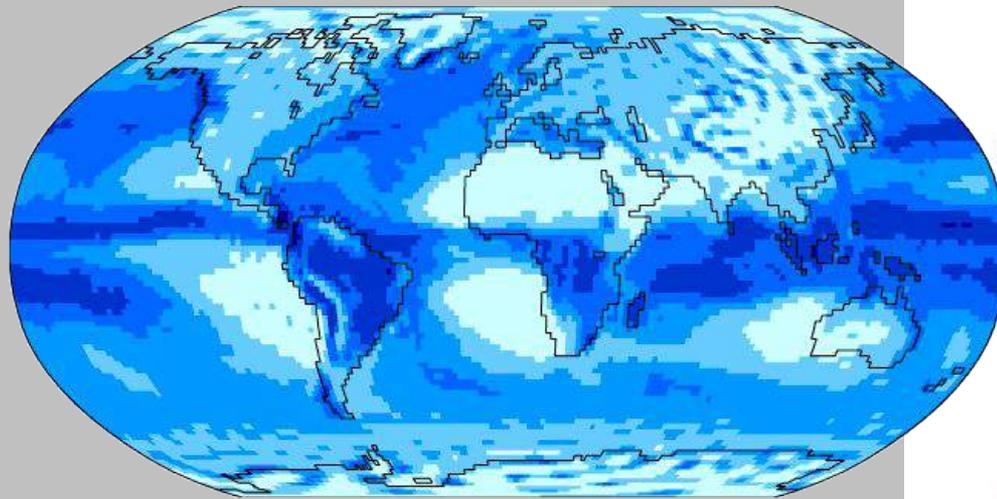


PADRÕES DE CIRCULAÇÃO ATMOSFÉRICA



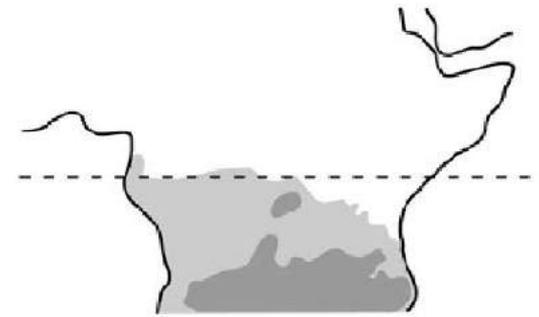
Precipitation

Dec

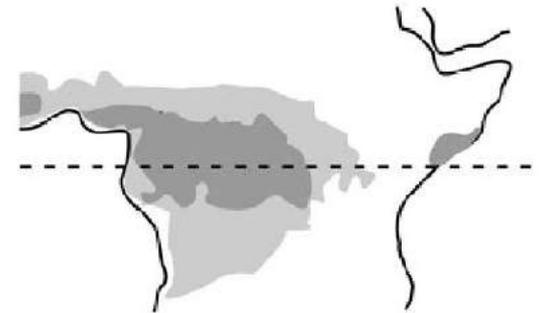


Data: NCEP/NCAR Reanalysis Project, 1959-1997 Climatologies
Animation: Department of Geography, University of Oregon, March 2000

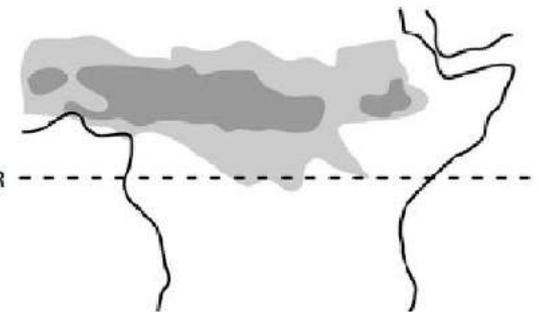
NORTHERN WINTER



NORTHERN SPRING

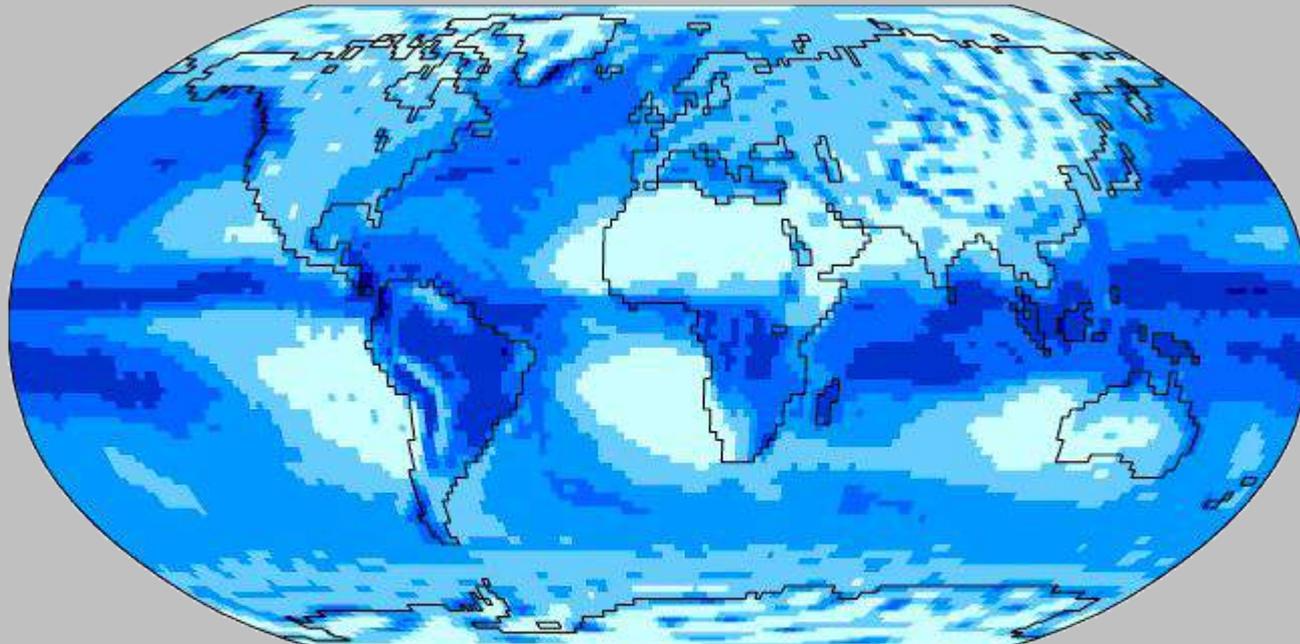


NORTHERN SUMMER



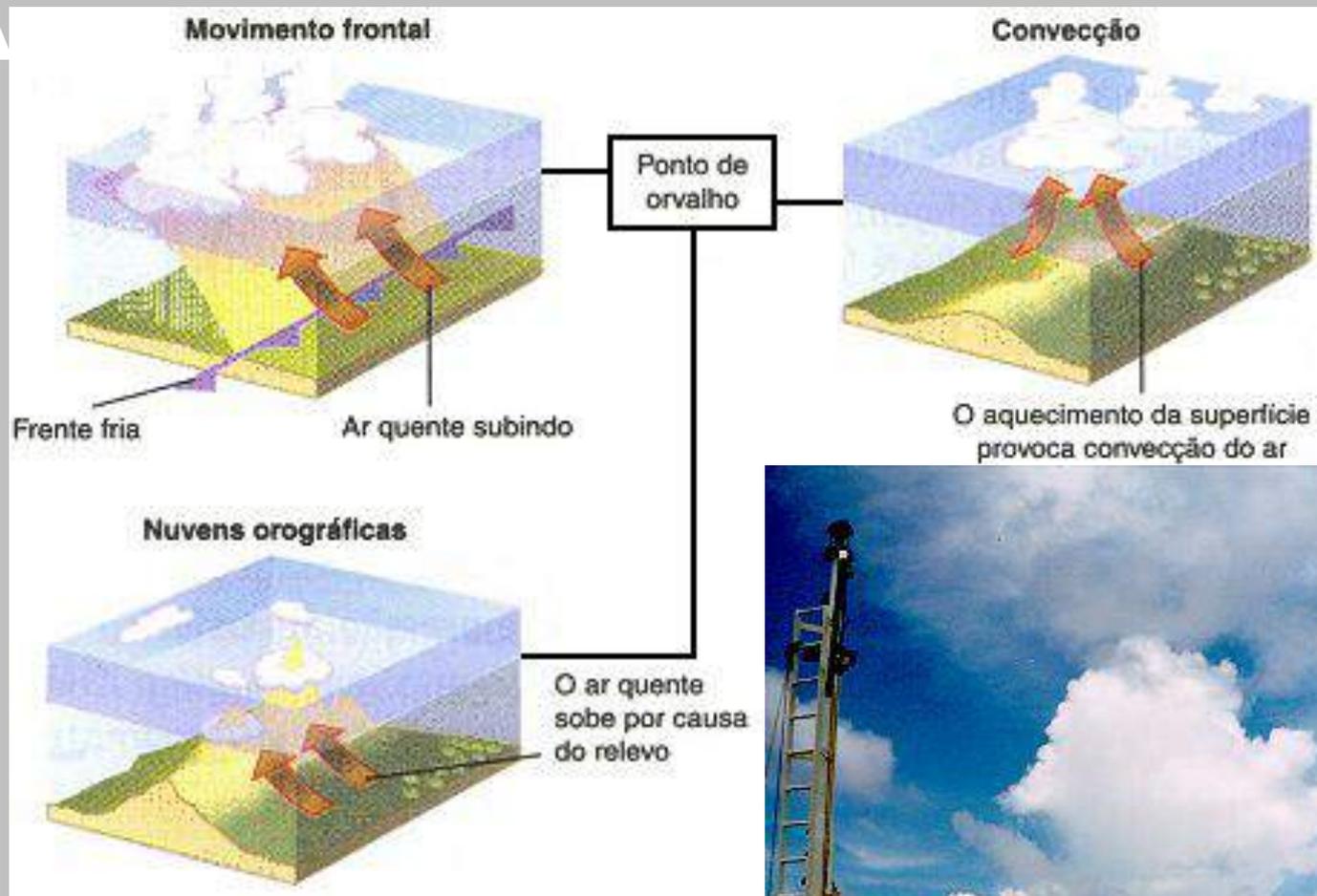
Precipitation

Dec



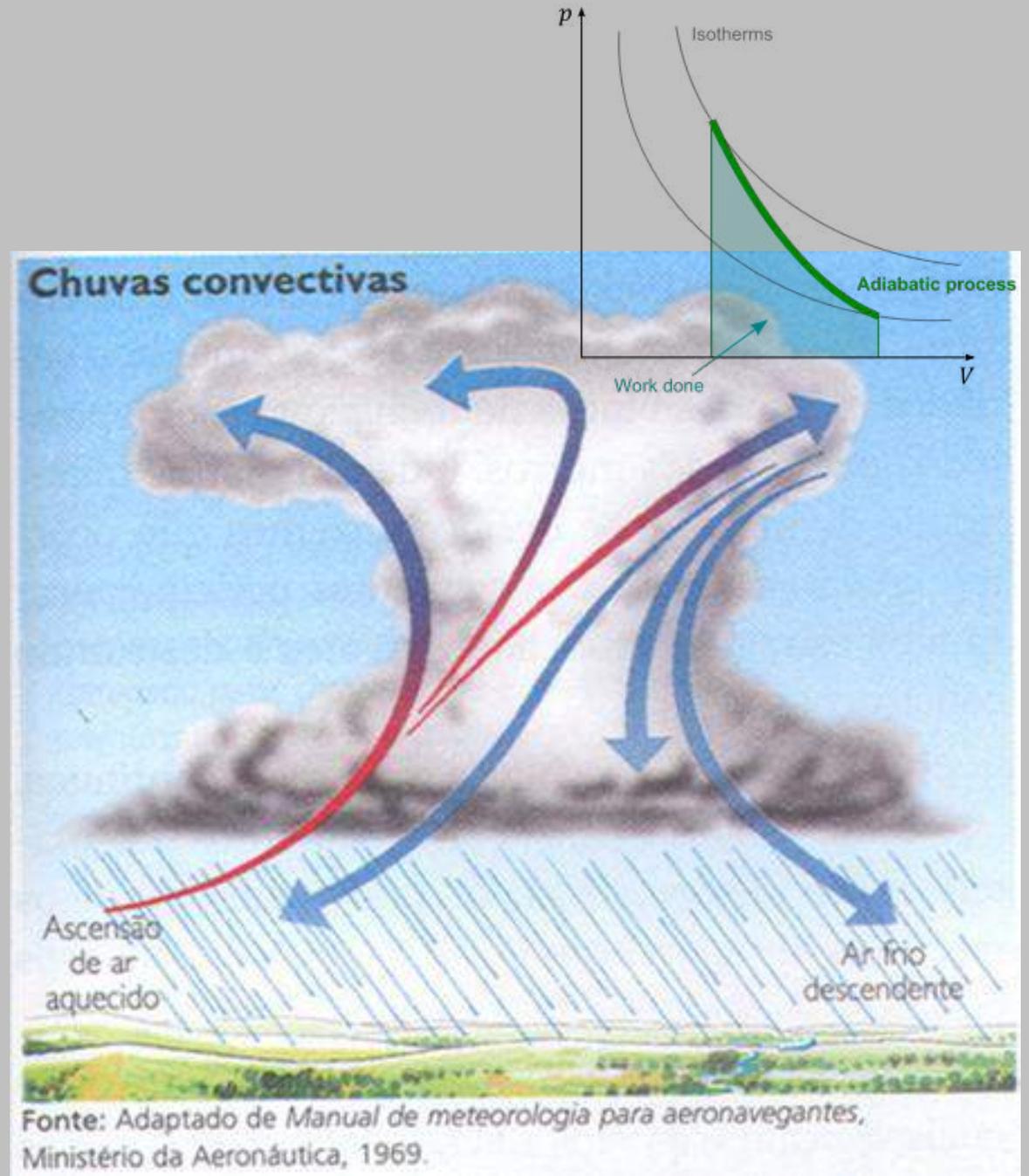
Data: NCEP/NCAR Reanalysis Project, 1959-1997 Climatologies
Animation: Department of Geography, University of Oregon, March 2000

CHUVA



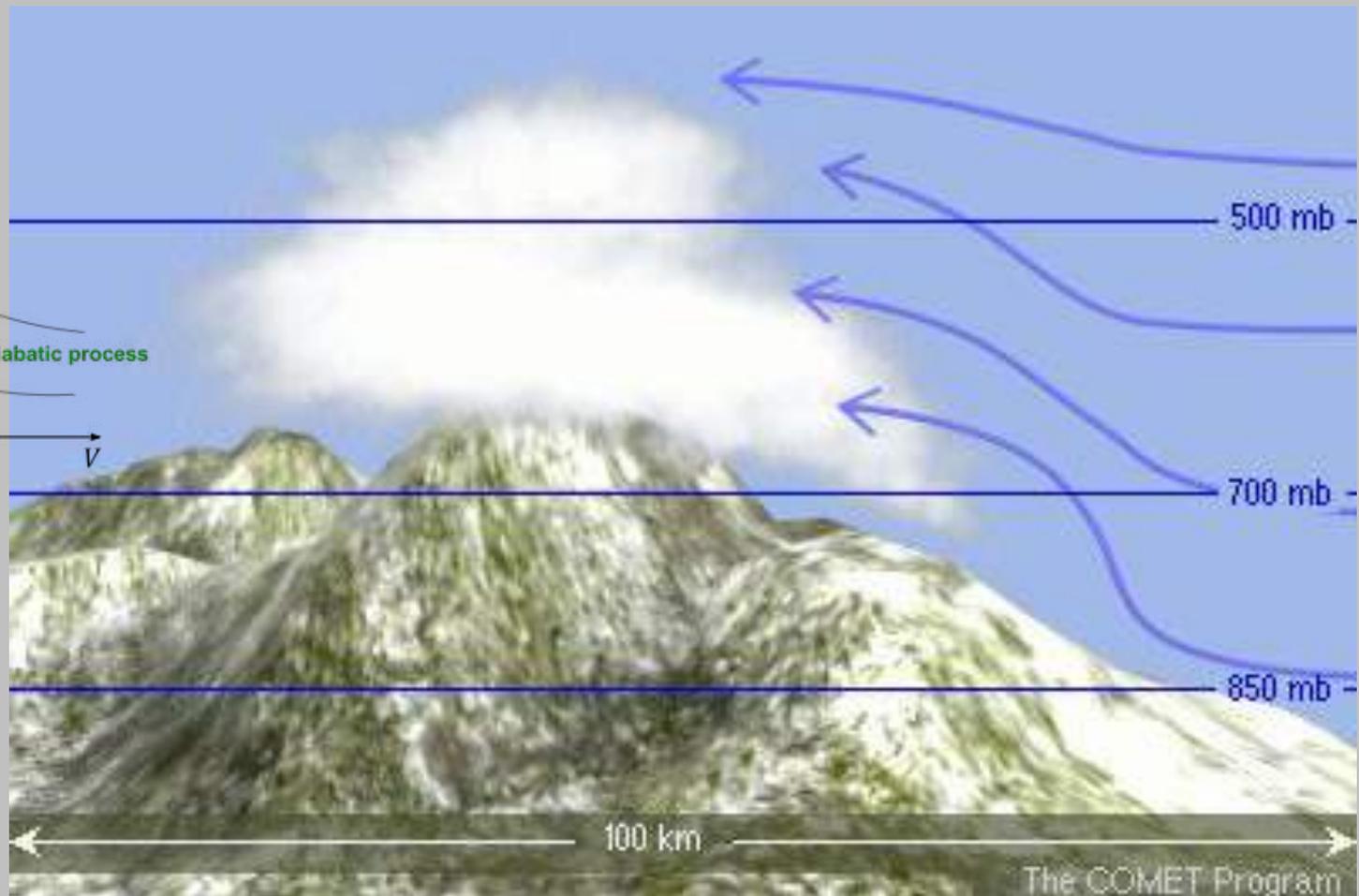
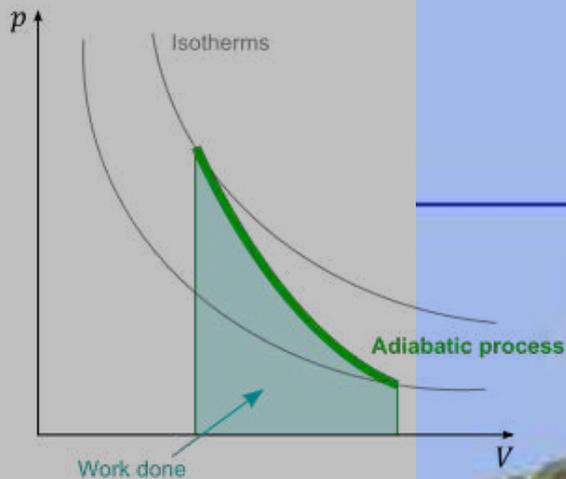
Chuva zenital ou convectiva:

Produzida pelo aquecimento da superfície terrestre onde existe água disponível para formação de vapor. Normalmente é associada a dias quentes de verão e ocorre próximo ao período em que o sol alcança o zênite (por volta de 12 – 13hs). Correspondem ao que pode ser chamado de “chuva de verão”, de pouca duração e as vezes associada a granizo.

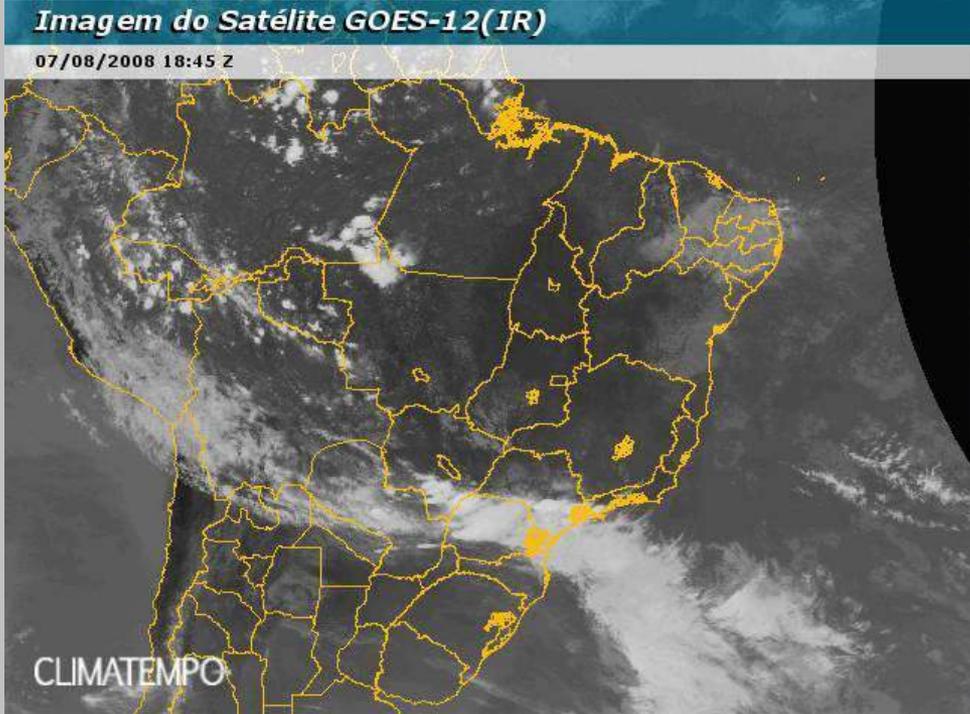
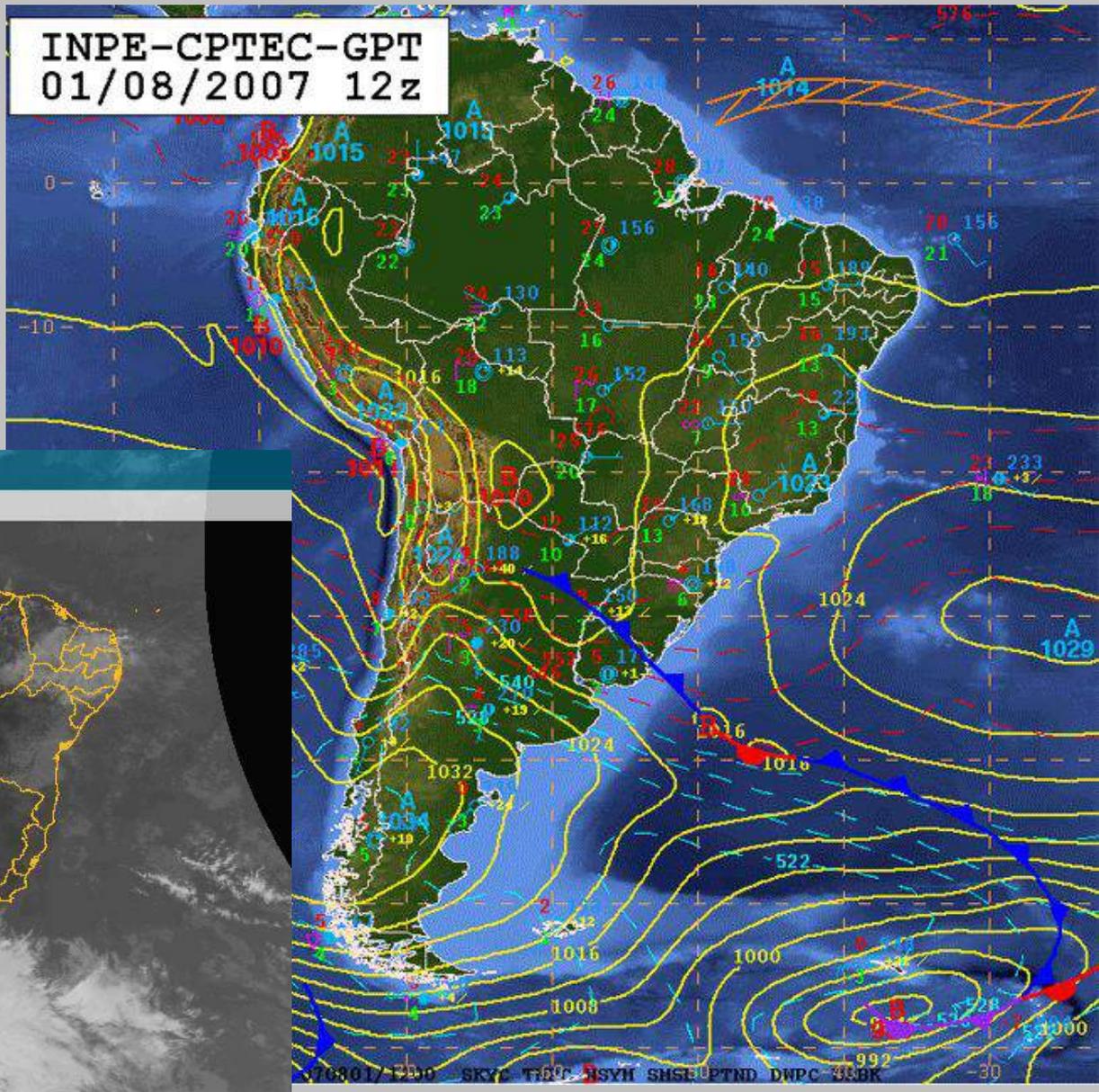


CHUVA OROGRÁFICA

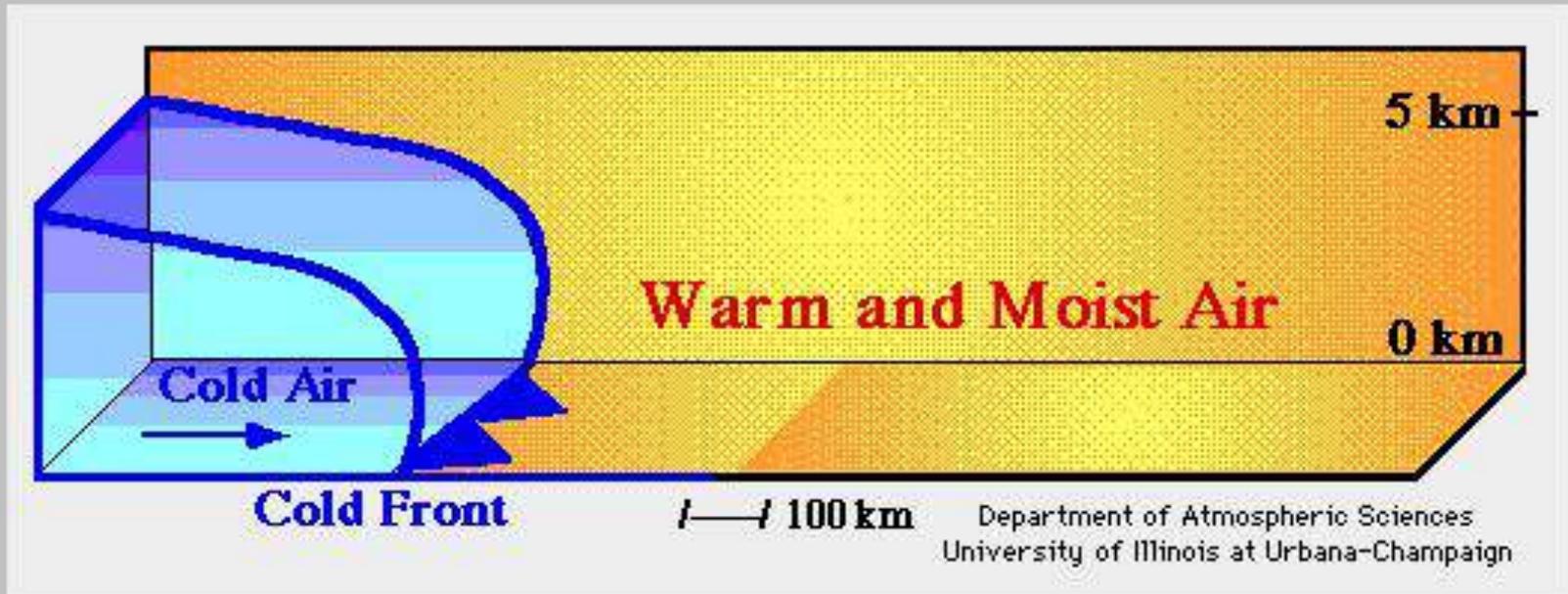
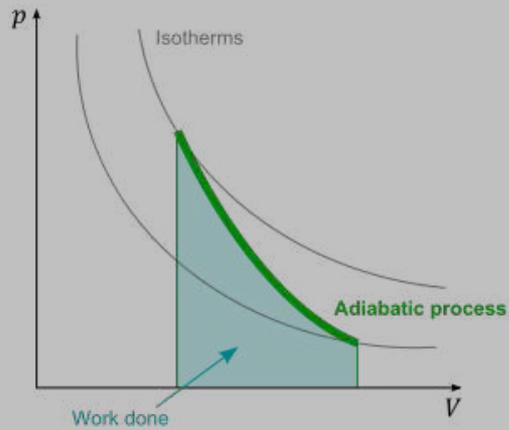
A CHUVA SURGE POR ELEVAÇÃO DA MASSA DE AR E EXPANSÃO. A EXPANSÃO PRODUZ UM RESFRIAMENTO ADIABÁTICO E, DEPENDENDO DO REGIME DE TEMPERATURAS E DA ALTITUDE OCORRE CONDENSAÇÃO, QUE NA PRESENÇA DE NÚCLEOS DE CONDENSAÇÃO PRODUZ CHUVA.



Frentes Frias



CHUVA FRONTAL



A circulação oceânica pode determinar o clima em escala regional.

Os padrões de circulação de massas de ar também são modificados pelas diferenças entre o calor específico da água dos oceanos e o das massas emersas.

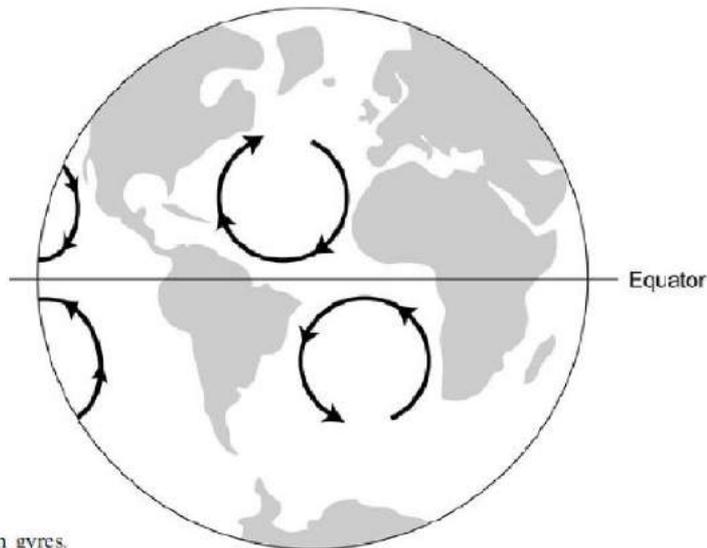
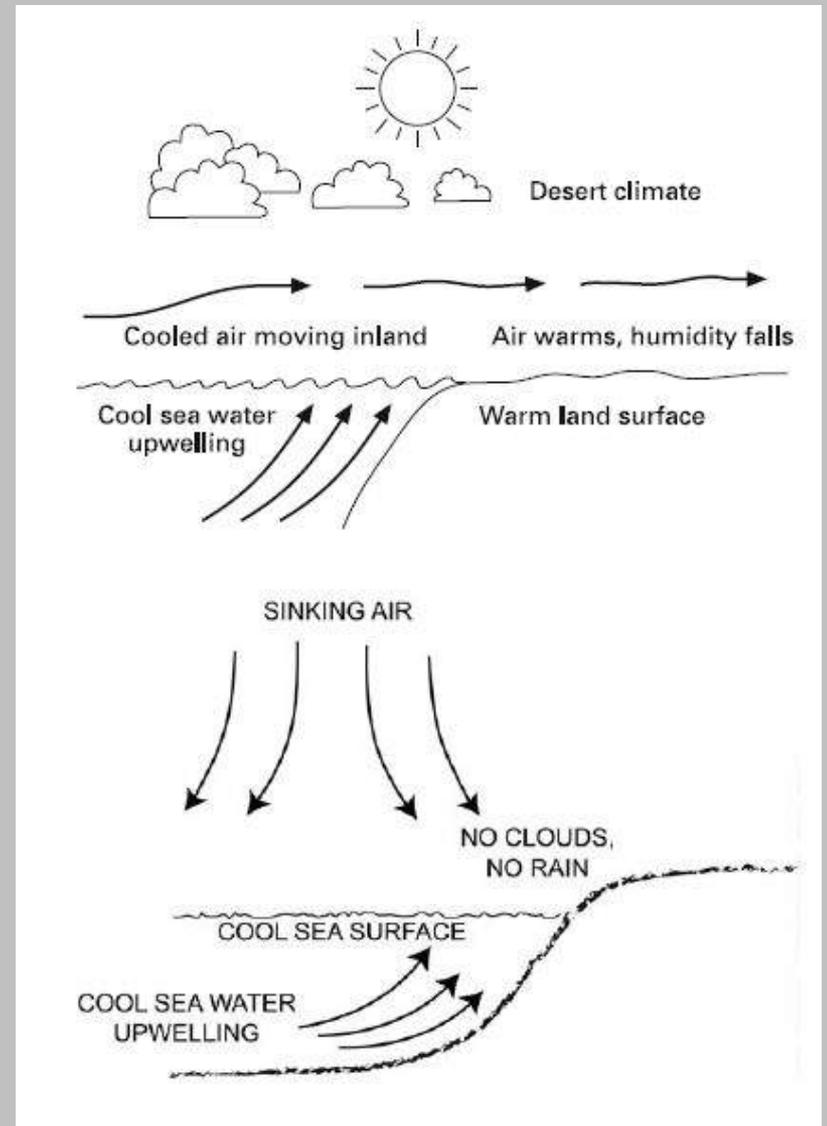
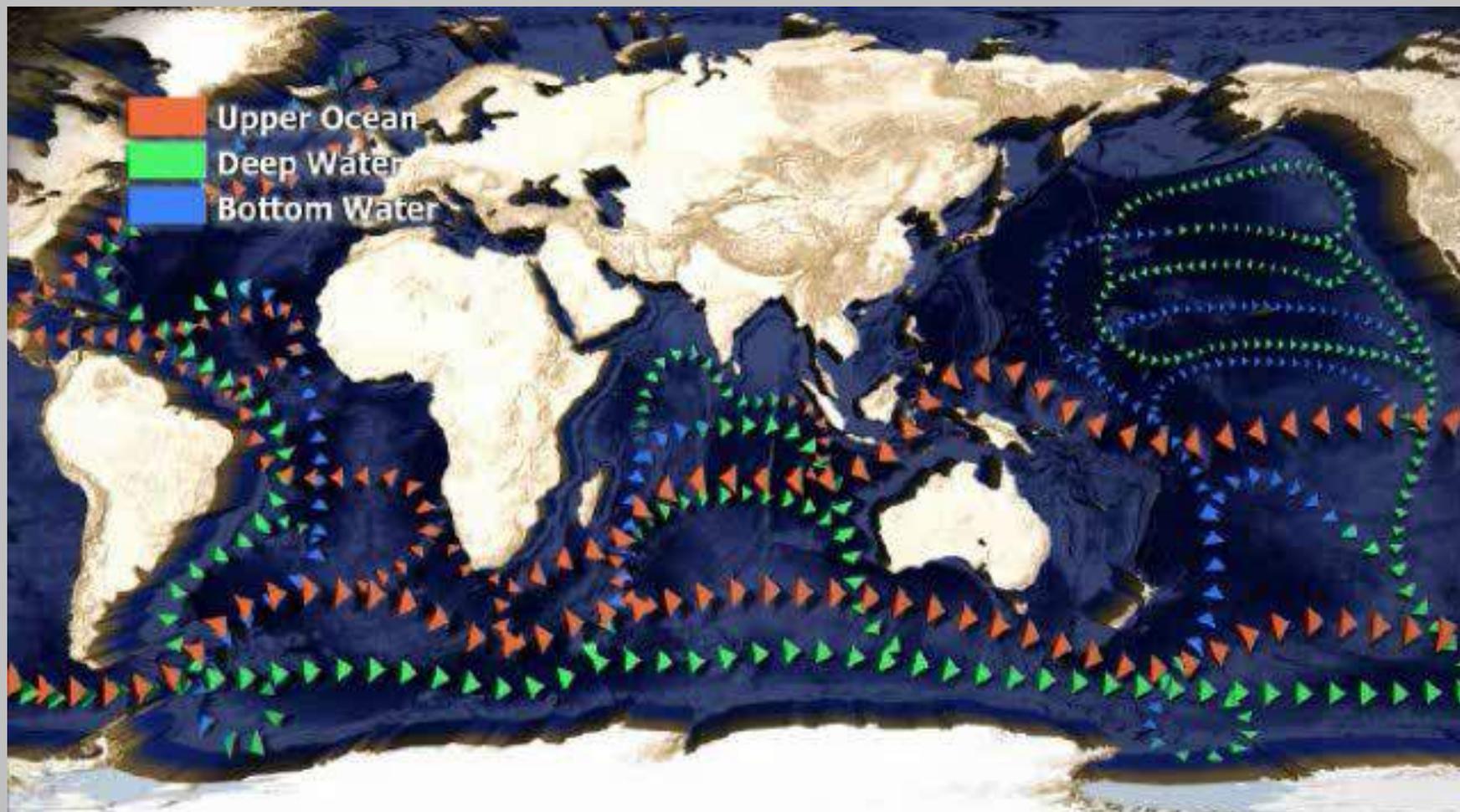
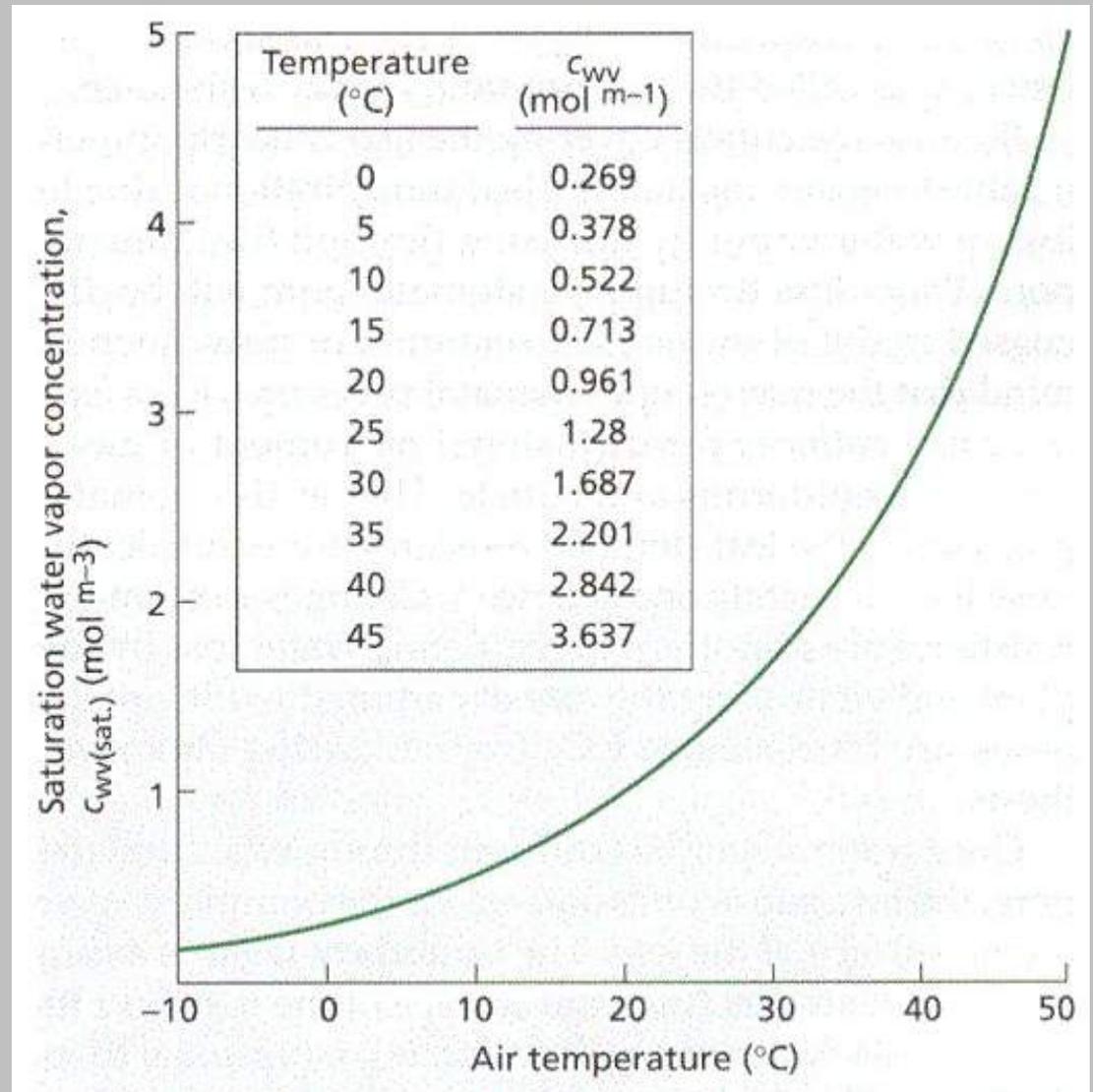


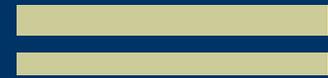
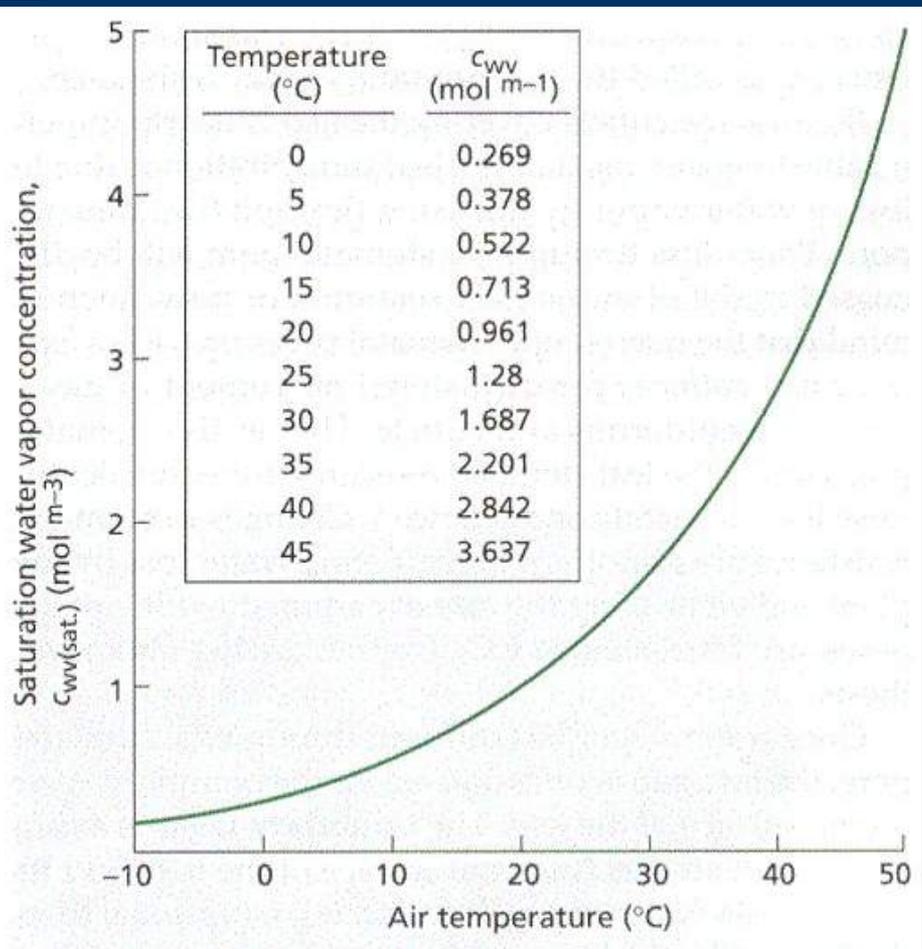
Figure 1.9. Ocean gyres.





A solubilidade do vapor de água na atmosfera depende principalmente da temperatura.





$$RH = e_a / e_s$$

$$VPD = e_s - e_a$$

$$e_s \text{ (Pa)} / (T) \approx 6.1078 e^{((17.269 * T) / (237 + T))}$$

Potencial hídrico do ar associado a valores de umidade relativa e temperatura

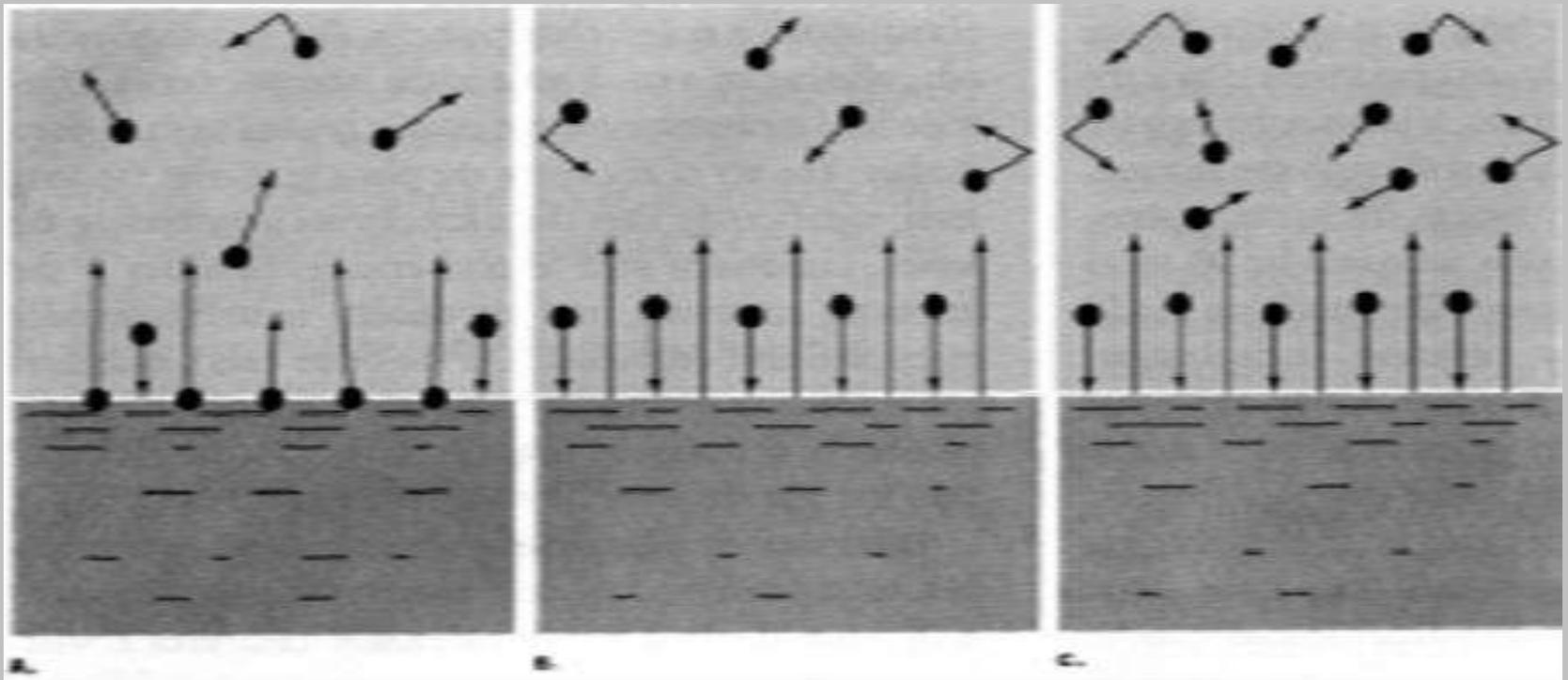
RH	10	15	20	25	30
100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
99	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4
98	2.6	2.7	2.7	2.8	2.8
95	6.7	6.8	6.9	7.0	7.1
90	13.8	14.0	14.2	14.4	14.7
80	29.1	29.6	30.1	30.6	31.1
70	46.6	47.4	48.1	48.9	49.6
50	90.5	92.0	93.6	95.1	96.5
30	157.0	160.0	162.0	165.0	168.0
10	301.0	306.0	311.0	316.0	321.0

Pressão de Vapor da Água

$$e_s = \exp(6.41 + 0.0727 TC - 3.00 \times 10^{-4} TC^2 + 1.18 \times 10^{-6} TC^3 - 3.86 \times 10^{-9} TC^4)$$

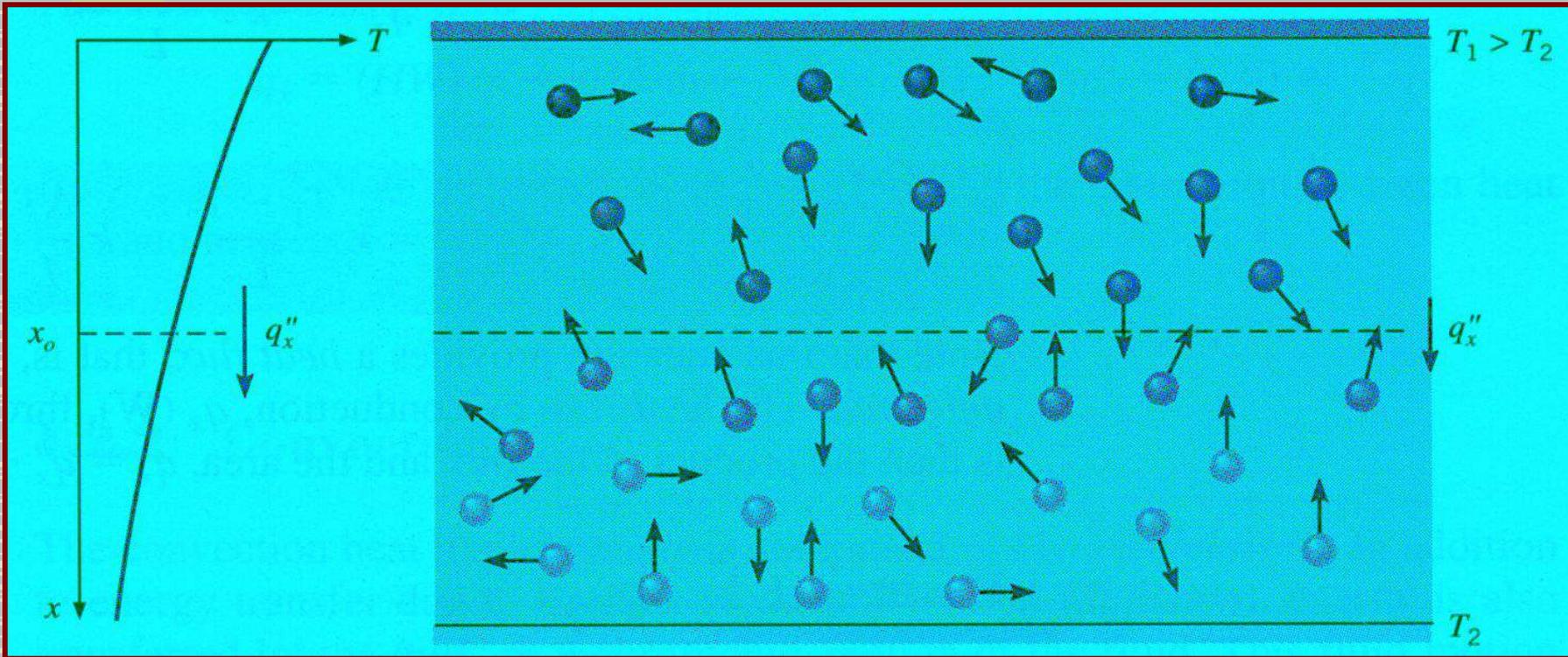
e_s : pressão de vapor de saturação [Pa];

TC: temperatura ambiente em graus centigrados

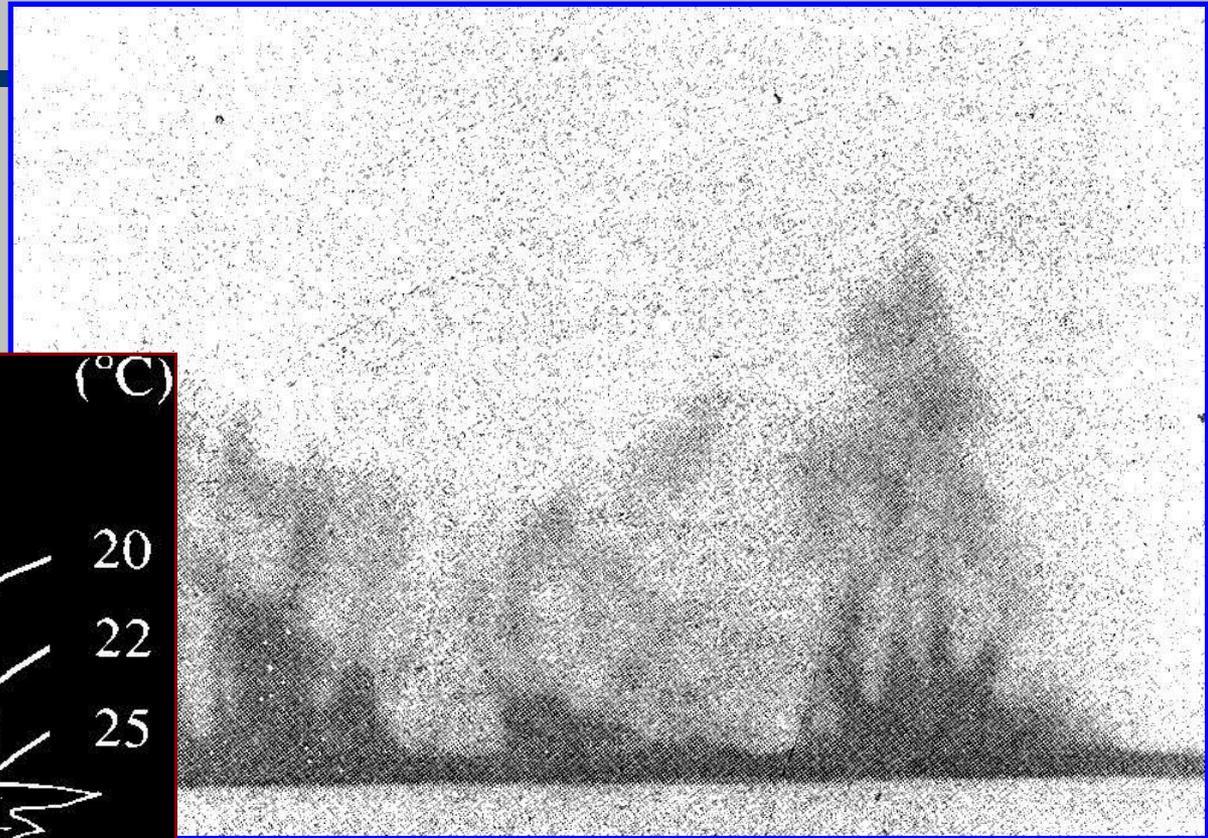
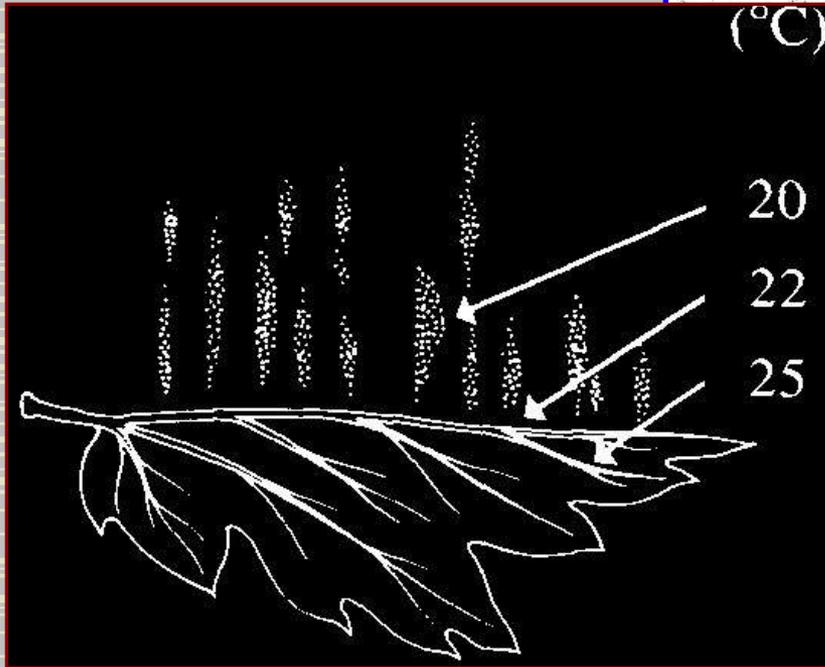


Water vapor pressure (VP) and water pressure saturation deficit (VPD) at varied temperatures and relative humidity (R.H.)

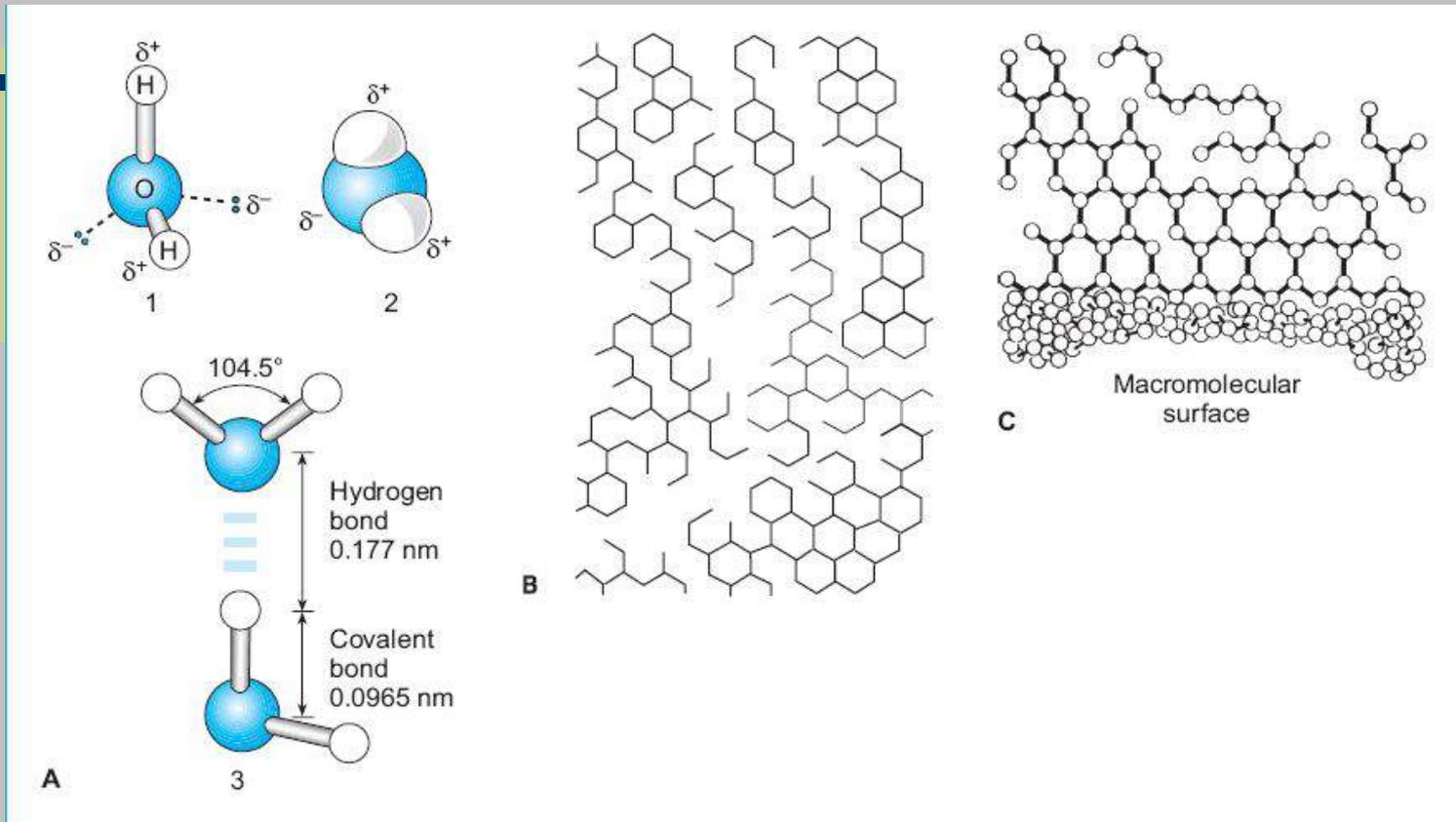
Temp. [C]	R.H. [%]	VP [kPa]	VPD [kPa]
10	100	1.28	0.00
	60	0.74	0.54
	20	0.25	1.03
20	100	2.34	0.00
	60	1.40	0.94
	20	0.47	1.87
30	100	4.24	0.00
	60	2.55	1.69
	20	0.85	3.39



- ◆ Condução - transferência de calor da folha diretamente para o ar sem fluxo de massa. $C = -k (\delta T / \delta x)$
- ◆ Difusão - transferência de massa por movimentos aleatórios das moléculas. $J_i = -D_i (\delta c_i / \delta x)$

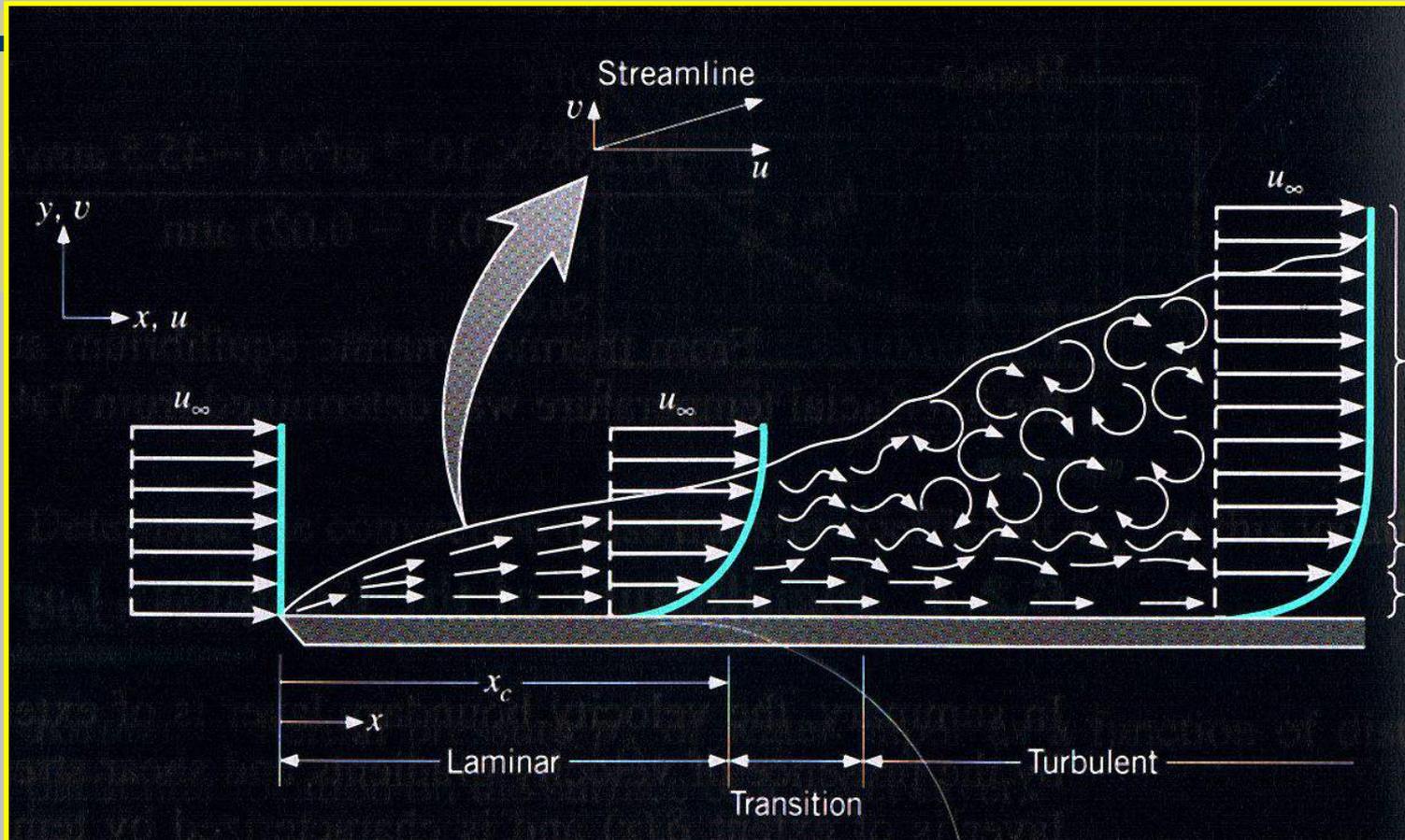


- ◆ Convecção - transferência de energia por fluxo de massa
- ◆ Livre - o fluxo se deve a mudanças na densidade do ar;
- ◆ Forçada - diferenças de pressão externas, vento.



A interação da água com o balanço de energia é associada com as características peculiares desta substância, dadas pelo arranjo de elétrons do Oxigênio e sua interação com o Hidrogênio.

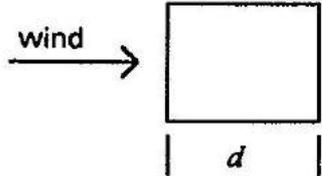
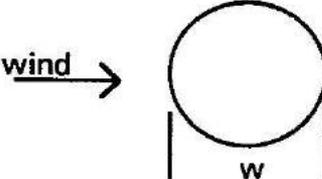
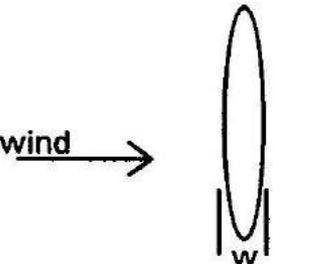
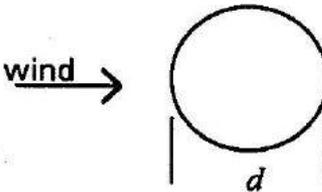
No sistema planta-atmosfera, o regime de temperaturas é compatível com as mudanças de estado da água. Desta forma, a água constitui o elo mais eficiente entre o fluxo de massa e de energia. Entretanto, a limitação de sua disponibilidade no ambiente terrestre e seu papel na manutenção da estrutura da planta e em funções fisiológicas básicas, parecem restringir o sucesso do uso de suas propriedades de dissipação de energia nas plantas terrestres.



- ◆ Camada envolvente em uma folha e zonas de fluxo laminar e turbulento.

$$d = \left\{ \frac{\int_0^l d(y) dy}{\int_0^l \sqrt{d(y)} dy} \right\}^2$$

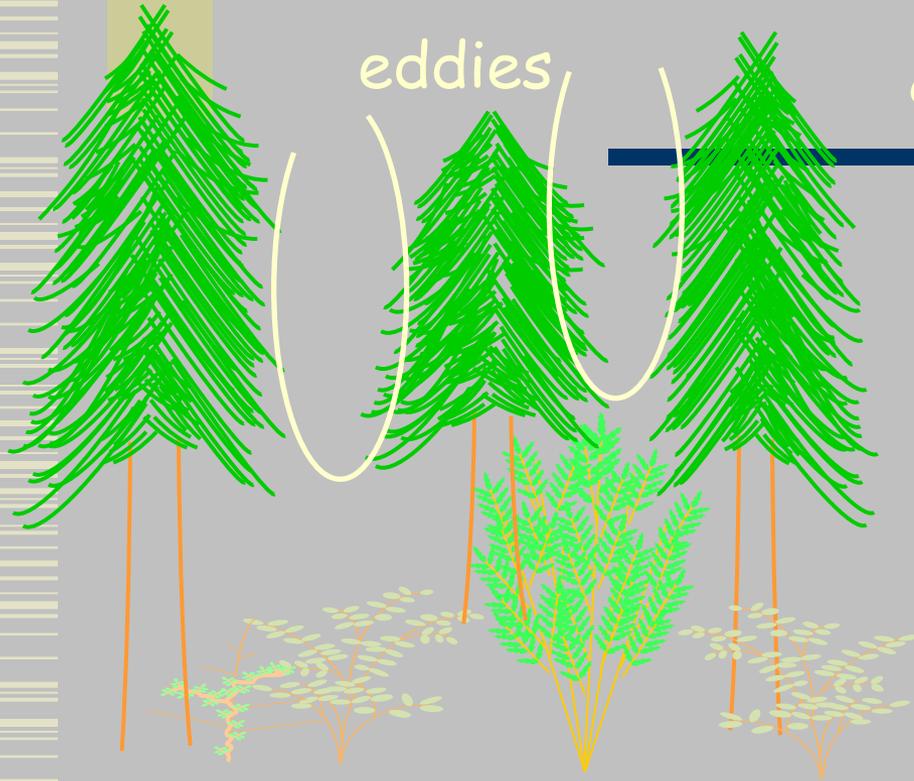
TABLE 7.5. Calculation of characteristic dimension for various shapes.

Object	Diagram	Explanation
Rectangular plate or cylinder with axis parallel to wind		d is the length of the plate or cylinder in the direction of flow
Circular disk		$d = 0.81w$, where w is the disk diameter.
Intersecting parabolas (leaf shape)		$d = 0.72w$, where w is the maximum leaf width in the direction of wind flow.
Sphere or cylinder (axis perpendicular to wind)		d is the diameter of the cylinder or sphere.
Animal shape		$d = V^{1/3}$, V is animal volume.



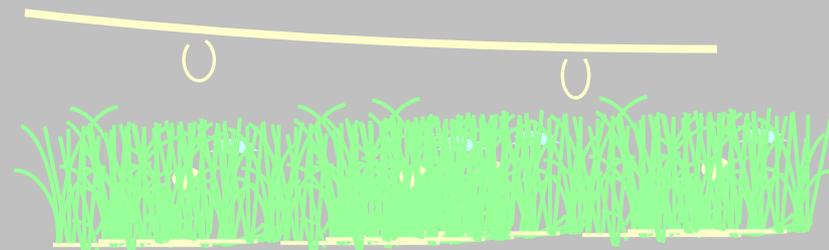
vento

eddies



Áreas de campo natural com vegetação mais baixa ou áreas cultivadas com altura uniforme (cana, soja etc...) apresentam fluxos menores e tendência ao desacoplamento com a atmosfera.

vento



O dossel mais alto e irregular apresenta um maior acoplamento com a atmosfera e maiores intensidades de fluxo.



ELSEVIER

Agricultural and Forest Meteorology 96 (1999) 189–197

AGRICULTURAL
AND
FOREST
METEOROLOGY

www.elsevier.com/locate/agrformet

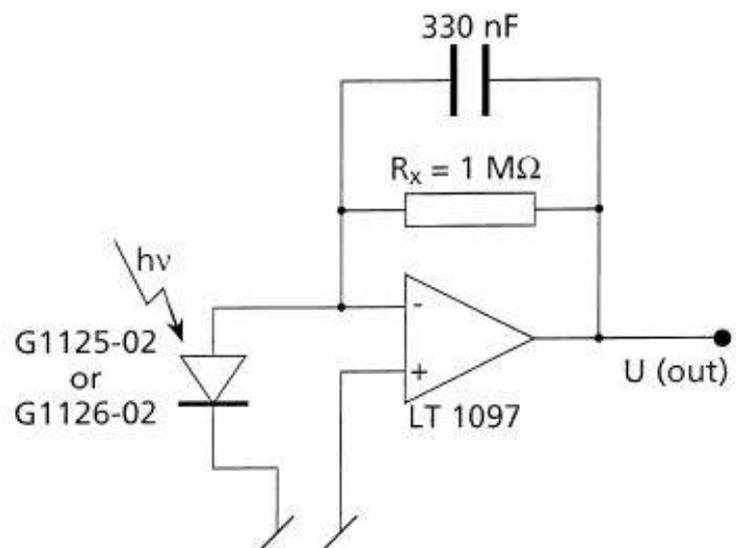
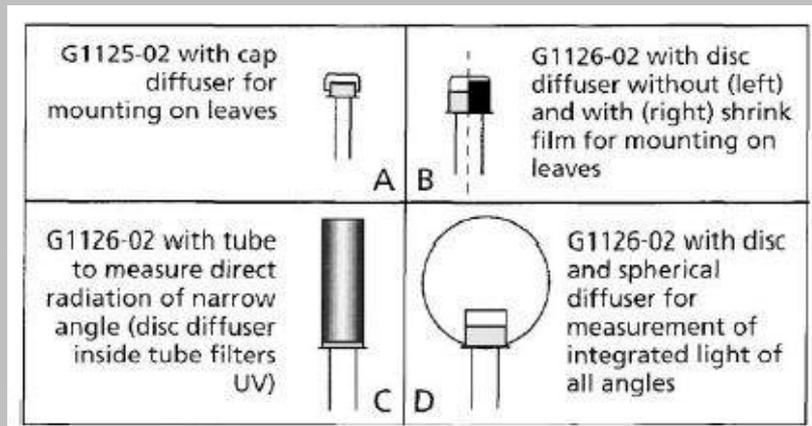
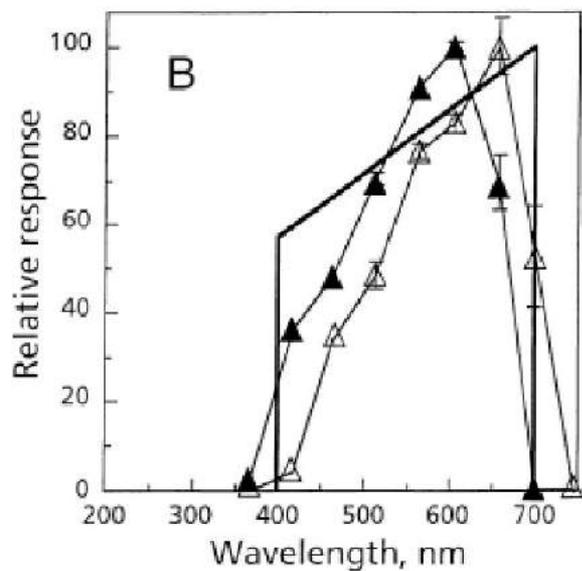
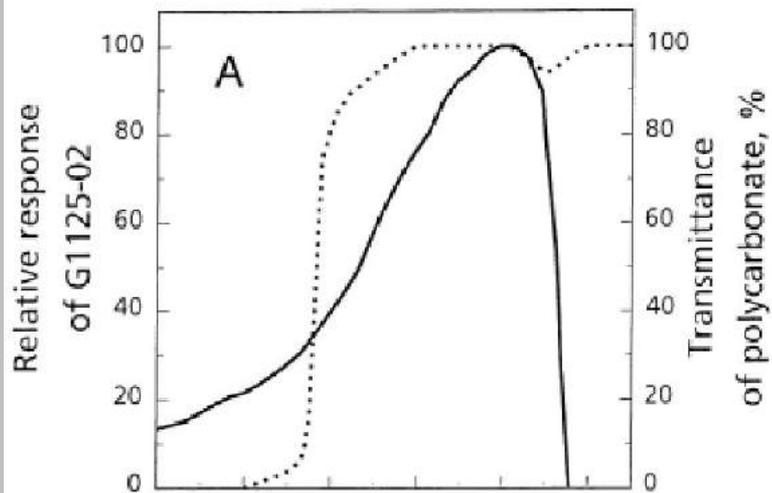
A sensor for microclimatic measurement of photosynthetically active radiation in a plant canopy

Jesper M. Aaslyng^{a,*}, Eva Rosenqvist^b, Kristian Høgh-Schmidt^c

^a*Section for Horticulture, Department of Agricultural Sciences, The Royal Veterinary and Agricultural University, Thorvaldsensvej 57, DK-1871, Frederiksberg C, Denmark*

^b*Department of Ornamentals, Danish Institute of Agricultural Sciences, Kirstinebjergvej 10, DK-5792, Aarslev, Denmark*

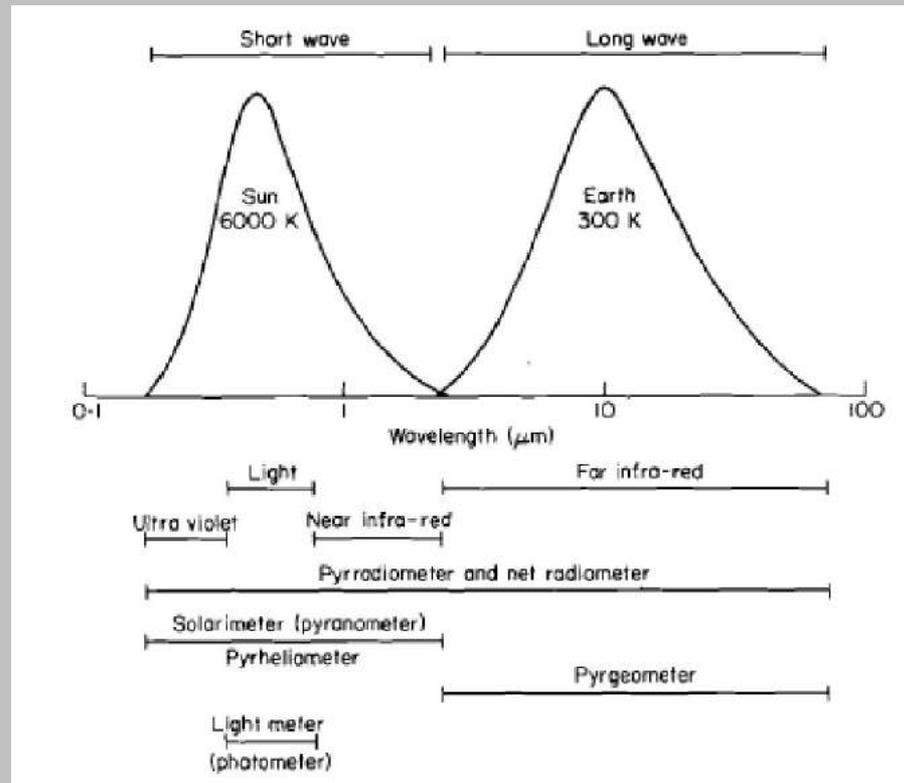
^c*Section for Physics, Department of Mathematics and Physics, The Royal Veterinary and Agricultural University, Thorvaldsensvej 40, DK-1871, Frederiksberg C, Denmark*



Microclimate Measurement for Ecologists

D. M. Unwin

Department of Zoology
University of Cambridge
Cambridge CB2 3EJ



1980



ACADEMIC PRESS

London · New York · Toronto · Sydney · San Francisco
A Subsidiary of Harcourt Brace Jovanovich, Publishers

APDS-9004

Miniature Surface-Mount Ambient Light Photo Sensor



Data Sheet



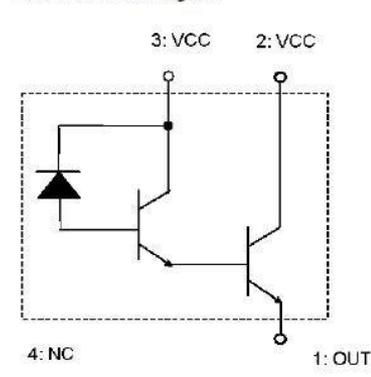
Description

The APDS-9004 is a low cost analog-output ambient light photo sensor in miniature chipLED lead-free, reverse surface mount package. It consists of a photo sensor, whose spectral response is close to CIE standard photopic observer. Hence, it provides an excellent responsivity that is close to the response of human eyes, as shown in Figure 2. It is suitable for portable applications with its ultra small package design.

Features

- Spectral responsivity close to that of human eye
- ChipLED Reverse surface-mount package
 - Height – 1.10mm
 - Width – 3.20mm
 - Depth – 1.60mm
- Good output linearity across wide illumination range

APDS-9004 Block Diagram

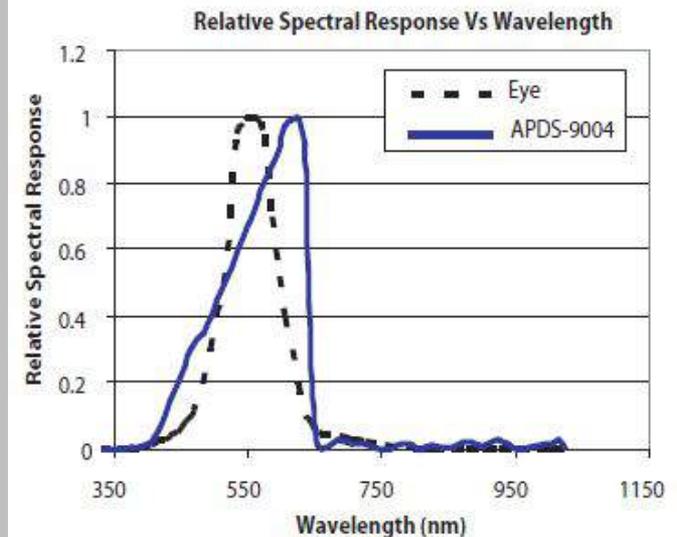


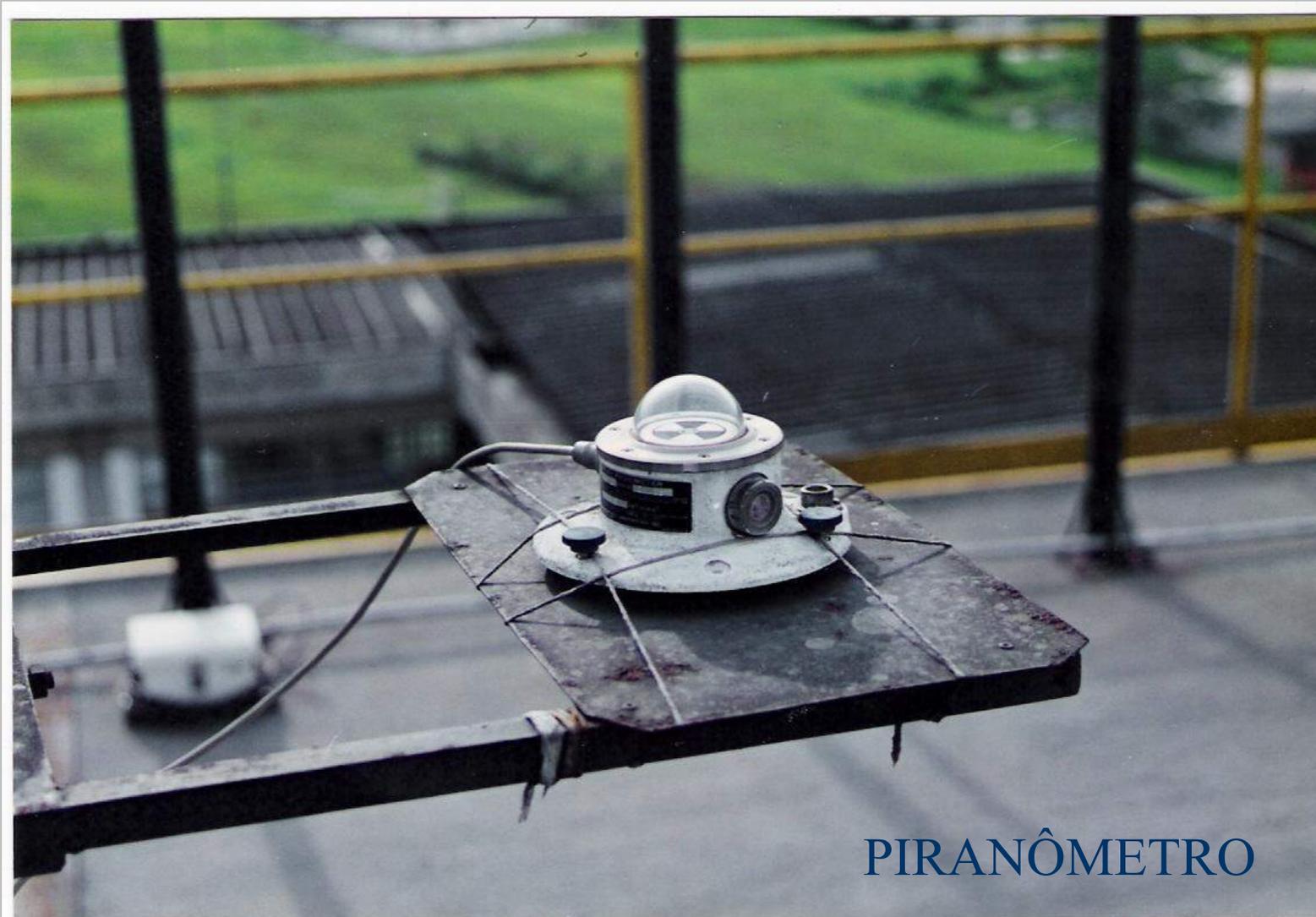
Dispositivos de alta tecnologia

Ultra miniaturizados e integrados com sistema de condicionamento de sinal.

Escala de tamanho compatível com unidades biológicas e resposta espectral apropriada aos sistemas de visão e atividade fotossintética.

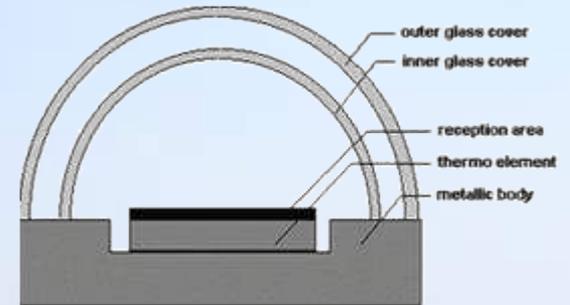
Relative Spectral Response Vs. Wavelength

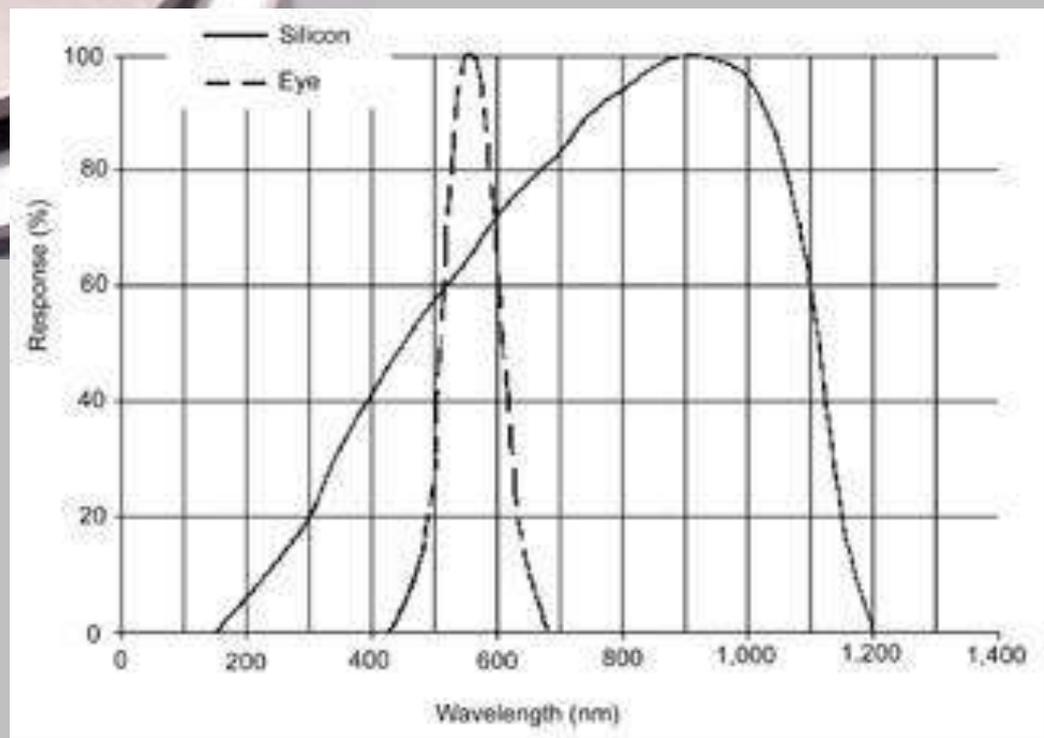
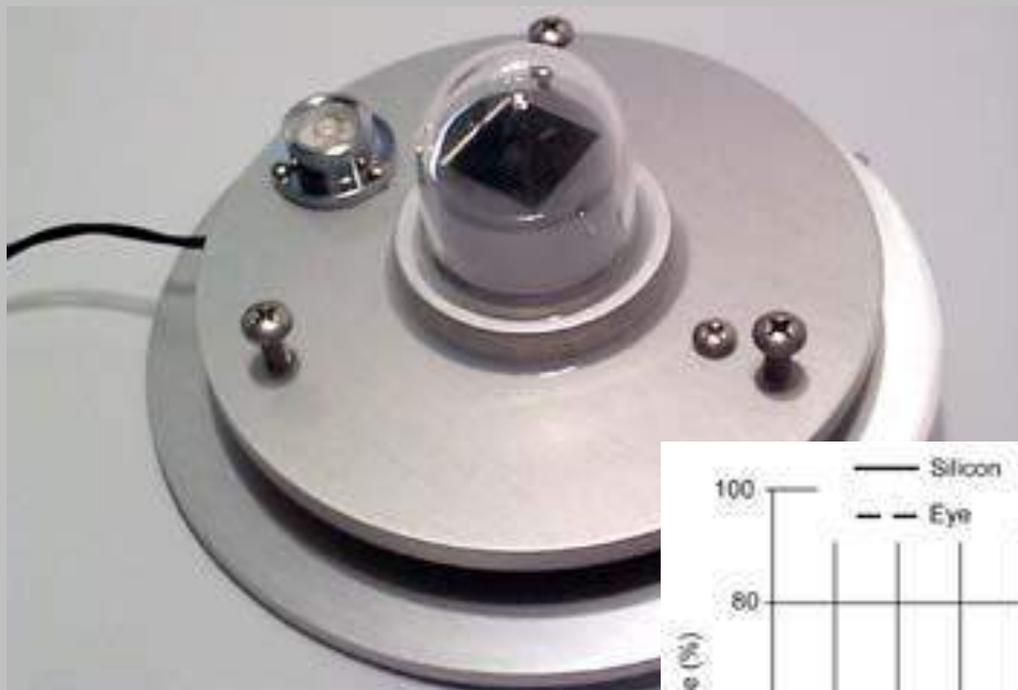




PIRANÔMETRO

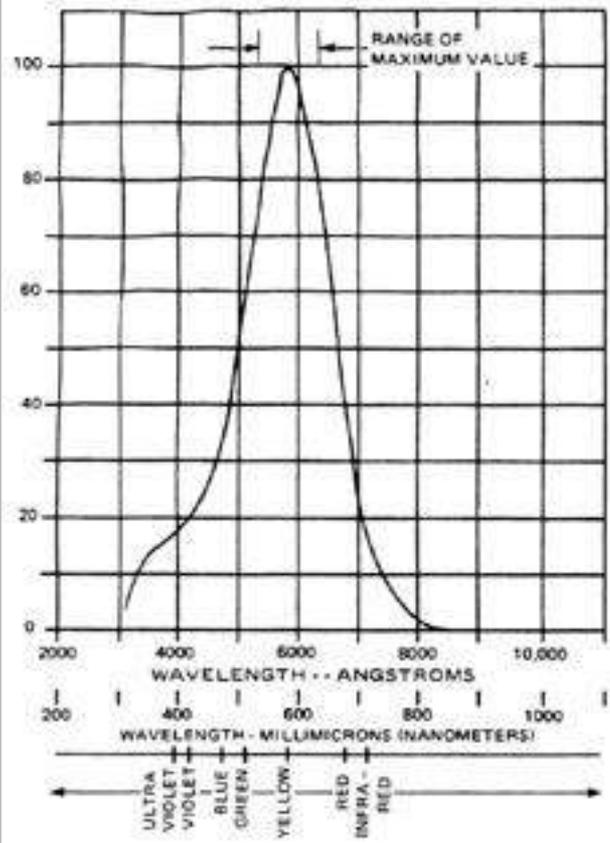
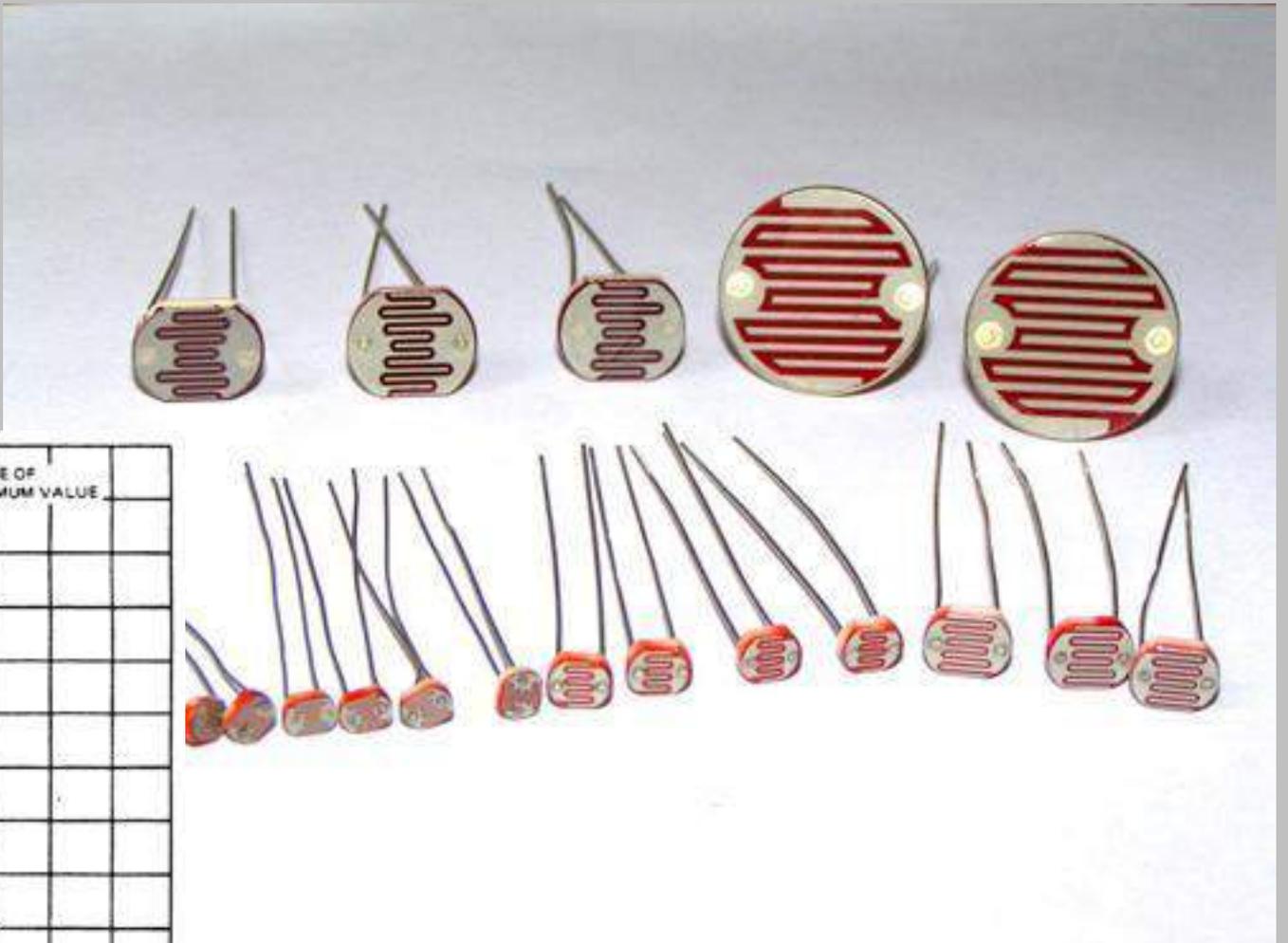
PIRGEÔMETRO

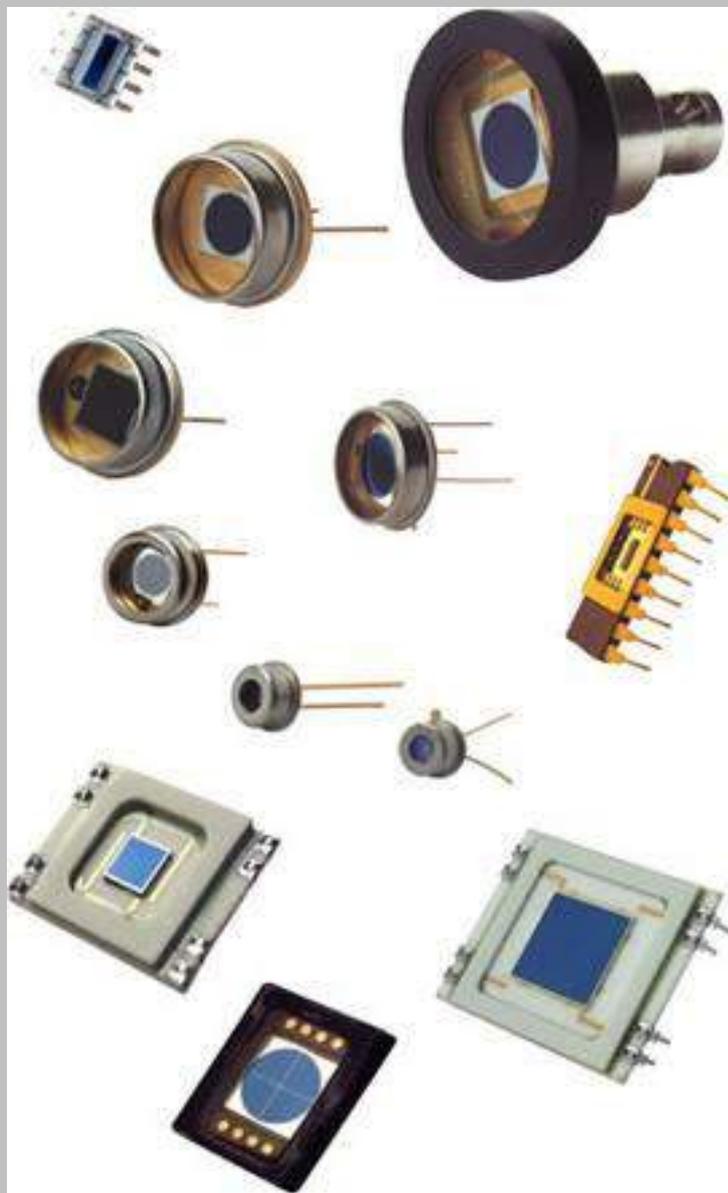




PIRELIÔMETRO









BOWEN RATIO

Net radiation at a surface – an expression of incoming less outgoing radiation – must be divided between energy that goes to sensible heat flow and to latent heat flow. The Bowen ratio (β) is used to express the partitioning of net radiation at a surface. Thus:

$$\beta = \frac{\text{Sensible heat loss to atmosphere (C)}}{\text{Latent heat loss to atmosphere (LE)}}$$

Theoretically, in the absence of an atmosphere, β can vary from infinity (for a dry surface with no evaporation) to zero (for a wet surface with no sensible heat loss). Practically, measurements of surfaces with an atmosphere do not experience such extremes. Typical values are $\beta = 0.1$ for world oceans and $\beta = 5.8$ for desert-semidesert areas.

The derivation of values needed to determine the Bowen ratio has been outlined by Lockwood (1979), who notes that both the sensible and latent heat fluxes (C and LE , respectively) can be expressed in almost symmetrical form:

$$C = -\rho C_p K_H \frac{\partial T}{\partial z}$$

$$LE = -\rho \frac{C_p}{\gamma} K_V \frac{\partial e}{\partial z}$$

where ρ is the density of moist air; C_p is the specific heat of air at constant pressure; K_V and K_H are the eddy diffusivities for water vapor and heat, respectively; e/z and T/z are the vertical gradients of vapor pressure and temperature, respectively; and L is the latent heat of vaporization of liquid water.

The thermodynamic value of the psychrometric constant, γ , is given by:

$$\gamma = \frac{C_p \rho}{0.621L}$$

If the following typical values are introduced into the above equation, γ becomes 0.66: $C_p = 0.240 \text{ cal } ^\circ\text{C}^{-1} \text{ g}^{-1}$; $L = 585 \text{ cal g}^{-1}$; and $\rho = 1000 \text{ mb}$ ($\rho = \text{pressure}$).

Therefore, from the above equations it is possible to write for the Bowen ratio:

$$\beta = \gamma \frac{\partial T K_H}{\partial e K_V}$$

Often the convenient simplification is made that $K_H = K_V$, giving:

$$\beta = \gamma \frac{\partial T}{\partial e}$$

The dimensionless Bowen ratio is a useful value in climatic analysis of energy balance studies. For example, it is interesting to compare β values of areas that have been modified through human activities. The change from a natural to an urban environment results in an increase in β , with the value for an urban area in humid climates approaching similar values to those of deserts. A decreasing ratio occurs in irrigated areas in dry regions where the β value is similar to that found in oases.

John E. Oliver

Bibliography

- Lockwood, J.G., 1979. *Causes of Climate*. New York: Halsted Press.
Oke, T.R., 1987. *Boundary Layer Climates*. New York: Wiley.
Robinson, P.J., and Henderson-Sellers, A., 1999. *Contemporary Climatology*. Harlow: Longman.