

SENSITOMETRIA - 2º Ano - FOTOGRAFIA

Capítulo 2 - LUZ NATURAL E FONTES ARTIFICIAIS DE LUZ

Luz Natural

- **Registo Fotográfico da luz**

(cronologia das etapas mais importantes, do ponto de vista da aplicação científica da fotografia)

- A palavra Fotografia significa “escrever com luz” (do grego)
- usada pela 1ª vez (em público) por John Herschel (1839)
- Leonardo da Vinci (1452-1519) faz uma descrição pormenorizada da câmara escura.
- câmara escura extensivamente usada nos séculos XVI, XVII e XVIII
- 1526 o alquimista Fabrício observa que o cloreto de prata escurecia quando exposto ao sol
- 1604 Ângelo Sala observa o mesmo fenómeno com um composto de prata. (acreditava-se ser o “calor” o responsável pelas alterações)
- 1725 Johann Heinrich Schulze prova que o escurecimento dos sais de prata é unicamente devido á acção da luz
- 1800 ocorre a 1ª tentativa (sem sucesso) de registar uma imagem numa câmara escura por Thomas Wedgwood
- Joseph Nicephore Niépce produz em 1826 as primeiras fotografias (8h exposição – Verão) *Heliografia*
- Joseph Nicephore Niépce e Louis Daguerre em França e William Henry Talbot na Inglaterra
- 1842 primeiras imagens do sol e eclipses solares, 1850 primeiras imagens da lua
- 1850 primeira imagem de estrelas (100s exp.), 1871 de cometas, espectros
- 1888 câmara portátil (Kodak)
- 1906 filme pancromático (Ernest König)
- 1938 1ª SLR de 35mm Exacta (na Alemanha)
- 1947 *Polaroid* (Edwin Land, E.U.A.) (em 10s)
- 1959 objectiva *Zoom*
- 1967 *Polaroid* a cores (em segundos)
- 1984 MAVICA da Sony – era digital

Para mais informação sobre historia da fotografia científica astronómica ver: http://astrosurf.com/re/history_astrophotography_2008_PRe.pdf

Compostos fotossensíveis: cristais de halogenetos de prata; iodeto de prata, cloreto de prata e brometo de prata



Sensibilidade relativa dos diversos métodos fotográficos

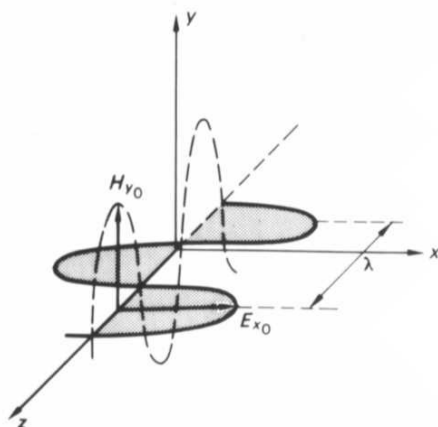
Período	Processo	Sensibilidade relativa
1839-1851	Daguerreótipo	0,1 – 10
1851-1879	Colódio húmido	50 – 100
1879-1887	Placas secas	1000 – 2000
1887-1939	Emulsões	2000 – 10000
1939-1959	Emulsões modernas	10000 – 30000
2000	Emulsões actuais	30000 – 100000

(no entanto o registo fotográfico tem um rendimento quântico baixo, apenas de 2 a 5%)

- **A Natureza da Luz**

- Isaac Newton (séc. XVII) mostra a “luz branca” decomposta nas cores do arco-íris - luz de natureza crepuscular
- Thomas Young (no início séc. XIX) demonstra que a luz tem propriedades de onda
- James Maxwell (séc. XIX) formula as equações do Electromagnetismo
- Max Planck introduz a quantificação da energia (1900) - (Prémio Nobel Física, 1918)
- Albert Einstein – efeito fotoeléctrico (1905) - (Prémio Nobel Física, 1921)

Onda Electromagnética



A teoria actual considera a luz (radiação electromagnética) com propriedades de onda ou de partícula, consoante a situação ou fenómeno. A luz é uma onda transversal, isto é, os seus constituintes – o campo eléctrico e o campo magnético vibram (variam) perpendicularmente à direcção de propagação da onda (do feixe luminoso) e são igualmente perpendiculares entre si. No vácuo (vazio) a velocidade de propagação é a conhecida velocidade da luz, $c_0 = 299.792,5 \text{ km s}^{-1}$ (aprox, $3 \times 10^8 \text{ m}$). A frequência de vibração do campo electromagnético (ν), está relacionado com essa velocidade de propagação (c_0) através do comprimento de onda (λ), da seguinte forma:

$$\lambda = \frac{c_0}{\nu} \quad \text{m}$$

O índice de refacção nos materiais é o valor que expressa a relação que existe entre a velocidade da luz no vácuo com a velocidade no material, $n = c_0 / v$.

A energia associada ao fóton (partícula ou quanta de luz) é expressa por:

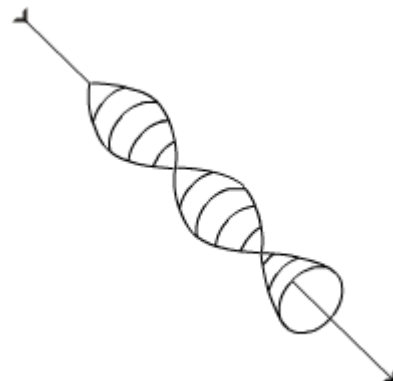
$$E = h\nu \quad \text{J} \quad \text{em que } h = 6,625 \times 10^{-34} \text{ Js} \text{ - é a constante de Planck}$$

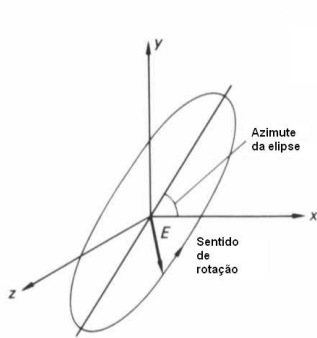
Polarização das Ondas Electromagnéticas

A luz natural (não polarizada), apresenta direcções de vibração dos seus campos eléctrico e magnético em inúmeras direcções, mas todas elas perpendiculares à direcção de propagação do raio luminoso, conforme ilustrado na figura ao lado.

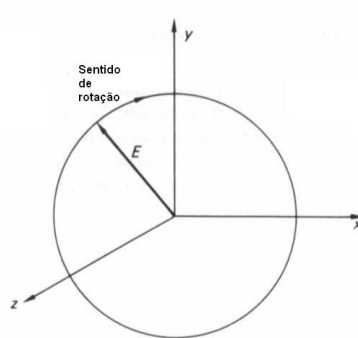
Falamos de luz polarizada quando assim não acontece, e temos direcções preferenciais no espaço, de maior intensidade do campo electromagnético. Temos assim a polarização elíptica e polarização linear.

Por definição, a direcção de polarização é a direcção de vibração do campo eléctrico da onda.

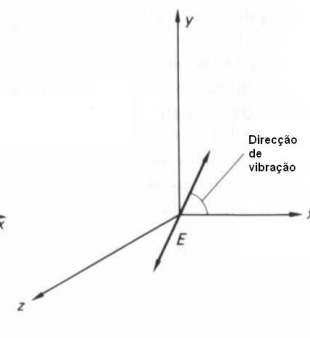




Polarização elíptica

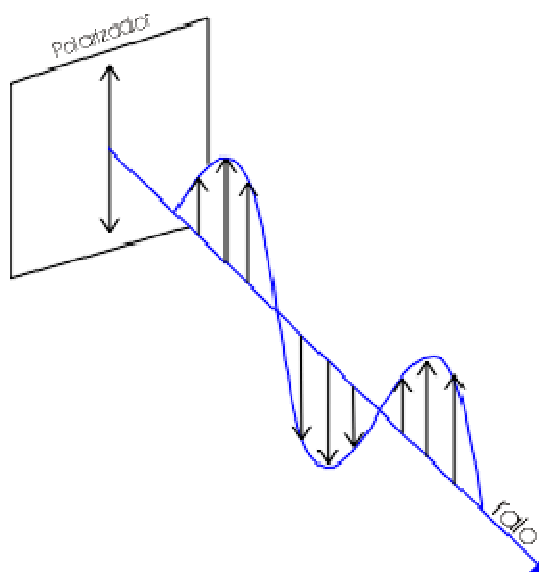


“Polarização” circular



Polarização linear

A polarização que mais nos pode interessa – é a polarização linear. A luz polarizada linearmente apresenta apenas uma única direcção de vibração, também perpendicular a sua direcção de propagação, conforme ilustrado na figura ao lado.



Mas como é que a luz assume esta propriedade de ficar polarizada?

Em alguns fenómenos próprios da fonte luminosa, ou através da interacção com os materiais, por reflexão nas suas superfícies ou com as suas estruturas internas, quando os atravessa.

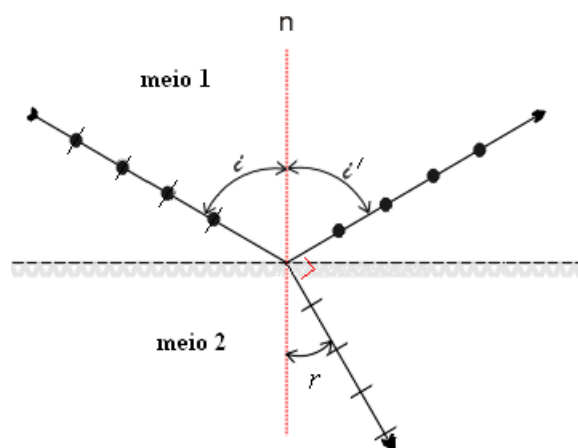
Polarização por reflexão e refacção

A luz incidente numa superfície plana e polida sofrerá em parte reflexão, que será polarizada perpendicularmente ao plano de incidência, enquanto que a porção refractada será polarizada paralelamente ao plano de incidência.

O grau de polarização será função de vários factores, como a qualidade da superfície reflectora e o índice de refacção do material, mas depende principalmente do ângulo de incidência do feixe de luz que - segundo *Brewster* - atingirá a máxima polarização quando os raios incidentes e refractados forem complementares, ou seja, quando $\sin r = \cos i$.

Quando isso acontece, existe um ângulo de 90° entre o raio reflectido e o raio refractado, vindo assim, da lei de *Snell*, ($n = \sin i / \sin r$), que:

$$n = \tan i$$



O ângulo de incidência - para ocorrer a máxima polarização - depende basicamente do índice de refração da superfície onde se dá essa reflexão. Assim por exemplo, para:

Material	Índice de refração (n)	Ângulo de Brewster ($^{\circ}$)
Ar	1,000292	45,01
Água	1,333	53,12
Vidro	1,5	56,31



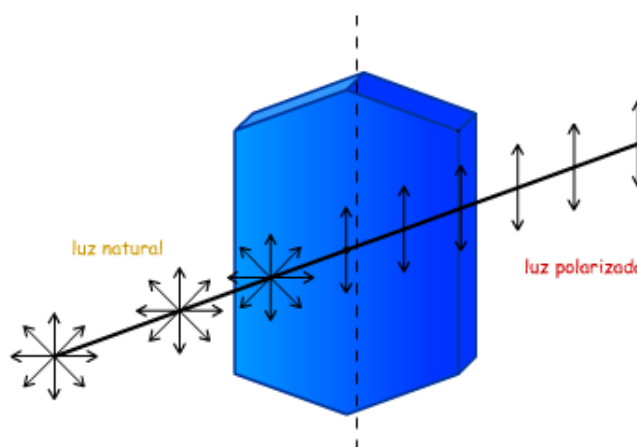
A luz do céu é naturalmente polarizada (verificar experimentalmente).

Polarização por absorção

Emprega-se para a polarização por absorção - substâncias que deixam atravessar a luz apenas em certas direcções preferências, como cristais de turmalina cortadas paralelamente ao eixo cristalográfico "c" ou através de polaróides.

A turmalina, por exemplo, apresenta a propriedade de transmitir a máxima quantidade de luz para os raios que apresentem direcção de vibração paralelas a sua direcção de maior alongamento, ou paralelos ao eixo cristalográfico "c". Assim quando um feixe de luz não polarizado atinge a turmalina, todos os raios que apresentam direcção de vibração diferentes daqueles de seu eixo cristalográfico "c" serão absorvidos pelo cristal. Os transmitidos, estarão polarizados com direcção de vibração paralela a aquela direcção cristalográfica.

Polarização da luz natural através da absorção selectiva

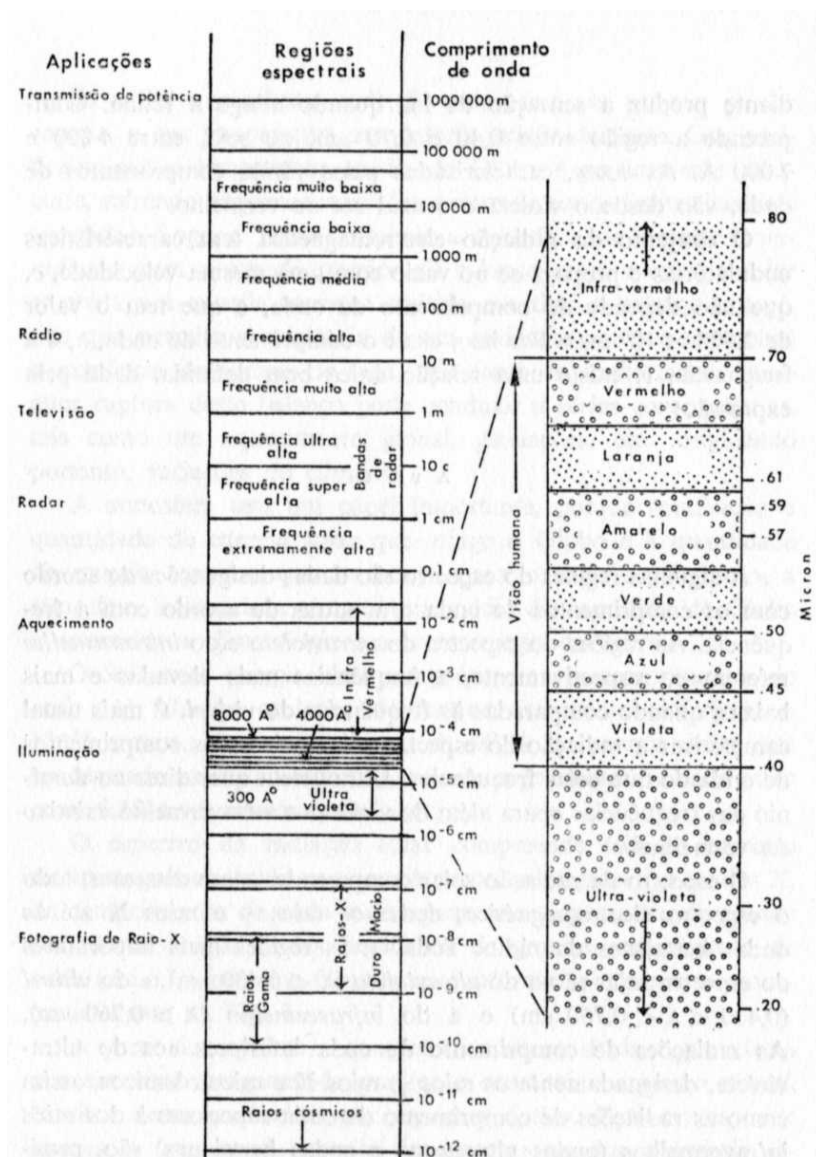


Este tipo de efeito - de polarização por absorção - é o que obtemos com os nossos materiais polaróides, muito empregues nos óculos e filtros de polarização. A sua função principal é diminuir a intensidade das luzes reflectidas. Nos filtros fotográficos, podemos ter um simples filtro ou filtros compostos por dois polarizadores.

*Comprimentos de onda (c.d.o.) e cores correspondentes
do espectro da radiação solar na região do visível*

Cor	Intervalo de c.d.o. (μm)	c.d.o. característico (μm)
Violeta	0,390 — 0,455	0,430
Azul escuro	0,455 — 0,485	0,470
Azul claro	0,485 — 0,505	0,495
Verde	0,505 — 0,550	0,530
Amarelo esverdeado	0,550 — 0,575	0,560
Amarelo	0,575 — 0,585	0,580
Laranja	0,585 — 0,620	0,600
Vermelho	0,620 — 0,760	0,640

ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO



Lei de Kirchhoff

“A uma dada temperatura (absoluta), a razão entre a capacidade de emissão e a capacidade de absorção de um corpo, a determinado comprimento de onda (c.d.o.) é constante e independente da natureza do corpo”

Corpo Negro

Este tipo de corpo (teórico) é definido como absorvendo **todo** o espectro de radiação e consequentemente tem a habilidade de emitir em **todo** o espectro, com a mesma eficiência (de 100%).

Lei de Stefan-Boltzman (1879 e 1884)

(valor da energia total por unidade de tempo e de área, que qualquer corpo à temperatura T, emite)

$$\text{Energia} = \sigma T^4 \quad (\text{constante de Stefan, } \sigma = 5,67 \times 10^8 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4})$$

Lei de Wien (1896)

(c.d.o. da emissão máxima de energia, que qualquer corpo emite à temperatura T)

$$\lambda_{\text{max}} T = 2,897 \times 10^{-3} \text{ mK}$$

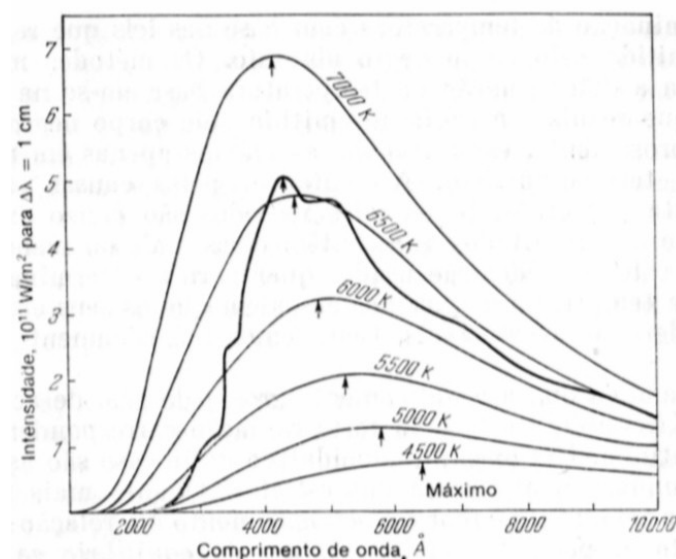
Lei de Planck do Corpo Negro (1900)

(valor da energia para qualquer c.d.o. que o corpo negro emite à temperatura T)

A energia não é emitida em qualquer quantidade – introdução da emissão discreta (quantificada) de energia.

$$E(\lambda, T) = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1} \quad \text{Energia} = h\nu \quad \text{J} \quad \nu - \text{frequência (Hz)}$$

(constante de Boltzmann, $k = 1,38 \times 10^{-23} \text{ JK}^{-1}$), (constante de Planck, $h = 6,625 \times 10^{-34} \text{ Js}$)



Emissão de energia do corpo negro (a várias temperaturas) e curva real de emissão do Sol.

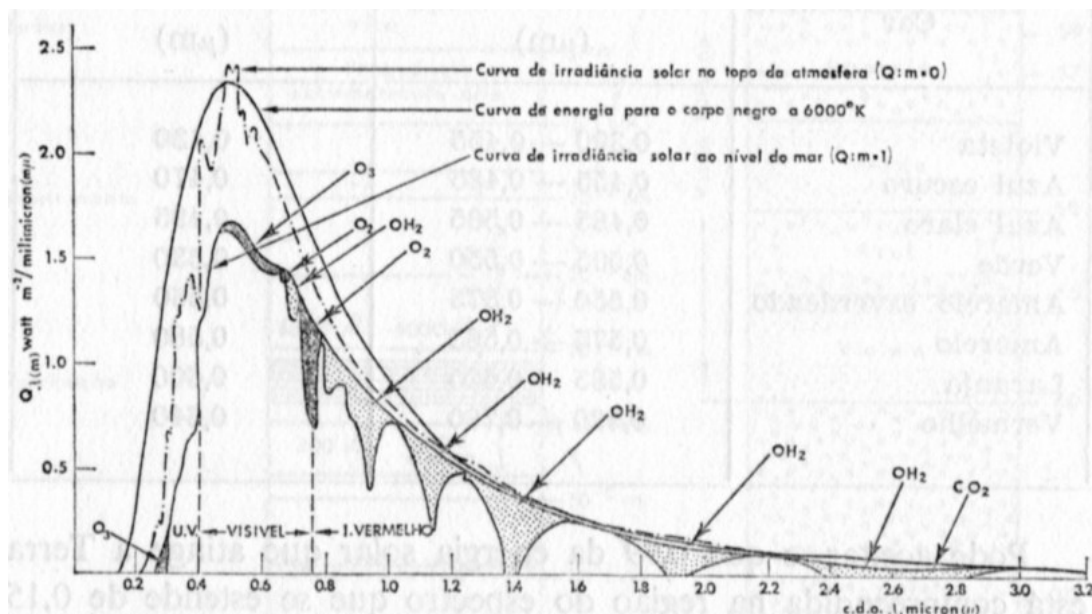
Temperatura de cor

Temperatura expressa em graus Kelvin (temperatura absoluta) a que se deveria levar o corpo negro para que este emitisse uma luz de composição espectral idêntica à da luz em estudo. O Vermelho é originado por “baixas” temperaturas e Azul por “altas” temperaturas.

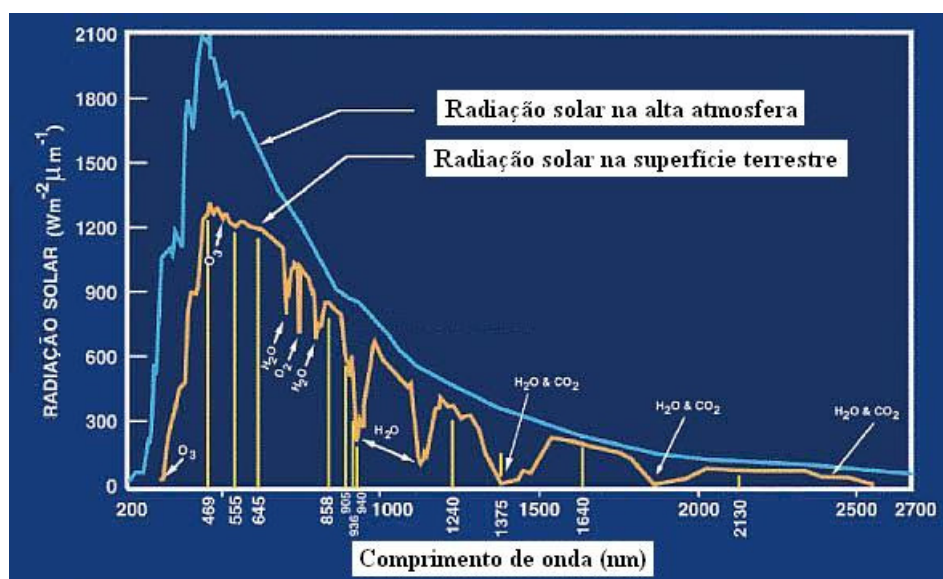
$$\text{Mired (micro reciprocal degrees)} = 1.000.000 / \text{Kelvin}$$

Luz Natural

- Luz Natural e - Luz Solar.



Comparação da intensidade luminosa no topo da atmosfera terrestre, na superfície terrestre, do sol e do corpo negro à temperatura de 6000 K.

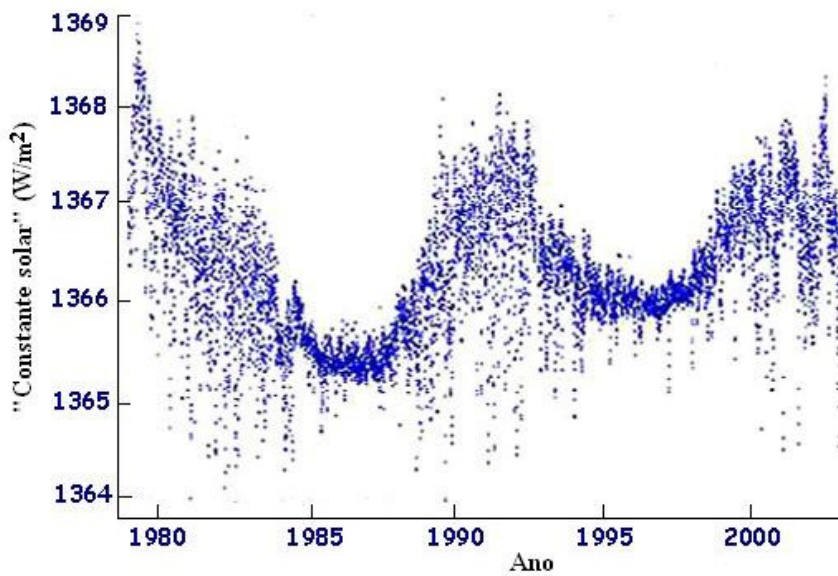


Comparação da radiação solar no topo da atmosfera e na superfície terrestre, com a identificação dos principais compostos responsáveis pelas absorções.

- “Constante Solar”

É a quantidade de energia de origem solar, que em cada segundo atravessa a unidade de área (1 m^2) colocada no topo da atmosfera normalmente (perpendicularmente) à direcção de propagação. É quase constante ao longo do tempo. Ideia do conceito – Pouillet (em 1837). A primeira determinação experimental foi efectuada por Langley em 1881. Podemos fazer a extrapolação de medições à superfície da Terra, em balões, foguetes e satélites artificiais.

valor actual aproximado da “Constante Solar” = 1367 Wm^{-2}



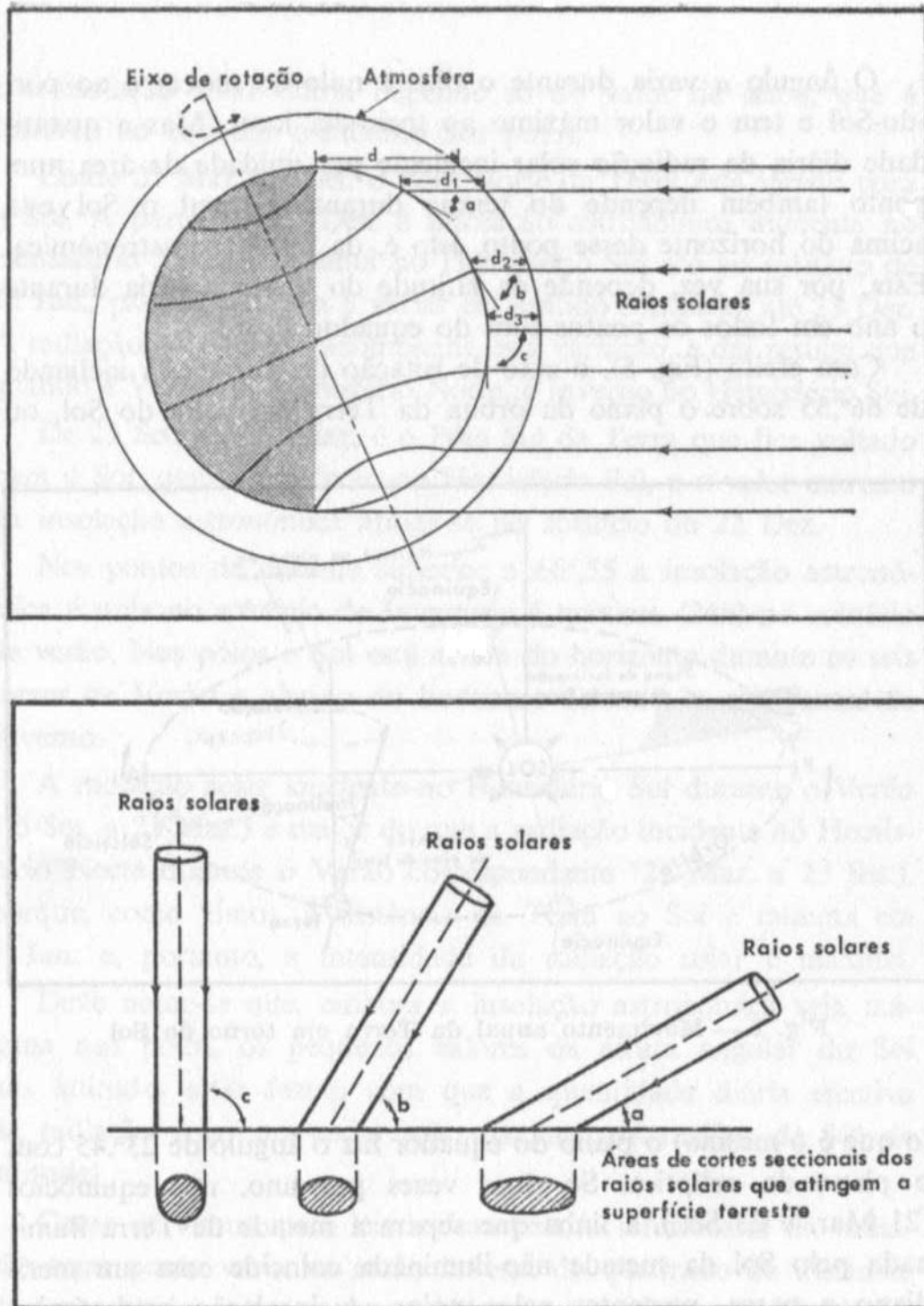
Variação da “constante solar nos últimos 25 anos.

Radiação solar é a designação que damos à energia radiante emitida pelo Sol. O Sol é a estrela do nosso sistema solar, o seu elemento principal, de maior diâmetro, maior massa e a mais potente fonte de energia, em torno do qual gravitam todos os outros constituintes do sistema. É uma estrela média face às restantes e está na sua fase intermédia de existência. É uma estrela amarela (classificação espectral G2v). A energia que emite é radiada para o espaço sob a forma de radiação electromagnética. Cerca de metade dessa energia é emitida como luz visível (designação que damos à radiação que os nossos olhos captam) na parte do espectro electromagnético compreendido entre os comprimentos de onda de 400 e os 750 nm (0,4 a 0,75 μm). A restante energia é emitida na banda do infravermelho próximo e como radiação ultravioleta, para além de menores quantidades de radiações de maior energia (raio X, raio γ , etc) e de menor energia (ondas rádio). A radiação solar fornecida anualmente para a atmosfera terrestre é $5,43 \times 10^{24}$ J de energia, a qual, para além de suportar a vasta maioria dos sistemas ecológicos (sendo assim o verdadeiro sustentáculo da vida no planeta Terra), é a principal responsável pela dinâmica da atmosfera e oceanos terrestres e pelas características climáticas do planeta. Esta quantidade representa aproximadamente 10000 vezes o consumo energético actual da nossa civilização. A energia interna do nosso planeta (devida à sua grande temperatura interna, de milhares de graus), é responsável pela dinâmica interna e superficial (campo magnético, sismos, vulcões), mas representa apenas uma minúscula fracção desta energia solar que nos chega.

- **Distribuição da radiação solar no topo da atmosfera.**

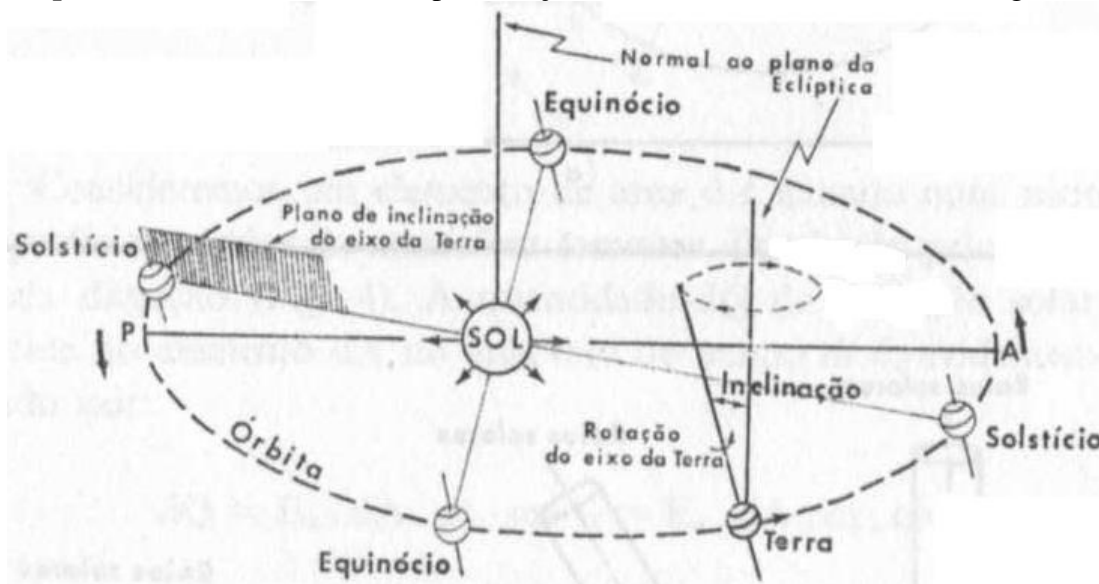
A radiação solar no topo da atmosfera terrestre não é sempre a mesma ao longo do tempo. Varia com a latitude e a época do ano, sendo assim condicionada por factores astronómicos e geográficos.

Espessura de atmosfera atravessada pela luz solar.
(a representação da espessura da atmosfera está muito exagerada)



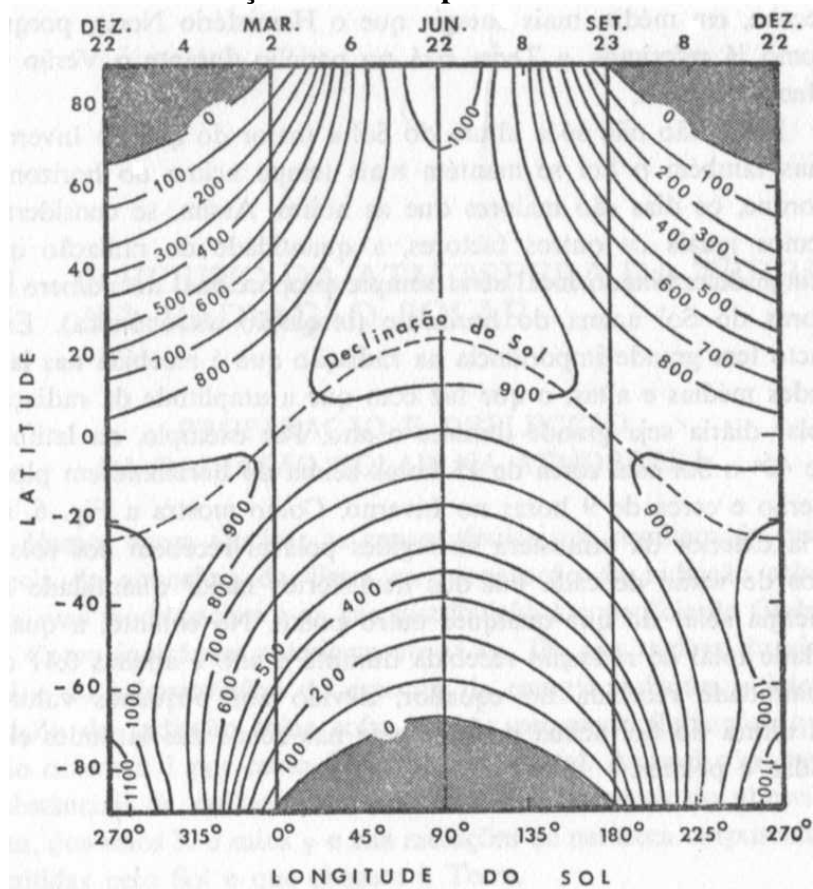
Área iluminada pela radiação solar e sua variação com a altura do Sol.

Esquema orbital da Terra (a representação da excentricidade está muito exagerada)



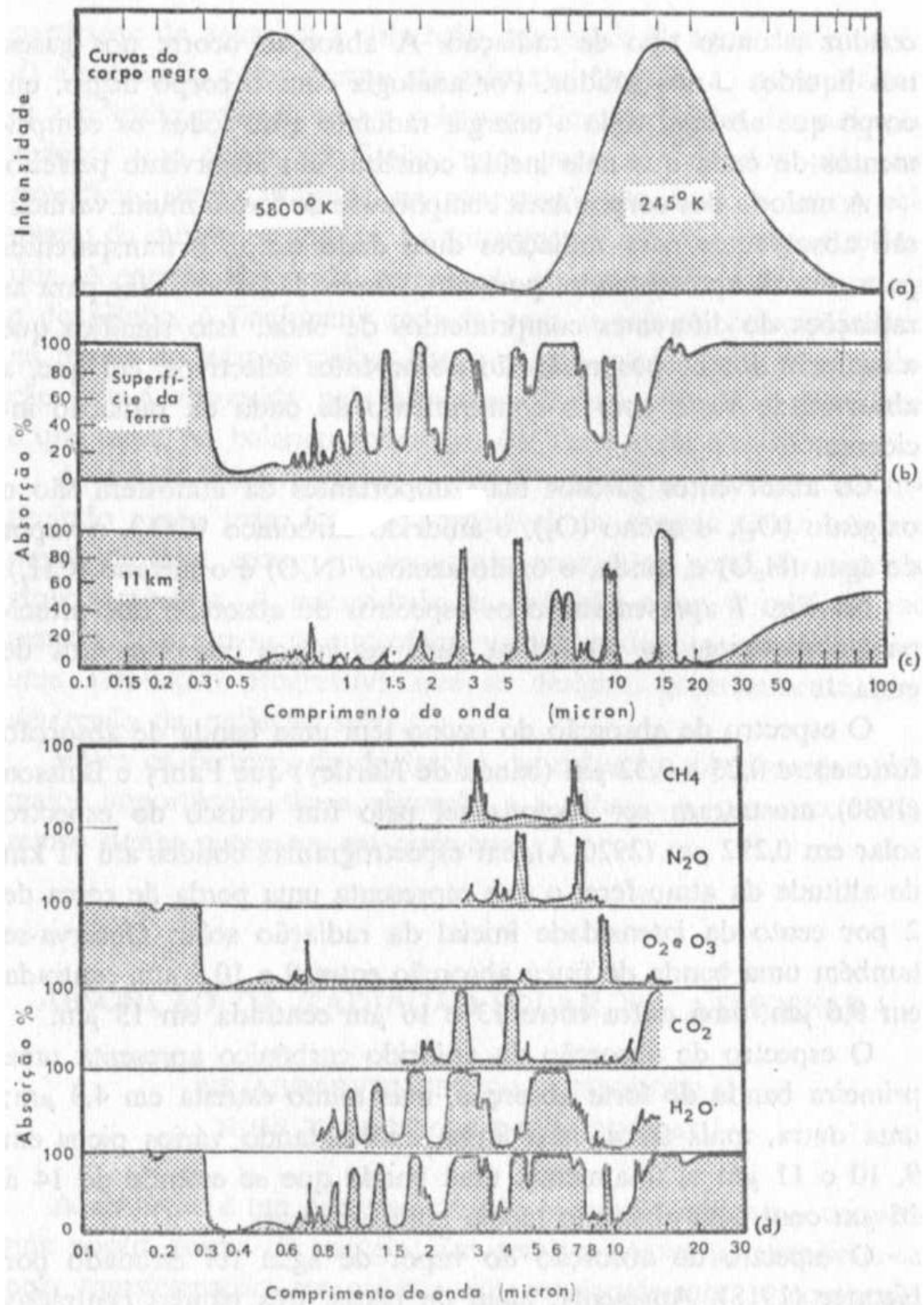
- a inclinação do eixo terrestre em relação ao seu plano de circulação (órbita), é constante (aproximadamente $23,5^\circ$),
- a distância ao Sol é variável (ao longo do ano).

Radiação solar no topo da atmosfera

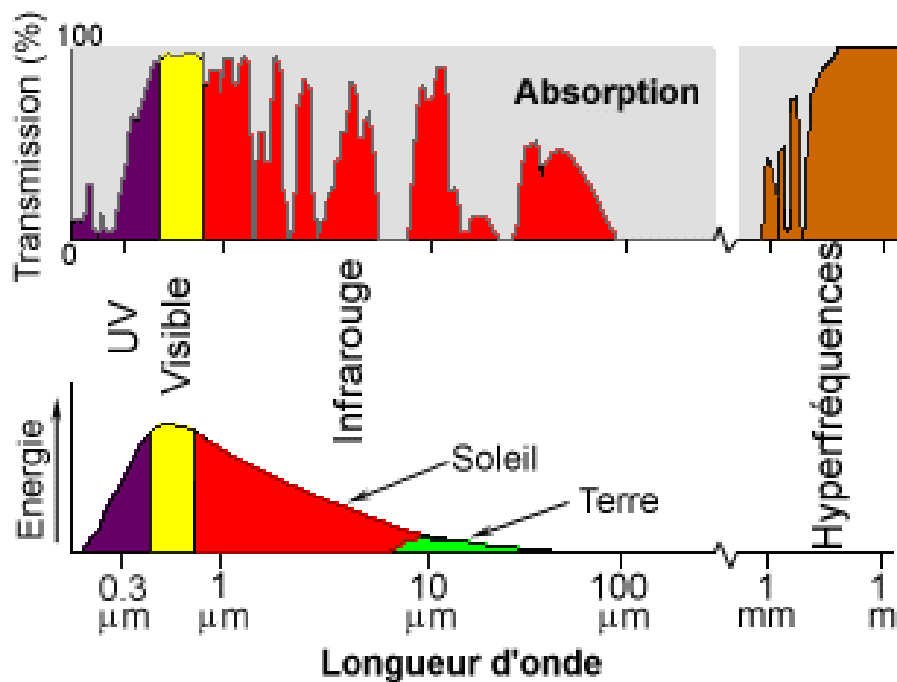


Radiação (em cal cm^{-2} por dia), em função da latitude e da época do ano.
(as áreas escuras representam as zonas do globo não iluminadas pelo sol)

Espectro de absorção observado

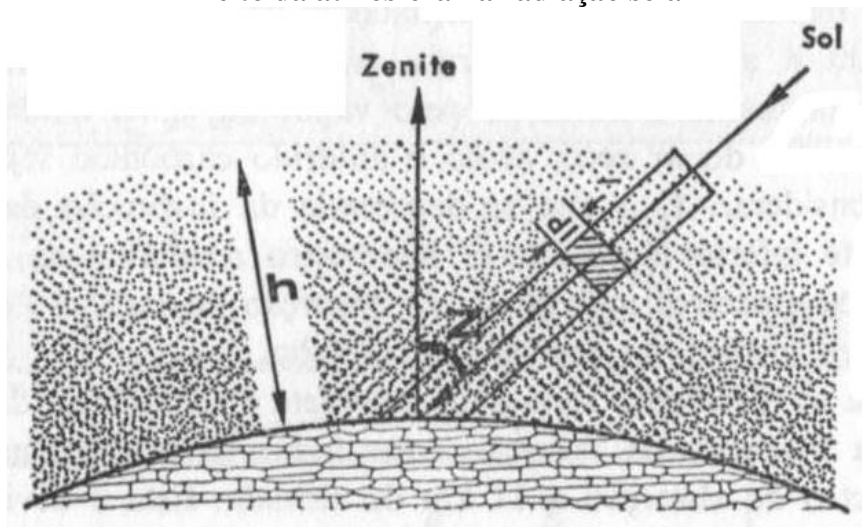


Na superfície da Terra e a 11 km de altitude.
(principais gases absorventes da atmosfera)



“Transparência” da atmosfera terrestre.
Espectros de emissão do Sol e da Terra, à mesma escala.

Efeito da atmosfera na radiação solar



Lei de Beer – na ausência de difusão, a absorção da radiação dum feixe paralelo, à medida que atravessa uma camada horizontal de gás de espessura dl é proporcional ao número de moléculas por unidade de área na camada.

$$da_{\lambda} = -k_{\lambda} \rho \sec z \, dh$$

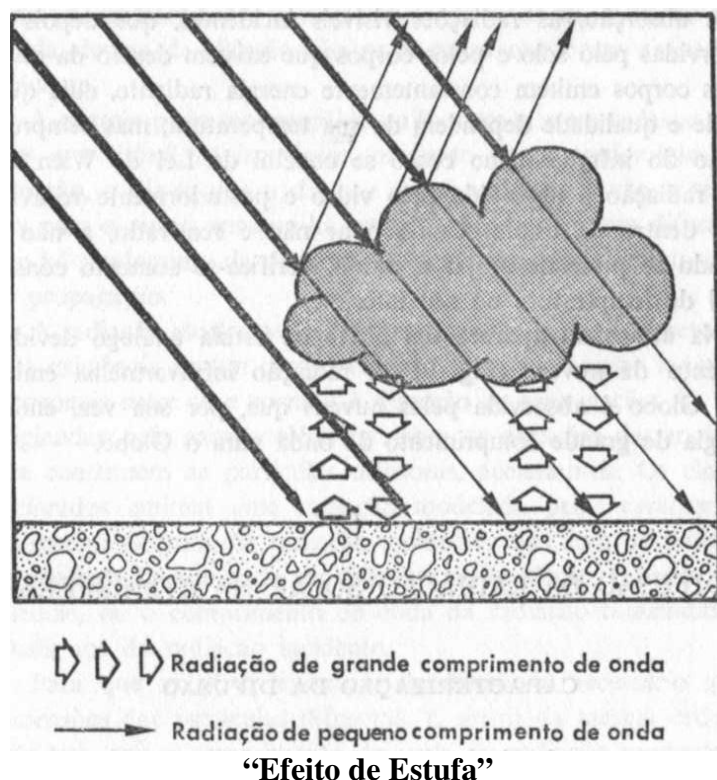
com:

k_{λ} - coeficiente de absorção (depende da composição, temperatura e da pressão do gás)

ρ - densidade do ar

z – ângulo zenital

$$dl = dh \sec z$$



- **Difusão da radiação solar na atmosfera**

A difusão é devida à presença de partículas de natureza diversificada que existem na atmosfera. Na difusão, ao contrário do que acontece na absorção, não ocorre transformação de energia radiante. A difusão origina a redistribuição da energia radiante em torno das partículas difusoras. A emissão pode ser *isotrópica* ou *anisotrópica*.

Factores de Difusão

- dimensão das partículas
- comprimento de onda da radiação
- índice de refração do meio

Partículas	Diâmetro médio
Moléculas de ar	10^{-8} a 10^{-9} cm
Núcleos de condensação (partículas no estado fluido ou sólido, fumos)	10^{-5} a 10^{-6}
Poeiras	10^{-5}
Gotículas das nuvens	10^{-3}
Gotas de precipitação	10^{-1}
Gotas de aguaceiros, granizo, etc.	10^{-1} a 10

Dimensões típicas das partículas em suspensão na atmosfera

As partículas sólidas são constituídas por poeiras, esporos, sal marinho, fumos e outros poluentes. A concentração é em geral maior sobre os continentes do que sobre os oceanos.

Coeficiente de Difusão (Rayleigh – 1909) :

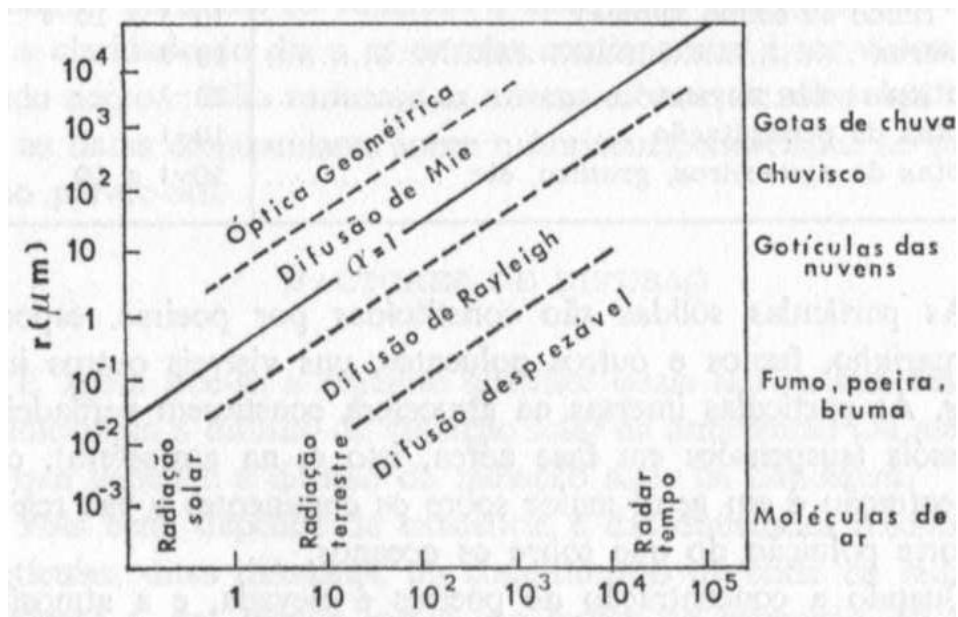
$$k_d = (2 \pi r / \lambda)^4$$

com $2 \pi r / \lambda = \alpha$

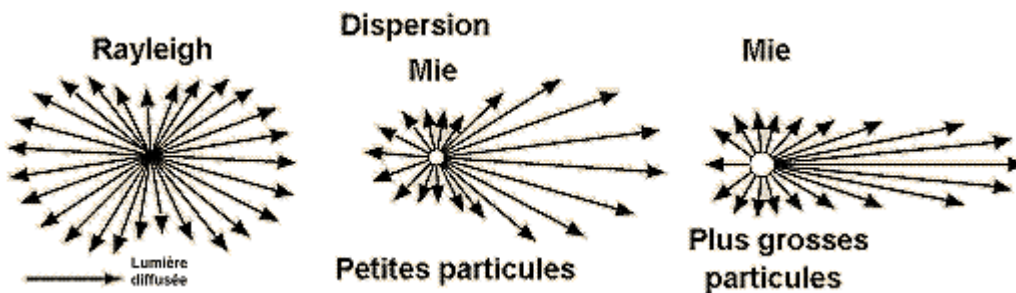
Moléculas do ar: $\alpha < 0,1$ há difusão da radiação visível

Poeiras e partículas suspensas : $\alpha \approx 1$ difracção ou a reflexão difusa a luz

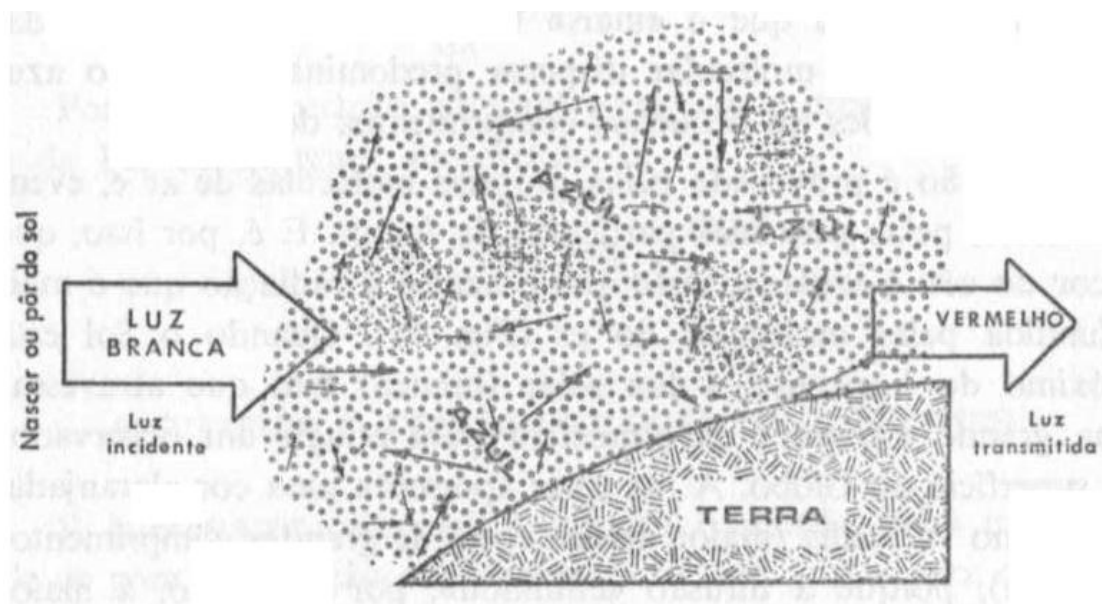
Góticulas das núvens : $\alpha > 10$ reflexão difusa da luz



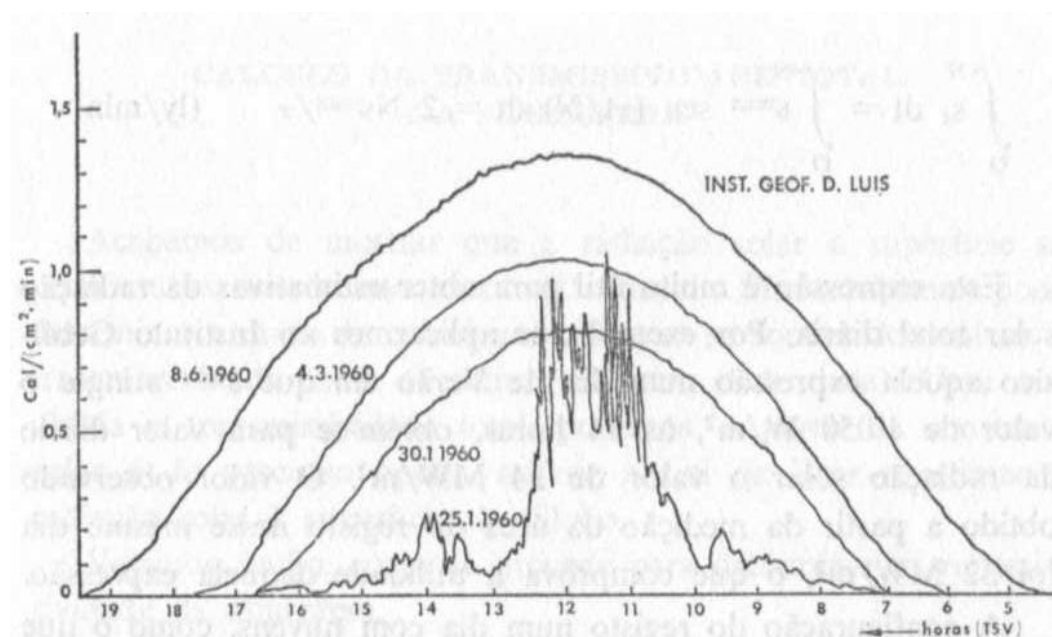
Parâmetro α em função das dimensões das partículas e do comprimento de onda.



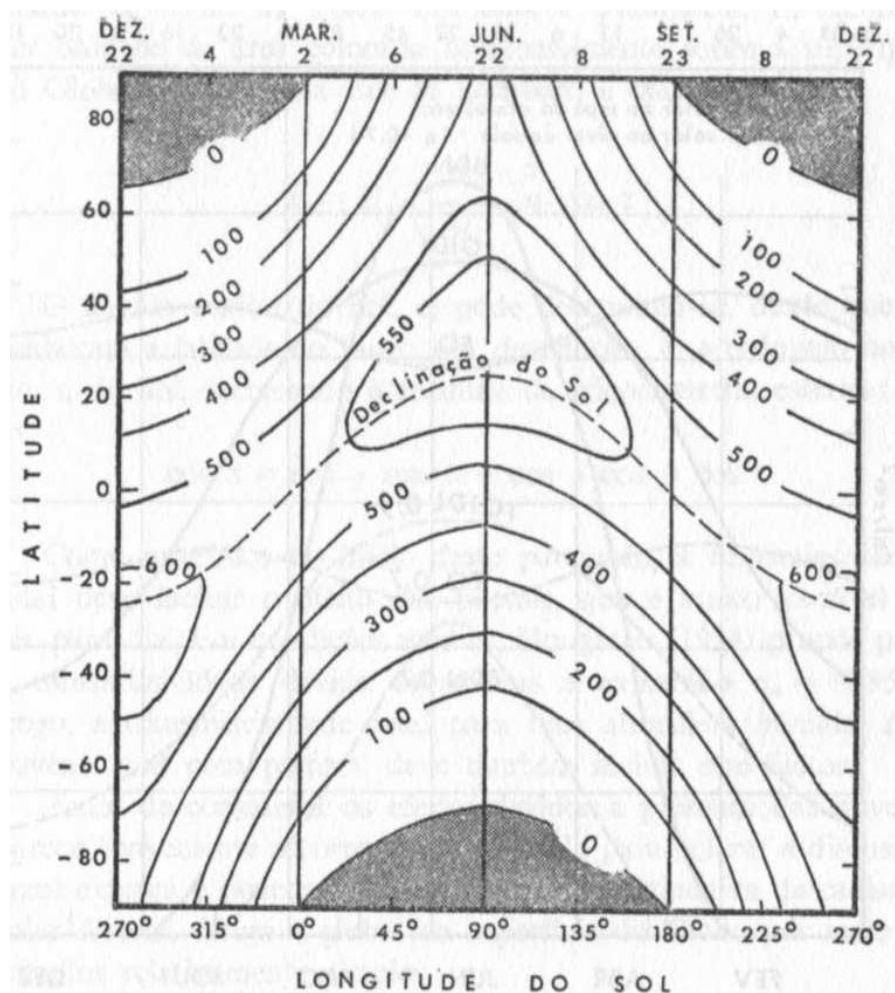
Relação entre k_d (azul) e k_d (vermelho) indica que o azul é 3,45 vezes mais difundido que o vermelho. A transmissividade da luz vermelha é 0,7 e a do azul somente 0,37. A luz azul é muito mais difundida na atmosfera.



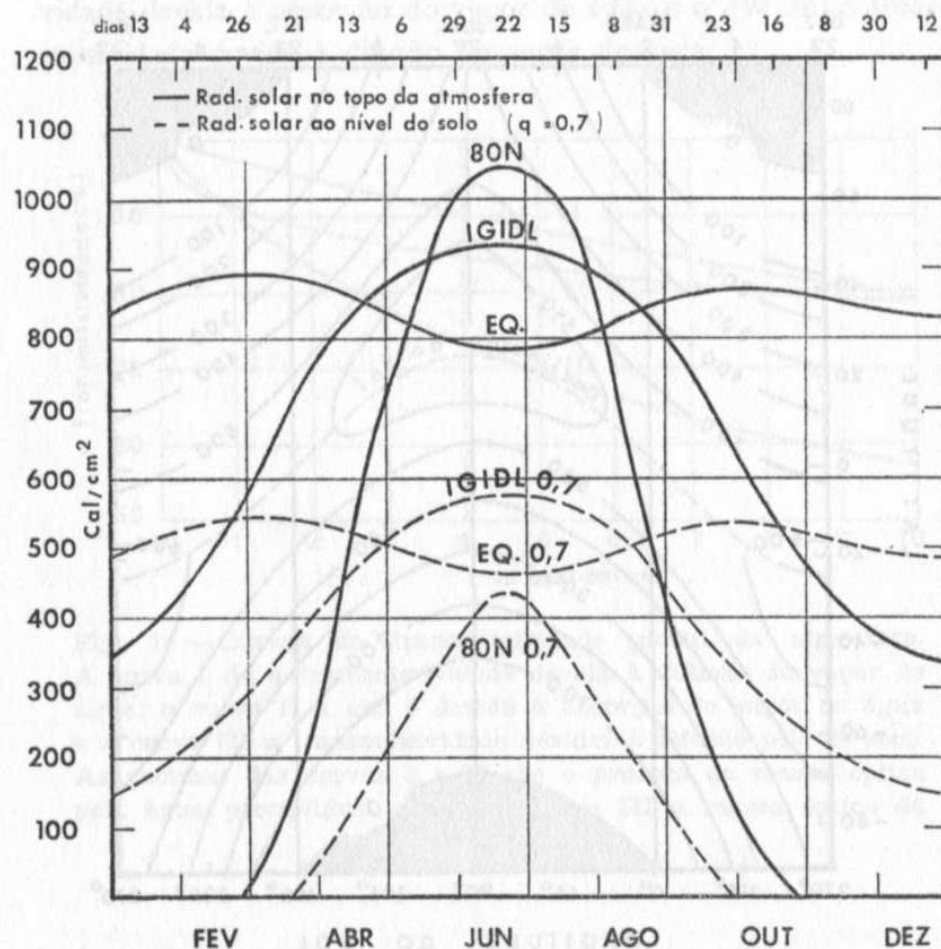
Efeito da difusão da luz solar ao nascer e pôr-do-sol.



Radiação solar ao longo do dia. Registos típicos.



Radiação solar recebida na superfície do Globo (em cal cm^{-2} por dia), em função da latitude e da época do ano, quando a transmissividade da atmosfera é de 0,7.



Variação da radiação no topo da atmosfera e na superfície do Globo, ao longo do ano para várias latitudes típicas.

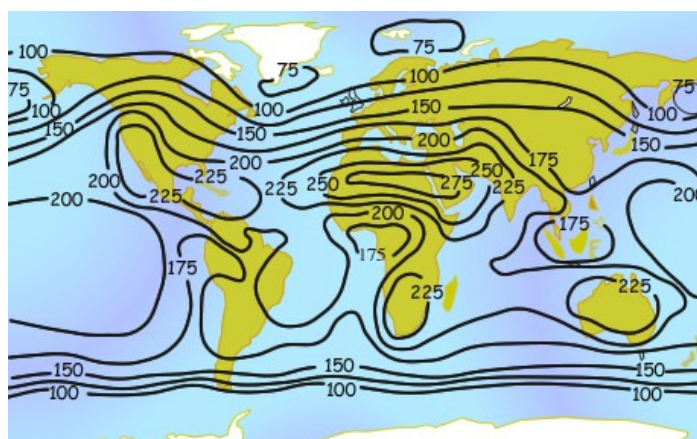
Disposição média anual da radiação solar no Hemisfério Norte em ly/dia (Houghton, 1954)

Lat. (°N) (1)	Radiação solar na superfície do Globo (céu limpo) (2)	Nebulosi- dade média (3)	Radiação solar à superfície (com nuvens) (4)	Albedo do Globo (5)	Radiação solar absorvida na superfície (6)	Absorvida pela atmosfera (com nuvens) (7)	Absorção total (8)	Albedo planetário (9)
0	570	0,54	410	0,071	381	192	573	0,326
10	664	0,50	429	0,080	395	183	578	0,310
20	548	0,44	452	0,098	408	166	574	0,283
30	518	0,42	438	0,110	390	142	532	0,284
40	466	0,49	359	0,102	322	122	444	0,335
50	402	0,57	277	0,090	252	100	352	0,389
60	325	0,63	204	0,091	185	76	261	0,443
70	276	0,67	161	0,168	134	58	192	0,527
80	245	0,65	148	0,360	95	52	147	0,602
90	224	0,59	150	0,560	66	51	117	0,669
0-90°N	475	0,52	361	0,100	325	136	461	0,34

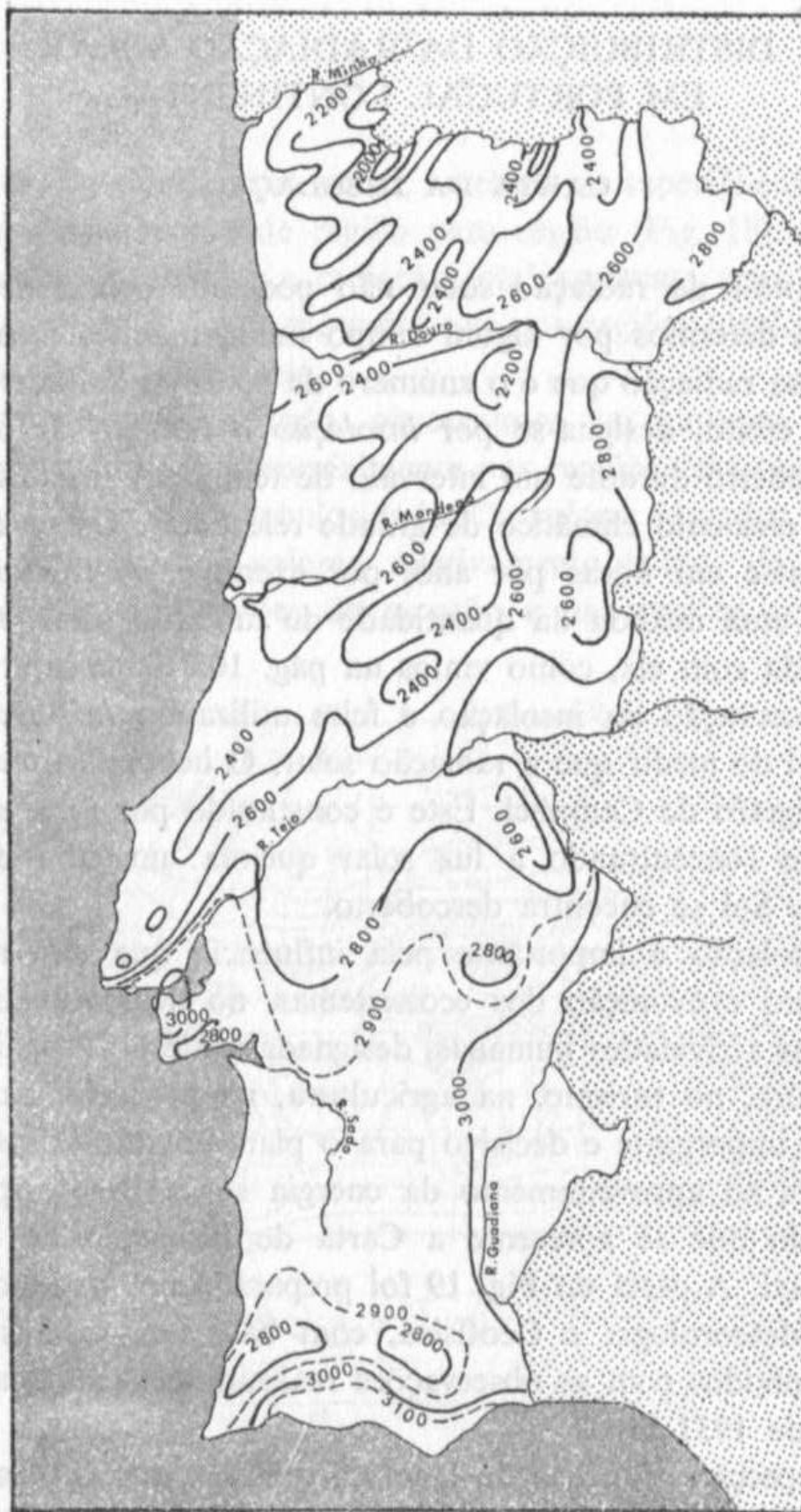
Distribuição dos valores médios anuais da radiação solar na atmosfera e no Globo, para uma nebulosidade média

	ly/min	(%)	k ly/ano
1. Radiação solar incidente Irradiância média no topo da atmosfera	0,485	100	720
2. Absorção da radiação na atmosfera			
a) ozono	0,014	2,8	20,16
b) vapor de água e poeiras	0,065	13,0	93,6
c) nuvens	0,008	1,6	11,52
<i>absorção total</i>	0,087	17,4	125,28
3. Reflexão e difusão da radiação para o espaço			
a) pela atmosfera	0,034	6,8	48,96
b) pelas nuvens	0,121	24,2	174,24
c) pela superfície do Globo	0,021	04,2	30,24
<i>reflexão total</i>	0,176	35,2	253,44
4. Absorção pela superfície do Globo			
a) radiação solar directa	0,112	22,4	161,28
b) depois da passagem pelas nuvens	0,072	14,4	103,68
c) radiação difusa	0,053	10,6	76,32
<i>absorção total pela superfície do Globo</i>	0,237	47,4	341,28

$$(1 \text{ ly} = 1 \text{ cal cm}^{-2}) \quad (1 \text{ cal} = 4,1855 \text{ J})$$



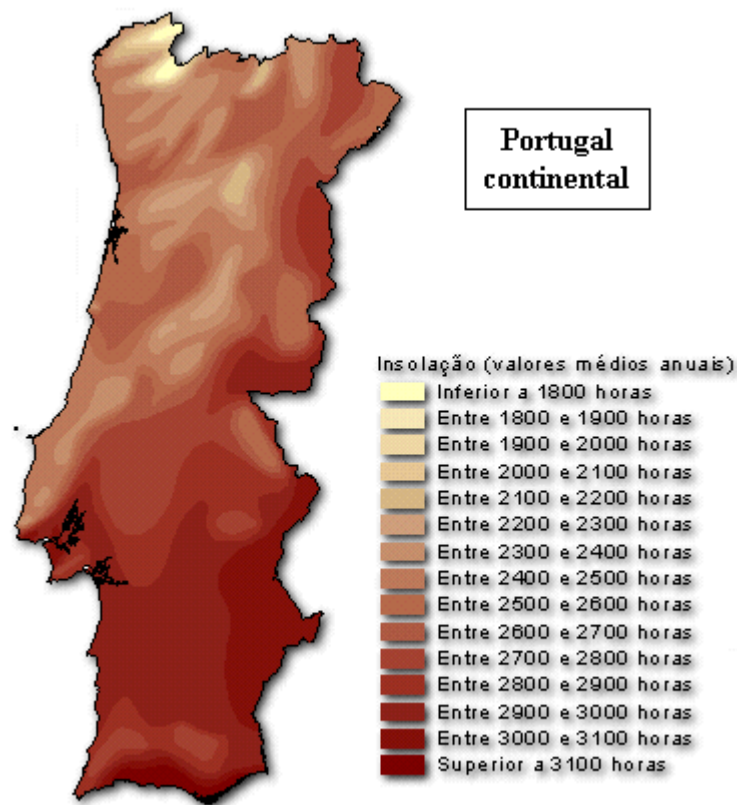
Distribuição geográfica da radiação solar média anual, recebida na superfície do Globo (em Wm^{-2})



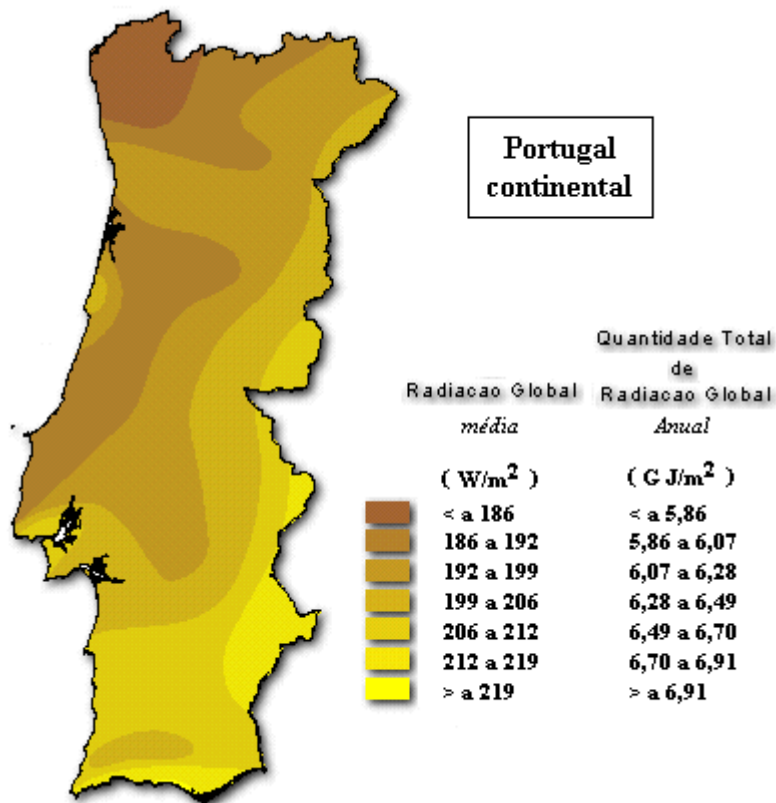
Distribuição da insolação média de Portugal, em número de horas de céu descoberto por ano (h / ano)

Mapas de insolação e radiação solar em Portugal

Nas figuras seguintes estão representados os valores médios de insolação anual, registados na parte continental do nosso País e a energia total anual e o seu valor médio anual. Verificamos que os valores de insolação variam de um mínimo inferior a 1800 horas/ano a um máximo superior a 3100 h/ano. Isso representa um valor médio diário anual de 4,93 h e 8,49 h, respectivamente. Essa grande variabilidade está directamente relacionada com a localização geográfica. Os valores menores ocorrem no norte litoral, os valores médios no litoral norte e centro e os valores maiores no sul e interior. Tal localização é condicionada pela latitude e pela distância ao oceano Atlântico, o que condiciona igualmente as condições meteorológicas.

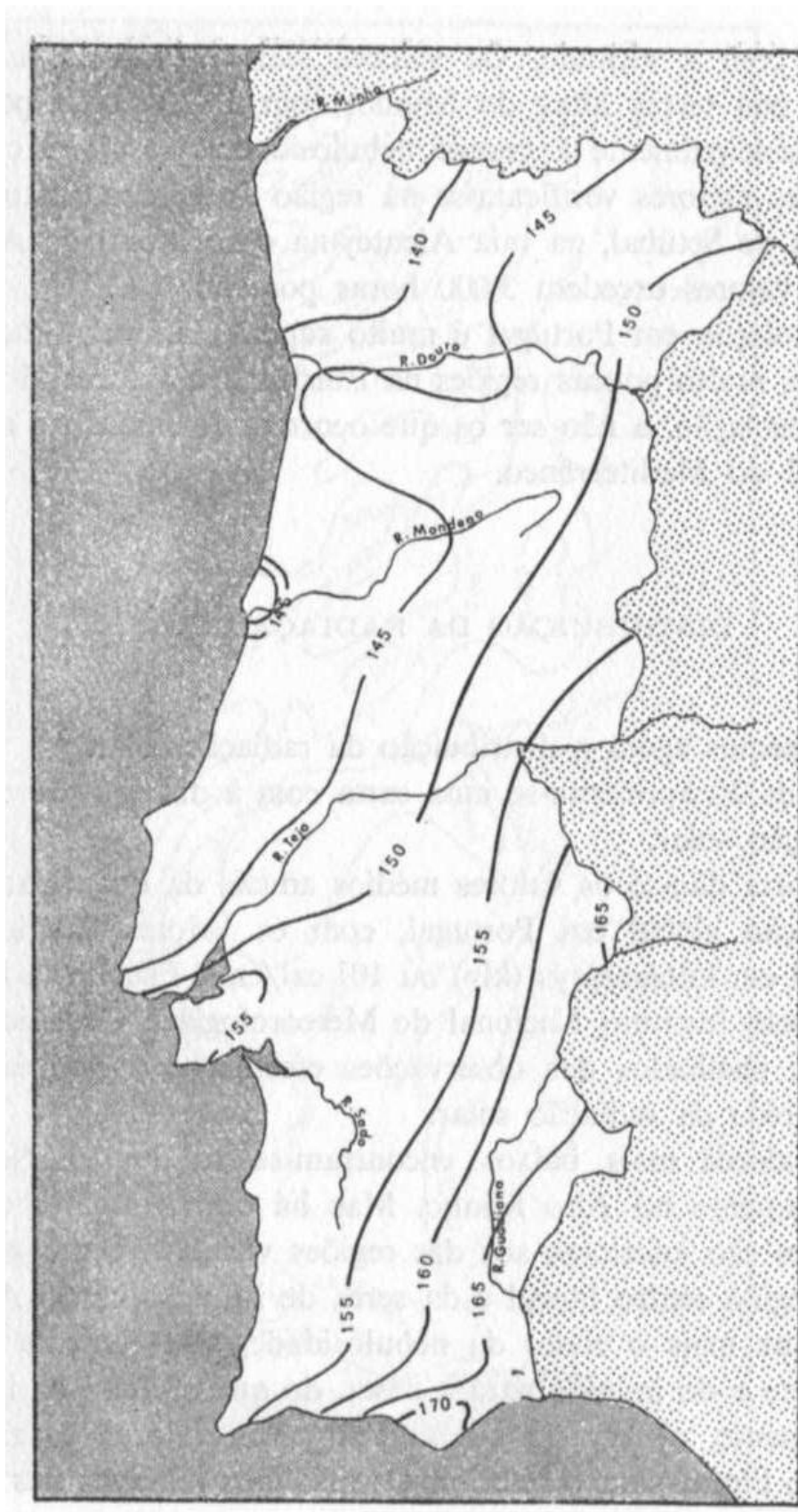


Número médio anual de hora de sol descoberto.



A insolação (número de horas de sol) condiciona igualmente a potência média em cada local, e o seu valor médio total anual. Estes valores (potência média e total anual) não são só afectados pelo anterior factor; a latitude introduz uma variação significativa. A nossa latitude varia desde 37° (em Faro) a 42° (em Melgaço). Todos estes factores resultam num acréscimo máximo de 18% em relação à radiação mínima observada, entre a região minhota e o interior alentejano e Algarve.

Potência média anual e energia total anual.



Distribuição média anual da radiação solar global, em Portugal (kcal cm^{-2})

Distribuição regional dos valores médios no ano da radiação global em Portugal (kly/mês)

Região	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Maió	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Média no ano
A Norte do Rio Douro	3,96	6,11	9,85	14,14	17,73	18,77	21,37	18,25	12,79	8,48	5,09	3,34	11,65
Entre Douro e Tejo	5,16	6,96	10,53	14,80	18,16	17,97	21,18	18,37	13,10	9,47	5,96	4,58	12,19
A Sul do Tejo	5,92	7,65	11,15	15,70	18,91	20,28	22,34	19,36	14,18	10,32	6,63	5,38	13,15
Total Portugal	5,23	7,07	10,65	15,04	18,38	19,09	21,70	18,76	13,48	9,62	6,06	4,66	12,48

Composição da atmosfera (ar seco)		
Nome	Fórmula	Proporção
<u>Nitrogênio (Azoto)</u>	N ₂	78,08 %
<u>Oxigênio</u>	O ₂	20,95 %
<u>Argon</u>	Ar	0,934 %
<u>Dióxido de Carbono</u>	CO ₂	382 ppm
<u>Neon</u>	Ne	18,18 ppm
<u>Hélio</u>	He	5,24 ppm
<u>Monóxido de Nitrogênio</u>	NO	5 ppm
<u>Cripton</u>	Kr	1,14 ppm
<u>Metano</u>	CH ₄	1,7 ppm
<u>Hidrogênio</u>	H ₂	0,5 ppm
<u>Protóxido de Nitrogênio</u>	N ₂ O	0,5 ppm
<u>Xenon</u>	Xe	0,087 ppm
<u>Dióxido de Nitrogênio</u>	NO ₂	0,02 ppm
<u>Ozone</u>	O ₃	0 a 0,01 ppm
<u>Radão</u>	Rn	6,0×10 ⁻¹⁴ ppm

Composição química da nossa atmosfera

LUZ NATURAL E FONTES ARTIFICIAIS DE LUZ

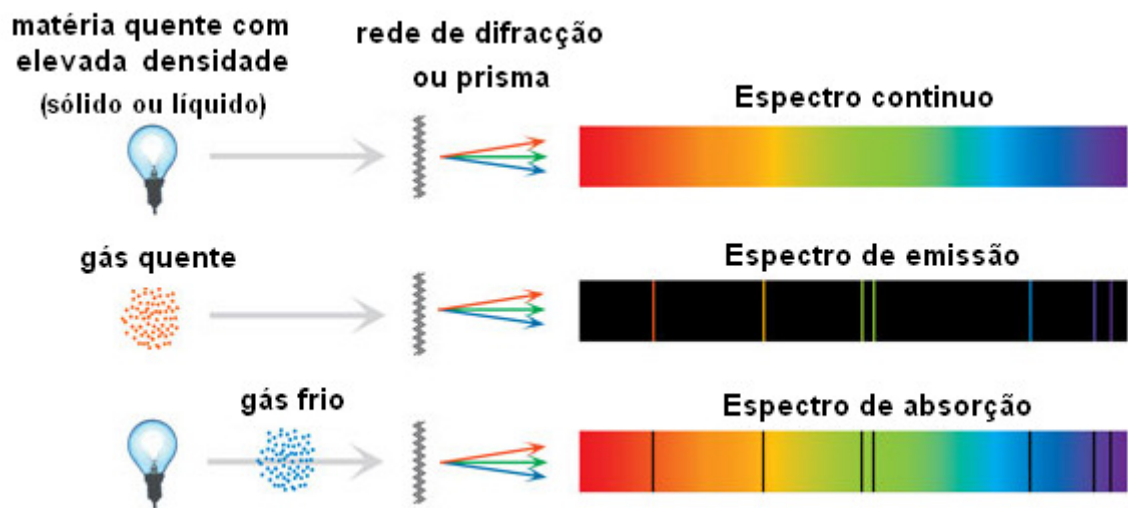
Luz Artificial

- Tipos de Lâmpadas

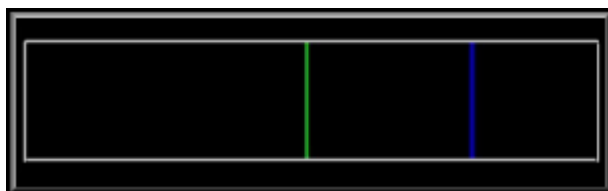
Lâmpadas	Espectro	Temperatura de cor (K)	Actinismo	Rendimento luminoso (lm/W)
Incandescência	Contínuo	2800	0,8	14 (100W) 17 (500W) 22 (1500W)
Supervoltadas	Contínuo	3100 (100h) 3400 (2h)	1	20 30
Tubos Fluorescentes	Riscas + contínuo	3000 4200 6500	1,5	40
Vapor de Mercúrio	Riscas	-----	1,6	40
Xénon	Contínuo + algumas riscas	6300	1,5	35
Arco	Contínuo + algumas riscas	3700 (correntes) 5000 (carvão mineralizado)	1,5	10 35

Valores típicos de iluminação de algumas lâmpadas usadas em Fotografia

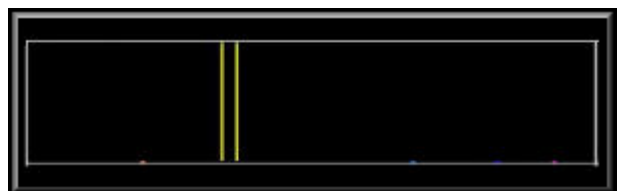
Lâmpadas	Iluminância - foco central (lux)	Diâmetro do feixe (metade da intensidade)
500W Photoflood Nº2		
- com reflector difusor	1400	2,6 m
- com reflector “spot”	3000	1,3 m
Reflector “Photolita”		
- 275W (tipo SN)	900	2,3 m
- 500W (tipo NM)	2200	2,3 m
- 375W (tipo KM)	3600	1,1 m
meio-dia (Verão)	100000	----
meio-dia (céu nebulado)	10000	----



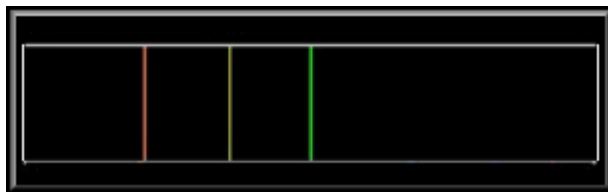
Tipos de espectros e sua origem



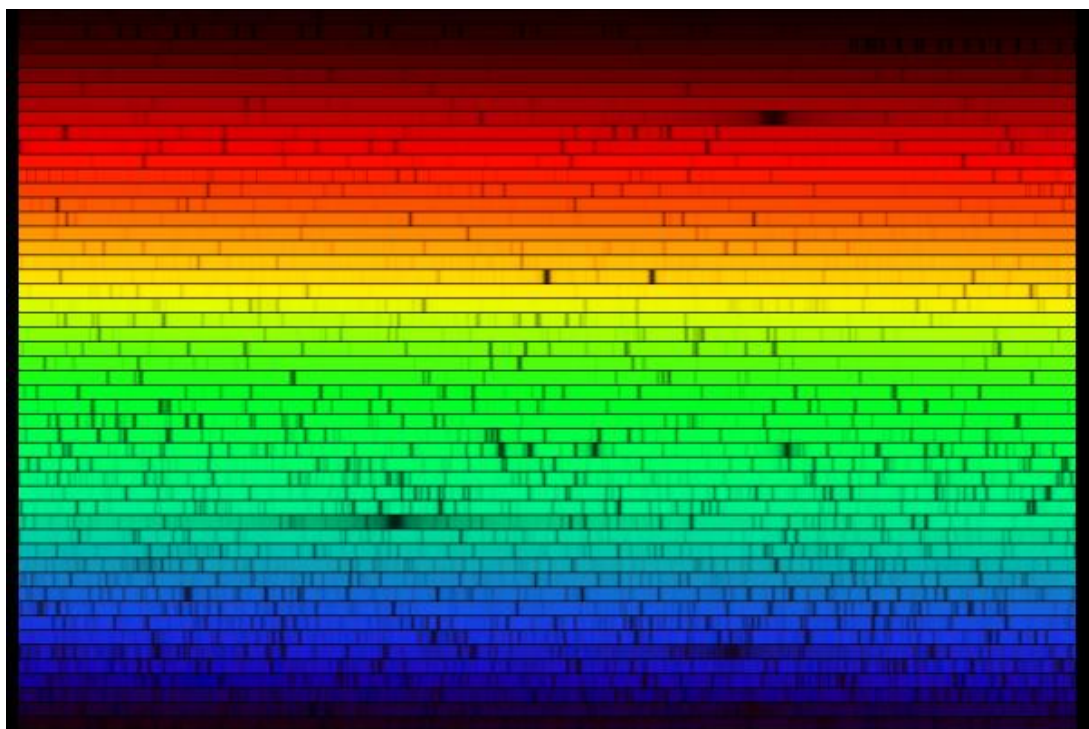
Espectro de emissão do Mercúrio



Espectro de emissão do Sódio



Espectro de emissão do Néon



Espectro Solar (no domínio do visível)