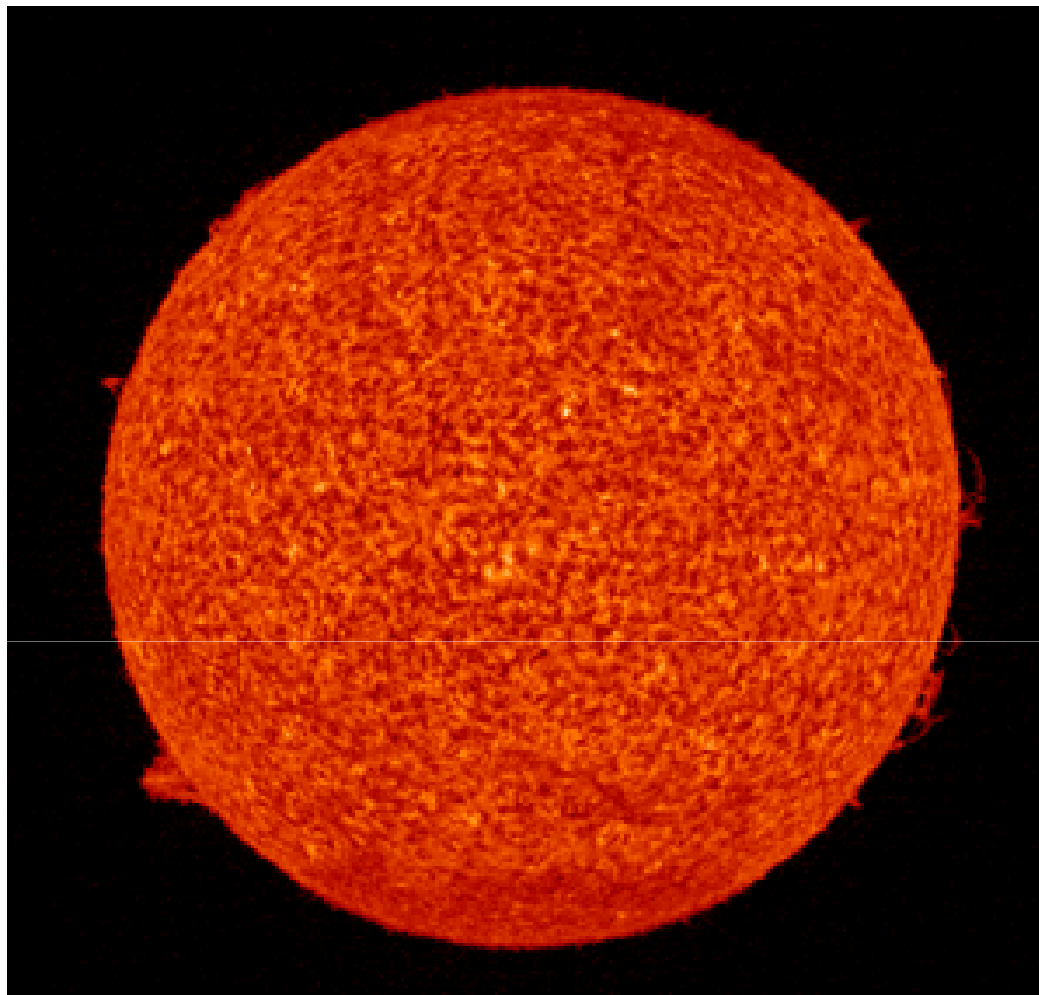


A fonte Solar de Energia da Terra

A energia solar é criada no núcleo do Sol quando os átomos de hidrogênio sofrem fusão nuclear para hélio. Em cada segundo deste processo nuclear, 700 milhões de toneladas de hidrogênio são convertidas em 695 milhões de toneladas de hélio. Os 5 milhões de toneladas restantes são convertidas em energia eletromagnética que irradia da superfície do Sol para o espaço.

A superfície radiante do Sol, ou Fotosfera, tem uma temperatura média de cerca de 5800 Kelvin. A maior parte da radiação eletromagnética emitida da superfície do Sol se concentra na banda do visível centrada em $0,5 \mu\text{m}$. A quantidade total de energia emitida da superfície do Sol é aproximadamente 63.000.000 Watts por metro quadrado. (W/m^2 or Wm^{-2}).



O Sol observado pelo instrumento SUMER a bordo do satélite SOHO em 2-4 de março de 1996.

Características do Sol

Massa	$1,99 \times 10^{30} \text{ kg}$
Raio	$6,96 \times 10^8 \text{ m}$
Luminosidade	$3,9 \times 10^{26} \text{ J/s}$
Distância média da Terra	$1,496 \times 10^{11} \text{ m}$

A energia emitida pelo sol passa através do espaço até ser interceptada por planetas e outros objetos solares. A intensidade da radiação solar incidindo nestes objetos é determinada por uma lei física “Lei do Inverso do Quadrado da distância”.

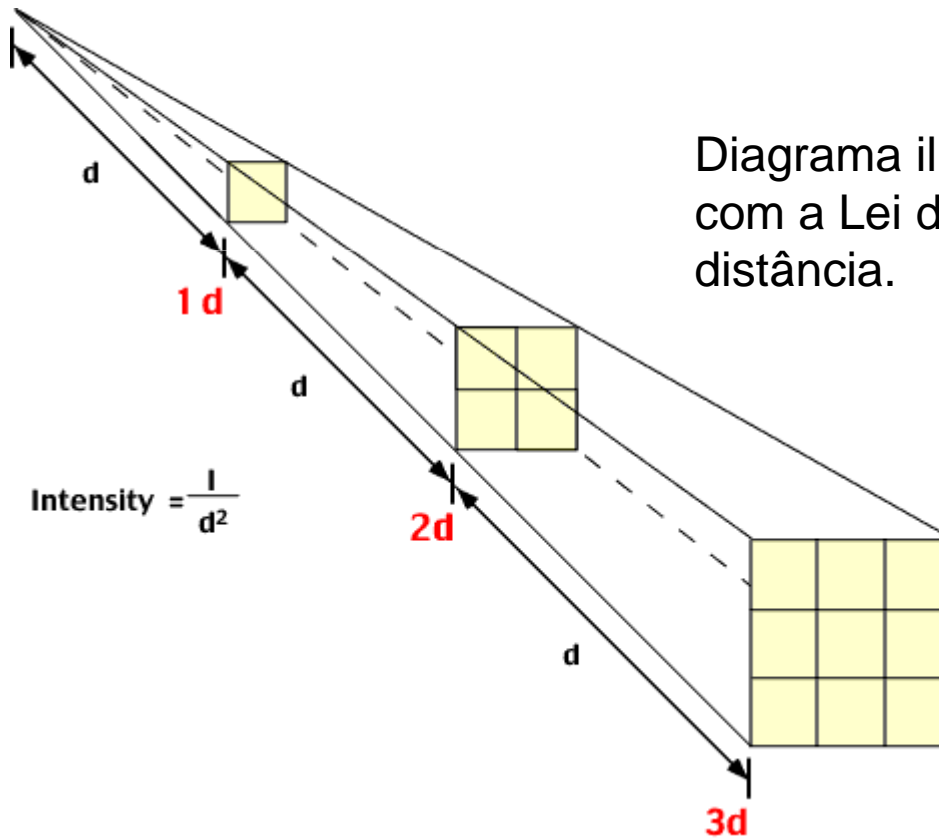
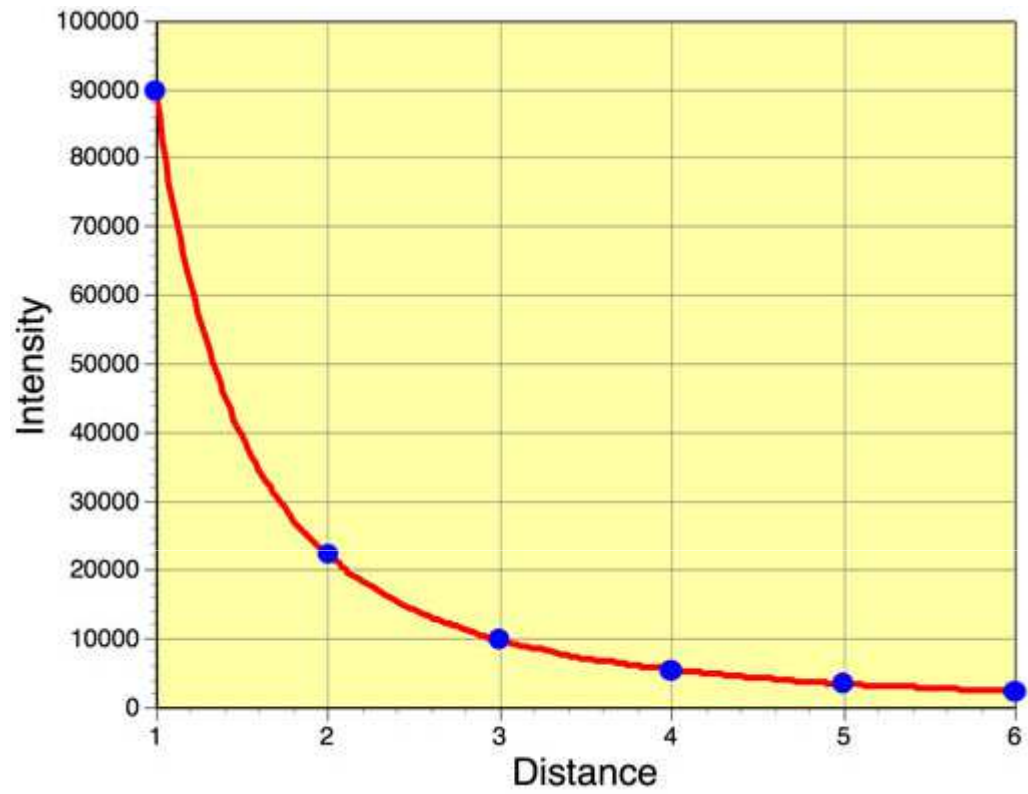


Diagrama ilustrando a difusão da radiação com a Lei do inverso do quadrado da distância.

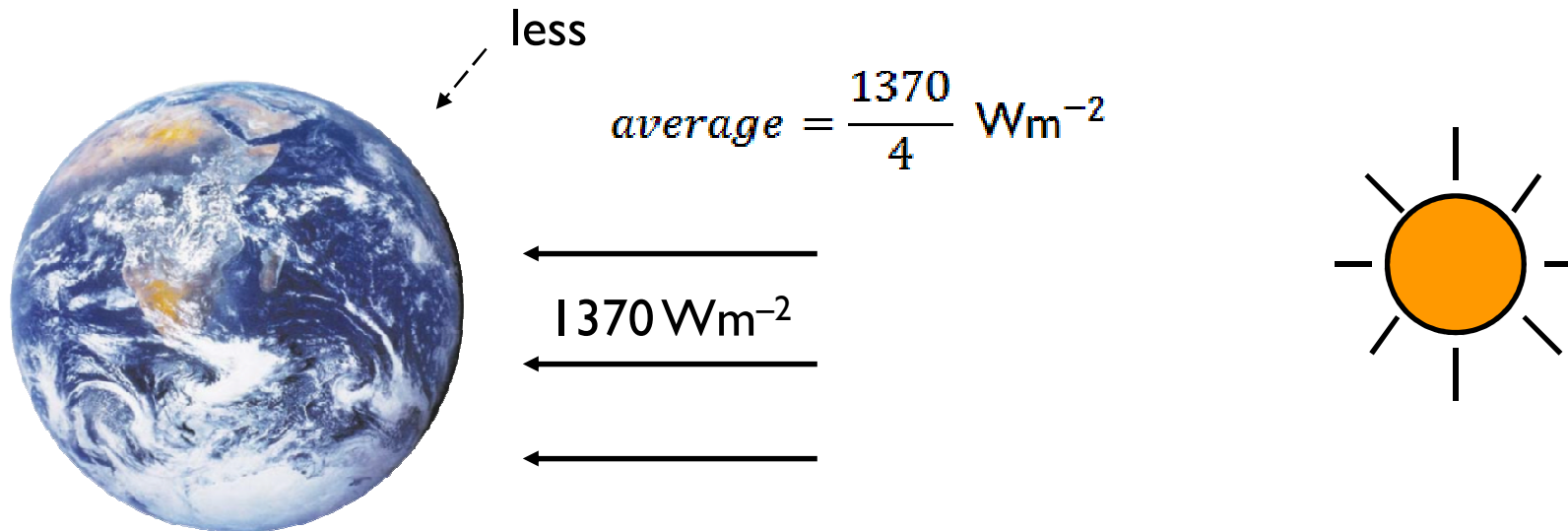


Redução da intensidade de radiação em função da distância

Constante Solar

- A constante solar representa a quantidade de energia que chega no topo da atmosfera por unidade de área e tempo. Apresenta uma variação em torno de 1,5% ao longo do ano.

Interação Sol – Terra (simplificada)



- Uma fração (20-30%) é refletida pela atmosfera e superfície
- O restante (70-80%) é absorvida e emitida em comprimentos de onda maiores
Alguma radiação emitida é absorvida na atmosfera
- Desequilíbrio entre o equador e os polos causa circulação da atmosfera e oceano
- Superfície aquecida transfere energia para a atmosfera
- Água na superfície evapora e move para a atmosfera
 - ... e condensa para vir a precipitar para a superfície como precipitação

} E a energia também se move

Causas da variação da constante Solar :

Variação da distância terra-sol. A posição mais próxima ao Sol, o periélio ($1,47 \times 10^8$ km), é atingida aproximadamente em 3 de janeiro e o ponto mais distante, o afélio ($1,52 \times 10^8$ km), em aproximadamente 4 de julho. Entretanto, as variações na radiação solar recebida devidas à variação da distância são pequenas.

Variação sazonal de Constante Solar:

janeiro ≈ 1399 W/m².

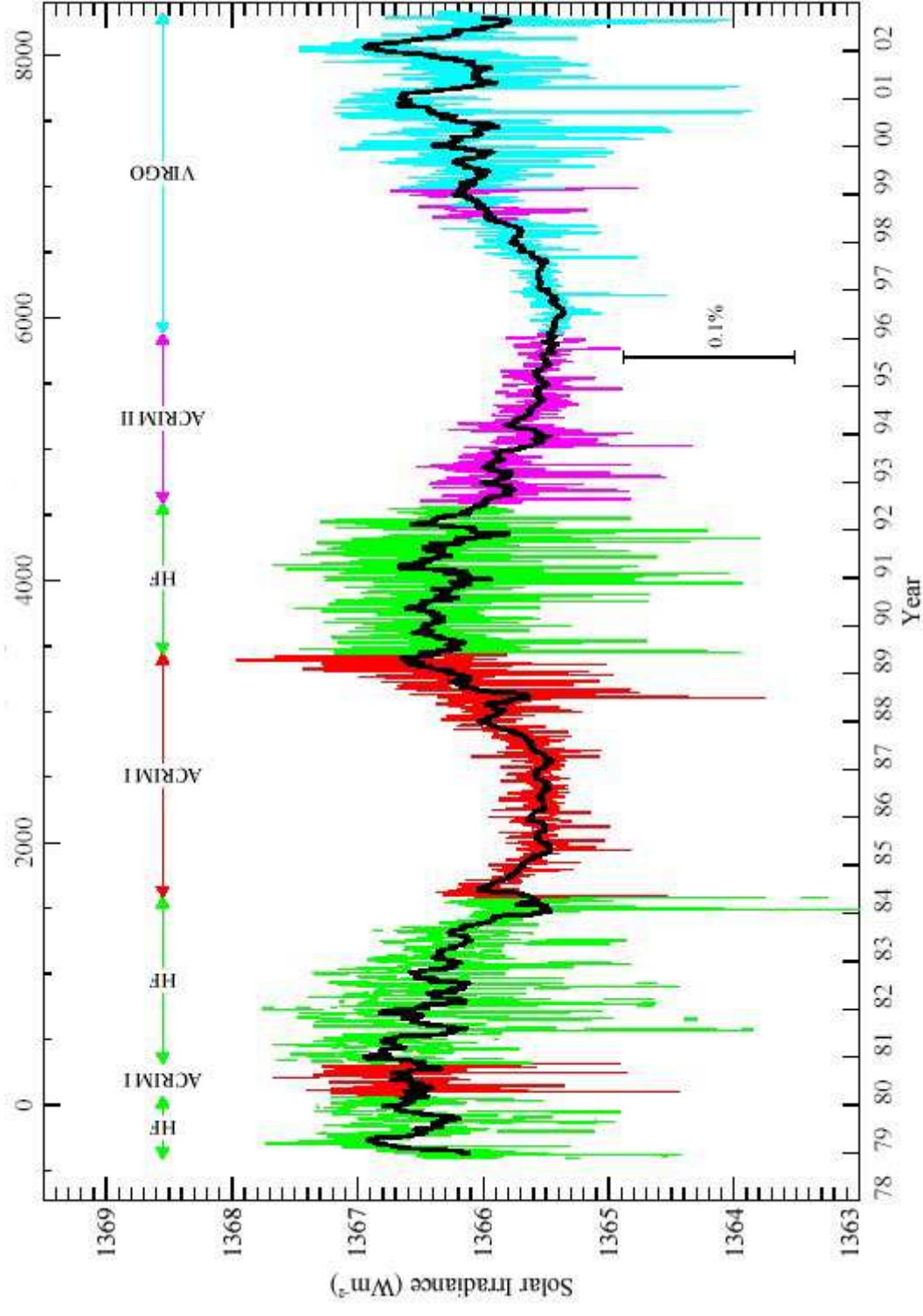
março ≈ 1378 W/m².

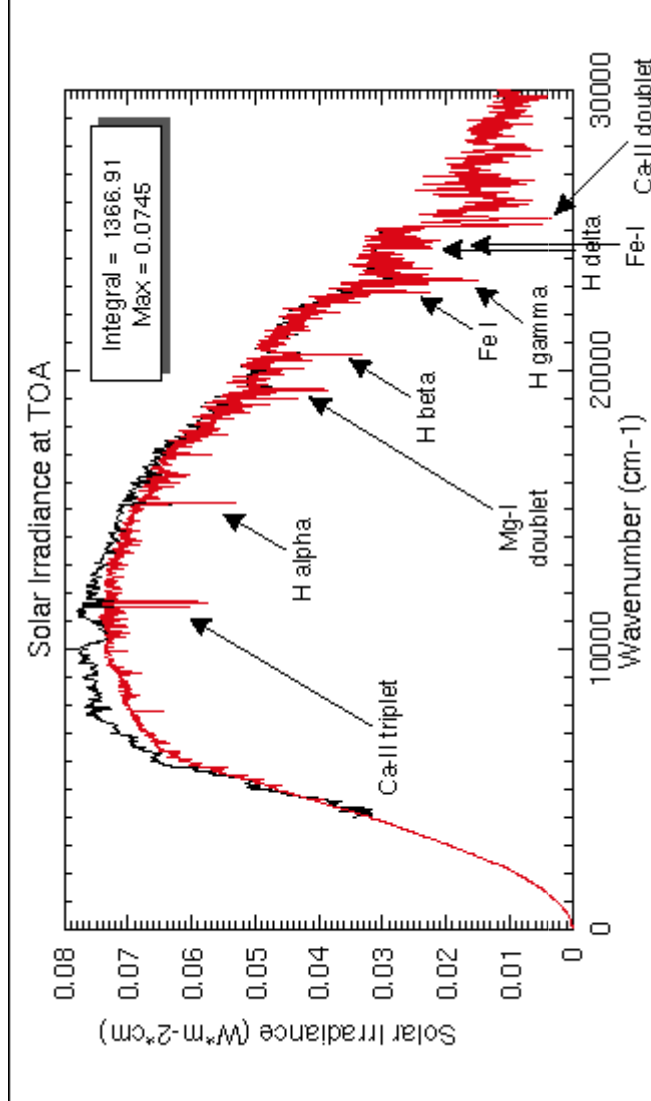
junho ≈ 1316 W/m².

setembro ≈ 1328 W/m².

Valores máximos: 3 de janeiro – 1400 W/m²

Valores mínimos: 4 de julho – 1309 W/m²





Ca-II triplet: 11545, 11707, 11767

H alpha: 15237

Mg-I doublet: 19292, 19332

H beta: 20571

Fe-I: 22812

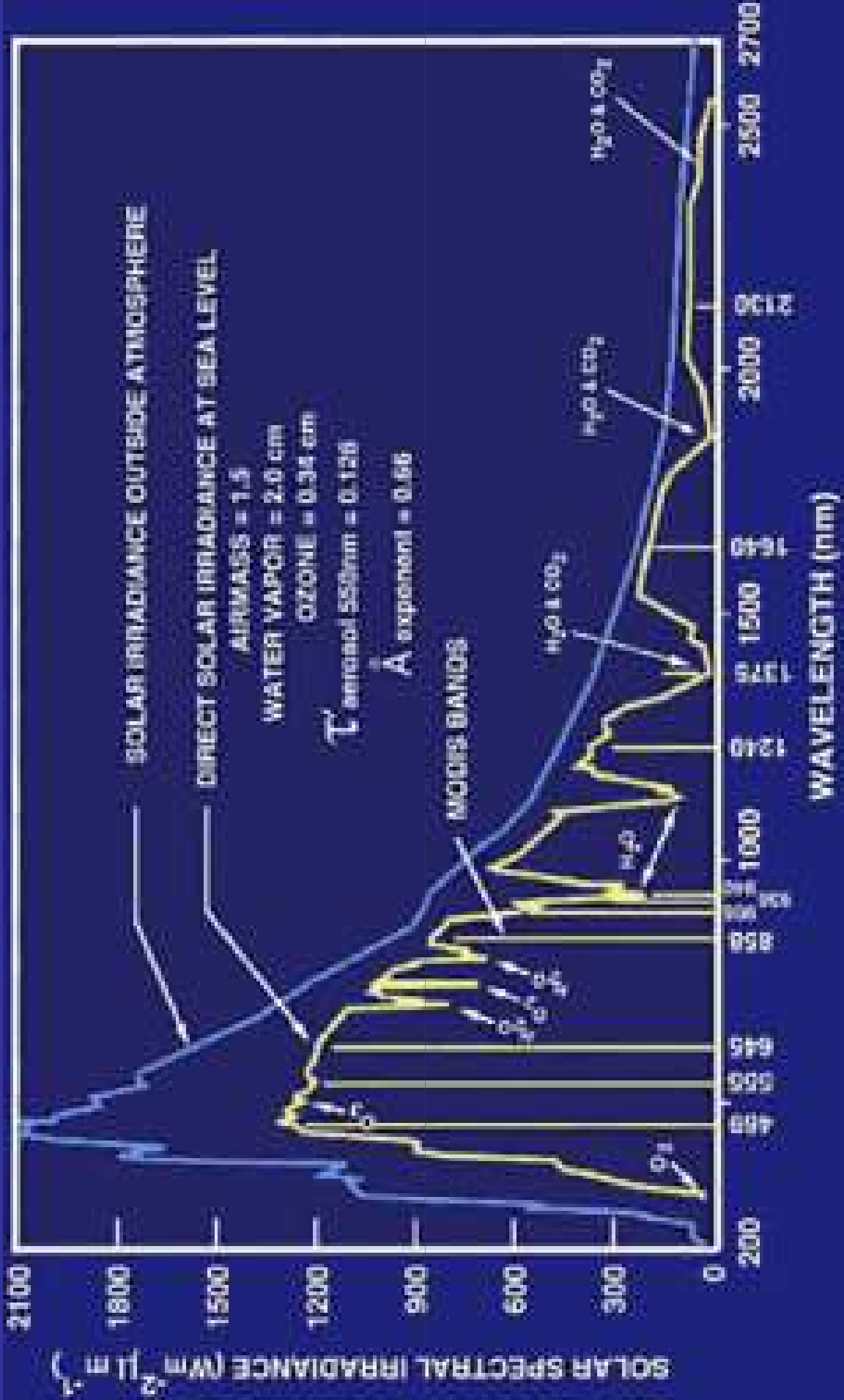
H gamma: 23039

H delta: 24380

Fe-I: 24723

Ca-II doublet: 25202, 25426

Balmer Series, n = 2,3,4,5...
 $27427 * (1 - 4/n^2)$
 = 27430 * (5/9, 3/4, 2 1/25, 8/9)
 = 15237, 20570, 23039, 24380

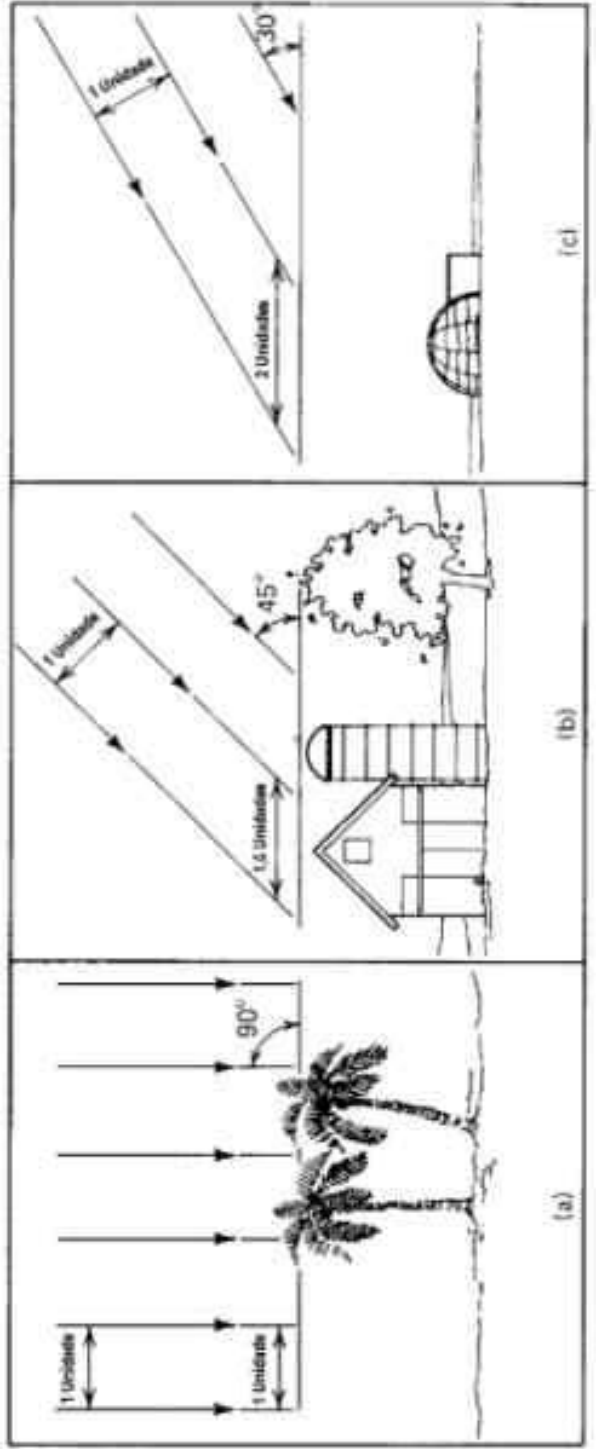
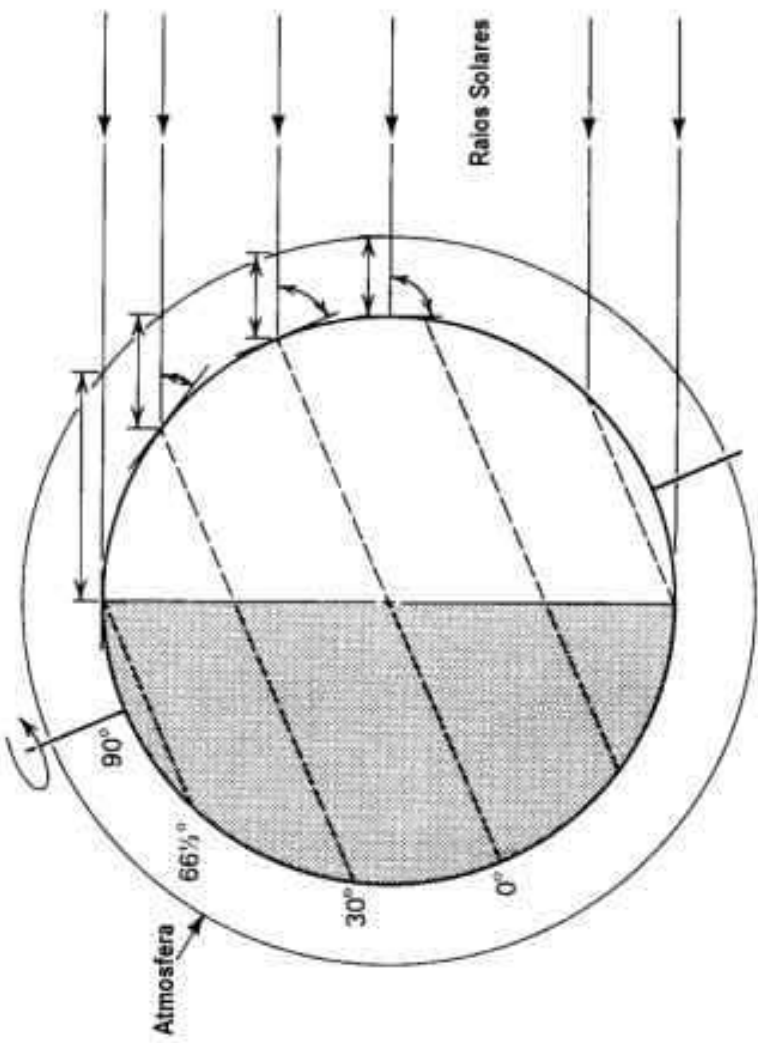


SOLAR SPECTRAL IRRADIANCE ($\text{W m}^{-2} \mu\text{m}^{-1}$)

WAVELENGTH (nm)

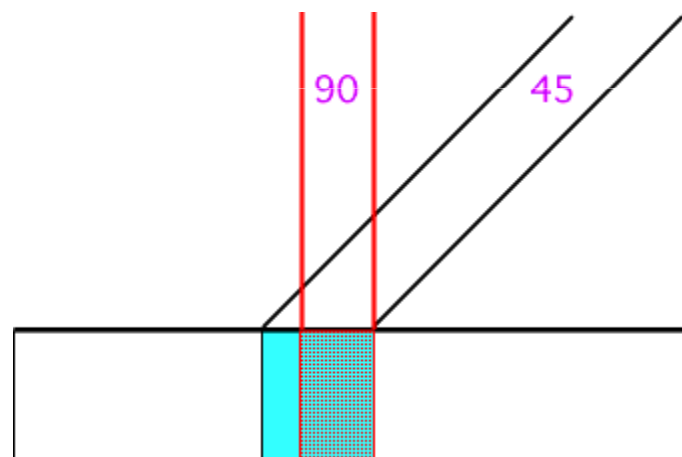
- A quantidade de energia solar recebida depende de alguns fatores, tais como:
 - Intensidade da radiação solar (função do ângulo com que o feixe de luz atinge a Terra)
 - Duração da radiação solar (comprimento do dia).

- Ambos esses fatores são determinados por:
 - Rotação da Terra em torno do seu eixo (hora do dia)
 - Latitude (inclinação dos raios solares)
 - Revolução da Terra em torno do Sol (eixo da Terra é inclinado em um ângulo fixo no plano da eclíptica).

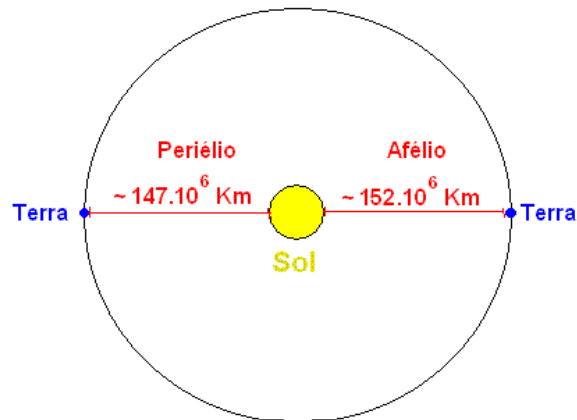


As estações da Terra são controladas por variações na duração e intensidade da radiação solar ou insolação. Esses fatores são governados pela variação anual na posição do eixo da Terra relativo ao Sol.

A intensidade da radiação solar é uma função do ângulo de incidência, o ângulo com o qual os raios do sol atingem o topo da atmosfera



Effect of angle on the area that intercepts an incoming beam of radiation.



Os tamanhos do Sol e da Terra não estão proporcionais, mas a proporção da órbita da Terra foi mantida.

Rotação da Terra

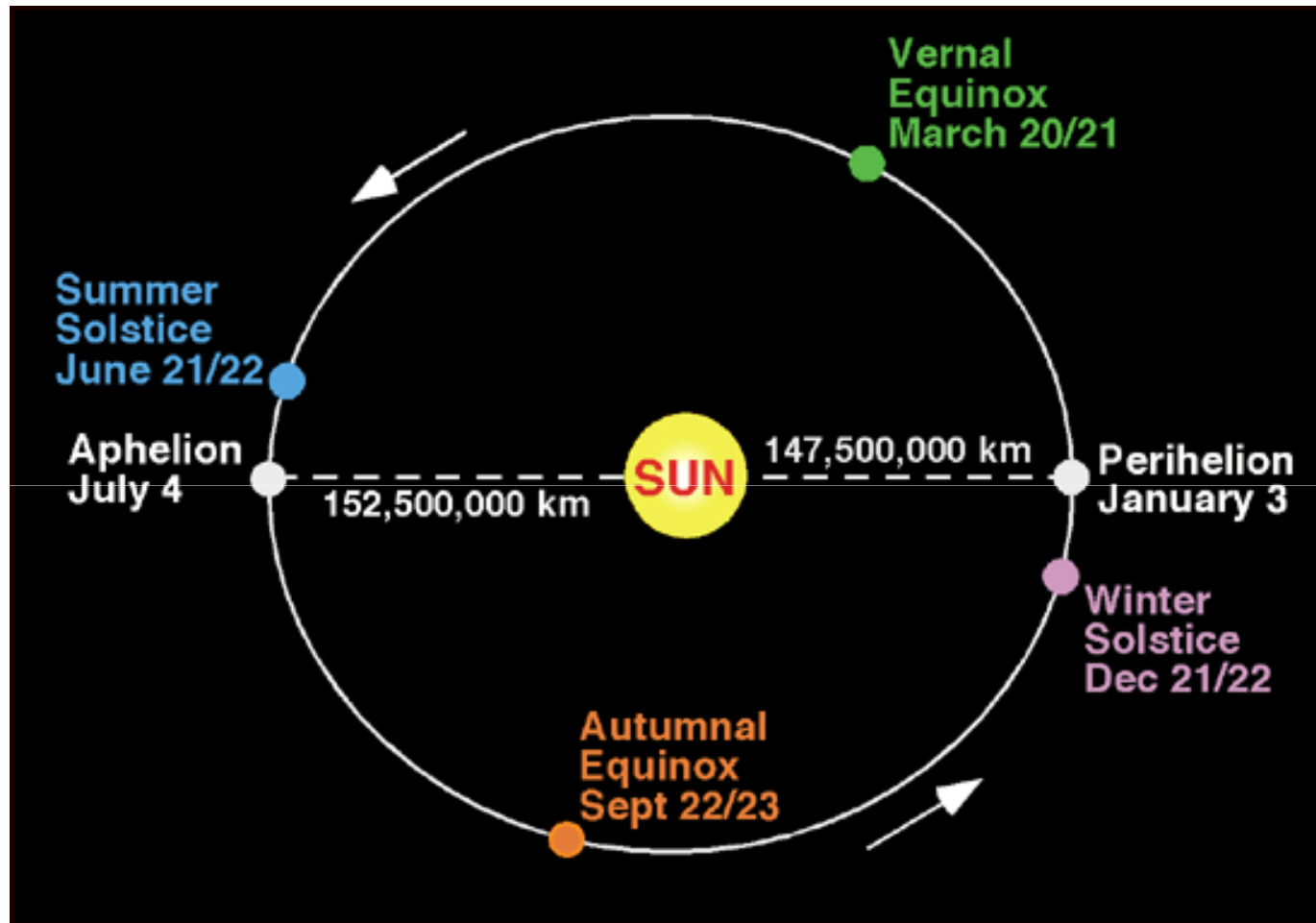
Se refere ao spinning da Terra no seu eixo. Uma rotação leva 24 horas e é chamada dia solar médio.

Se pudéssemos olhar para baixo no Polo Norte da Terra a partir do espaço notaríamos que a direção de rotação é anti-horária, valendo o contrário se estivéssemos no Polo Sul.

A órbita da Terra em torno do Sol é chamada de revolução da Terra. Este movimento celestial leva $365 \frac{1}{4}$ dias para completar um ciclo.

A órbita da Terra ao redor do Sol não é circular mas elíptica. Essa órbita elíptica faz a distância Terra-Sol variar anualmente. Mas esse fenômeno não gera as estações.

Em 3 de janeiro, no perihélio, a Terra está mais perto do Sol, e em 4 de julho, no afélio, a Terra está mais distante do Sol,



Referente ao Hemisfério Norte a nomenclatura

O eixo da Terra não é perpendicular ao plano da eclíptica, mas inclinado com um ângulo fixo de $23,5^\circ$.

Earth Revolution Animation

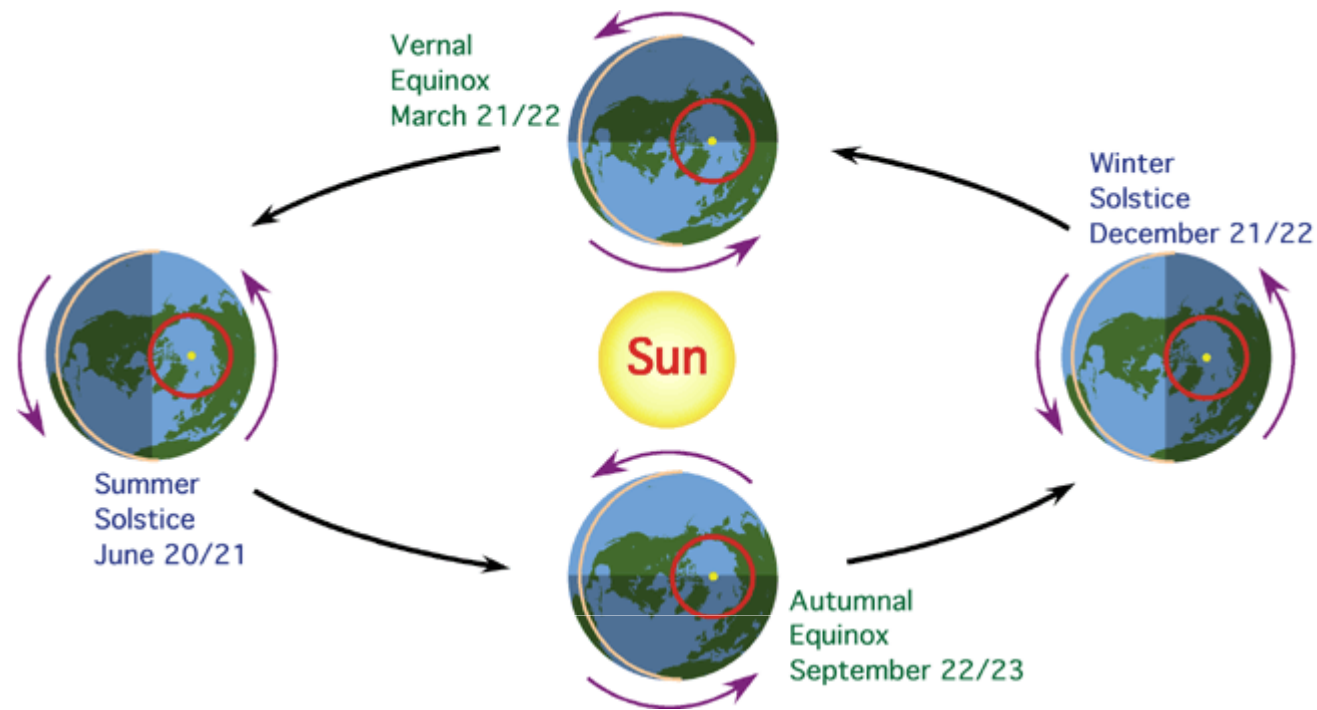
O ângulo do eixo da Terra em relação ao plano da eclíptica permanece inalterado. Entretanto a posição relativa do eixo da Terra com relação ao Sol varia durante o ciclo. Esta circunstância é responsável pelas variações anuais na altura do Sol acima do horizonte. E também dá origem as estações, através do controle de intensidade e duração da radiação solar recebida em pontos na Terra.

Em 21 ou 22 de junho, solstício de verão, a Terra está posicionada em sua órbita tal que o Polo Norte está inclinado $23,5^\circ$ em direção ao Sol.

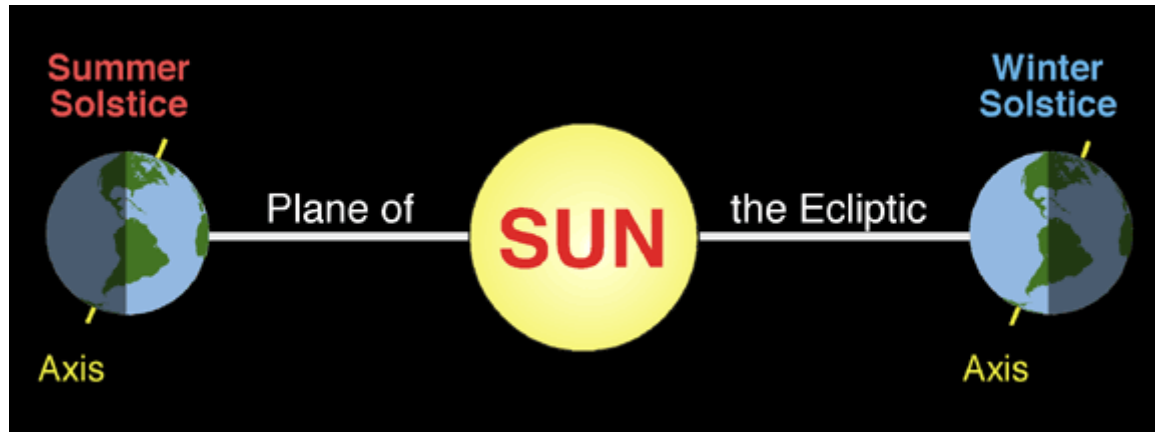
animation

Durante o solstício de verão, todas as localidades ao Norte do equador têm dias mais longos que 12 horas, enquanto que todas as localidades ao Sul do equador tem dias com comprimentos menores que 12 horas. .

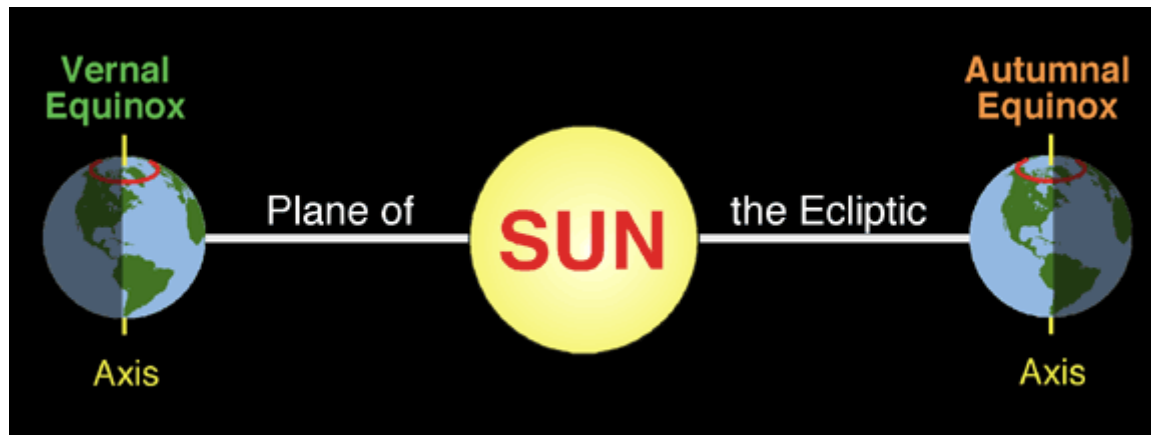
Em 21 ou 22 de dezembro, no solstício de inverno, a Terra está posicionada tal que o Polo Sul está inclinado $23,5^\circ$ em direção ao Sol.



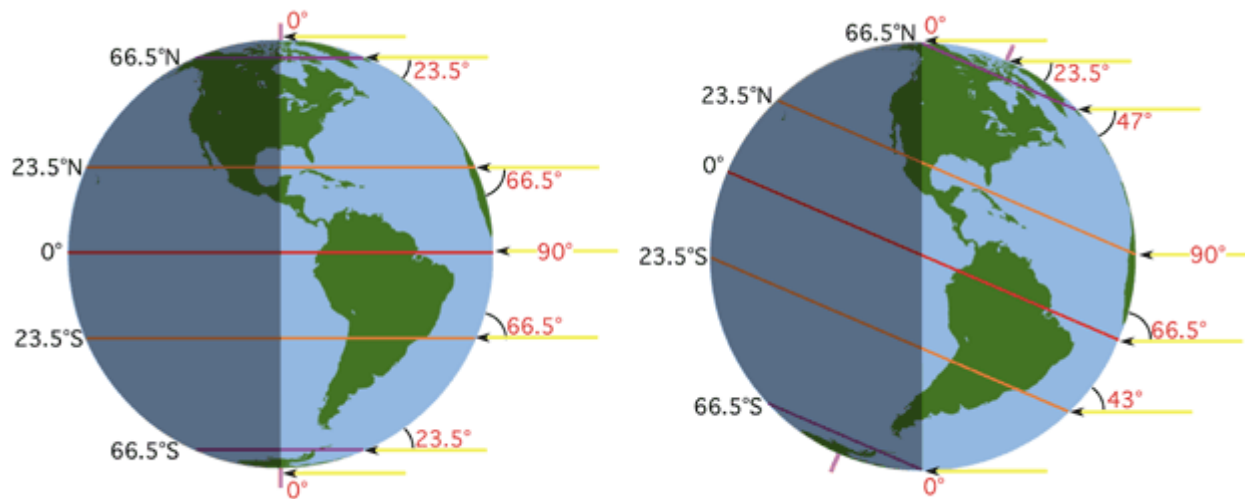
Variação anual da posição da Terra e sua revolução em torno do Sol. Neste gráfico, estamos vendo a Terra de uma posição no espaço que está acima do Polo Norte (ponto amarelo) no solstício de verão, no solstício de inverno, e nos dois equinócios. Observe como a posição do Polo Norte na superfície da Terra não varia. Entretanto, sua posição relativa ao Sol varia e sua inclinação é responsável pelas estações. O círculo vermelho representa o Circulo Artico (66.5° N). Durante o solstício de verão, a área acima do circulo Artico experimenta 24 horas de luz diurna porque o Polo Norte tem inclinação de 23.5° em direção do Sol. O circulo Artico experimenta 24 horas de noite quando o Polo Norte está com inclinação de 23.5° para longe do Sol no solstício de inverno. Durante os dois equinócios, o círculo de iluminação corta os eixos polares e todas as localidades da Terra experimentam 12 horas de dia e 12 horas de noite.



Durante o solstício de verão o Polo Norte da Terra está inclinado de 23.5° em direção ao Sol relativo ao círculo de iluminação. Este fenômeno mantém todos os lugares que estão acima da latitude de 66.5° N com 24 horas de luz solar, enquanto que as localidades abaixo da latitude de 66.5° S estão na escuridão. O Polo Norte é inclinado 23.5° para longe do Sol relativo ao círculo de iluminação durante o solstício de inverno. Nesta data, todos os lugares acima da latitude de 66.5° N estão em escuridão, enquanto localidades abaixo da latitude de 66.5° S recebem 24 horas de luz do dia.

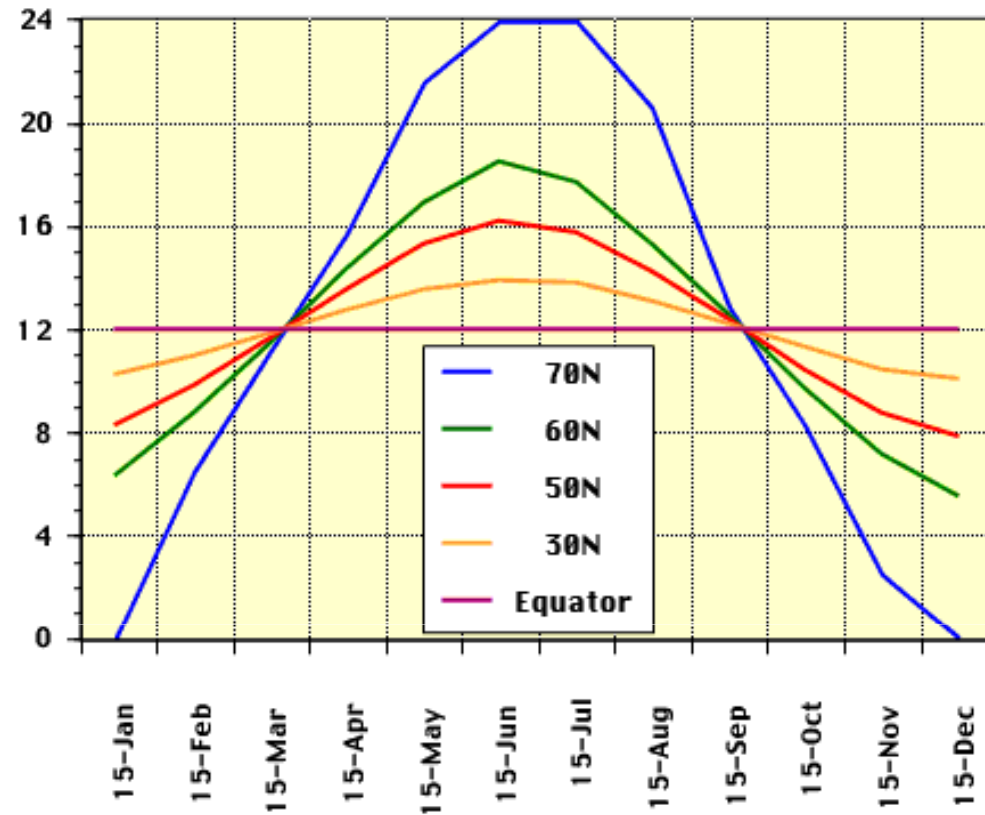


Durante os equinócios, o eixo da Terra não está inclinado na direção ou para longe do Sol e o círculo de iluminação corta pelos polos. Esta situação não sugere que a inclinação de 23.5° da Terra não existe mais. É que o eixo da Terra está incluído 23.5° em direção ao observador para as duas datas. Os círculos vermelhos mostrados no gráfico são o Círculo Ártico.



Relação entre a máxima altura do sol com a latitude para o equinócio (esquerda) e solstício de verão (direita). Os valores em vermelho na direita dos globos são os valores máximos de altitudes solares no meio dia solar.

Números em preto na esquerda indicam a localização do equador, Tropicó de Cancer (23,5oN), Tropicó de Capricornio (23.5S), Circulo Artico (66,5°) e circulo Antartico (66.5).



Annual variations in day length for locations at the equator, 30, 50, 60, and 70° North latitude.

Day Lengths for selected latitudes (hours and minutes)

Latitude	Winter Solstice	Equinoxes	Summer Solstice
90° N	0:00	Sun at Horizon	24:00
80° N	0:00	12:00	24:00
70° N	0:00	12:00	24:00
66.5° N	Sun at Horizon	12:00	24:00
60° N	5:33	12:00	18:27
50° N	7:42	12:00	16:18
40° N	9:08	12:00	14:52
30° N	10:04	12:00	13:56
20° N	10:48	12:00	13:12
10° N	11:25	12:00	12:35

Equator	12:00	12:00	12:00
10° S	12:35	12:00	11:25
20° S	13:12	12:00	10:48
30° S	13:56	12:00	10:04
40° S	14:52	12:00	9:08
50° S	16:18	12:00	7:42
60° S	18:27	12:00	5:33
66.5° S	24:00	12:00	Sun at Horizon
70° S	24:00	12:00	0:00
80° S	24:00	12:00	0:00
90° S	24:00	Sun at Horizon	0:00