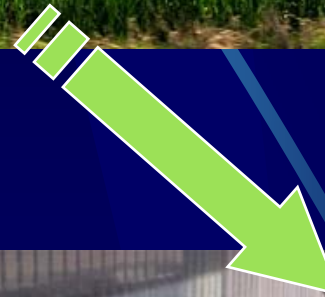


ENERGIA SOLAR

1. INTRODUÇÃO

**A QUANTIDADE DE ENERGIA SOLAR
QUE ATINGE A TERRA EM 10 DIAS É
EQUIVALENTE A TODAS AS RESERVAS
DE COMBUSTÍVEL CONHECIDAS**





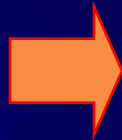






UM POUCO DE HISTÓRIA

Planeta Terra
5,6 bilhões de
anos



Surge a Vida
3 bilhões de
anos



Surgem os
Primatas
2 milhões de
anos



Dia 1º de
Janeiro
0h00min



Dia 16 de
julho
12h58min



Dia 31 de
dezembro
20h52min

**HOMEM
INTELIGENTE**



Homo sapiens
350 mil anos



**Dia 31 de dezembro
23h27min**



**Dia 31 de
dezembro
23h59min20s**

**Capacidade de
Sustentação do
Planeta: 5 milhões
de Seres Humanos
(Expectativa de
Vida = 29 anos)**

EVOLUÇÃO DA POPULAÇÃO HUMANA

**2 Bilhões
de Anos**



1 Bilhão

**+ 130
Anos**



**2,5
Bilhões**

Hoje



**6,0
Bilhões**

**No Ano
2040**



**12
Bilhões**

Expectativa de Vida: 75 Anos

ACONTECIMENTOS HISTÓRICOS E SOBRE ENERGIA

1.700.000 AC Primeira Era Glacial. Existem várias espécies de Primatas Eretos, semelhantes ao Homem

**Antes de
50.000** O Homem começa a utilizar o fogo

**9.000 a
7.000** Domínio da Agricultura

6.000 Domesticação de cabras, porcos, ovelhas e bovinos

4.000

Domesticação do cavalo

3.500

Invenção da roda (Mesopotâmia)

1.500

Tecnologia do ferro

300

Rodas D'água (Grécia)

200

Arreios modernos (China)

650

Moinhos de vento – Arreios para Carroças

852

Queima de Carvão num monastério inglês

1.239

Cervejeiros e ferreiros utilizam carvão como combustível

1.600 Instalações hidráulicas de Versalhes consomem 56kW de energia

1.606 Primeiro motor a vapor experimental

1.673 Huygenes fabrica um MCI com pólvora

1.690 Papin – concepção do motor de êmbolos

1.693 Leibnitz formula a lei de conservação de energia

1.712 Newcomen fabrica a primeira máquina a vapor

1.765 Watt concebe o motor a vapor moderno

1.789

Trabalhos de Coulomb sobre eletrostática

1.820 a

Oersted, Ampere, Faraday e Maxwell – sobre eletricidade. Carnot e Classius formulam os princípios da termodinâmica

1.860

1.857

Primeiro poço de petróleo – Pensylvania - EUA

1.876

Otto concebe o motor de 4 tempos

1.882

Iluminação com lâmpadas incandescentes - NY

1.896

Becquerel descobre a radioatividade

1.903

Primeiro vôo dos irmãos Wright

1. 926

Goddard - primeiro foguete com carburante líquido

1.941

Primeiro vôo de um avião a jato

1.942

Funciona o primeiro reator atômico - EUA

1.945

Primeira explosão nuclear – Novo México, EUA

1.952

**Primeiro satélite artificial (Sputnik I – URSS)
e Primeira Central de Energia Nuclear - EUA**

1.969

O Homem chega à Lua

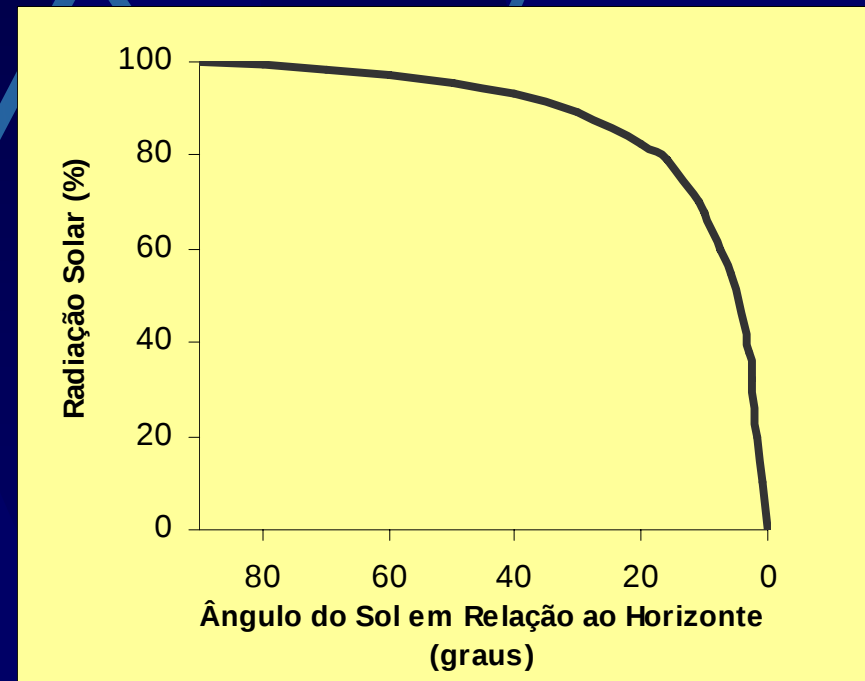
1.973

Início da Primeira crise do petróleo.

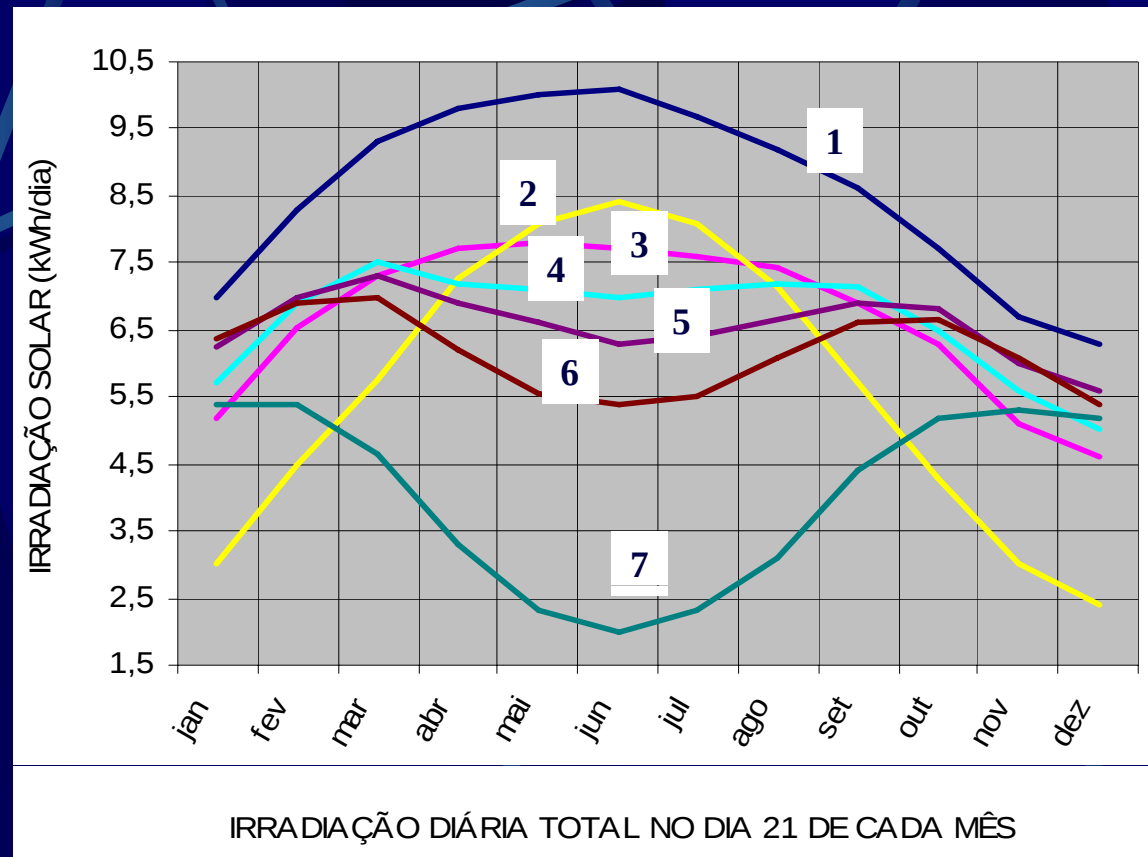
2. DADOS FÍSICOS SOBRE O SOL

Distância da Terra	$(1,4960 \pm 0,0003) \cdot 10^8 \text{ km}$
Raio	$(6,960 \pm 0,001) \cdot 10^5 \text{ km}$
Massa	$(1,991 \pm 0,002) \cdot 10^{30} \text{ kg}$
Densidade média	$(1,410 \pm 0,002) \text{ kg/m}^3$
Energia total média produzida	$(3,86 \pm 0,03) \cdot 10^{20} \text{ MW}$
Fluxo de energia superficial	$63,4 \text{ MW/m}^2$
Temperatura superficial	$(5780 \pm 50) \text{ K}$
Constante Solar	$1,36 \text{ kW/m}^2$ (à distância média)

3. FATORES QUE INTERFEREM NA ENERGIA SOLAR NA SUPERFÍCIE DO PLANETA



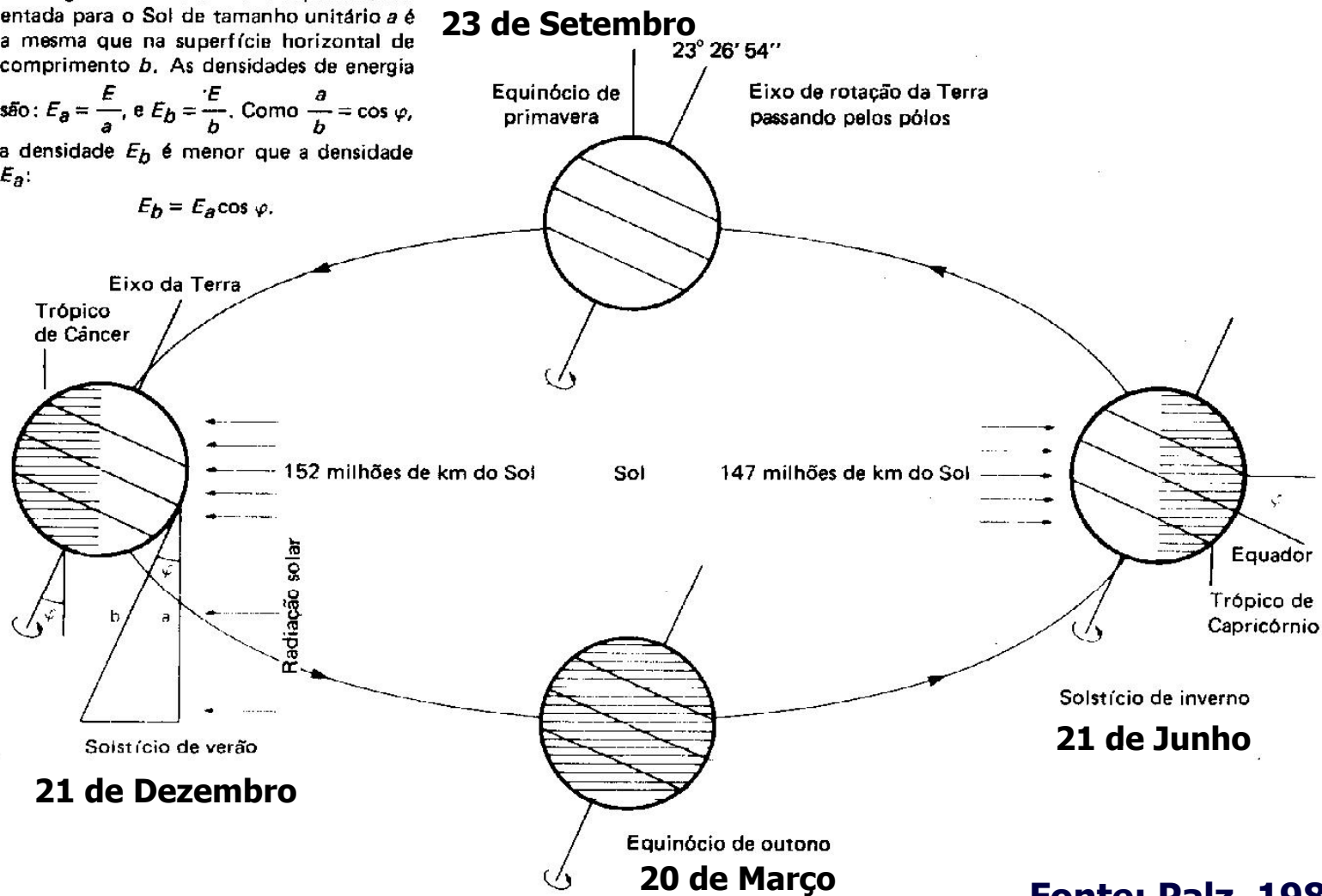
Radiação solar junto ao solo em função do posicionamento relativo do Sol no horizonte (Adaptado de Cometta, s.d.)



Variação da radiação solar diária total (latitude 40°): 1- Sup. Perpendicular seguindo o Sol, 2- Sup. Horizontal, 3- Sup. Orientada p/ o sul inclinada 30°, 4- Idem com inclinação igual à latitude, 5- Idem, inclinação latitude mais 10°, 6- Idem, mais 20°, 7- Superfície Vertical voltada para o sul (Adaptado de Cometta)

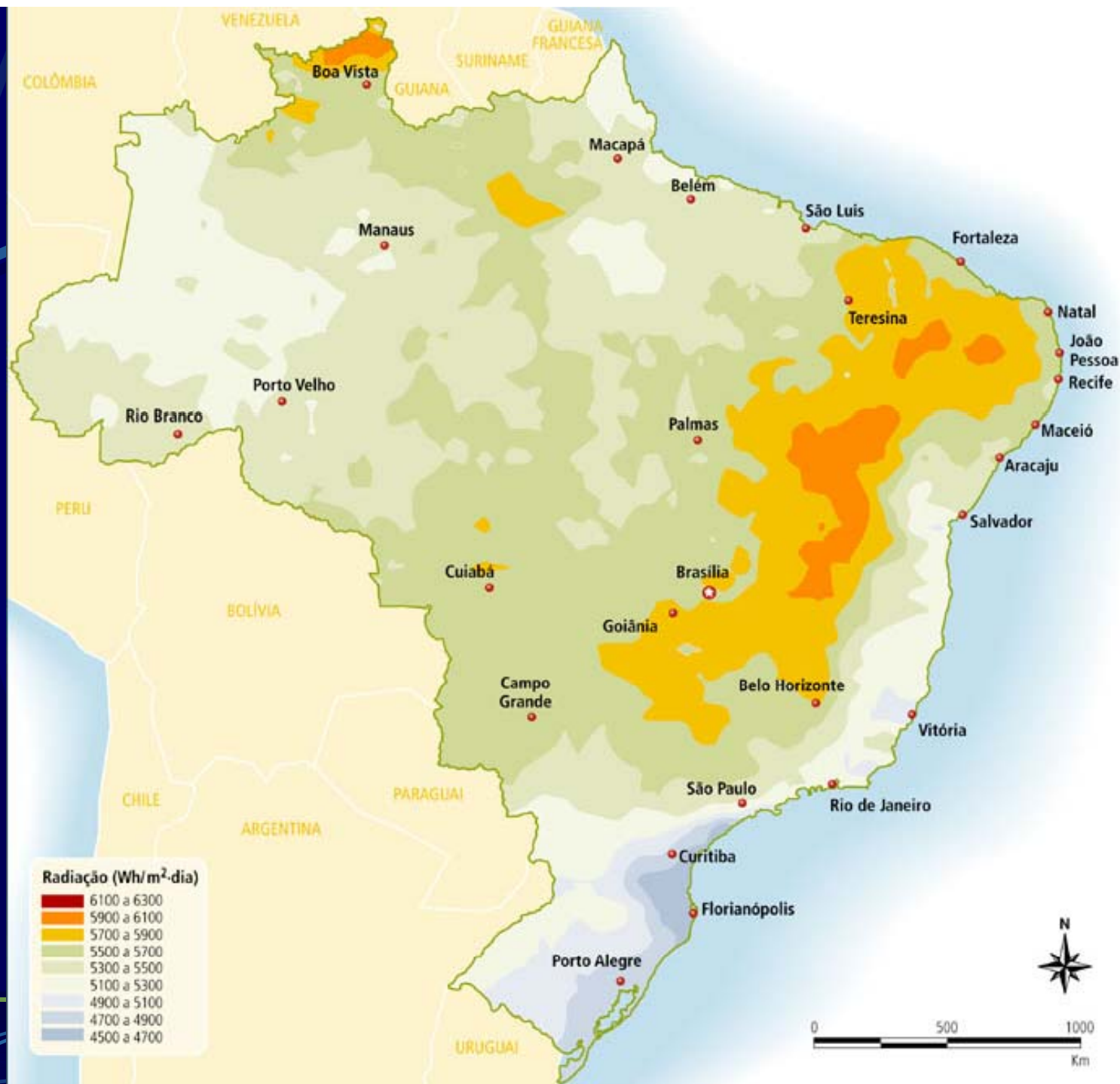
A energia total E recebida na superfície orientada para o Sol de tamanho unitário a é a mesma que na superfície horizontal de comprimento b . As densidades de energia são: $E_a = \frac{E}{a}$, e $E_b = \frac{E}{b}$. Como $\frac{a}{b} = \cos \varphi$, a densidade E_b é menor que a densidade E_a :

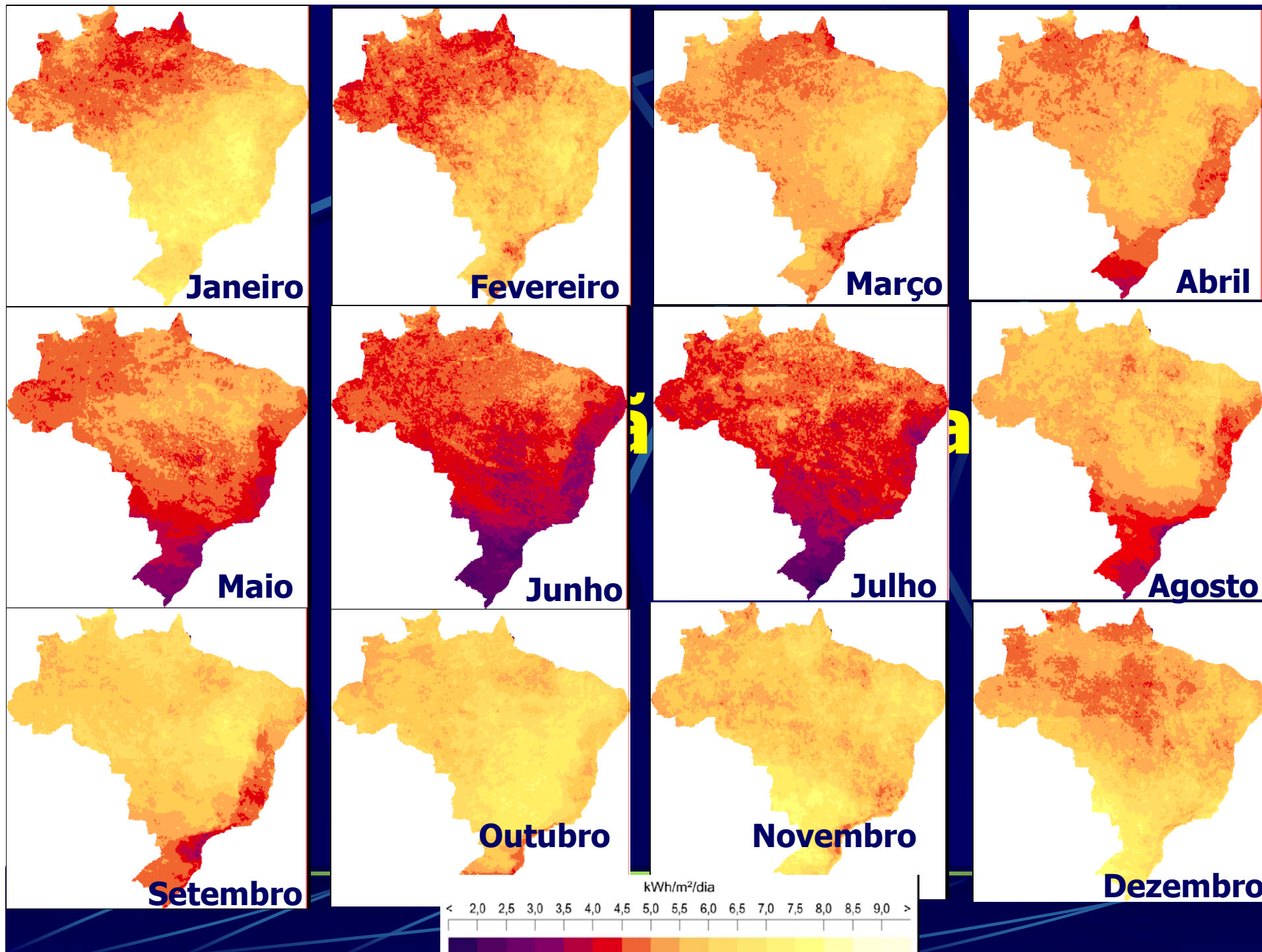
$$E_b = E_a \cos \varphi.$$



Fonte: Palz, 1981

Irradiação Solar No Brasil





Valores anuais médios de radiação solar incidente sobre a Terra, fora da atmosfera e na superfície (kWh/m²/dia) (Cometta, s.d.)

Latitude em graus	0	10	20	30	40	50
Fora da Atmosfera	10,20	10,06	9,61	8,92	8,02	6,91
Na superfície	6,63	6,57	6,42	6,10	5,49	4,69

Considerações:

$$I_0 = 1.367 \text{ W/ m}^2$$

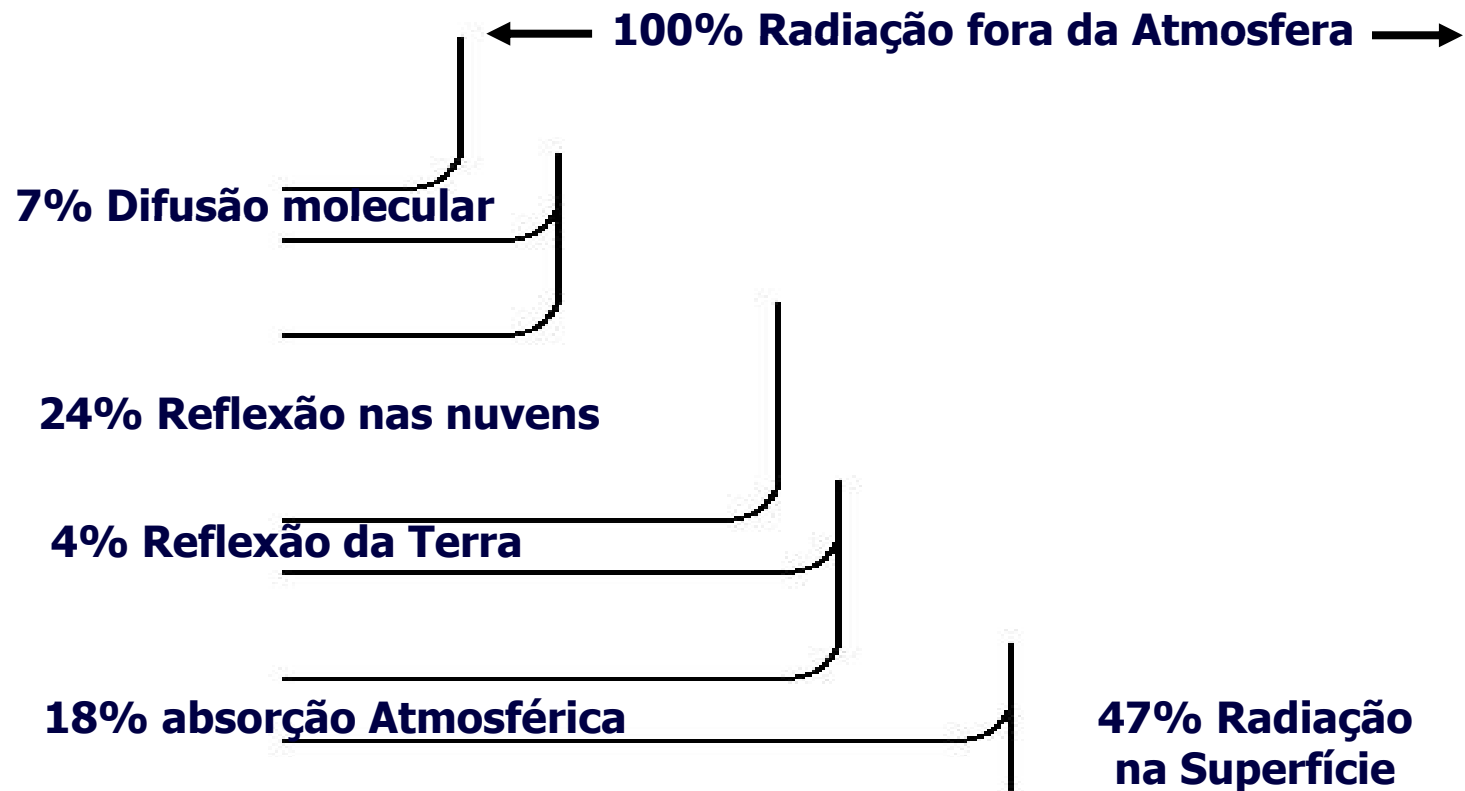
$$\text{Raio do Planeta} = 6,37 \times 10^6 \text{ m}$$

Consumo humano mínimo = 8.400 kJ/dia

$$W = j/s$$

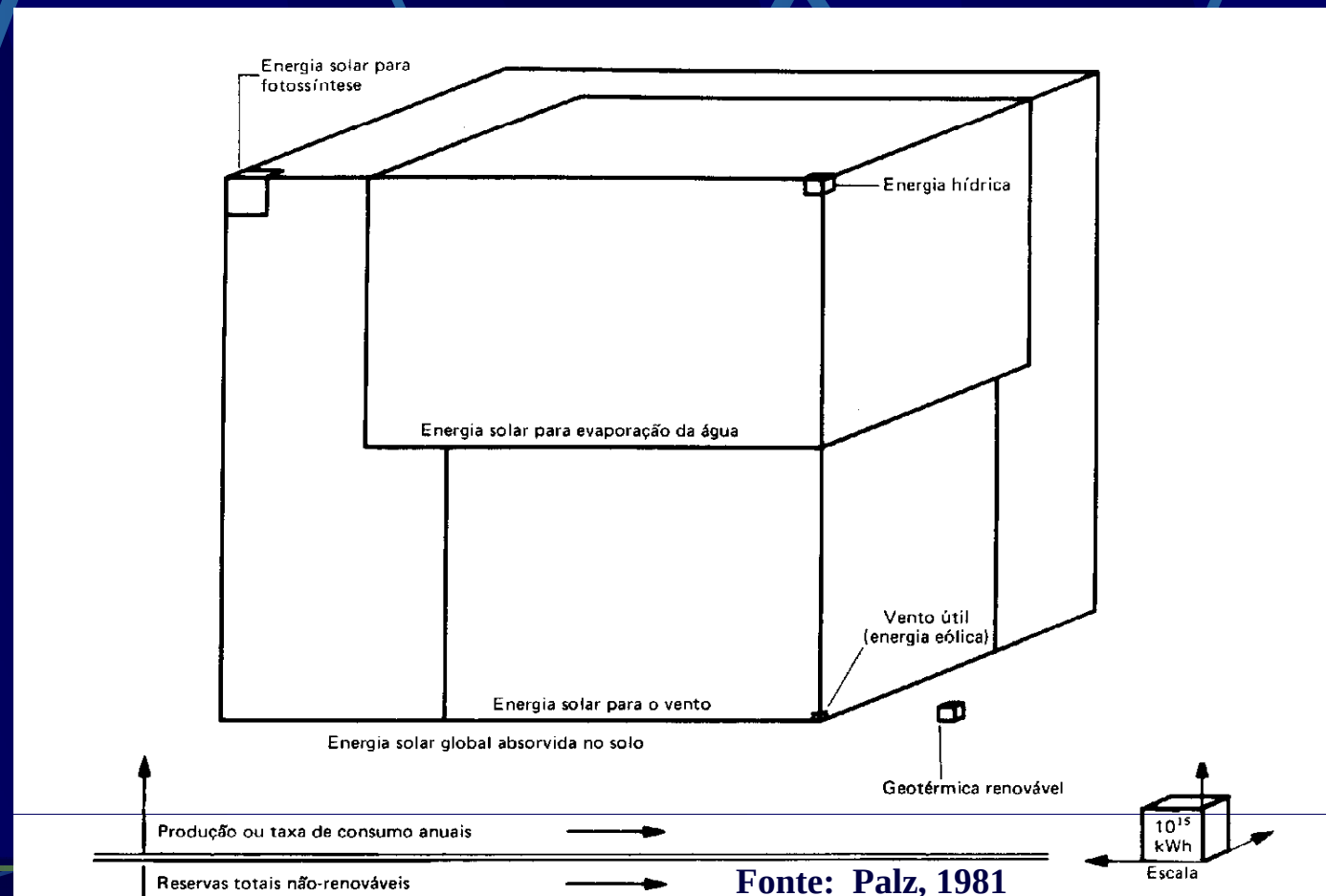
A quantidade de energia solar que chega, por unidade de tempo e por unidade de área, a uma superfície perpendicular aos raios solares, à distância média Terra-Sol, se chama **constante solar**

REPARTIÇÃO DO FLUXO ENERGÉTICO ENVIADO PELO SOL SOBRE A TERRA



Adaptado de Palz, 1981

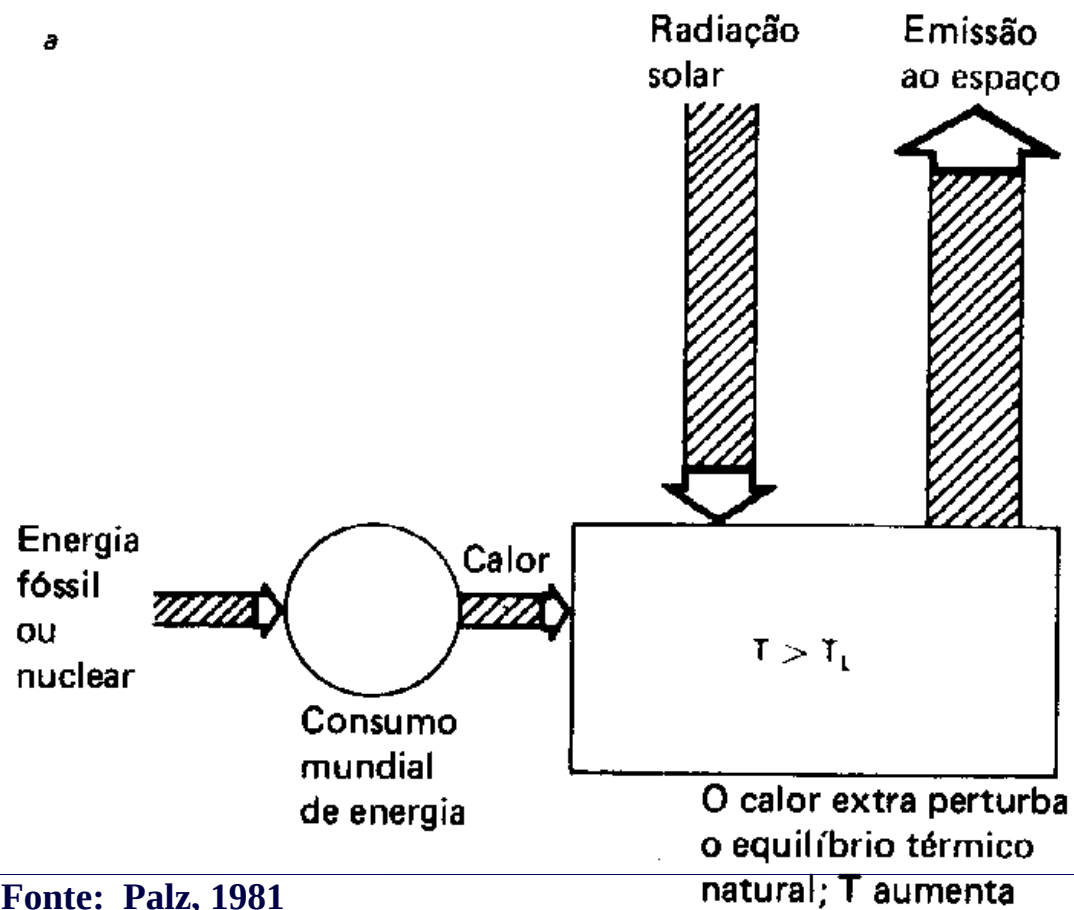
COMO A ENERGIA QUE CHEGA À SUPERFÍCIE É USADA?



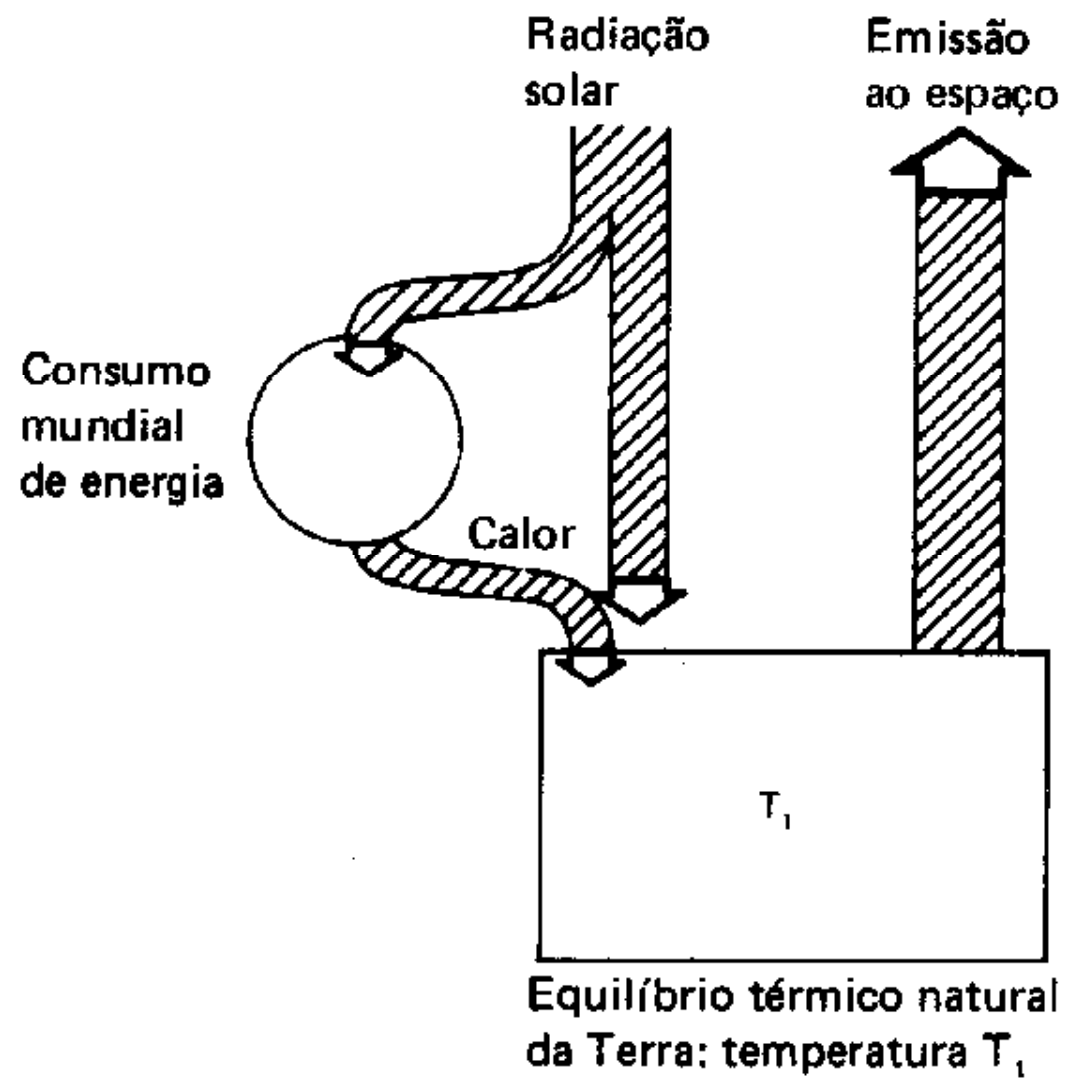
À luz de tudo o que se afirmou, por que o aproveitamento da energia solar para fins práticos é inexistente?

- **É disseminada**
- **É descontínua (condições temporais, geográficas e atmosféricas)**
- **É de difícil armazenagem**

EQUILÍBRIO ENERGÉTICO TERRESTRE



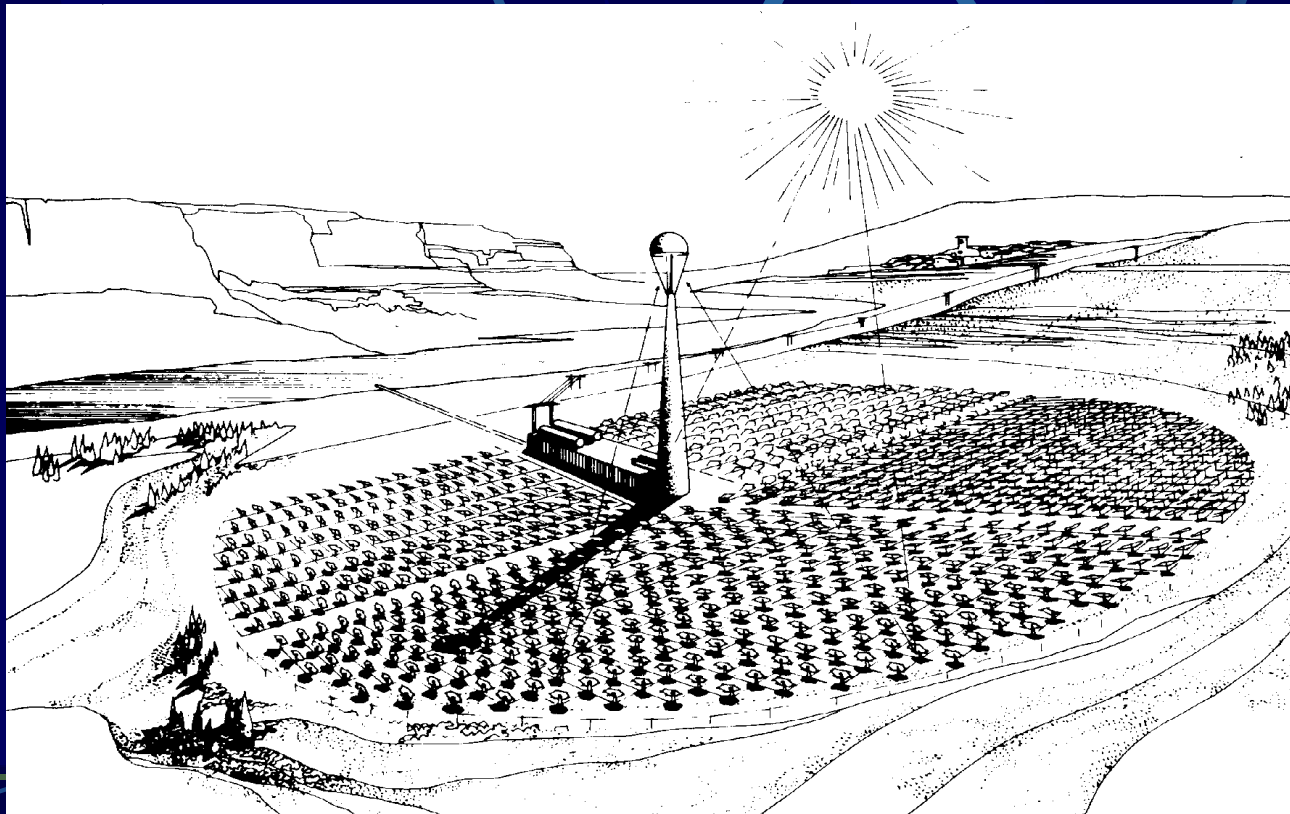
Fonte: Palz, 1981



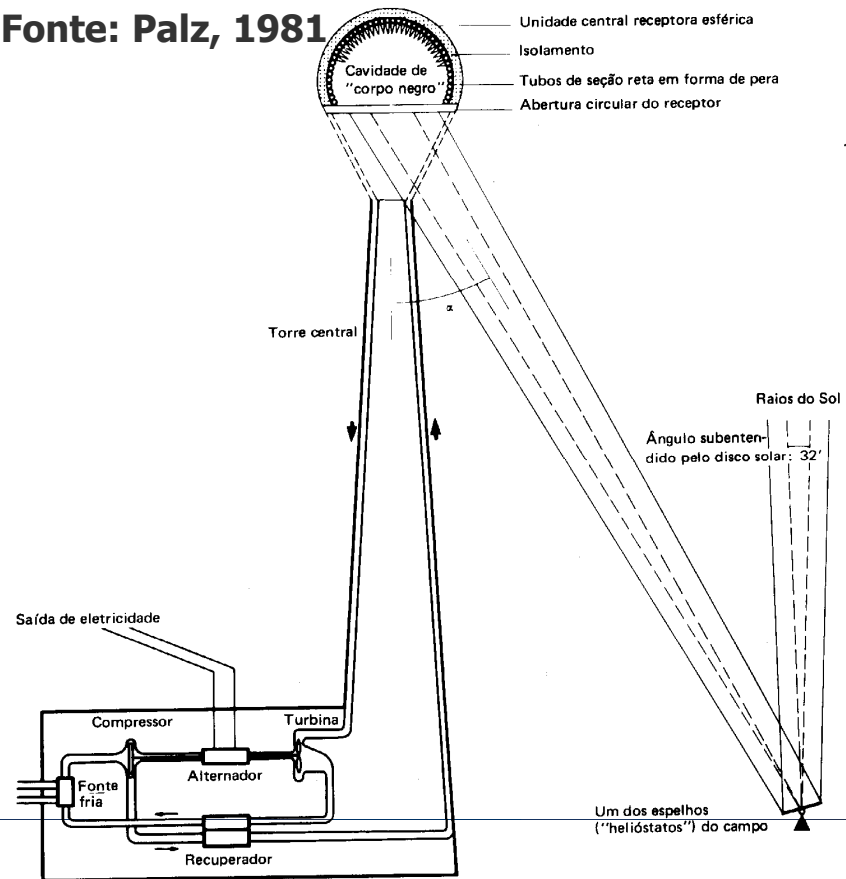
Fonte: Palz, 1981

4. EXEMPLOS DE SISTEMAS DE CAPTAÇÃO

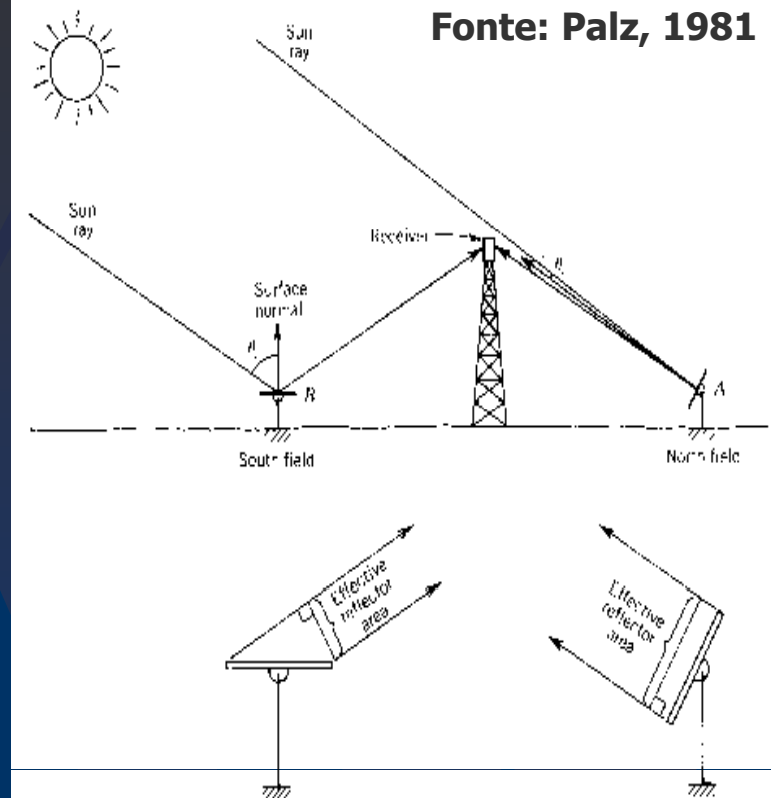
4.1. Central Solar de Receptor Central (Fonte: Palz, 1981)



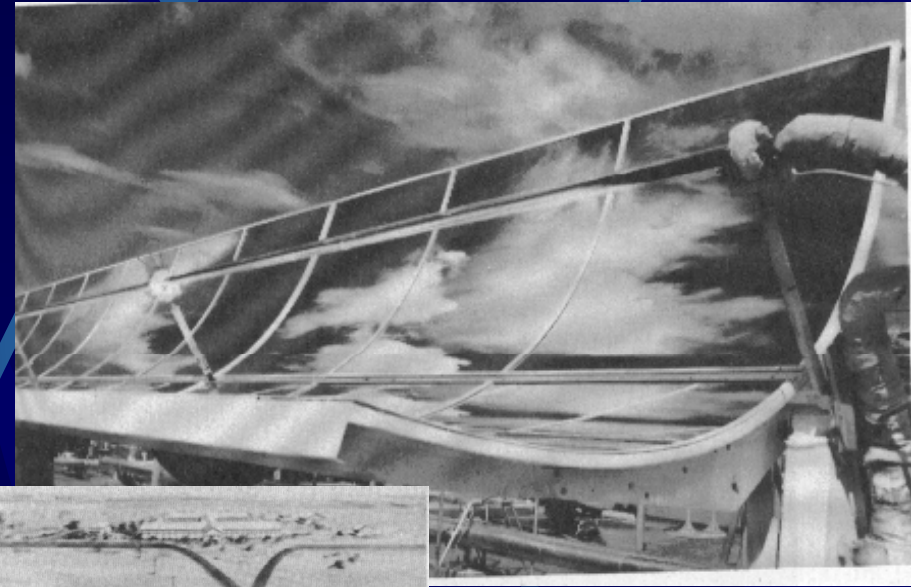
Fonte: Palz, 1981



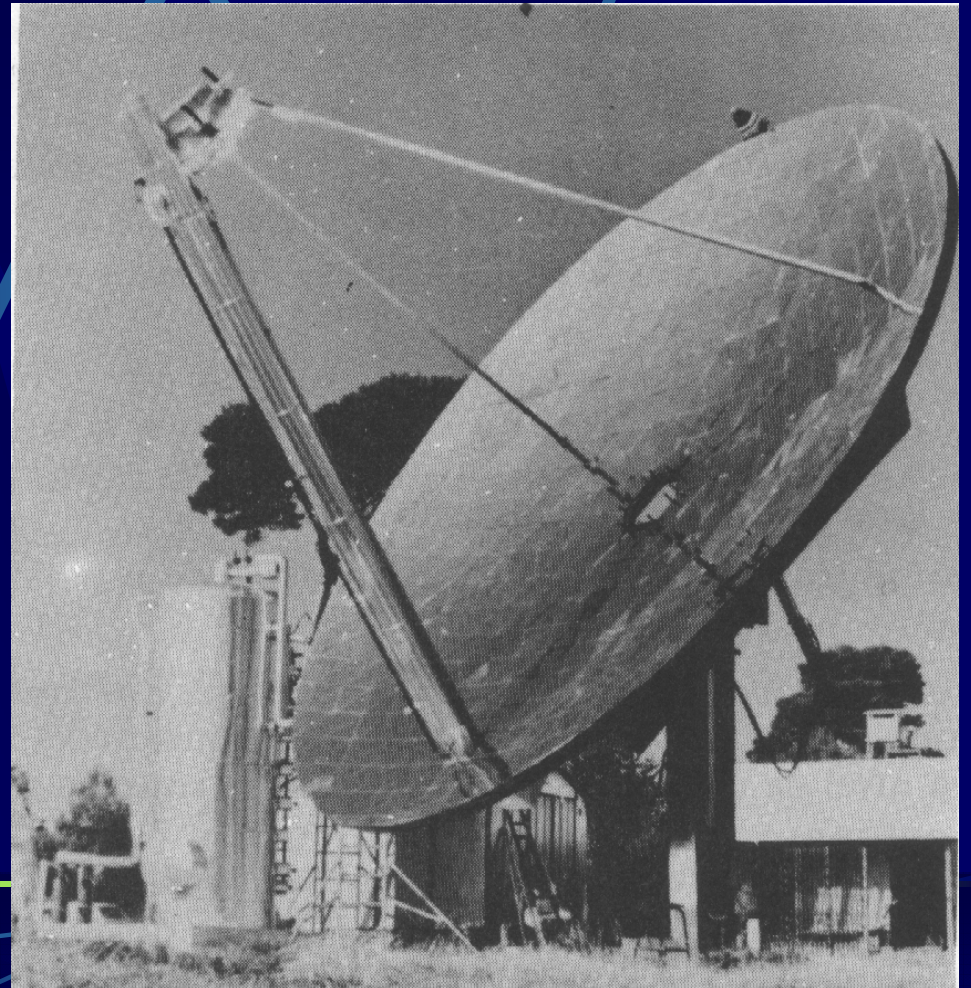
Fonte: Palz, 1981

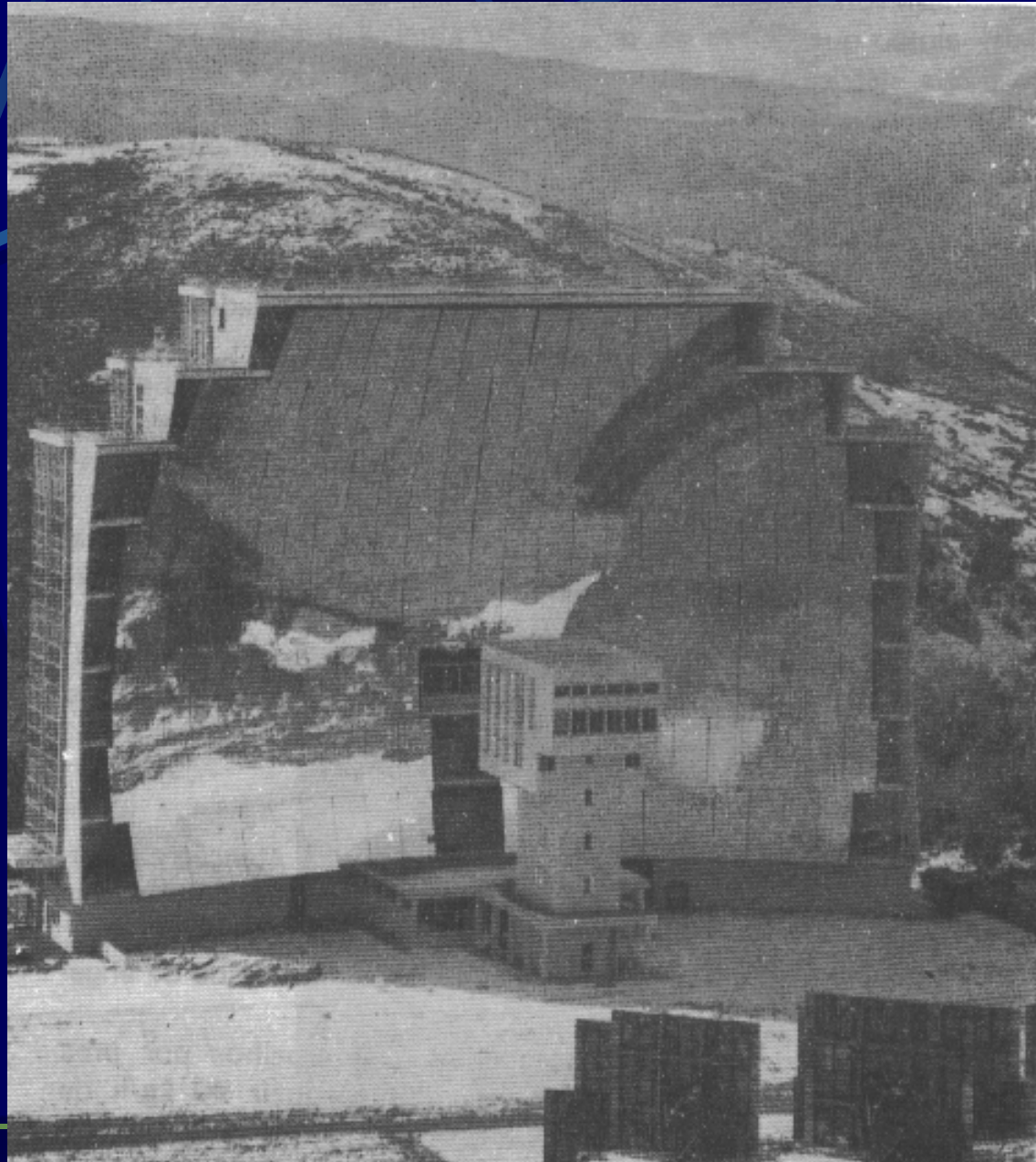


4.2 Coletores parabólicos De Calhas

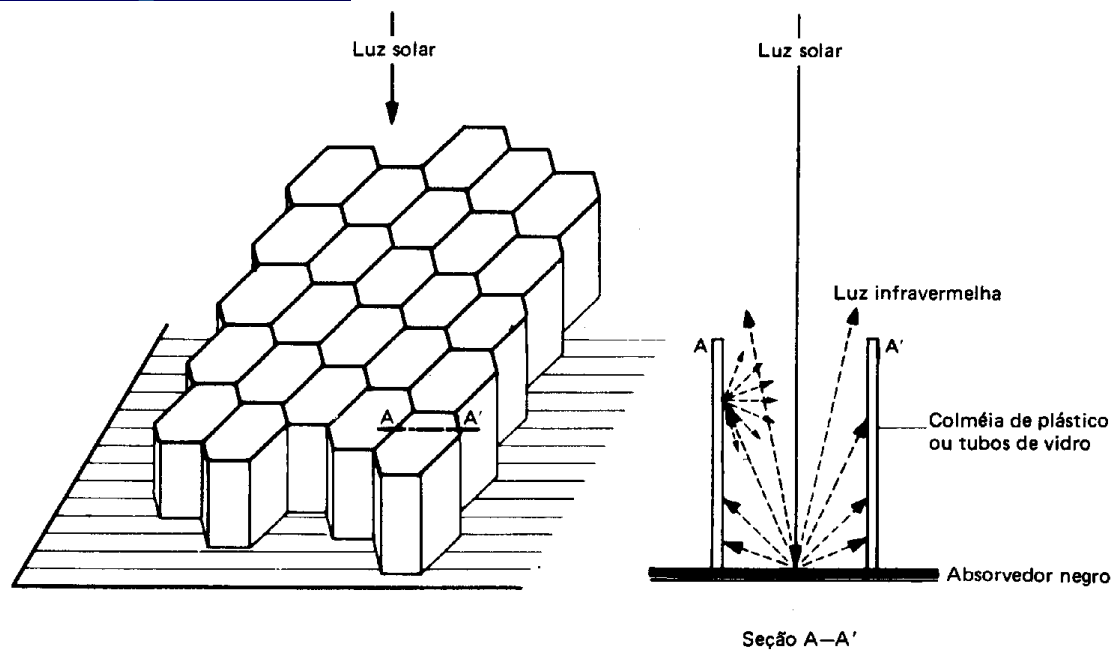
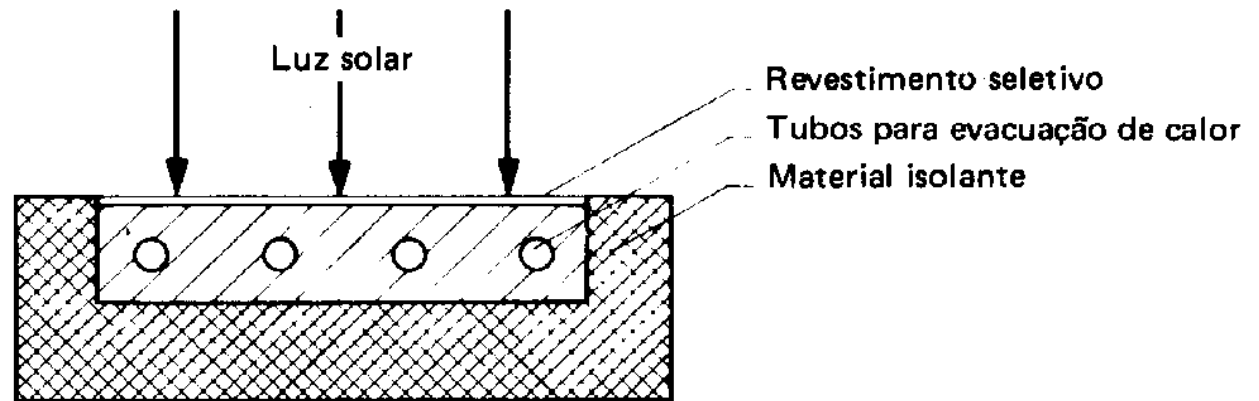


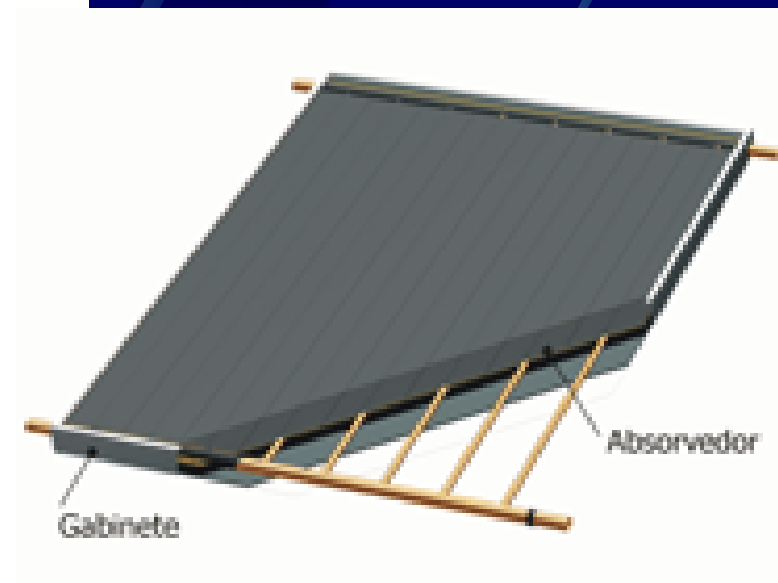
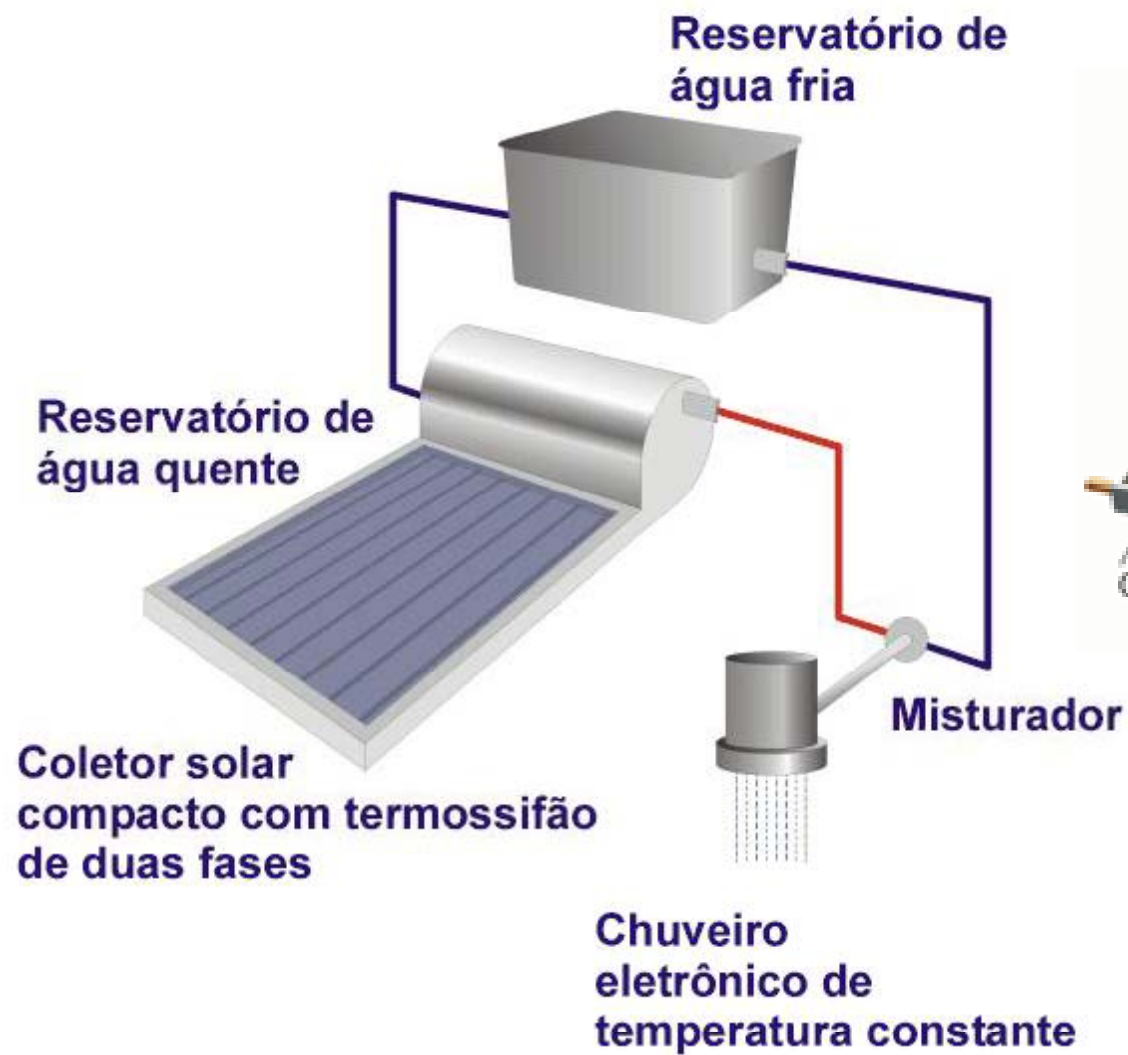
De Calota





4.3 Coletores planos





- Investimento esperado = R\$ 1000,00
- Investimento mínimo exigido em geração elétrica = US\$ 5.500,00/4kW

EXERCÍCIO:

Determinar área (A) de um coletor solar plano para fornecer energia térmica visando aquecer diariamente 100 litros de água para utilização em uma residência, com temperatura de alimentação de 20° C até 50° C, se o tempo de insolação diário for de 8h

$$Q = m \cdot C \cdot \Delta t$$

m – massa de fluido

C – capacidade calorífica do fluido (calor específico)

Δt – diferença de temperatura

m – 100 kg

C – 1 cal/g °C 1 cal = 4,18 J

Δt – (50 – 20) = 30 °C

$$Q = 100\cancel{\text{kg}} \cdot 1 \frac{\cancel{\text{cal}}}{\cancel{\text{g}}^{\circ\text{C}}} \cdot 30^{\circ\text{C}} \cdot \frac{1000\cancel{\text{g}}}{\cancel{\text{kg}}} \cdot \frac{4,18\cancel{\text{J}}}{\cancel{\text{cal}}}$$

$$Q = 12.540.000 \text{ J}$$

$$1 \text{ Watt} = 1 \text{ J/s}$$

$$I = 1.367 \text{ W/m}^2$$

Qual é a ÁREA de coletor necessária para captar essa quantidade de energia?

$$I = 1.367 \text{ W/m}^2$$

Devido à rotação da Terra, a energia média incidente no topo da atmosfera, por unidade de área e por unidade de tempo, é aproximadamente 1/4 da constante solar. Além disso, a atmosfera reflete 39% da radiação, de forma que apenas 61% é usada no aquecimento da Terra. Chamando a energia média que chega perpendicularmente à superfície da Terra, por unidade de tempo e por unidade de área, temos que:

$$E_z = 1.367 \cdot \frac{1}{4} \cdot 0,61 = 208 \text{ W/m}^2$$

$$E_z = 208 \text{ W/m}^2$$

$$S = \frac{E_n}{\eta \cdot E_z \cdot t}$$

S – área do coletor (m²)

E_n – energia necessária para o efeito desejado

η – rendimento do coletor

E_z - quantidade de energia solar efetivamente recebida no local

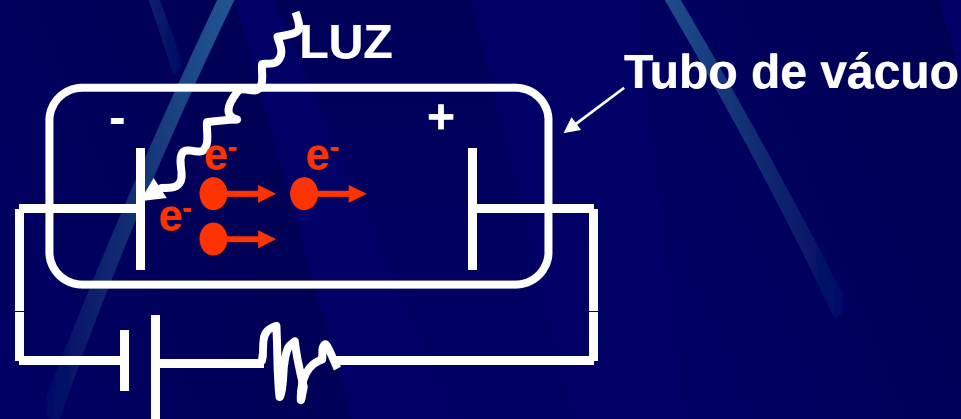
t – tempo diário de insolação

$$S = \frac{12.540.000 \cancel{\text{J}}}{0,5 \cdot 208 \cancel{\text{W}} \cdot 8 \cancel{\text{h}} \cdot \frac{1 \cancel{\text{W s}}}{\cancel{\text{J}}} \cdot \frac{1 \cancel{\text{h}}}{3600 \cancel{\text{s}}} = 4,19 \text{ m}^2$$

CÉLULAS SOLARES

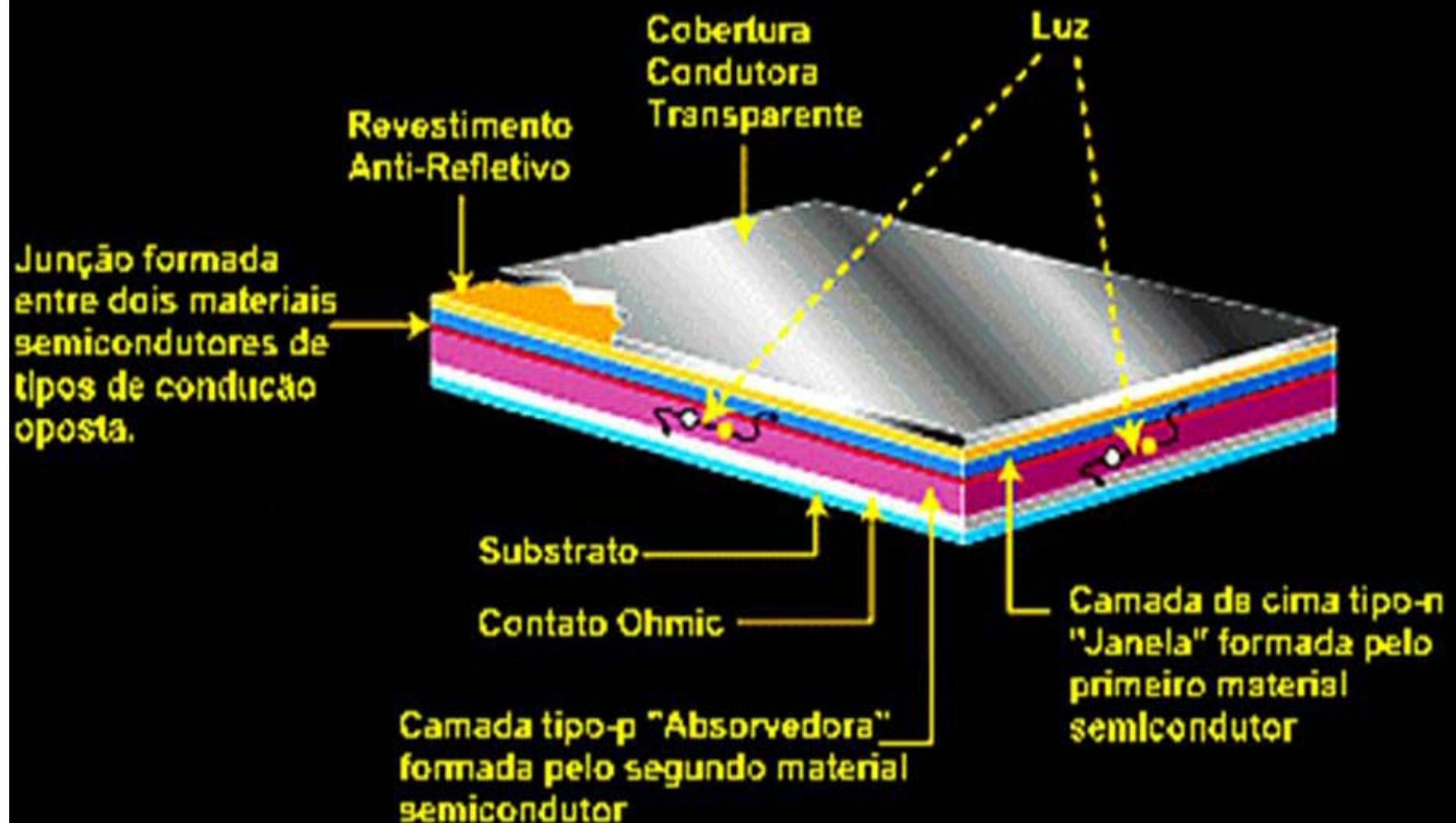
H. HERTZ EM 1887 DESCOBRIU O PRINCÍPIO DO USO DIRETO DA ENERGIA SOLAR PARA PRODUÇÃO DE ELETRICIDADE (QUANDO A LUZ ATINGE DETERMINADOS METAIS, ELÉTRONS SÃO EMITIDOS).

O FENÔMENO É DENOMINADO DE “EFEITO FOTOELÉTRICO”

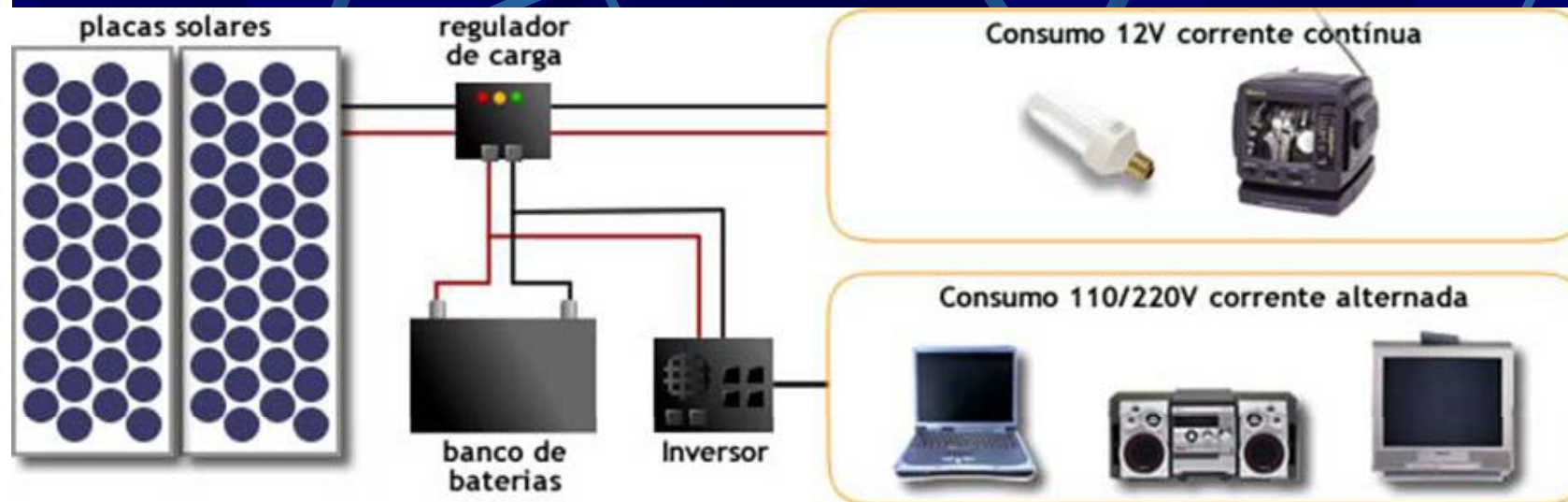


Luz incidindo na placa negativa, elétrons são emitidos com uma quantidade de Energia cinética inversamente proporcional ao comprimento da onda da luz Incidente.

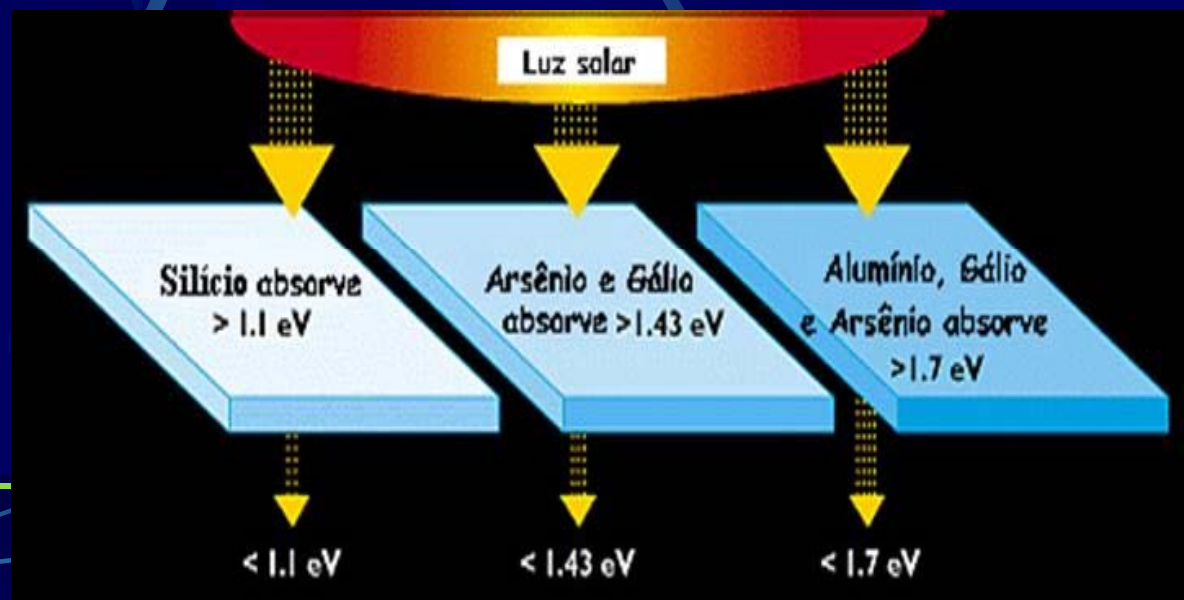
CÉLULA FOTOVOLTAICA



SISTEMA FOTOVOLTAICO



- *Placas solares*
- *Regulador de carga*
- *Banco de baterias*
- *Inversor*





CÉLULAS FOTO VOLTAICAS

Bibliografia Indicada

Cometta, E. Energia Solar. Hemus, 1987. 127p.

Luiz, A. M. Como aproveitar a energia solar. Edgard Blucher, 1985. 191p.

Palz, W. Energia solar e fontes alternativas. Hemus, 1981. 357p.