

BIJ0207-15

Bases Conceituais da Energia

Prof. Dr. José Antonio Souza

Aula 8



Fundamentos básicos da energia solar

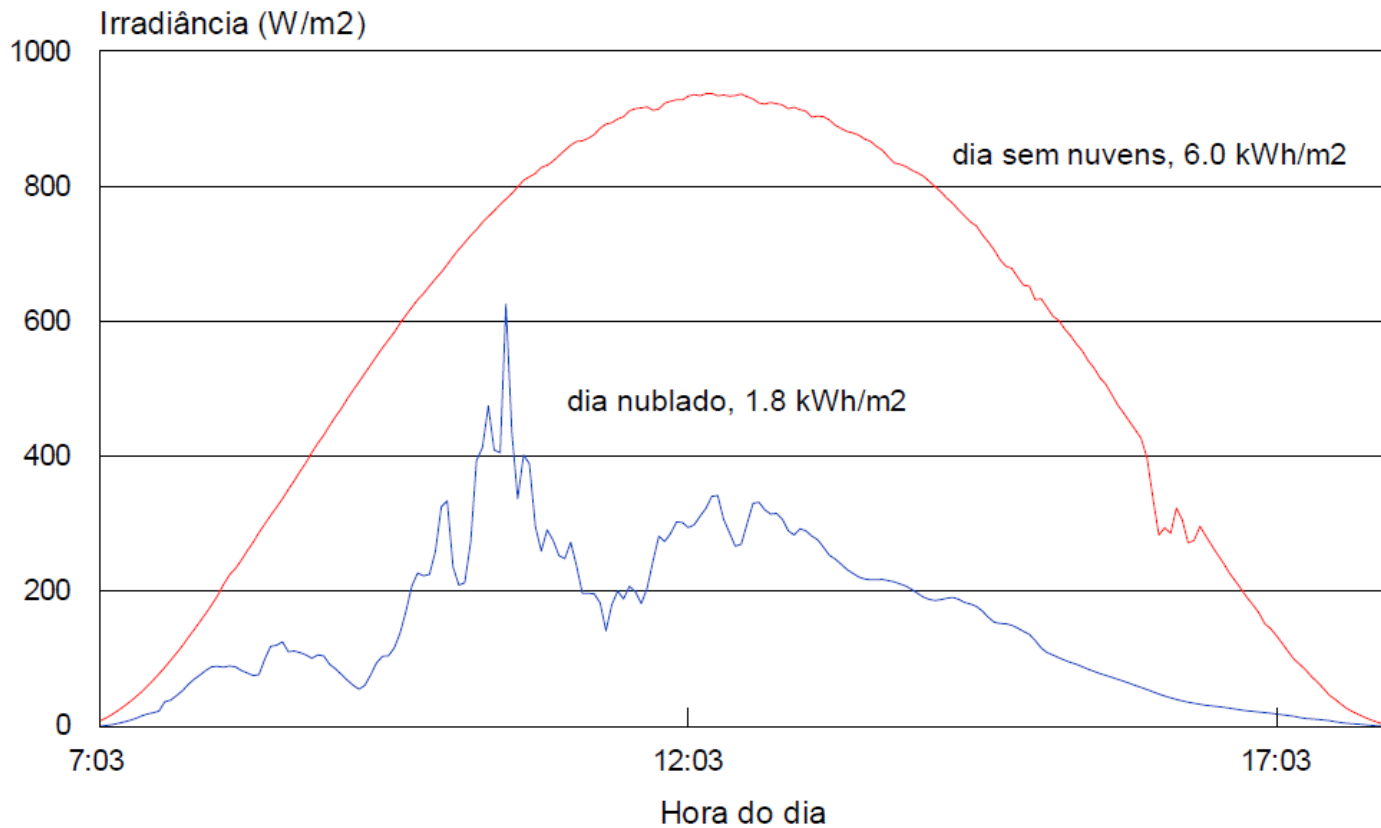
Espectro da radiação solar = 0,2 a 3,0 μm

Comprimentos de onda

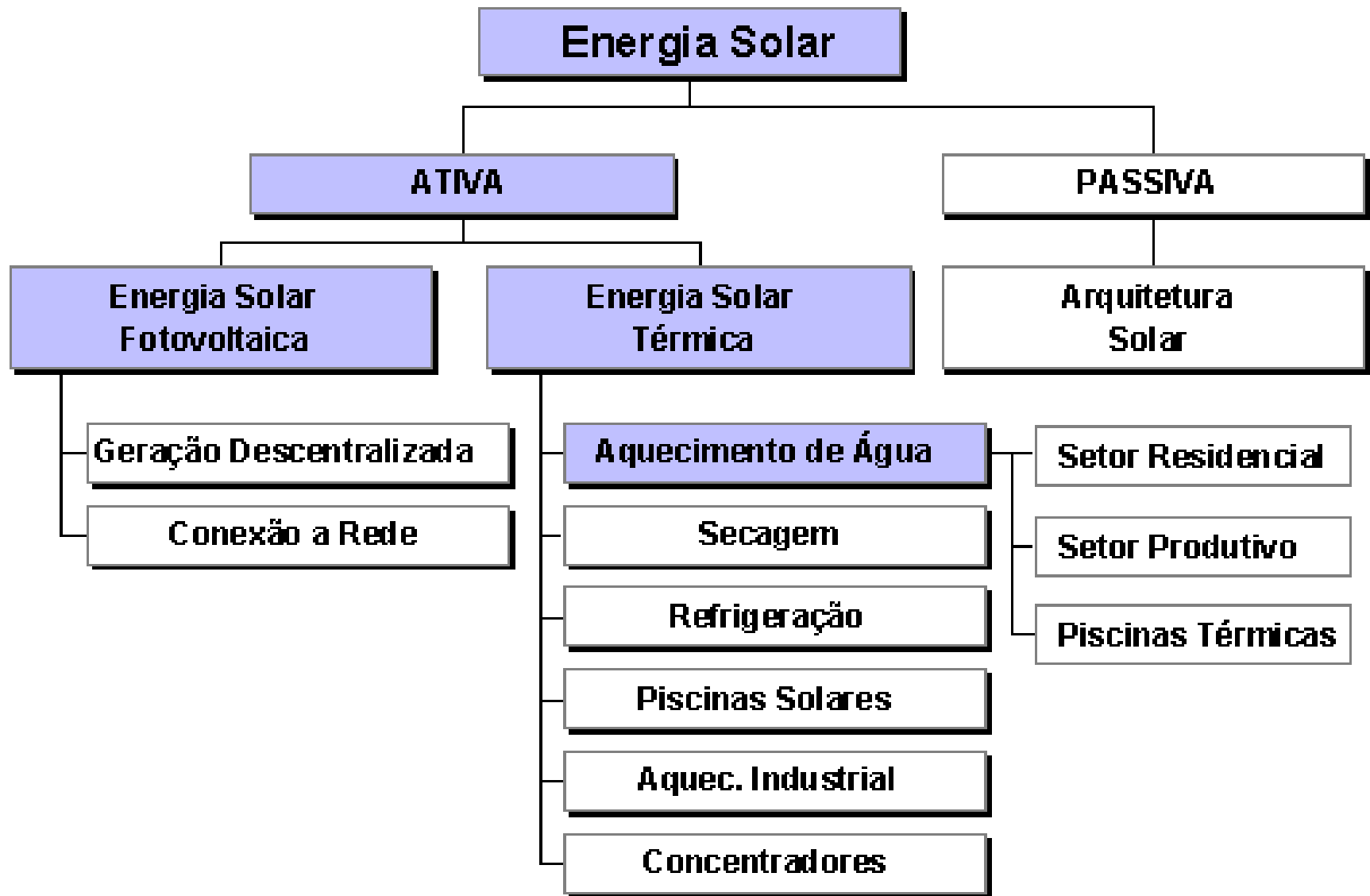
- Ultravioleta (UV) – 0,2 a 0,38 μm
- Luz visível – 0,38 μm (**violeta**) a 0,7 μm (**vermelho**)
- Infravermelho – 0,7 μm a 3,0 μm

Constante Solar = densidade média do fluxo da radiação solar = 1367 W/m²

COMPORTAMENTO DIÁRIO DA RADIAÇÃO SOLAR



TIPOS E APLICAÇÕES DA ENERGIA SOLAR



Efeito fotoelétrico

Energia da radiação eletromagnética

$$E = h\nu$$

$$K = h\nu - E_{\text{lig}}$$

onde E_{lig} é a energia de ligação do elétron no metal ou no semicondutor

e K é a energia cinética do elétron

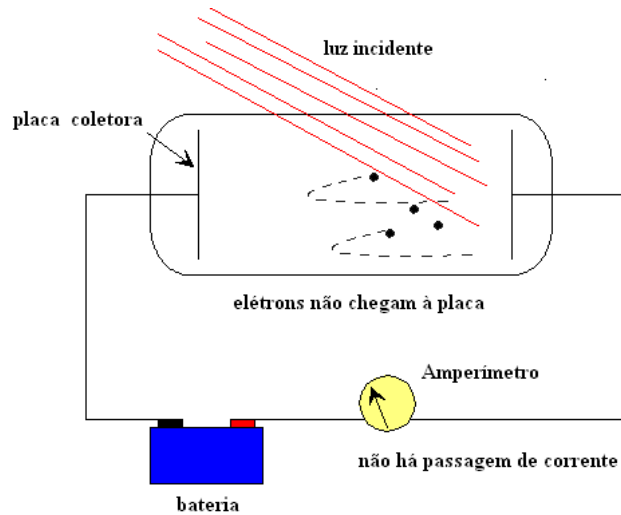
Os elétrons em movimento constituem uma corrente elétrica que pode ser coletada e alimentar um circuito elétrico.

Efeito fotoelétrico: explicando as observações experimentais

- Aumentar a intensidade \neq aumentar energia

amplitude

freqüência

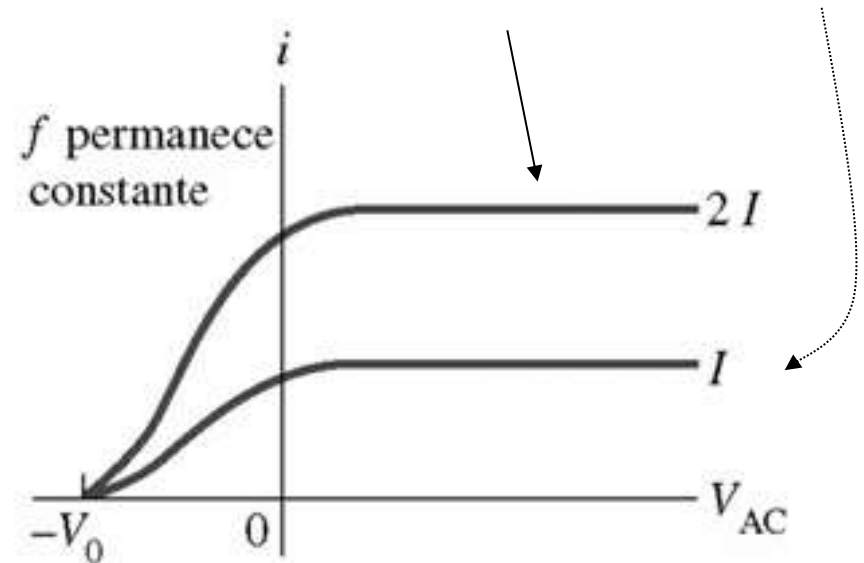


Intensidade alta Intensidade baixa



Corrente fotoelétrica i em função do potencial V_{AC} do anodo em relação ao catodo para uma frequência da luz constante.

O potencial de frenamento (de corte) independe da intensidade da luz I , contudo a corrente fotoelétrica é diretamente proporcional à intensidade.



Mesma frequência, mas Intensidade diferente!!!

Efeito fotoelétrico: considerações de Einstein (Nobel 1921)

•Equação de Einstein

$$\left(\frac{1}{2}mv^2\right)_{\max} = h\nu - \phi$$

Energia cinética
do elétron

Energia da Radiação

Φ = função trabalho (energia necessária para “arrancar” o elétron) característica do material.

- Aplicações

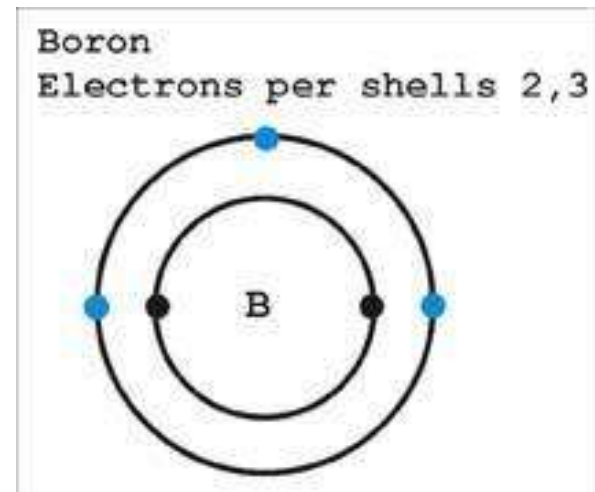
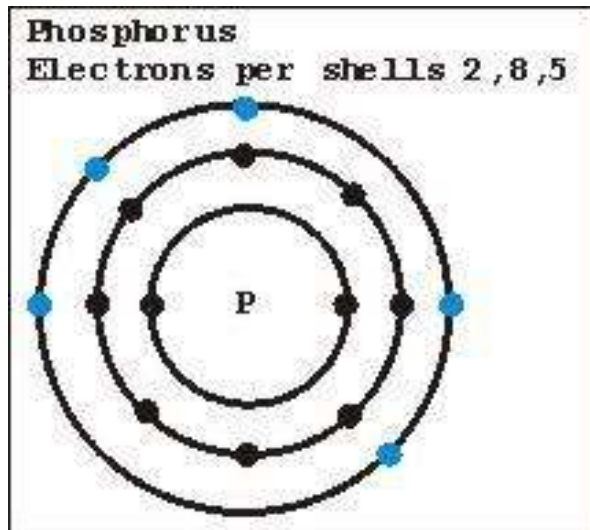
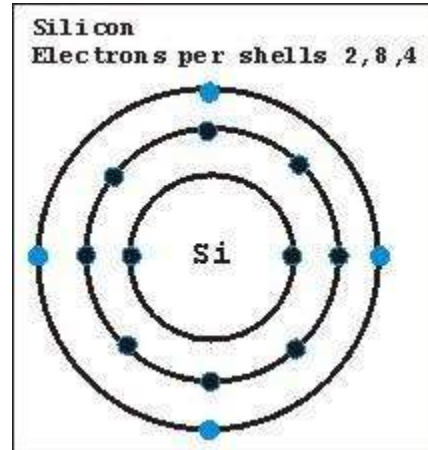
- Energia solar

- Detectores de presença

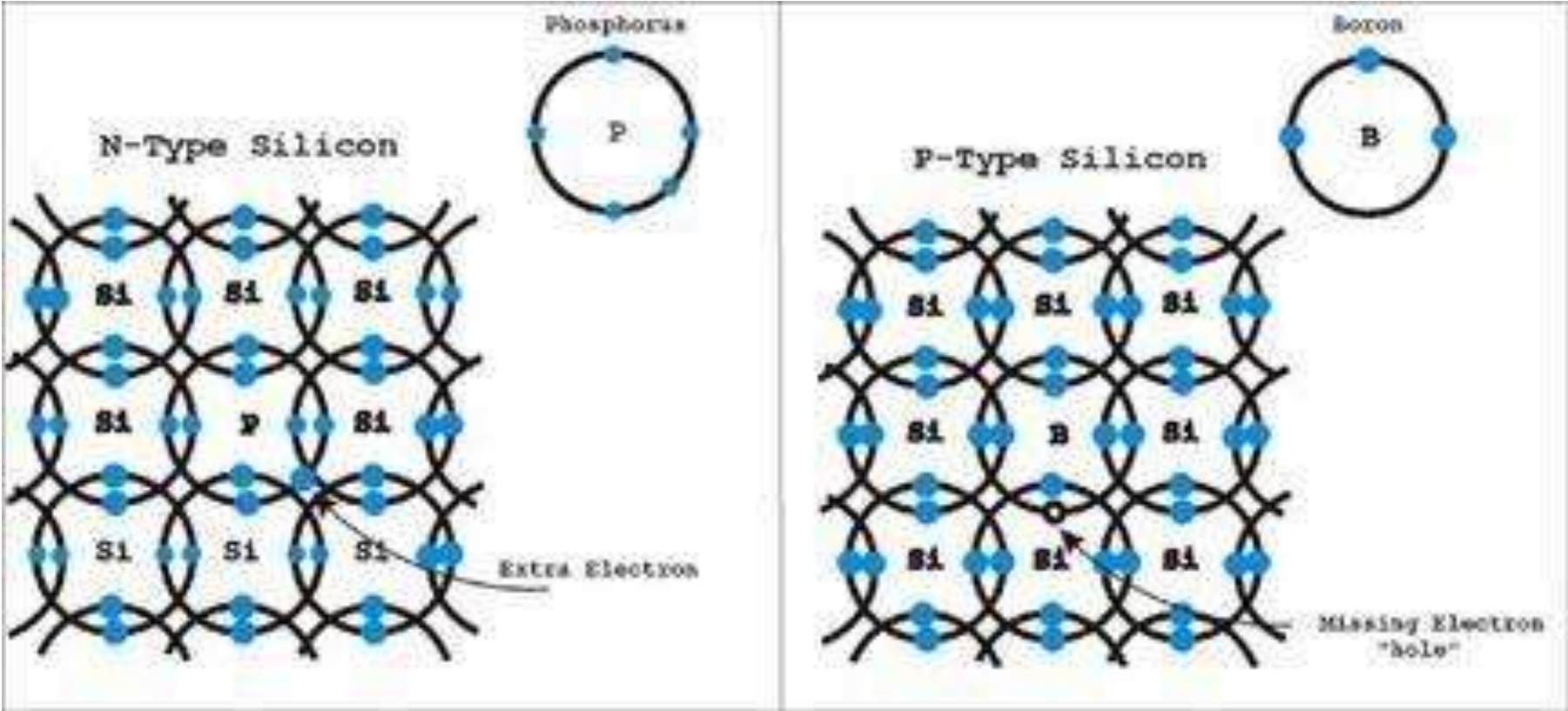
- Fotocélulas

- Etc.

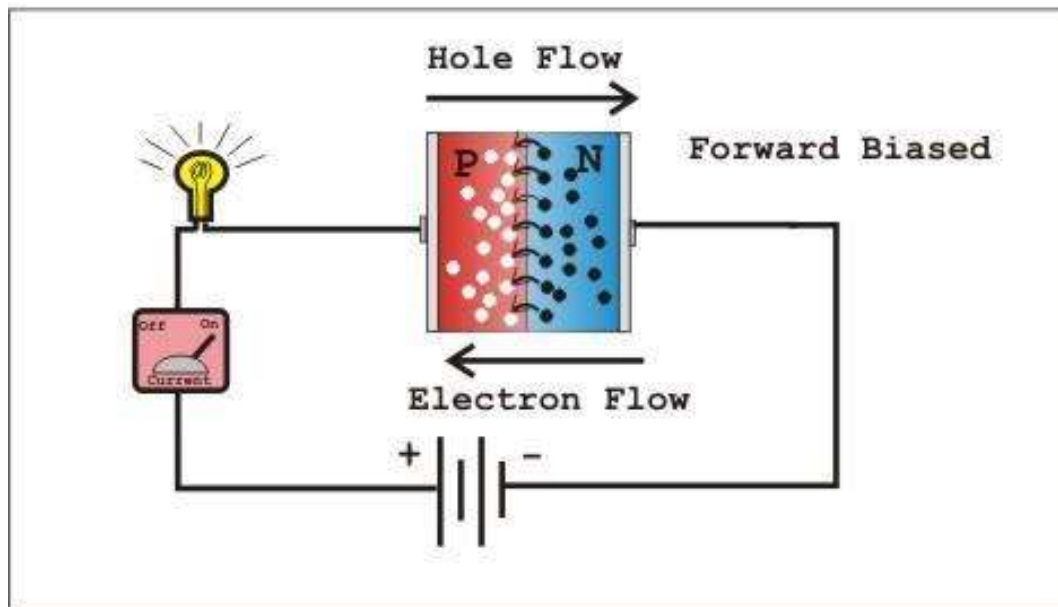
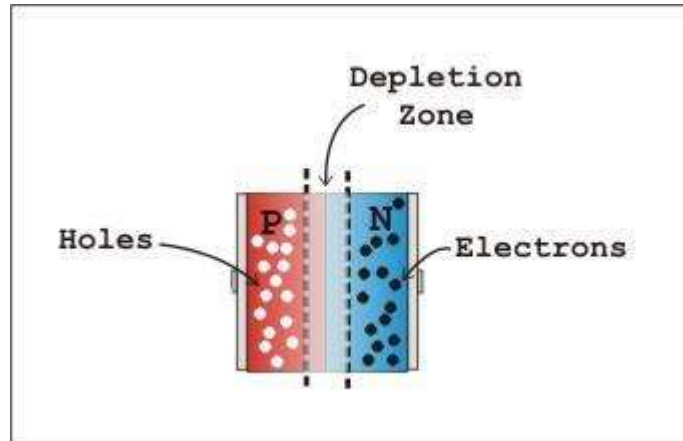
Junção PN



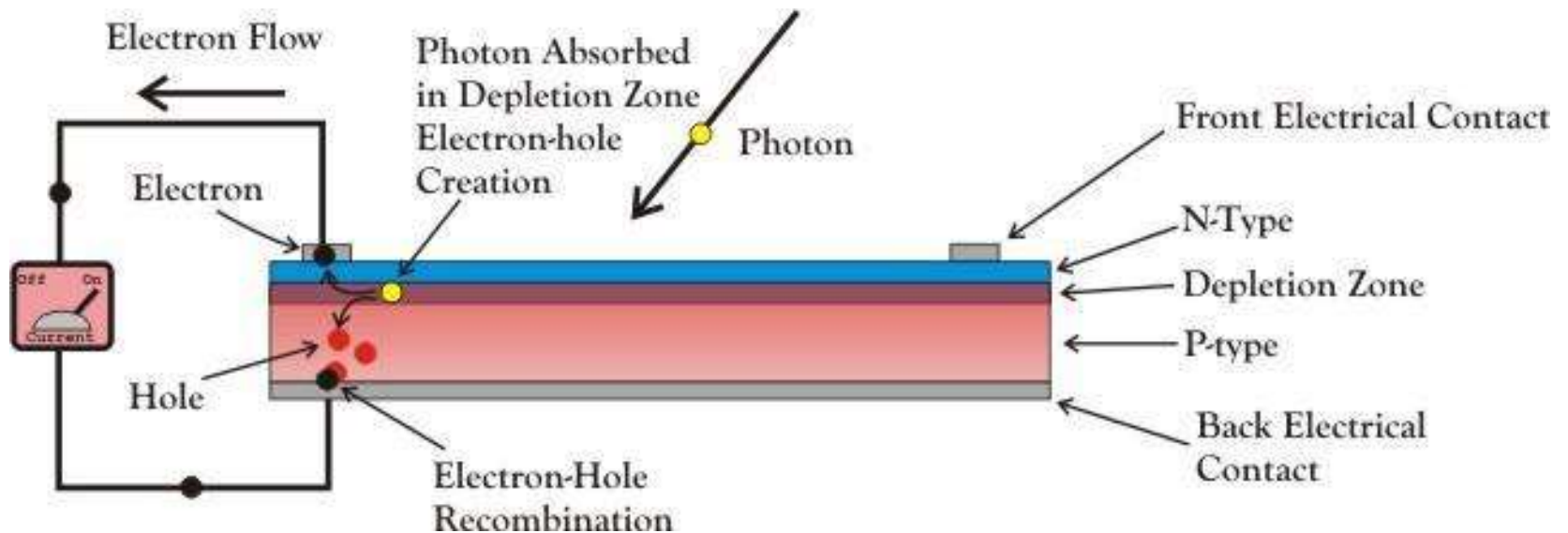
Junção PN



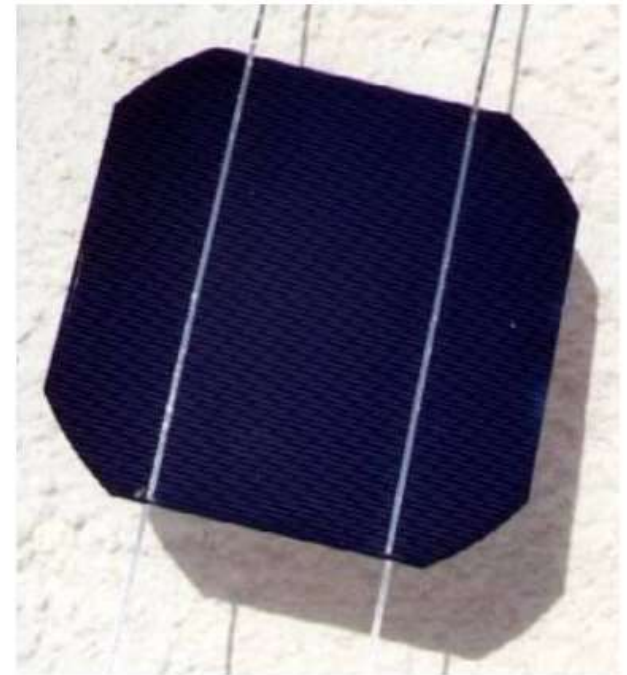
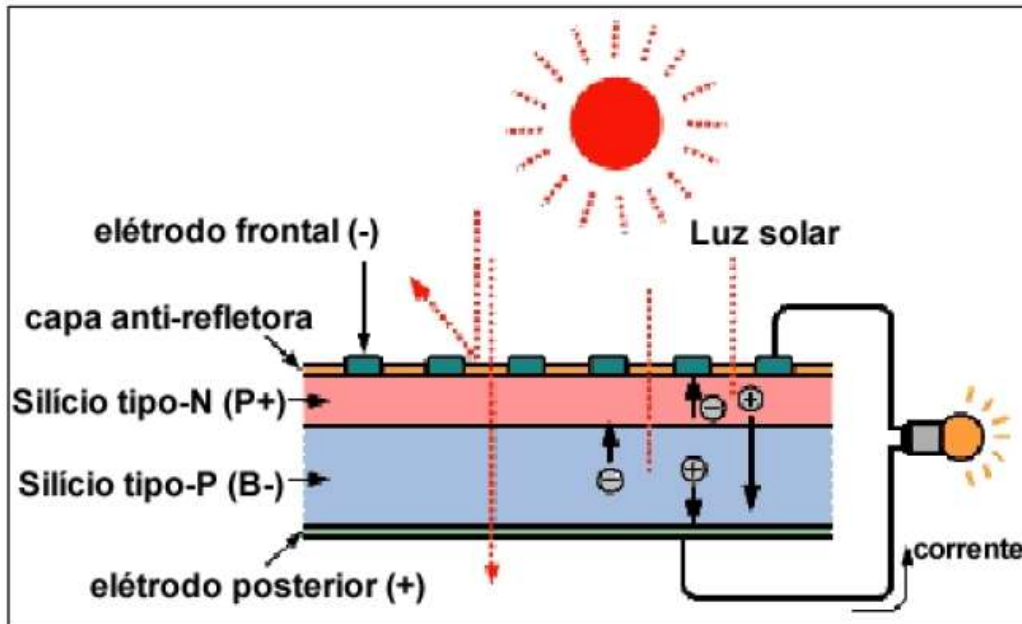
Junção PN



Célula Fotovoltaica



Como funciona uma célula fotovoltaica?



100 mm × 100 mm

Tensão:

Circuito aberto = 0,6 V

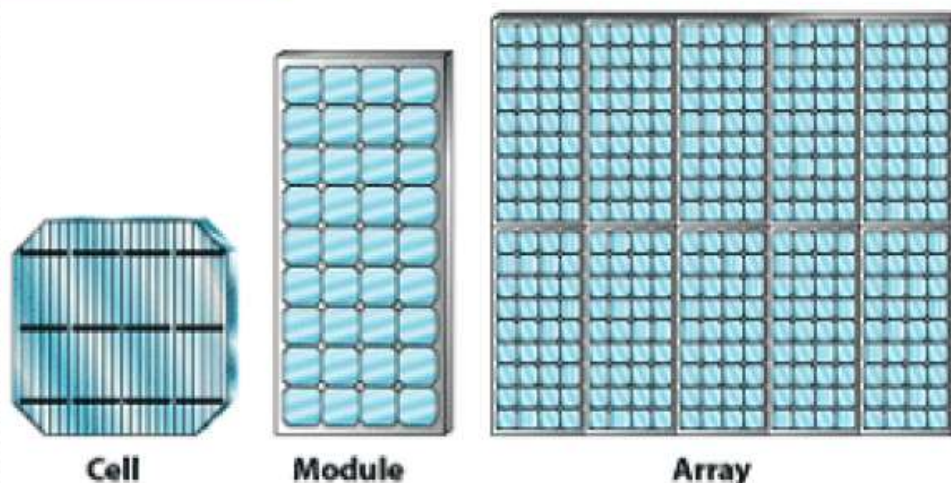
Ponto de máxima potência = 0,45 V

Corrente de máxima potência = 3 A

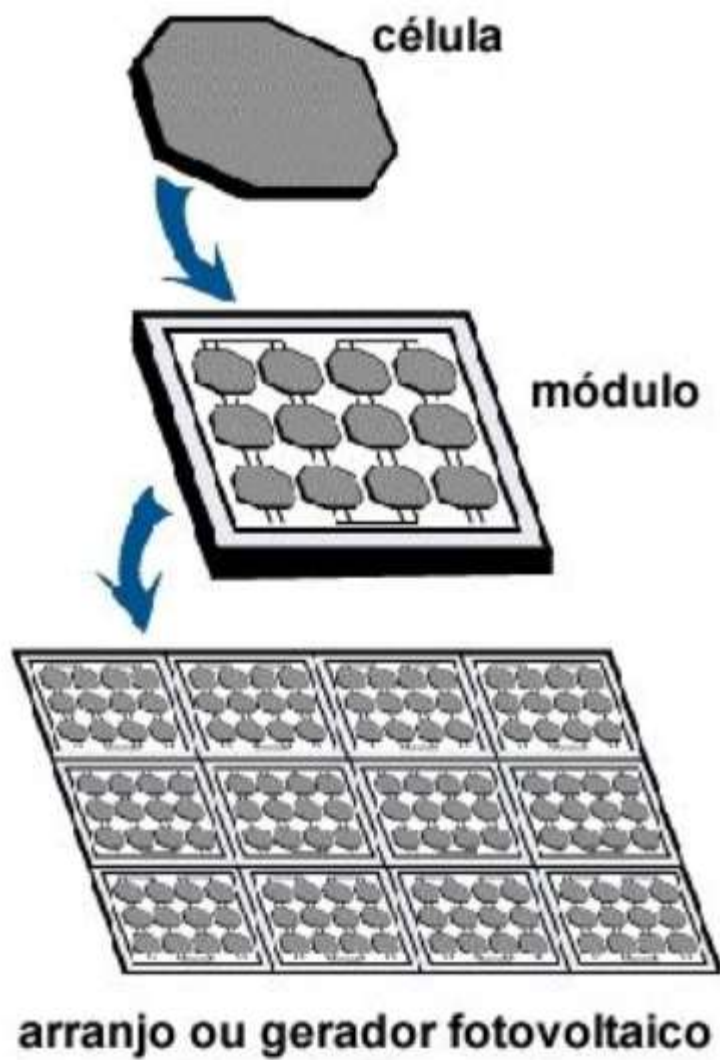
Potência máxima = 1,35 Wp

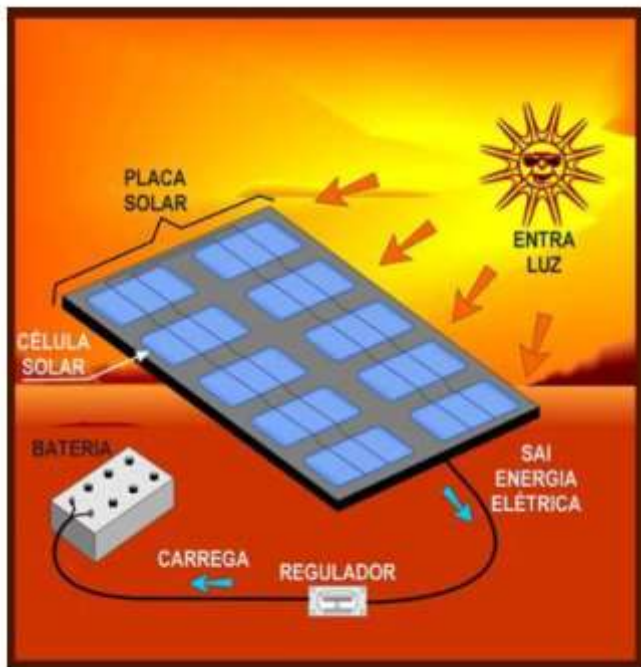
Geração fotovoltaica

- ❑ Material condutor ou semicondutor pode transformar a energia solar em corrente elétrica.
- ❑ Aplicação de tensão nos terminais do material pode coletar esta corrente e gerar potência.



Cada célula produz uma pequena potência; agrupamento de várias células pode gerar uma potência razoável.





10 kWh/mês

Aproximadamente 30 MW em sistemas isolados



SIGFI 13, Projeto LSF-IEE, Mamirauá, AM



Bombeamento, Projeto LSF-IEE, ITESP, Presidente Bernardes, SP
Bomba e condicionamento de potência de fabricação nacional



5 kWh/mês

Sistemas fotovoltaicos conectados à rede – Centrais solares



20 MW em Beneixama (Espanha)



1 MWp,
Toledo - Espanha

O PRÉDIO DA ADMINISTRAÇÃO DO IEE-USP



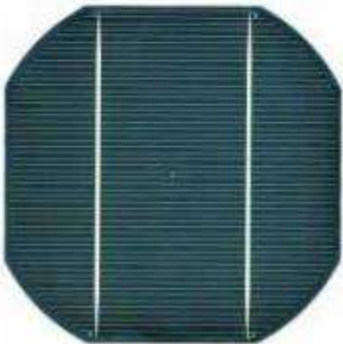
12 kW, IEE-USP

CÉLULAS SOLARES de SILÍCIO MONOCRISTALINO



Célula quadrada monocristalina

Célula: Siemens Solar

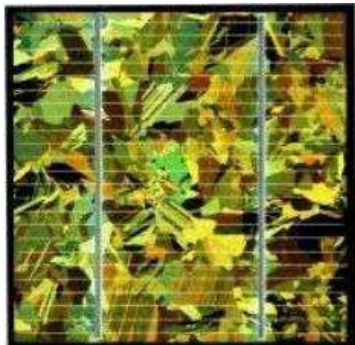
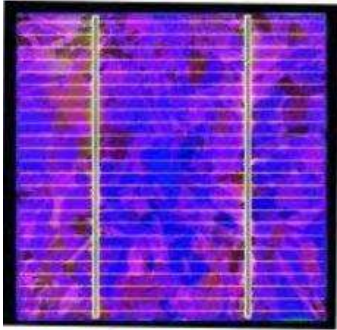


Célula semi-quadrada monocristalina

Célula: Siemens Solar

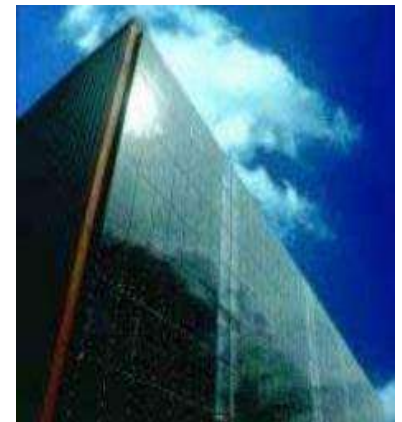
- mais utilizadas
- eficiência elétrica de 15% a 18%, em lab. 23%;
- técnicas de produção são complexas e caras;
- necessita uma grande quantidade de energia na sua fabricação;
- utiliza materiais em estado muito puro e com uma estrutura de cristal perfeita;

CÉLULAS de SILÍCIO POLICRISTALINO

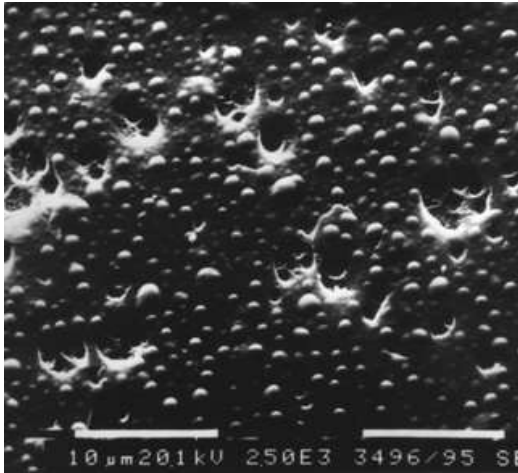


- custo de produção inferior por necessitarem de menos energia na sua fabricação;
- rendimento elétrico inferior (entre 11% e 13%, obtendo-se até 18% em laboratório);
- redução de rendimento é causada pela imperfeição do cristal, devido ao sistema de fabrico.

Ispra - Itália



CÉLULAS DE SILÍCIO AMORFO (filme fino)



- tecnologia promissora, que consiste na deposição de camadas muito finas de ligas de silício sobre diversos tipos de material (p. ex. plásticos);
- a estrutura dos átomos apresenta alto grau de desordem, comparado com a estrutura cristalina;
- processo de fabricação relativamente simples e barato, baixo consumo de energia na produção;
- possibilidade de fabricação de células com grandes áreas, uso na arquitetura;
- rendimento 8% a 10%, ou 13% em laboratório;
- apresenta degradação com a luz, reduzindo a eficiência nos primeiros 6 a 12 meses, reduzindo a vida útil;
- forte tecnologia para sistemas fotovoltaicos de baixo custo.

CÉLULAS DE DISELENIETO DE COBRE e ÍNDIO (CIS)



- Módulos CIS
Fotografia: Shell Solar



Heilbron - Alemanha

- filme fino
- cor preta e formato a escolher;
- eficiência de 7,5 a 9,5%;
- não se degrada com a indução da luz;
- o composto CIS pode formar uma liga com o Cádmio e/ou Enxofre;
- instabilidades em ambientes quentes e úmido, usar boa selagem contra umidade.

CÉLULAS DE TELURIETO DE CÁDMIO (CdTe)



Módulo de Telurieto de Cádmio



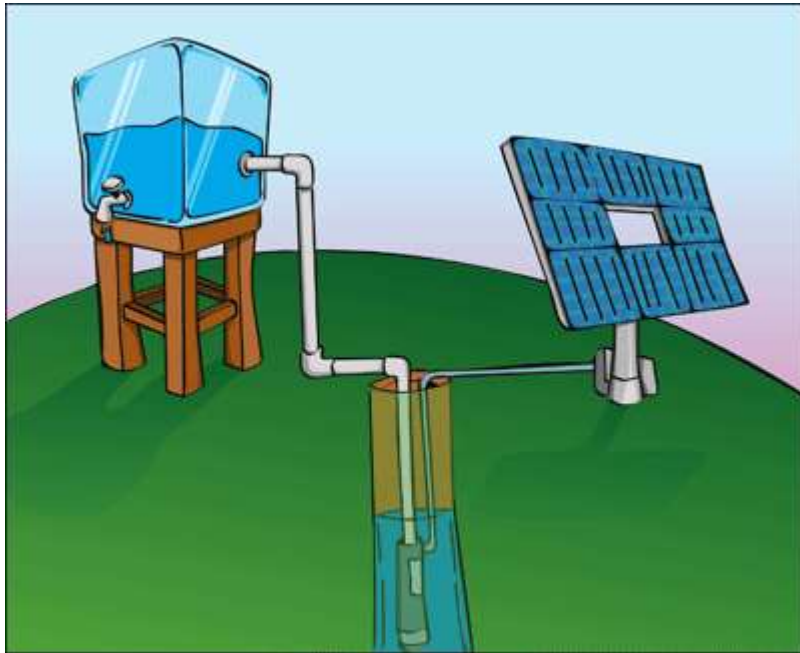
Edifício industrial com módulos ATF em Flörsheim, Alemanha

Fotografias: Antec

- filme fino;
- cor preta e formato a escolher;
- eficiência de 6 a 9%;
- não se degrada com a indução da luz;
- cor: refletividade de verde escuro a preto;
- tal como a CIS tem a possibilidade de redução de custo com a produção em massa;
- o Cádmio apresenta grande toxicidade na sua condição de gás (processo produtivo).

Atividade 12.3

Bombeando água



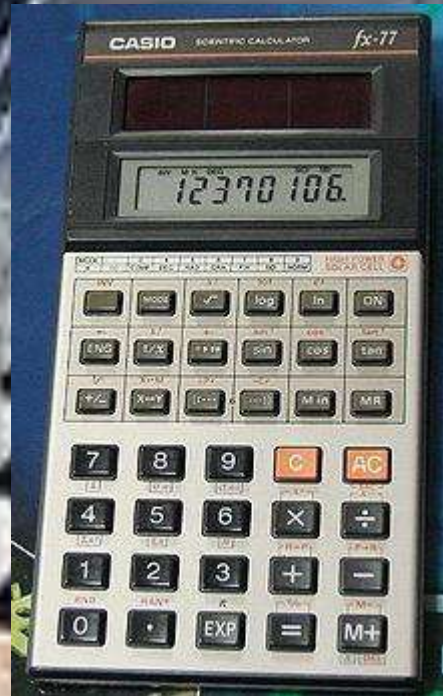
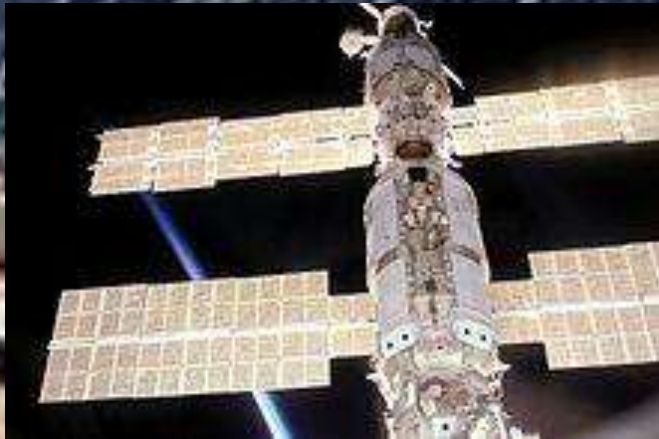
Elevar 60 m^3 de água a uma altura (h) de 5 m em um período de 8 horas. Qual a demanda da energia elétrica da bomba?

Temos que realizar trabalho para ganhar energia potencial de,

$$W = mgh = \rho Vgh$$

A potencia, a taxa com qual realiza trabalho seria de,

Fotovoltaica



Estádios Solares de 2014 (e aeroportos)



AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL

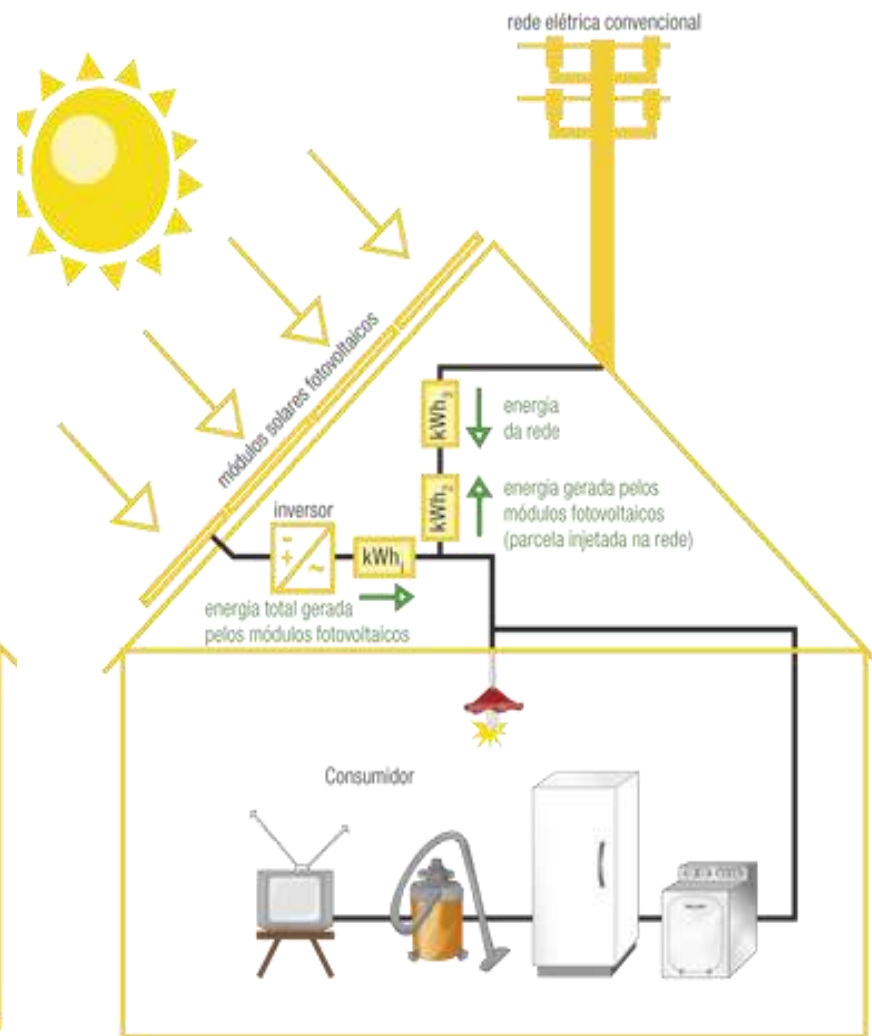
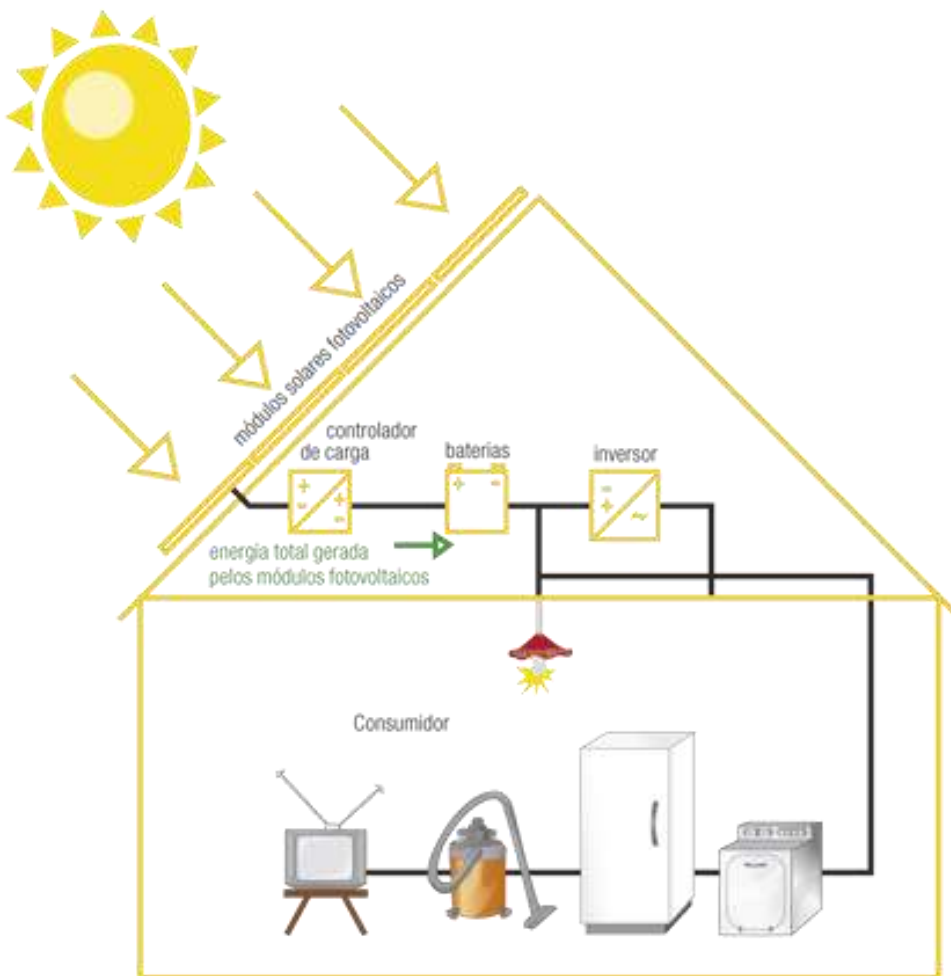
RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 482, DE 17 DE ABRIL DE 2012

Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências.

SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Conectado à rede

Isolado



VANTAGENS

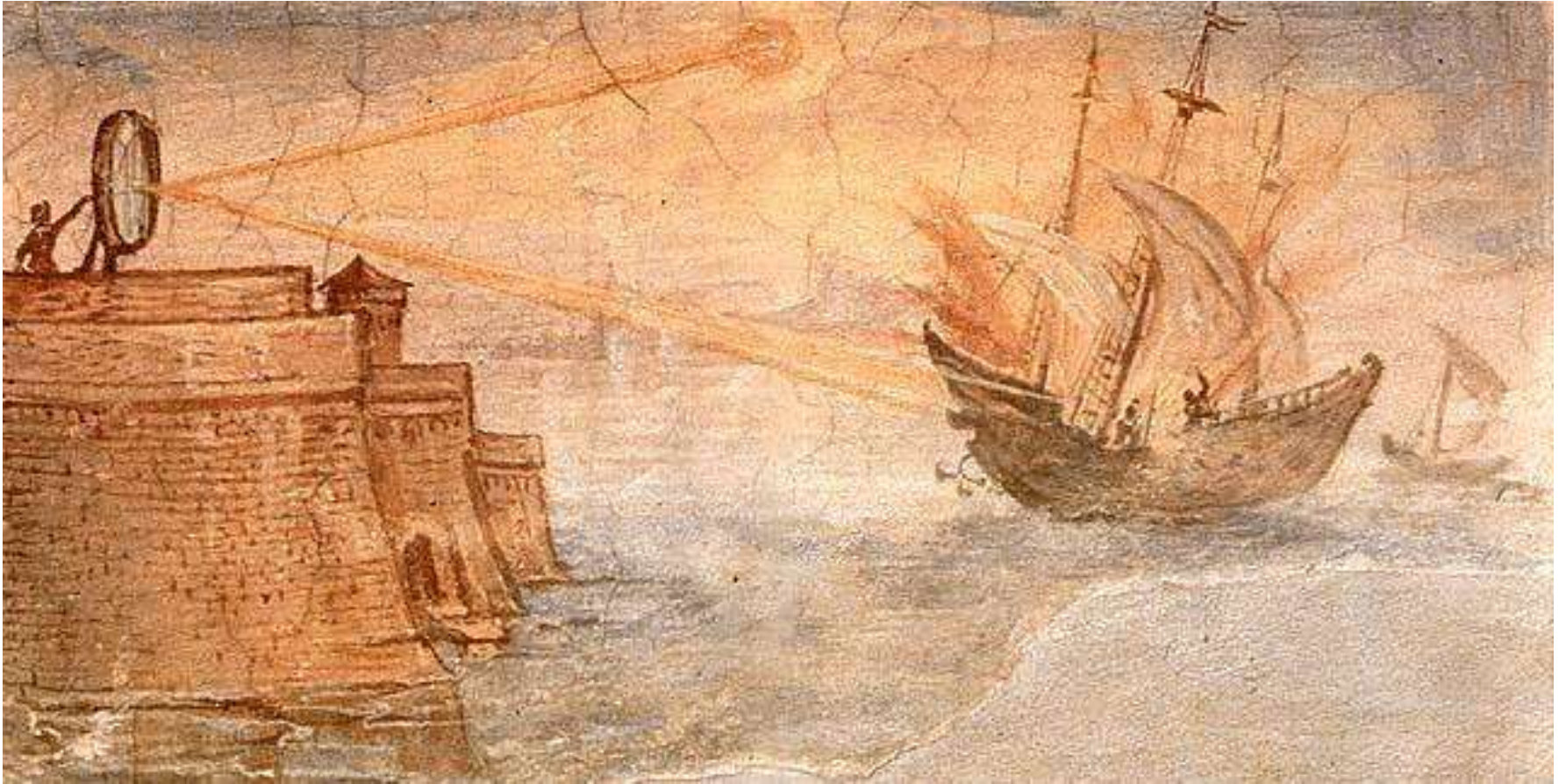
- fonte inesgotável;
- a energia solar não polui durante seu uso;
- poluição na fabricação dos componentes necessários para a construção dos painéis solares é controlável;
- os painéis solares são a cada dia mais potentes ;
- ao mesmo tempo que seu custo vem decaindo.

DESVANTAGENS

- um painel solar consome uma quantidade muito grande de energia para ser fabricado;
- impactos ambientais na produção dos painéis (elementos químicos), quando não for controlada;
- impacto visual
- os preços são muito elevados em relação às outras formas de energia;
- existe variação nas quantidades produzidas de acordo com a situação atmosférica (chuvas, neve);
- a noite não produz;
- necessita de armazenamento se não houver interligação a rede.

Historia do aquecimento solar

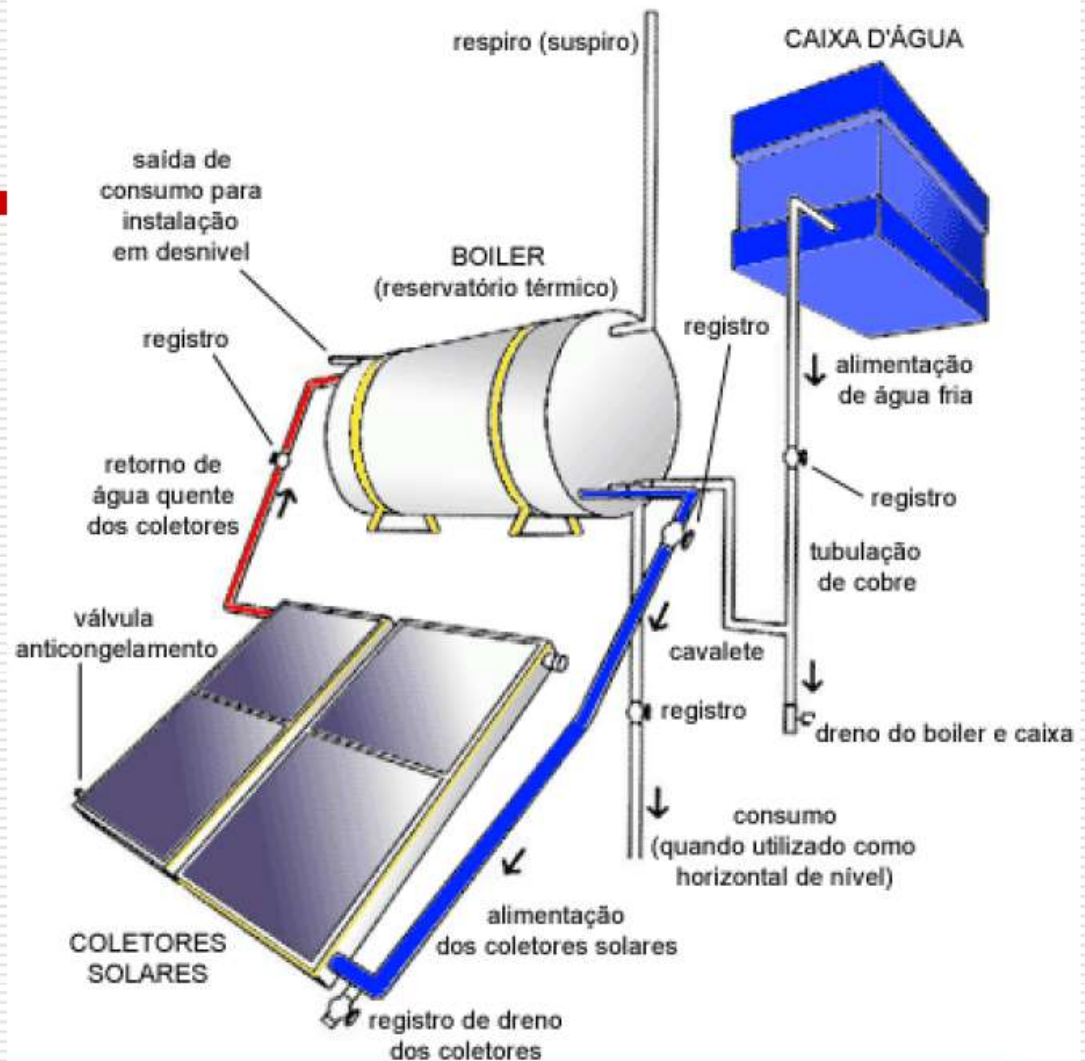
Concentradores



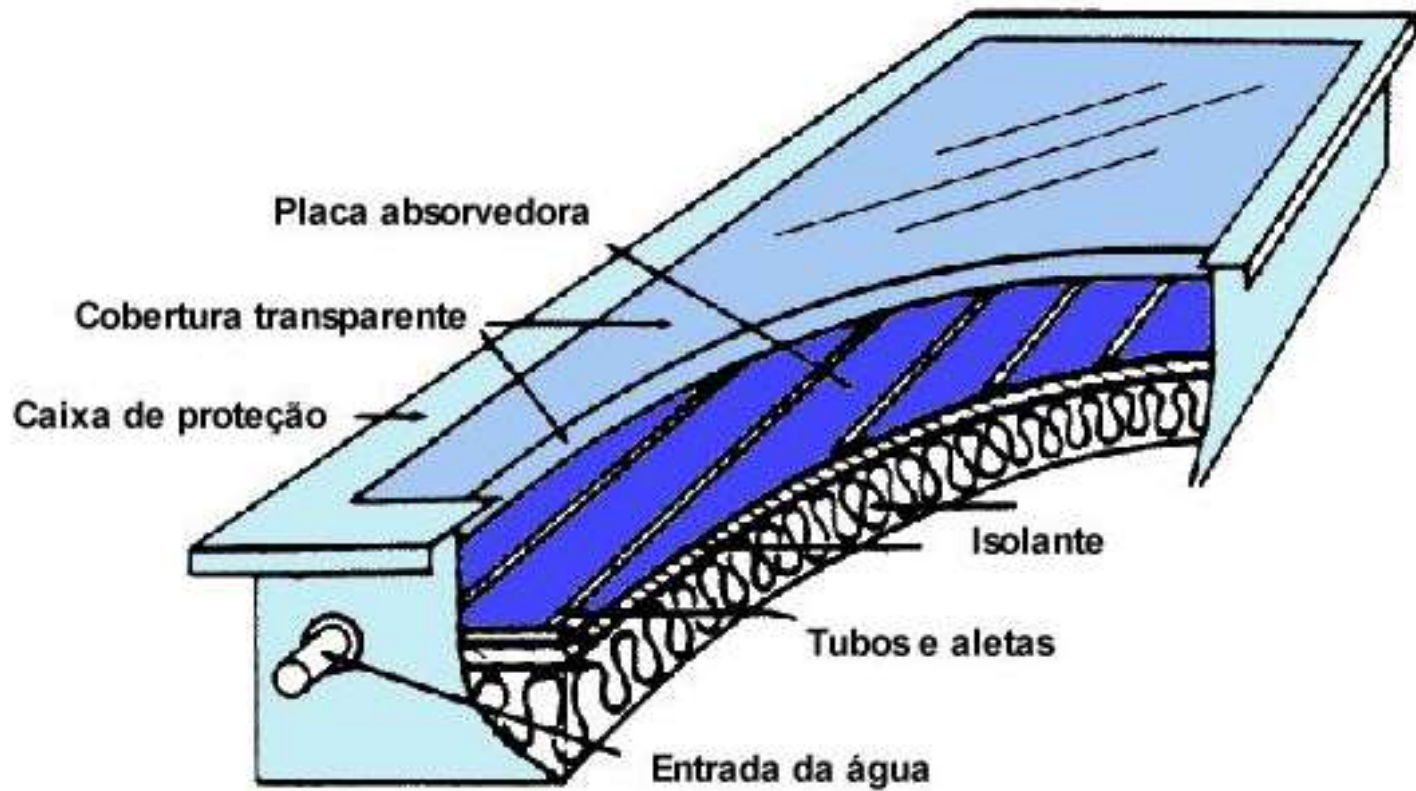
Arquimedes - 212 a.C.

Solar térmica

A energia solar se transforma em **calor** e é transferida por meio de condução e convecção para a água.



Coletor Solar Térmico



Agua Caliente Solar Project

- 247 MW (397 MW) - 2012 (2014)



Atividade 6.1

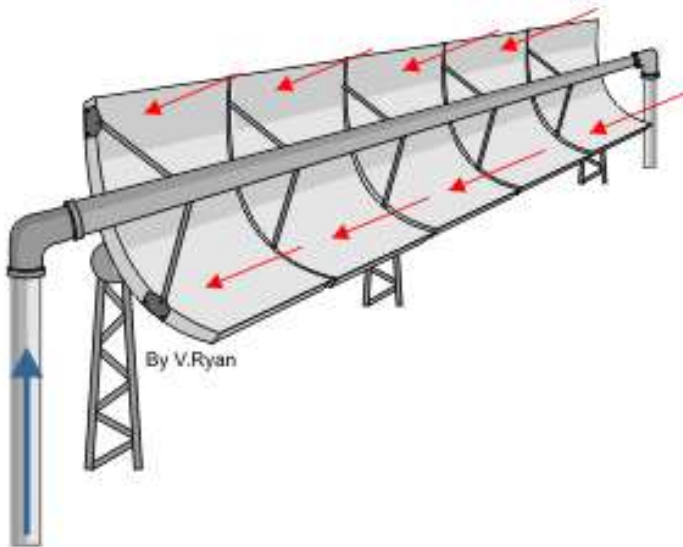
Usina de Energia Solar Egípcia

Produção de pico de 50 kW, em uma área total de 1207 m².

A insolação máxima sobre o coletor em junho é,

$$1207\text{m}^2 \times 1200 \text{ W/m}^2 = 1576 \text{ W}$$

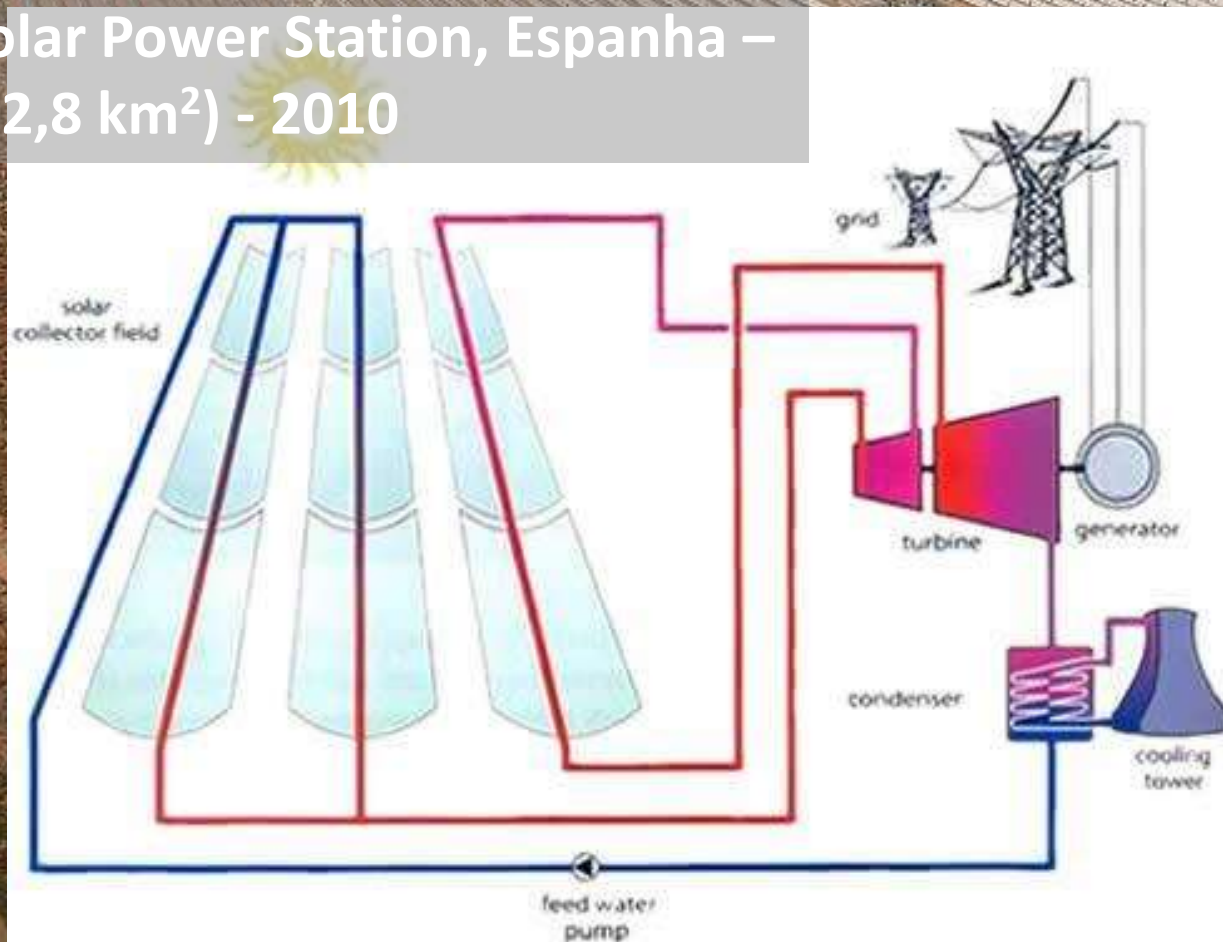
Se toda energia é convertida em térmica, elevando a temperatura até 100°C. A conversão em energia mecânica útil seria,



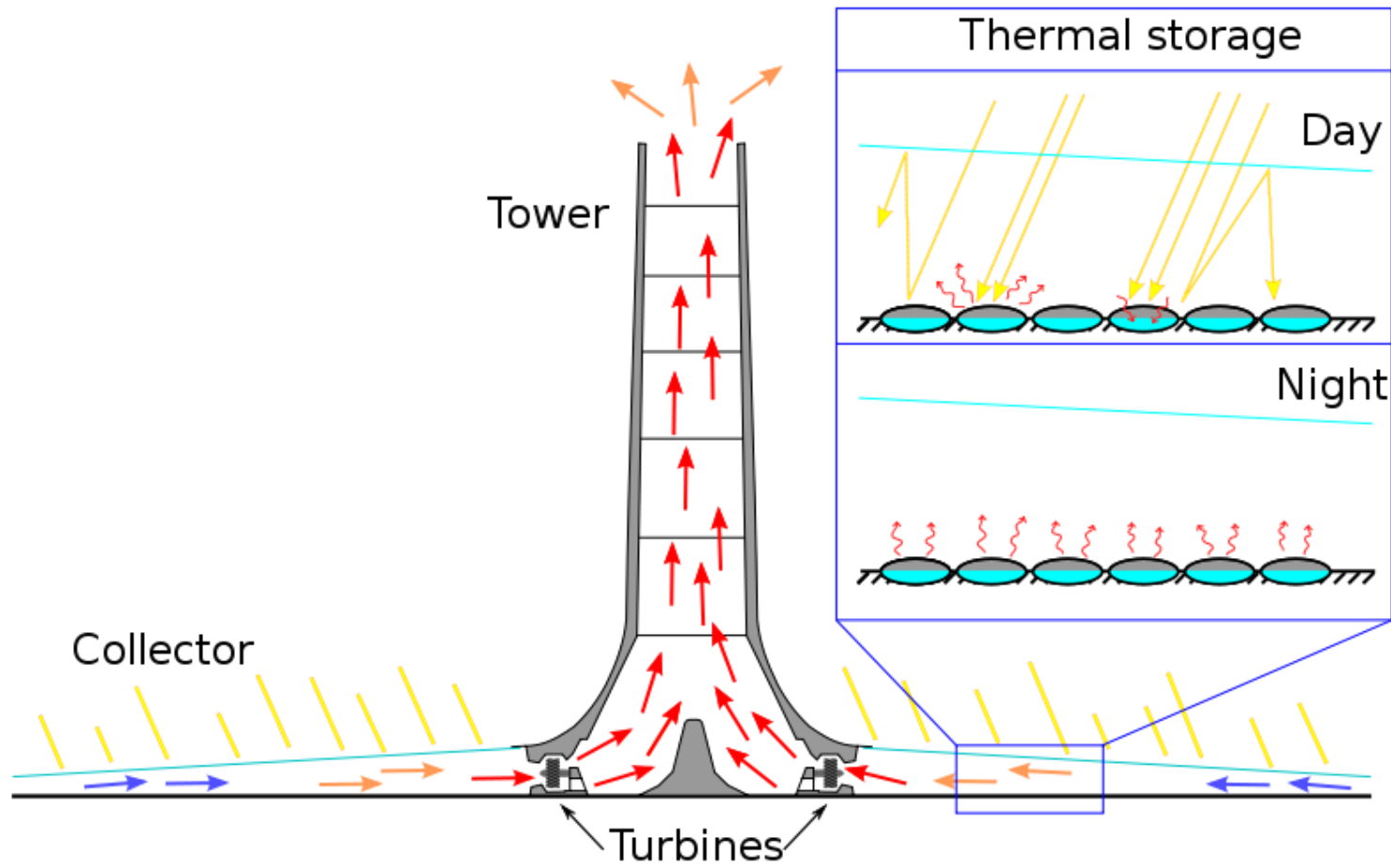
Gerando uma potencia útil de $1576 \text{ kW} \times 0,21 = 330 \text{ kW}$

Concentrador solar

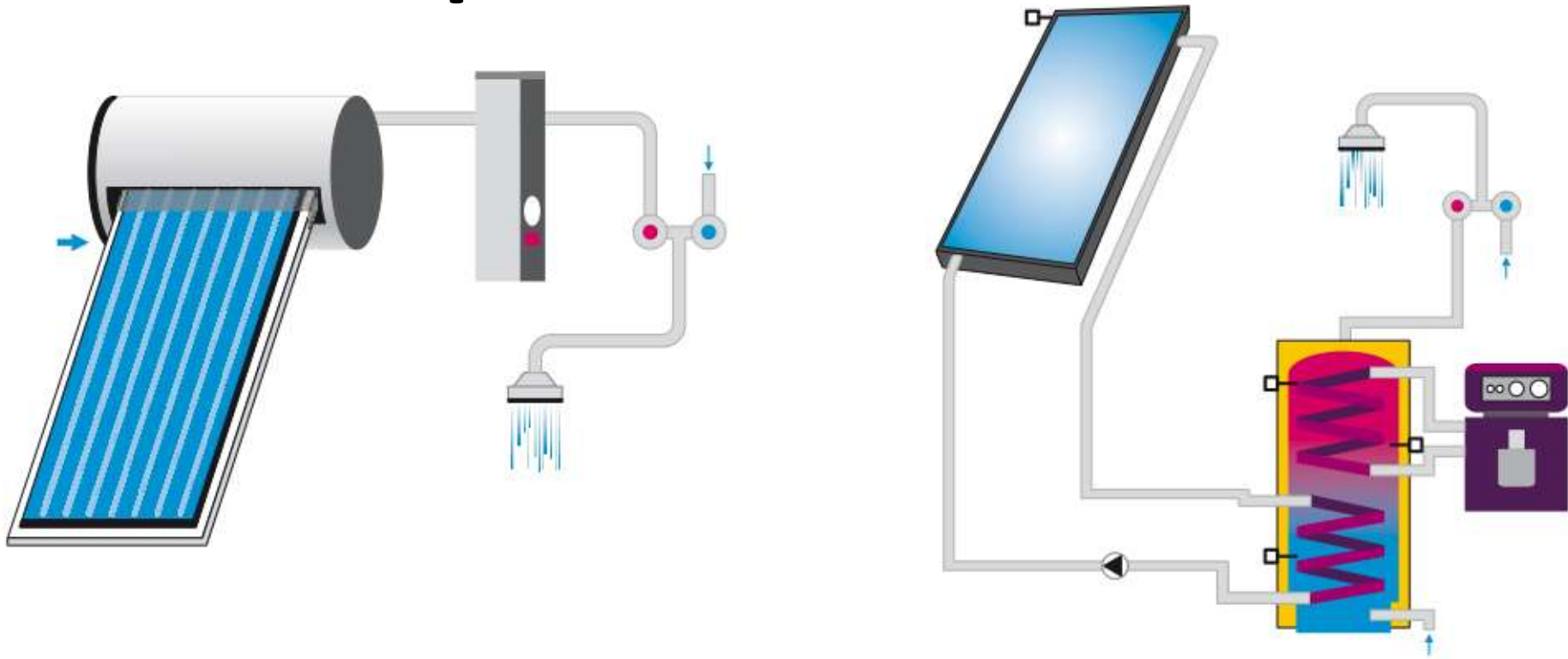
- Solar Energy Generating Systems, EUA - 354 MW (3,45 km²) – 1984
- Solnova Solar Power Station, Espanha – 150 MW (2,8 km²) - 2010



Chaminé solar



Aquecimento solar



Eficiência da ordem de 50%

Baixo custo.

Economia em até 80%

Energia Solar - Coletores Solares

SP: Lei 326/07 incorpora ao código de obras do município obrigação da instalação em várias tipologias de edificação.

RJ: Lei 5.184/08 obriga que prédios públicos do estado utilizem energia solar para aquecimento de água em suas dependências.



120 Municípios com leis em andamento/ 20 com leis aprovadas

620 GWh economizados em 2007 (1,48% dos domicílios no Brasil)