

BIJ-0207 Bases conceituais da energia

Aula 5 – Conversão de energia mecânica, hidráulica, eólica, elétrica, solar e nuclear

Prof. João Moreira

CECS - Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas
Universidade Federal do ABC – UFABC

Sumário

- ☐ Conversão de energia mecânica
 - ☐ Conversão de energia hidráulica
 - ☐ Conversão de energia eólica
 - ☐ Trabalho de um pistão
 - ☐ Conversão de energia elétrica
 - ☐ Conversão de energia solar
 - ☐ Transferência de calor
-

Potência

- Potência é definida como a taxa temporal de realização de trabalho.
- Indica quão rápido o trabalho é realizado

$$P(t) = \frac{dW}{dt} = \frac{Fdx}{dt} = F \frac{dx}{dt} = F(t)v(t)$$

Energia cinética de rotação

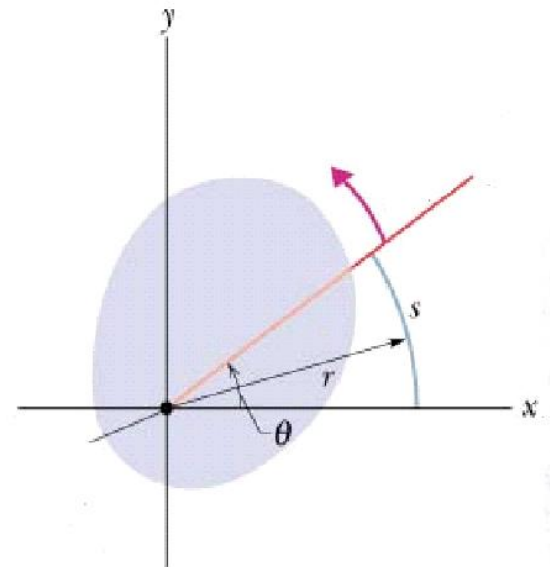
- Um movimento circular de um eixo com raio constante

$$s = \theta r$$

$$v = \frac{ds}{dt} = \frac{d}{dt}(\theta r) = r \frac{d\theta}{dt} = r\omega$$

$$K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mr^2\omega^2 = \frac{1}{2}I\omega^2$$

onde I é o momento de inércia

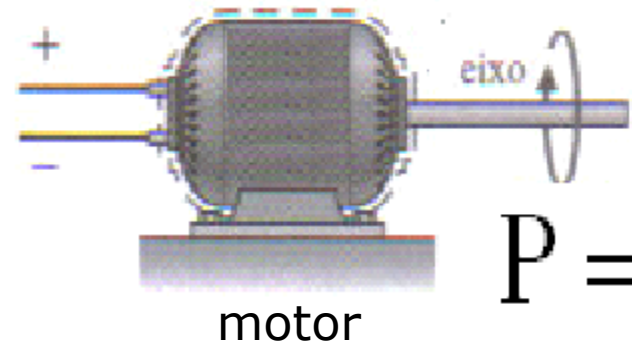


Potência de rotação

$$P = Fv = Fr\omega = \tau\omega$$

onde $\tau = (F r)$ é o torque

$$P = \tau\omega$$

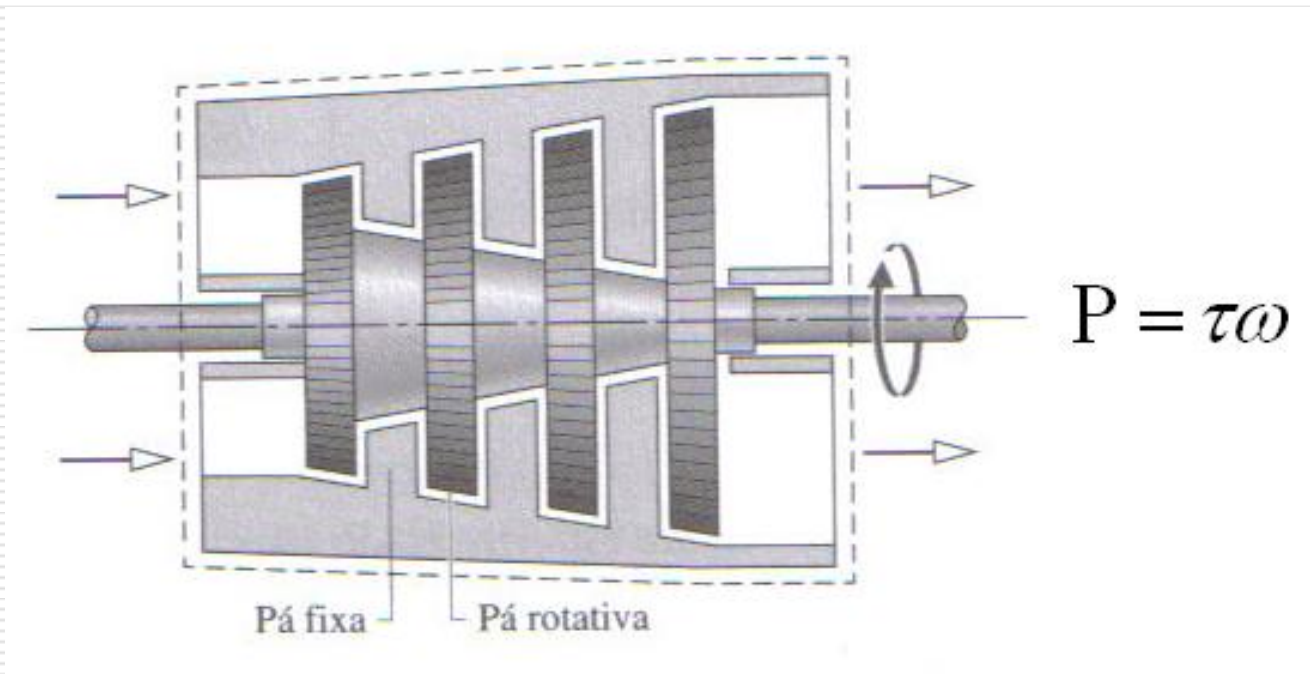


$$P = \tau\omega$$

- A potência do eixo é dada pelo produto do torque e da velocidade angular.
-

Potência de rotação – turbina de vapor

- ❑ O vapor se expande na turbina fazendo as pás rotativas girar o eixo e gerar potência



Potência hidráulica

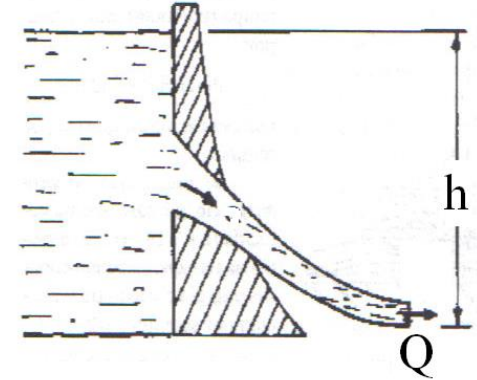
energia potencial gravitacional $V_{\text{grav}} = mgh = W$

considerando taxa de variação temporal

$$\frac{dW}{dt} = P = \frac{dm}{dt} gh$$

$$\frac{dm}{dt} = \rho Q \left[\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right]$$

onde ρ é a densidade da água, $[1000 \text{ kg/m}^3]$ Q é a vazão $\left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right]$



Potência hidráulica

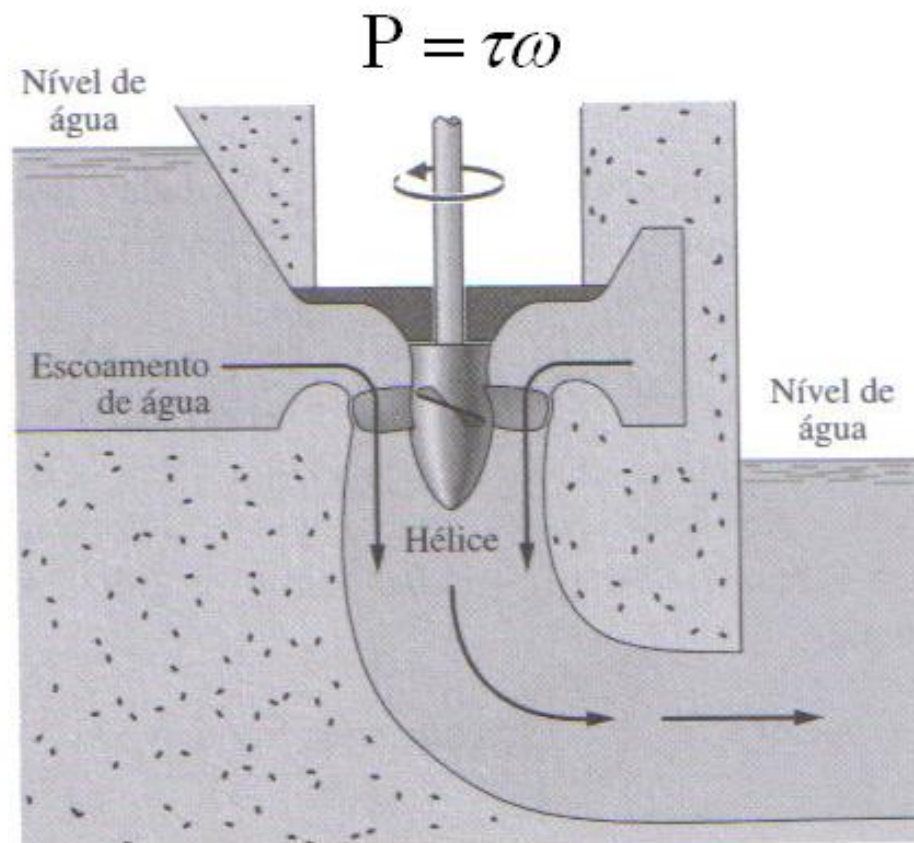
Então

$$P = \rho g Q h = 1000 \times 9,8 Q h = 9800 Q h \text{ [W]}$$

- ❑ A potência hidráulica depende da vazão que passa pela turbina e da altura.
 - ❑ A turbina converte energia potencial gravitacional em energia cinética rotacional.
-

Potência de rotação – turbina hidráulica

A água passa
pela turbina,
faz o hélice
girar o eixo e
gerar
potência



Potência eólica

$$P = F \cdot v$$

$$F = \frac{1}{2} C_D A \rho v^2$$

onde

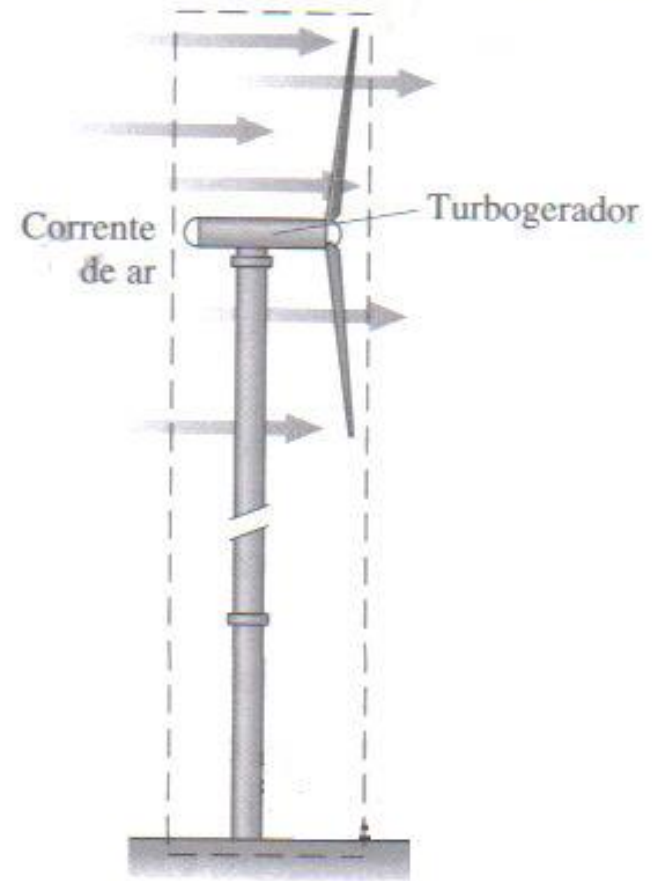
C_D é o coeficiente de arraste

A é a área frontal exposta ao fluxo do fluido

ρ é a densidade do fluido

v é a velocidade relativa entre o objeto e o fluido

$$P = \frac{1}{2} C_D A \rho v^3$$



Potência eólica

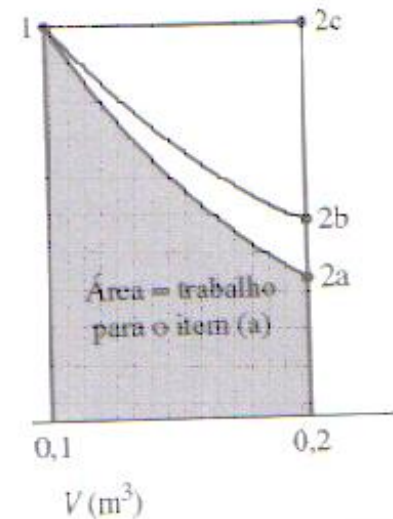
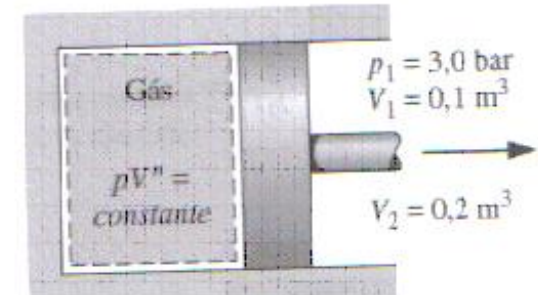
- A potência eólica varia com o cubo da velocidade do vento.
 - A potência gerada é fortemente dependente da velocidade do vento
 - Quando a velocidade do vento dobra, a potência é multiplicada por 8.
 - Quando a velocidade do vento cai pela metade, a potência cai 12,5 % da potência anterior.
-

Trabalho realizado por um pistão

$$W = \int_{r_i}^{r_f} F dr = \int_{r_i}^{r_f} p A dr = \int_{v_i}^{v_f} p dV$$

onde $p = f(V, T)$ é uma função de estado

para gás ideal $p = \frac{RT}{V}$



Trabalho de um pistão contendo um gás ideal

- $p = \frac{nRT}{V}$ pressão em função do volume
- Considerando uma expansão isotérmica, T constante, o trabalho será dado por

$$W = \int_{V_i}^{V_f} p dV = \int_{V_i}^{V_f} nRT \frac{dV}{V} = nRT \ln \left(\frac{V_f}{V_i} \right)$$

Trabalho elétrico

$$W_{ab} = \int_a^b \mathbf{F} \cdot d\mathbf{s} = \int_a^b q\mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} = q \int_a^b \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} = qV_{ab}$$

Força elétrica



onde

\mathbf{E} = campo elétrico

q = carga elétrica

V_{ab} = diferença de potencial

Potência elétrica

- Deriva-se o trabalho em relação ao tempo elétrico para se obter a potência elétrica

$$W_{ab} = qV_{ab}$$

$$P = \frac{dW}{dt} = \frac{d}{dt}(qV_{ab}) = V_{ab} \frac{dq}{dt} = V_{ab} i$$

$$P = V_{ab} i$$

Corrente elétrica



Potência elétrica

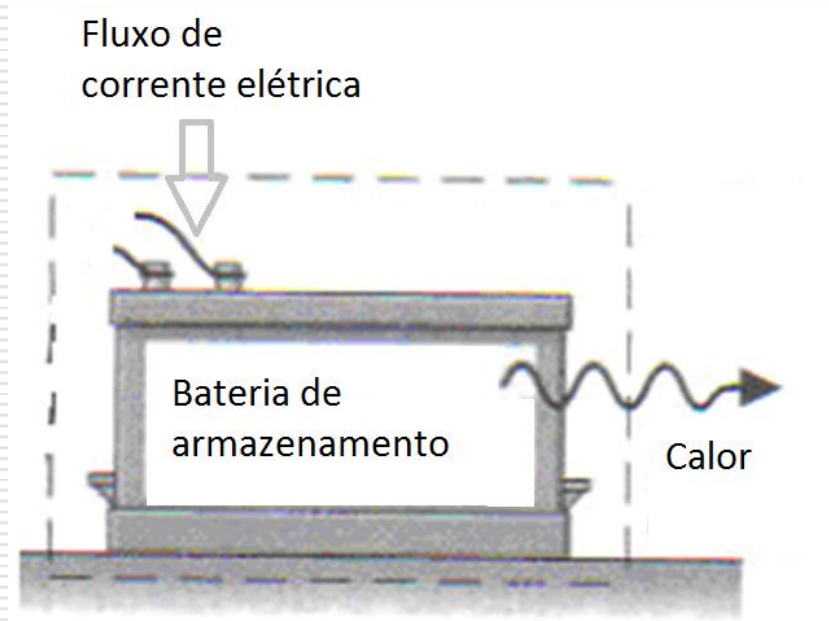
- A potência fornecida pelos circuitos é definida como o produto entre a tensão eletromotriz (\mathcal{E}) e a corrente (i).

$$P = \mathcal{E} i$$

onde

\mathcal{E} é a tensão no circuito (Volts)

i é a corrente elétrica (A)



Trabalho elétrico

$$W_{ab} = \int_a^b \mathbf{F} \cdot d\mathbf{s} = \int_a^b q\mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} = q \int_a^b \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} = qV_{ab}$$

Força elétrica



onde

\mathbf{E} = campo elétrico

q = carga elétrica

V_{ab} = diferença de potencial

Potência elétrica

- Deriva-se o trabalho em relação ao tempo elétrico para se obter a potência elétrica

$$W_{ab} = qV_{ab}$$

$$P = \frac{dW}{dt} = \frac{d}{dt}(qV_{ab}) = V_{ab} \frac{dq}{dt} = V_{ab} i$$

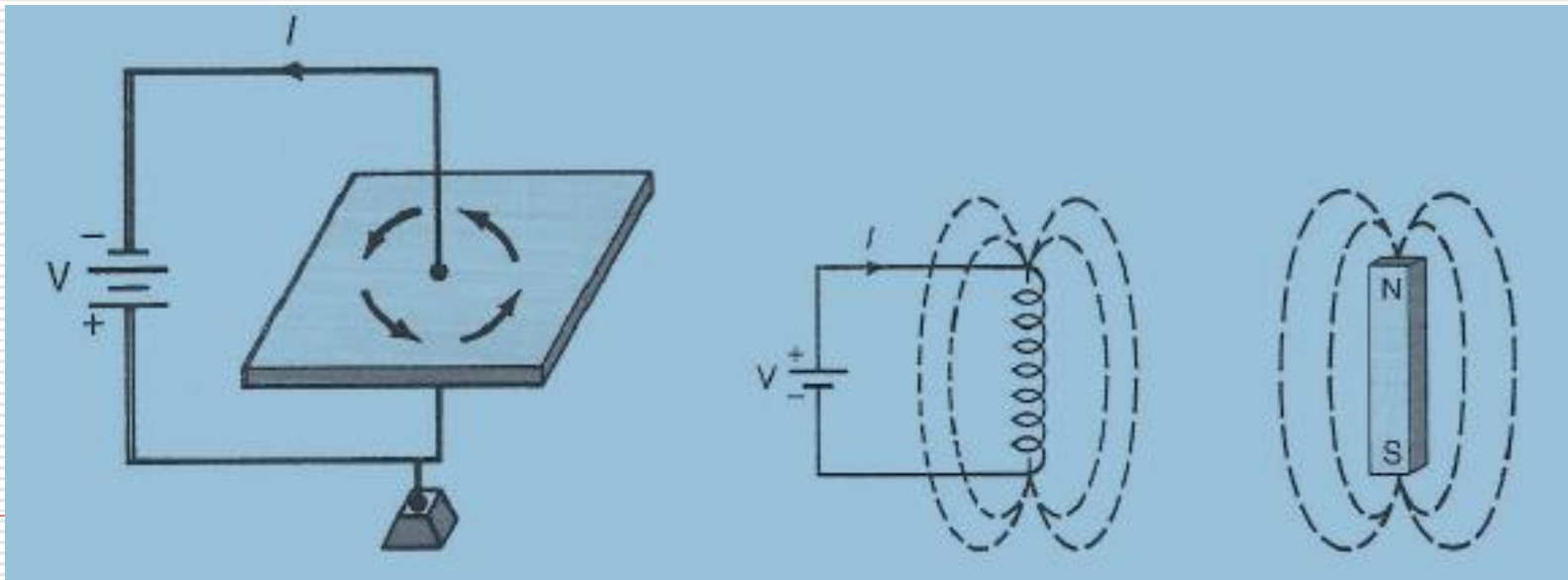
$$P = V_{ab} i$$

Corrente elétrica



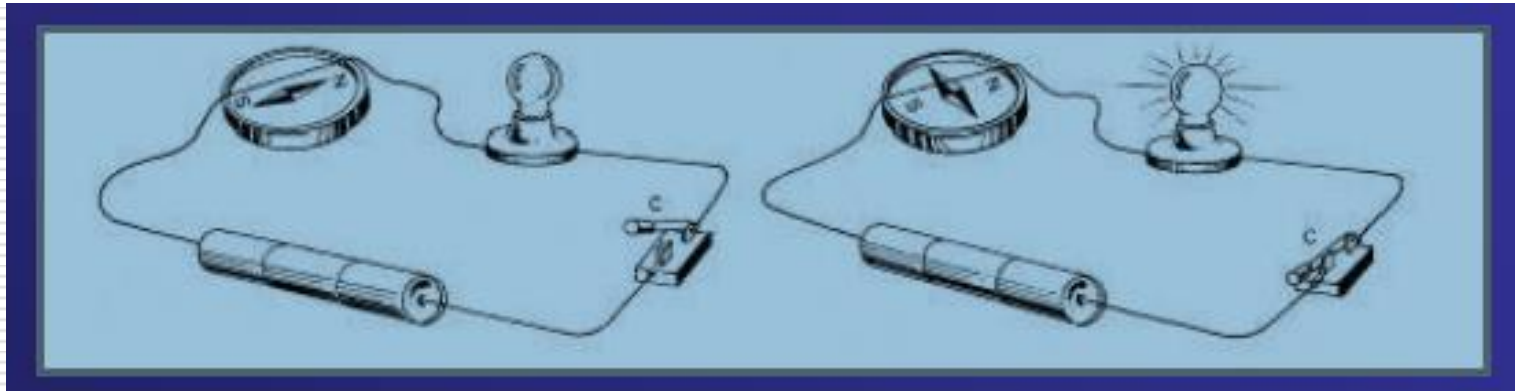
Experimento de Oersted – Geração de campo magnético

- ❑ O experimento de Oersted mostrou que a corrente elétrica passando por um fio cria um campo magnético ao seu redor.
- ❑ A corrente elétrica passando por um solenóide cria um campo magnético (linha tracejada) semelhante a um magneto.



Experimento de Oersted

- ❑ Fechando o circuito, a corrente elétrica ascende a lâmpada e causa, também, uma variação no campo magnético (vide bússola).



Geração de eletricidade

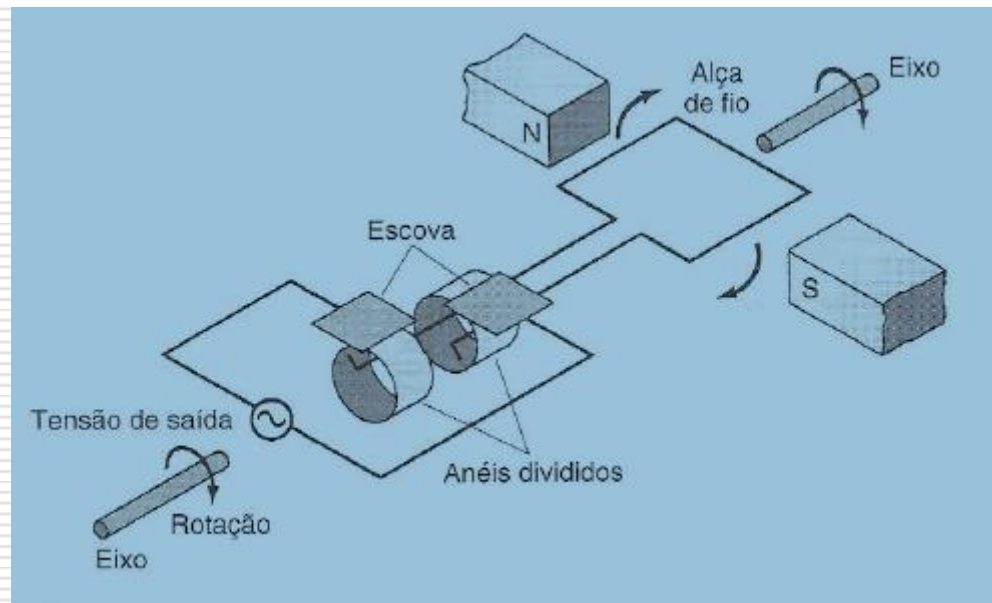
- Ao se variar o fluxo de indução magnética no interior da espira ocorre a geração de corrente elétrica

$$\varepsilon = \frac{d\Phi}{dt}$$

Lei de Faraday

Φ – fluxo magnético

ε – força eletromotriz (V)



Potência elétrica

- ❑ O fluido gira as turbinas e gira um eixo. A este eixo está acoplado um solenoide que gira, faz variar o fluxo magnético no seu interior e produz-se força eletromotriz.
- ❑ A potência fornecida pelos circuitos é definida como o produto entre a tensão eletromotriz (\mathcal{E}) e a corrente (i).

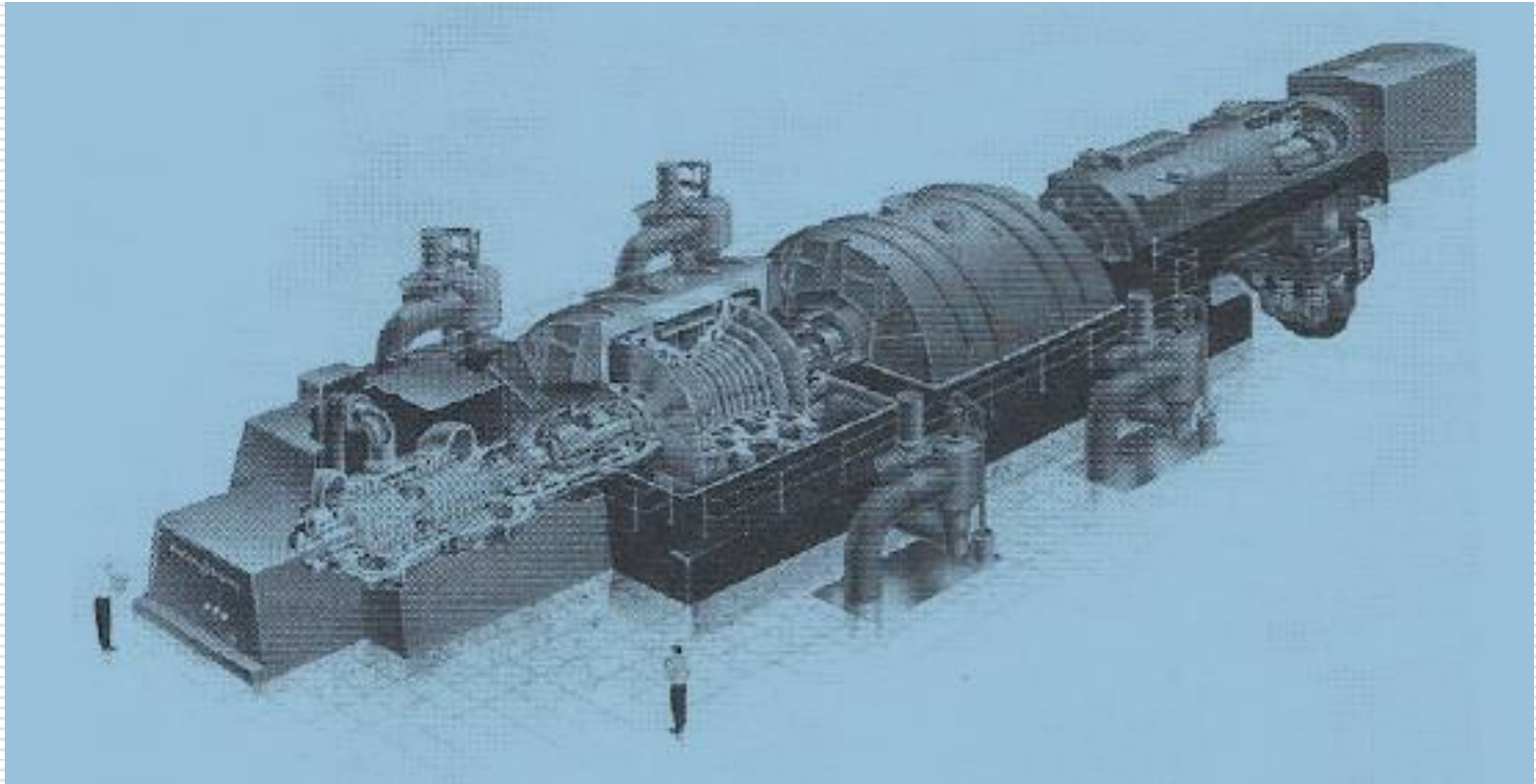
$$P = \mathcal{E} i$$

onde

\mathcal{E} é a tensão no circuito (Volts)

i é a corrente elétrica (A)

Vista de um gerador elétrico de uma central de potência moderna

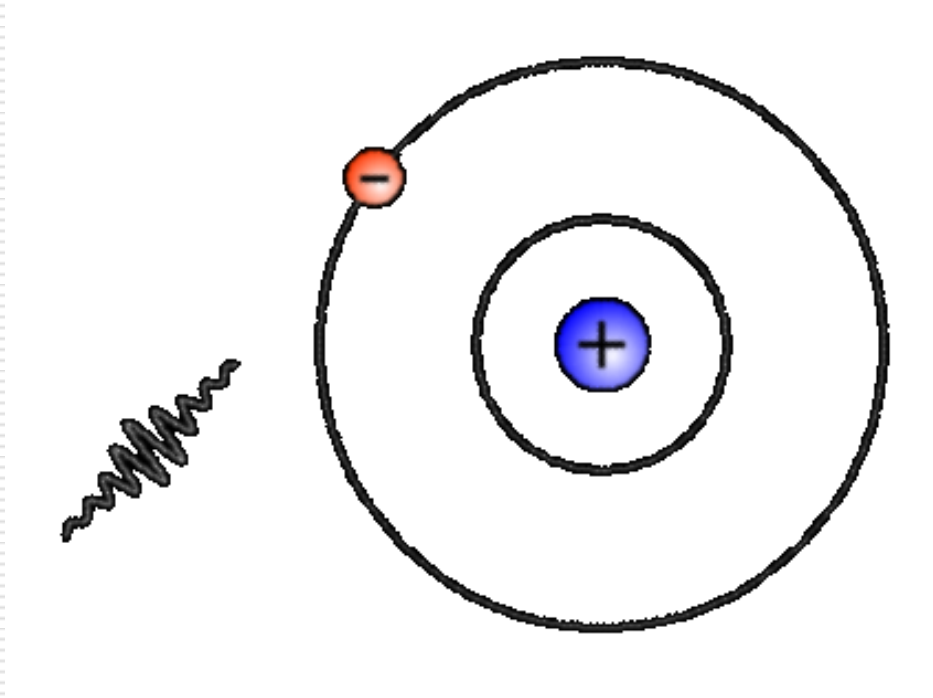


Energia solar

geração fotovoltaica

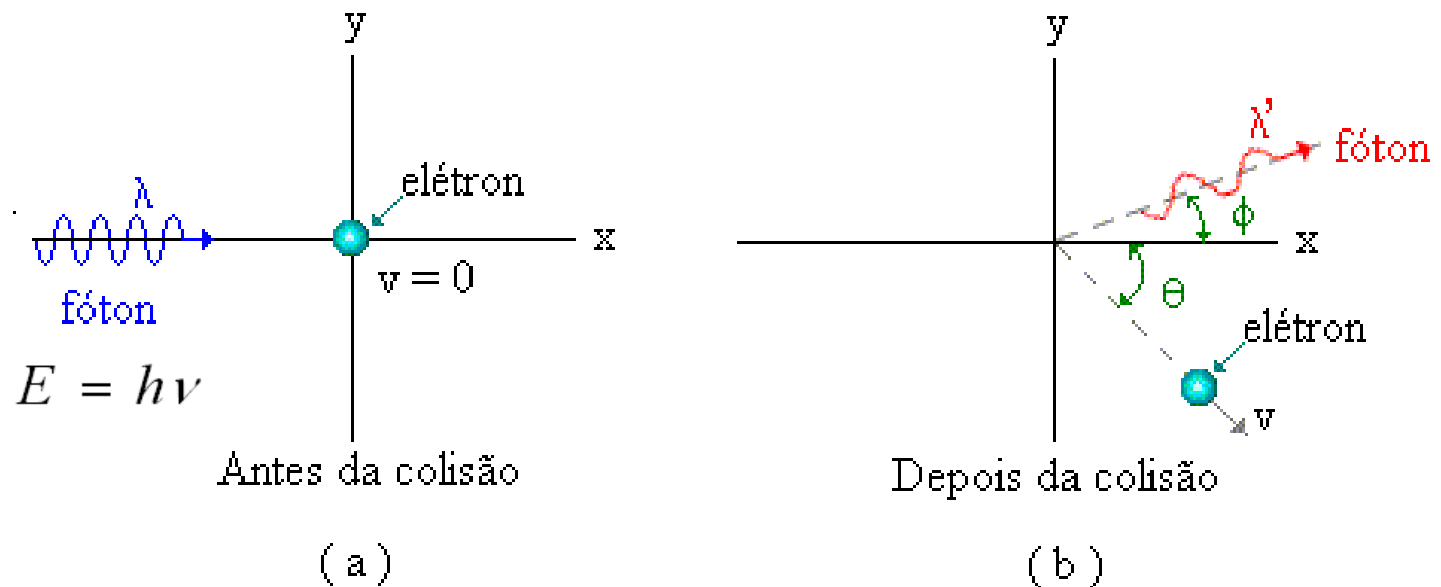
- ❑ Incidindo sobre a Terra promove transferência de energia radiante em energia térmica, calor e energia elétrica.
 - ❑ O processo de transferência de energia é por meio dos:
 - Efeito fotoelétrico
 - Efeito Compton
 - ❑ Geração fotovoltaica – elétrons liberados são levados para a banda de condução em semicondutores e produzem corrente elétrica.
-

Interação da radiação eletromagnética com o elétron



Quanto mais o material tem elétrons, maior é a probabilidade de interação com a radiação solar

Colisão de um fóton com um elétron



Espalhamento de Compton

Se o fóton é absorvido, temos o efeito fotoelétrico proposto por Einstein

Efeito fotoelétrico

Energia da radiação eletromagnética

$$E = h\nu$$

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

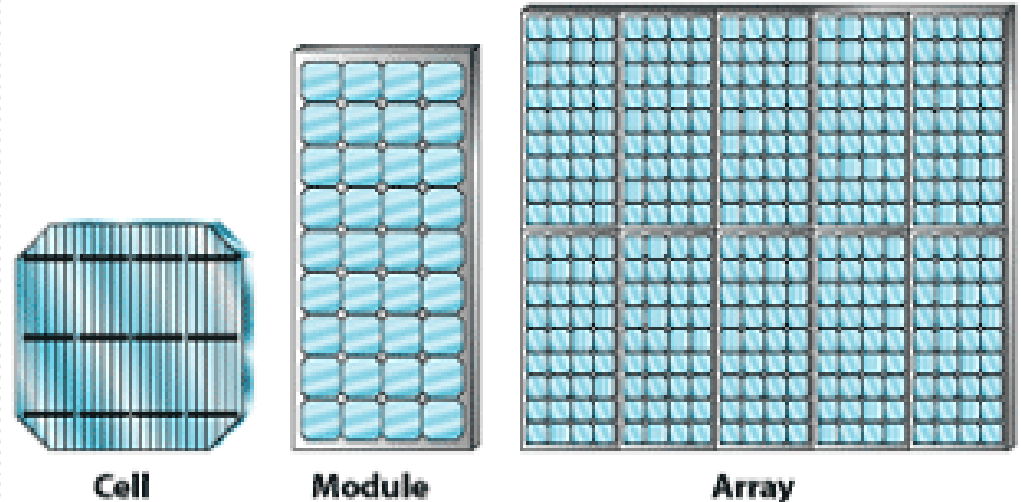
onde E_{lig} é a energia de ligação do elétron no metal ou no semicondutor

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.

Geração fotovoltaica

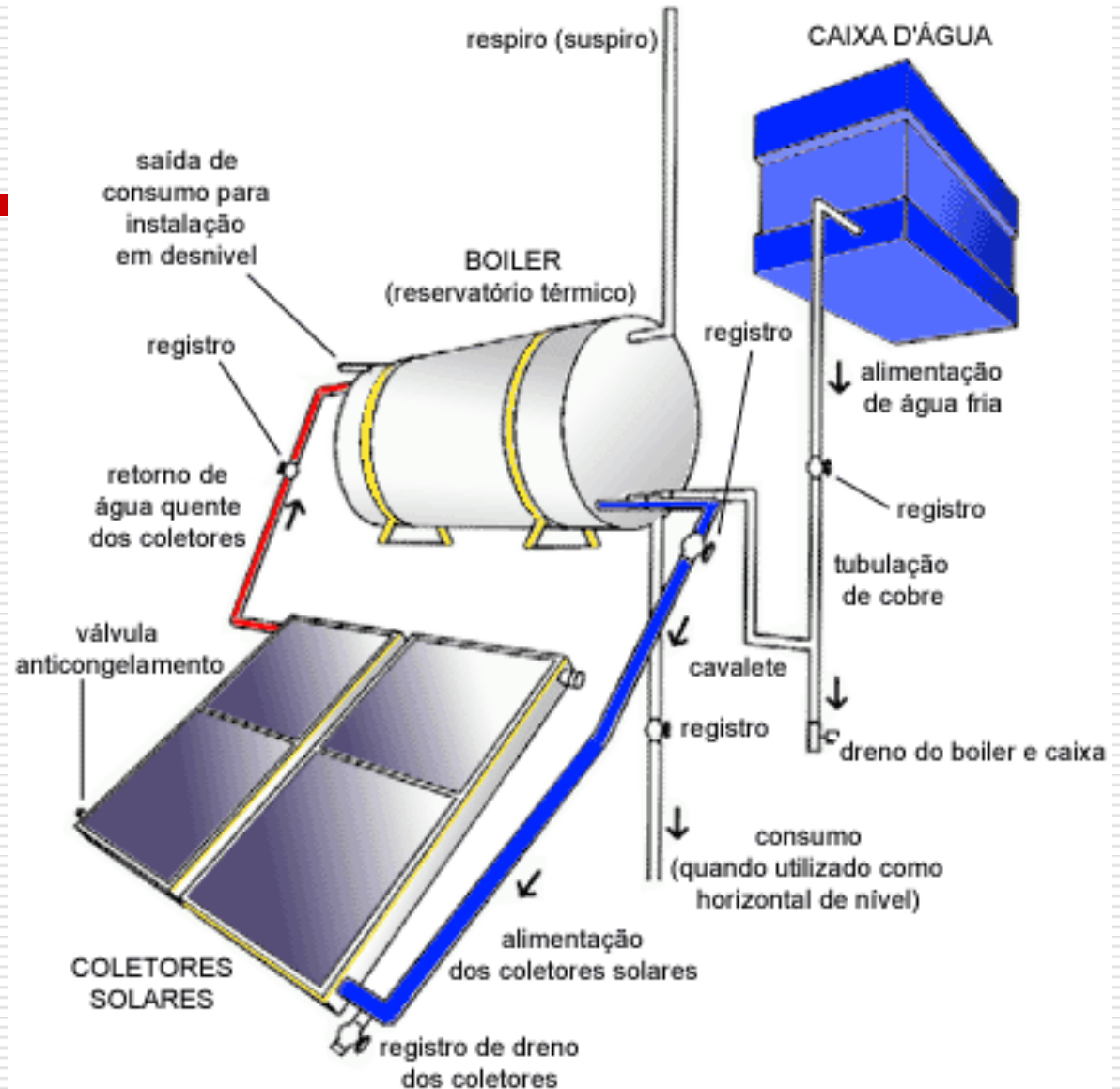
- ❑ Material condutor ou semicondutor pode transformar a energia solar em corrente elétrica.
- ❑ Aplicação de tensão nos terminais do material pode coletar esta corrente e gerar potência.



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

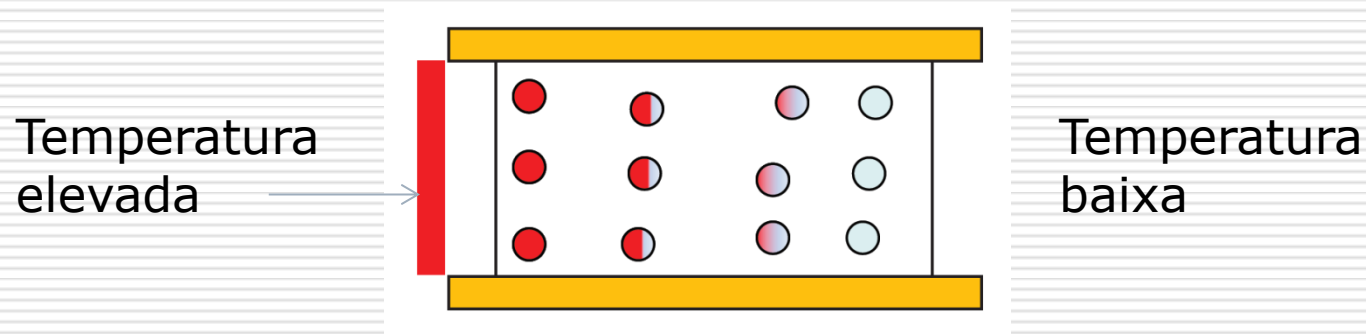
Solar térmica

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

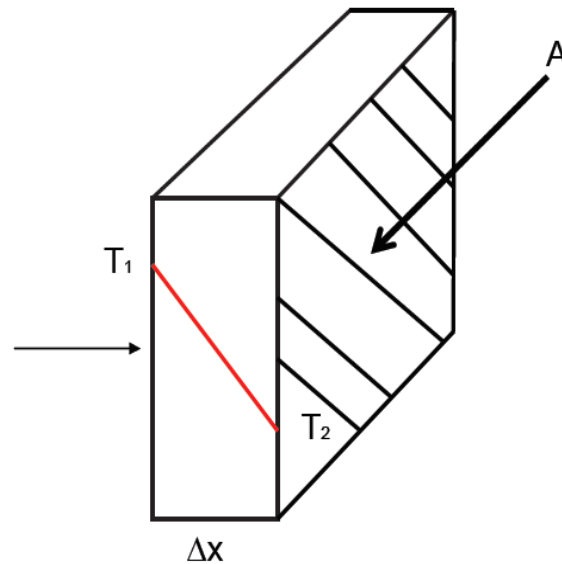


Transferência de calor

- ❑ Condução, convecção e radiação
- ❑ Condução - é a transferência de energia das partículas mais energéticas de uma substância para as partículas adjacentes menos energéticas como resultado da interação entre elas.



Condução – lei de Fourier



□ Lei de Fourier:

$$q \approx A \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

$$q = -kA \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

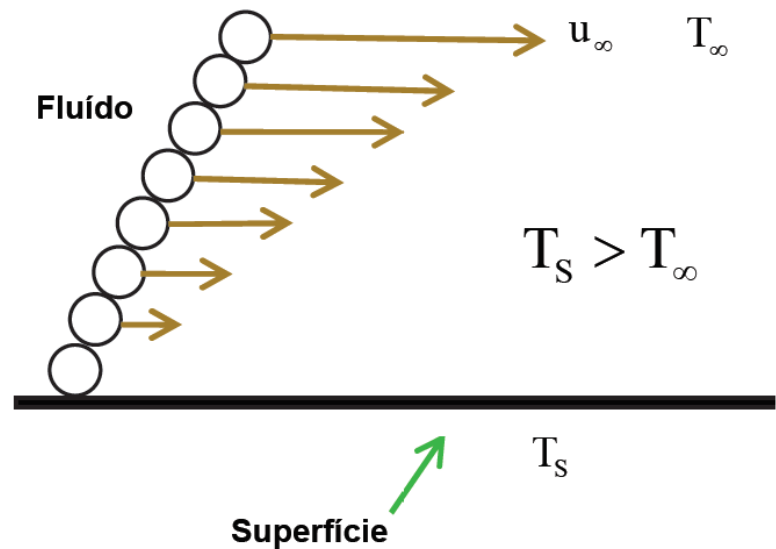
condutividade térmica

Transferência de calor por convecção

- Convecção – é a transferência de energia entre uma superfície sólida e um fluido adjacente que está em movimento.

O fluido escoa com velocidade u_∞ e temperatura T_∞

A superfície encontra-se com temperatura maior que a do fluido



Convecção – lei de Newton

- **Condução**: contato partícula de fluído com a superfície.
- **Advecção**: movimento global de partículas de fluído.
- **Convecção = Condução + Advecção**

$$q = h A (T - T_{\infty})$$

h = coeficiente de transferência de calor por convecção

Transferência de calor por radiação – lei de Stefan-Boltzmann

❑ A radiação é a energia emitida pela matéria na forma de ondas eletromagnéticas (ou fótons).



$$q = A \sigma (T_s^4 - T_{viz}^4)$$

❑ A transferência de calor por radiação pode ocorrer entre dois corpos, mesmo quando eles estão separados por um meio mais frio que ambos.

Lei de Stefan-Boltzmann

$$P = e\sigma AT^4$$

onde

e – emissividade (adimensional)

igual a 1 para corpo negro

σ – constante de Stefan-Boltzmann

$$\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/K}^4\text{m}^2$$

A – área em m^2

T – temperatura em K



Fim

