

# Bases Conceituais de Energia

## Aula 2

### De onde vem a Energia?

Profa. Ana Paula Romani

Prof. Tiago Ribeiro de Oliveira

2º Quad.- 2016



## AULA 02 – De onde vem a Energia?

**Objetivo:** apresentar as fontes primárias e secundárias de energia mais importantes e alguns processos de conversão da energia

### **Sequência de atividades:**

- Definições importantes
- Apresentação de algumas classificações das fontes de energia
- Discussão sobre a origem das principais fontes primárias
- Apresentação de algumas eficiências de conversão
- Apresentação de formulário básico
- Exercícios resolvidos

### **Conteúdos:**

- Fontes de energia, quantificação de algumas formas de energia, conversão da energia

## **Algumas definições importantes**

**Energia primária:** é aquela disponível na sua forma natural, antes de sofrer qualquer conversão para uso final.

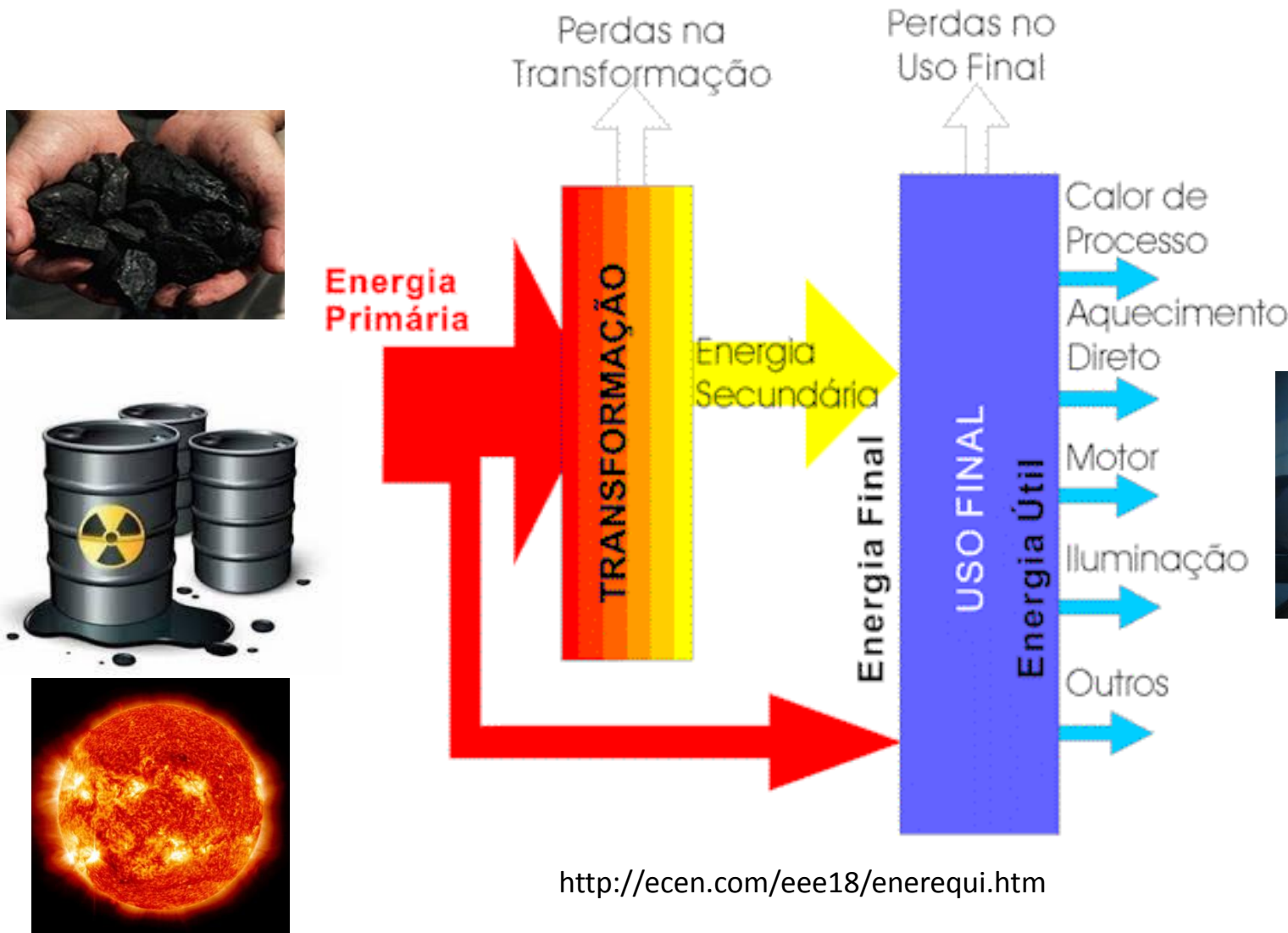
**Energia secundária:** é aquela que provém da conversão da energia primária e que será efetivamente consumida pelo homem, satisfazendo suas necessidades.

**Fonte renovável de energia:** trata-se de uma fonte primária de energia cujas condições naturais permitem sua reposição em um curto horizonte de tempo.

**Fonte não renovável de energia:** é toda fonte primária que a natureza não tem condições de repor em um horizonte de tempo compatível com seu consumo pelos seres humanos.

**Fonte: Goldemberg e Lucon (2008)**

# Representação esquemática dos fluxos de energia primária, secundária, final e útil.



# Energias não renováveis



Nuclear



Carvão



Petróleo



Gás Natural



# Energias renováveis ou “energias alternativas”

Hidroelétrica



PCH



Eólica



Solar



Maremotriz



Ondomotriz



Geotérmica



Biomassa

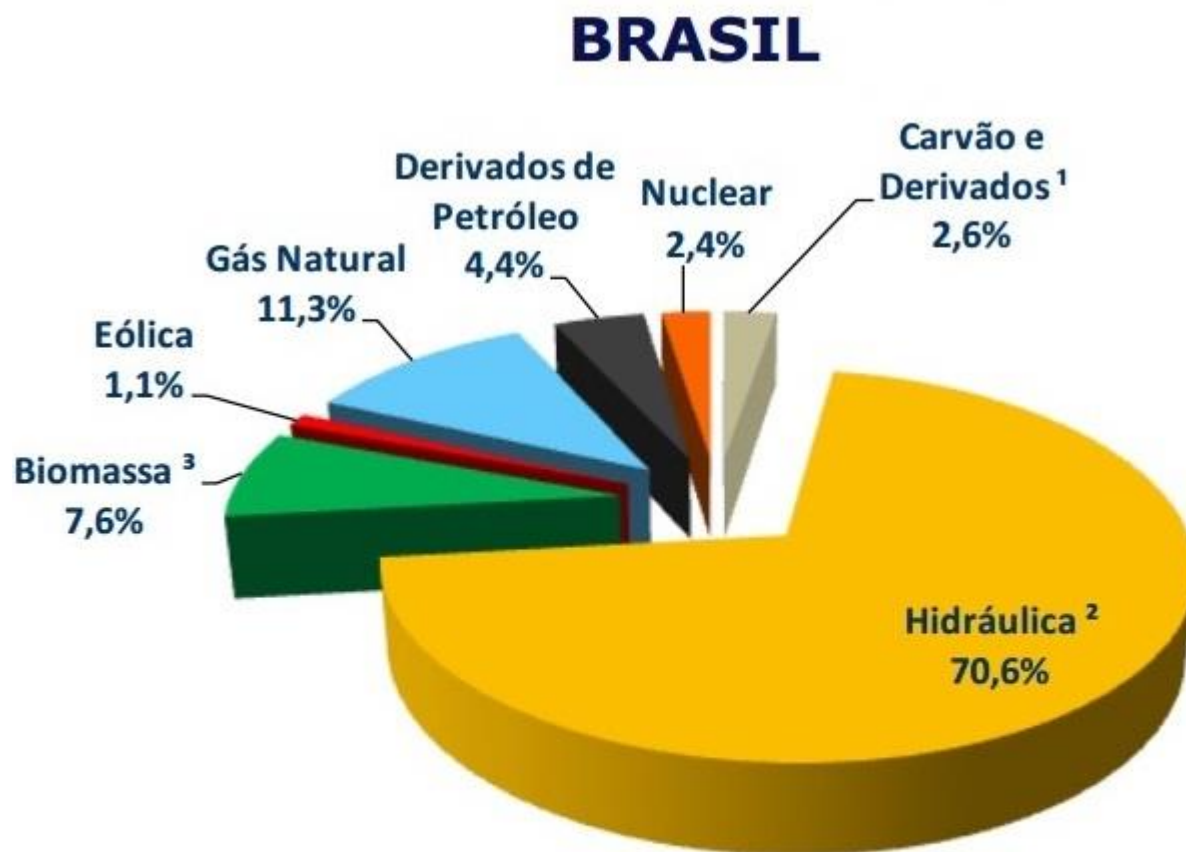


## Importante

Frequentemente você verá o termo “**fonte alternativa de energia**” sendo utilizado como sinônimo de fonte renovável de energia. Convém dizer, porém, que a palavra alternativa faz alusão à substituição de uma fonte por outra. Geralmente, a substituição de uma fonte convencional mais poluente por uma mais moderna e menos poluente. Por exemplo, a substituição do carvão mineral pela energia solar fotovoltaica, como forma de obter energia elétrica.

Porém, essa substituição nem sempre é feita a partir de fontes renováveis. Por exemplo, para substituir o carvão, poderia ser utilizado gás natural, que é uma fonte alternativa mas não renovável de energia! A substituição se justificaria porque o gás natural é menos poluente que o carvão e as usinas termelétricas a gás de ciclo combinado apresentam boas eficiências frente às termelétricas convencionais.

# Matriz elétrica nacional

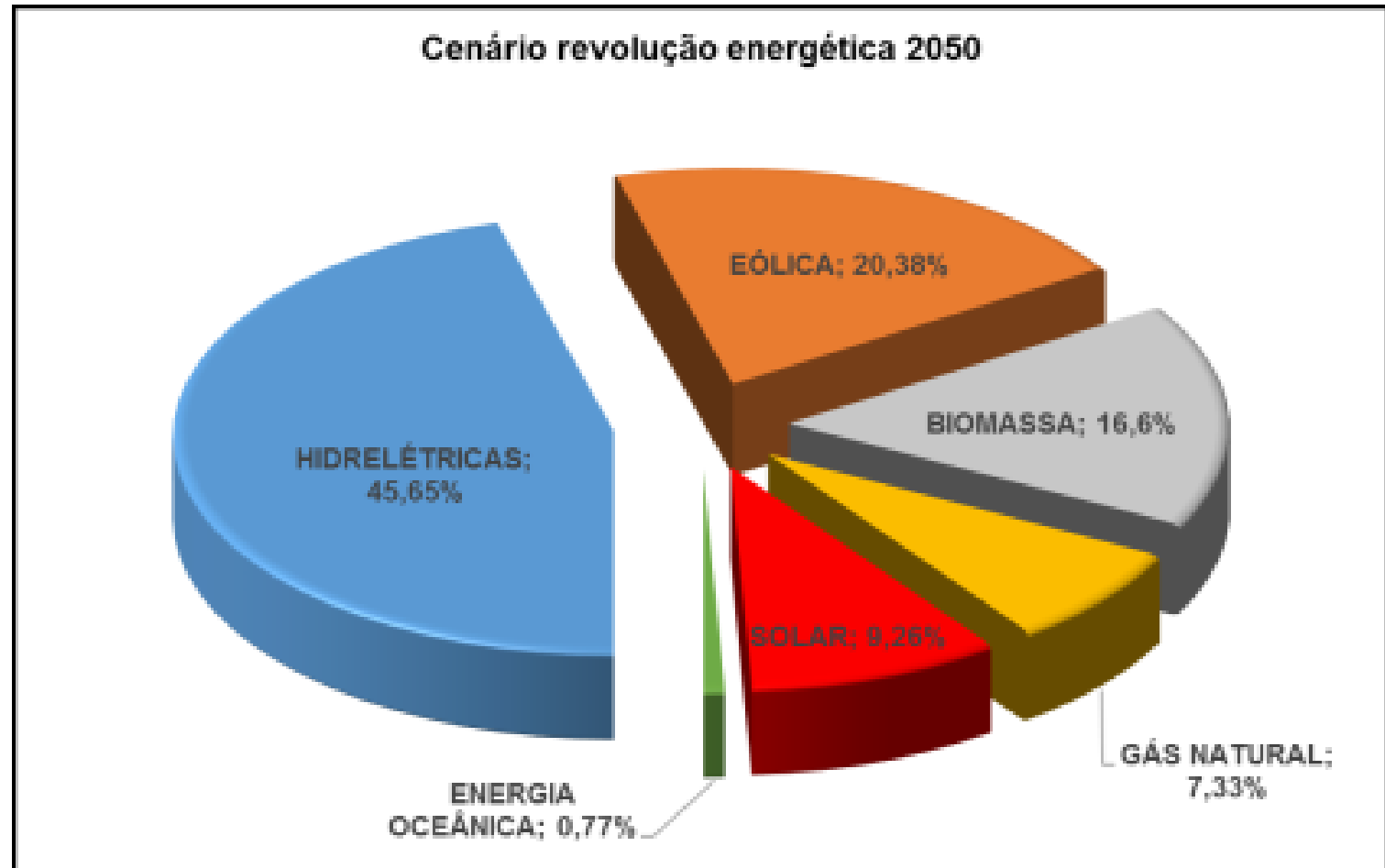


geração hidráulica<sup>2</sup> em **2013: 430,9 TWh**

geração **total**<sup>2</sup> em **2013: 609,9 TWh**

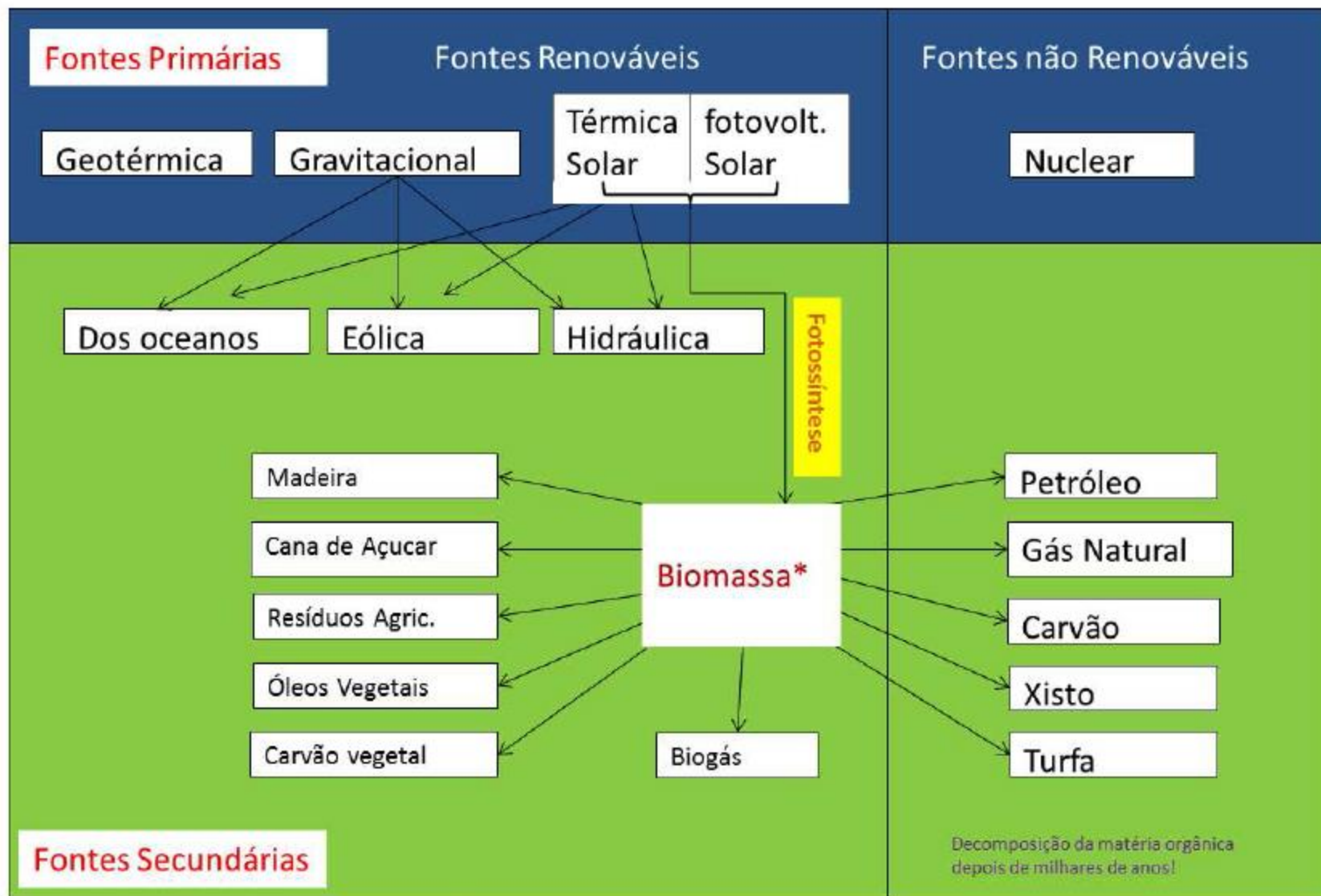


# Matriz elétrica nacional pode se tornar 93% renovável até 2050



<https://fomatheus.wordpress.com/2015/02/10/>


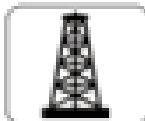
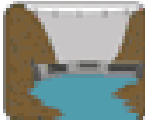




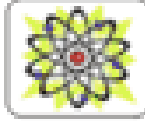


# Diferentes Fontes de Energia



Fonte: Schoenmaker et al. (2016)

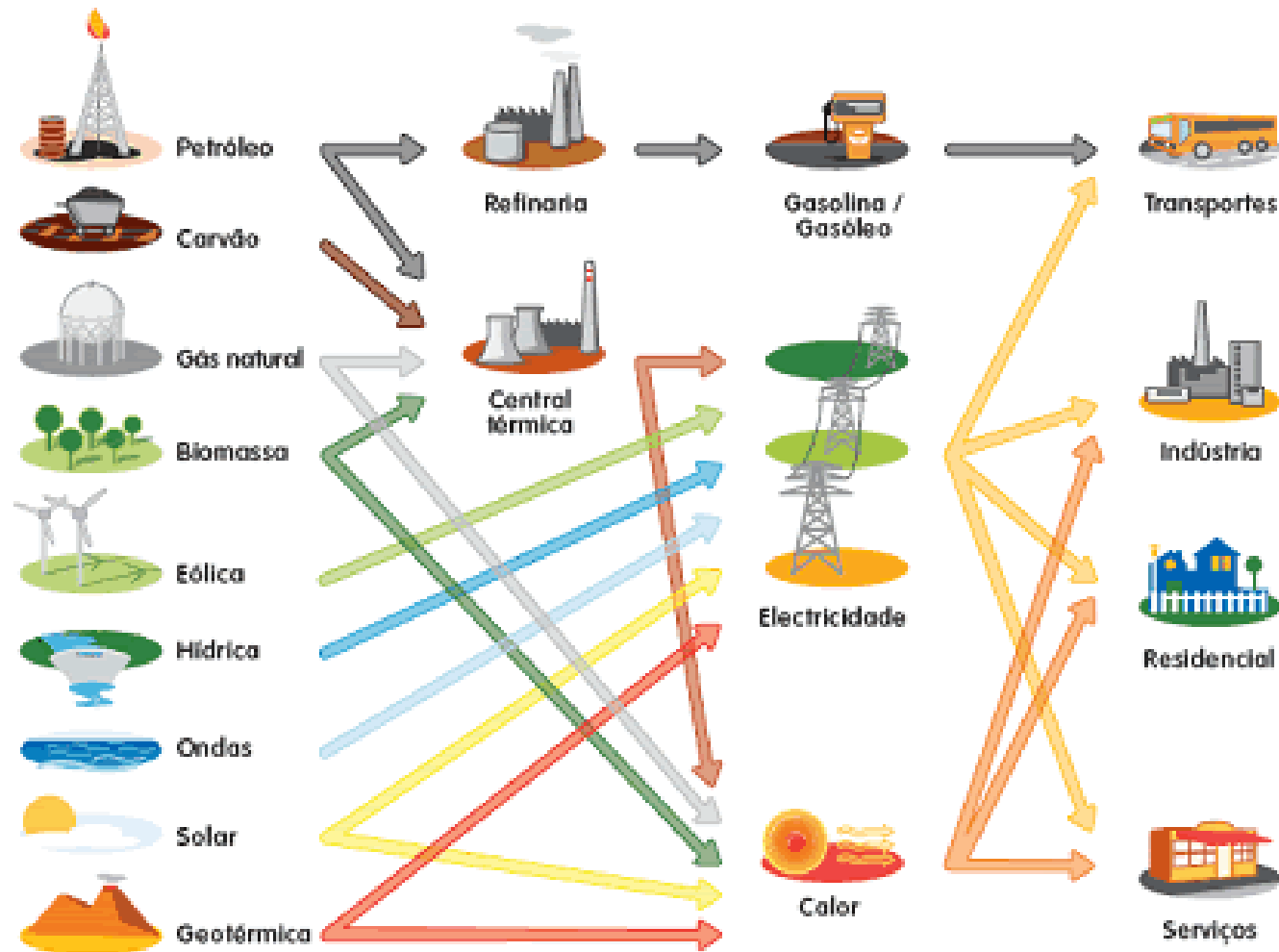
# Energias não renováveis x Energias renováveis

## Consumo de energia no mundo por fonte:

	<b>BIOMASSA</b> Renovável	2.9%		<b>PETRÓLEO</b> Não-Renovável	38.1%
	<b>HIDRELÉTRICA</b> Renovável	2.7%		<b>GÁS NATURAL</b> Não-Renovável	22.9%
	<b>GEOTÉRMICA</b> Renovável	0.3%		<b>CARVÃO</b> Não-Renovável	23.2%
	<b>VENTO</b> Renovável	0.1%		<b>NUCLEAR</b> Não-Renovável	8.1%
	<b>SOLAR</b> Renovável	0.1%		<b>PROPANO</b> Não-Renovável	1.7%

<http://www.energia-solar-caseira.com/>

$$\text{Eficiência energética} = \frac{\text{Energia de uso final}}{\text{Energia primária}}$$



# Balanço Energético Nacional



**Oferta interna  
de energia  
primária**

**Consumo de  
eletricidade**



## Alguns valores de eficiência na conversão de energia

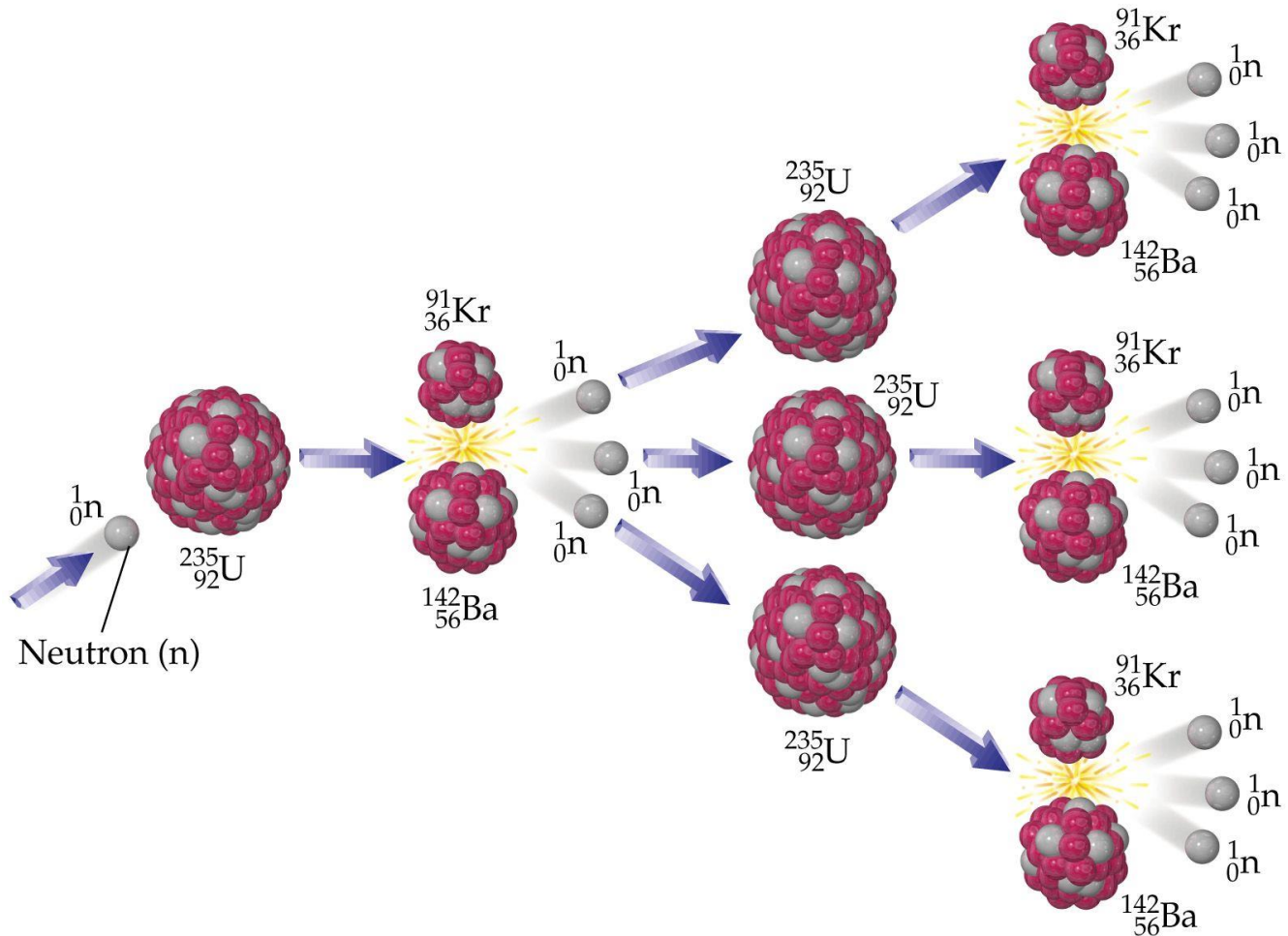
<b>Processo</b>	<b>Eficiência (%)</b>
Geradores elétricos	70-99
Motor elétrico	50-90
Fornalha a gás	70-95
Turbina eólica	35-50
Usina termoeletrica fóssil	30-40
Usina nuclear	30-35
Motor de automóvel	20-30
Lâmpada fluorescente	20
Lâmpada incandescente	5
Célula fotovoltaica	5 a 28
Aquecedor solar	40-60
Célula a combustível	40-60

**Fonte: Hinrichs, Kleinbach e Reis (2014)**

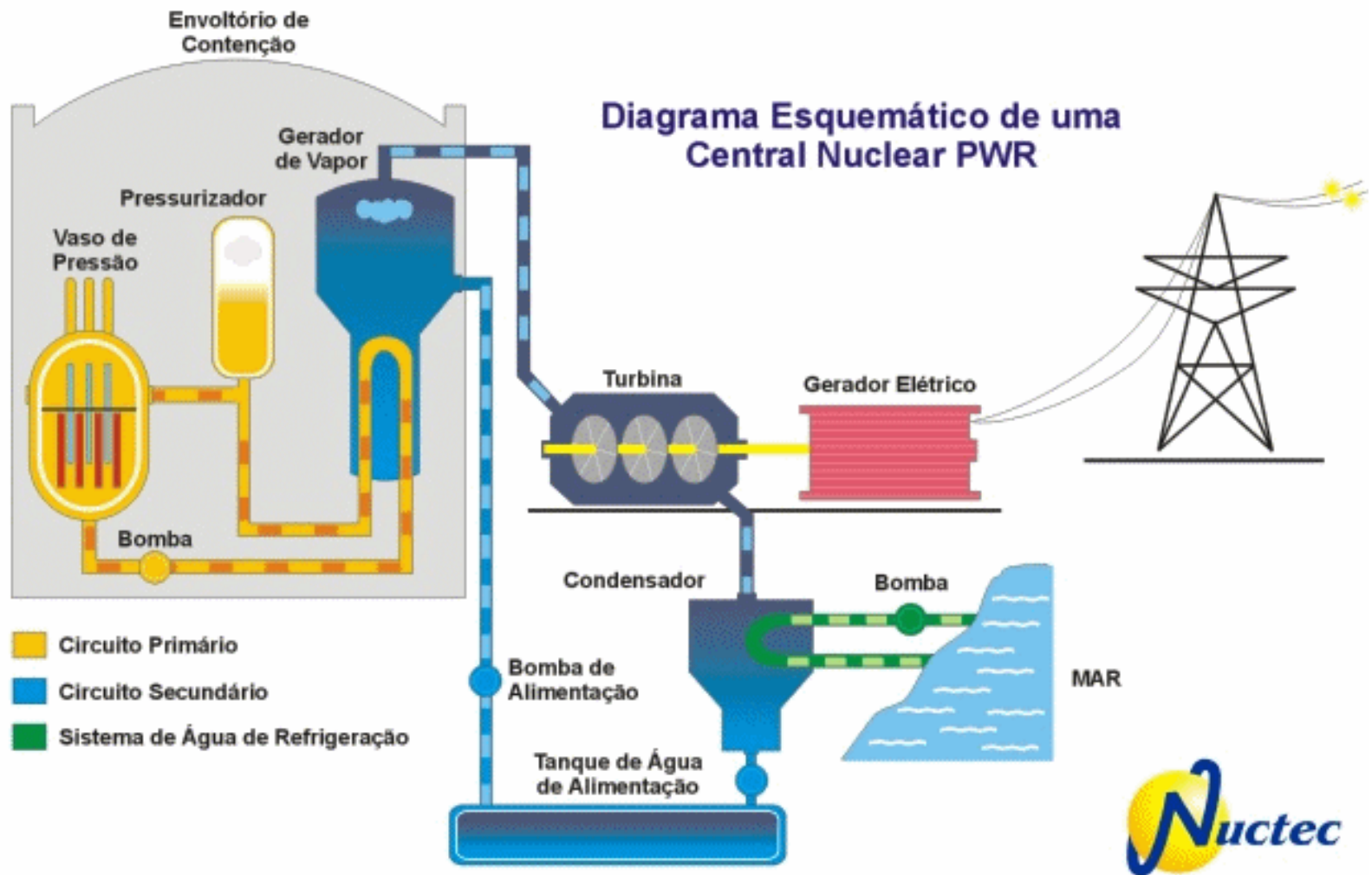


# Fonte de Energia Nuclear

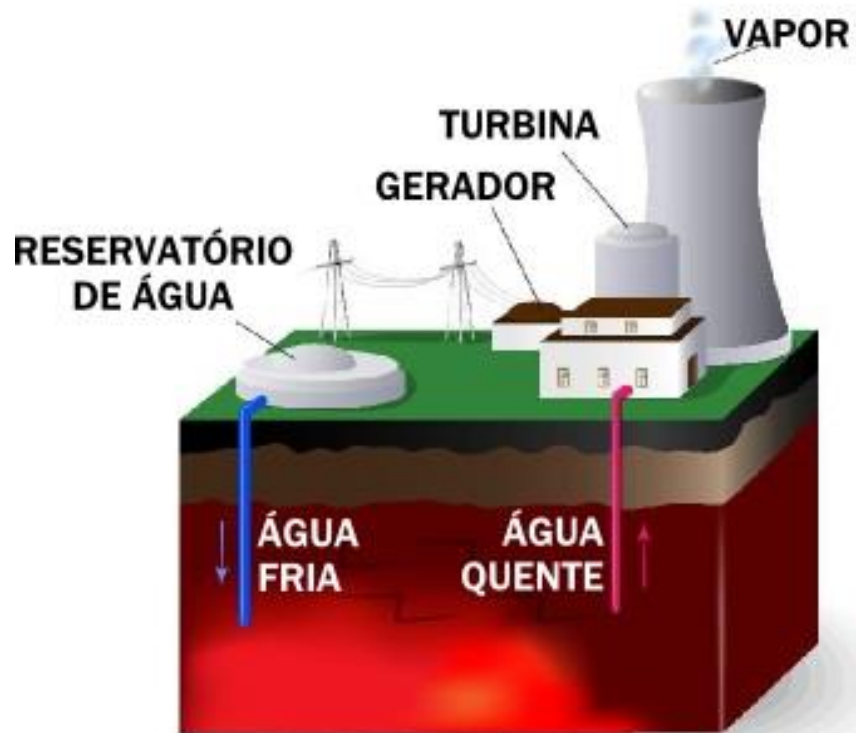
## (Fissão nuclear)



# Usina Nuclear



# Usina Geotérmica



## Formulário básico para conversões da energia

Eficiência em um único processo de conversão de energia:

$$\eta = \frac{E_{\text{útil}}}{E_{\text{entrada}}} \text{ ou } \eta = \frac{W_{\text{útil}}}{E_{\text{entrada}}}$$

Eficiência global em n processos de conversão de energia:

$$\eta_{\text{global}} = \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3 \dots \times \eta_n$$

## Formulário básico para quantificar algumas formas da energia

Energia mecânica da partícula:

$$E_{MEC} = E_{cin} + E_{pot}^g + E_{pot}^{el}$$

onde:

$$E_{cin} = \frac{mv^2}{2}$$

$$E_{pot}^g = mgh$$

$$E_{pot}^{el} = \frac{kx^2}{2}$$

Se o sistema for conservativo:

$$\Delta E_{MEC} = 0 \text{ ou } E_{MEC}^{Antes} = E_{MEC}^{Depois}$$

## Formulário básico para quantificar algumas formas da energia

Calor sensível e calor latente:

$$Q_S = mc\Delta\theta$$

$$Q_L = mL$$

Para a substância água:

$$c_{\text{gelo}} = 0,5 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$$

$$c_{\text{água}} = 1,0 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$$

$$L_f = 80 \text{ cal/g}$$

$$L_v = 540 \text{ cal/g}$$

Se o sistema for isolado com  $n$  constituintes:

$$Q_A + Q_B + \cdots + Q_n = 0$$



# Poder calorífico de alguns combustíveis

PODER CALORÍFICO DE ALGUNS COMBUSTÍVEIS		
COMBUSTÍVEL	CALOR PRODUZIDO	
Lenha	10 550 J/g	2 524 cal/g
Gás canalizado	17 974 J/g	4 300 cal/g
Metanol	22 200 J/g	5 311 cal/g
Álcool combustível	27 200 J/g	6 507 cal/g
Carvão metalúrgico	28 424 J/g	6 800 cal/g
Etanol	29 636 J/g	7 090 cal/g
Gasolina com 20% de álcool	40 546 J/g	9 700 cal/g
Acetileno	40 964 J/g	9 800 cal/g
Óleo diesel	44 851 J/g	10 730 cal/g
Querosene	45 144 J/g	10 800 cal/g
Gasolina isenta de álcool	46 900 J/g	11 220 cal/g
Gás liquefeito de petróleo (GLP)	49 030 J/g	11 730 cal/g
Butano	49 324 J/g	11 800 cal/g
Propano	49 951 J/g	11 950 cal/g
Metano	53 922 J/g	12 900 cal/g
Hidrogênio	120 802 J/g	28 900 cal/g

## Exemplo 1

Uma residência utiliza lâmpadas incandescentes para iluminação, cuja eficiência na conversão de energia elétrica em energia luminosa é de 5%. A energia elétrica que alimenta a residência provém de uma usina termelétrica a gás natural, cuja eficiência na conversão de calor em energia elétrica é de 36%. Como a usina fica a 300 km da cidade onde a residência está situada a residência, a energia gerada é transmitida em alta tensão e consumida em baixa tensão, sendo que as perdas com transmissão e transformação de tensão são de 15% e 4%, respectivamente. Sendo assim, para cada kWh liberado pelas lâmpadas, na forma de energia luminosa, quantos kWh de calor provenientes da queima do gás, na usina termelétrica, são necessários?



Resolução:

$$\eta_{GLOBAL} = \eta_{GERAÇÃO} \times \eta_{TRANSMISSÃO} \times \eta_{TRANSF.TENSÃO} \times \eta_{CONSUMO}$$

$$\eta_{GLOBAL} = 0,36 \times 0,85 \times 0,96 \times 0,05 = 0,0147 = 1,47\%$$

↑ 100% de eficiência global — — — — — 1 kwh termelétrico ↓  
1,47 % de eficiência global — — — — — x kwh termelétrico

*Como as grandezas são inversamente proporcionais:*

100% — — — — — x kwh  
1,47 % — — — — — 1 kwh

$$x = \frac{100\%}{1,47\%} \approx 68 \text{ kWh}$$

## Exemplo 2

Uma máquina de moagem de uma usina de etanol opera 24 h por dia, com potência elétrica de 150 kW. A energia elétrica que alimenta o equipamento provém da queima do bagaço da cana-de-açúcar da própria usina, cujo valor energético é de 2.200 kcal/kg. Considerando-se a eficiência global de conversão da energia química do bagaço em calor e posteriormente em eletricidade de 25%, determine a quantidade diária de bagaço, em toneladas, consumida para fornecer eletricidade à máquina de moagem.



Resolução:

Consumo de energia elétrica da máquina:

$$E_e = P \times \Delta t$$

$$E_e = 150 \text{ kW} \times 24 \text{ h} = 3600 \text{ kWh}$$

Convertendo-se em joules e depois em calorias:

$$E_e = 3600 \text{ kWh} \times \frac{3,6 \cdot 10^6 \text{ J}}{\text{kWh}} = 1,296 \cdot 10^{10} \text{ J}$$

$$E_e = 1,296 \cdot 10^{10} \text{ J} \times \frac{1 \text{ kcal}}{4184 \text{ J}} = 3,098 \times 10^6 \text{ kcal}$$

Cálculo da energia de entrada:

$$\eta = \frac{E_{\text{útil}}}{E_{\text{entrada}}} \Rightarrow E_{\text{entrada}} = \frac{E_{\text{útil}}}{\eta} = \frac{E_e}{\eta_{\text{química/calor/elétrica}}}$$

$$E_{\text{entrada}} = \frac{3,098 \times 10^6 \text{ kcal}}{0,25} = 12,39 \times 10^6 \text{ kcal}$$

Cálculo da quantidade de bagaço:

$$1 \text{ kg} \text{ --- } 2200 \text{ kcal}$$

$$x \text{ --- } 12,39 \times 10^6 \text{ kcal}$$

$$x = \frac{12,39 \times 10^6 \text{ kcal} \cdot \text{kg}}{2200 \text{ kcal}} = 5633 \text{ kg ou } 5,633 \text{ t}$$

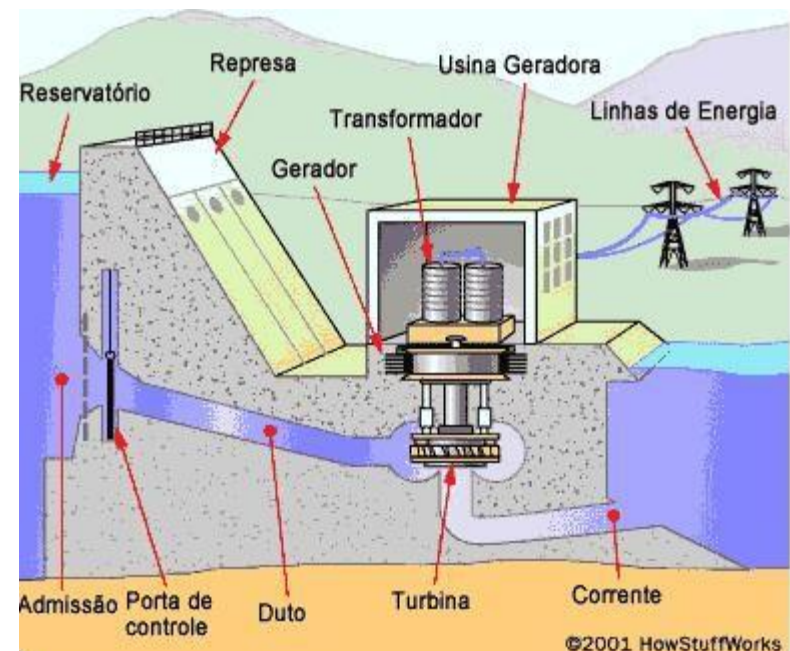
### Exemplo 3

Uma represa possui 100 milhões de  $\text{m}^3$  de água armazenada, formando um lago raso e de grande diâmetro. Da abertura da saída de água até uma turbina hidráulica, há um desnível de 80 m. A água escoa pela tubulação, no sentido da turbina, com uma vazão constante de  $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$ .

- Determine a máxima potência elétrica instalada, em kW, que essa usina hidrelétrica poderia ter, sabendo-se que a eficiência de conversão da energia mecânica em elétrica é de 80%.
- Determine a velocidade com que cada volume de água chega à turbina

Despreze as perdas por calor durante todo o tempo em que a energia é apenas mecânica.

Dados:  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ ;  $\rho_{\text{água}} = 1.000 \text{ kg/m}^3$ .





Resolução:

a)

$$\eta = \frac{P_{elétrica}}{P_{mecânica}} \Rightarrow P_{elétrica} = \eta \times P_{mecânica}$$

$$P_{elétrica} = \eta \times \frac{mgH}{\Delta t} = \eta \times \frac{(\rho V)gH}{\Delta t} = \eta \times \underbrace{\left(\frac{V}{\Delta t}\right)}_{VAZÃO} \times \rho gH$$

Substituindo-se:

$$P_{elétrica} = 0,80 \times \underbrace{2,5}_{VAZÃO} \text{ m}^3/\text{s} \times 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 80 \text{ m}$$

$$P_{elétrica} = 1568 \text{ kW}$$

b)

$$E_{MEC}^{ANTES} = E_{MEC}^{DEPOIS} \text{ (sistema conservativo)}$$

$$mgH = \frac{mv^2}{2}$$

$$v = \sqrt{2gH}$$

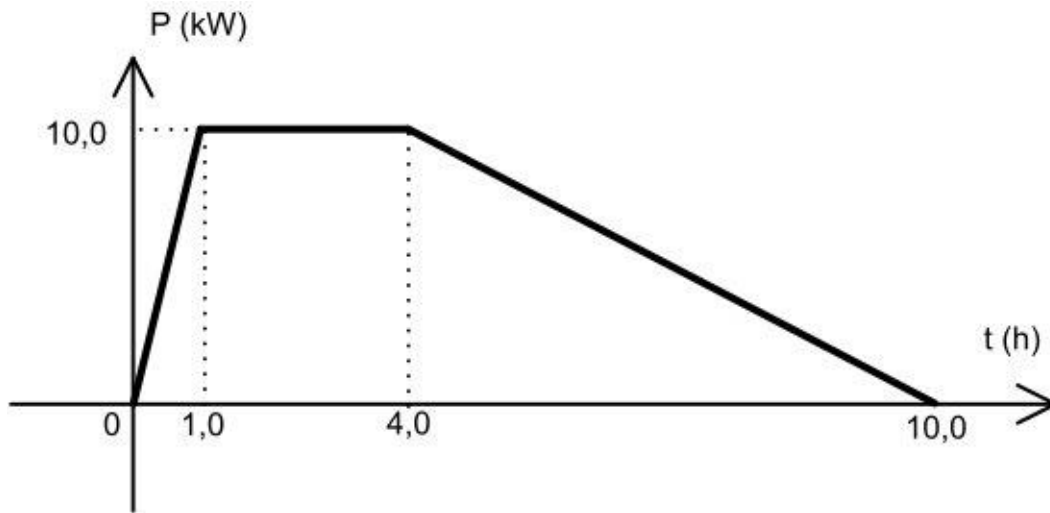
Substituindo-se:

$$v = \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 80} \approx 40 \frac{\text{m}}{\text{s}} \text{ ou } 143 \text{ km/h}$$

## Exemplo 4

Um aquecedor elétrico é utilizado para aquecer a água de um reservatório, desde a temperatura ambiente de 20 °C até 60° C. A potência elétrica  $P$  ao longo do processo de aquecimento, que durou 10 horas, pode ser vista na figura a seguir. Considerando-se a eficiência de conversão da energia elétrica do aquecedor em calor absorvido pela água de 95%, determine:

- o volume de água aquecido, em litros. Dado:  $\rho_{\text{água}} = 1.000 \text{ kg/m}^3 = 1 \text{ kg/L}$ .
- a temperatura final de equilíbrio térmico, se esse volume de água for misturado, em um recipiente isolado, a 500 L de água a 5°C.



Resolução:

a)

$$\eta = \frac{Q_S}{E_{elétrica}} \Rightarrow Q_S = \eta \times E_{elétrica}$$

$$Q_S = \eta \times \text{Área}_{\text{sob o gráfico } P \times t}$$

$$Q_S = 0,95 \times \frac{(3 \text{ h} + 10 \text{ h}) \times 10 \text{ kW}}{2}$$

$$Q_S = 61,75 \text{ kWh}$$

Convertendo-se em joules e depois em calorias:

$$Q_S = 61,75 \text{ kWh} \times \frac{3,6 \cdot 10^6 \text{ J}}{\text{kWh}} = 222,3 \cdot 10^6 \text{ J}$$

$$Q_S = 222,3 \cdot 10^6 \text{ J} \times \frac{1 \text{ kcal}}{4184 \text{ J}} = 53,13 \times 10^3 \text{ kcal}$$

Encontrando a massa e o volume de água aquecida:

$$Q_S = mc\Delta\theta \Rightarrow m = \frac{Q_S}{c\Delta\theta} = \frac{53,13 \times 10^3 \text{ kcal}}{1 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times (60 - 20)^\circ\text{C}}$$

$$m = 1328 \text{ kg}$$

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow V = \frac{m}{\rho} = \frac{1328 \text{ kg}}{1 \text{ kg/L}}$$

$$V = 1328 \text{ L}$$

b)

$$Q_A + Q_B + Q_C + Q_N = 0 \text{ (Sistema isolado)}$$

$$Q_S^{QUENTE} + Q_S^{FRIA} = 0$$

$$(mc\Delta\theta_{QUENTE}) + (mc\Delta\theta_{FRIA}) = 0$$

$$1328 \text{ kg} \times 1 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times (\theta_f - 60)^\circ\text{C} + 500 \text{ kg} \times 1 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times (\theta_f - 5)^\circ\text{C} = 0$$

Reduzindo as unidades e desenvolvendo:

$$1328 \times (\theta_f - 60) + 500 \times (\theta_f - 5) = 0$$

$$1828 \theta_f - 82180 = 0$$

$$\theta_f \approx 45^\circ\text{C}$$

## Exemplo 5

Uma barra de cereais de 30 g contém 138 kcal de valor energético. Considerando que toda essa energia pudesse ser utilizada para os processos abaixo, determine o resultado solicitado. Use  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ .

- a) Qual a massa de gelo a  $0^\circ\text{C}$  que poderia ser derretida?
- b) Que massa de água a  $100^\circ\text{C}$  poderia ser evaporada?
- c) A que altura um carro de 800 kg poderia ser elevado em relação ao solo?



**Informações Nutricionais**  
Porção de 30 g (1 unidade)

	Quantidade por porção	% VD (*)
Valor Energético	138 kcal = 584 kJ	7

Resolução:

a)

Valor energético:  $E=138 \text{ kcal}$

Supondo a conversão completa em calor latente:

$$E = Q_L = mL_F \Rightarrow m = \frac{E}{L_F}$$

Substituindo:

$$m = \frac{138 \text{ kcal}}{80 \text{ kcal/kg}} \approx 1,73 \text{ kg}$$

b)

Analogamente:

$$E = Q_L = mL_V \Rightarrow m = \frac{E}{L_V}$$

Substituindo:

$$m = \frac{138 \text{ kcal}}{540 \text{ kcal/kg}} \approx 0,266 \text{ kg}$$



c)

Convertendo o valor energético para joules:

$$E = 138 \text{ kcal} \times 4184 \frac{\text{J}}{\text{kcal}} = 577392 \text{ J}$$

Supondo que todo ele se converta em energia potencial:

$$E = mgH \Rightarrow H = \frac{E}{mg}$$

Substituindo:

$$H = \frac{577392 \text{ J}}{800 \cdot 9,8} \approx 73,6 \text{ m}$$