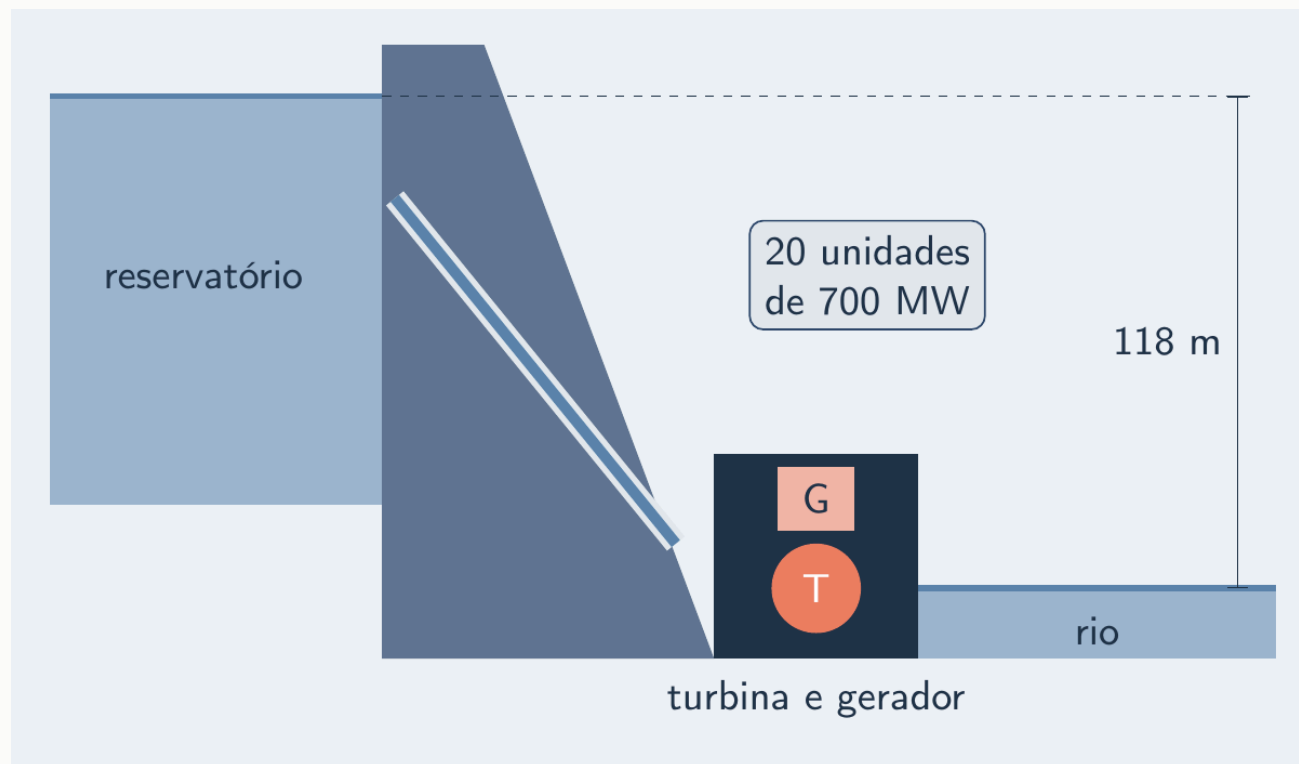


Mecânica II · Episódio 6

A queda de 118 metros que acende o Brasil

Conservação em escala e potência hidráulica

O caso

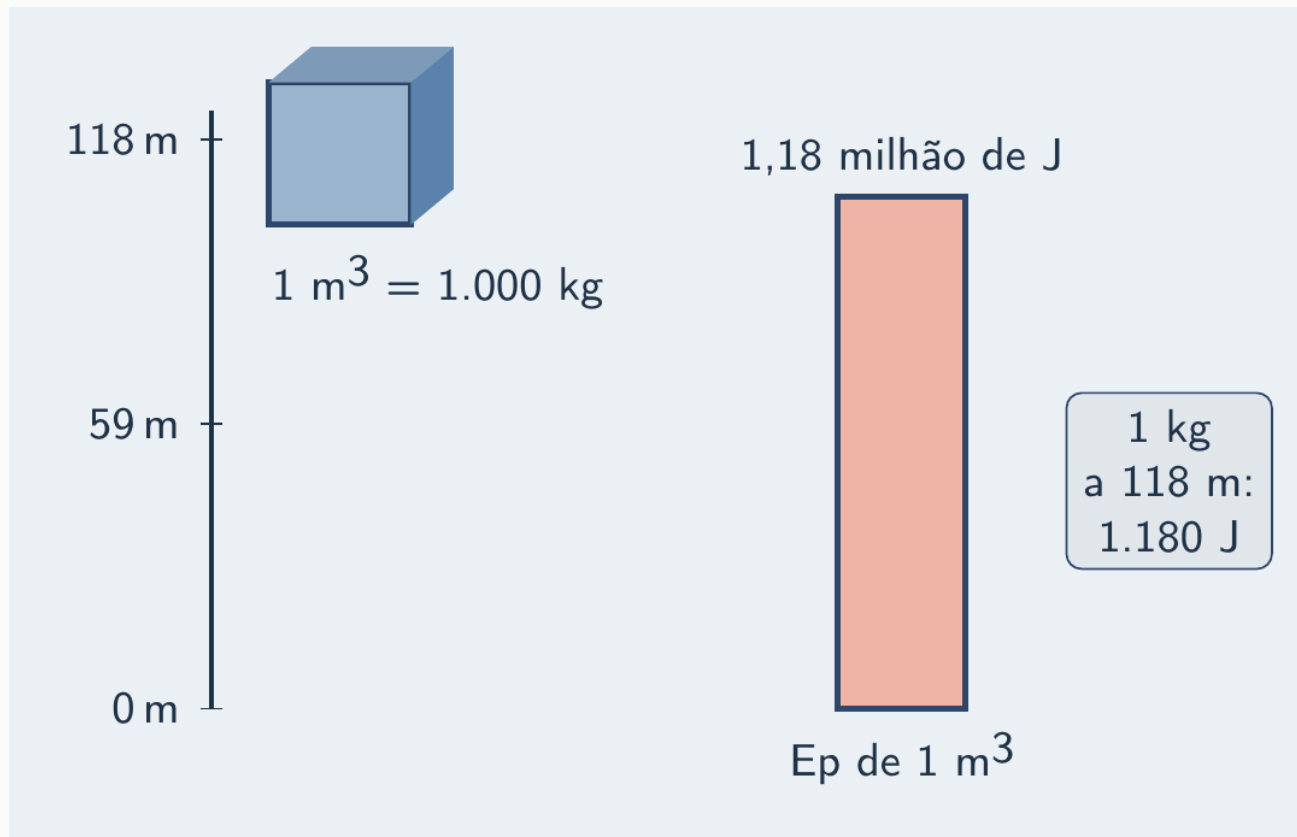


- barragem de **196 m** · lago de 1.350 km^2
- **20 turbinas** · queda de **118 m** · 700 MW cada
- total: **14.000 MW**, ou **14 GW**
- cerca de 90 bilhões de kWh/ano · recorde 103,1 (2016) · nada queimado

Pergunta do episódio

Como uma queda d'água vira 700 MW numa única turbina?

Conceito 1 – Energia de um metro cúbico



- um metro cúbico de água:
 $1 \text{ m}^3 = 1\,000 \text{ L} = 1\,000 \text{ kg}$
- zero: nível da água **na saída** · queda é a diferença
- por kg é pouco → o segredo é **kg por segundo**

Exemplo resolvido – uma tonelada no alto

Um metro cúbico de água, 118 m acima da saída ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

Fórmula:

$$E_p = m g h$$

$$\frac{E_p}{m} = g h$$

Substituição:

$$E_p = 1\,000 \cdot 10 \cdot 118$$

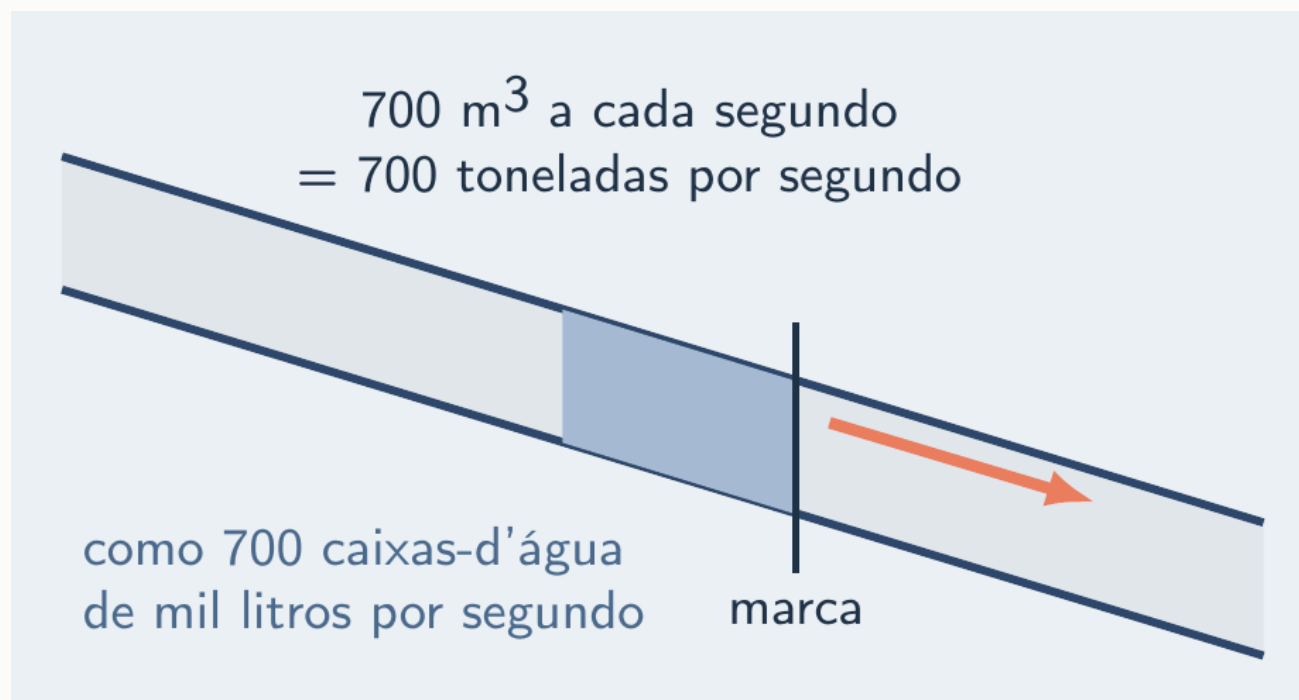
$$\frac{E_p}{m} = 10 \cdot 118$$

Resultado:

$$E_p = \mathbf{1,18 \times 10^6 \text{ J}}$$

$$\frac{E_p}{m} = \mathbf{1\,180 \text{ J/kg}}$$

Conceito 2 – Vazão



- Q : volume por segundo, em m^3/s
- massa por segundo: ρQ ·
água: $\rho = 1\,000\text{ kg}/\text{m}^3$
- uma turbina: cerca de 700 m^3/s , ou 700 t por segundo

Exemplo resolvido – de litros a quilos

Um conduto pequeno leva 500 L/s de água

Fórmula:

$$Q_{\text{m}^3/\text{s}} = \frac{Q_{\text{L/s}}}{1\,000}$$

$$\frac{m}{t} = \rho Q$$

Substituição:

$$Q = \frac{500}{1\,000} = 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\frac{m}{t} = 1\,000 \cdot 0,5$$

Resultado:

$$Q = \mathbf{0,5 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$\frac{m}{t} = \mathbf{500 \text{ kg/s}}$$

Conceito 3 – Potência hidráulica

The diagram illustrates the calculation of hydraulic power P using the formula $P = \rho g Q h$. The variables and their units are arranged in a sequence of boxes with multiplication signs between them:

- ρ (kg/m³) with value 1.000
- g (m/s²) with value 10
- Q (m³/s) with value 700
- h (m) with value 118

An orange arrow points from the sequence of boxes to the final result:

$$P = 826.000.000 \text{ W} = 826 \text{ MW}$$

(por turbina)

$$P = \rho g Q h$$

- no SI → watts
- é a E_p por segundo:

$$P = \frac{m g h}{t}$$

- potência da água, **antes** das perdas

Exemplo resolvido – uma turbina

Vazão de $700 \text{ m}^3/\text{s}$ · queda de 118 m

Fórmula:

$$P = \rho g Q h$$

Substituição:

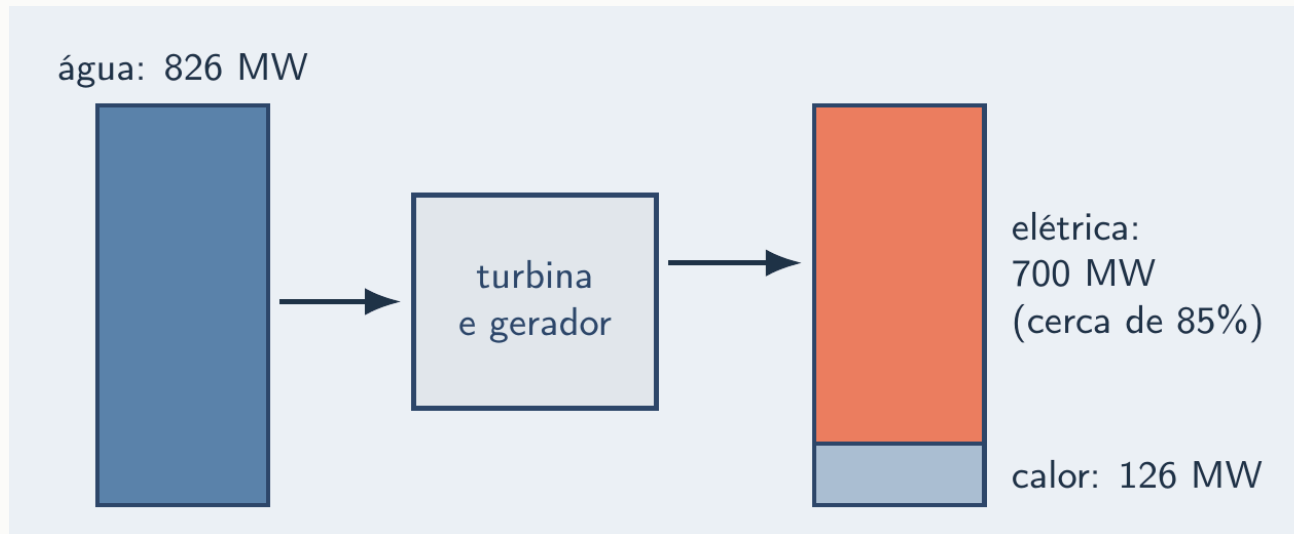
$$P = 1\,000 \cdot 10 \cdot 700 \cdot 118$$

Resultado:

$$P = 8,26 \times 10^8 \text{ W}$$

- em megawatts: **826 MW**

Conceito 4 – Rendimento

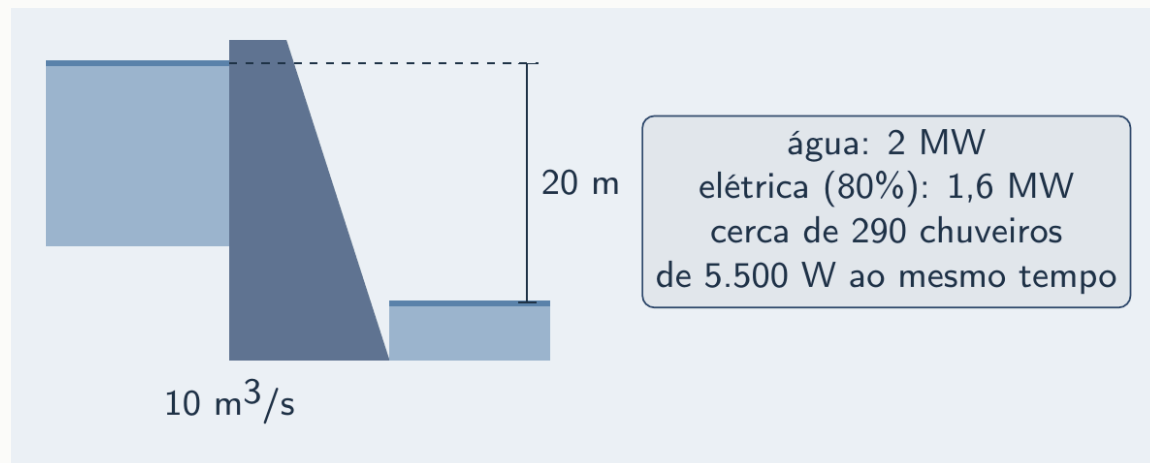


$$P_{\text{el}} = \eta P$$

- perdas: atrito nos mancais, na água, nos enrolamentos → calor
- usina: η de 85 a 90% · motor de carro: cerca de 30%
- placa de 700 MW:

$$0,85 \cdot 826 \approx 702 \text{ MW}$$

Exemplo resolvido – pequena central



Queda de 20 m · vazão de 10 m³/s · rendimento de 80%

Fórmula:

$$P_{el} = \eta \rho g Q h$$

Substituição:

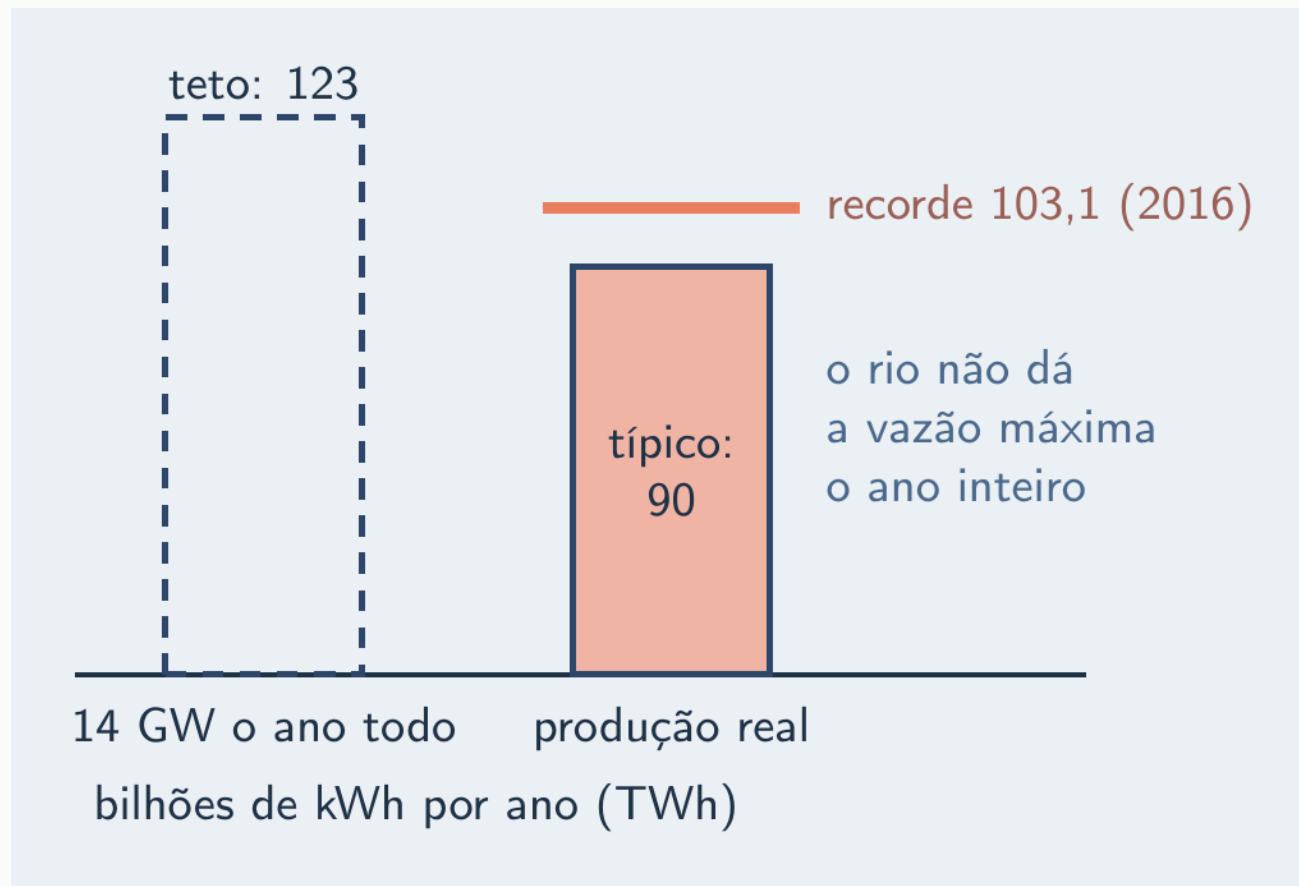
$$P_{el} = 0,80 \cdot 1\,000 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 20$$

Resultado:

$$P_{el} = \mathbf{1,6\,MW}$$

- cerca de 290 chuveiros de 5.500 W

Conceito 5 – Energia do ano



$$E = P \Delta t$$

- MW é potência · MWh, GWh, TWh são energia
- plena carga o ano todo: **teto**
- seca e manutenção → o real fica abaixo

Exemplo resolvido – o teto

14 GW a plena carga por 8.760 h · recorde de 103,1 TWh

Fórmula:

$$E = P \Delta t$$

$$f = \frac{E_{\text{real}}}{E_{\text{teto}}}$$

Substituição:

$$E = 14 \text{ GW} \cdot 8\,760 \text{ h}$$

$$f = \frac{103,1}{122,6}$$

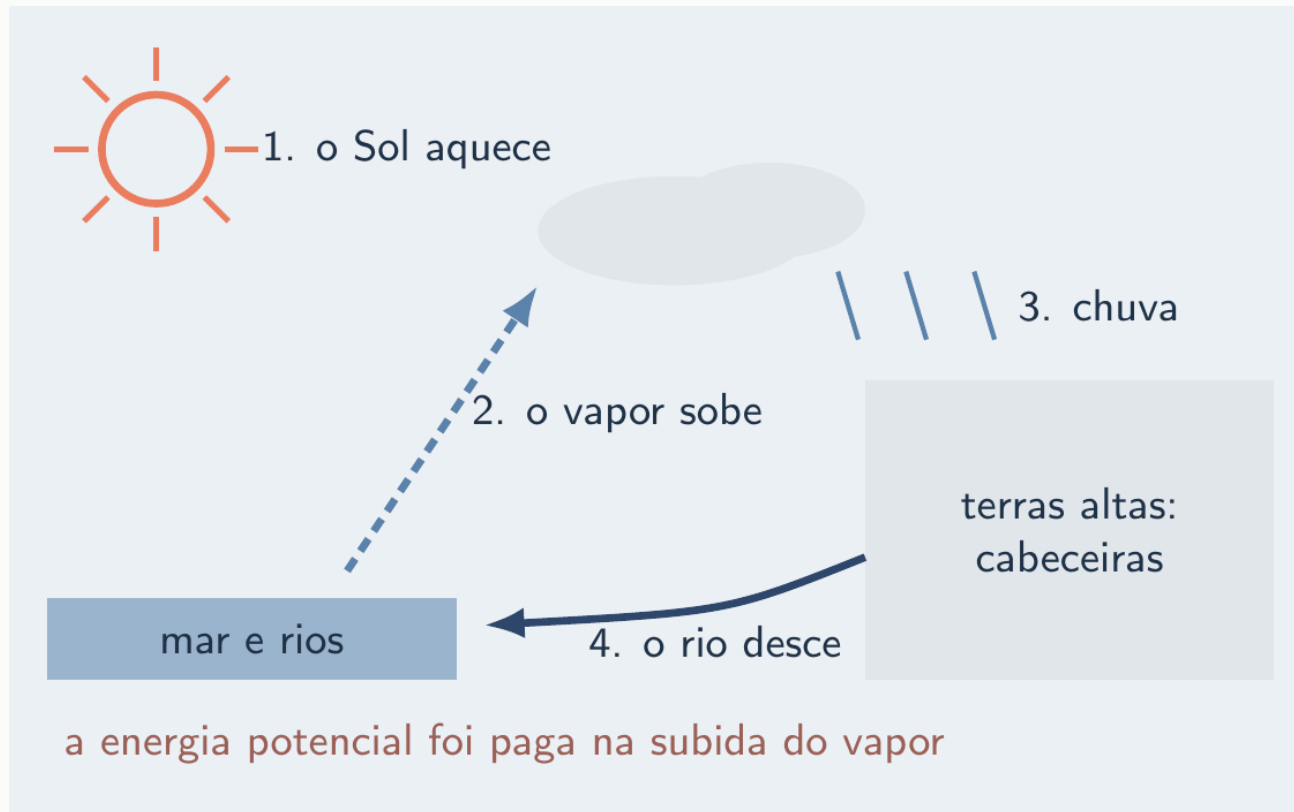
Resultado:

$$E \approx \mathbf{123 \text{ TWh}}$$

$$f \approx \mathbf{84 \%}$$

- 122.640 GWh: cerca de 123 TWh

Conceito 6 – A energia veio do Sol



- Sol evapora → vapor sobe → chuva nas terras altas
- a E_p foi paga **na subida do vapor**
- hidrelétrica: solar em escala de rio

Exemplo resolvido – chuva no alto

1 mm de chuva sobre 1 km², 118 m acima da saída

Fórmula:

$$m = \rho A d$$

$$E_p = m g h$$

Substituição:

$$m = 1\,000 \cdot 10^6 \cdot 0,001$$

$$E_p = 10^6 \cdot 10 \cdot 118$$

Resultado:

$$m = 10^6 \text{ kg}$$

$$E_p = 1,18 \times 10^9 \text{ J}$$

- cerca de 328 kWh

Radar ENEM

The diagram illustrates the correct and incorrect ways to calculate power from flow, head, and efficiency. It features three input boxes at the top: 'vazão 500 m³/s', 'queda 100 m', and 'rendimento 90%'. Below these is a central box with the correct calculation: $0,90 \times 1.000 \times 10 \times 500 \times 100 = 450 \text{ MW: certo}$. At the bottom, two boxes are crossed out with red X's: '500 MW (sem rendimento)' and '450 kW (mega virou quilo)'.

vazão
500 m³/s

queda
100 m

rendimento
90%

$0,90 \times 1.000 \times 10 \times 500 \times 100 = 450 \text{ MW: certo}$

~~500 MW
(sem rendimento)~~

~~450 kW
(mega virou quilo)~~

- ✗ sem rendimento: 500 MW em vez de 450 MW
- ✗ mega trocado por quilo: 450 kW
- ✗ vazão em litros direto na fórmula
- ✗ MW tratado como energia
- ✓ cadeia: potencial → cinética → rotação → elétrica (+ calor)

Resumo em cinco peças

1

1 kg de água a 118 m: 1.180 J

2

potência da água: $P = \rho \times g \times Q \times h$

3

rendimento: 826 MW da água, 700 MW elétricos

4

potência $\times$ tempo: o teto do ano, 123 TWh

5

a energia veio do Sol, que subiu a água

1. 1 kg a 118 m: 1.180 J

2. $P = \rho g Q h$

3. η leva 826 a 700 MW

4. potência vezes tempo:
energia; teto

5. quem subiu a água: Sol

Treine no jogo



QR do jogo → <https://professorcanario.com.br/m2/c6/lista>

Canarinho · lista do Episódio 6

Depois da aula: o combo deste episódio

[Abrir arena](#)

Vídeo em capítulos



Vá direto ao trecho que precisa.

<https://professorcanario.com.br/m2/c6/video>

Lista no app



As questões deste episódio,
para treinar.

<https://professorcanario.com.br/m2/c6/lista>

Livro da minissérie



Com QR em cada capítulo, que
leva ao vídeo e à lista daquele
tema.

<https://professorcanario.com.br/mecanica2/livro/>