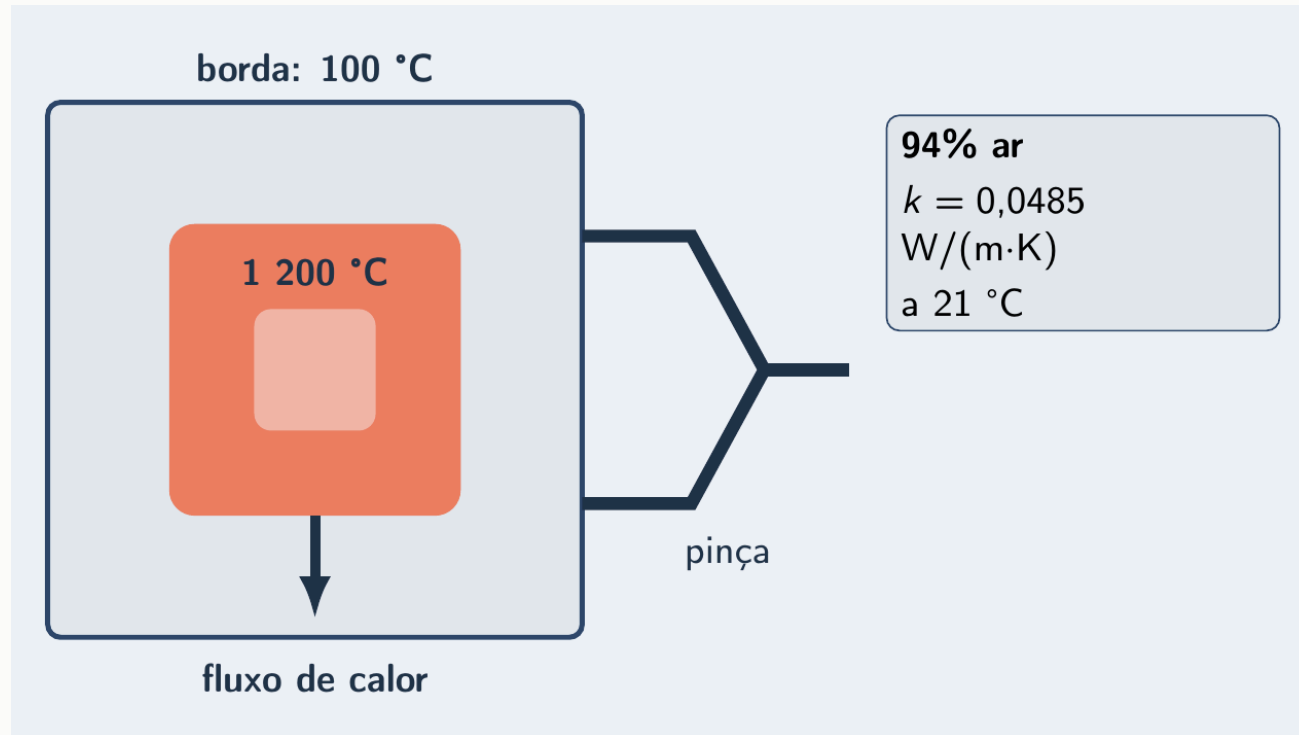


Termodinâmica I · Episódio 10

A telha que se segura em brasa

Condução e condutividade térmica

O caso

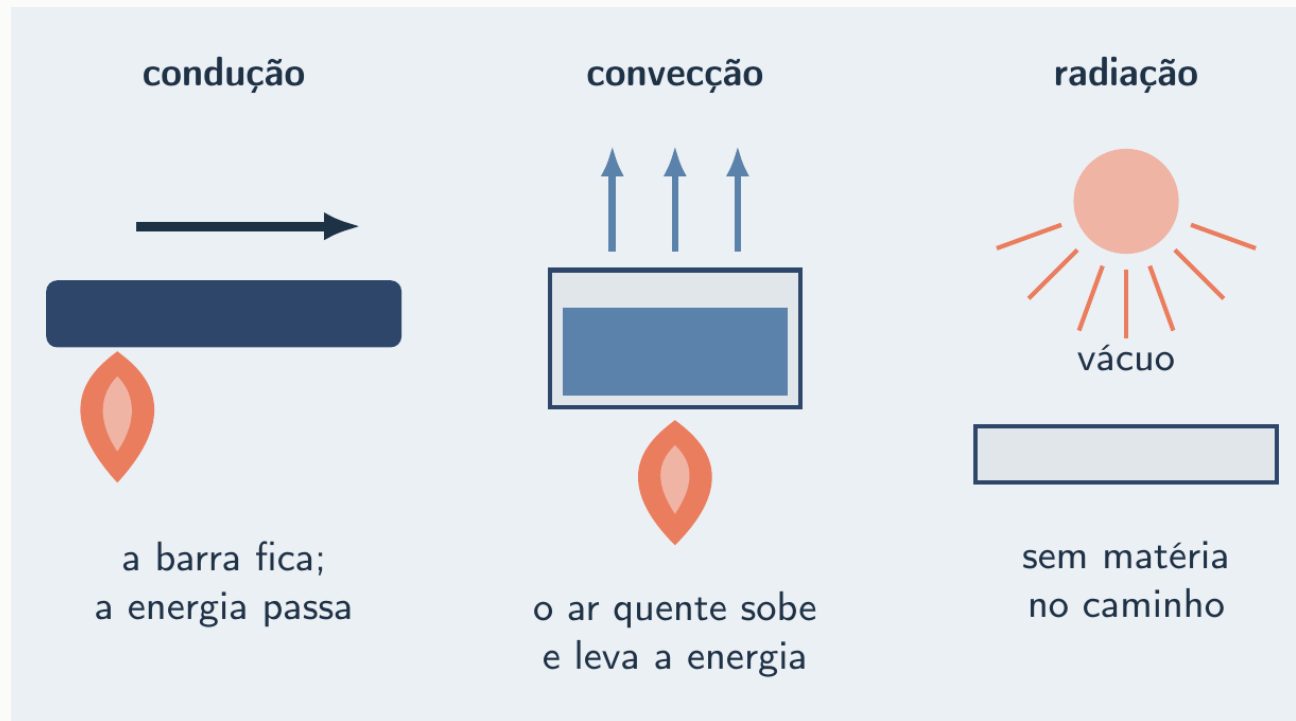


- telha LI-900 do ônibus espacial · miolo a **1 200 °C**
- 99,9% sílica · **94% ar** em volume
- condutividade:
 $k = 0,0485 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
- segura pelas bordas, logo ao sair do forno

Pergunta do episódio

**Com o miolo em brasa, por que a borda não
queima a mão?**

Conceito 1 – Três caminhos do calor



- **condução**: matéria parada, energia passa
- **convecção**: fluido se move e leva a energia
- **radiação**: onda · cruza até o vácuo

Exemplo resolvido – radiação do Sol

Sol a $1,5 \times 10^{11}$ m; onda a 3×10^8 m/s, sem matéria no caminho

Fórmula:

$$\Delta t = \frac{d}{v}$$

Substituição:

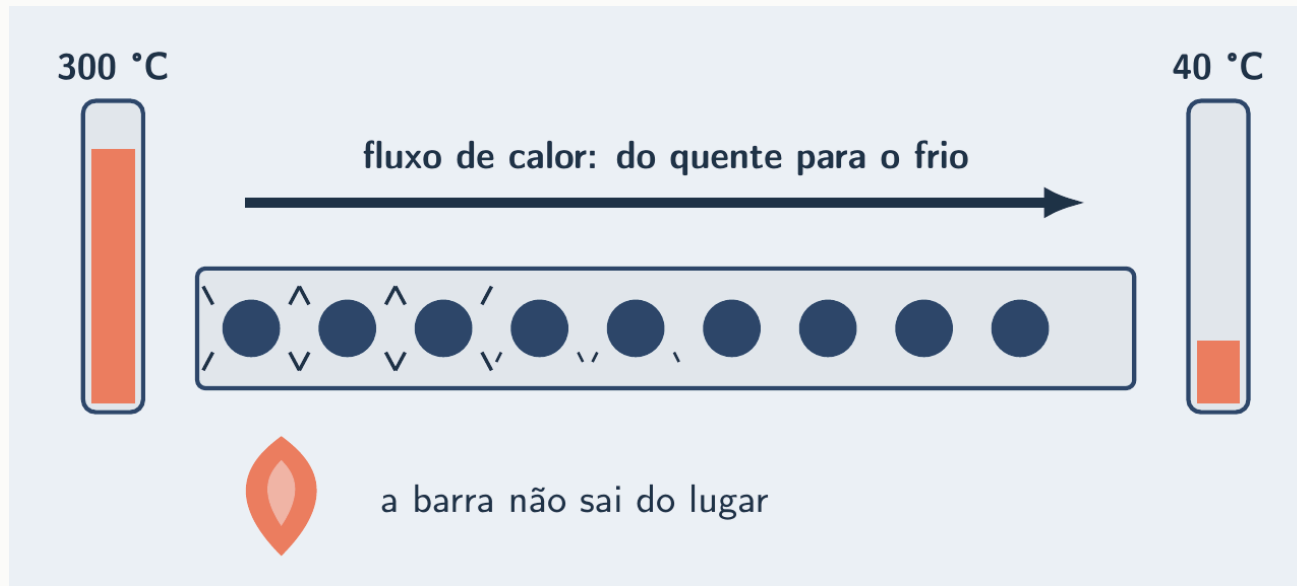
$$\Delta t = \frac{1,5 \times 10^{11}}{3 \times 10^8}$$

Resultado:

$$\Delta t = \mathbf{500\ s}$$

- cerca de 8,3 min

Conceito 2 – Condução



- vibração passa de vizinha a vizinha
- **sem transporte** de matéria · caminho dos sólidos
- única seta: sentido do fluxo, quente → frio

Exemplo resolvido – barra de cobre

Cobre ($k = 400$), seção de $0,01 \text{ m}^2$, $0,5 \text{ m}$ de comprimento, pontas a 100 e $0 \text{ }^\circ\text{C}$

Fórmula:

$$\Phi = \frac{k A \Delta T}{e}$$

Substituição:

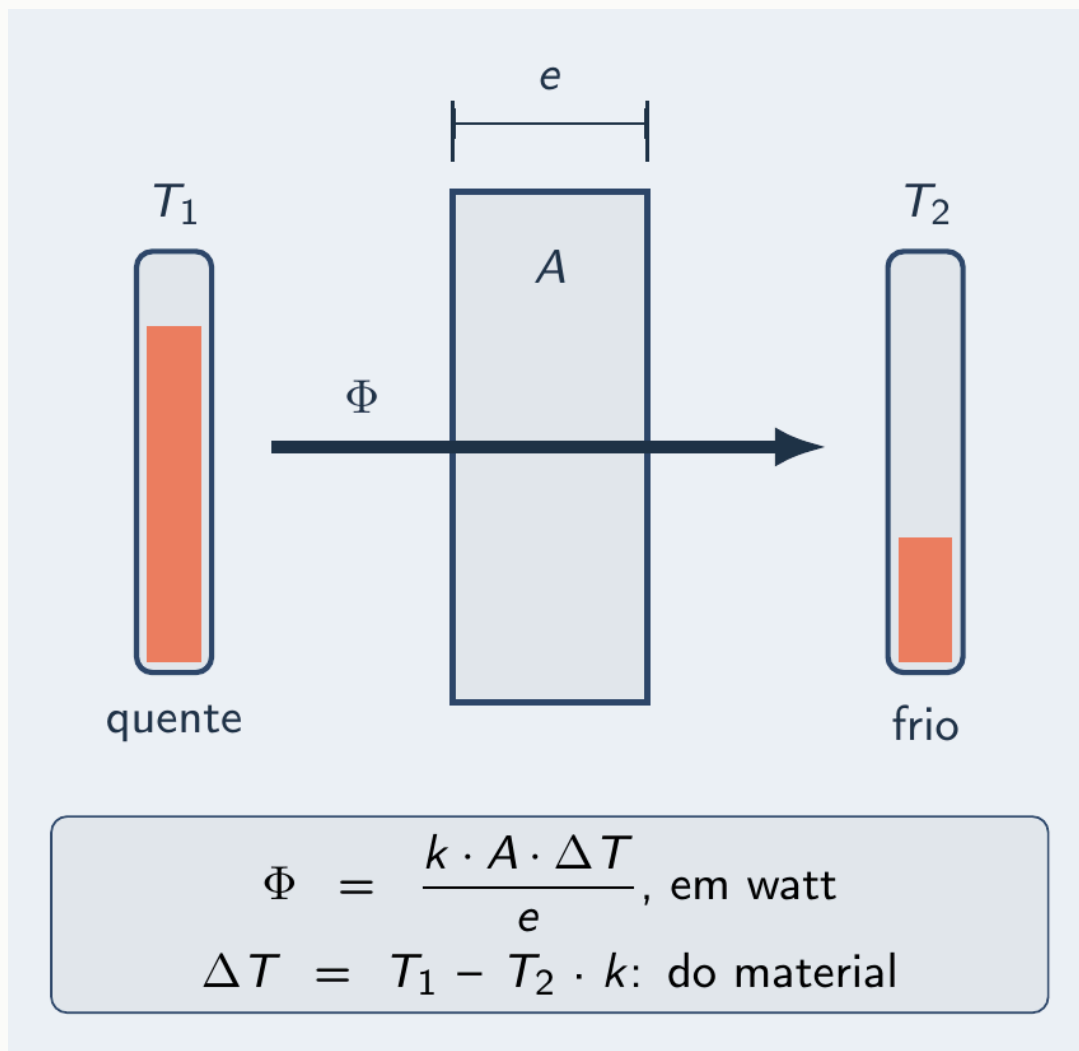
$$\Phi = \frac{400 \cdot 0,01 \cdot 100}{0,5}$$

Resultado:

$$\Phi = \mathbf{800 \text{ W}}$$

- da ponta quente para a fria

Conceito 3 – Lei de Fourier



$$\Phi = \frac{k A \Delta T}{e}$$

- Φ em W (J/s)
- dobra A ou $\Delta T \rightarrow$ dobra $\cdot$
dobra $e \rightarrow$ metade
- ΔT entre faces: °C ou K dão o mesmo

Exemplo resolvido – uma hora de vazamento

Fluxo constante de 2 500 W durante 1 h

Fórmula:

$$Q = \Phi \Delta t$$

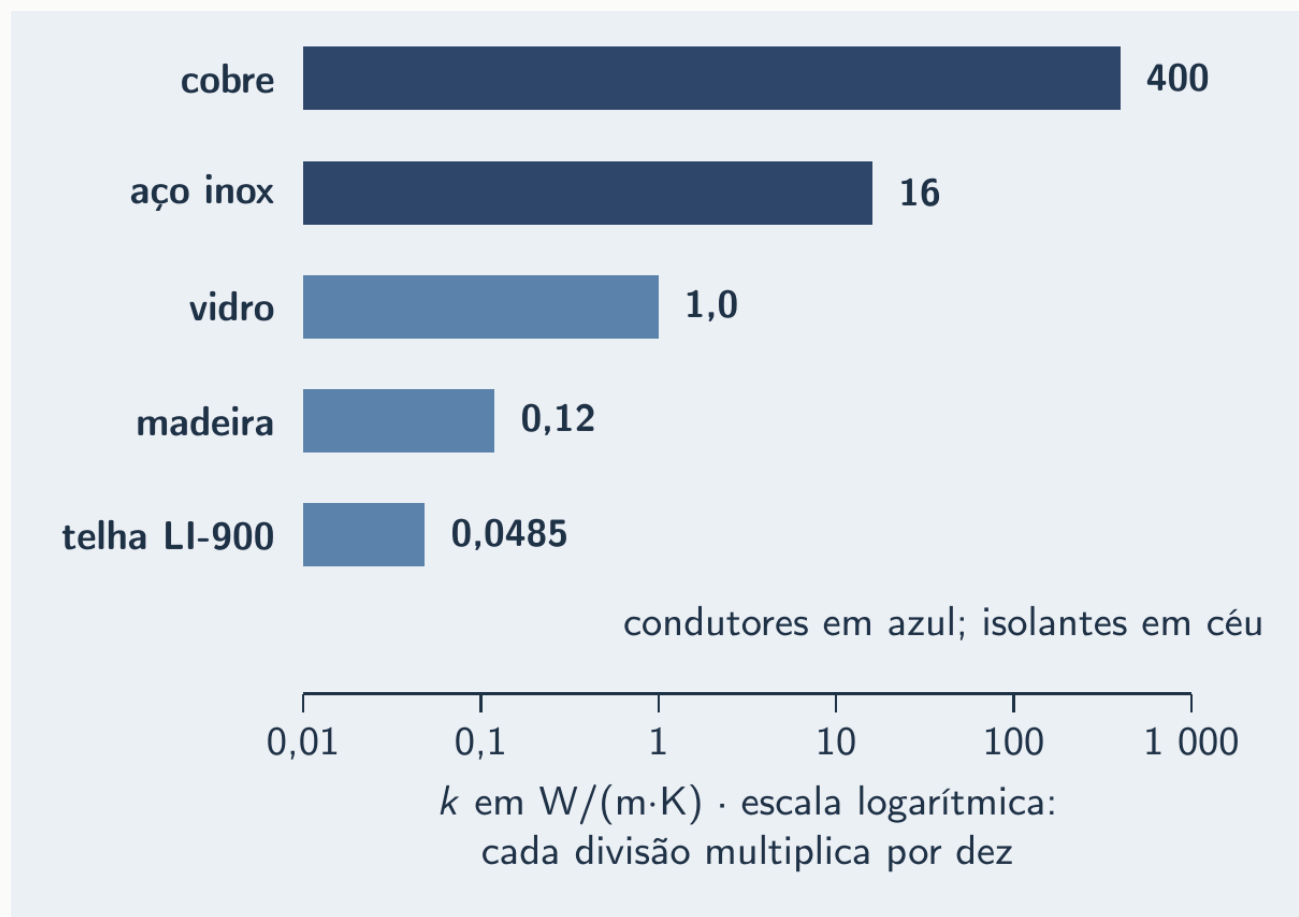
Substituição:

$$Q = 2\,500 \cdot 3\,600$$

Resultado:

$$Q = \mathbf{9 \times 10^6 \text{ J}}$$

Conceito 4 – Condutividade



- k : propriedade do **material** ·
 $W/(m \cdot K)$
- cobre 400 · inox 16 · vidro 1,0
· madeira 0,12
- k alto: condutor · k baixo:
isolante

Exemplo resolvido – telha × cobre

Mesma geometria e mesmo ΔT da telha, agora em cobre · r : razão dos fluxos

Fórmula:

$$r = \frac{k_{\text{cobre}}}{k_{\text{telha}}}$$

Substituição:

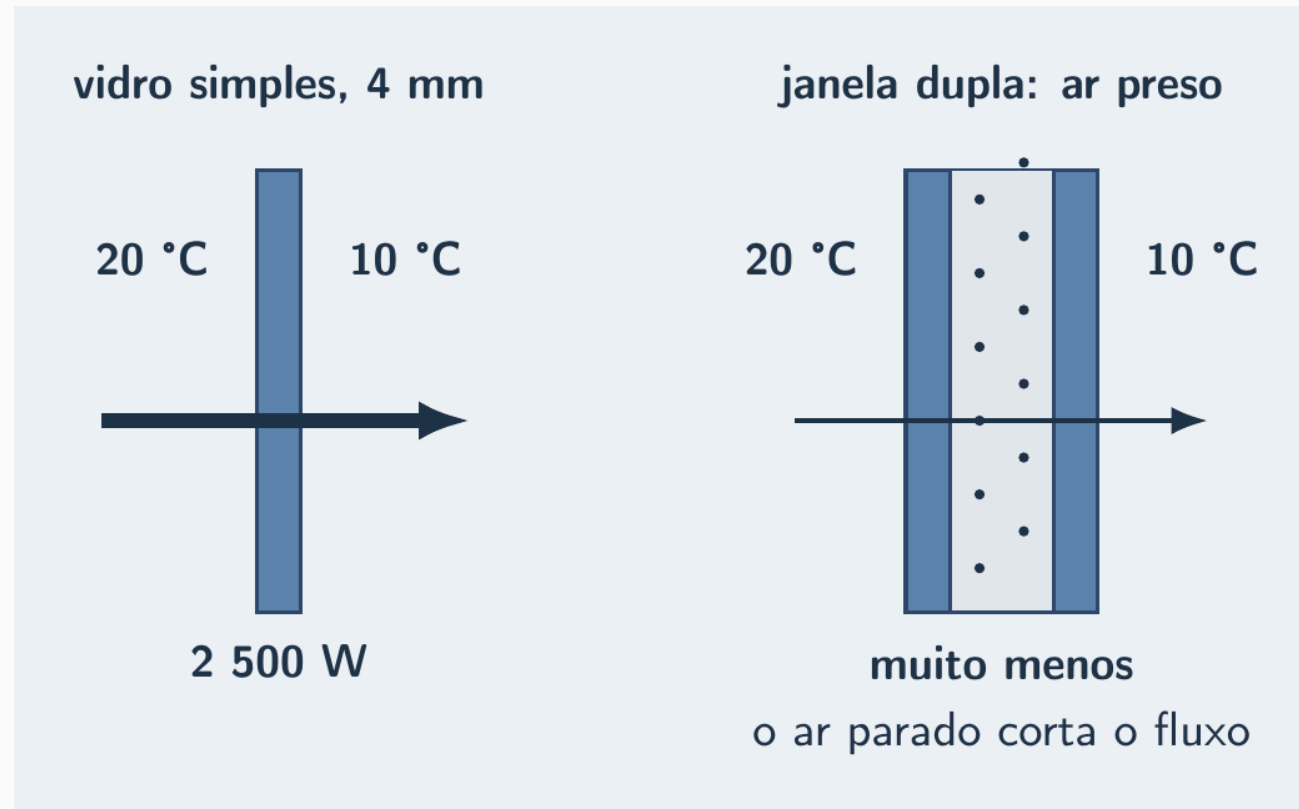
$$r = \frac{400}{0,0485}$$

Resultado:

$$r \approx \mathbf{8\,250}$$

- fluxo no cobre: cerca de **198 000 W**

Conceito 5 – Ar preso



- ar parado: péssimo condutor
- bolsões pequenos travam a convecção
- lã, isopor, casaco, telha · janela dupla

Exemplo resolvido – vidro de janela

Vidro ($k = 1,0$), 1 m^2 , 4 mm ; 20 °C dentro, 10 °C fora

Fórmula:

$$\Phi = \frac{k A \Delta T}{e}$$

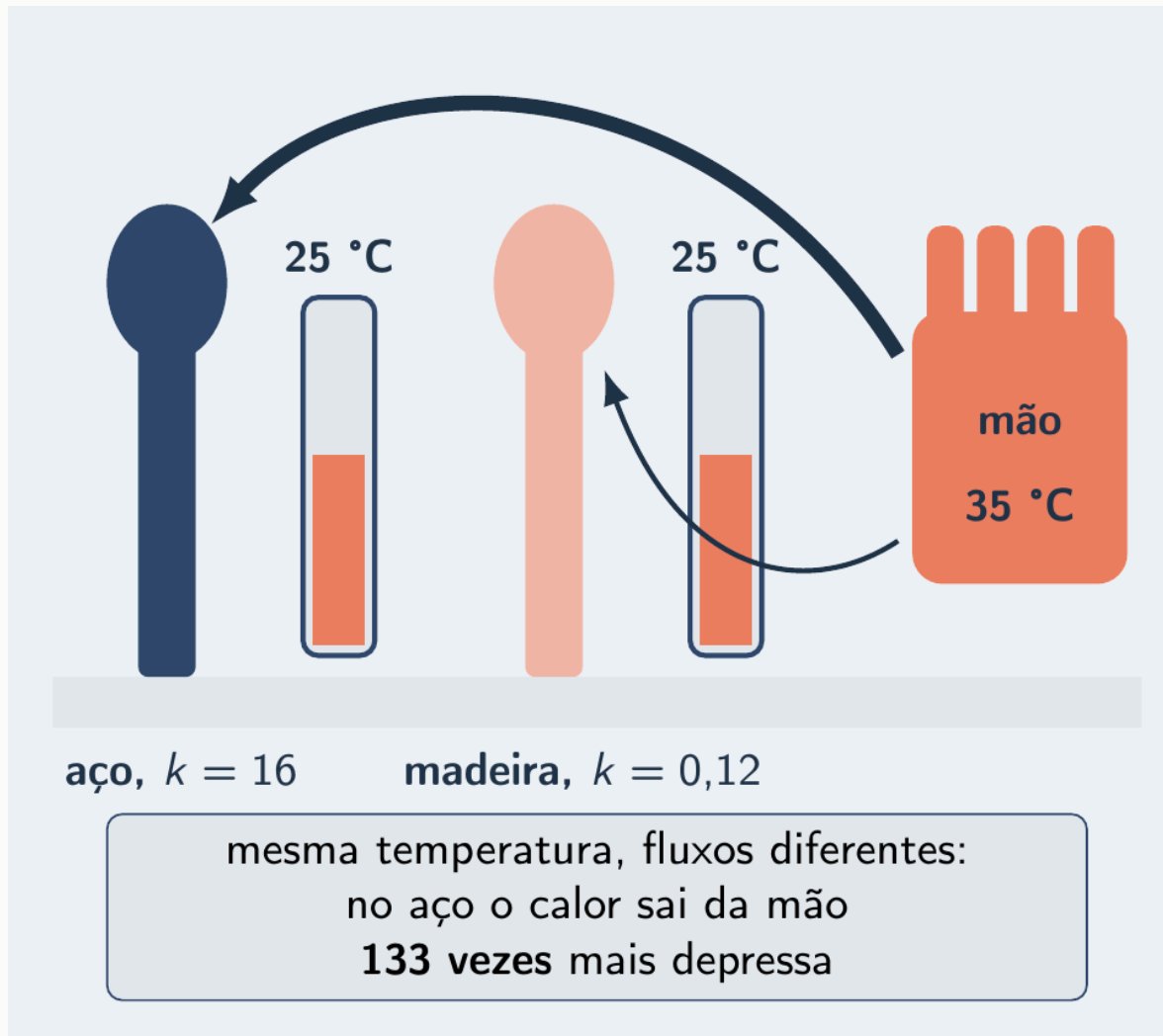
Substituição:

$$\Phi = \frac{1,0 \cdot 1 \cdot 10}{0,004}$$

Resultado:

$$\Phi = \mathbf{2\,500\,W}$$

Conceito 6 – A mão sente fluxo



- na gaveta: as duas a **25 °C**
- metal tira calor da pele mais depressa
- "metal mais frio": erro clássico

Exemplo resolvido – duas colheres

Aço inox (k de 16) e madeira (k de 0,12), mesma forma, mesmo $\Delta T \cdot r$:
razão dos fluxos

Fórmula:

$$r = \frac{k_{\text{metal}}}{k_{\text{madeira}}}$$

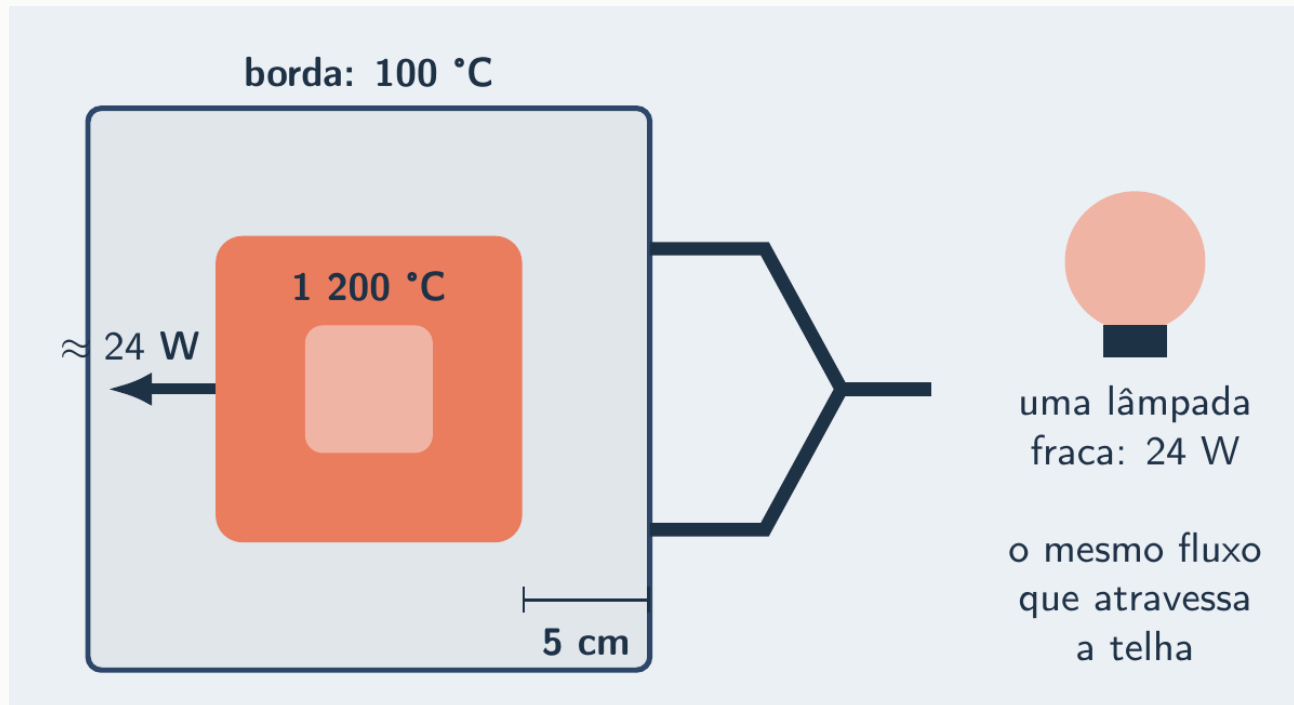
Substituição:

$$r = \frac{16}{0,12}$$

Resultado:

$$r \approx \mathbf{133}$$

Conceito 7 – Por que a telha se segura



- face de 15 cm por 15 cm · 5 cm até a borda
- fluxo de **lâmpada fraca**
- borda leve: pouca massa, pouca energia

Exemplo resolvido – fluxo na telha

k de 0,0485 · área de 0,0225 m² · espessura de 0,05 m · miolo 1 200 °C, borda 100 °C

Fórmula:

$$\Phi = \frac{k A \Delta T}{e}$$

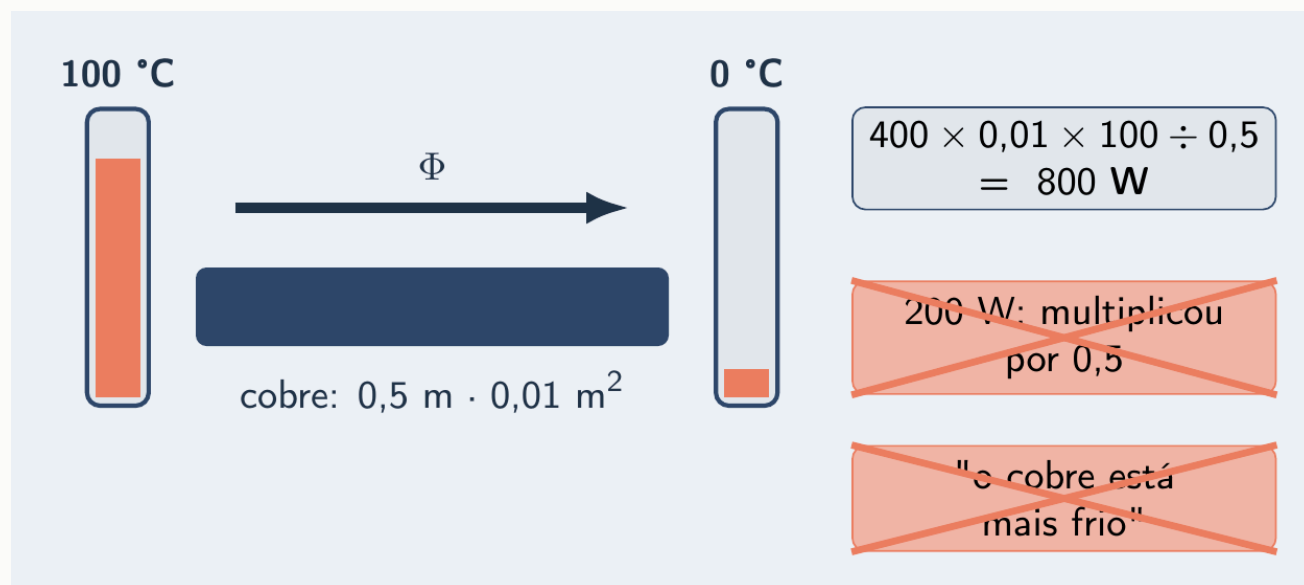
Substituição:

$$\Phi = \frac{0,0485 \cdot 0,0225 \cdot 1\,100}{0,05}$$

Resultado:

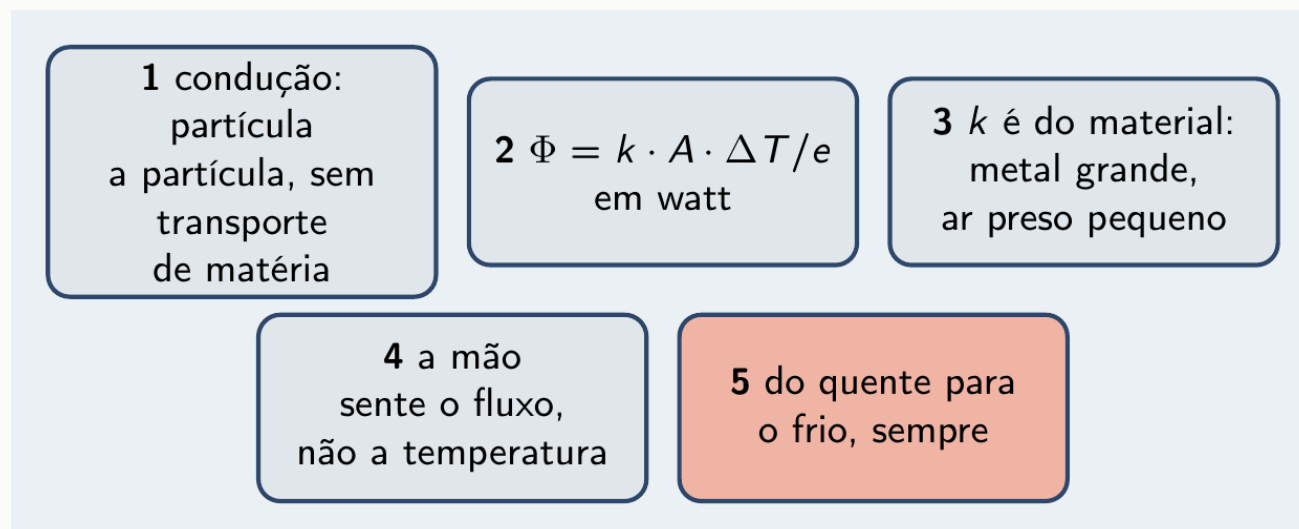
$$\Phi \approx \mathbf{24\,W}$$

Radar ENEM



- ✗ multiplicar pela espessura (200 W)
- ✗ esquecer a área (80 000 W)
- ✗ espessura em cm ou mm na fórmula
- ✗ somar k para comparar materiais
- ✓ $\Phi = \frac{k A \Delta T}{e} \cdot \text{mesma } T, k \text{ diferente}$

Resumo em cinco peças



1. condução: energia anda, matéria fica
2. $\Phi = \frac{k A \Delta T}{e}$, em watt
3. k do material; ar isola
4. mão percebe fluxo, não temperatura
5. sempre do quente ao frio

Treine no jogo



QR do jogo → <https://professorcanario.com.br/t1/c10/lista>

Canarinho · lista do Episódio 10

Depois da aula: o combo deste episódio

[Abrir arena](#)

Vídeo em capítulos



Vá direto ao trecho que precisa.

<https://professorcanario.com.br/t1/c10/video>

Lista no app



As questões deste episódio,
para treinar.

<https://professorcanario.com.br/t1/c10/lista>

Livro da minissérie



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

<https://professorcanario.com.br/termodinamica1/livro/>