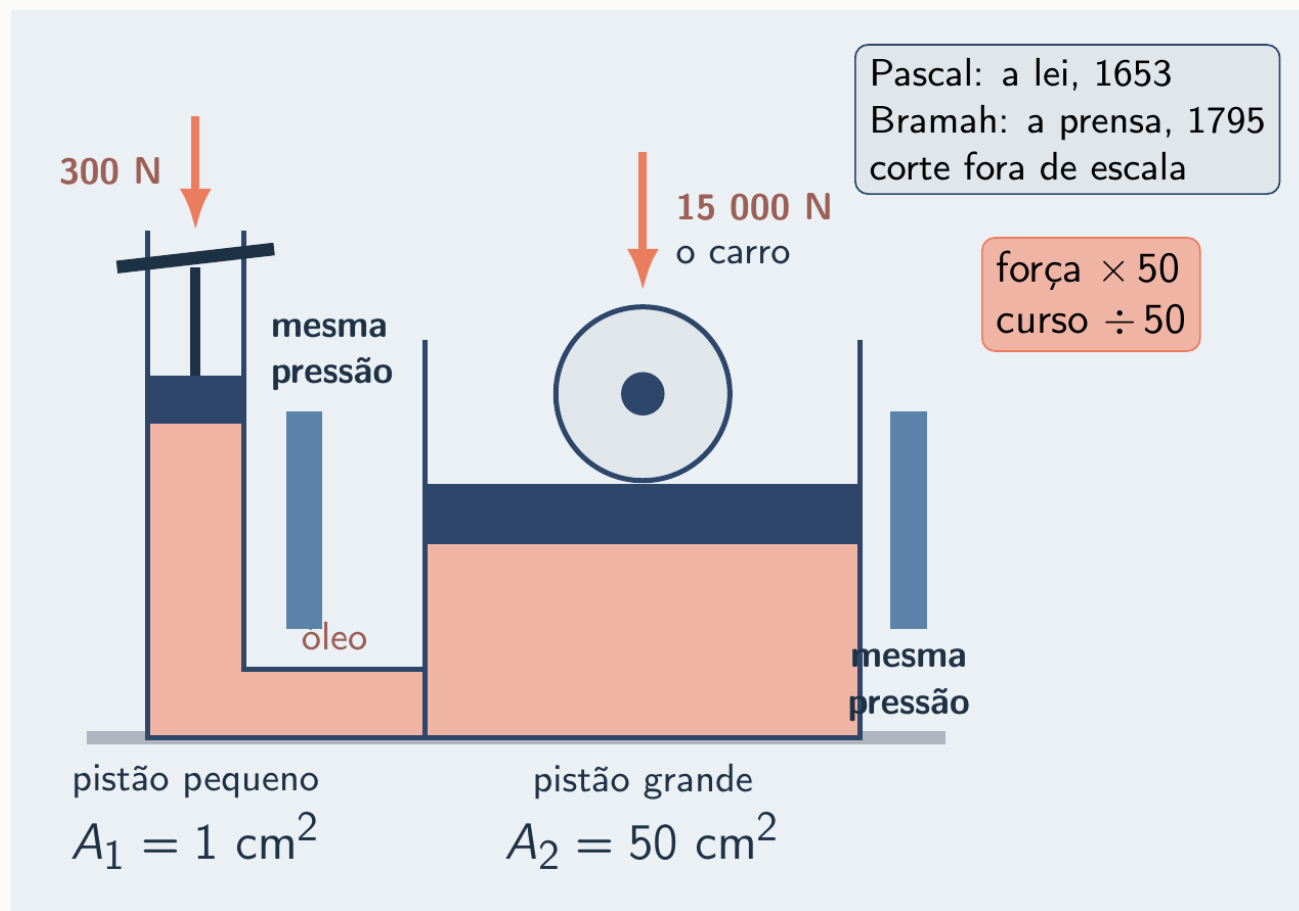


Mecânica IV · Episódio 7

O pé que levanta um carro de uma tonelada e meia

Pascal e a prensa hidráulica

O caso

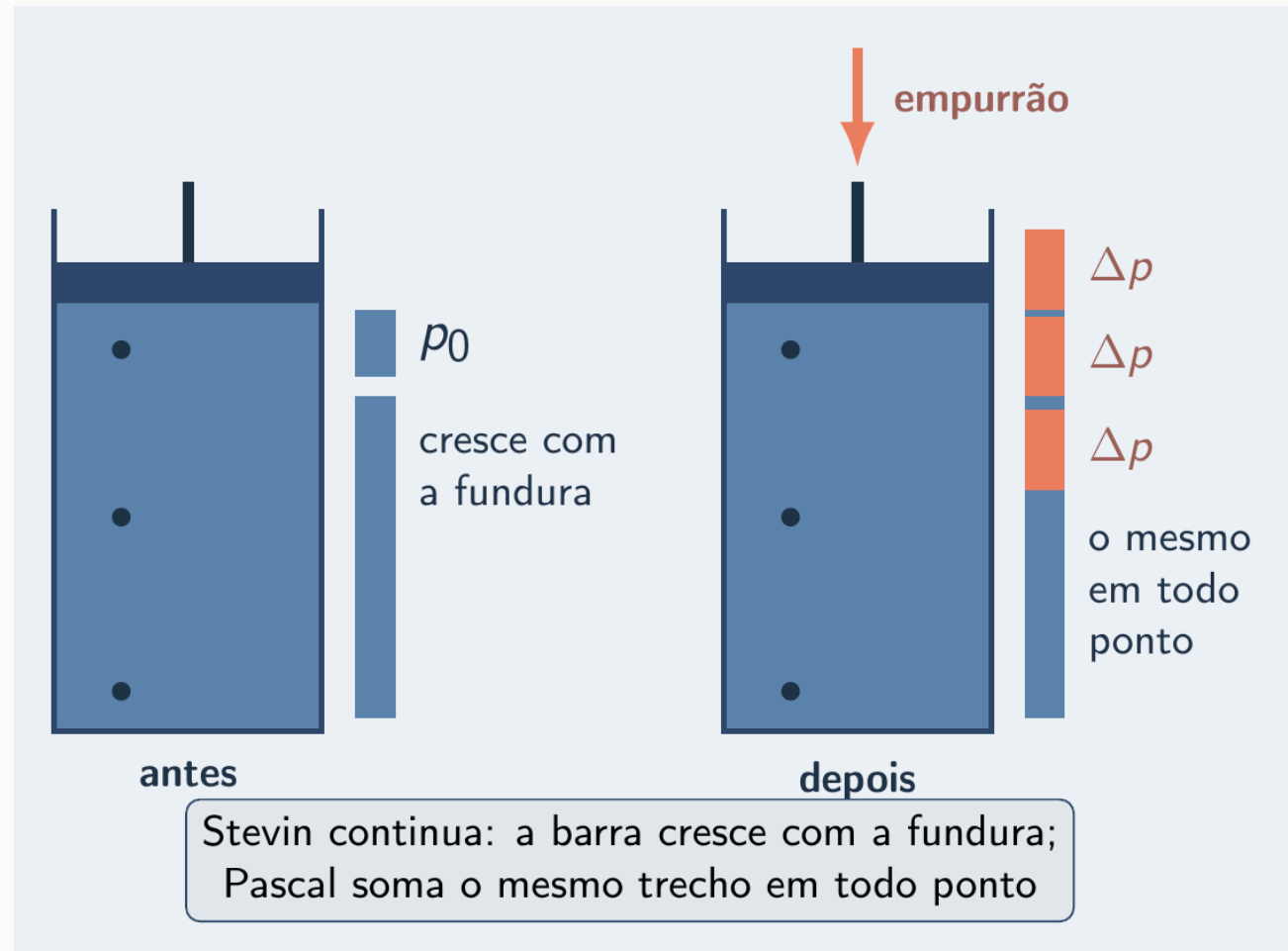


- pé no pedal: cerca de 300 N · pistão de 1 cm^2
- pistão do carro: 50 cm^2 · carro de $1\,500 \text{ kg}$
- dentro da caixa: só óleo, sem motor
- Pascal, 1653 · prensa de Bramah, 1795

Pergunta do episódio

Como 300 N viram 15 000 N sem motor nenhum?

Conceito 1 – Princípio de Pascal



- líquido **fechado**, parado, que não encolhe
- acréscimo chega igual a todo ponto:

$$\Delta p = \frac{F}{A}$$

- Stevin continua:

$$p = p_0 + \Delta p + \rho g h$$

Exemplo resolvido – o acréscimo

Pistão de 2 cm^2 recebe 40 N a mais

Fórmula:

$$\Delta p = \frac{F}{A}$$

Substituição:

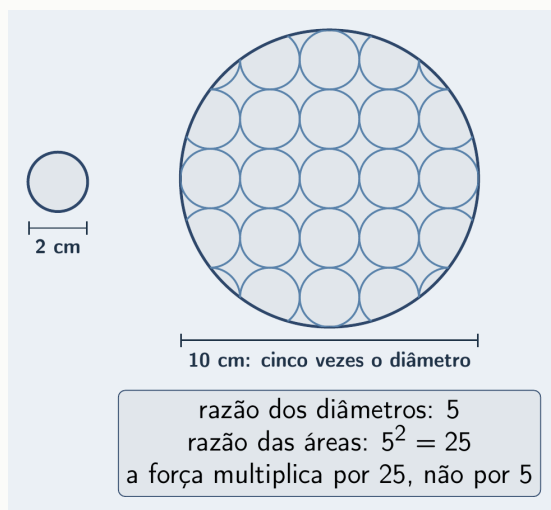
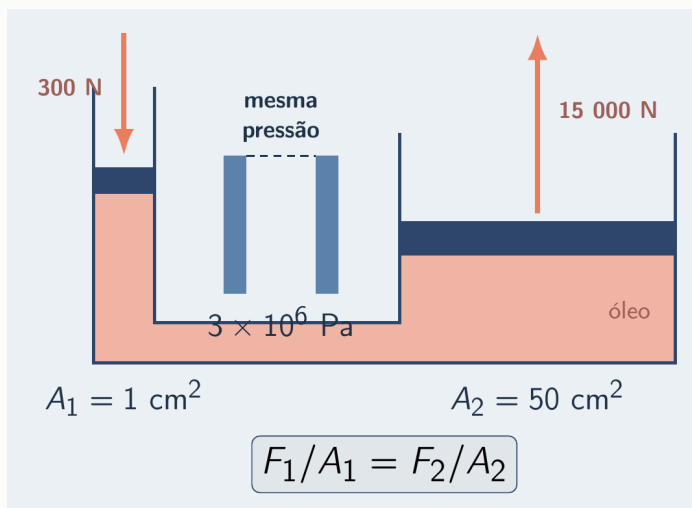
$$\Delta p = \frac{40}{2 \times 10^{-4}}$$

Resultado:

$$\Delta p = \mathbf{2 \times 10^5 \text{ Pa}}$$

- em todo ponto do líquido · área em m^2

Conceito 2 – A prensa hidráulica



- igual nos dois lados:

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

- força cresce na razão das **áreas**
- deram diâmetros? razão **ao quadrado**

Exemplo resolvido – o macaco

Pé com 300 N em 1 cm² · pistão grande de 50 cm²

Fórmula:

$$F_2 = F_1 \frac{A_2}{A_1}$$

Substituição:

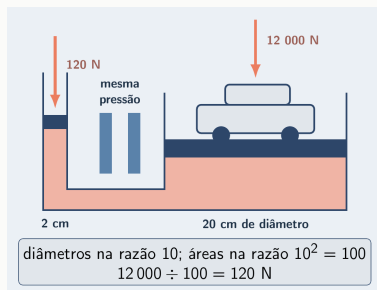
$$F_2 = 300 \cdot \frac{50}{1}$$

Resultado:

$$F_2 = \mathbf{15\ 000\ N}$$

- peso de cerca de 1 500 kg

Exemplo resolvido – diâmetros



Pistões de 2 cm e 20 cm de diâmetro ·
carro de 1 200 kg

Fórmula:

$$\frac{A_2}{A_1} = \left(\frac{d_2}{d_1} \right)^2$$

$$F_2 = m g$$

$$F_1 = \frac{F_2}{A_2/A_1}$$

Substituição:

$$\frac{A_2}{A_1} = \left(\frac{20}{2} \right)^2$$

$$F_2 = 1\,200 \cdot 10$$

$$F_1 = \frac{12\,000}{100}$$

Resultado:

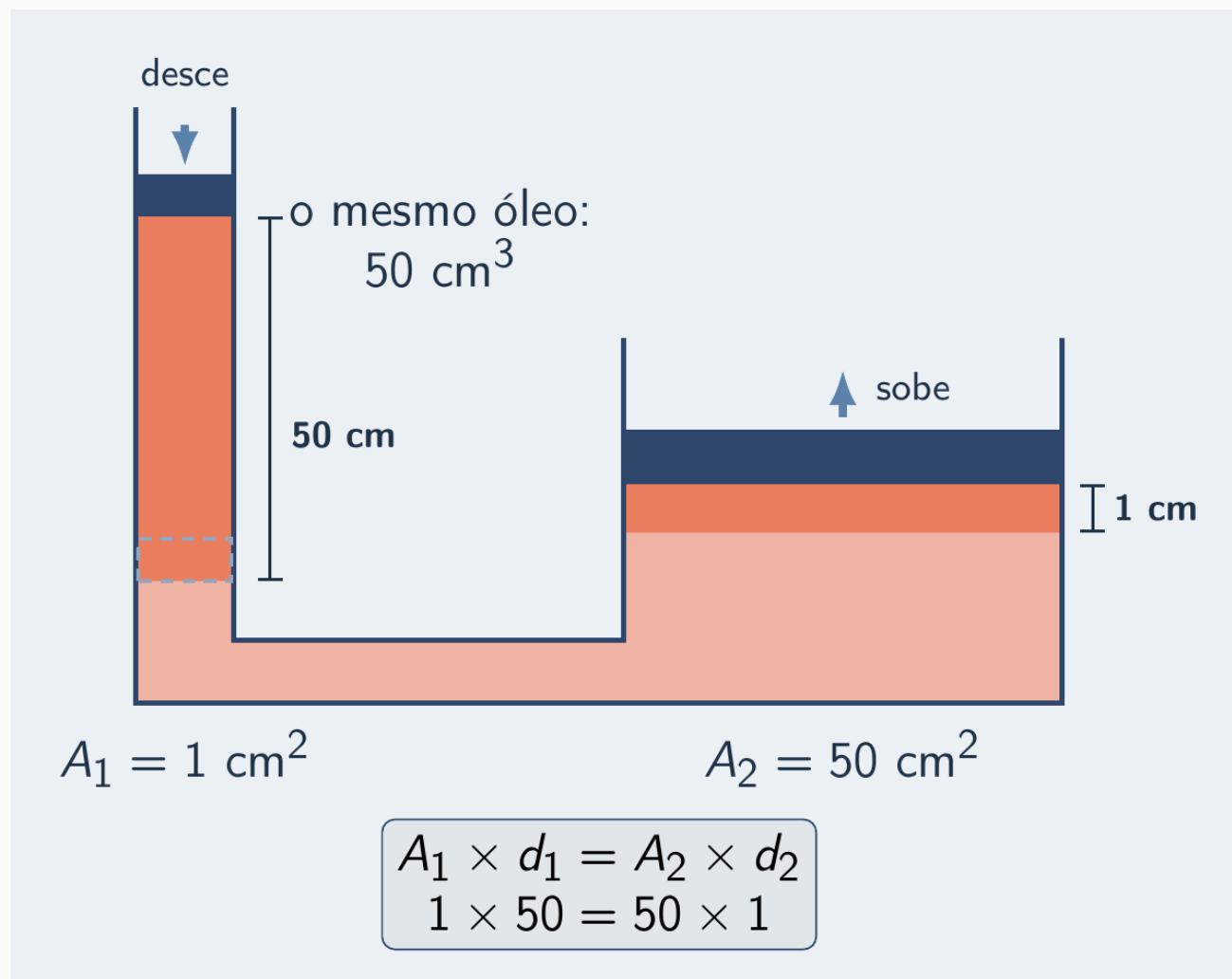
$$\frac{A_2}{A_1} = 100$$

$$F_2 = 12\,000 \text{ N}$$

$$F_1 = 120 \text{ N}$$

- não 1 200 N

Conceito 3 – O curso dos pistões



- volume que sai é o que entra:

$$A_1 d_1 = A_2 d_2$$

- pistão de área maior anda **menos**
- força vezes 50 $\leftrightarrow$ caminho dividido por 50

Exemplo resolvido – uma bombada

Pistão de 1 cm^2 desce 50 cm · grande tem 50 cm^2

Fórmula:

$$d_2 = \frac{A_1 d_1}{A_2}$$

Substituição:

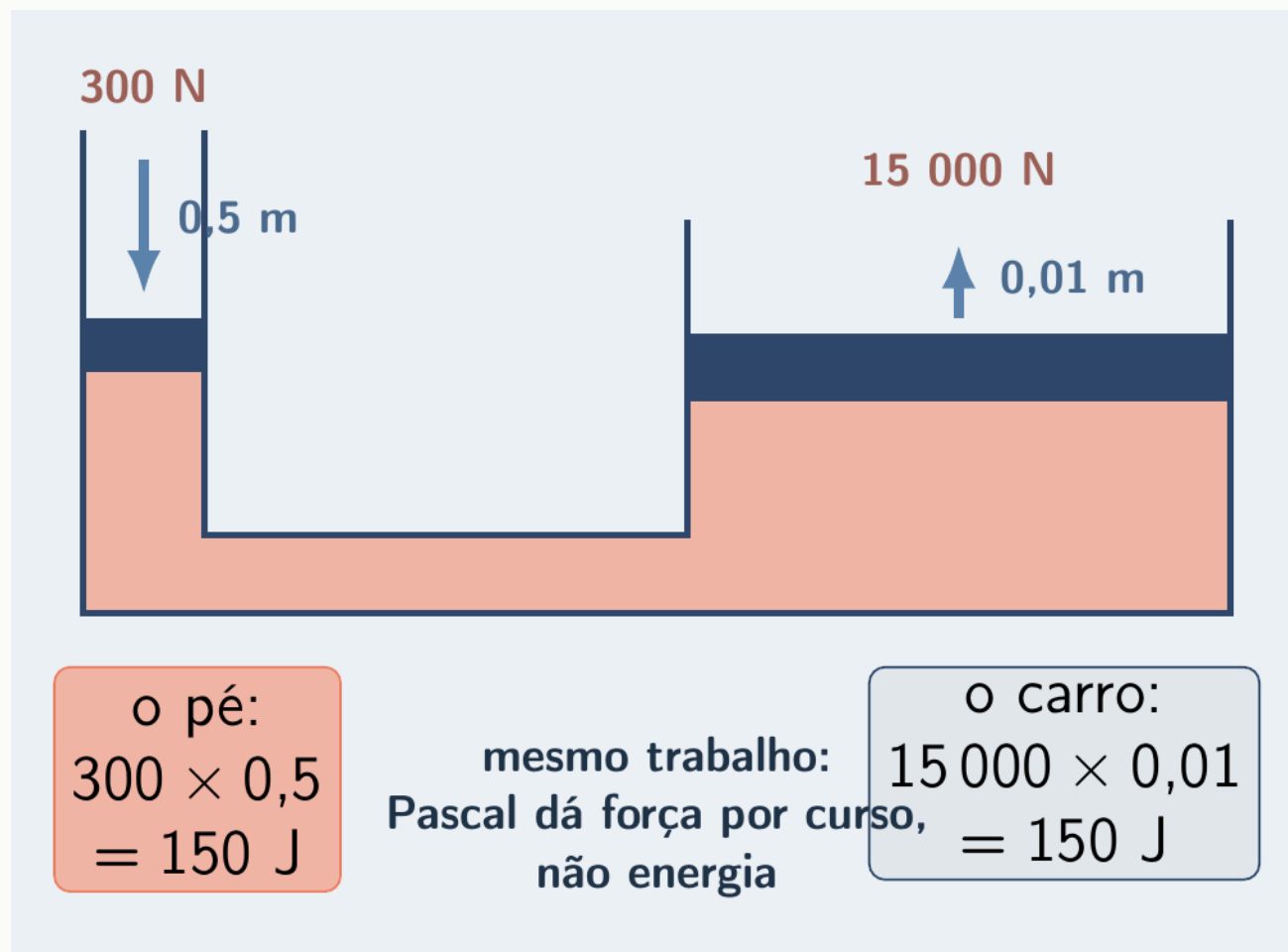
$$d_2 = \frac{1 \cdot 50}{50}$$

Resultado:

$$d_2 = \mathbf{1 \text{ cm}}$$

- 20 cm de subida: 20 bombadas

Conceito 4 – Trabalho igual



- nos dois pistões, mesmo valor:
$$W = F d$$
- a prensa **troca força por caminho**
- com atrito: sai menos do que entra

Exemplo resolvido – os joules

Uma bombada do caso: 300 N por 0,5 m · 15 000 N por 0,01 m

Fórmula:

$$W_1 = F_1 d_1$$

$$W_2 = F_2 d_2$$

Substituição:

$$W_1 = 300 \cdot 0,5$$

$$W_2 = 15\,000 \cdot 0,01$$

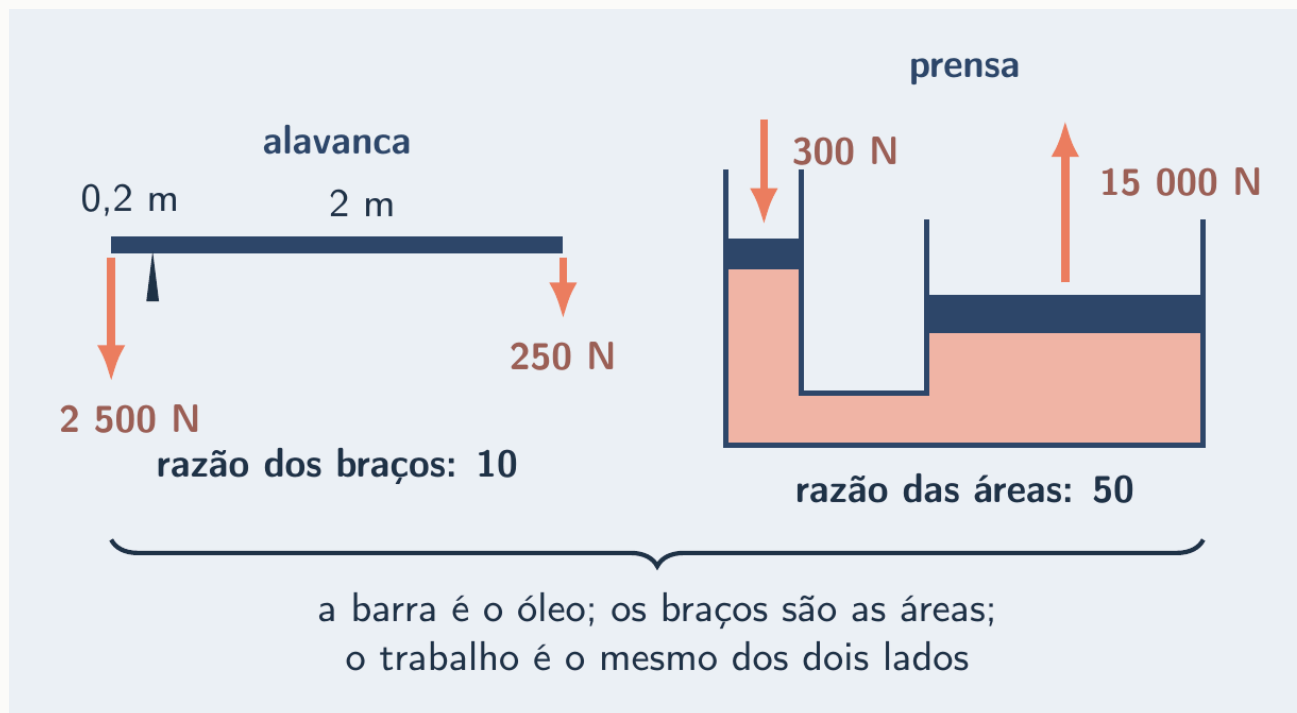
Resultado:

$$W_1 = \mathbf{150\,J}$$

$$W_2 = \mathbf{150\,J}$$

- d em metros · o mesmo dos dois lados

Conceito 5 – Alavanca de líquido



- barra ↔ óleo · braços ↔ áreas
- nas duas: força vezes caminho conservado
- óleo passa por cano: pistões longe um do outro

Exemplo resolvido – cadeira de dentista

1 000 N no assento · área 20 vezes a da bomba · subida de 5 cm

Fórmula:

$$F_1 = \frac{F_2}{A_2/A_1}$$

$$d_1 = d_2 \frac{A_2}{A_1}$$

Substituição:

$$F_1 = \frac{1\,000}{20}$$

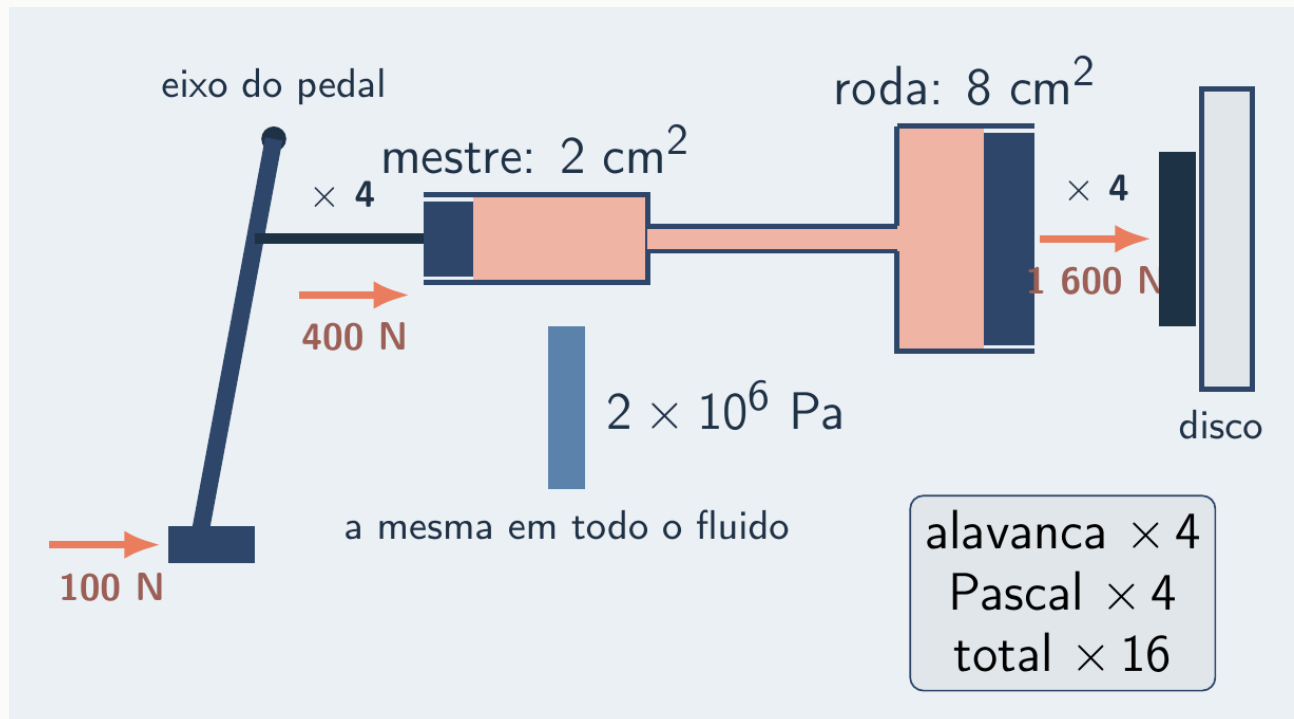
$$d_1 = 5 \cdot 20$$

Resultado:

$$F_1 = \mathbf{50\,N}$$

$$d_1 = \mathbf{100\,cm}$$

Conceito 6 – O freio



- pedal: alavanca · cilindro-mestre → rodas: prensa
- em série: vantagens se **multiplicam**
- ar no circuito: pedal afunda sem frear

Exemplo resolvido — pé até a pastilha

Pé: 100 N · pedal multiplica por 4 · cilindros de 2 cm² e 8 cm²

Fórmula:

$$F_2 = F_1 \cdot 4 \cdot \frac{A_2}{A_1}$$

Substituição:

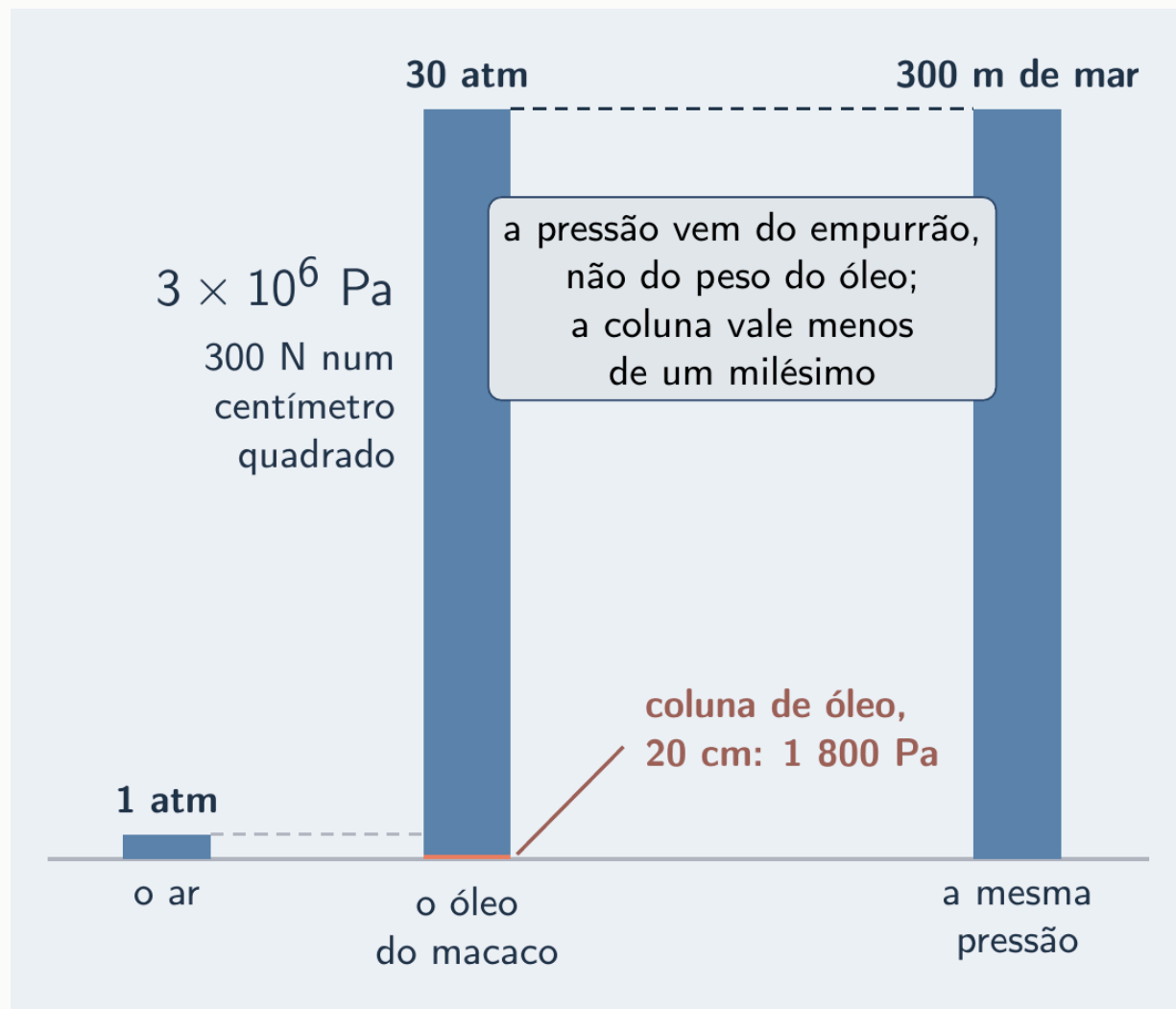
$$F_2 = 100 \cdot 4 \cdot \frac{8}{2}$$

Resultado:

$$F_2 = \mathbf{1\ 600\ N}$$

- vantagem 16, não 8

Conceito 7 – Trinta atmosferas



- empurrão: $\frac{F}{A} \rightarrow$ milhões de Pa
- coluna de óleo: $\rho g h \rightarrow$ milhares de Pa
- coluna < 1 milésimo: desprezada na prensa

Exemplo resolvido – pressão no óleo

300 N sobre 1 cm^2 · 1 atm vale 10^5 Pa

Fórmula:

$$\Delta p = \frac{F}{A}$$

Substituição:

$$\Delta p = \frac{300}{10^{-4}}$$

Resultado:

$$\Delta p = \mathbf{3 \times 10^6 \text{ Pa} = 30 \text{ atm}}$$

- cerca de 300 m de mar · 1 cm^2 vale 10^{-4} m^2

Radar ENEM

~~"a força se transmite igual aos dois pistões"~~

distrator

a PRESSÃO se transmite igual:

$$F_1/A_1 = F_2/A_2$$

resposta

veio diâmetro? razão ao quadrado: $(d_2/d_1)^2$

curso: $A_1 \times d_1 = A_2 \times d_2$

máquinas em série multiplicam as vantagens;
pressão em pascal só com a área em metros quadrados

- ✗ "a força passa igual"
- ✗ diâmetro sem o quadrado
- ✗ pressão com área em centímetro quadrado
- ✗ prensa que "economiza energia"
- ✗ vantagens em série somadas
- ✓ mesma pressão nos dois

Resumo em cinco peças

1 Pascal: o acréscimo de pressão chega igual a todo ponto do líquido confinado

2 a prensa:
 $F_1/A_1 = F_2/A_2$
área 50 vezes maior,
força 50 vezes maior

3 o curso:
 $A_1 d_1 = A_2 d_2$
o grande sobe
50 vezes menos

4 trabalho igual dos dois lados: a máquina troca força por curso, não cria energia

5 o freio: alavanca e Pascal em série; as vantagens se multiplicam

1. pressão extra chega igual
2. $\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$
3. $A_1 d_1 = A_2 d_2$
4. trabalho igual: nada grátis
5. freio: vantagens multiplicadas

Treine no jogo



QR do jogo → <https://professorcanario.com.br/m4/c7/lista>

Canarinho · lista do Episódio 7

Depois da aula: o combo deste episódio

[Abrir arena](#)

Vídeo em capítulos



Vá direto ao trecho que precisa.

<https://professorcanario.com.br/m4/c7/video>

Lista no app



As questões deste episódio,
para treinar.

<https://professorcanario.com.br/m4/c7/lista>

Livro da minissérie



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

<https://professorcanario.com.br/mecanica4/livro/>