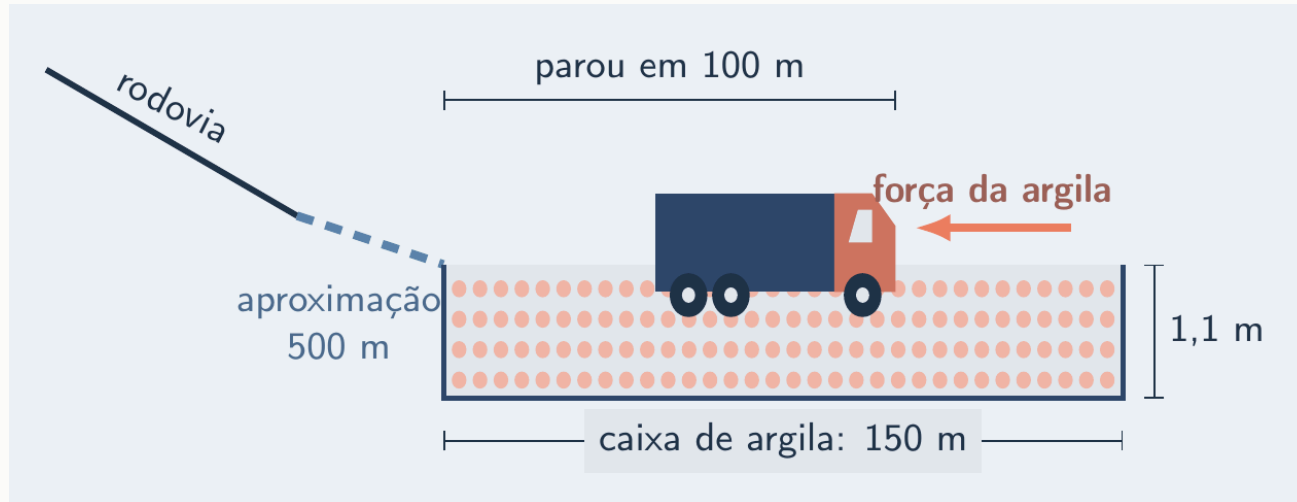


Mecânica II · Episódio 1

A pista que para um caminhão sem freio

Trabalho de uma força

O caso

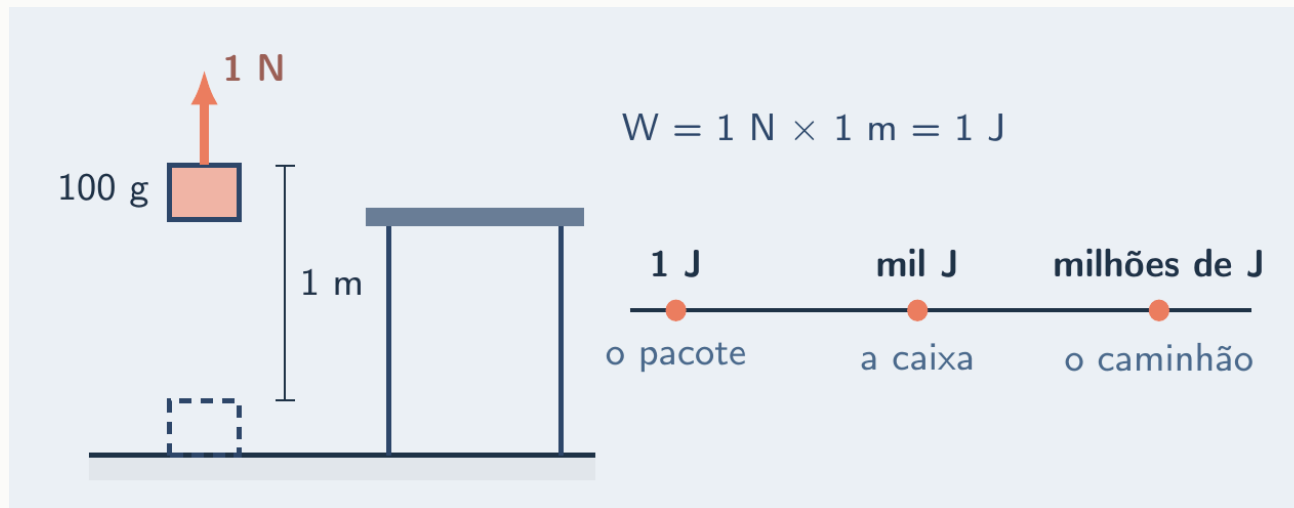
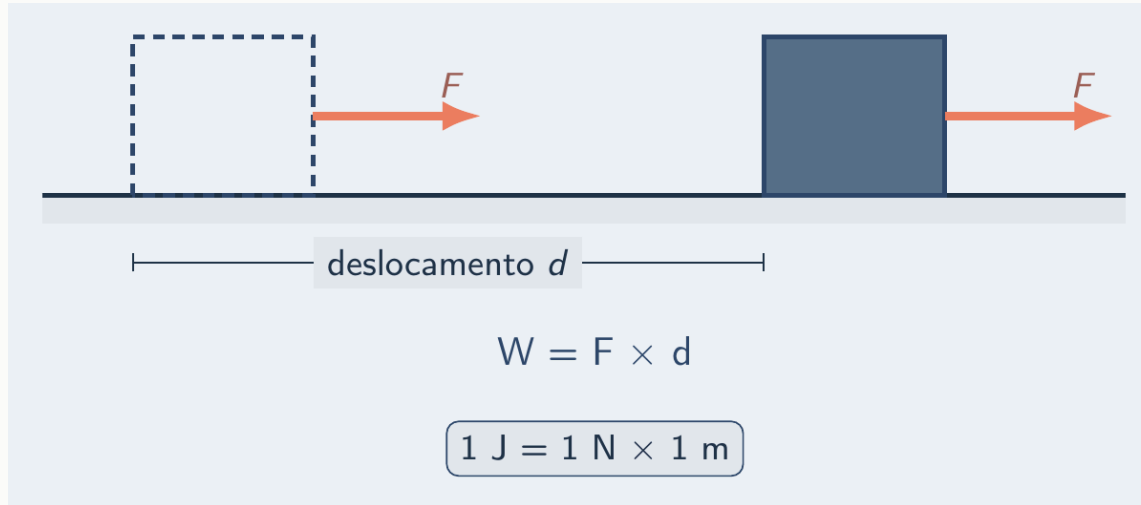


- BR-376, km 667, serra do Paraná: freio falhou
- caixa de argila expandida: 150 m de comprimento, 1,1 m de fundo
- desde 2019: 272 veículos · 554 pessoas salvas
- força modesta · distância grande · caminhão parado

Pergunta do episódio

Quanto custa, em energia, tirar a velocidade de um caminhão?

Conceito 1 – Trabalho



- força a favor do caminho:

$$W = F d$$

- unidade: **joule**

$$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot 1 \text{ m}$$

- escalar: sinal sim, seta não ·
parado $\rightarrow W = 0$

Exemplo resolvido – a caixa empurrada

200 N horizontais, a favor, ao longo de 5 m

Fórmula:

$$W = F d \cos 0^\circ$$

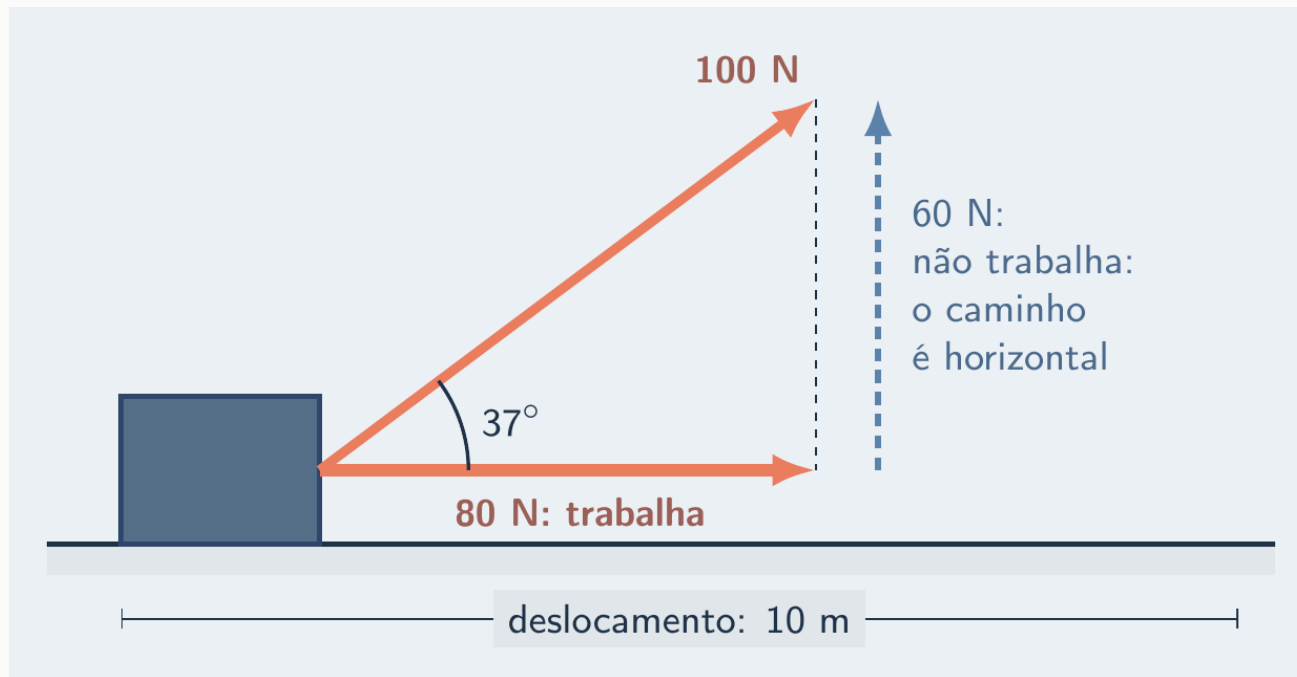
Substituição:

$$W = 200 \cdot 5 \cdot 1$$

Resultado:

$$W = \mathbf{1\ 000\ J}$$

Conceito 2 – Força inclinada



$$W = F d \cos \theta$$

- θ : ângulo entre força e deslocamento
- $F \cos \theta$: a "sombra" da força no caminho

Exemplo resolvido – a corda a 37°

Corda de 100 N a 37° do chão arrasta a caixa por 10 m ($\cos 37^\circ = 0,8$)

Fórmula:

$$W = F d \cos \theta$$

Substituição:

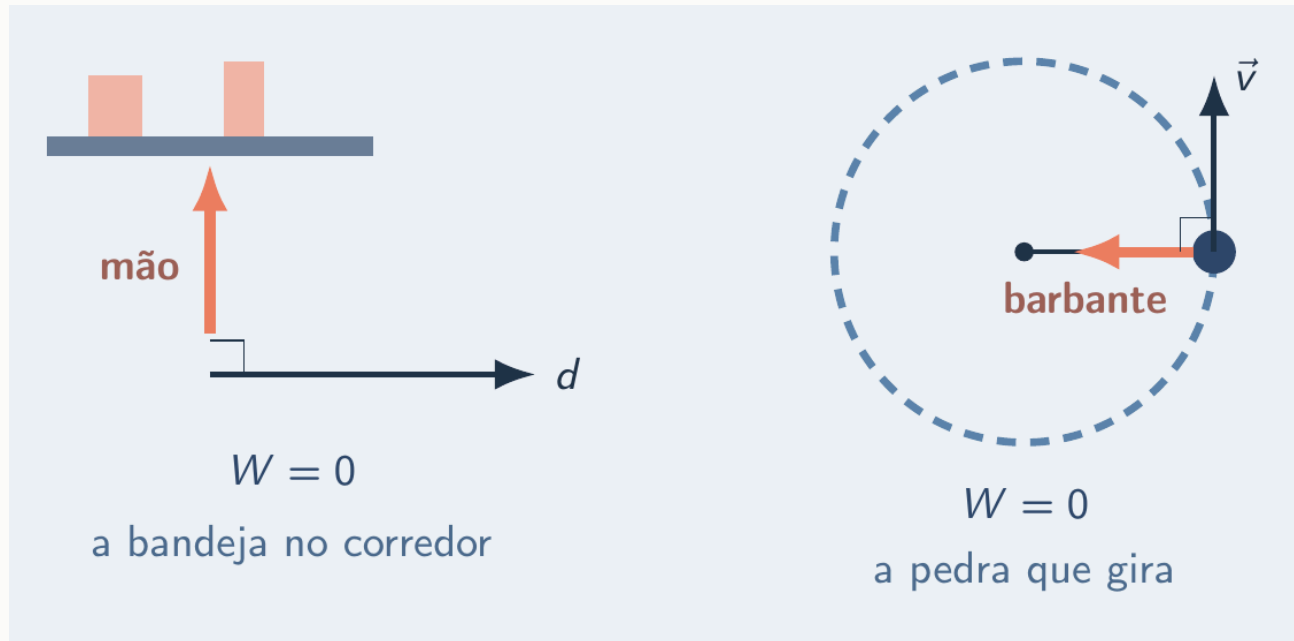
$$W = 100 \cdot 10 \cdot 0,8$$

Resultado:

$$W = \mathbf{800\ J}$$

- não $1\ 000\ \text{J}$ · parte vertical: $0\ \text{J}$

Conceito 3 – Força de lado



- força a 90° do movimento:
 $\cos 90^\circ = 0$
- logo **trabalho nulo**
- normal e peso no chão plano:
zero
- força que faz girar (barbante, órbita): zero

Exemplo resolvido – a bandeja

Mão sustenta 20 N de bandeja por 12 m de corredor plano

Fórmula:

$$W = F d \cos 90^\circ$$

Substituição:

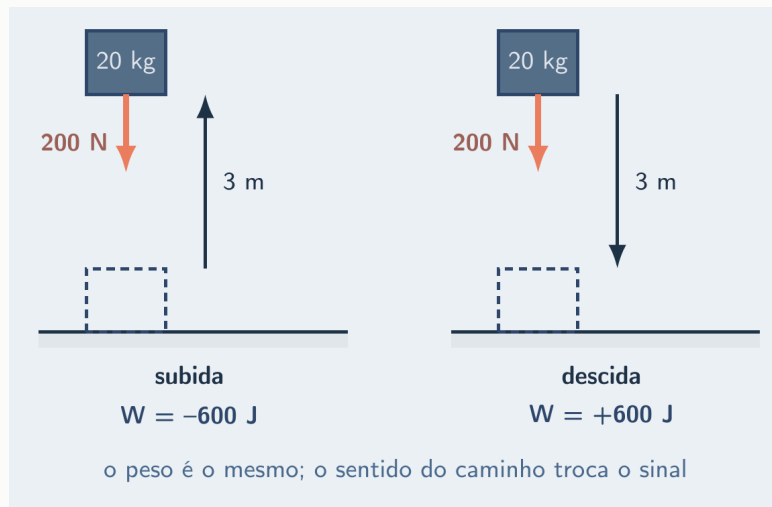
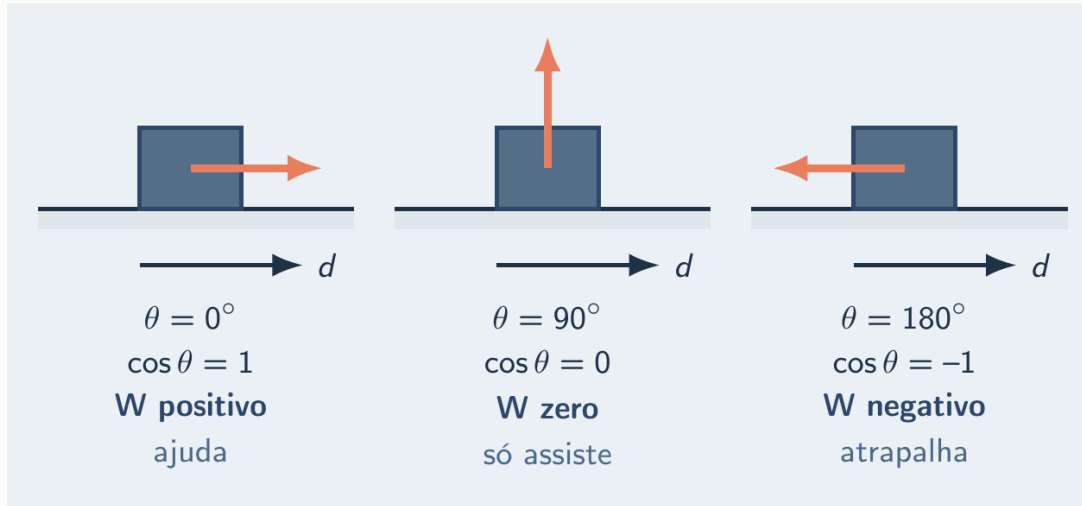
$$W = 20 \cdot 12 \cdot 0$$

Resultado:

$$W = \mathbf{0\ J}$$

- por maior que seja o corredor

Conceito 4 – 0 sinal



- 0° : **+** (ajuda) · 90° : **zero** · 180° : **-** (atrapalha)
- atrito que freia: sempre negativo
- peso: - na subida, + na descida

Exemplo resolvido – sobe e desce

Caixa de 20 kg sobe 3 m e volta ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

Fórmula:

Substituição:

Resultado:

$$P = m g$$

$$P = 20 \cdot 10$$

$$P = \mathbf{200 \text{ N}}$$

$$W_{\uparrow} = -P d$$

$$W_{\uparrow} = -200 \cdot 3$$

$$W_{\uparrow} = \mathbf{-600 \text{ J}}$$

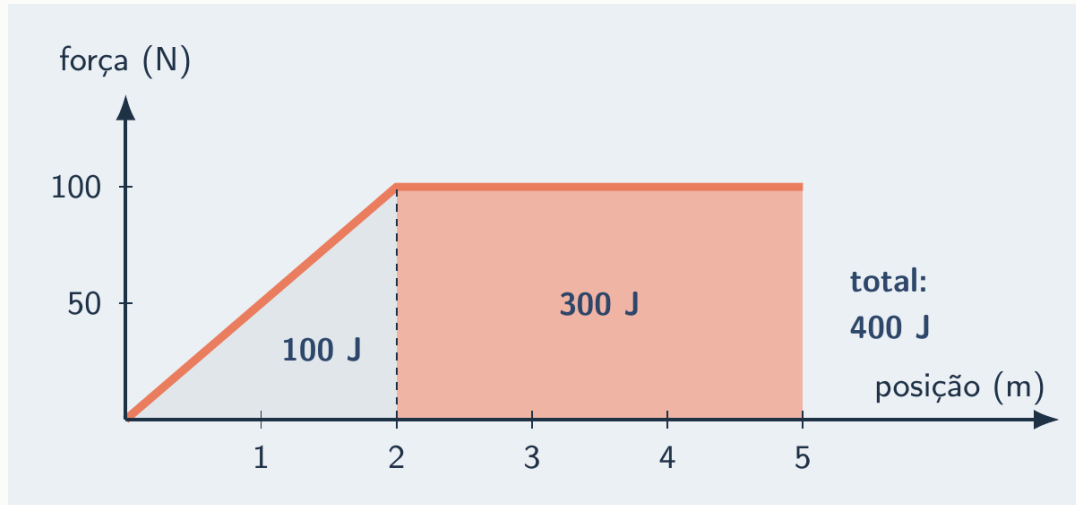
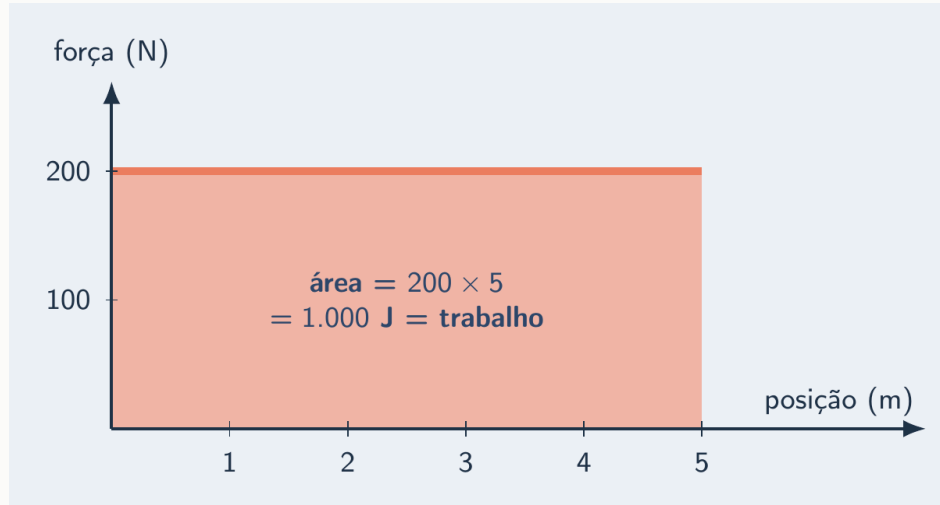
$$W_{\downarrow} = +P d$$

$$W_{\downarrow} = +200 \cdot 3$$

$$W_{\downarrow} = \mathbf{+600 \text{ J}}$$

- saldo da ida e volta: **0 J**

Conceito 5 – Trabalho é área



- gráfico $F \times x$: **a área é o trabalho**
- força variável: soma dos pedaços
- abaixo do eixo: área negativa

Exemplo resolvido – força que muda

F sobe de 0 a 100 N em 2 m e fica em 100 N por mais 3 m

Fórmula:

$$W = A_{\text{tri}} + A_{\text{ret}}$$

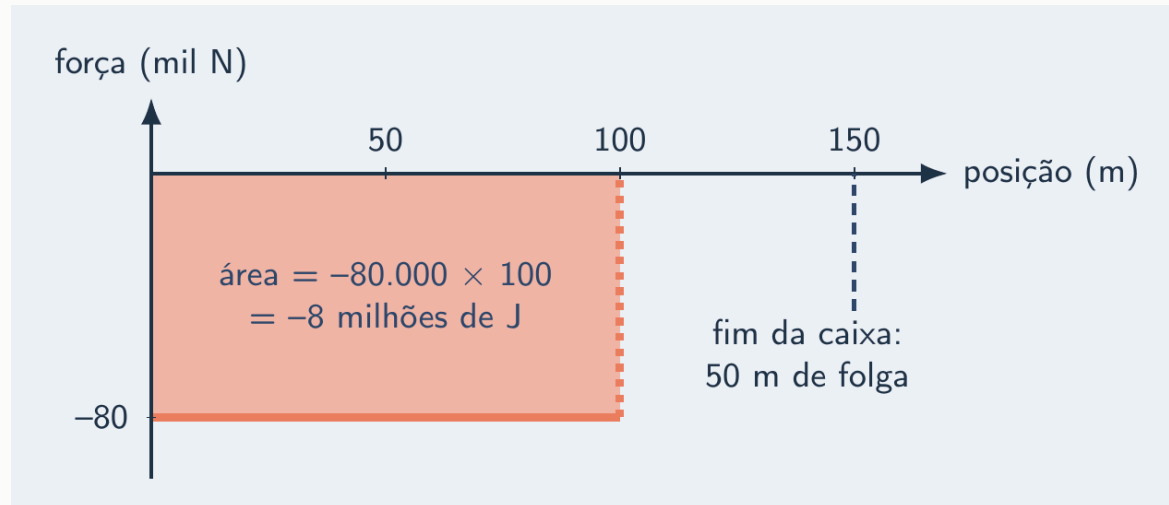
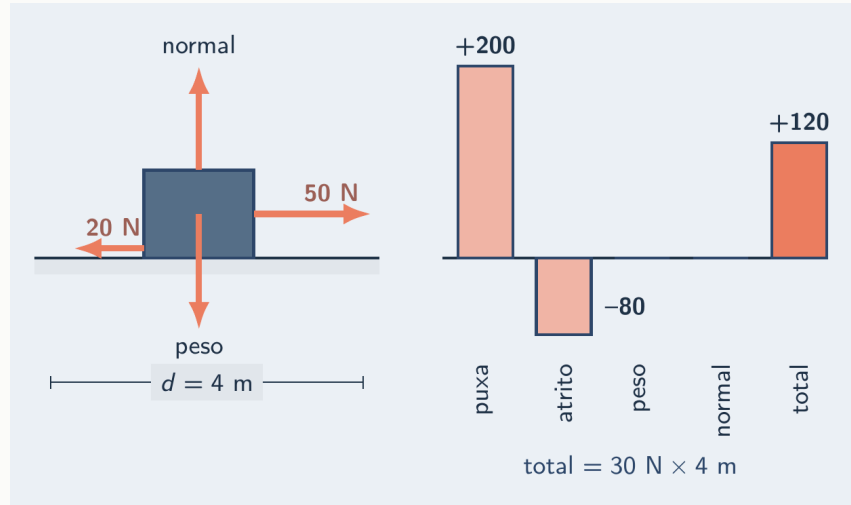
Substituição:

$$W = \frac{100 \cdot 2}{2} + 100 \cdot 3$$

Resultado:

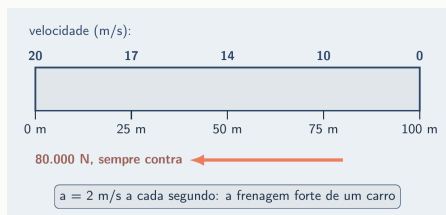
$$W = \mathbf{400 \text{ J}}$$

Conceito 6 – Trabalho total



- trabalho total: soma **com sinais**
- igual ao trabalho da **resultante**
- trabalho da resultante: o preço da velocidade

Exemplo resolvido – a caixa de argila



Caminhão de 40 t a 72 km/h para em 100 m

Fórmula:

$$v = \frac{72}{3,6}$$

$$a = \frac{v^2}{2d}$$

$$F = m a$$

$$W = F d \cos 180^\circ$$

Substituição:

$$v = \frac{72}{3,6}$$

$$a = \frac{400}{200}$$

$$F = 40\,000 \cdot 2$$

$$W = 80\,000 \cdot 100 \cdot (-1)$$

Resultado:

$$v = 20 \text{ m/s}$$

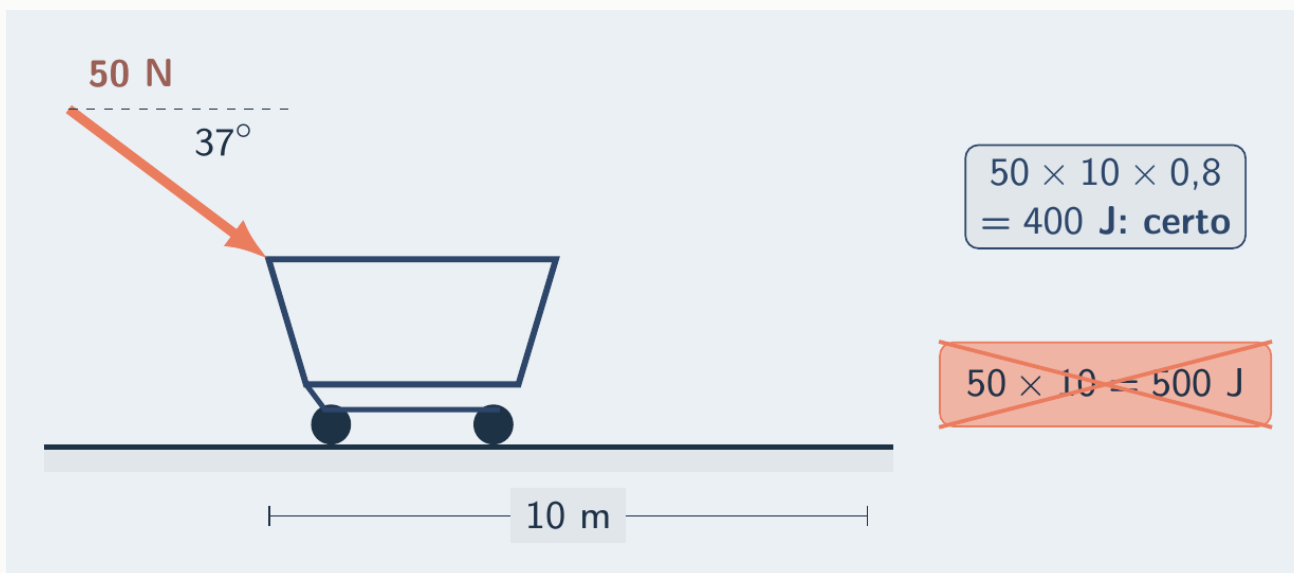
$$a = 2 \text{ m/s}^2$$

$$F = 80\,000 \text{ N}$$

$$W = -8 \times 10^6 \text{ J}$$

- sobram 50 m de caixa

Radar ENEM



- ✗ 500 J: $50 \cdot 10$, sem cosseno
- ✗ normal ou mão do garçom "trabalhando"
- ✗ atrito com trabalho positivo
- ✗ total somando módulos
- ✓ $50 \cdot 10 \cdot 0,8 \rightarrow \mathbf{400 \text{ J}}$

Resumo em cinco peças

1

$W = F \cdot d \cdot \cos \theta$, em joules

2

força de lado: $W = 0$

3

força contra: W negativo

4

trabalho = área sob $F \times d$

5

o trabalho da resultante: o preço do movimento

1. $W = F d \cos \theta$, em J

2. de lado: trabalho nulo

3. contra o movimento: negativo

4. área sob $F \times x$

5. resultante paga a velocidade

Treine no jogo



QR do jogo → <https://professorcanario.com.br/m2/c1/lista>

Canarinho · lista do Episódio 1

Depois da aula: o combo deste episódio

[Abrir arena](#)

Vídeo em capítulos



Vá direto ao trecho que precisa.

<https://professorcanario.com.br/m2/c1/video>

Lista no app



As questões deste episódio,
para treinar.

<https://professorcanario.com.br/m2/c1/lista>

Livro da minissérie



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

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