

Indução eletromagnética

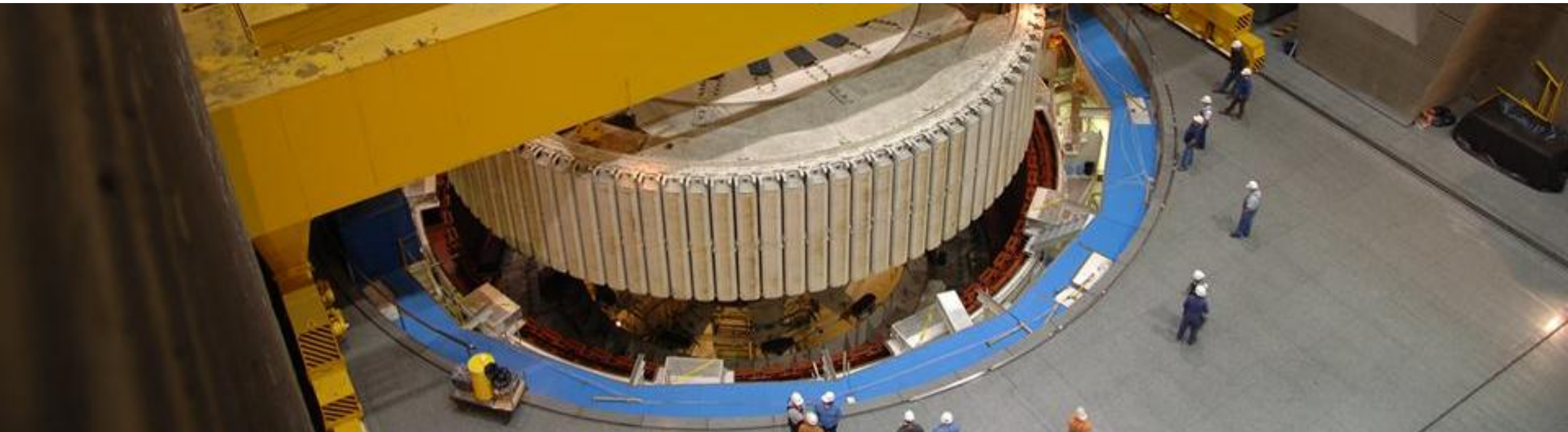


Essencial

- Aplicar, na resolução de problemas, a Lei de Faraday, interpretando aplicações da indução eletromagnética, explicando as estratégias de resolução e os raciocínios demonstrativos que fundamentam uma conclusão.

Palavras-chave

- Fluxo magnético.
- Espira.
- Bobina/solenóide.
- Lei de Faraday.
- Transformador.





Fluxo magnético, Φ_m

O fluxo magnético que atravessa uma determinada superfície é dado pela expressão

$$\Phi_m = |\vec{B}| A \cos \theta$$

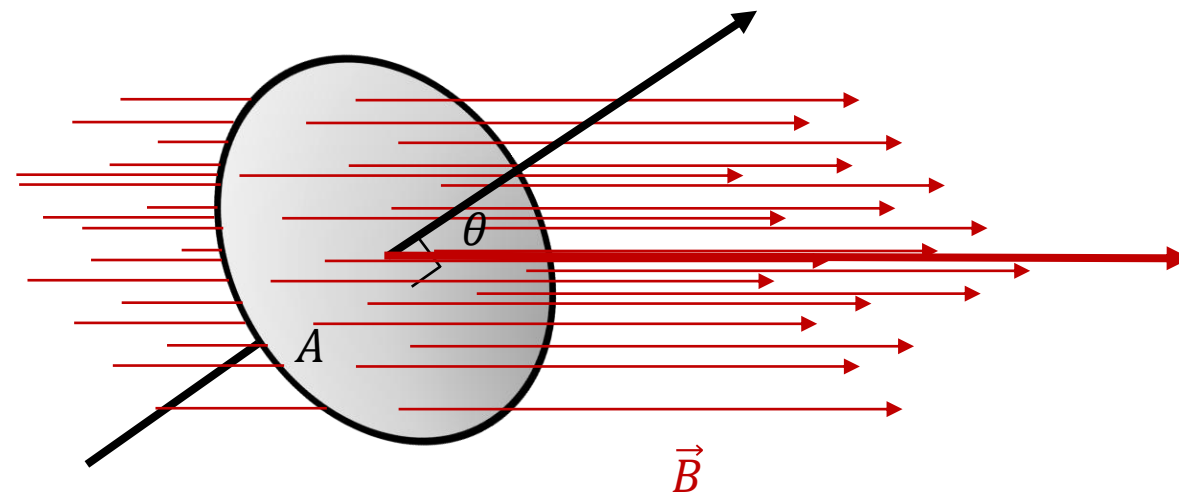
em que:

$\vec{B}$ – campo magnético (T)

A – área da superfície (m^2)

θ – ângulo entre o campo magnético e a normal à superfície

A unidade SI do fluxo magnético é **weber (Wb)**.

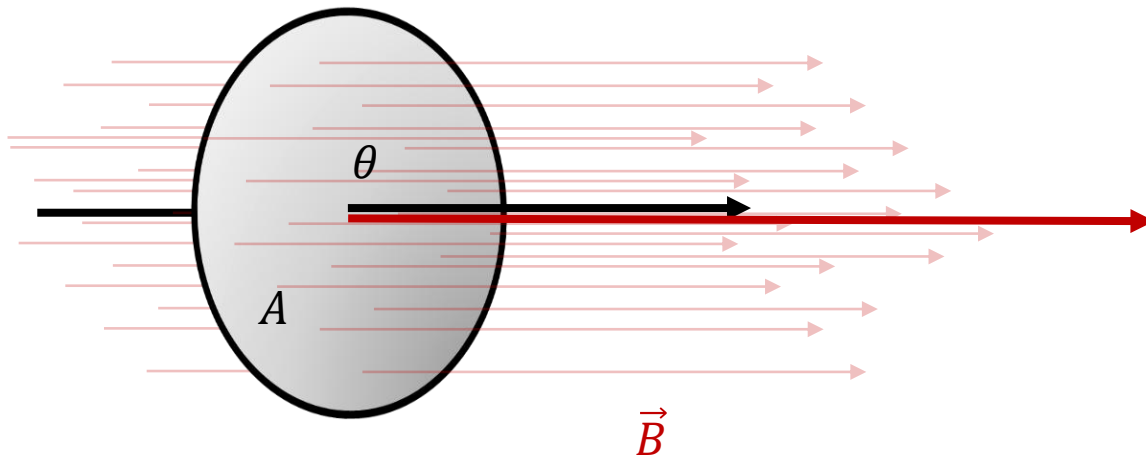


[Φ é a letra grega ‘fi’ maiúscula]

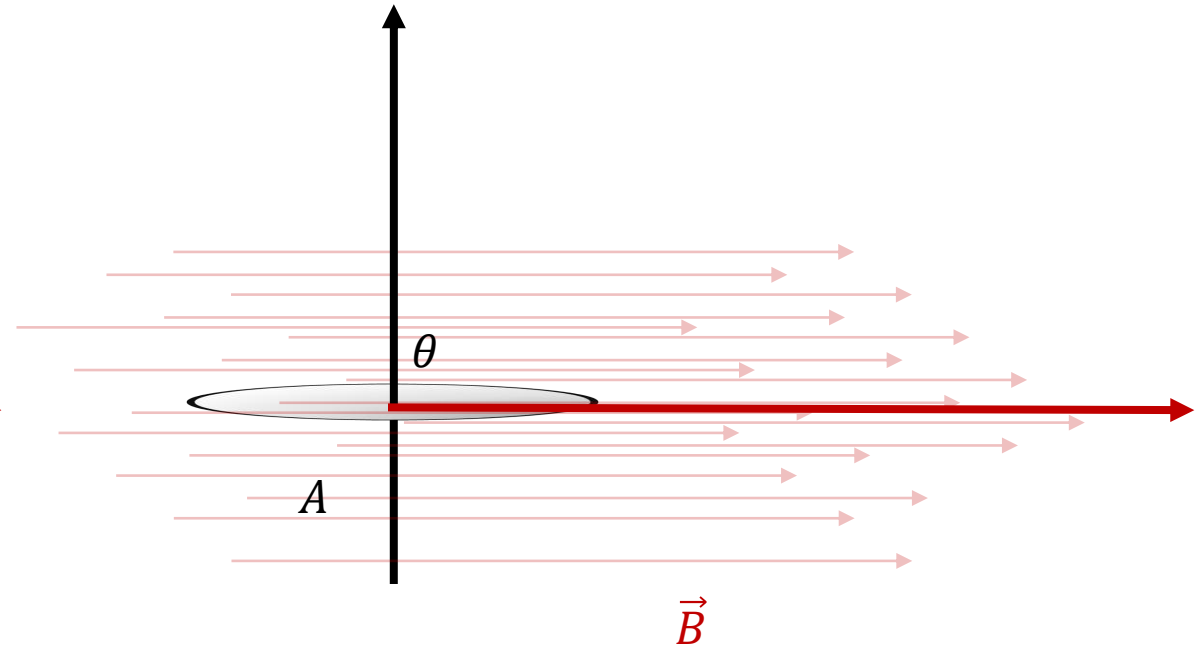
Fluxo magnético, Φ_m

$$\Phi_m = |\vec{B}| A \cos \theta$$

O fluxo é:



Máximo quando $\theta = 0^\circ$



Mínimo quando $\theta = 90^\circ$

O fluxo é negativo quando $\theta > 90^\circ$.

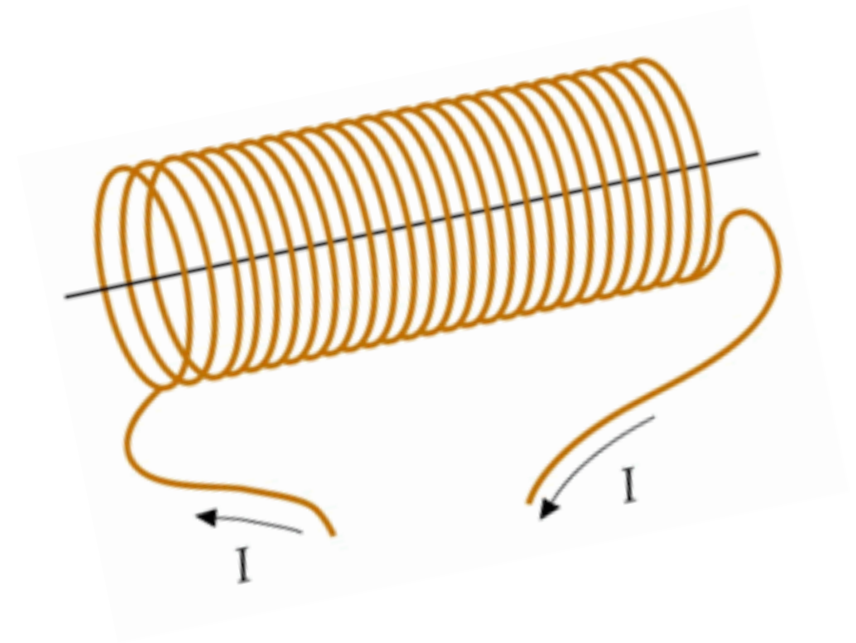
Fluxo magnético, Φ_m

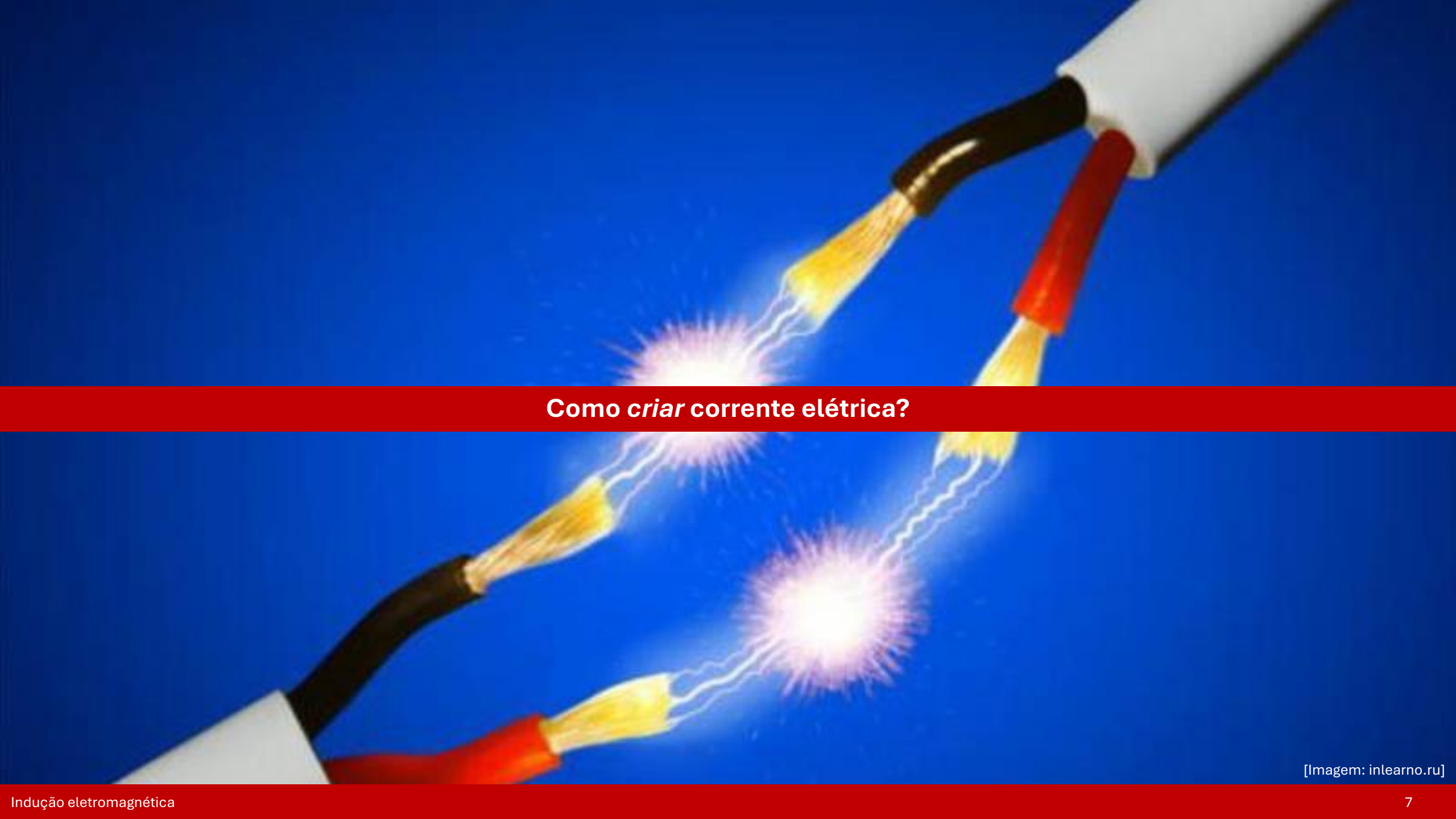
Multiplicando o efeito de uma **espira** (volta)...

obtemos uma **bobina/solenóide**!!

O fluxo através de uma bobina com N espiras:

$$\Phi_m (\text{bobina}) = N \Phi_m (\text{espira})$$





Como *criar* corrente elétrica?

[Imagem: inlearno.ru]

Produção de energia elétrica

Processos químicos



[Imagem: meioambiente.culturamix.com]

Indução eletromagnética



[Imagem: Noctula]

[Imagem: pequenoscientistas.sanjoanenses.wordpress.com]

Indução eletromagnética

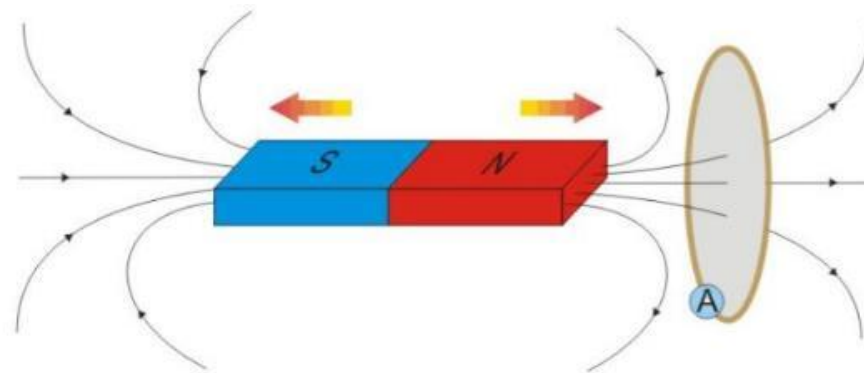
Faraday (em 1831) produziu uma corrente elétrica por indução eletromagnética provocando a **variação do fluxo magnético num circuito!**

...É necessário que ocorra:

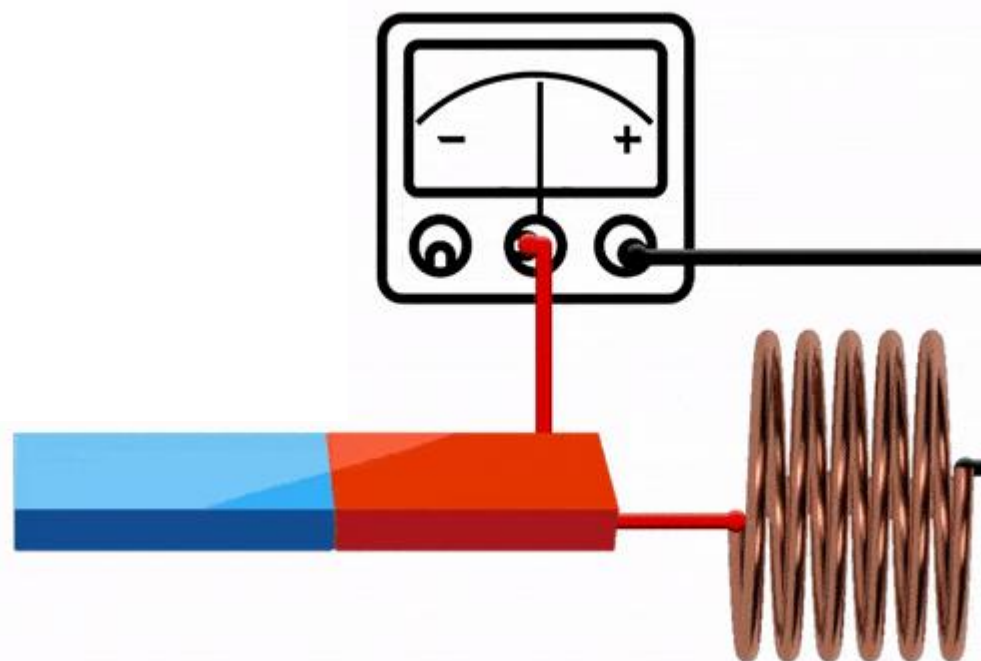
Alteração da área do circuito ou orientação espacial da bobina relativamente ao íman.

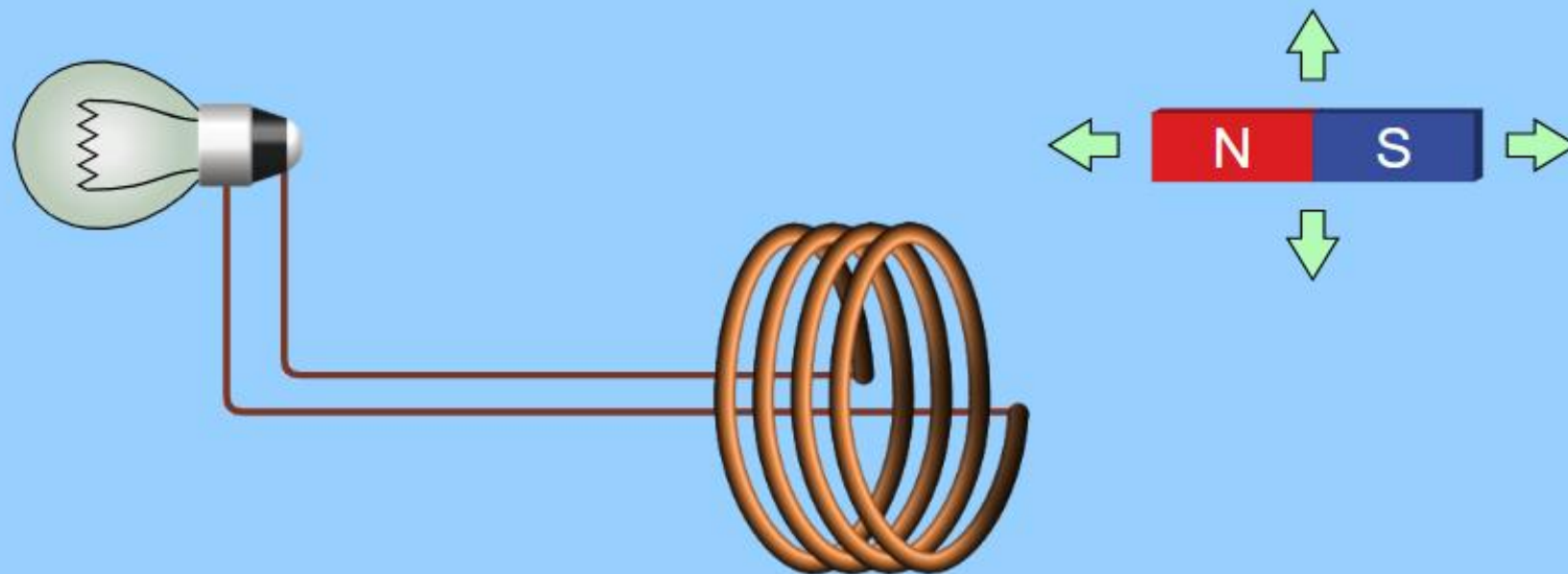
Movimento relativo de um íman relativamente ao circuito;

[Lei de Faraday]

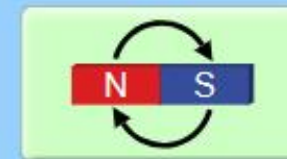
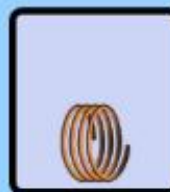


Michael Faraday (1791-1867).





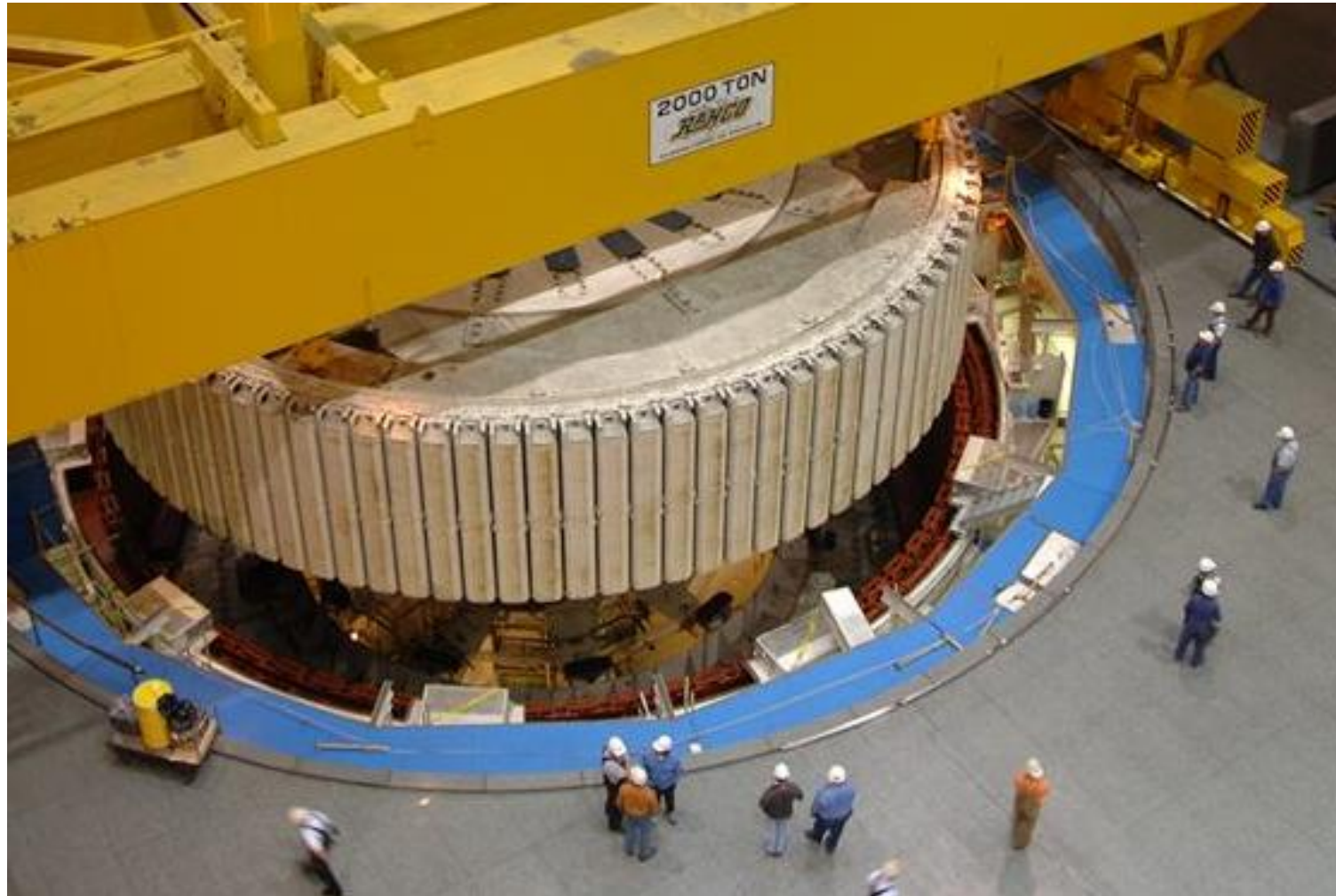
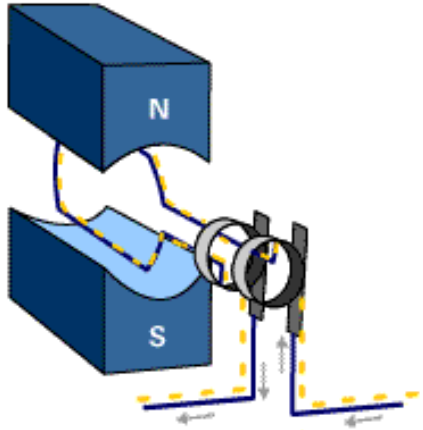
- ☐ Voltmeter
- ☐ Field Lines



Faraday's Law



Indução eletromagnética



Michael Faraday (1791-1867).

[Imagem: splung.com]

[Imagem: Bureau of Reclamation]

Força eletromotriz induzida, $\mathcal{E}_i$

A corrente induzida eletromagneticamente é gerada por uma d.d.p. (tensão) que se chama **força eletromotriz induzida, $\mathcal{E}_i$** .



Michael Faraday (1791-1867).

Lei de Faraday

Sempre que há **alteração do fluxo magnético, ao longo do tempo**, há produção de corrente elétrica criada por uma **força eletromotriz induzida, ε_i** .

A Lei de Faraday estabelece a **relação** entre a **variação do fluxo magnético** e o **intervalo de tempo**:

$$\varepsilon_i = \frac{|\Delta\Phi_m|}{\Delta t}$$

A unidade SI da força eletromotriz induzida é o **volt (V)**.

Para N espiras (bonina):

$$\varepsilon_i = N \frac{|\Delta\Phi_m|}{\Delta t}$$

[ε é a letra grega ‘épsilon’ maiúscula]



Michael Faraday (1791-1867).



Alessandro Volta (1745-1827).

Lei de Faraday

$$\varepsilon_i = N \frac{|\Delta\Phi_m|}{\Delta t}$$

Uma **maior variação do fluxo magnético** provoca uma **maior força eletromotriz induzida**.

Quanto mais rápida for a variação de fluxo (**menor Δt**) **maior é a força eletromotriz induzida**.

Uma bobina com **mais espiras** produzirá uma **maior força eletromotriz induzida**.



Michael Faraday (1791-1867).



Alessandro Volta (1745-1827).

Lei de Faraday

$$\varepsilon_i = N \frac{|\Delta \Phi_m|}{\Delta t}$$

Potência elétrica disponível

$$P = U I = \varepsilon_i I$$



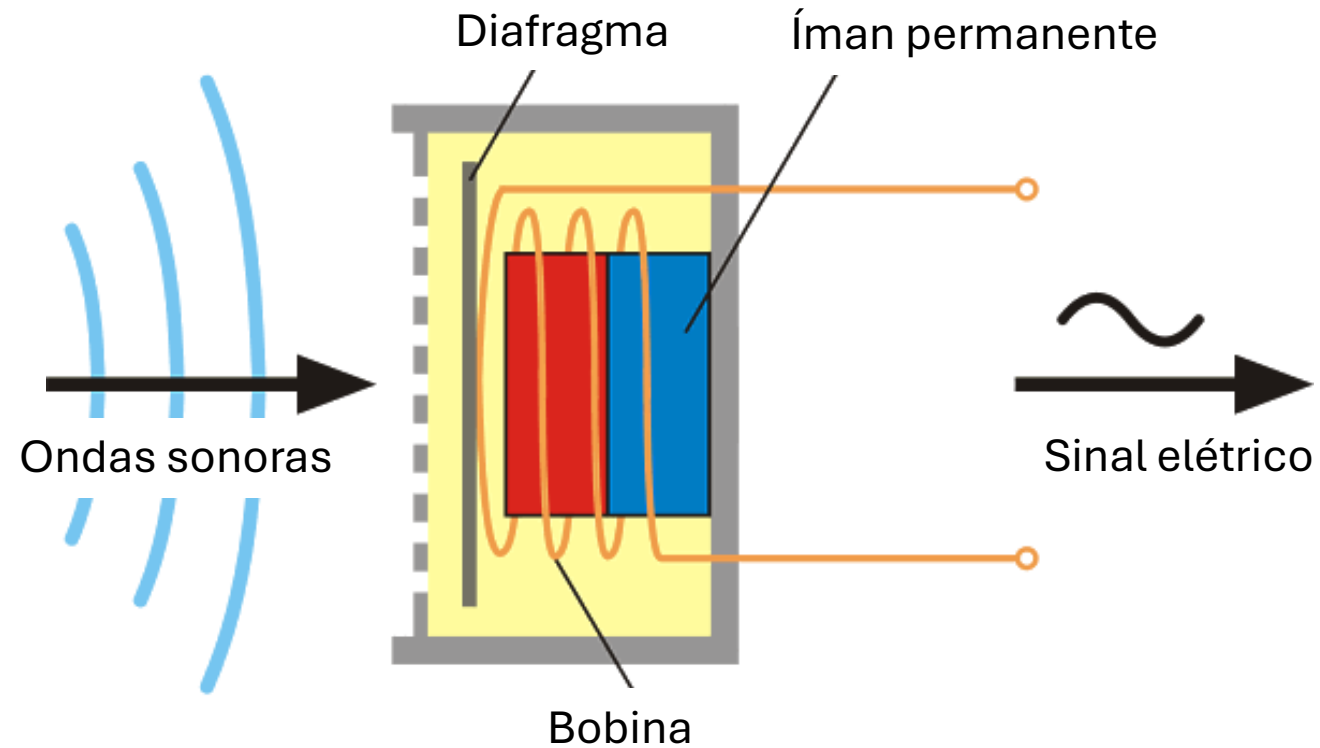
Michael Faraday (1791-1867).



Alessandro Volta (1745-1827).

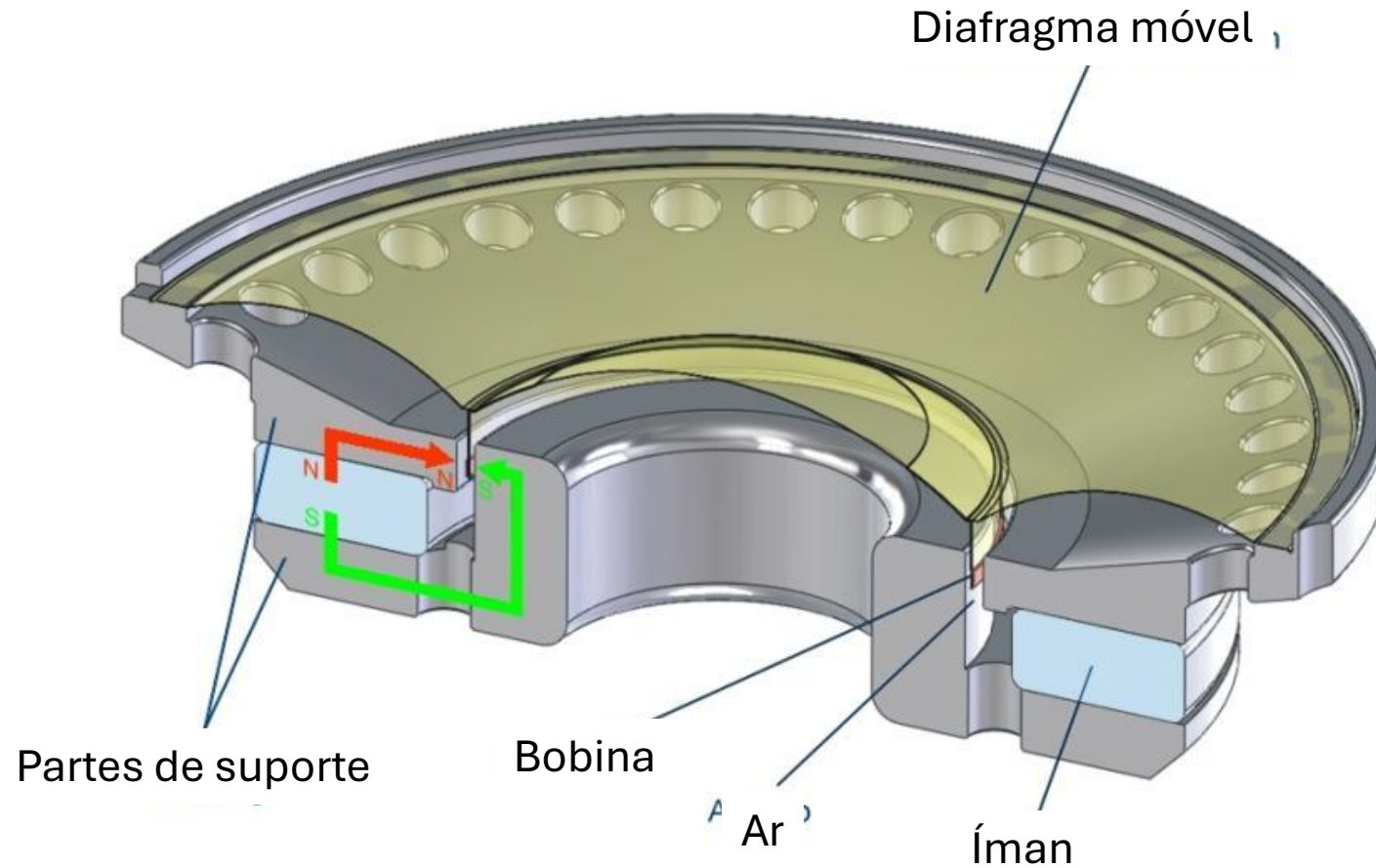
Microfone

No microfone o **som** (ondas mecânicas) são transformadas em **corrente elétrica** por indução eletromagnética.



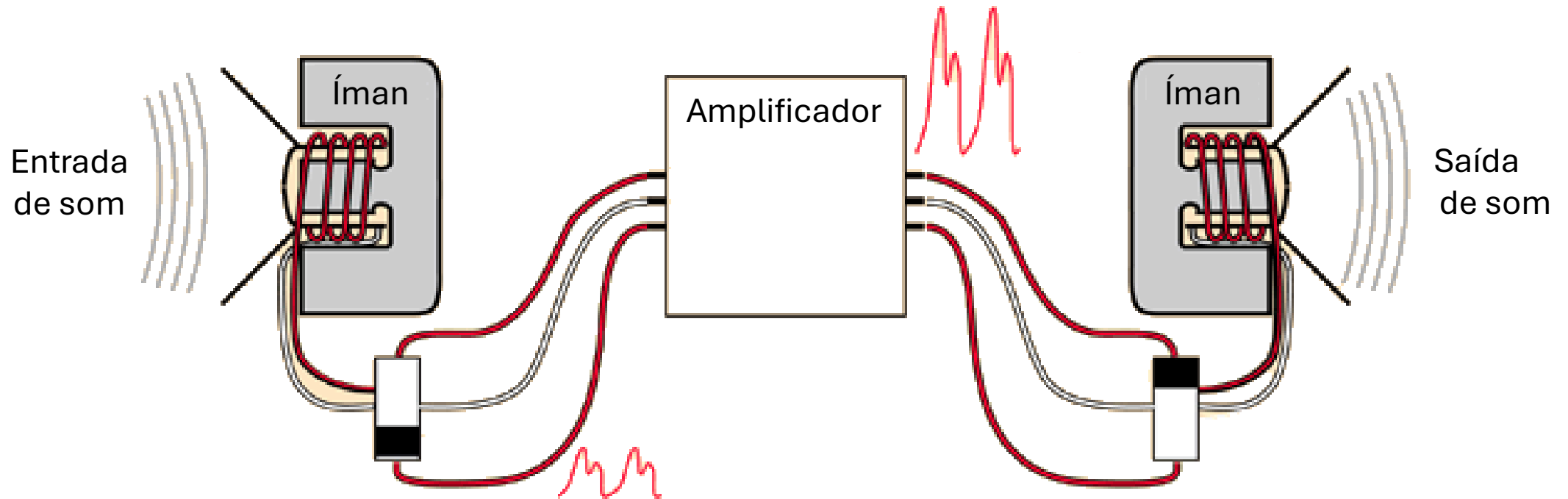
Altifalante

No altifalante a **corrente elétrica** é transformada em **som** através do processo contrário: indução do movimento devido à passagem da corrente elétrica.



Microfone e altifalante

Os dois processos...



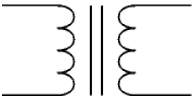
Transformador

Um transformador de tensão modifica o valor de tensão num circuito elétrico.

Inventado por Michael Faraday em 1831.

Funciona através da indução de corrente.

Só funciona com corrente alternada.

Símbolo: 



Michael Faraday (1791-1867).

Fluxo magnético

$$\Phi_m = |\vec{B}| A \cos \theta$$

Bobina

$$\Phi_m (\text{bobina}) = N \Phi_m (\text{espira})$$

Força eletromotriz induzida

$$\varepsilon_i = \frac{|\Delta \Phi_m|}{\Delta t}$$

Transformador

$$\varepsilon_p = U_p = \frac{N_p \Delta\Phi_m}{\Delta t}$$

$$\varepsilon_s = U_s = \frac{N_s \Delta\Phi_m}{\Delta t}$$

em que:

N_p - número de espiras no enrolamento primário

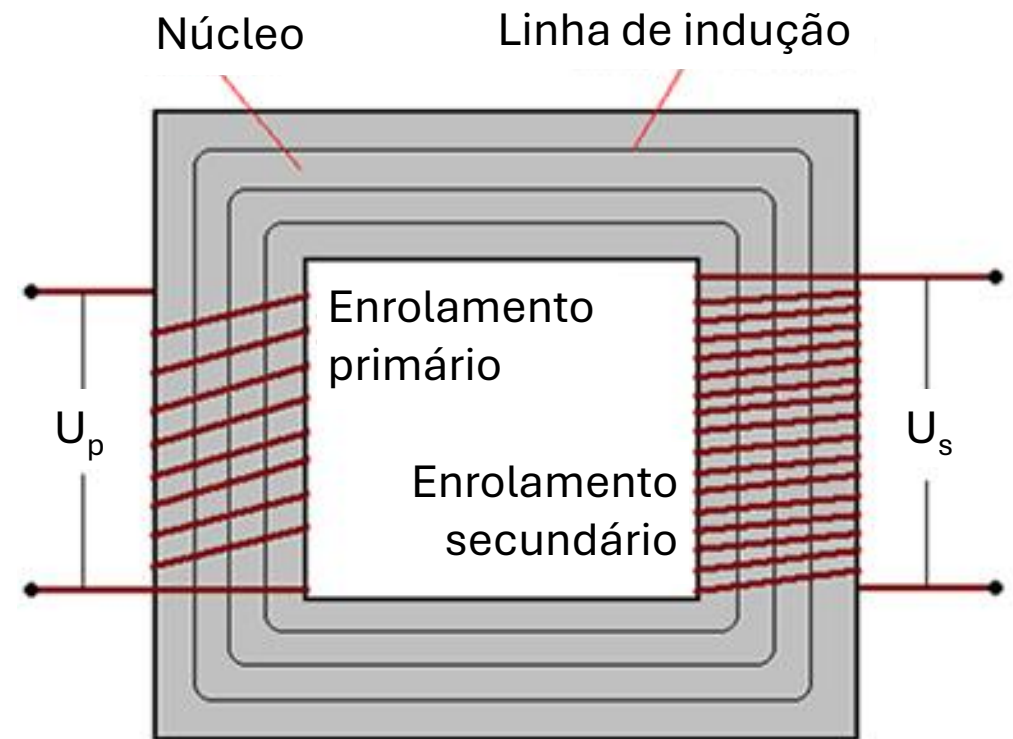
N_s - número de espiras no enrolamento secundário

U_p - tensão no enrolamento primário (V)

U_s - tensão no enrolamento secundário (V)

I_p - corrente no enrolamento primário (A)

I_s - corrente no enrolamento secundário (A)



Transformador

$$\varepsilon_p = U_p = \frac{N_p \Delta\Phi_m}{\Delta t}$$

$$\varepsilon_s = U_s = \frac{N_s \Delta\Phi_m}{\Delta t}$$

$$U_p = \frac{N_p \Delta\Phi_m}{\Delta t}$$

$$U_s = \frac{N_s \Delta\Phi_m}{\Delta t}$$

$$\frac{U_p}{N_p} = \frac{\Delta\Phi_m}{\Delta t}$$

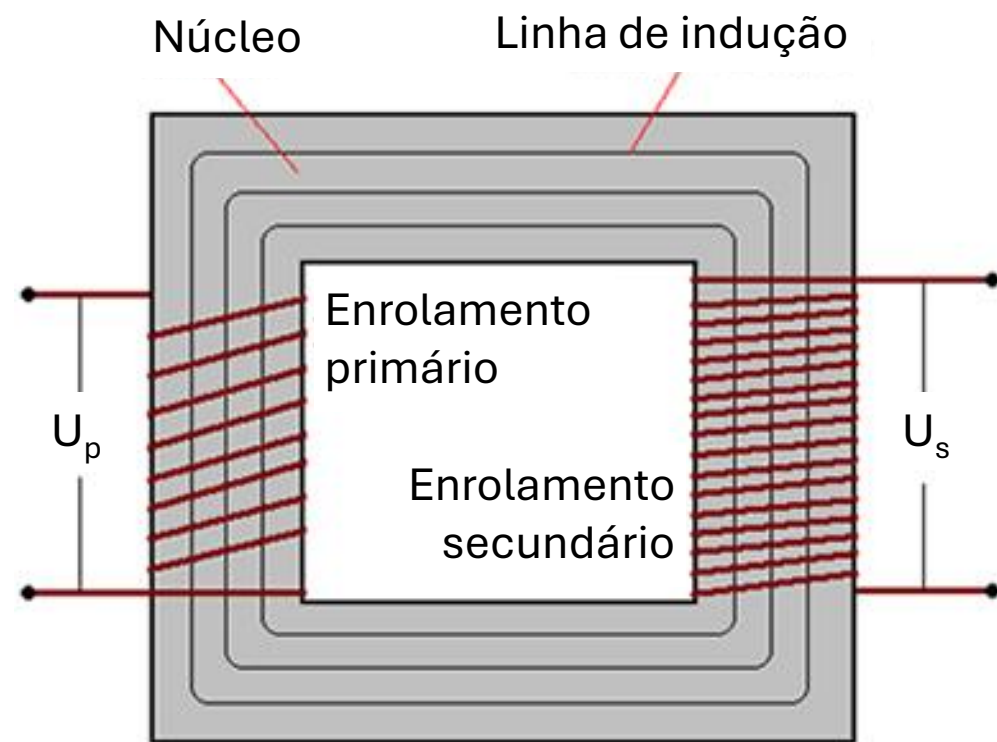
$$\frac{U_s}{N_s} = \frac{\Delta\Phi_m}{\Delta t}$$

Como o núcleo é o mesmo, $\frac{\Delta\Phi_m}{\Delta t}$ é igual para os dois enrolamentos...

$$\frac{U_p}{N_p} = \frac{U_s}{N_s}$$

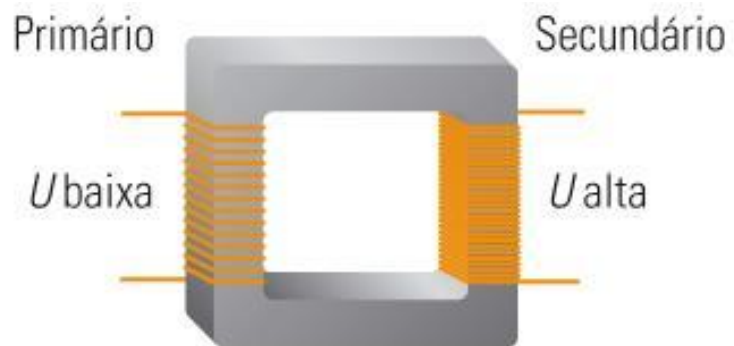
ou

$$\frac{U_p}{U_s} = \frac{N_p}{N_s}$$



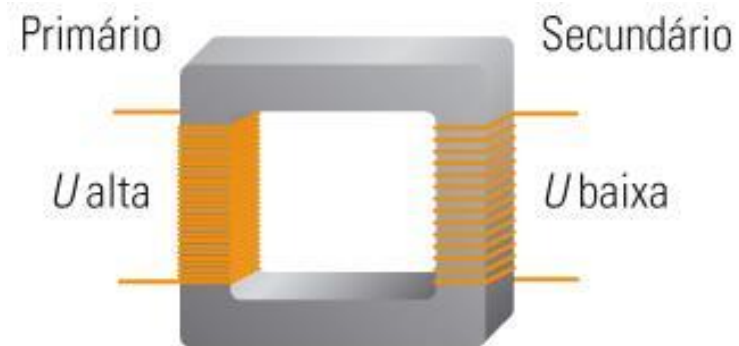
Transformador

Elevador de tensão



$$N_p < N_s$$

Abaixador de tensão



$$N_p > N_s$$

em que:

N_p - número de espiras no enrolamento primário

N_s - número de espiras no enrolamento secundário

Transformador



[Imagem: www.curto-circuito.com]

[Imagem: www.electricleague.net]

[Imagem: China Electrical Power Transformers Manufacturer]

Transporte de energia elétrica

Dissipação de energia

A perda de energia, ao longo do transporte, é grande!

Maior distância percorrida



Aumento da R



Aumento da E dissipada!



Efeito Joule

$$E = R I^2 \Delta t$$

[Imagem: elp.com]

Transporte de energia elétrica

Dissipação de energia

A perda de energia pode ser diminuída com o uso de tensões elétricas mais altas.

Aumento da tensão ($\times 20$)



Diminuição da corrente ($\times 20$)



Diminuição da energia dissipada ($\times 20^2$)

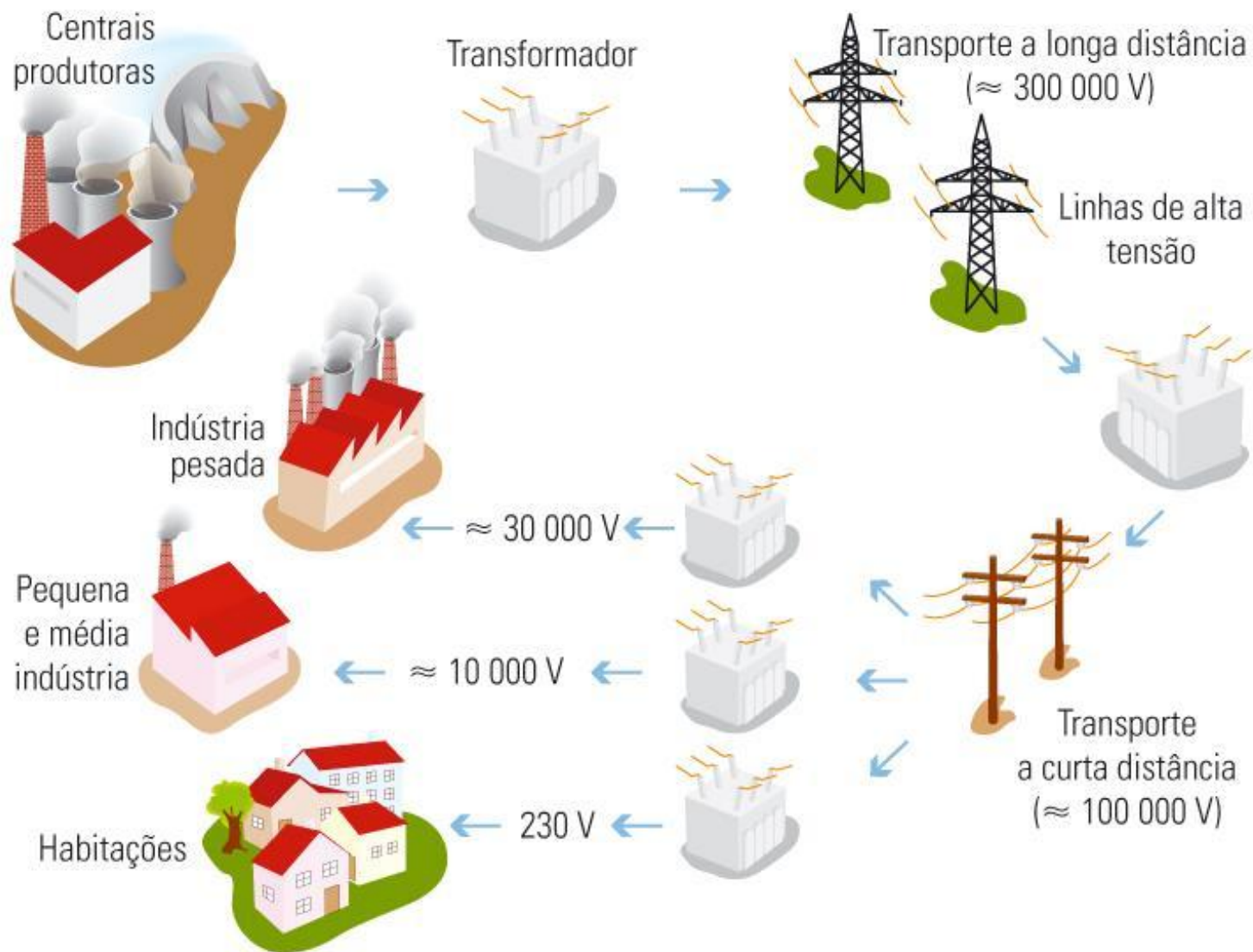


Efeito Joule

$$E = R I^2 \Delta t$$

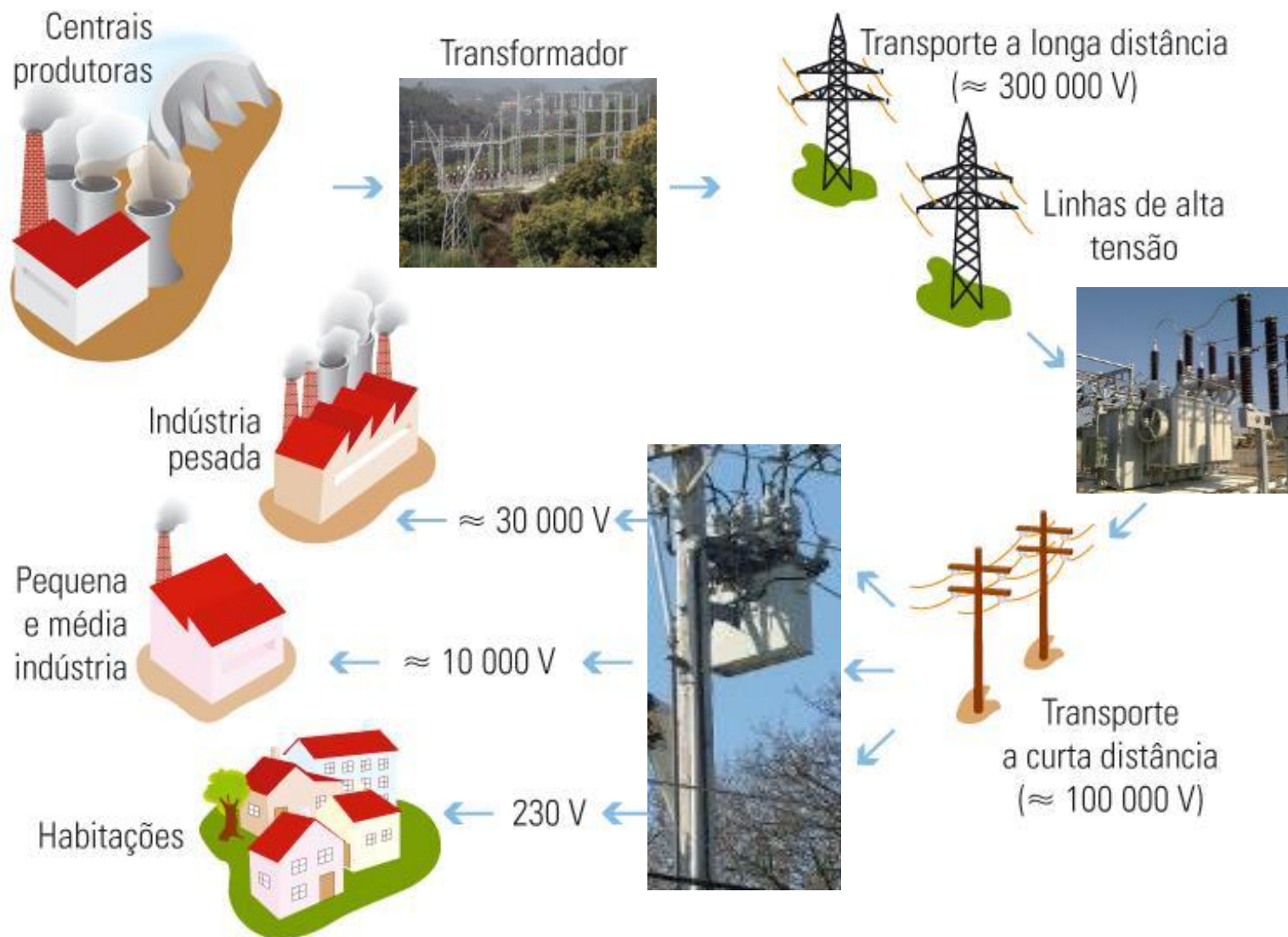
[Imagem: elp.com]

Transporte de energia elétrica



[Imagem: Texto Editores]

Transporte de energia elétrica



[Imagem: Texto Editores]

Essencial

- Aplicar, na resolução de problemas, a Lei de Faraday, interpretando aplicações da indução eletromagnética, explicando as estratégias de resolução e os raciocínios demonstrativos que fundamentam uma conclusão.

Palavras-chave

- Fluxo magnético.
- Espira.
- Bobina/solenóide.
- Lei de Faraday.
- Transformador.

Bibliografia

- “Aprendizagens Essenciais – Física e Química A – 11º ano”, Ministério da Educação, 2018.
- C. Rodrigues, C. Santos, L. Miguelote, P. Santos, S. Machado, “Física 11 A”, Areal Editores, Porto, 2016.
- M. Alonso, E. J. Finn, “Física”, Escolar Editora, 2012, Lisboa.
- C. Rodrigues, C. Santos, L. Miguelote, P. Santos, “Rumo à Física – 11º Ano”, Areal Editores, Porto, 2022.
- G. Ventura, M. Fiolhais, C. Fiolhais, “11F”, Texto Editores, Lisboa, 2022.

Simulações

- [Lei de Faraday](#), 05/01/2018.