

1 2



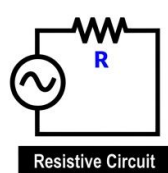
9 0



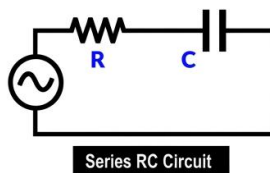
DEPARTAMENTO DE FÍSICA

FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

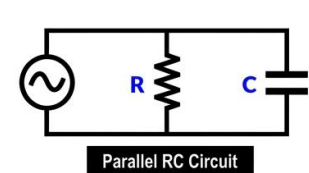
Circuitos elétricos



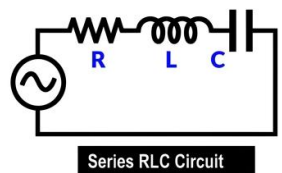
Resistive Circuit



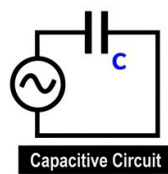
Series RC Circuit



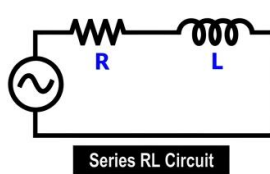
Parallel RC Circuit



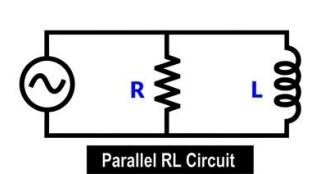
Series RLC Circuit



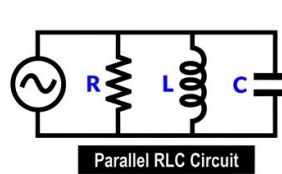
Capacitive Circuit



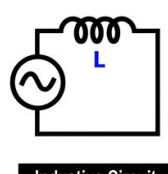
Series RL Circuit



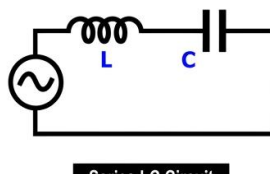
Parallel RL Circuit



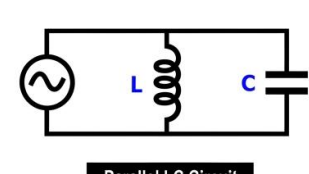
Parallel RLC Circuit



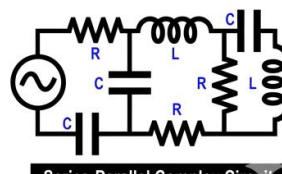
Inductive Circuit



Series LC Circuit



Parallel LC Circuit



Series-Parallel Complex Circuit

Filipa Borges; Rui Travasso; Marcelo Dumas Hahn

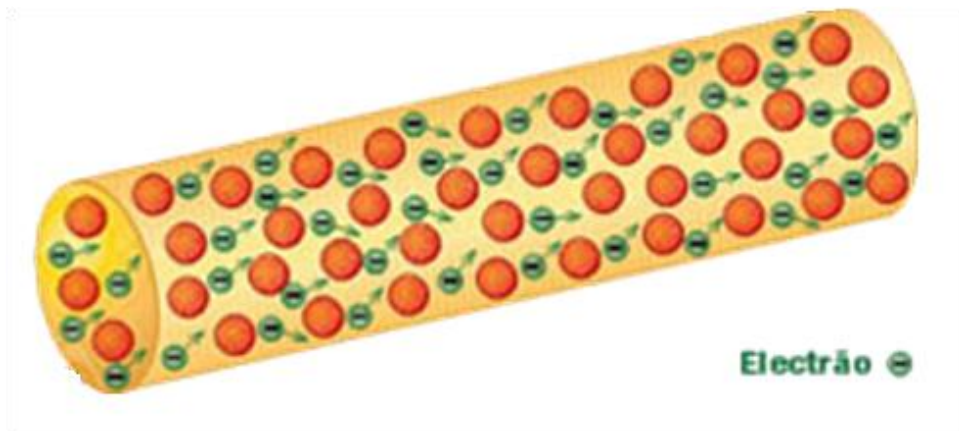
Corrente eléctrica: movimento orientado de carga eléctrica

Nem todo o movimento de cargas origina uma corrente eléctrica.

Para que exista corrente eléctrica tem de haver um **fluxo “líquido” de carga eléctrica** num determinado sentido.

Se não for aplicada uma d.d.p aos terminais do condutor, todo este se encontra ao mesmo V , não havendo mov. “líquido” de carga eléctrica.

Ao inserir uma bateria ou um gerador no circuito, é gerada uma d.d.p. no circuito, que origina um movimento orientado da carga negativa no sentido de potencial crescente.



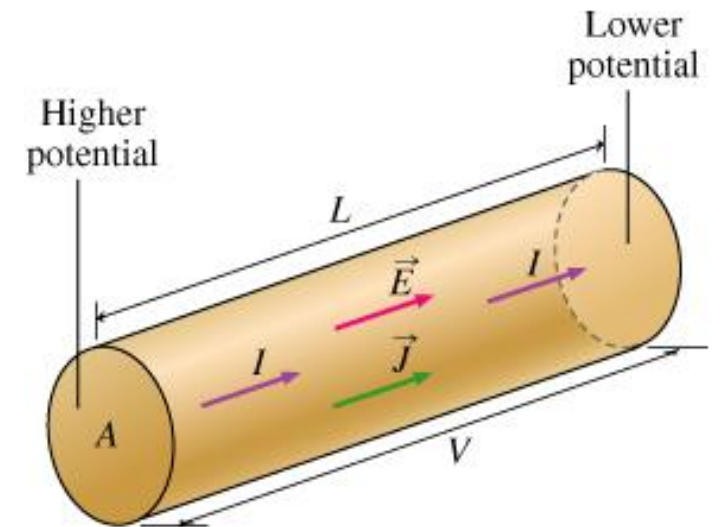
Resistividade de um material

O mesmo valor de \mathbf{E} aplicado a diferentes materiais, mesmo que todos com a mesma geometria, origina diferentes densidades de corrente em cada um deles.

Esta diferença está relacionada com uma característica do material, a **resistividade**, ρ .

$$\rho = \frac{E}{J} \left(\frac{\text{V/m}}{\text{A/m}^2} = \frac{V \cdot m}{A} = \Omega \cdot m \right)$$

Quanto maior ρ menor o valor de J para o mesmo campo eléctrico aplicado no material.



Resistência de um condutor

Verifica-se que a mesma d.d.p. aplicada a diferentes materiais origina diferentes correntes elétricas. A razão entre ΔV e I ,

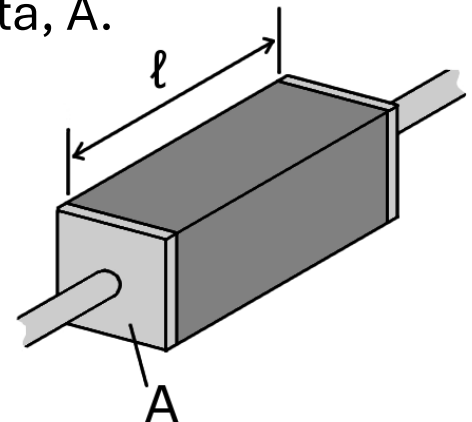
$$R = \frac{V}{I} \quad (V/A = \Omega)$$

é designada por resistência, R , e depende:

- do material: da sua resistividade, ρ ;
- da sua geometria, ou seja, da sua forma e dimensões: comprimento L e secção reta, A .

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (\Omega)$$

relação entre resistividade e resistência



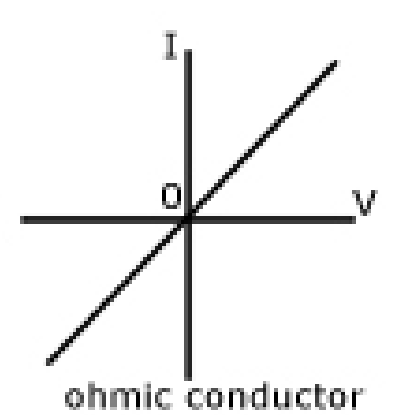
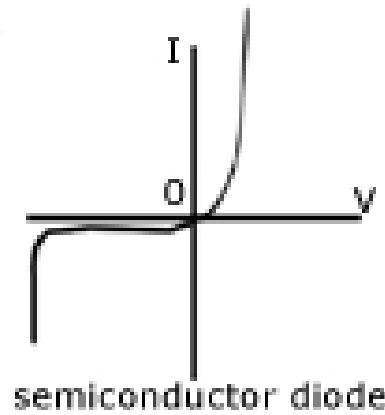
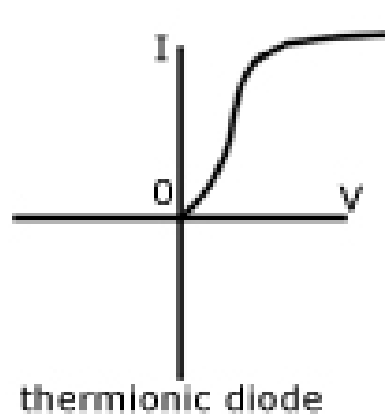
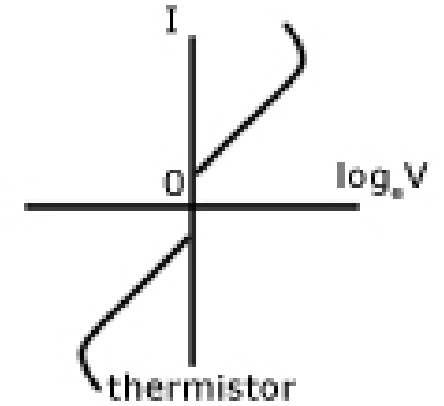
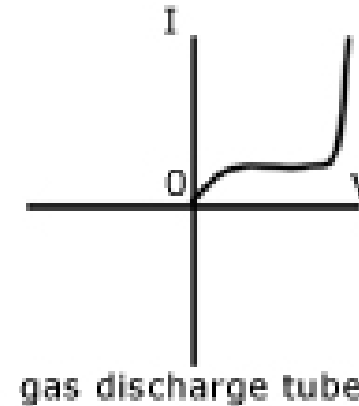
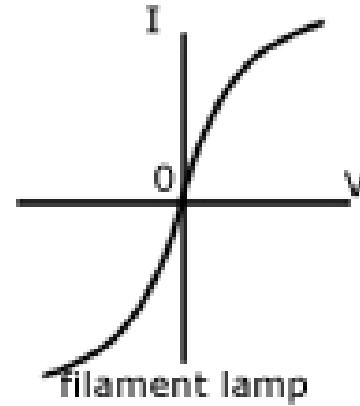
Materiais condutores

relação entre V e I

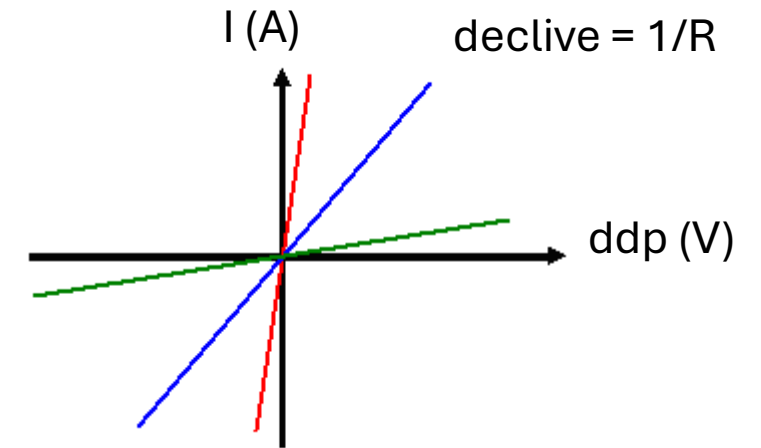
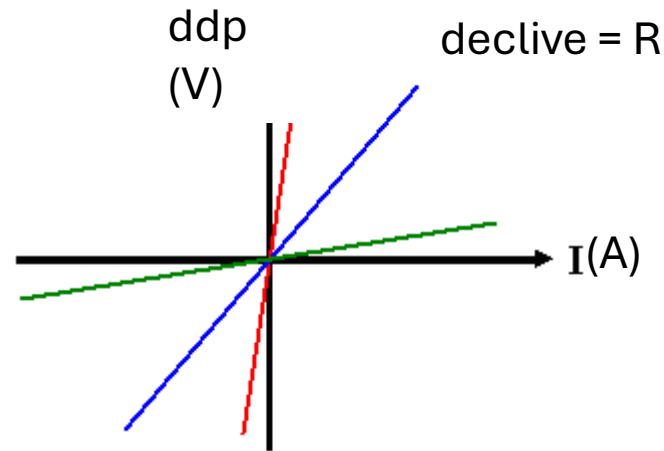
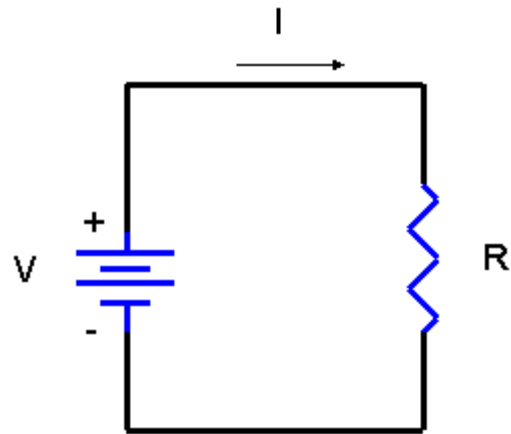
Materiais óhmicos –
relação linear

Materiais não óhmicos –
relação não linear

A relação $U = RI$ é sempre válida! Mas se R não for constante, o condutor não é óhmico!



Lei de Ohm – materiais óhmicos



Lei de Ohm – a corrente através de um condutor é diretamente proporcional à d.d.p. aplicada aos seus terminais (para uma dada temperatura):

$$V = RI ; R = \text{constante}$$

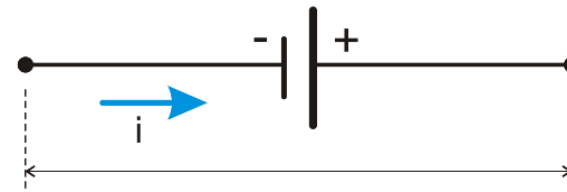
Um dispositivo *condutor de corrente* designa-se por **condutor óhmico** se obedecer à lei de Ohm, ou seja, se a sua *resistividade é independente do campo eléctrico* aplicado ao condutor.

Este é o comportamento dos elementos do circuito que geralmente se designam por *resistências*.

Circuitos eléctricos

Gerador – dispositivo que mantém uma d.d.p constante aos seus terminais.

Ex: bateria, fonte de tensão.



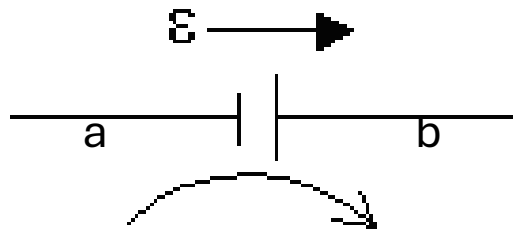
Neste dispositivo, as cargas positivas circulam no sentido contrário a \mathbf{E} , pelo que é necessário fornecer-lhes energia (química, mecânica, solar,...) ou seja, é necessário realizar trabalho sobre os portadores de carga.

$\varepsilon = dU/dq$ (V) – f.e.m – trabalho realizado pelo gerador por unidade de carga que o atravessa.

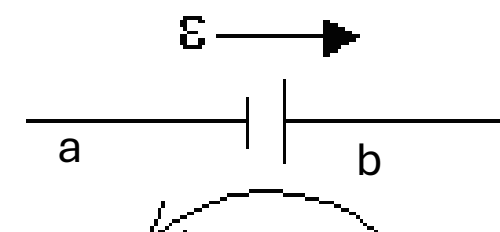
Elementos do circuito: gerador, resistências, condensadores, bobines, ...

Convenções de sinais na circulação em circuitos eléctricos

Diferença de potencial entre os terminais de uma fonte de *f.e.m.*:



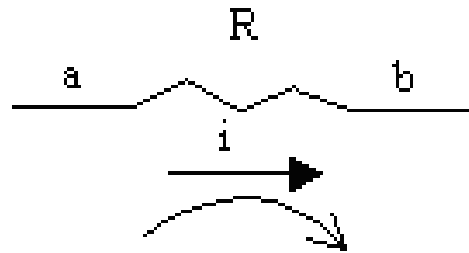
$$V_{ab} = V_a - V_b = -\varepsilon$$



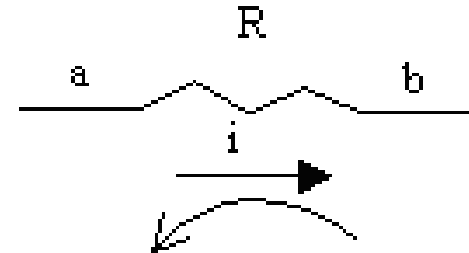
$$V_{ba} = V_b - V_a = \varepsilon$$

Convenções de sinais na circulação em circuitos eléctricos

Diferença de potencial através de uma R :



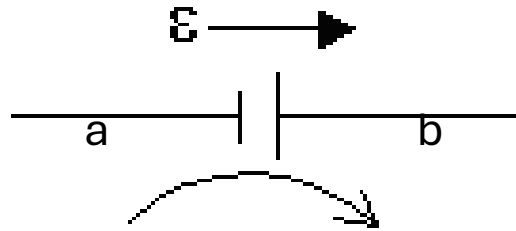
$$V_{ab} = V_a - V_b = Ri$$



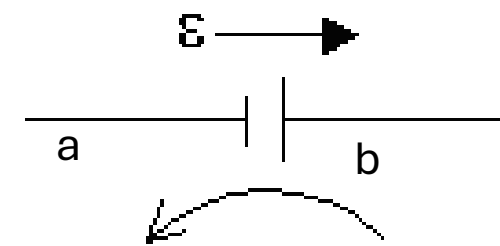
$$V_{ba} = V_b - V_a = -Ri$$

Convenções de sinais na circulação em circuitos eléctricos

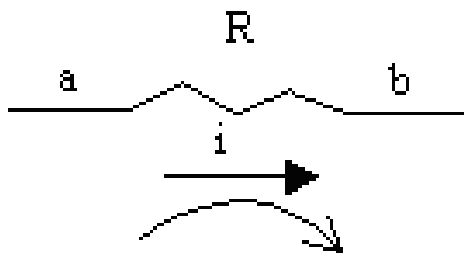
Resumo



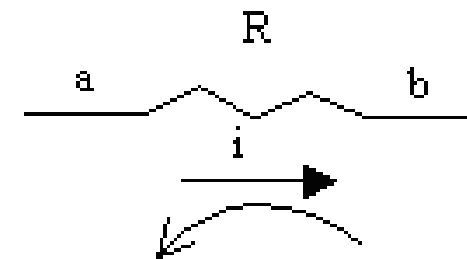
$$V_{ab} = V_a - V_b = -\varepsilon$$



$$V_{ba} = V_b - V_a = \varepsilon$$



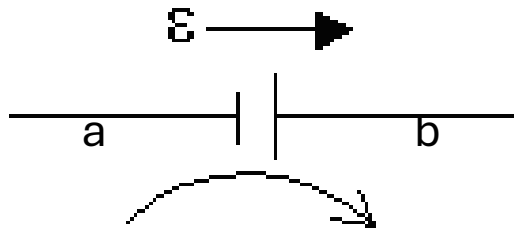
$$V_{ab} = V_a - V_b = Ri$$



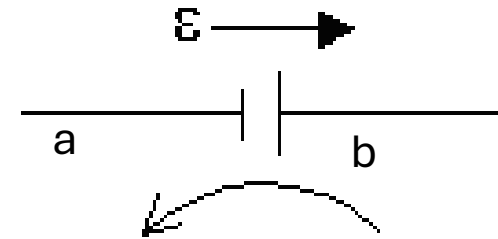
$$V_{ba} = V_b - V_a = -Ri$$

Convenções de sinais na circulação em circuitos eléctricos

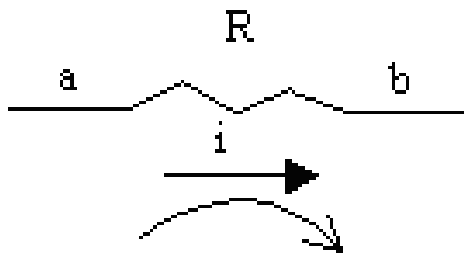
Não é incomum encontrar:



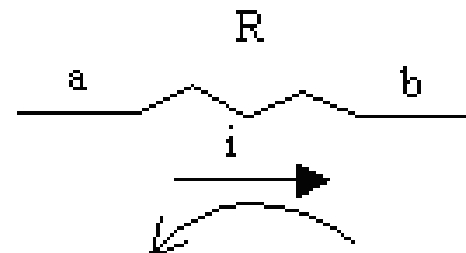
$$V_{ab} = V_a - V_b = \varepsilon$$



$$V_{ba} = V_b - V_a = -\varepsilon$$



$$V_{ab} = V_a - V_b = -Ri$$

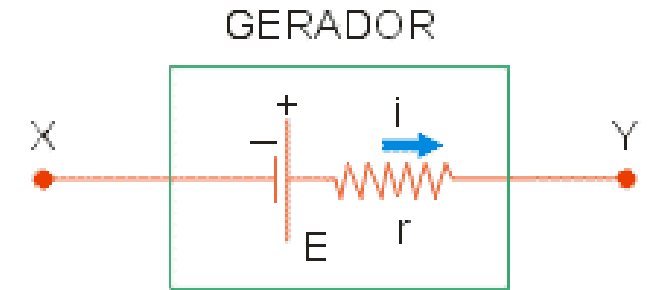


$$V_{ba} = V_b - V_a = Ri$$

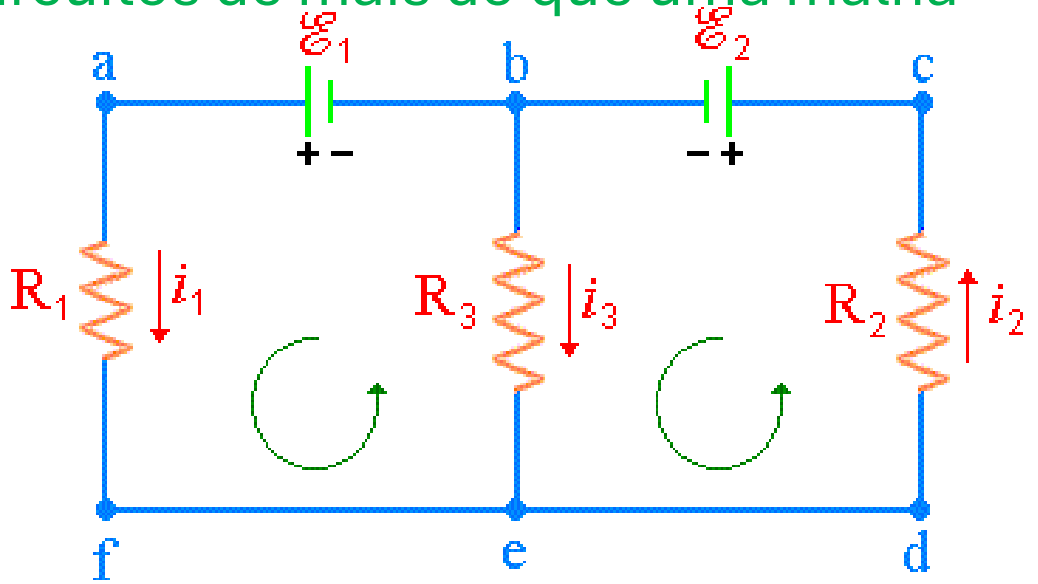
Gerador ideal: $R_{int} \cong 0$

Gerador real: $R_{int} \neq 0$ a d.d.p. aos seus terminais depende de I do circuito

$$V_{xy} = -E + ri = -V_{yx}$$



Circuitos de mais do que uma malha



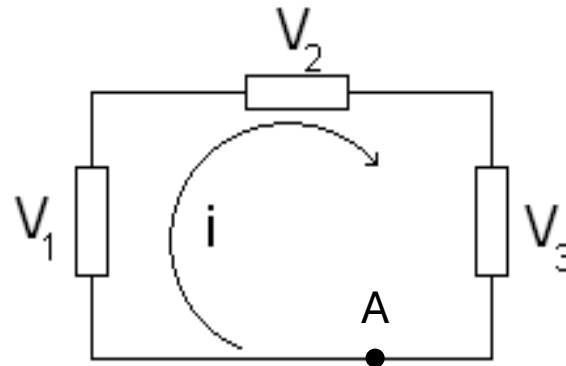
- **Nó** – ponto num circuito eléctrico onde 3 ou mais condutores estão ligados.
- **Malha** – qualquer caminho condutor fechado.

Leis de Kirchhoff

Lei das malhas

$$\sum_i V_i = 0$$

$$V_1 + V_2 + V_3 = 0$$



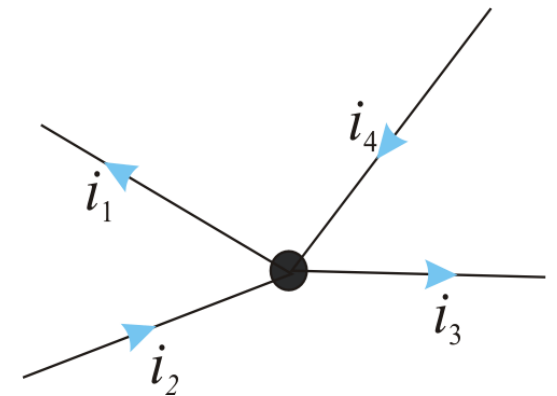
soma das quedas de potencial ao longo de uma malha fechada tem de ser igual a zero.

Lei dos nós

$$\sum_{entram} i = \sum_{saem} i$$

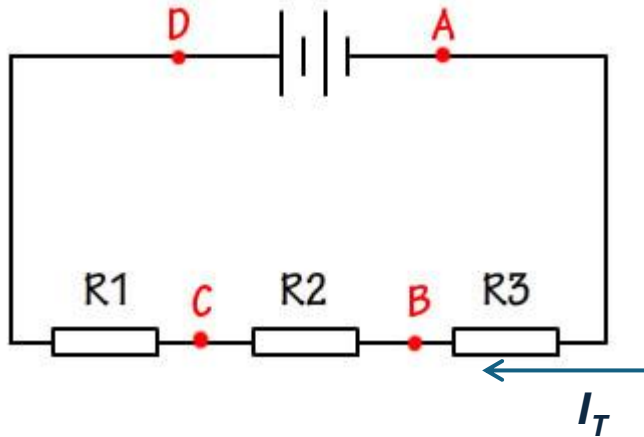
$$i_2 + i_4 = i_1 + i_3$$

As soma das correntes que saem de um nó tem de ser igual à soma das correntes que entram nesse mesmo nó.



Associação de resistências

Resistências em série: percorridas pela mesma corrente I



$$I_T = I_1 = I_2 = I_3$$

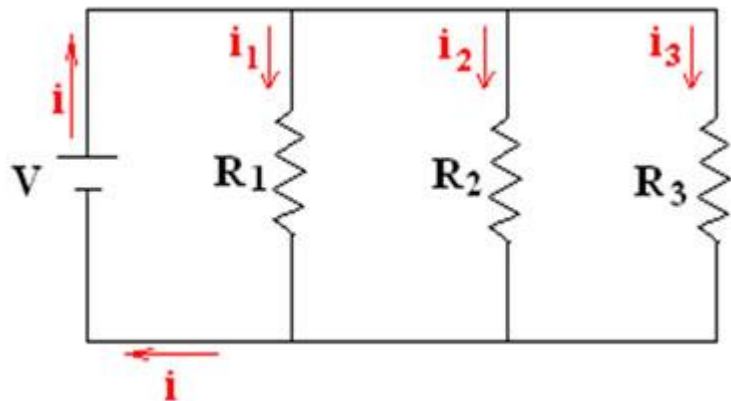
$$V_T = V_1 + V_2 + V_3$$



$$R_T = R_1 + R_2 + R_3$$

$$R_{eq} = \sum_i R_i$$

Resistências em paralelo: mesma d.d.p. aos seus terminais



$$I_T = I_1 + I_2 + I_3$$

$$V_T = V_1 = V_2 = V_3$$



$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

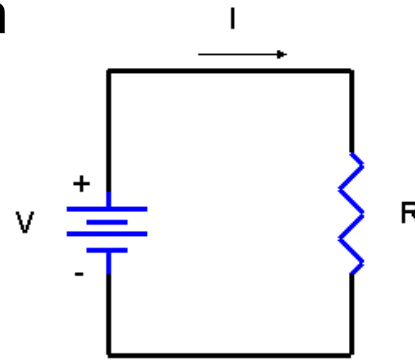
$$\frac{1}{R_{eq}} = \sum_i \frac{1}{R_i}$$

Potência em circuitos resistivos

Gerador (potência fornecida a circuito)

$$dU = dq \cdot V$$

$$P = \frac{dU}{dt} = \frac{dq \cdot V}{dt} = VI \quad (\text{W})$$



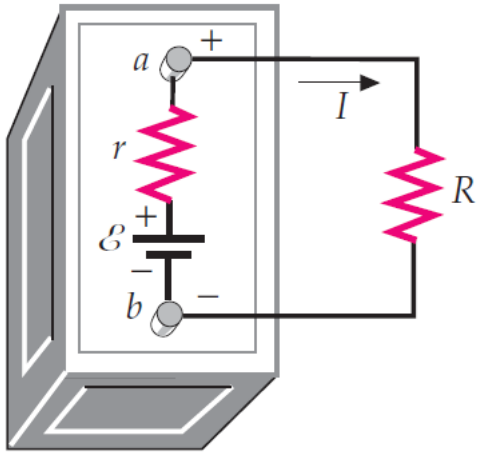
Resistências (*dissipada*)

$$dU = dq \cdot V_R$$

$$P = \frac{dU}{dt} = \frac{dq \cdot V_R}{dt} = V_R I = \frac{V_R^2}{R} = RI^2 \quad (\text{W})$$

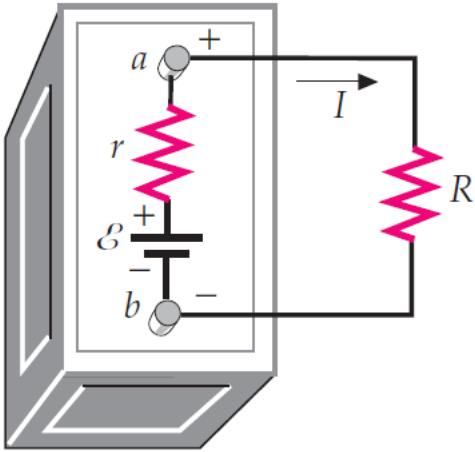
A potência total consumida num circuito tem de ser **igual** à **potência total fornecida** pelo(s) gerador(es).

Potência máxima debitada



$$-\varepsilon + rI + RI = 0$$

Potência máxima debitada

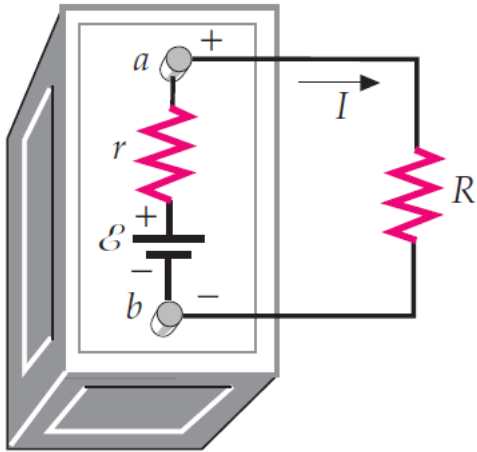


$$-\varepsilon + rI + RI = 0$$

$$I = \frac{\varepsilon}{r + R}$$

$$P = RI^2$$

Potência máxima debitada



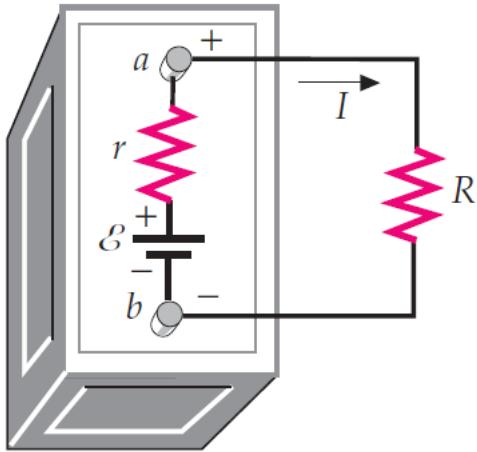
$$-\varepsilon + rI + RI = 0$$

$$I = \frac{\varepsilon}{r + R}$$

$$P = RI^2$$

$$P = \frac{R\varepsilon^2}{(r + R)^2}$$

Potência máxima debitada



$$-\varepsilon + rI + RI = 0$$

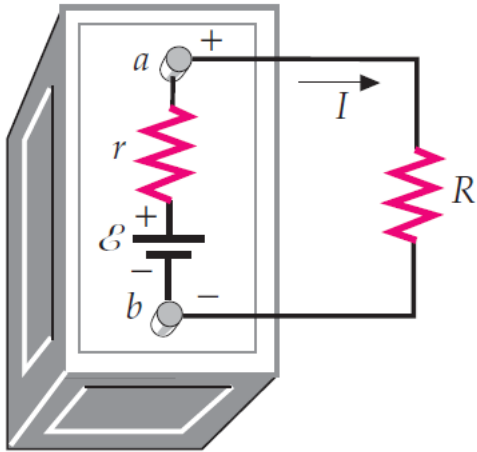
$$I = \frac{\varepsilon}{r + R}$$

$$P = RI^2$$

$$P = \frac{R\varepsilon^2}{(r + R)^2}$$

$$\frac{dP}{dR} = \frac{(r + R)^2 \varepsilon^2 - 2\varepsilon^2 R(r + R)}{(r + R)^4} = \frac{\varepsilon^2 (r - R)}{(r + R)^3}$$

Potência máxima debitada



$$-\varepsilon + rI + RI = 0$$

$$I = \frac{\varepsilon}{r + R}$$

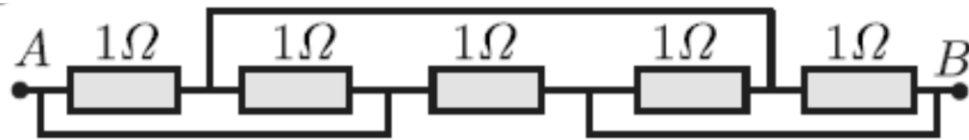
$$P = RI^2$$

$$P = \frac{R\varepsilon^2}{(r + R)^2}$$

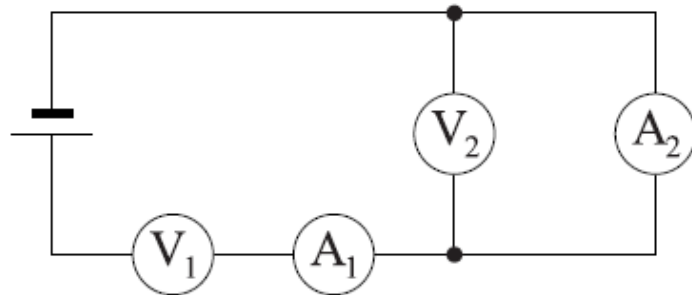
$$\frac{dP}{dR} = \frac{(r + R)^2 \varepsilon^2 - 2\varepsilon^2 R(r + R)}{(r + R)^4} = \frac{\varepsilon^2 (r - R)}{(r + R)^3}$$

$$\frac{dP}{dR} = 0 \Rightarrow r = R$$

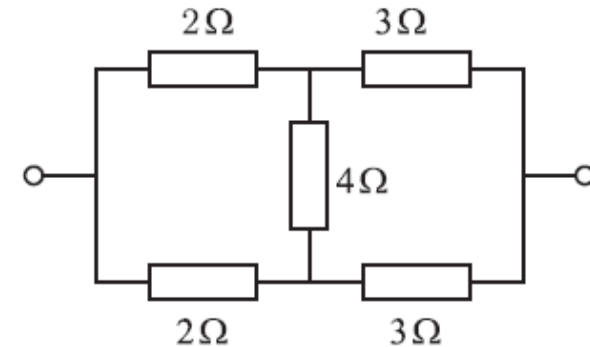
Qual a resistência equivalente entre os pontos A e B?



Sabe-se que a leitura em $V_1=100\text{ V}$; em $V_2=2\text{ V}$ e em $A_1=200\ \mu\text{A}$. Qual a leitura em A_2 ?



Qual a corrente neste circuito?



Os amperímetros e voltímetros são todos equivalentes e não são ideais. Sabendo que a leitura em $V_1=9\text{ V}$, em $A_1=2,9\text{ mA}$ e em $A_2=2,6\text{ mA}$, qual o valor da soma das leituras nos restantes voltímetros?

