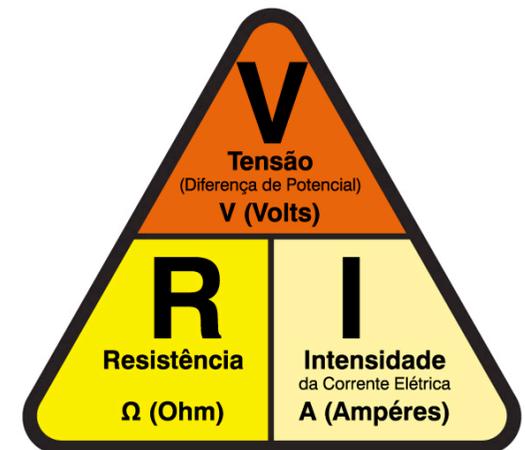


Fórmula da Lei de Ohm



$$R = \frac{\rho \cdot L}{A}$$

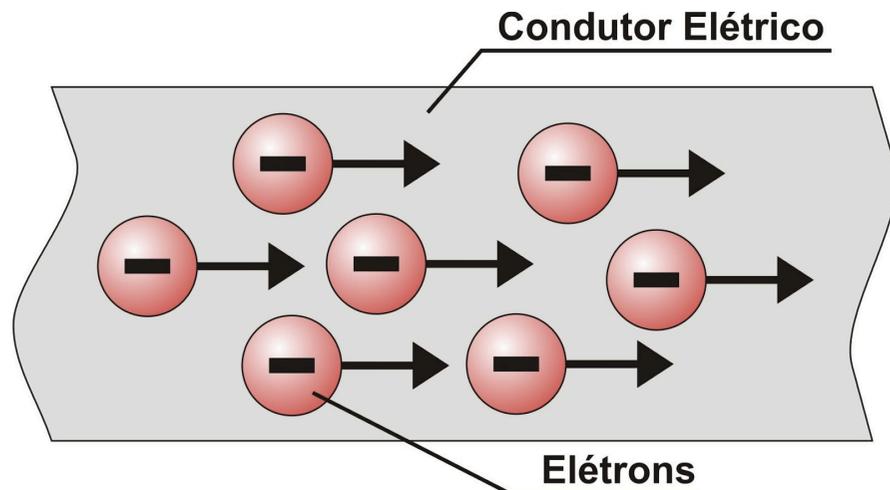
$$V = R \cdot i$$

# Leis de Ohm

Prof. Simões

# Corrente elétrica

- A corrente elétrica é a relação entre a carga transportada e o tempo em que esse transporte ocorre
- A unidade da corrente elétrica é o Ampère, e corresponde a 1 coulomb por segundo
- A carga elétrica é quantizada, e seu menor valor é a carga do elétron ( $-1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ )



$$\Delta Q = n \cdot |e| \quad [C]$$

$$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad \left[ \frac{C}{s} = A \right]$$

# Exemplo

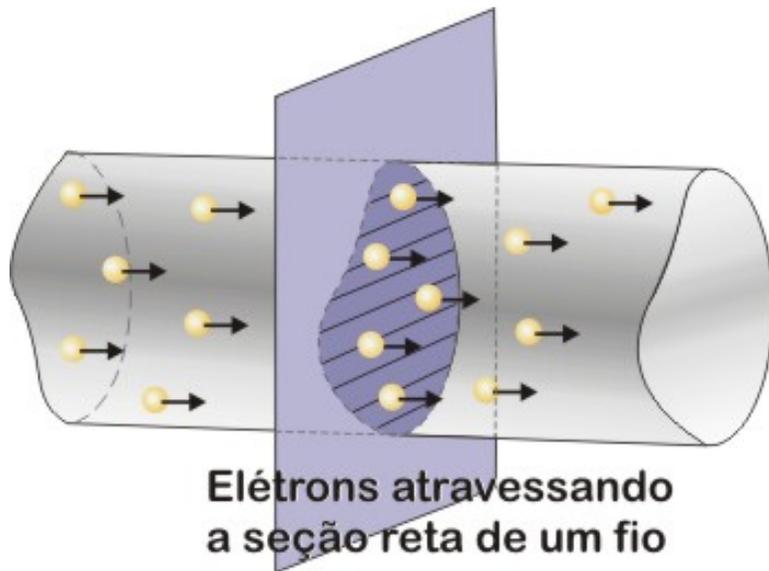
- A quantidade de elétrons que passa por um condutor durante 15 segundos é de  $2,5 \times 10^{20}$ . Sabendo que a carga do elétron é de  $-1,6 \times 10^{-19}$  C, qual é a corrente do fio em A?

$$\Delta Q = n \cdot |e| \Rightarrow \Delta Q = 2,5 \times 10^{20} \cdot |-1,6 \times 10^{-19}| \Rightarrow \Delta Q = 40 \text{ C}$$

$$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \Rightarrow i = \frac{40}{15} \Rightarrow i = 2,7 \text{ A}$$

# Corrente elétrica - densidade

- A corrente desloca-se pelo condutor, e, considerando a área de sua seção transversal, podemos definir a densidade de corrente  $J$  como:



$$J = \frac{I}{A}$$

onde

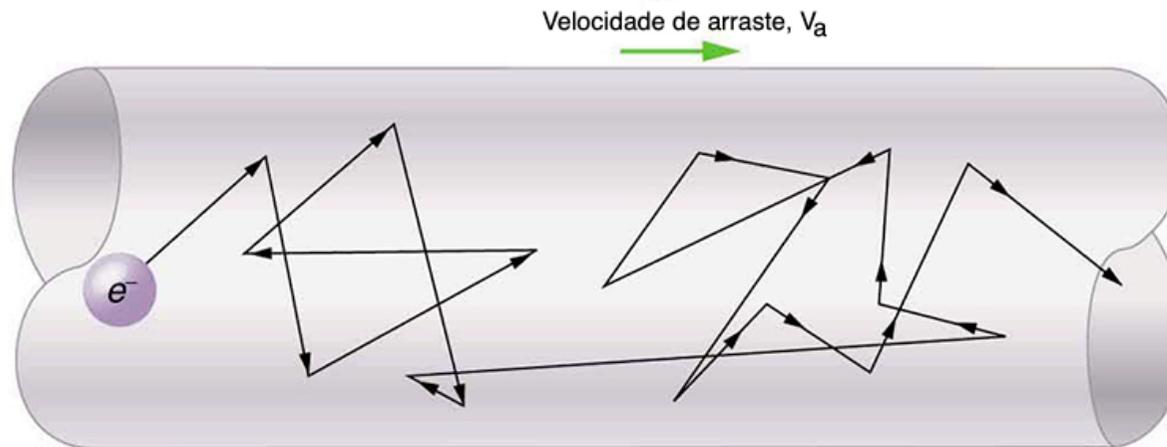
$J \rightarrow$  Densidade de corrente,  $A/m^2$

$I \rightarrow$  Corrente,  $A$

$A \rightarrow$  Área,  $m^2$

# Corrente Elétrica – velocidade de arraste

- O campo elétrico presente no fio ocasiona um deslocamento dos elétrons livres em uma certa velocidade chamada  $v_a$ =velocidade de arraste.

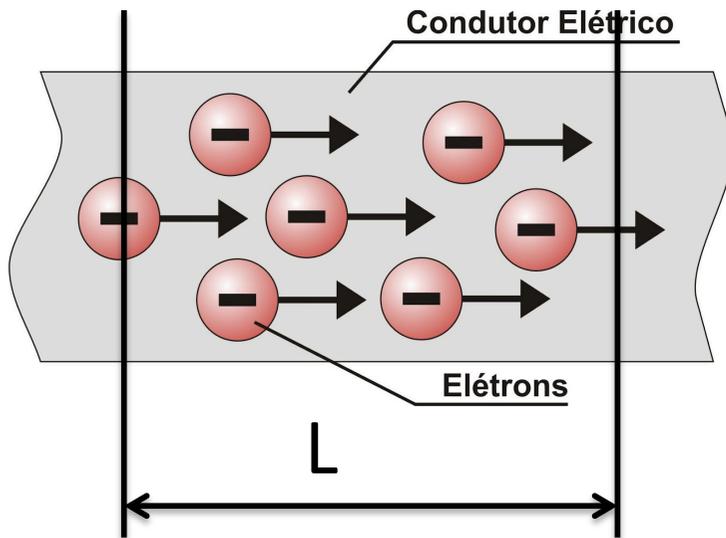


O campo elétrico propriamente se deslocará em velocidade muito superior, variando de 50 a 99% da velocidade da luz

<https://www.youtube.com/watch?v=qg0JY4GNK0w>

# Corrente Elétrica – velocidade de arraste $v_a$

- Supondo um condutor de seção  $A$ , teremos



$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow v_a = \frac{L}{t} \Rightarrow L = v_a \cdot t$$

$$q = n \cdot V \cdot e$$

$$i = \frac{q}{t} = \frac{n \cdot V \cdot e}{t} = \frac{n \cdot A \cdot L \cdot e}{t} = \frac{n \cdot A \cdot v_a \cdot t \cdot e}{t}$$

$n$  = número de elétrons livres por  $m^3$

$e = 1,6 \times 10^{-19} C$ , carga do elétron

$V = A \cdot L$ , volume do trecho  $L$

$q$  = carga elétrica dos elétrons livres

$$q = n \cdot V \cdot e [C]$$

$$i = n \cdot A \cdot v_a \cdot e \Rightarrow v_a = \frac{i}{n \cdot A \cdot e}$$

$$v_a = \frac{i}{n \cdot A \cdot e}$$

# Exemplo

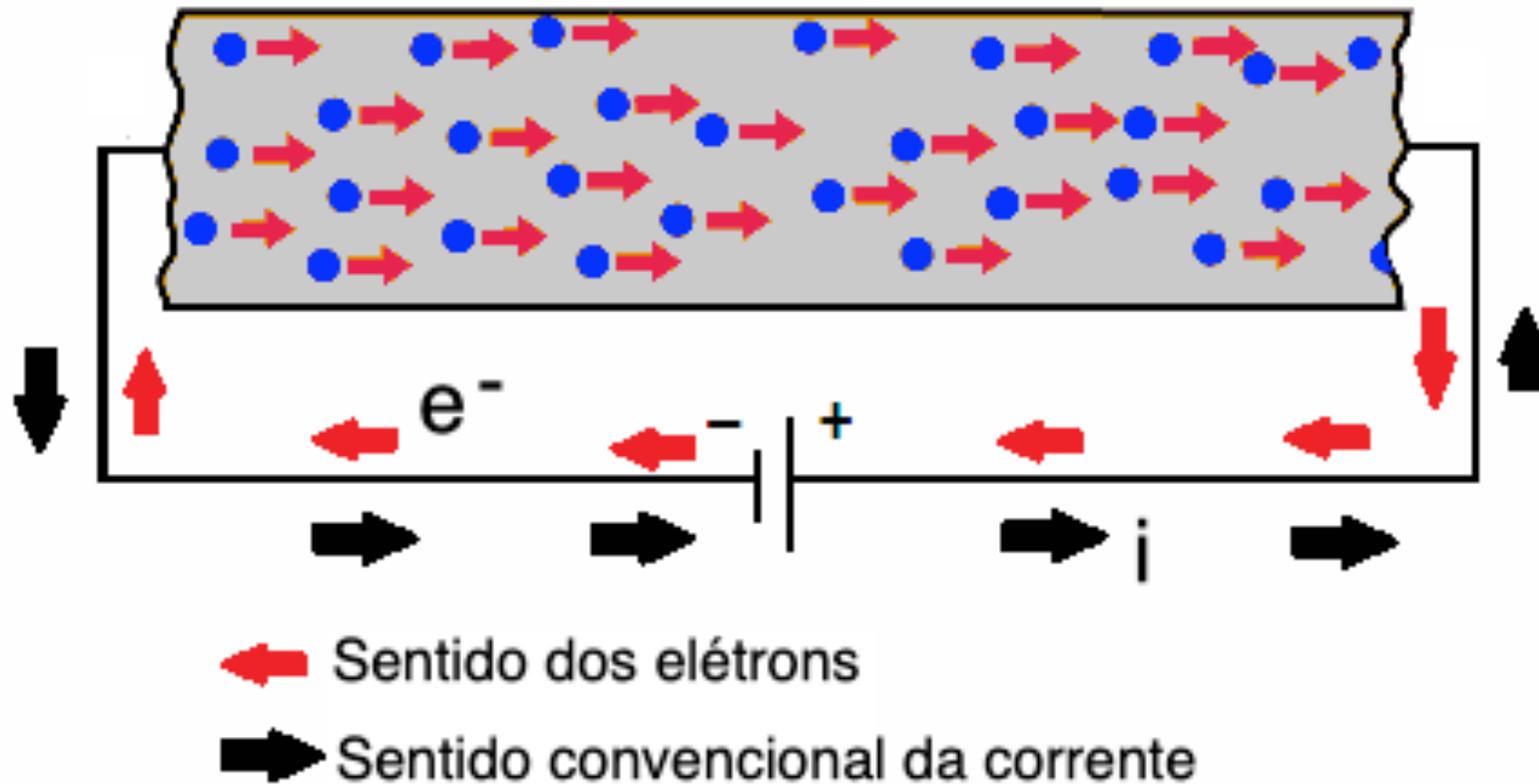
- Um fio de cobre com diâmetro de 1,02 mm (AWG 18) conduz uma corrente de 1,67 A. A densidade de elétrons livres no cobre é  $n=8,5 \times 10^{28}$  elétrons/m<sup>3</sup>. Calcule a densidade de corrente e a velocidade de arraste, sabendo que a carga do elétron é de  $e=1,6 \times 10^{-19}$  C.

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \Rightarrow A = \frac{\pi \cdot (1,02 \times 10^{-3})^2}{4} \Rightarrow A = 8,17 \times 10^{-7} \text{ m}^2$$

$$J = \frac{I}{A} \Rightarrow J = \frac{1,67}{8,17 \times 10^{-7}} \Rightarrow J = 2,04 \times 10^6 \text{ A/m}^2$$

$$v_a = \frac{i}{n \cdot A \cdot e} \Rightarrow v_a = \frac{1,67}{8,5 \times 10^{28} \cdot 8,17 \times 10^{-7} \cdot |-1,6 \times 10^{-19}|} \Rightarrow v_a = 1,5 \times 10^{-4} \text{ m/s}$$

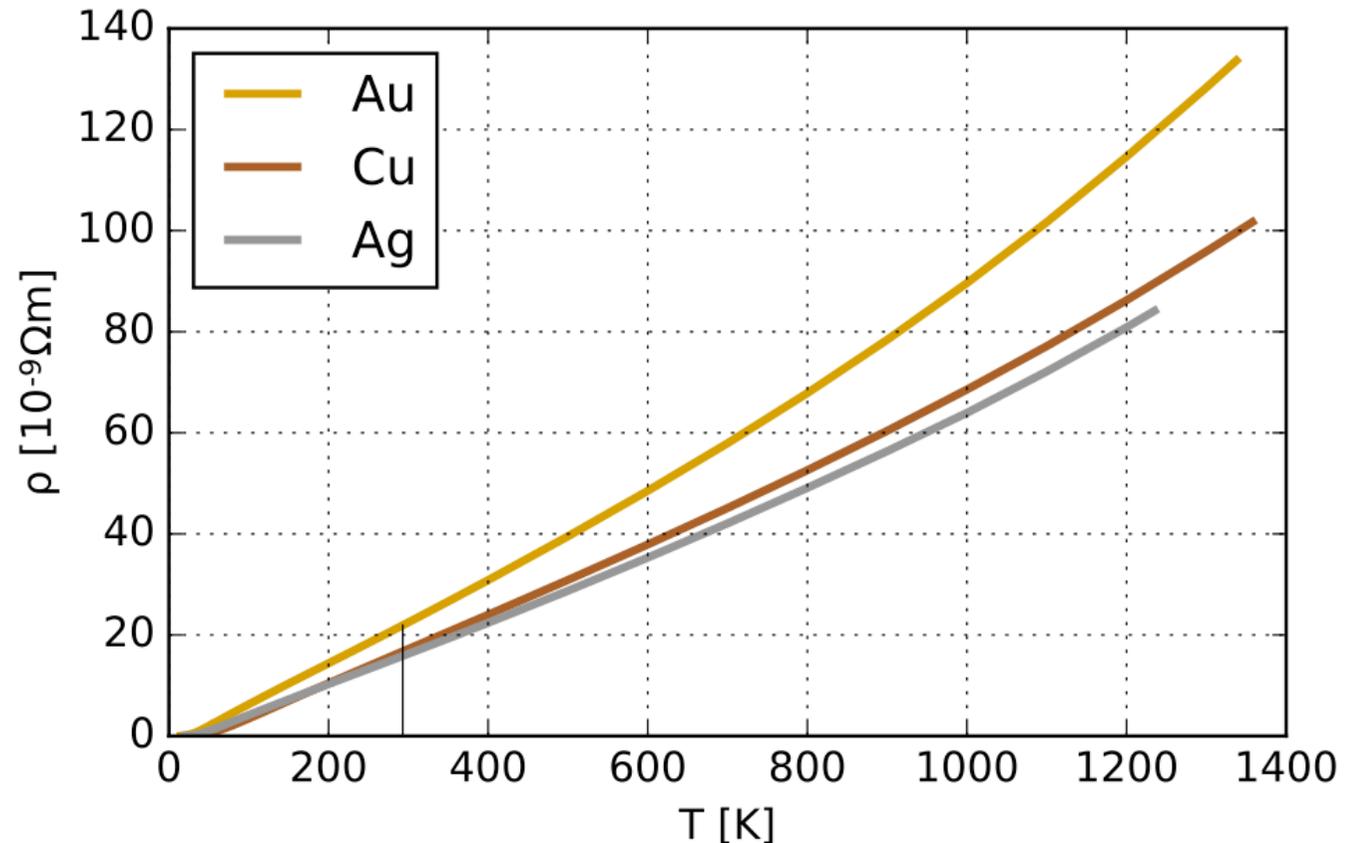
# Sentido da corrente



- Por convenção (histórica) o sentido da corrente é assumido como indo do polo positivo para o negativo da bateria.
- Porém, o deslocamento físico dos elétrons ocorre do sentido negativo para o positivo.

# Resistividade

- A resistividade é uma propriedade da **substância**.
- Os materiais oferecem resistência à passagem da corrente.
- Essa resistência é chamada de resistividade.
- Sua unidade é  $\Omega\text{m}$



- A resistividade é o oposto da condutividade.
- Ela depende do tipo de material e da temperatura.

# Resistividade

Classificação	Material	Resistividade $\rho(\Omega.m)$
<b>Metais</b>	Prata	$1,6 \times 10^{-8}$
	Cobre	$1,7 \times 10^{-8}$
	Alumínio	$2,8 \times 10^{-8}$
	Tungstênio	$5,0 \times 10^{-8}$
	Platina	$10,8 \times 10^{-8}$
	Ferro	$12 \times 10^{-8}$
<b>Ligas</b>	Latão	$8,0 \times 10^{-8}$
	Constantã	$50 \times 10^{-8}$
	Níquel-Cromo	$110 \times 10^{-8}$
	Grafite	$4.000 \text{ a } 8.0000 \times 10^{-8}$
<b>Isolantes</b>	Água Pura	$2,5 \times 10^3$
	Vidro	$10^{10} \text{ a } 10^{13}$
	Porcelana	$3,0 \times 10^{12}$
	Mica	$10^{13} \text{ a } 10^{15}$
	Baquelite	$2,0 \times 10^{14}$
	Borracha	$10^{15} \text{ a } 10^{16}$
	Âmbar	$10^{16} \text{ a } 10^{17}$

(valores médios a 20 °C)

# Resistividade e temperatura

- O crescimento da resistividade com a temperatura é determinado por:

$$\rho(T) = \rho_0 \left[ 1 + \alpha(T - T_0) \right]$$

Material	$\alpha[(^{\circ}\text{C})^{-1}]$	Material	$\alpha[(^{\circ}\text{C})^{-1}]$
Alumínio	0,0039	Chumbo	0,0043
Latão	0,0020	Manganina	0,00000
Carbono (grafita)	-0,0005	Mercúrio	0,00088
Constantan	0,00001	Nicromo	0,0004
Cobre	0,00393	Prata	0,0038
Ferro	0,0050	Tungstênio	0,0045

# Exemplo

- Qual a resistividade do cobre a uma temperatura de 150° C?

$$\rho_0 = 1,72 \times 10^{-8} \Omega \cdot m \quad (\text{resistividade a } 20^\circ\text{C})$$

$$\alpha_{\text{cobre}} = 0,00393 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\rho(T) = \rho_0 [1 + \alpha(T - T_0)]$$

$$\rho(150) = 1,72 \times 10^{-8} [1 + 3,93 \times 10^{-3} (150 - 20)]$$

$$\rho(150) = 2,60 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$$

# Resistência

- A resistência é uma propriedade de um corpo.
- Depende da resistividade, do comprimento e da área transversal.

$$R = \frac{\rho \cdot L}{A}$$

Onde:

$R \Rightarrow$  Resistência em ohm ( $\Omega$ )

$\rho \Rightarrow$  resistividade em  $\Omega \cdot m$

$L \Rightarrow$  comprimento em m

$A \Rightarrow$  área em  $m^2$

Segunda lei de Ohm

# Primeira Lei de Ohm

- Para um material ôhmico (com  $\rho$  constante) será válida a seguinte relação:

$$V = I \cdot R$$

Onde:

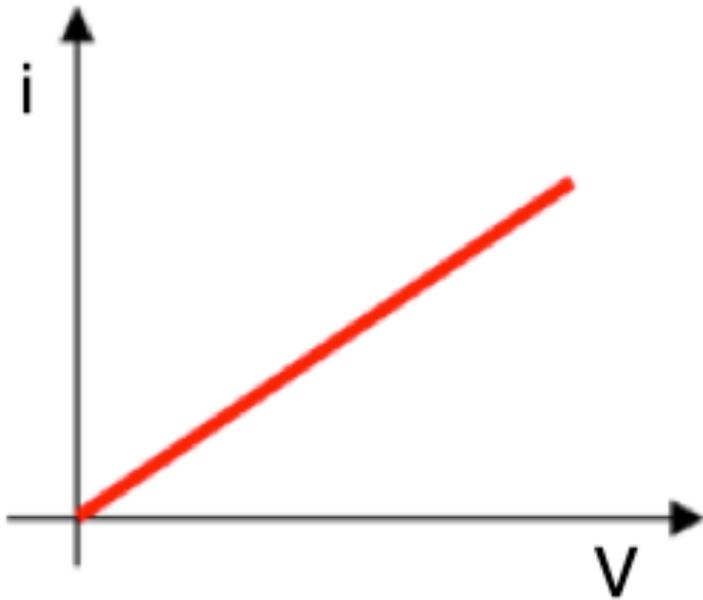
$V \Rightarrow$  tensão em volts (V)

$I \Rightarrow$  corrente em ampères (A)

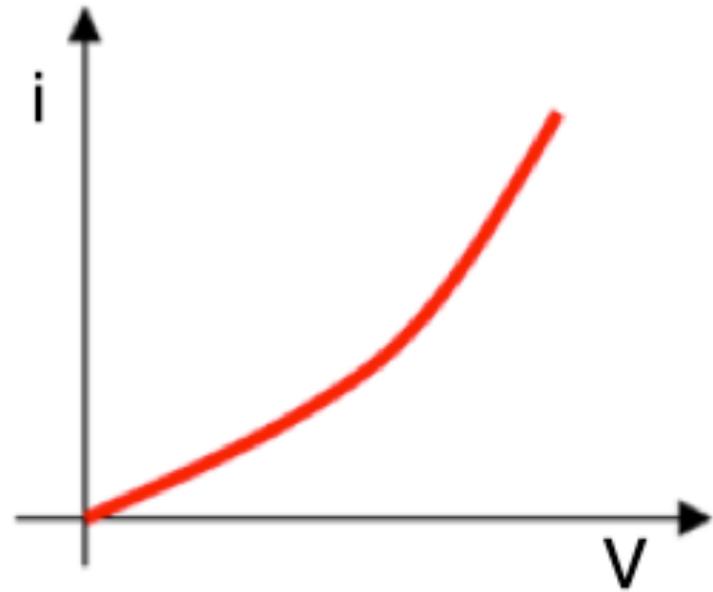
$R \Rightarrow$  resistência em ohms ( $\Omega$ )

# Materiais ôhmicos e não ôhmicos

Material ôhmico



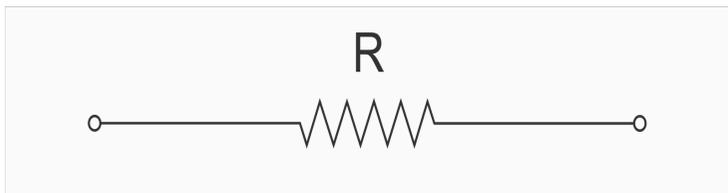
Material não ôhmico



Um material ôhmico é aquele em que a relação entre a tensão e a corrente tem um comportamento linear.

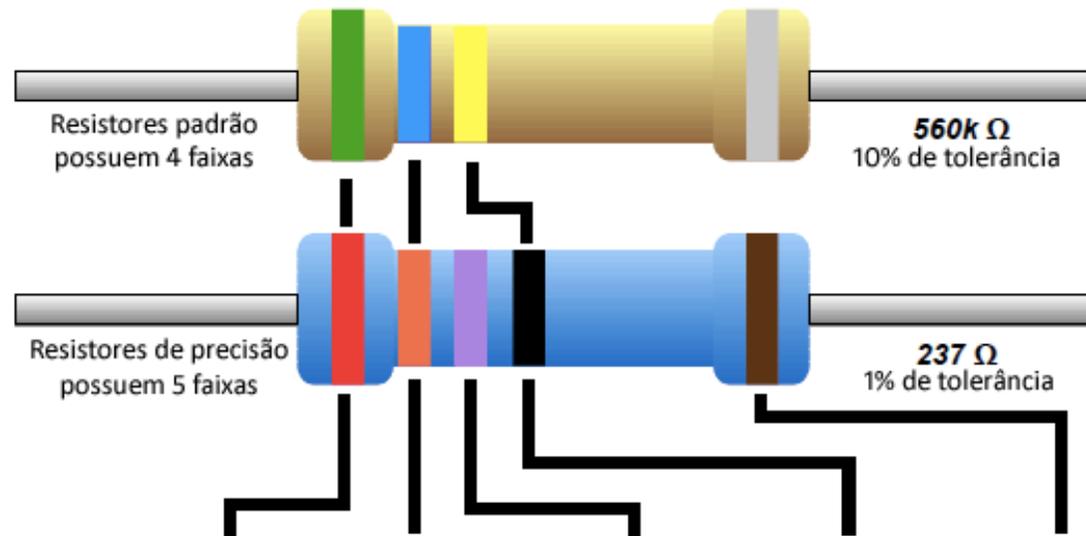
# Resistores

- São componentes eletrônicos com a resistência calibrada e comportamento ôhmico.
- Utilizam um código de cores
- São representados pelo símbolo:



## Código de Cores

A extremidade com mais faixas deve apontar para a esquerda



Cor	1ª Faixa	2ª Faixa	3ª Faixa	Multiplicador	Tolerância
Preto	0	0	0	x 1 Ω	
Marrom	1	1	1	x 10 Ω	+/- 1%
Vermelho	2	2	2	x 100 Ω	+/- 2%
Laranja	3	3	3	x 1K Ω	
Amarelo	4	4	4	x 10K Ω	
Verde	5	5	5	x 100K Ω	+/- .5%
Azul	6	6	6	x 1M Ω	+/- .25%
Violeta	7	7	7	x 10M Ω	+/- .1%
Cinza	8	8	8		+/- .05%
Branco	9	9	9		
Dourado				x .1 Ω	+/- 5%
Prateado				x .01 Ω	+/- 10%

Resistores padrão possuem 4 faixas

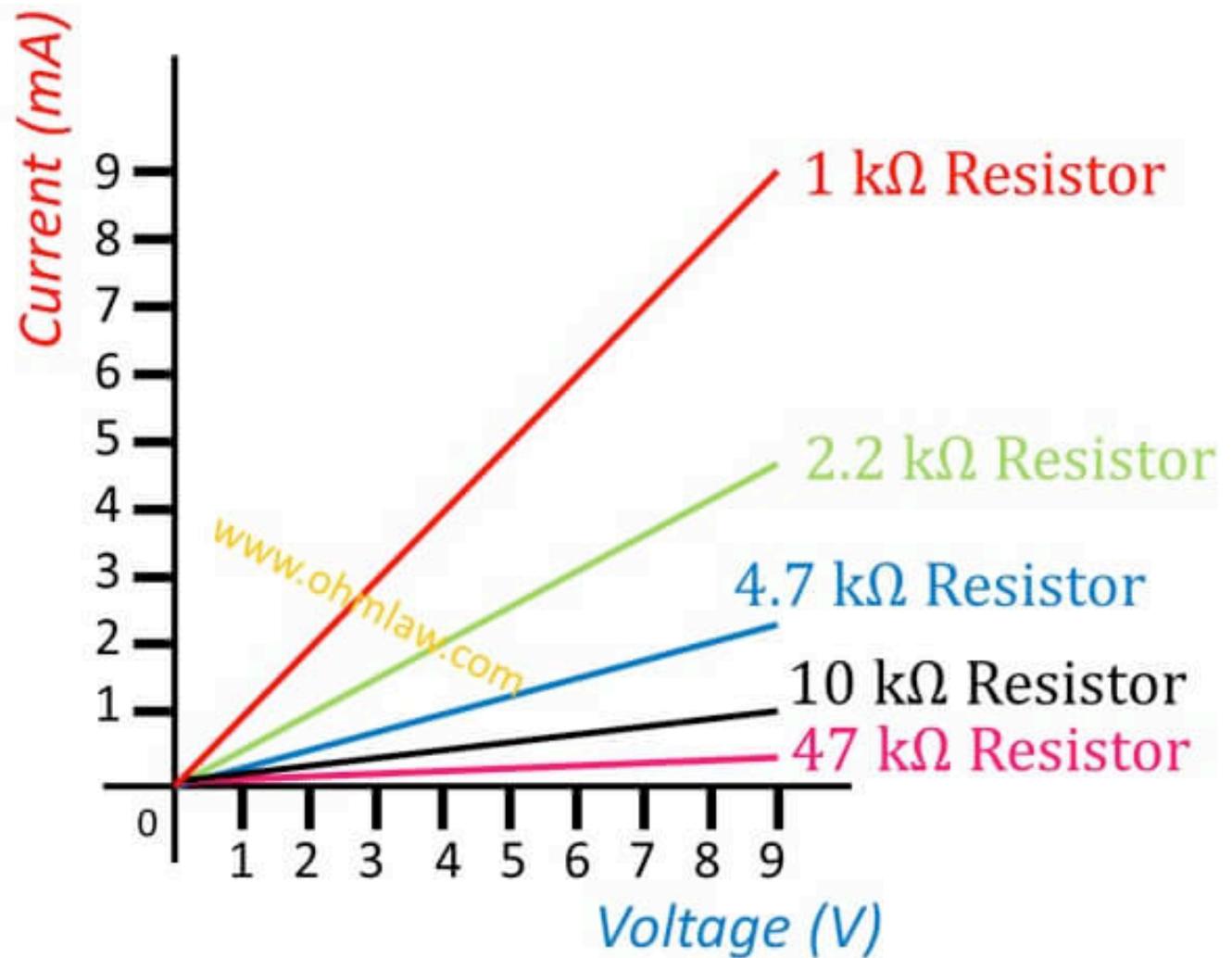
**560k Ω**  
10% de tolerância

Resistores de precisão possuem 5 faixas

**237 Ω**  
1% de tolerância

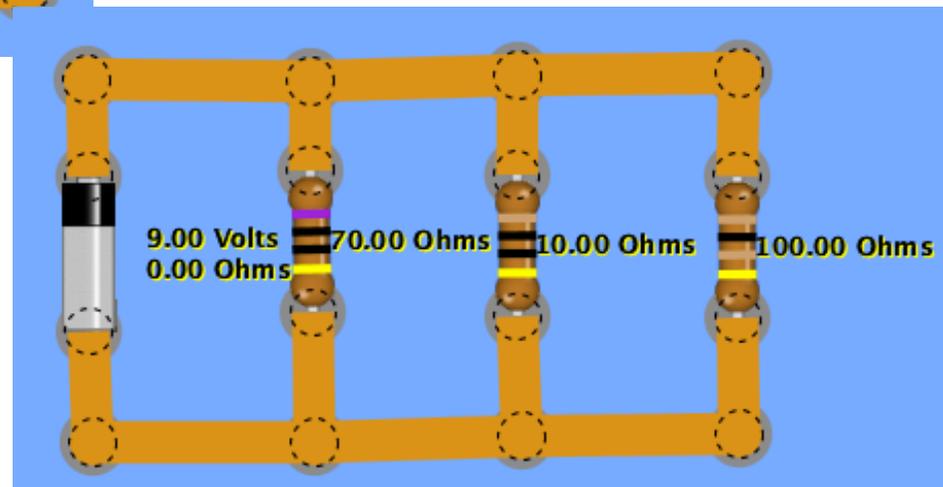
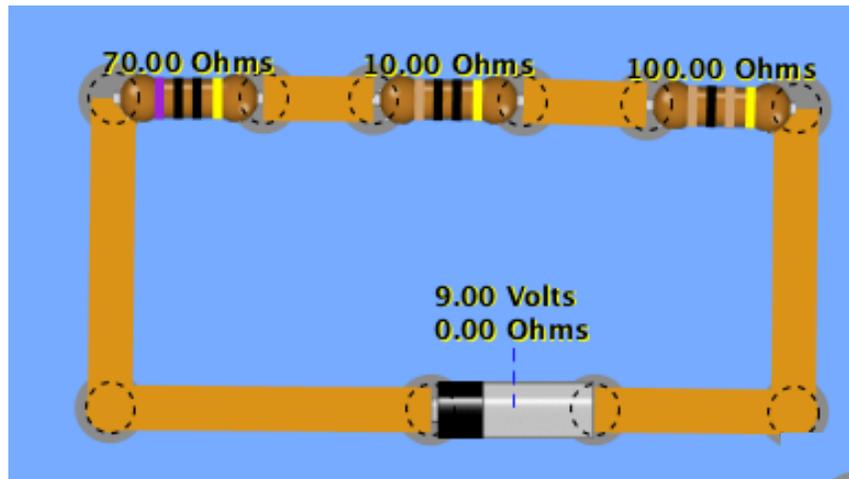
# Resistores e seu valor

- A resistência do resistor corresponde ao coeficiente angular do gráfico  $i \times V$



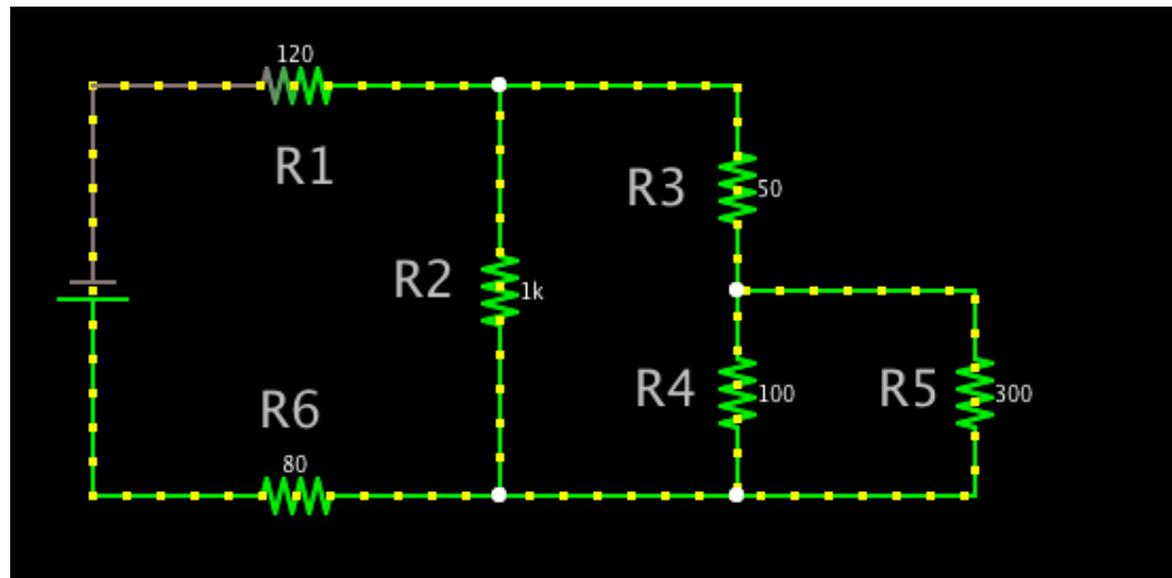
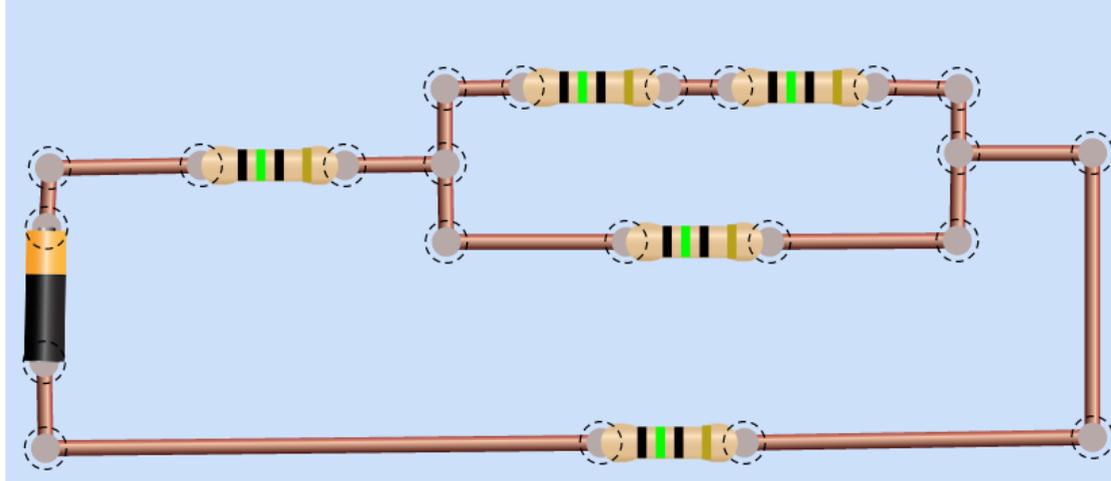
# Associação de resistores

- Há duas formas de associarmos os resistores: em série e em paralelo



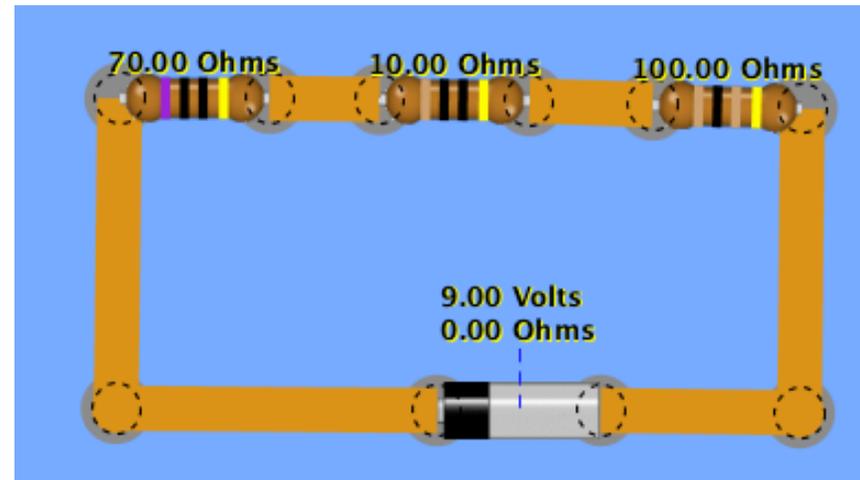
# Associações mistas

- É uma combinação das anteriores no mesmo circuito



# Associação em série

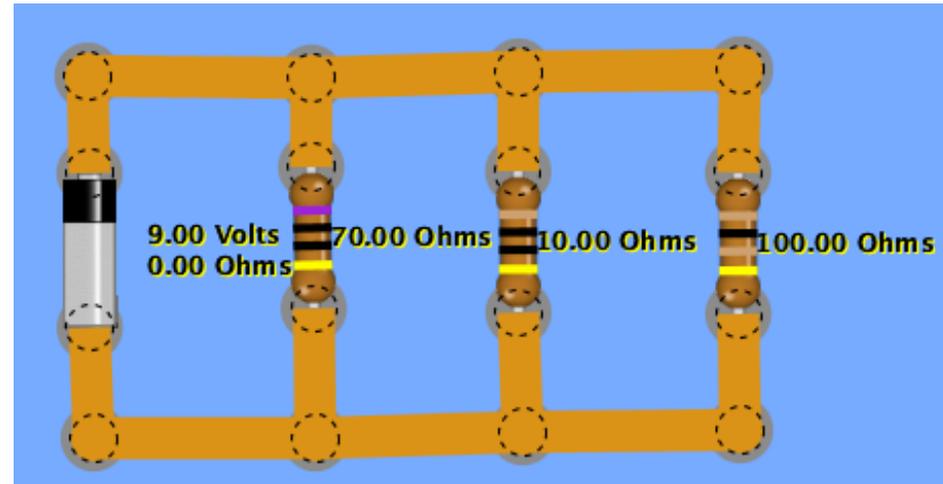
- Há um único caminho para a corrente.
- A corrente é a mesma em todos os pontos.
- A tensão cai em cada componente
- A resistência equivalente corresponde à soma das resistências individuais



$$R_e = R_1 + R_2 + R_3$$

# Associação em paralelo

- A corrente se divide em mais de um caminho.
- A tensão é a mesma em cada componente.
- A resistência equivalente é calculada pela soma dos inversos



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

# Potência dissipada

- A potência dissipada em uma resistência pode ser calculada por:

$$P = V \cdot I$$

Onde:

$P \Rightarrow$  potência em watts (W)

$V \Rightarrow$  tensão em volts (V)

$I \Rightarrow$  corrente em ampères (A)

Como:

$$V = RI \Rightarrow I = \frac{V}{R}$$

$$P = VI \Rightarrow P = V \cdot \frac{V}{R} \Rightarrow P = \frac{V^2}{R}$$

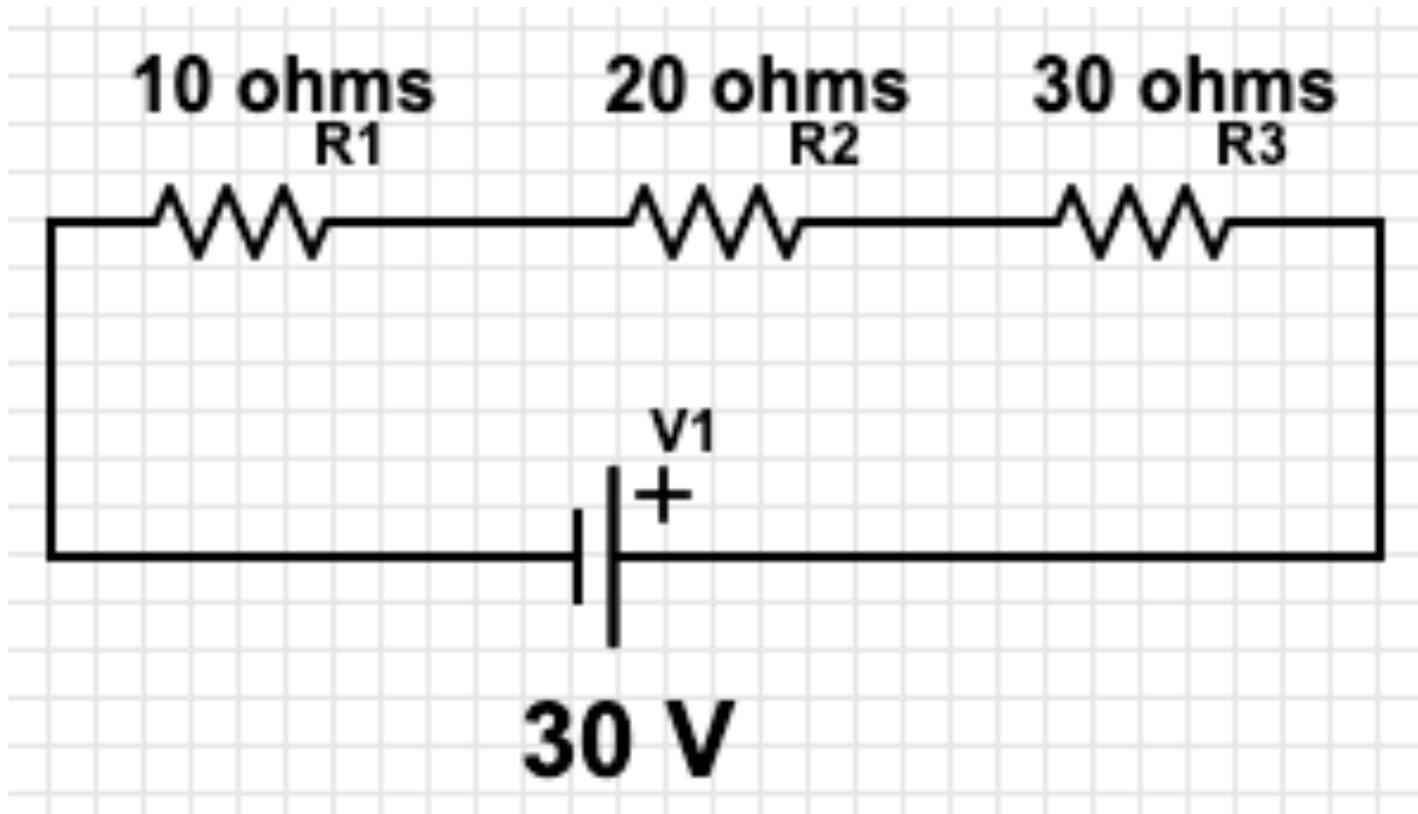
Ou:

$$V = RI$$

$$P = RI \cdot I \Rightarrow P = RI^2$$

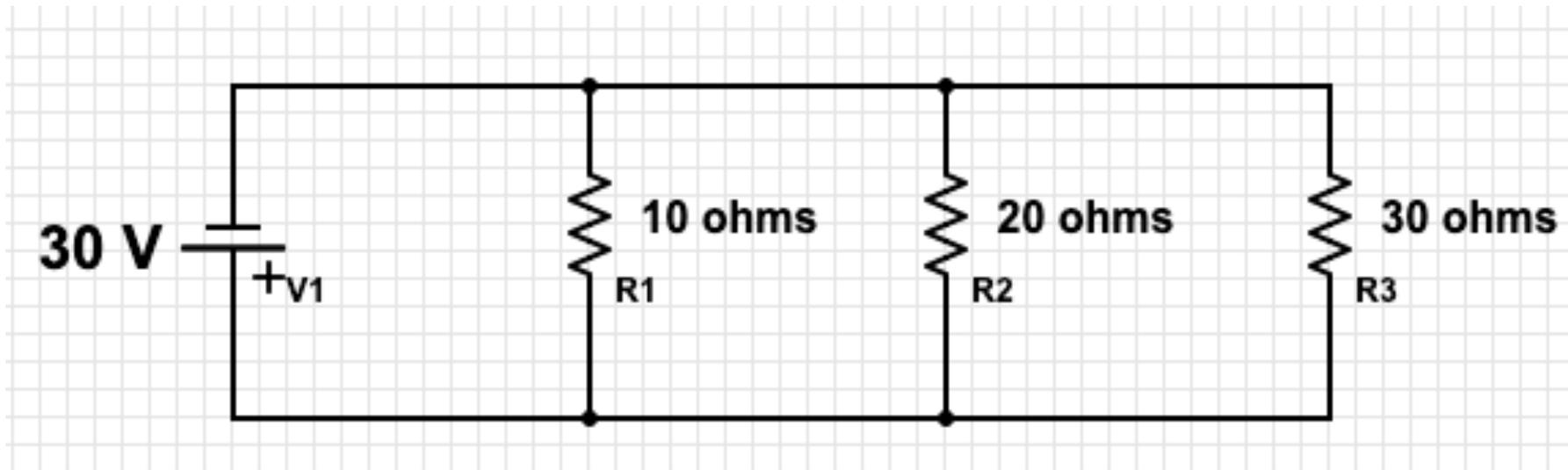
# Exemplo

- Calcular a tensão, a resistência e a potência em cada componente e verificar o resultado no simulador.



# Exemplo

- Calcular a tensão, a resistência e a potência em cada componente e verificar o resultado no simulador.



# Associação mista

- Calcular a tensão, a resistência e a potência em cada componente e verificar o resultado no simulador.

