

## **Eletrodinâmica**

Parte 3

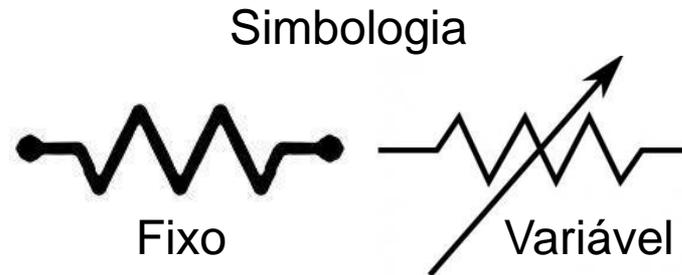
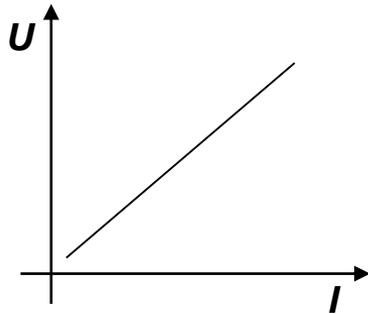
# Resistor

É um componente de um circuito elétrico que tem várias funções como, por exemplo, a de limitar a corrente elétrica, a de servir como divisor de tensão elétrica, gerar calor ou a de ser sensível à luz.

A propriedade elétrica que representa a maior ou menor dificuldade à passagem de corrente elétrica pelo circuito é conhecida como **Resistência Elétrica**.

Lei de Ohm  $\rightarrow$   $R = \frac{\Delta U}{\Delta I}$

Consequência  $\rightarrow$   $R = \rho \cdot \frac{l}{A}$



Em um resistor ocorre a transformação de energia elétrica em energia térmica, fenômeno conhecido pelo nome de **Efeito Joule**.

$$P = U \cdot I \quad \text{Porém, da Lei de Ohm, } U = R \cdot I \rightarrow P_{res} = R \cdot I^2$$

# Tipos de Resistores

Gráfico  $U \times I$  para um resistor ôhmico

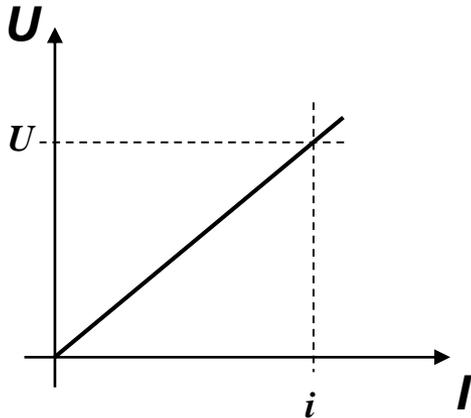
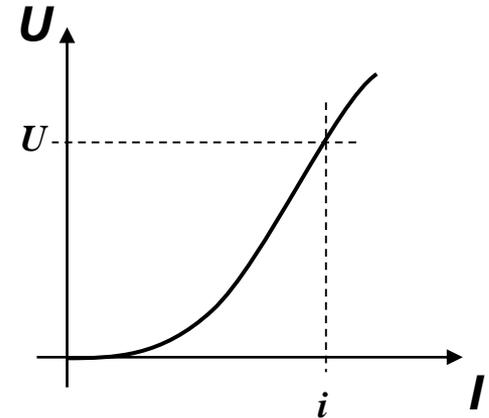


Gráfico  $U \times I$  para um resistor não-ôhmico



## • Resistores fixos:

### de carvão



### de fio metálico



### de filme de carbono

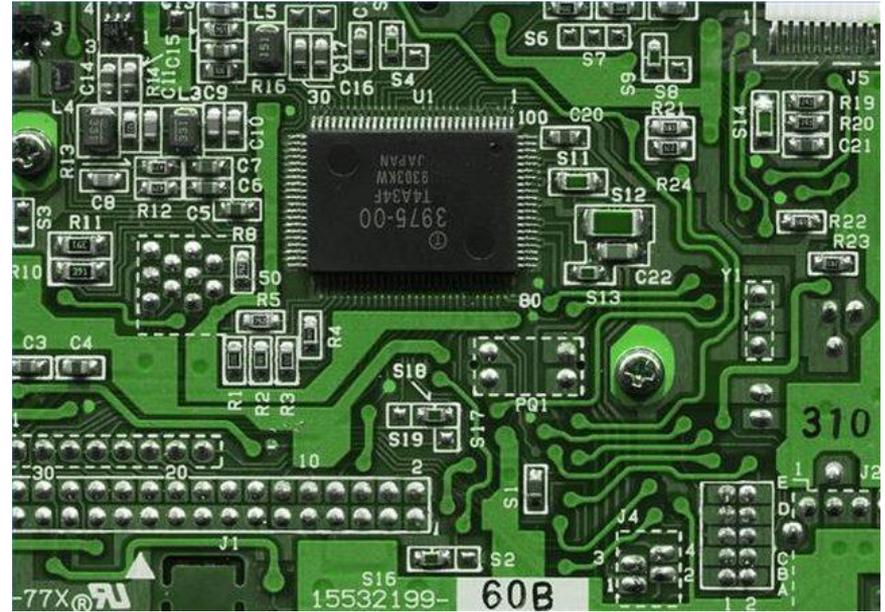


- Resistores fixos:

SMD ou *Surface Mounting Device*



$L = 3\text{mm}; l = 1\text{mm}$

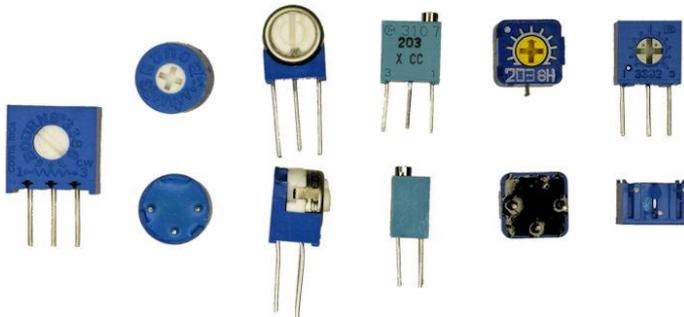


- Resistores ajustáveis:

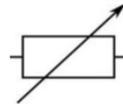


Trimpot

(calibração de circuitos eletroeletrônicos)



- Resistores variáveis:



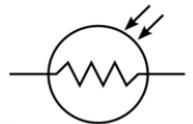
Potenciômetro

(controle de parâmetros em circuitos eletroeletrônicos)

**Circular e deslizante**



- (LDR) Resistores dependentes de luz:

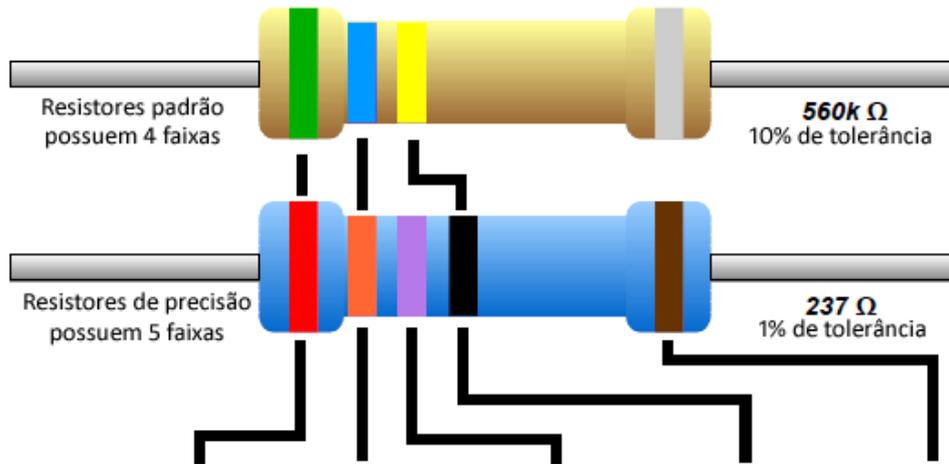


$\uparrow$  brilho,  $\downarrow R$



# Código de cores para resistores

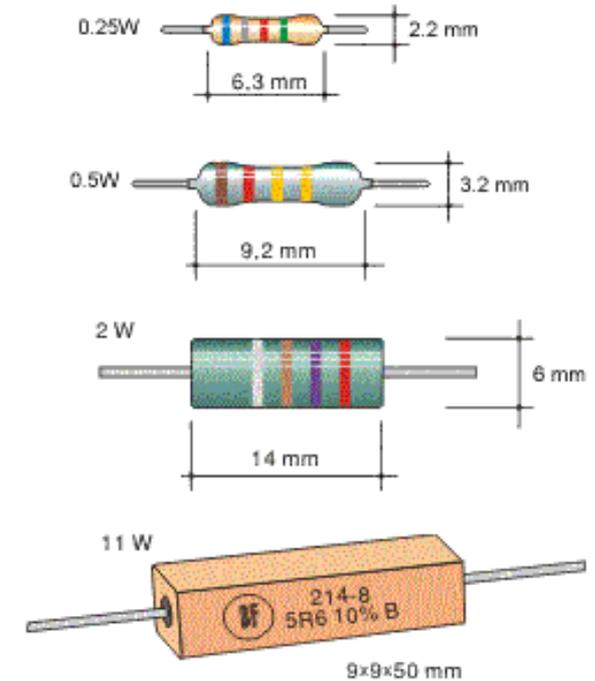
A extremidade com mais faixas deve apontar para a esquerda



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%

# Potência de resistores

(Dimensões)



**+ Exemplos:**



$$R_1 \pm \Delta R_1 \rightarrow$$



$$R_2 \pm \Delta R_2 \rightarrow$$

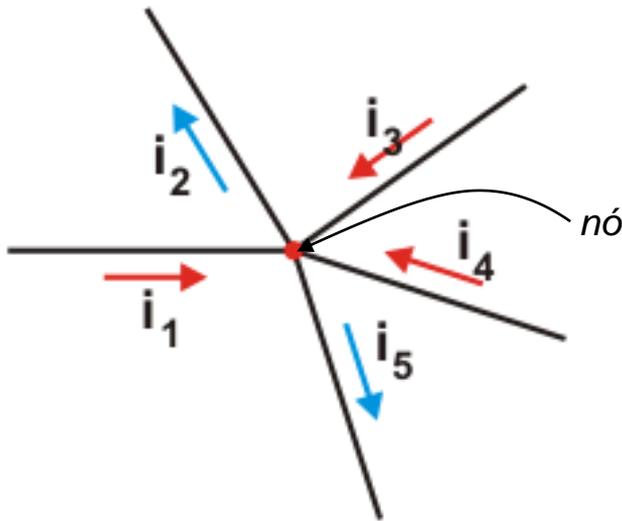
## Leis de Kirchhoff

- **Lei dos nós**: “A soma das correntes que entram em um nó é igual à soma das correntes que saem do mesmo nó.” → **“Lei da Conservação das Cargas Elétricas”**

$$\sum i_{entram} = \sum i_{saem}$$

Obs.: **nó** é o ponto de encontro de, no mínimo, três fios condutores.

**(+ -)** Em um circuito elétrico (exceto em um gerador), a **corrente** circula **sempre** do potencial **>** para o **<** !!



Para a figura ao lado:

$$i_1 + i_3 + i_4 = i_2 + i_5$$

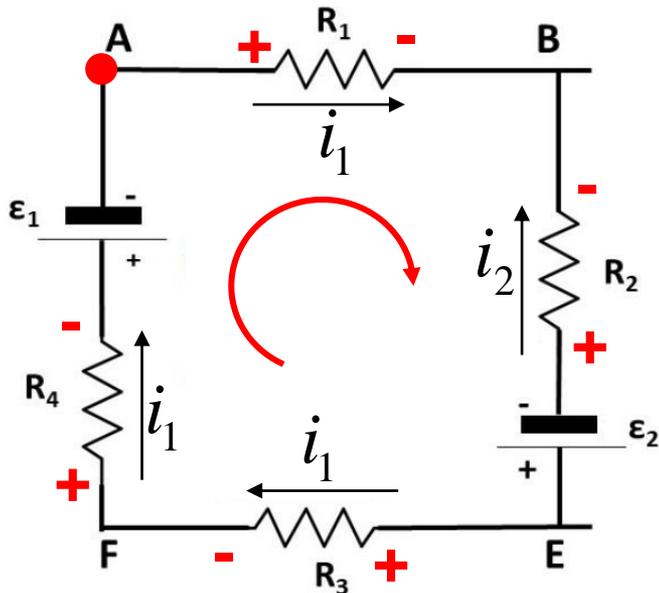
# Leis de Kirchhoff

- **Lei das malhas**: “Quando se percorre um circuito fechado, o somatório das tensões elétricas deve ser nulo, pois os pontos inicial e final são os mesmos.”

$$\Sigma U = 0$$

## **“Lei da Conservação da Energia”**

Obs.: **malha** é qualquer caminho condutor fechado.



Para a malha ao lado:

- adotar um sentido para as correntes nos fios
- adotar um sentido para a análise das malhas

$$U_{AB} + U_{BE} + U_{EF} + U_{FA} = 0$$

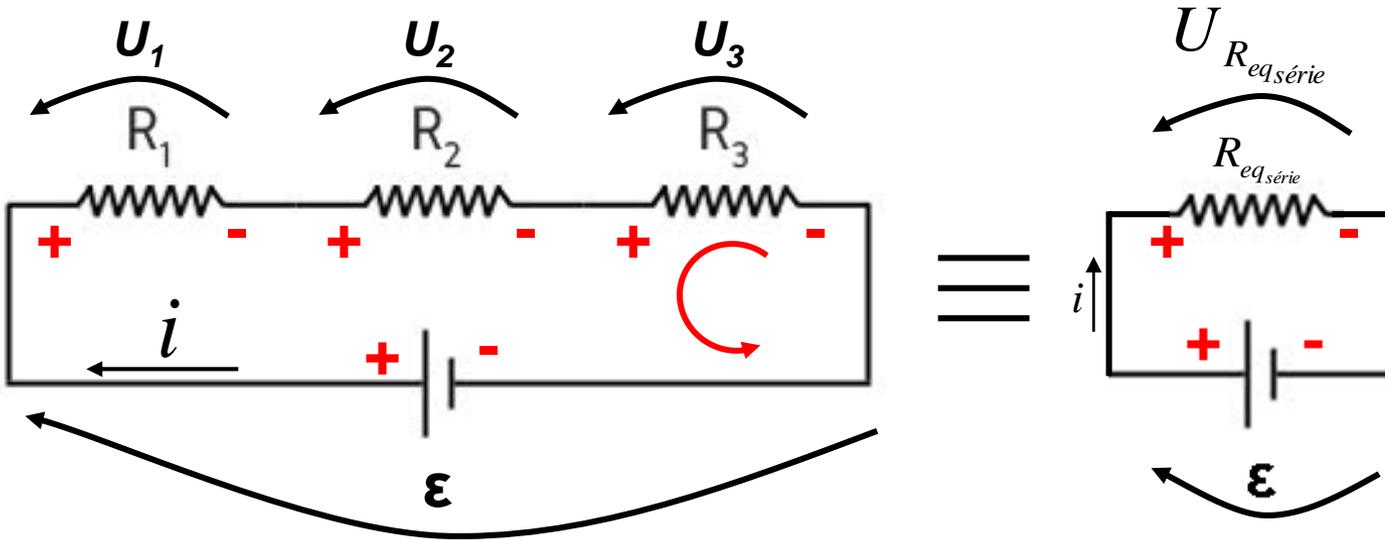
$$+R_1 \cdot i_1 - R_2 \cdot i_2 - \varepsilon_2 + R_3 \cdot i_1 + R_4 \cdot i_1 + \varepsilon_1 = 0$$

$i_n$  → sentidos adotados para as **correntes**

 → sentido escolhido para analisar a **malha**

## Associação de Resistores

- **em série**: quando existe apenas **um** caminho para a corrente elétrica.



Resistência Equivalente em **série**  $\rightarrow R_{eq\,série}$

Da *Lei das Malhas* tem-se que

$$\mathcal{E} - U_1 - U_2 - U_3 = 0(1)$$

$$\mathcal{E} - U_{R_{eq\,série}} = 0(2)$$

(2)em(1):

$$U_{R_{eq\acute{s}erie}} - U_1 - U_2 - U_3 = 0$$

Lembrando de que

$$U = R.i$$

$$R_{eq\acute{s}erie} \cancel{i} - R_1 \cancel{i} - R_2 \cancel{i} - R_3 \cancel{i} = 0$$

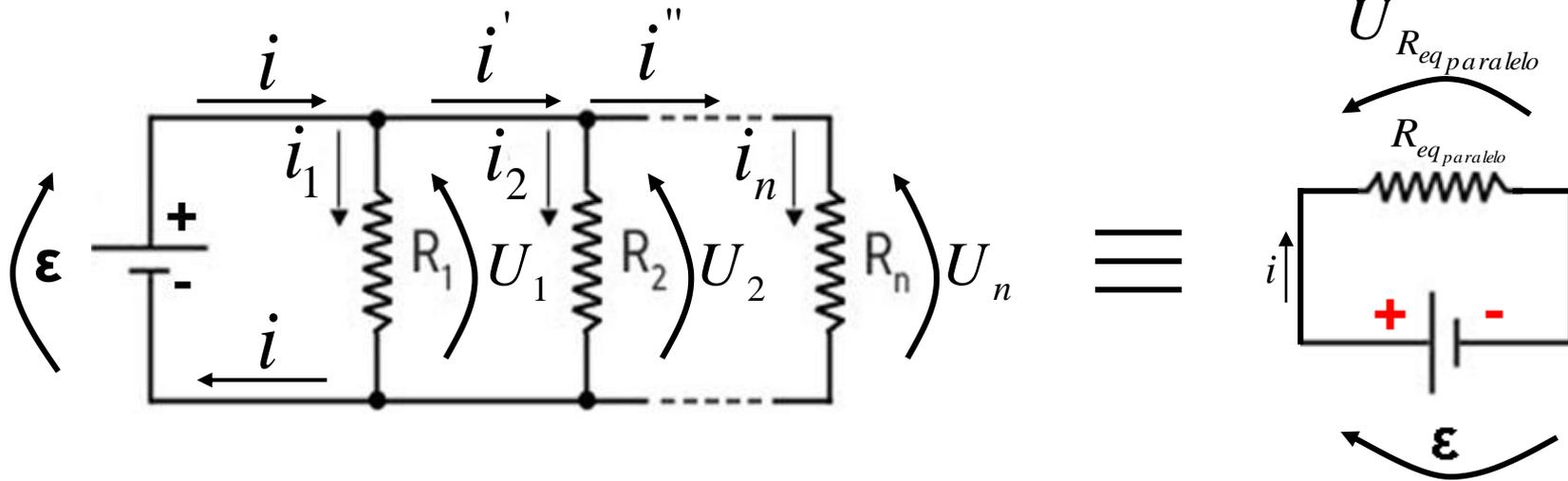
$$R_{eq\acute{s}erie} = R_1 + R_2 + R_3$$

Para um caso geral

$$R_{eq\acute{s}erie} = \sum_{j=1}^n R_n$$

## Associação de Resistores

- **em paralelo**: no circuito, existe a presença de **nós**.



**Resistência Equivalente em paralelo** →  $R_{eq\text{ paralelo}}$

Da **Lei dos Nós** tem-se que

$$\left. \begin{array}{l}
 i = i_1 + i' \\
 i' = i_2 + i'' \\
 \vdots \\
 i^{(j-1)'} = i_j + i^{j'} \quad (j=1 \rightarrow n)
 \end{array} \right\} i = i_1 + i_2 + i_3 + \dots + i_n$$

$$i = i_1 + i_2 + i_3 + \dots + i_n$$

Supondo resistores ôhmicos:  $U = R.i \rightarrow i = \frac{U}{R}$

$$i = +\frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2} + \dots + \frac{U_n}{R_n}$$

Para a resistência equivalente:  $U_{R_{eq\text{paralelo}}} = R_{eq\text{paralelo}} . i \rightarrow i = \frac{U_{R_{eq\text{paralelo}}}}{R_{eq\text{paralelo}}}$

e  $U_{R_{eq\text{paralelo}}} = U_1 = U_2 = \dots = U_n = \mathcal{E}$

Para um caso geral

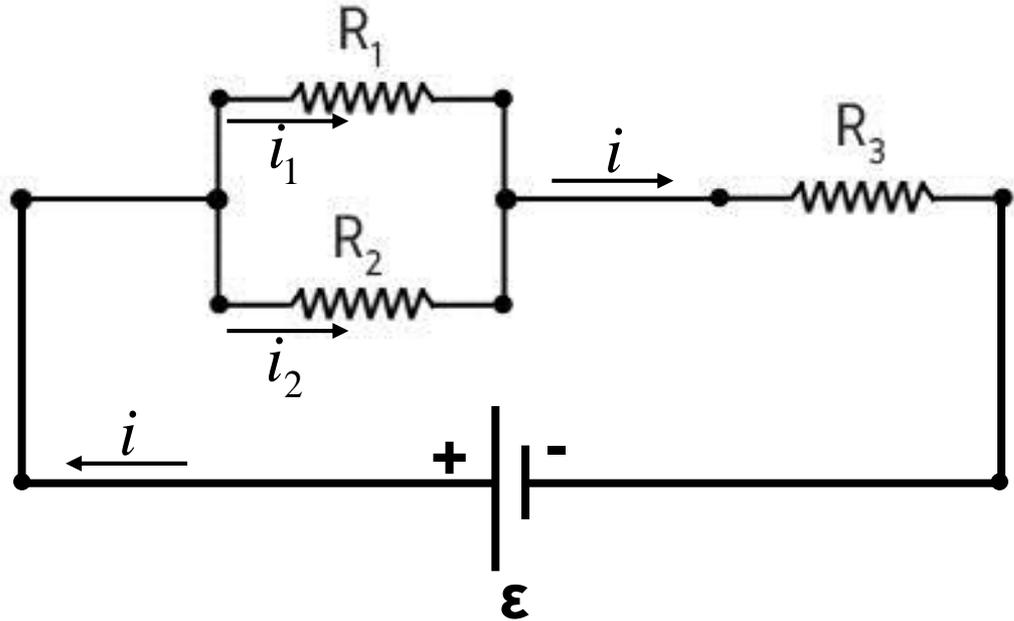
$$\frac{\cancel{\mathcal{E}}}{R_{eq\text{paralelo}}} = +\frac{\cancel{\mathcal{E}}}{R_1} + \frac{\cancel{\mathcal{E}}}{R_2} + \dots + \frac{\cancel{\mathcal{E}}}{R_n}$$

$$\frac{1}{R_{eq\text{paralelo}}} = \sum_{j=1}^n \frac{1}{R_j}$$

## Associação de Resistores

### • Associação mista

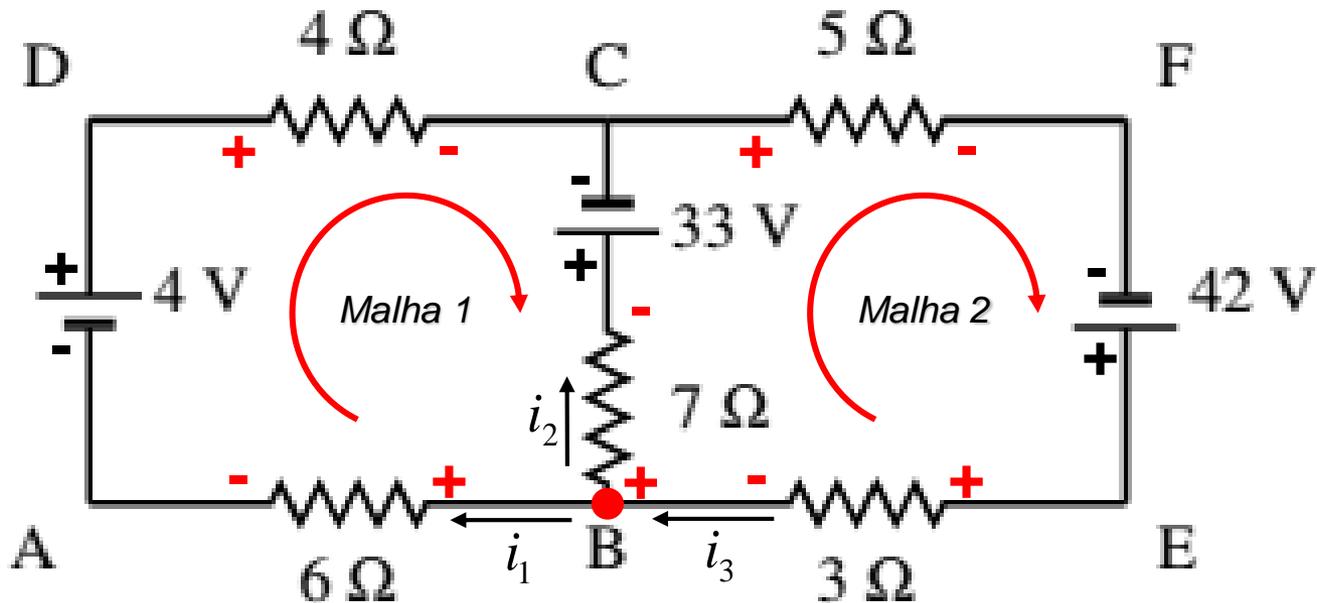
- Resolver as associações em paralelo parciais;
- Para configurações exóticas, identificar os nós que se repetem e redesenhar o circuito, considerando que o fio seja ideal (resistência nula);



Resistência Equivalente **mista** →  $R_{eq_{mista}}$

$$R_{eq_{mista}} = + \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} + R_3$$

## Exemplo de uso das Leis de Kirchhoff



$$\text{Malha 1} \rightarrow U_{AD} + U_{DC} + U_{CB} + U_{BA} = 0 \rightarrow -4 + 4.i_1 - 33 - 7.i_2 + 6.i_1 = 0$$

$$\text{Malha 2} \rightarrow U_{BC} + U_{CF} + U_{FE} + U_{EB} = 0 \rightarrow +7.i_2 + 33 + 5.i_3 - 42 + 3.i_3 = 0$$

$$\text{Nó B} \rightarrow i_3 = i_1 + i_2$$

$$-4 + 4.i_1 - 33 - 7.i_2 + 6.i_1 = 0 \rightarrow +10.i_1 - 7.i_2 = +37 \quad (1)$$

$$+7.i_2 + 33 + 5.i_3 - 42 + 3.i_3 = 0 \rightarrow +7.i_2 + 8.i_3 = +9 \quad (2)$$

$$i_3 = i_1 + i_2 \quad (3)$$

Substituindo (3) em (2)  $+7.i_2 + 8.(i_1 + i_2) = +9$

$$+7.i_2 + 8.i_1 + 8.i_2 = +9 \rightarrow +8.i_1 + 15.i_2 = +9$$

e comendo com (1)

$$+10.i_1 - 7.i_2 = +37$$

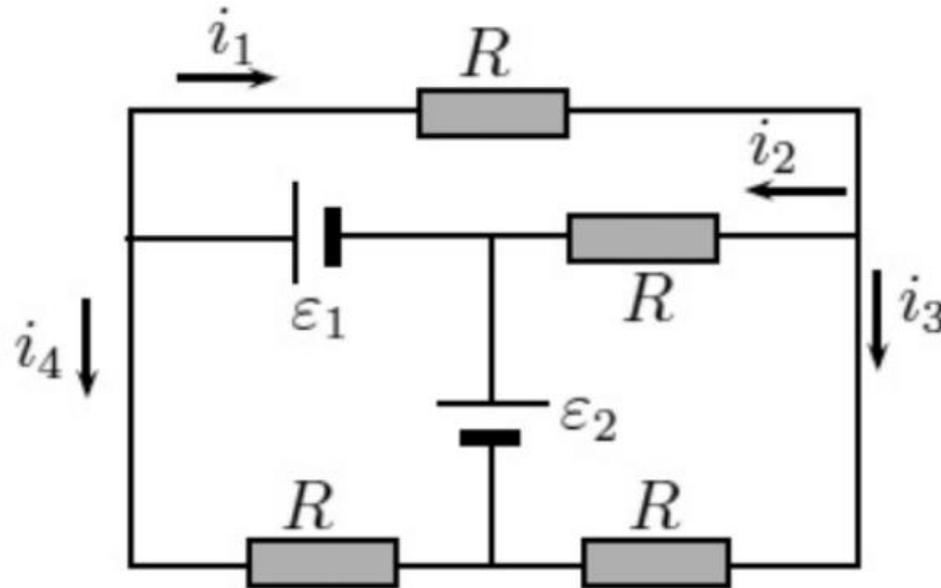
$$i_2 = -1A$$

$$i_1 = +3A$$

$$i_3 = +2A$$

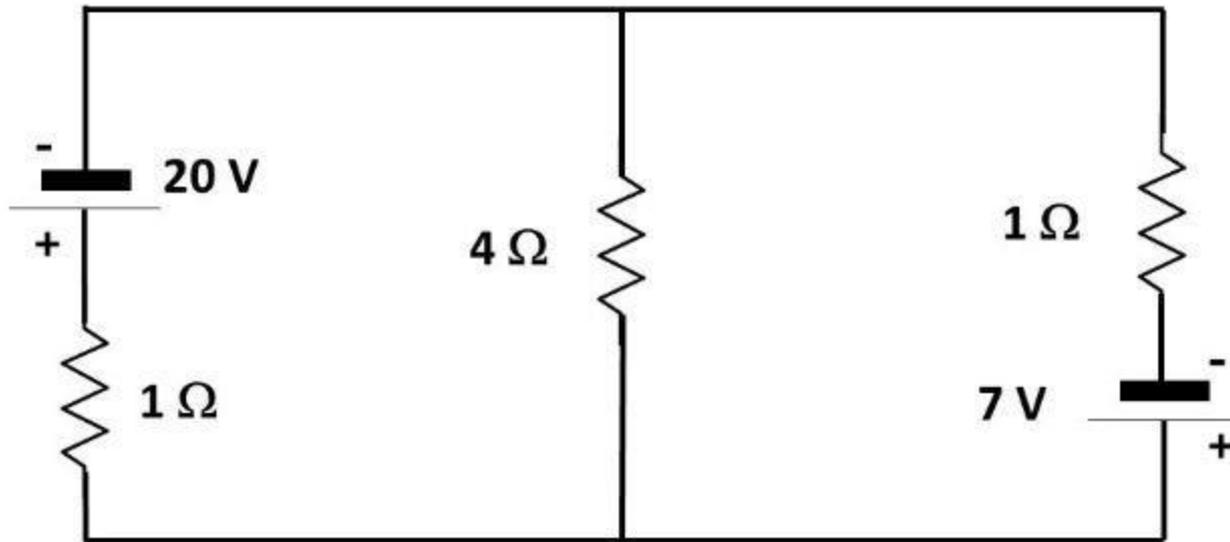
## Exercícios

- 1) (ITA – 2013) Considere o circuito elétrico mostrado na figura formado por quatro resistores de mesma resistência,  $R = 10 \Omega$ , e dois geradores ideais cujas respectivas forças eletromotrizes são  $\varepsilon_1 = 30 \text{ V}$  e  $\varepsilon_2 = 10 \text{ V}$ . Pode-se afirmar que as correntes  $i_1$ ,  $i_2$ ,  $i_3$  e  $i_4$  nos trechos indicados na figura, em ampères, são respectivamente de

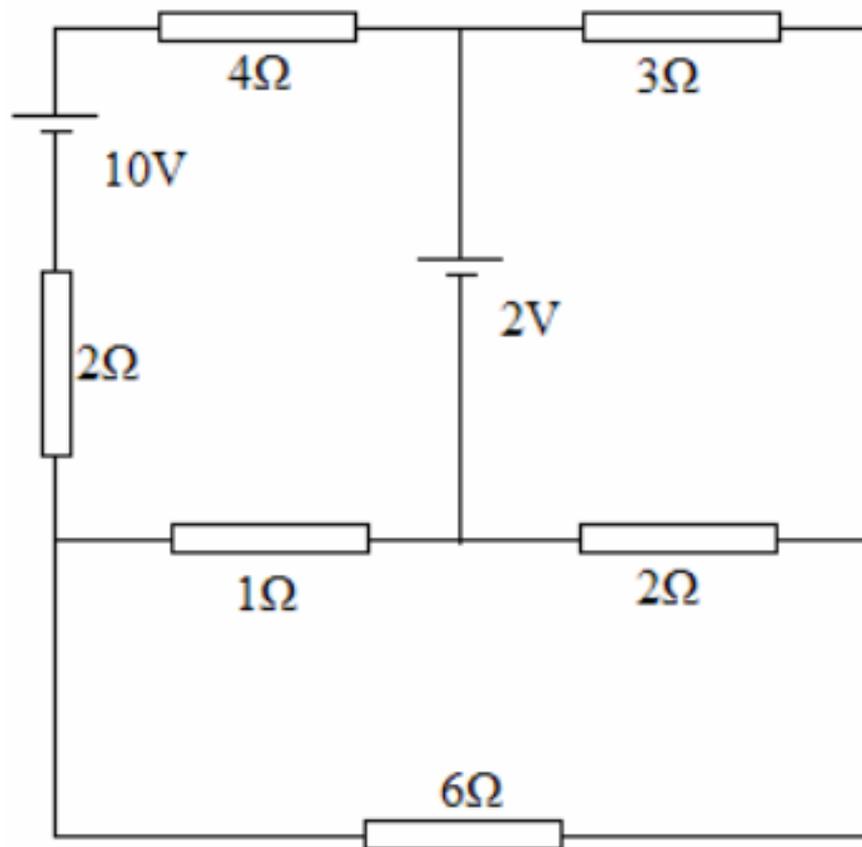


- a) 2, 2/3, 5/3 e 4
- b) 7/3, 2/3, 5/3 e 4
- c) 4, 4/3, 2/3 e 2
- d) 2, 4/3, 7/3 e 5/3
- e) 2, 2/3, 4/3 e 4

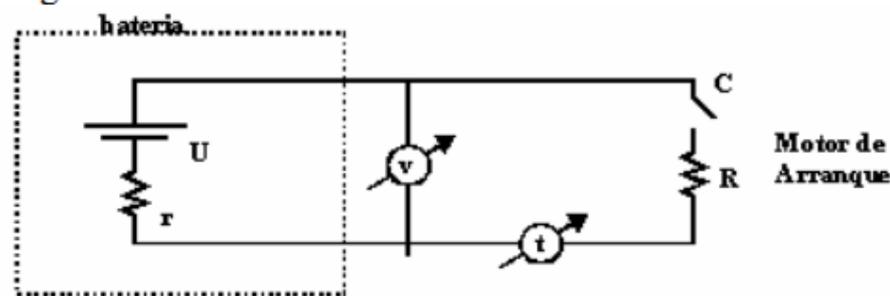
2) No circuito abaixo, determine as intensidades das correntes em todos os ramos.



3) No circuito abaixo, determine as intensidades das correntes em todos os ramos.



- 4) (Unicamp-1998) Uma bateria de automóvel pode ser representada por uma fonte de tensão ideal  $U$  em série com uma resistência  $r$ . O motor de arranque, com resistência  $R$ , é acionado através da chave de contato  $C$ , conforme mostra a figura.

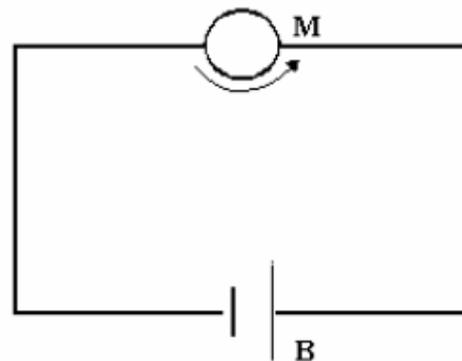


Foram feitas as seguintes medidas no voltímetro e no amperímetro ideais:

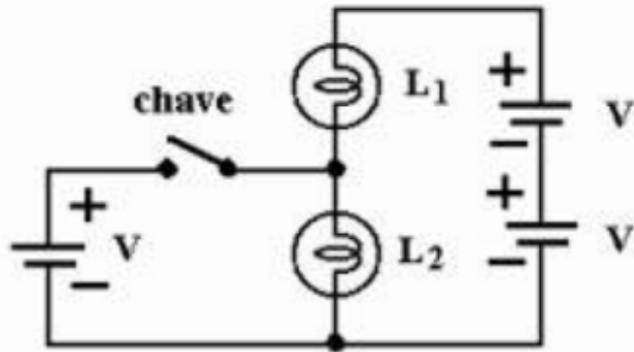
	Chave aberta	Chave fecha
V (Volts)	12	10
I (Ampéres)	0	100

- a) Calcule o valor da diferença de potencial  $U$ .  
 b) Calcule  $r$  e  $R$ .

- 5) (UFC-1996) Um pequeno motor,  $M$ , recebe de uma bateria ideal,  $B$ , 35 W de potência elétrica, dos quais somente 10 W são transformados em trabalho mecânico. A resistência elétrica interna do motor é ôhmica e vale  $16\Omega$ . Determine, em volts, a força eletromotriz da bateria.

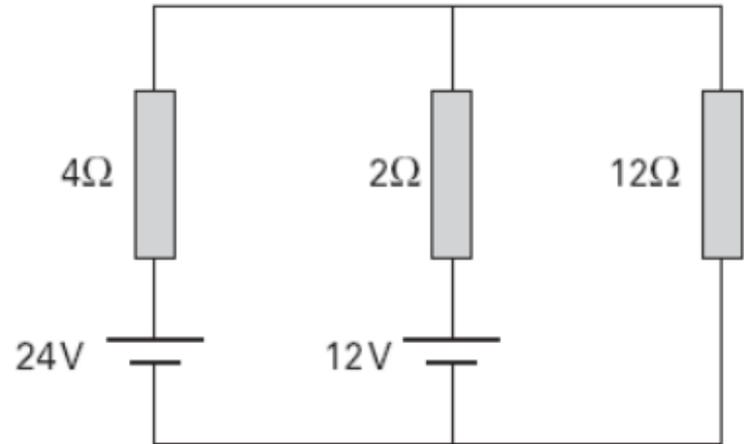


6) (ITA-2008) No circuito representado na figura, têm-se duas lâmpadas incandescentes idênticas,  $L_1$  e  $L_2$ , e três fontes idênticas, de mesma tensão  $V$ . Então, quando a chave é fechada,



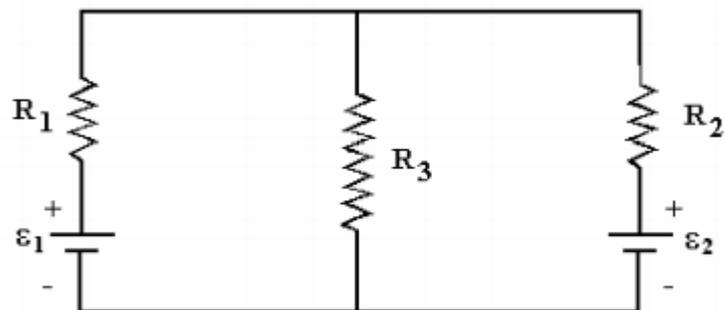
- a) apagam-se as duas lâmpadas.
- b) o brilho da  $L_1$  aumenta e o da  $L_2$  permanece o mesmo.
- c) o brilho da  $L_2$  aumenta e o da  $L_1$  permanece o mesmo.
- d) o brilho das duas lâmpadas aumenta.
- e) o brilho das duas lâmpadas permanece o mesmo.

7) (ITA-2005) Um técnico em eletrônica deseja medir a corrente que passa pelo resistor de  $12\ \Omega$  no circuito da figura.



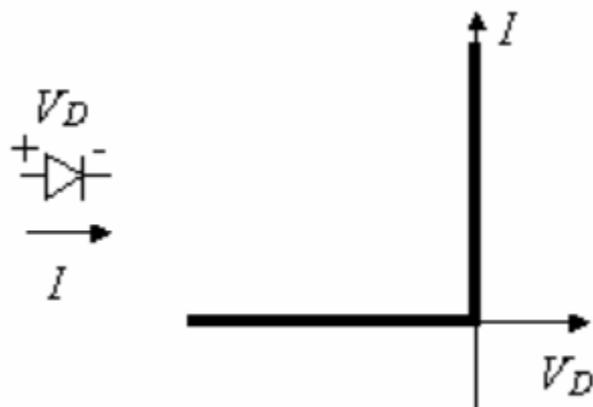
Para tanto, ele dispõe apenas de um galvanômetro e uma caixa de resistores. O galvanômetro possui resistência interna  $R_g = 5\ \text{k}\Omega$  e suporta, no máximo, uma corrente de  $0,1\ \text{mA}$ . Determine o valor máximo do resistor  $R$  a ser colocado em paralelo com o galvanômetro para que o técnico consiga medir a corrente.

8) (UFPE-1996) No circuito a seguir  $\varepsilon_2 = 12 \text{ V}$ ,  $R_1 = 8 \Omega$ ,  $R_2 = 4 \Omega$  e  $R_3 = 2 \Omega$ .



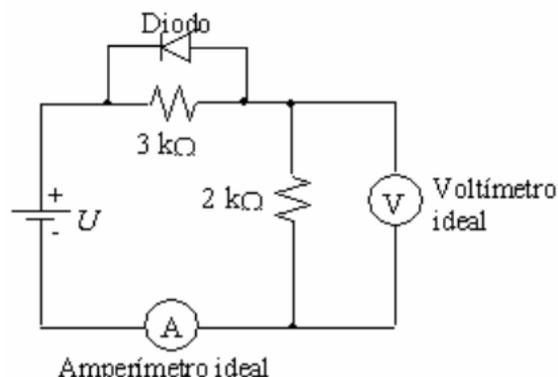
De quantos volts deve ser a fonte de tensão  $\varepsilon_1$ , para que a corrente através da fonte de tensão  $\varepsilon_2$  seja igual a zero?

9) (Unicamp-2000) Grande parte da tecnologia utilizada em informática e telecomunicações é baseada em dispositivos semicondutores, que não obedecem à lei de Ohm. Entre eles está o diodo, cujas características ideais são mostradas no gráfico abaixo.



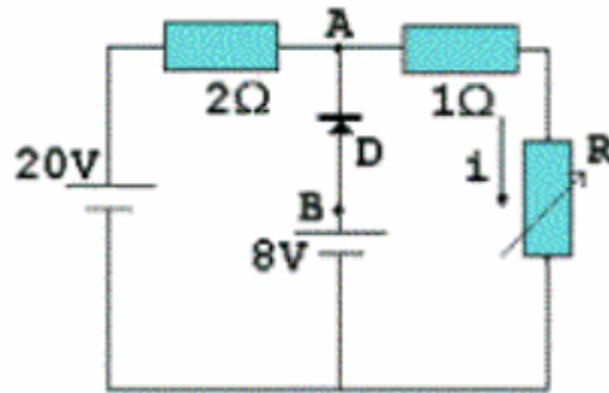
O gráfico deve ser interpretado da seguinte forma: se for aplicada uma tensão negativa sobre o diodo ( $V_D < 0$ ), não haverá corrente (ele funciona como uma chave aberta). Caso contrário ( $V_D > 0$ ), ele se comporta como uma chave fechada.

Considere o circuito abaixo:



- Obtenha as resistências do diodo para  $U = +5 \text{ V}$  e  $U = -5 \text{ V}$ .
- Determine os valores lidos no voltímetro e no amperímetro para  $U = +5 \text{ V}$  e  $U = -5 \text{ V}$ .

10) (Fuvest-1999) No circuito da figura, o componente D, ligado entre os pontos A e B, é um diodo. Esse dispositivo se comporta, idealmente, como uma chave controlada pela diferença de potencial entre seus terminais. Sejam  $V_A$  e  $V_B$  as tensões dos pontos A e B, respectivamente.

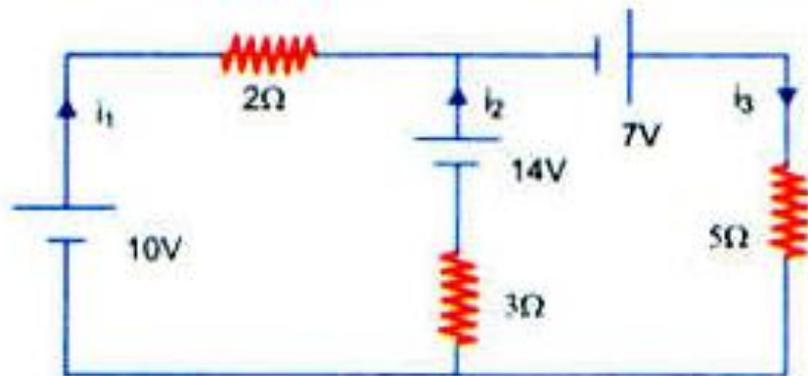


Se  $V_B < V_A$ , o diodo se comporta como uma chave aberta, não deixando fluir nenhuma corrente através dele, e se  $V_B \geq V_A$ , o diodo se comporta como uma chave fechada, de resistência tão pequena que pode ser desprezada, ligando o ponto B ao ponto A.

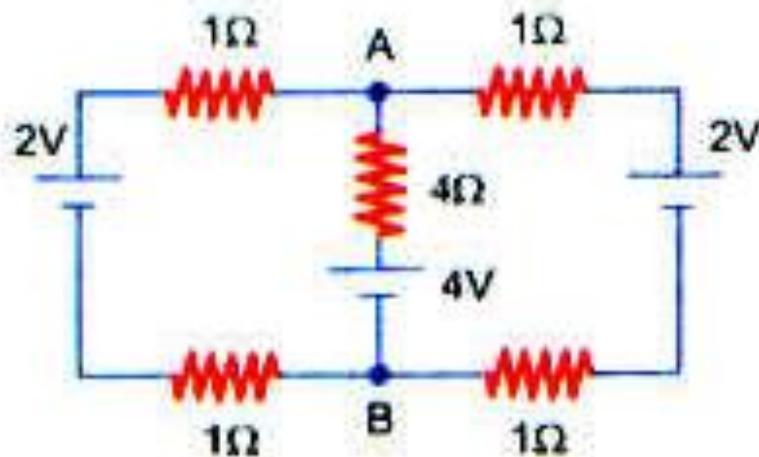
O resistor R tem uma resistência variável de 0 a  $2\Omega$ . Nesse circuito, determine o valor da:

- Corrente  $i$  através do resistor R, quando a sua resistência é  $2\Omega$ .
- Corrente  $i_0$  através do resistor R, quando a sua resistência é zero.
- Resistência R para a qual o diodo passa do estado de condução para o de não-condução e vice-versa.

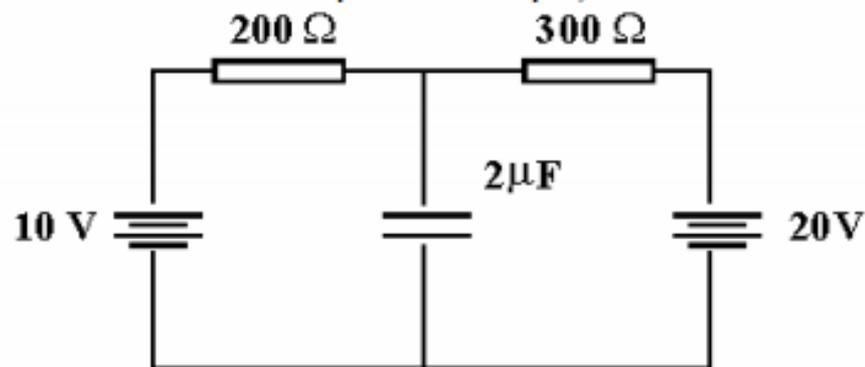
11) UNISA – No circuito abaixo, as intensidades das correntes  $i_1$ ,  $i_2$  e  $i_3$ , em ampères, valem, respectivamente:



12) Determine a tensão elétrica entre os pontos A e B do circuito abaixo.



13) (ITA-1998) Duas baterias, de f.e.m. de 10 V e 20 V respectivamente, estão ligadas a duas resistências de  $200\Omega$  e  $300\Omega$  e com um capacitor de  $2\mu\text{F}$ , como mostra a figura.



Seja  $Q_c$  a carga do capacitor e  $P_d$  a potência total dissipada depois de estabelecido o regime estacionário, conclui-se que:

- a)  $Q_c = 14\mu\text{C}$ ;  $P_d = 0,1\text{ W}$ .
- b)  $Q_c = 28\mu\text{C}$ ;  $P_d = 0,2\text{ W}$ .
- c)  $Q_c = 28\mu\text{C}$ ;  $P_d = 10\text{ W}$ .
- d)  $Q_c = 32\mu\text{C}$ ;  $P_d = 0,1\text{ W}$ .
- e)  $Q_c = 32\mu\text{C}$ ;  $P_d = 0,2\text{ W}$ .

13)

## Ponte de Wheatstone

**Em fase de construção.**

# **Referências**

- <https://www.mundodaeletrica.com.br/codigo-de-cores-de-resistores/>
- <http://www.eletronicadidatica.com.br/componentes/resistor/resistor.htm>
- <https://www.todamateria.com.br/leis-de-kirchhoff/>
- <https://br.pinterest.com/pin/376332112598911811/>
- [https://rumoaoita.com/wp-content/uploads/2017/03/topicos\\_adicionais\\_circuitos\\_eletricos\\_metodos\\_de\\_resolucao\\_de\\_malhas\\_multiplas\\_ita.pdf](https://rumoaoita.com/wp-content/uploads/2017/03/topicos_adicionais_circuitos_eletricos_metodos_de_resolucao_de_malhas_multiplas_ita.pdf)
- [http://projeto medicina.com.br/site/attachments/article/565/exercicios\\_fisica\\_eletrodinamica\\_circuitos\\_eletricos\\_malhas\\_multiplas\\_gabarito.pdf](http://projeto medicina.com.br/site/attachments/article/565/exercicios_fisica_eletrodinamica_circuitos_eletricos_malhas_multiplas_gabarito.pdf)
- <https://jkogler.wordpress.com/2008/03/27/lei-de-ohm-versus-resistencia-incremental/>
- [https://www.oficinadanet.com.br/artigo/excel/excel\\_como\\_criar\\_um\\_grafico\\_com\\_dois\\_eixos\\_y](https://www.oficinadanet.com.br/artigo/excel/excel_como_criar_um_grafico_com_dois_eixos_y)
- <http://www.newtoncbraga.com.br>