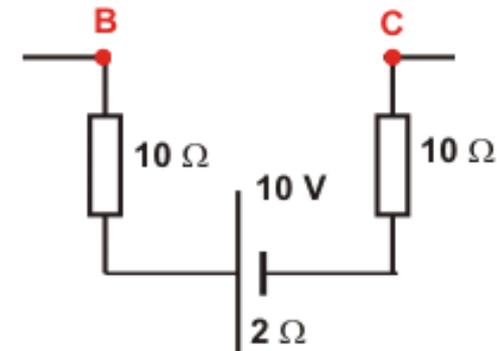
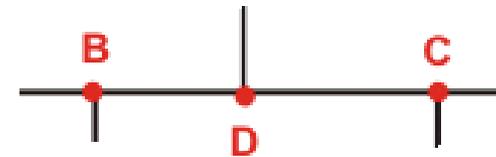
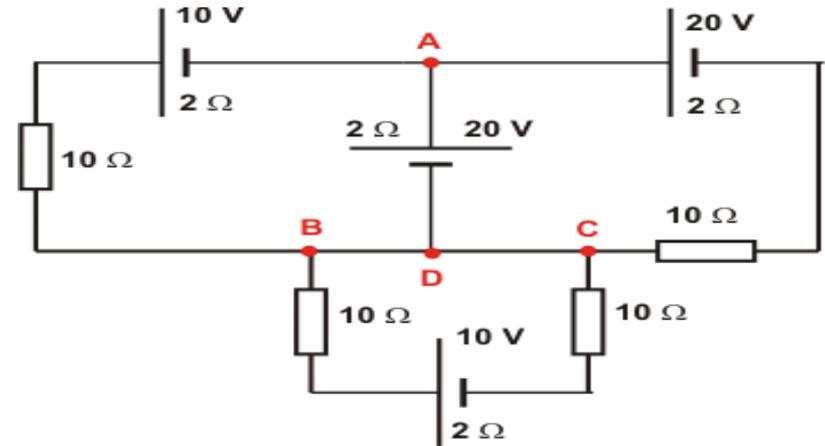


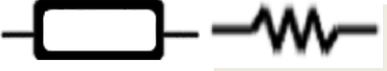
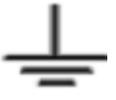
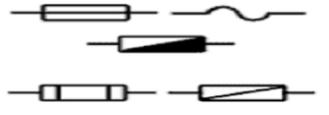
## Menu

1	<a href="#">Conceitos iniciais</a>
2	<a href="#">Elementos de um circuito (1)</a>
3	<a href="#">Elementos de um circuito (2)</a>
4	<a href="#">Lei de Pouillet</a>
5	<a href="#">Introdução às Leis de Kirchhoff</a>
6	<a href="#">1ª Lei de Kirchhoff</a>
7	<a href="#">2ª Lei de Kirchhoff</a>
8	<a href="#">Convenções para a 2ª Lei (1)</a>
9	<a href="#">Convenções para a 2ª Lei (2)</a>
10	<a href="#">Instruções para a resolução de problemas</a>
11	<a href="#">Exemplo resolvido</a>
12	<a href="#">Observação (1)</a>
13	<a href="#">Observação (2)</a>
14	<a href="#">Simulador (1)</a>
15	<a href="#">Simulador (2)</a>
16	<a href="#">Simulador (3)</a>
17	<a href="#">Simulador (4)</a>

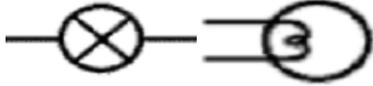
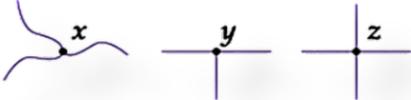
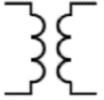
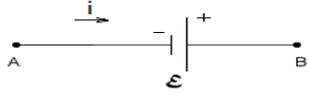
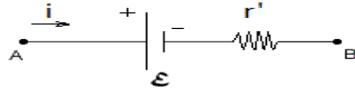
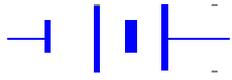
- **Malha:** um percurso fechado completo de um circuito elétrico.
- **Nó:** junção de dois ou mais fios elétricos de um circuito.
- **Ramo:** percurso em um circuito entre dois nós.



Costuma-se utilizar os seguintes símbolos para representar os elementos de um circuito:

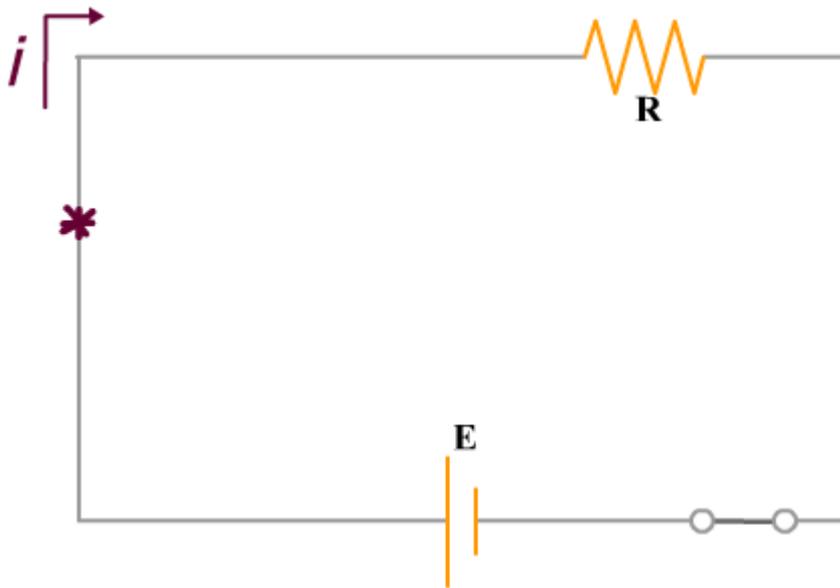
Elemento	Símbolo	Elemento	Símbolo
Resistor		Chave fechada	
Reostato		Comutador	
Fotoresistor		Terra	
Capacitor		Fonte C.C.	
Capacitor variável		Fonte C.A.	
Chave aberta		Fusível	

Costuma-se utilizar os seguintes símbolos para representar os elementos de um circuito:

Elemento	Símbolo	Elemento	Símbolo
Lâmpada		Nó	
Motor		Cruzamento	
Amperímetro		Transformador	
Voltímetro		Gerador	
Ohmímetro		Receptor	
Wattímetro		Bateria	

## ► Lei de Pouillet

Em um circuito simples (uma malha) a corrente elétrica é calculada por:



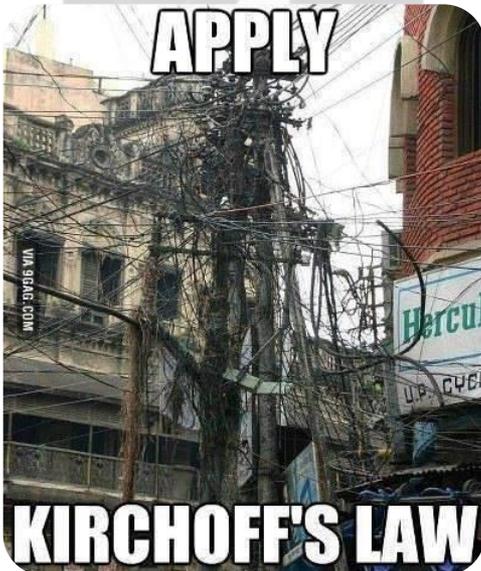
$$i = \frac{\mathcal{E}_{equivalente}}{R_{equivalente}}$$

$$i = \frac{E}{R}$$

## Circuitos Elétricos



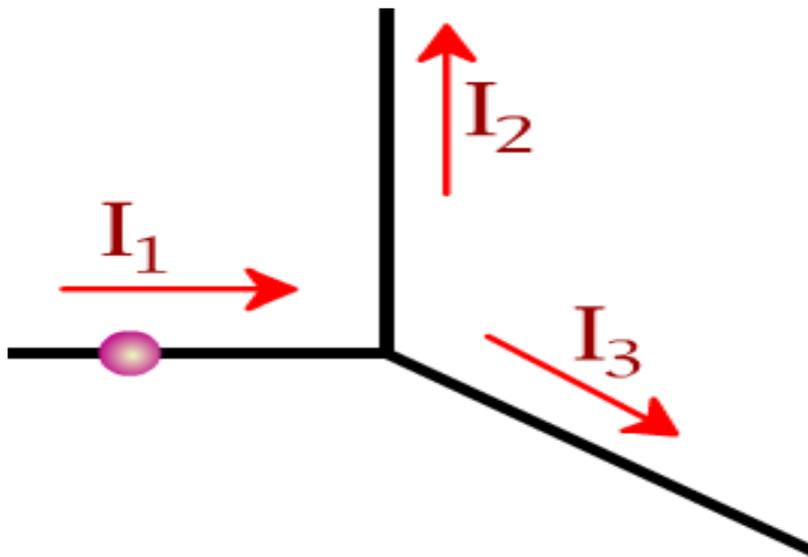
Gustav Robert Kirchhoff (\*1824, Koenigsberg, Prússia; +1887, Berlim, Alemanha): estudou na Universidade de Koenigsberg, onde foi discípulo de Neumann, com o qual começou a estudar o eletromagnetismo. Em 1845 ele publicou suas duas leis para circuitos elétricos, estendendo assim as descobertas anteriores de Ohm. Em 1850 foi contratado pela Universidade de Breslau, onde continuou a fazer pesquisas em mecânica dos sólidos. Quatro anos depois, foi para a Universidade de Heidelberg onde, além das pesquisas em eletricidade, estudou radiação térmica e espectroscopia do Sol, juntamente com Bunsen, descobrindo os elementos químicos célio e rubídio. Terminou sua carreira acadêmica na Universidade de Berlim como professor de física matemática. Durante quase toda a sua vida teve que usar muletas ou cadeiras de rodas, devido a uma deficiência motora.



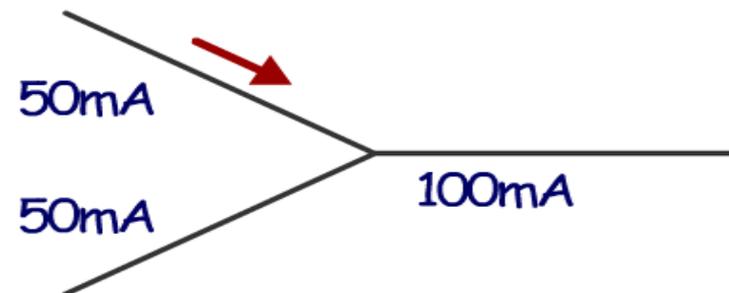
KIRCHHOFF'S LAW

- ▶ 1ª Lei de Kirchhoff (lei das correntes, ou lei dos nós)

Num dado nó, a soma das correntes que entram é igual à soma das correntes que saem. Ou seja, um nó não acumula carga.

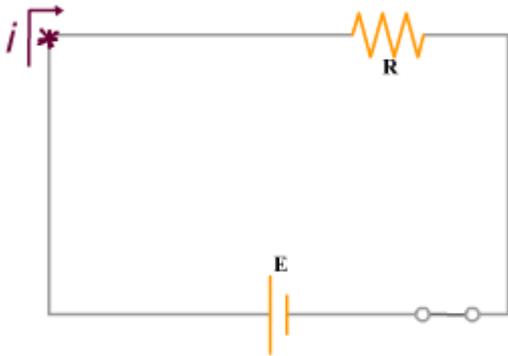


$$I_1 = I_2 + I_3$$



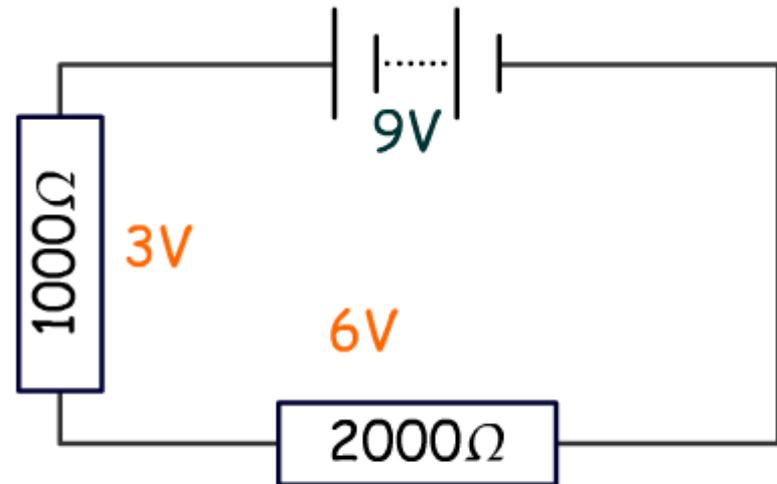
- ▶ 2ª Lei de Kirchhoff (lei das tensões, ou lei das malhas)

A soma algébrica das tensões, num percurso fechado, é nula.



$$\sum U = 0$$

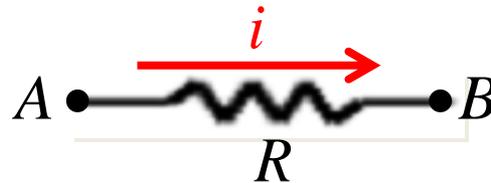
$$-E + R \cdot i = 0$$



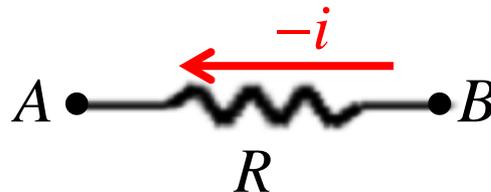
$$9V - 3V - 6V = 0$$

As convenções de sinal que iremos adotar para diferenças de potencial para os resistores nessas duas direções estão resumidas a seguir, onde se considera que o deslocamento é do ponto A para o ponto B.

- Se um resistor for atravessado na direção da corrente, a diferença de potencial no resistor é  $+R \cdot i$

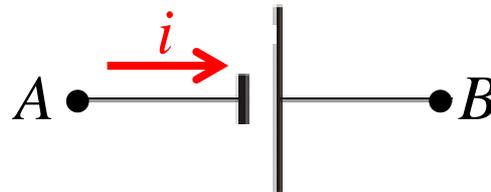


- Se um resistor for atravessado na direção contrária a da corrente, a diferença de potencial no resistor é  $-R \cdot i$



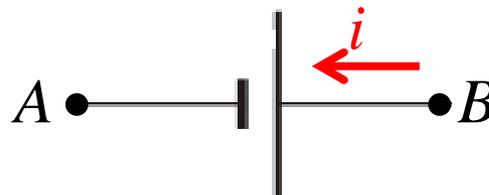
As convenções de sinal que iremos adotar para diferenças de potencial para as baterias baseadas nessas duas direções estão resumidas a seguir, onde se considera que o deslocamento é do ponto A para o ponto B.

- Se uma fonte de fem for atravessada na direção da fem (do terminal – para o terminal +), a diferença de potencial é  $-\varepsilon$ .



**Atenção!**  
Esta convenção  
não é fixa.

- Se uma fonte de fem for atravessada na direção oposta à da fem (do terminal + para o terminal –), a diferença de potencial é  $+\varepsilon$ .

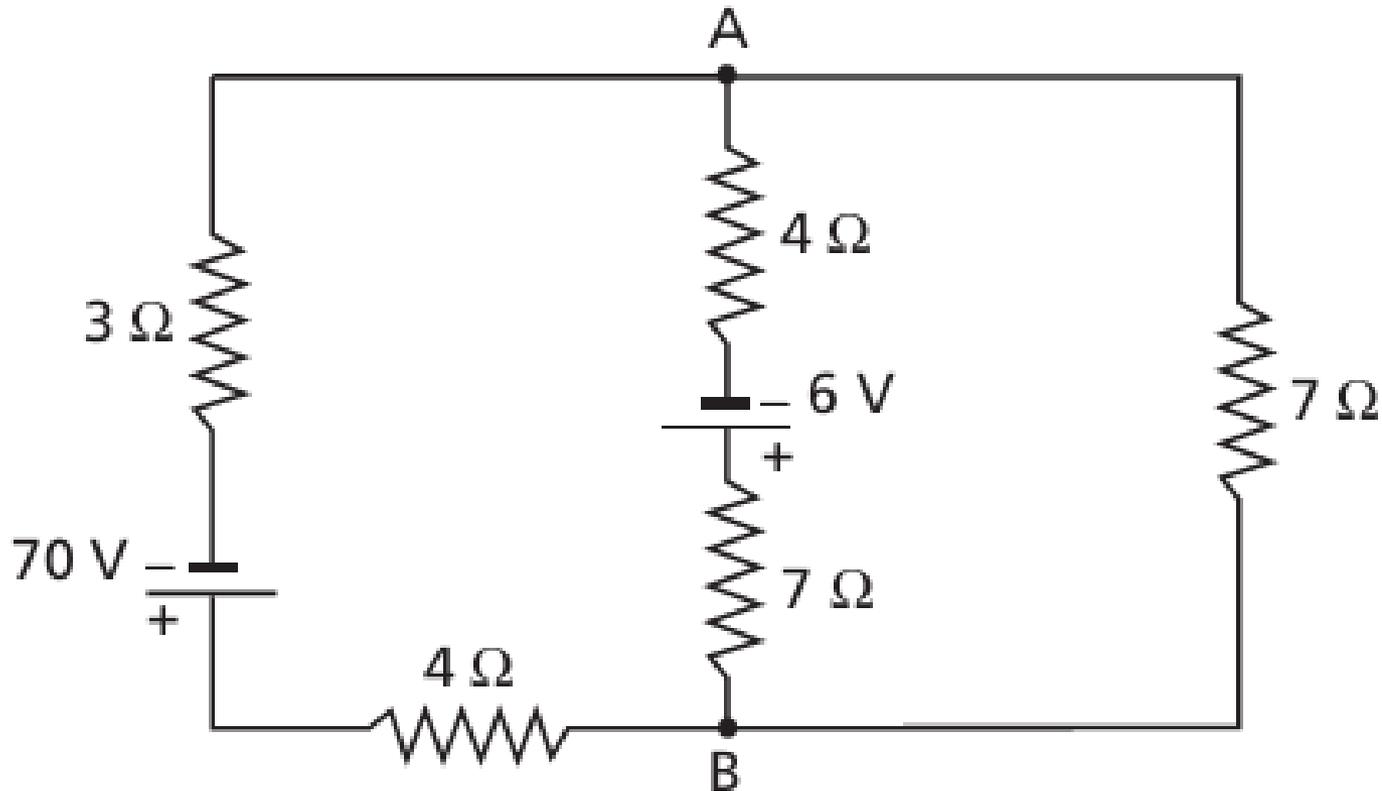


**Atenção!**  
Esta convenção  
não é fixa.

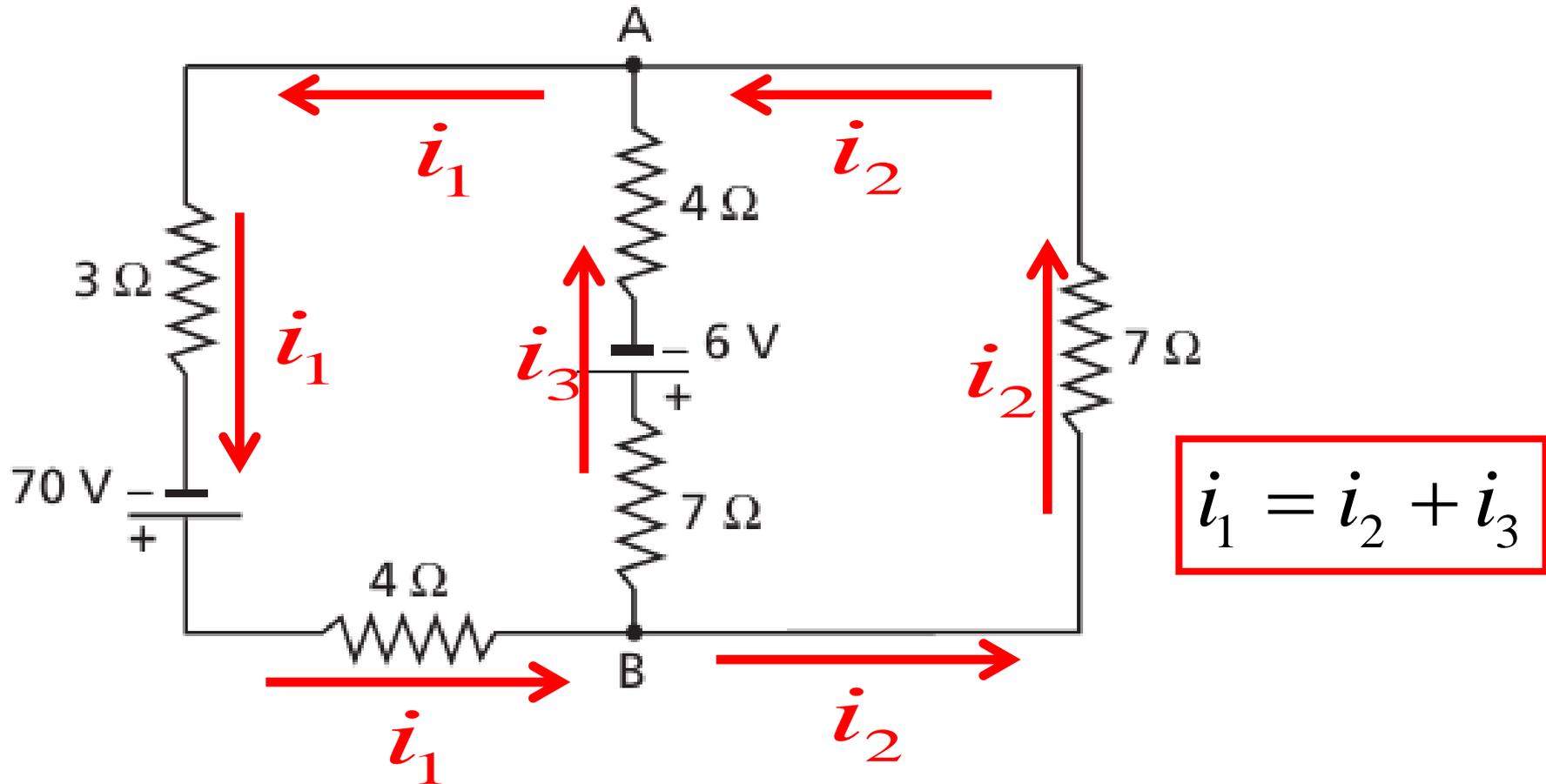
Instruções para operacionalizar as Leis de Kirchhoff:

1. contamos o número de ramos (trecho do circuito que liga dois nós consecutivos).
2. arbitramos em cada ramo uma intensidade de corrente.
3. o número de ramos que é igual ao número de correntes corresponde ao número de incógnitas e portanto ao número de equações necessárias para resolver o problema.
4. aplicamos a equação dos nós à todos os nós menos um (quando aplicamos a Lei à todos os  $n$  nós existentes só obtemos  $n - 1$  equações diferentes).
5. usamos a Lei das Malhas várias vezes de modo a obtermos o número de equações necessárias para resolver o problema.
6. resolvemos o sistema de equações obtido.
7. quando obtemos valores negativos para algumas intensidades de corrente, trocamos o sentido arbitrado para estas correntes.

Vamos calcular as intensidades de corrente no circuito:

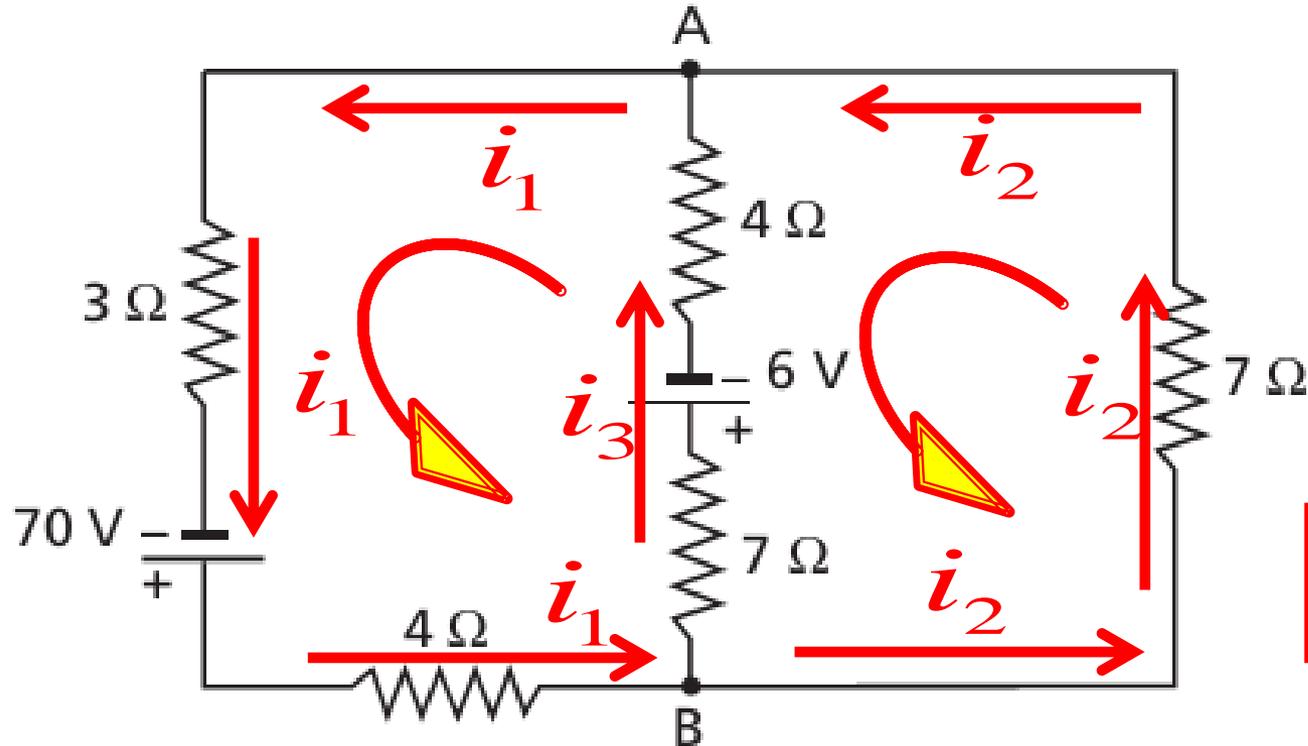


Arbitramos em cada ramo uma intensidade de corrente e aplicamos a Lei dos Nós em B.



# Circuitos Elétricos

Aplicamos a Lei das Malhas 2 vezes para completar as 3 equações necessárias para resolver o problema.



$$i_1 = i_2 + i_3$$

$$-70 + 4i_1 + 7i_3 + 6 + 4i_3 + 3i_1 = 0$$

$$7i_2 - 4i_3 - 6 - 7i_3 = 0$$

Resolvemos o sistema de equações obtido.

$$-70 + 4i_1 + 7i_3 + 6 + 4i_3 + 3i_1 = 0 \quad \xrightarrow{i_1 = i_2 + i_3} \quad 7i_2 + 18i_3 = 64$$

$$7i_2 - 4i_3 - 6 - 7i_3 = 0 \quad \Rightarrow \quad 7i_2 - 11i_3 = 6 \quad (-1)$$

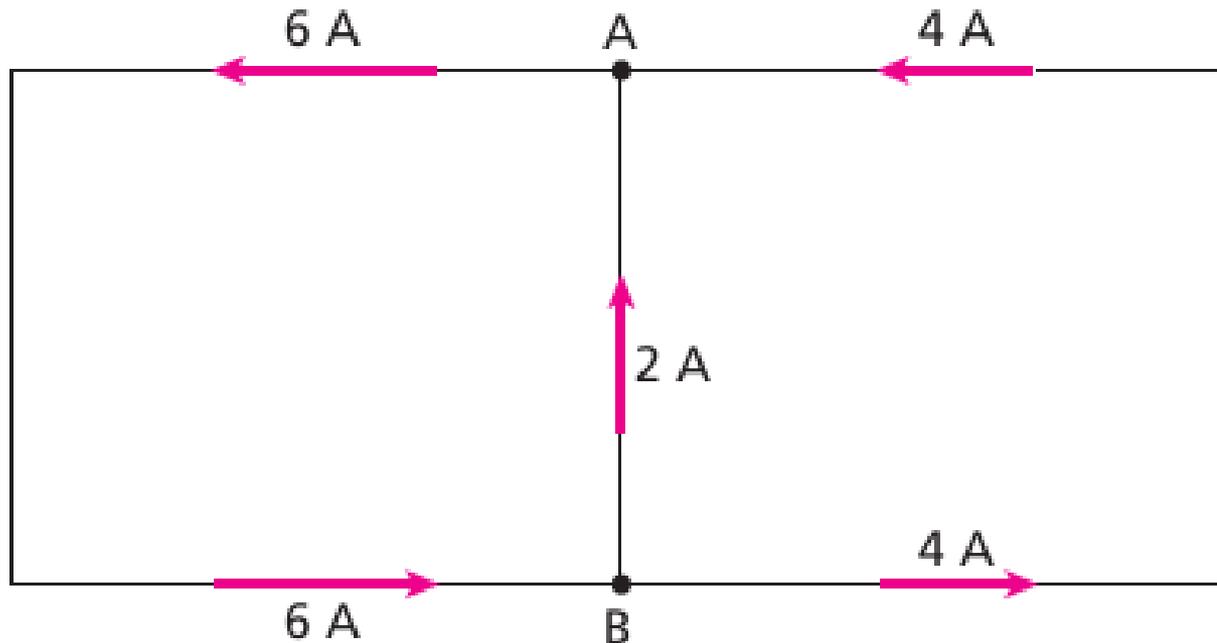
$$\Rightarrow \begin{cases} 7i_2 + 18i_3 = 64 \\ -7i_2 + 11i_3 = -6 \end{cases}$$

---

$$29i_3 = 58 \Rightarrow i_3 = 2A$$

$$i_2 = 4A \quad e \quad i_1 = 6A$$

Substituímos no esquema do circuito as correntes pelos valores encontrados invertendo o sentido das correntes negativas. A corrente indicada em azul tem sentido contrário ao arbitrado.

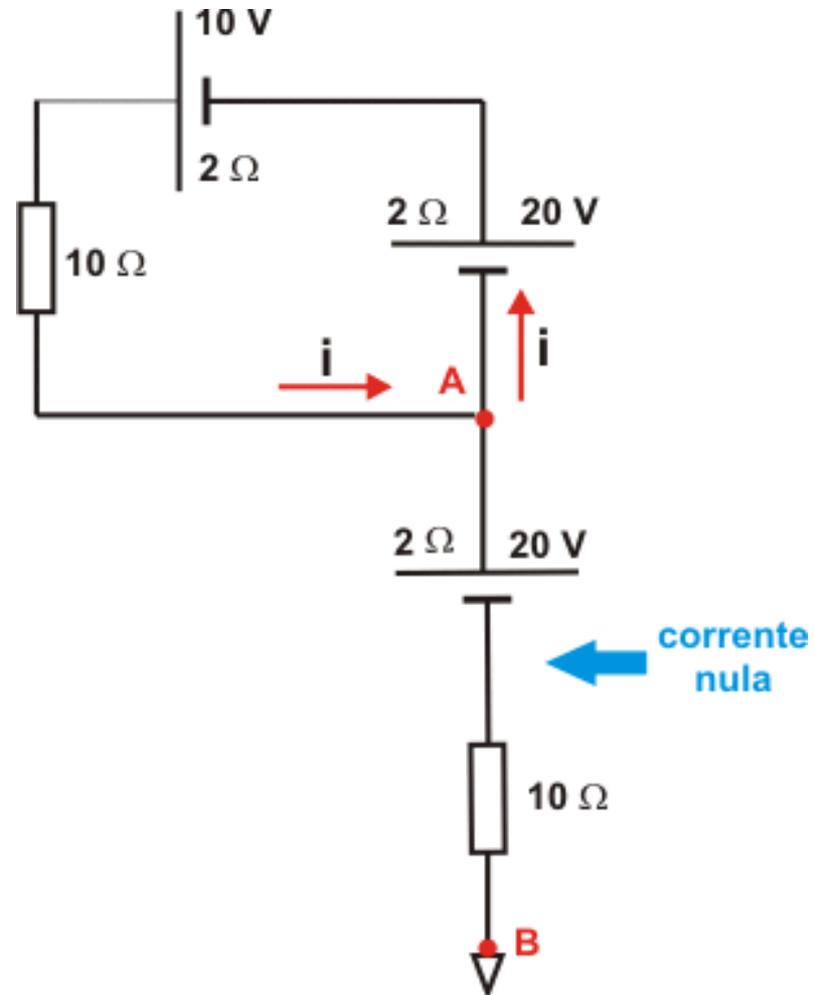


Conferimos o resultado verificando se em cada nó a soma das correntes que chegam é igual à soma das correntes que saem.

Quando uma malha é ligada a um ponto qualquer por um único condutor, por este condutor não haverá passagem de corrente.

Exemplos:

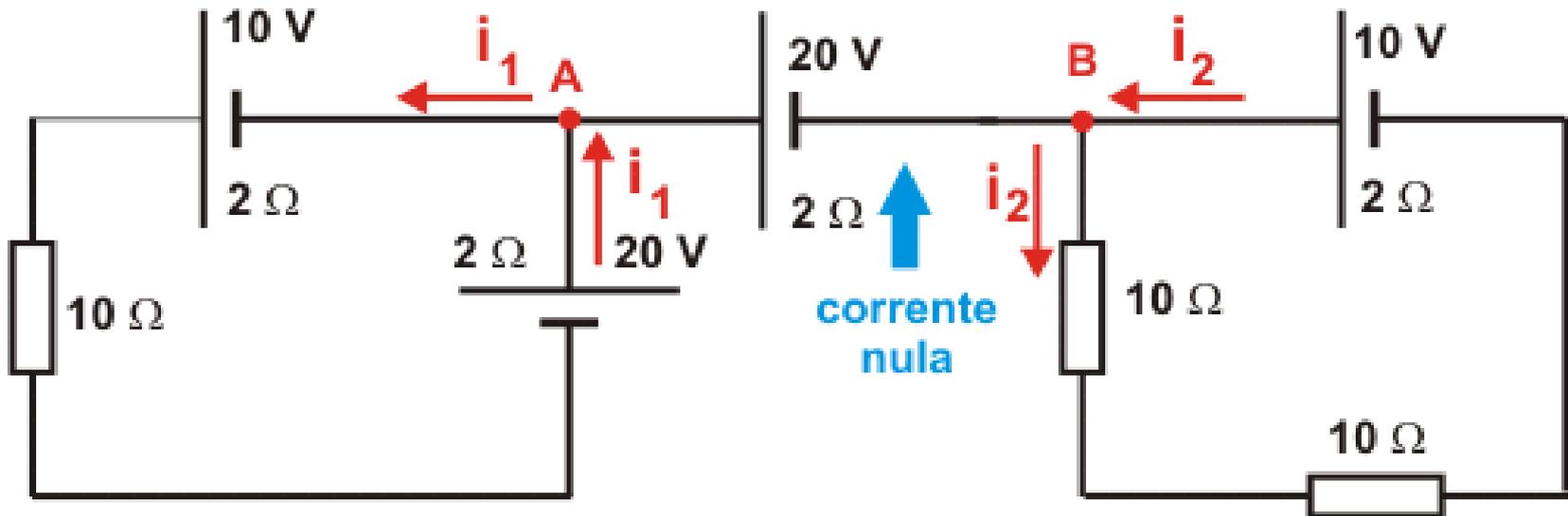
1) uma malha ligada à terra por um único condutor.



Quando uma malha é ligada a um ponto qualquer por um único condutor, por este condutor não haverá passagem de corrente.

Exemplos:

2) duas malhas ligadas por um único condutor.



$I_1 + I_3 = I_2$

Malha esquerda  $+V_1 - R_1 \cdot I_1 + V_2 - R_2 \cdot I_2 = 0$

Malha direita  $+R_3 \cdot I_3 - V_3 + R_2 \cdot I_2 - V_2 = 0$

Malha externa  $+V_1 - R_1 \cdot I_1 + R_3 \cdot I_3 - V_3 = 0$

$I_1$   A

$I_2$   A

$I_3$   A

**I<sub>1</sub> Sentido da corrente**

up through battery 1

down through battery 1

**I<sub>2</sub> Sentido da corrente**

up through battery 2

down through battery 2

**I<sub>3</sub> Sentido da corrente**

up through battery 3

down through battery 3

**Voltagem da bateria 1 (volts)**

0  10

**Voltagem da bateria 2 (volts)**

0  10

**Voltagem da bateria 3 (volts)**

0  10

**Resistência do resistor1 (ohms)**

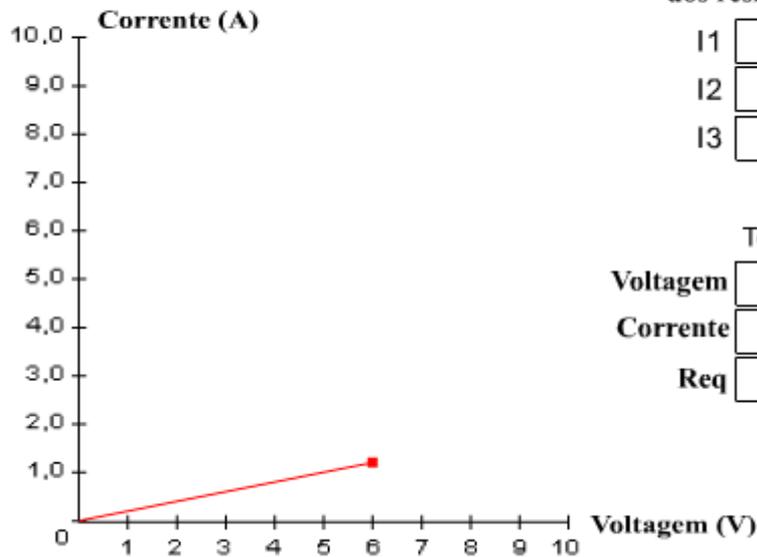
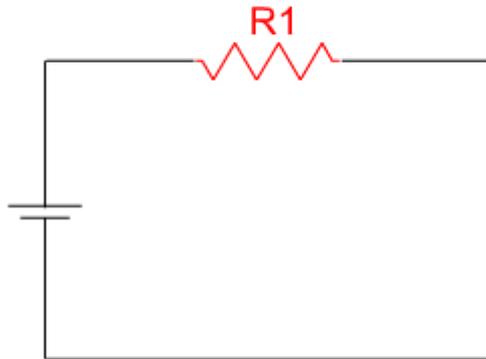
1  10

**Resistência do resistor 2 (ohms)**

1  10

**Resistência do resistor 3 (ohms)**

1  10



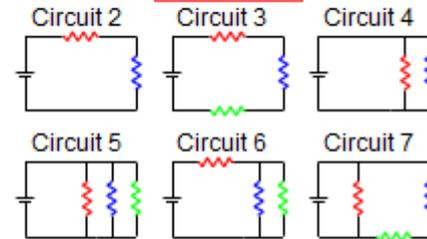
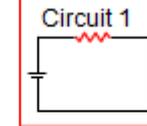
**Voltagem nos resistores**

V1  V  
 V2  V  
 V3  V

**Corrente através dos resistores**

I1  A  
 I2  A  
 I3  A

Total:  
 Voltagem  V  
 Corrente  A  
 Req  ohms



DDP da bateria  V

1  10

Resistor R1  ohms

1  10

Resistor R2  ohms

1  10

Resistor R3  ohms

1  10

Modo 01

Modo 02

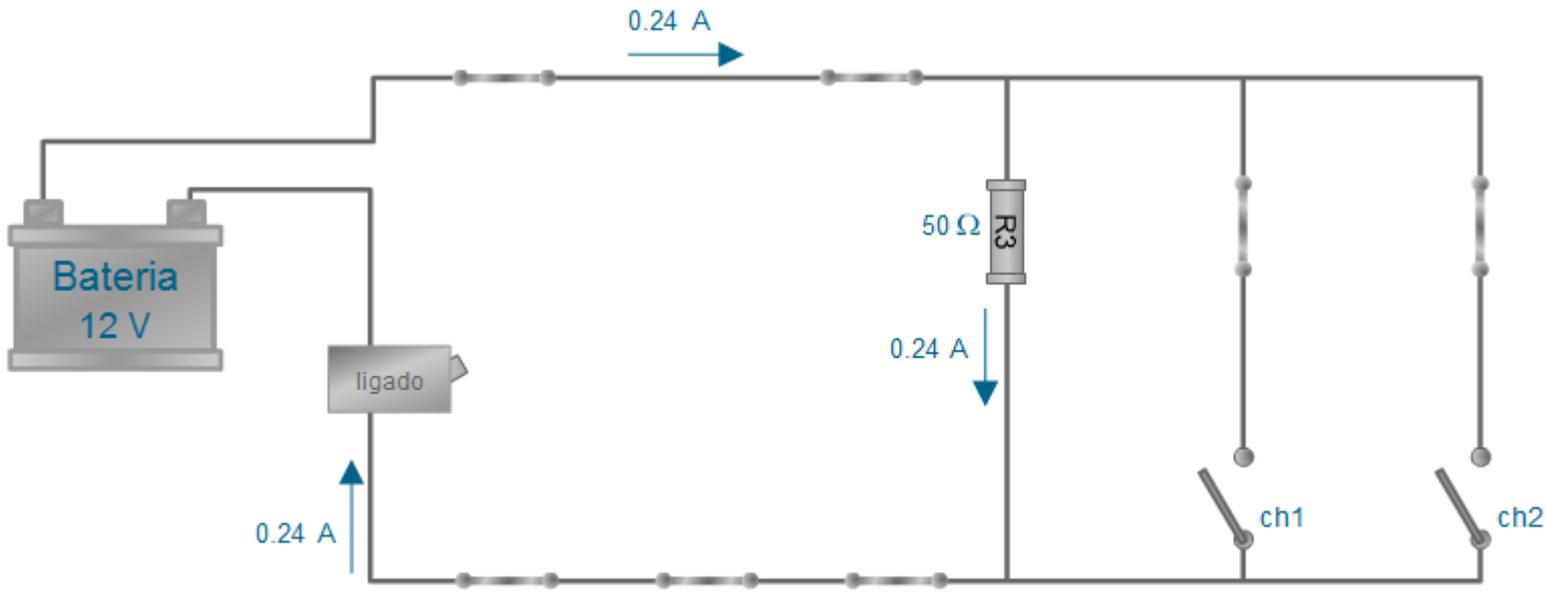
Valores das resistências em ohms

R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8
0	0	50	0	0	0	0	0



Resistência Equivalente:

50  $\Omega$



**LEI DE PUILLET** Simular Valores de potência

Estabeleça a tensão da fonte clicando sobre as pilhas e, fazendo o mesmo usando o mouse, gire o botão do resistor variável até obter a resistência desejada. Se preferir, atribua valores exatos para  $R_L$  e  $R_V$  clicando em simular.

$R_L$  1,50  $\Omega$

$R_V$  0,00  $\Omega$

$i = \frac{E}{R_L + R_V}$

Pilhas na caixa: 8

Tensão da fonte: 0,00 V

1,5 V

**Clique com o botão esquerdo do mouse em uma parte limpa do slide durante a apresentação para exibir o conteúdo dos slides e/ou avançar o slide.**

**Use as setas de navegação para:**

-  (para retornar ao slide anterior)
-  (para avançar para o próximo slide)
-  (para voltar ao menu inicial)
-  (para fechar a apresentação)