

# RESISTORES

## 1. Resistência elétrica e Resistores

Vimos que, quando se estabelece uma ddp entre os terminais de um condutor, o mesmo é percorrido por uma corrente elétrica.

Agora pense bem, o que acontece com um fio quando a corrente passa por ele?

**Ele aquece.** Você sabe por que isto ocorre?

È o seguinte: Quando uma corrente elétrica é estabelecida em um condutor metálico, um número muito elevado de elétrons livres passa a se deslocar nesse condutor. Nesse movimento, os elétrons colidem entre si e também contra os átomos que constituem o metal. Portanto, os elétrons encontram uma certa dificuldade para se deslocar, isto é, existe uma resistência à passagem da corrente no condutor e libera energia na forma de calor. Este fenômeno é chamado efeito Joule. Para medir essa resistência, os cientistas definiram uma grandeza que denominaram resistividade elétrica.

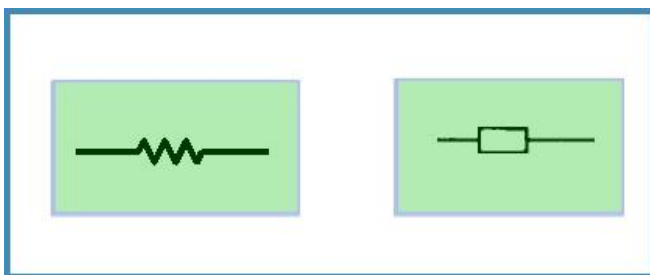
Sendo assim, damos o nome de **resistência elétrica** a capacidade de um corpo qualquer se opor à passagem de corrente elétrica pelo mesmo, quando existe uma diferença de potencial aplicada, ou seja, todo corpo possui resistência à passagem de corrente.

Agora, qual a diferença entre ter resistência e ser um resistor?

Vejam os seguintes exemplos:

Quando ligamos um liquidificador, este transforma parte da energia elétrica recebida em calor por efeito Joule e parte desta energia é convertida em energia cinética. Já quando ligamos um chuveiro elétrico, toda energia é convertida em calor. Ora, os dois aparelhos então possuem resistência elétrica porém, só o chuveiro é um resistor. Percebeu a diferença? Não? Então vamos esclarecer: **resistor é todo elemento de um circuito elétrico que tem como função exclusiva, converter toda a energia elétrica recebida em energia térmica.** São exemplos de resistores além do chuveiro, o filamento de tungstênio da lâmpada incandescente, secadores de cabelo, elemento aquecedor de um ferro de soldar e o ferro elétrico de passar roupas.

Existem 2 símbolos de resistores conforme aparecem abaixo

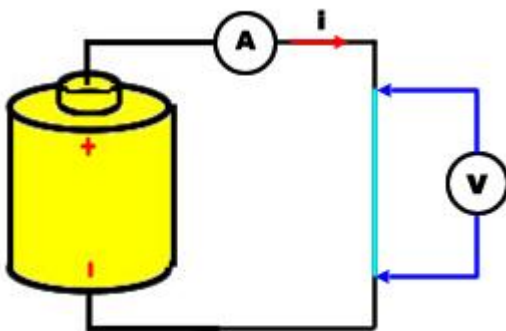


## 2. Leis de Ohm

No início do século 19, o físico alemão Georg Simon Ohm (1787-1854) descobriu duas leis que determinam a resistência elétrica dos condutores. Essas leis, em alguns casos, também valem para os semicondutores e os isolantes.

### 1ª Lei de Ohm

Observe a figura abaixo. As extremidades de um fio feito de material condutor, são ligadas aos pólos de uma pilha. Desse modo, a pilha estabelece uma diferença de potencial no fio condutor e, conseqüentemente, uma corrente elétrica.



Com o circuito montado e funcionando, podemos fazer as medições de tensão (ddp) e corrente através de alguns aparelhos que serão vistos mais adiante. Agora imagine que a diferença de potencial da pilha seja dobrada (podemos fazer isso ligando uma segunda pilha em série com a primeira). Como resultado dessa alteração, teremos o dobro da tensão anterior, e observamos que o circuito é percorrido pelo o dobro de corrente elétrica. Se triplicarmos a diferença de potencial, triplicaremos a corrente elétrica. Isso quer dizer que a razão entre a diferença de potencial e a corrente elétrica tem um valor constante. Essa constante é simbolizada pela letra  $R$

A primeira lei de Ohm estabelece que: A diferença de potencial  $U$  nos terminais de um resistor, mantido à temperatura constante, é diretamente proporcional à corrente que atravessa esse resistor. Ela pode ser expressa pela equação

$$U = R \cdot i$$

Onde:

$U$ : diferença de potencial

$i$ : corrente elétrica

$R$ : resistência elétrica

A unidade de resistência elétrica no Sistema Internacional está exposta no quadro a seguir.


$$R = \frac{\text{volt}}{\text{ampere}} = \text{ohm } (\Omega)$$

Vejam os:

1. A constante de proporcionalidade  $R$  na expressão matemática da primeira lei de Ohm é uma característica de cada resistor
2.  $R$  indica a resistência que o condutor oferece à passagem de corrente. Depende do material que constitui o resistor, de suas características geométricas e da temperatura.
3. Quanto maior for a resistência de um condutor menor a corrente que o atravessa

2ª Lei de Ohm

Experimentalmente, Ohm verificou que a resistência de um resistor depende do **material** que o constitui esse condutor, de suas **dimensões** e da sua **temperatura**. Ohm verificou que a resistência  $R$  do resistor é:

1. Diretamente proporcional ao seu comprimento:

$$R \propto L$$

2. Diretamente proporcional a resistividade do material de que é feito o resistor

$$R \propto \rho$$

3. Inversamente proporcional a área da sua secção transversal

$$R \propto \frac{1}{A}$$

A equação matemática que expressa a segunda lei é :

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

Unidade de  $\rho$  no S.I. –  $\Omega \cdot m$  Na prática, outras unidades não pertencentes ao SI podem ser usadas e dentre elas destacamos  $\Omega \cdot mm^2/m$  e o  $\Omega \cdot cm$ , etc.

Observações

- a) Denomina-se condutividade ( $\sigma$ ) o inverso da resistividade ( $\rho$ ), ou seja:

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

- b) Dá-se o nome de **reostato** ao elemento de circuito cuja resistência é variável.



Vimos que a resistência elétrica é definida como a razão entre a ddp (diferença de potencial) nos terminais do resistor e a intensidade da corrente elétrica que passa por ele.

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

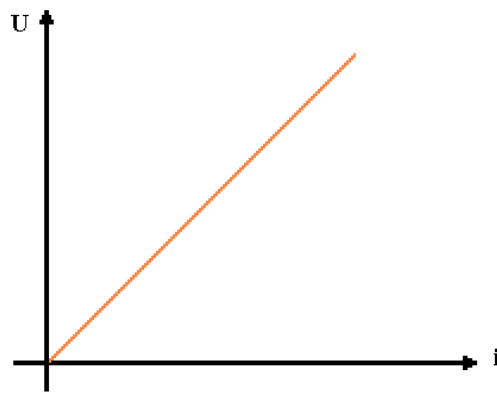
Quando  $R$  não depende do valor de  $i$ , ou seja, a razão  $U/i$  é uma constante, então o resistor obedece a lei de Ohm

$$U = Ri$$

onde  $R$  é uma constante, depende apenas do tamanho, formato e material de que é constituído.

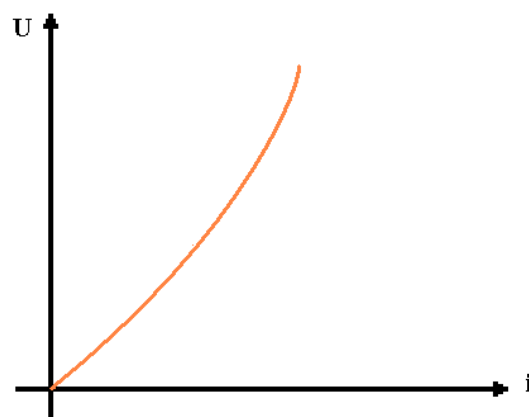
Os resistores ôhmicos são aqueles que apresentam resistência elétrica constante a uma dada temperatura mesmo sendo submetidos a diferentes ddps.

Para estes resistores, o gráfico da ddp em função da corrente é representado por



Os resistores cuja relação entre  $U$  e  $i$  não é uma relação linear, ou seja,  $R$  não é uma constante, são ditos resistores não ôhmicos. Um exemplo de resistor não ôhmico é a lâmpada incandescente.

O gráfico ilustra a relação entre a ddp e a corrente para estes resistores



## EXERCÍCIOS

1. (FEI - SP) Quando a corrente elétrica atravessa o corpo humano, ela provoca contrações musculares. É o que denominamos de choque elétrico. O valor mínimo da corrente que consegue perceber é da ordem de 1mA. O valor que pode ocasionar a morte é maior do que 10mA. Se uma pessoa levar um choque de uma rede com voltagem de 200V, a sua resistência mínima para que ela não corra risco de morte será:

- a)  $200\Omega$
- b)  $2000\Omega$
- c)  $20000\Omega$
- d)  $2\Omega$
- e)  $20\Omega$

2. (UNAMA – 2002) A tabela abaixo indica os valores de corrente elétrica e seus respectivos efeitos em seres humanos. A resistência elétrica de uma pessoa varia de  $1000\Omega$  a  $500\,000\Omega$ , dependendo das condições (umidade, salinidade, etc) no local de contato elétrico.

CORRENTE (A)	EFEITO
0,001	Perceptível
0,005	Causa dor
0,010	Contração muscular involuntária (espasmo)
0,015	Perda do controle muscular
0,070	Atravessa o coração; causa sérios rompimentos; provavelmente fatal se durar mais de 1 s.

Considere que uma pessoa com resistência elétrica de  $100\,000\Omega$  leva um choque em uma rede elétrica de 120 V. A sensação produzida pela corrente na pessoa é:

- a) perceptível mas indolor.
- b) dor sem espasmo.
- c) espasmo sem perda do controle muscular.
- d) perda do controle muscular sem ser fatal.

3. Sabe-se que diferenças de potencial relativamente pequenas podem causar graves danos ao corpo humano, dependendo da resistência oferecida por este à passagem da corrente elétrica. O valor dessa resistência pode variar entre, aproximadamente  $100k\Omega$ , para a pele seca, e cerca de  $1,00k\Omega$ , para a pele molhada.

Frequentemente, pessoas levam choques elétricos ao tocarem em chuveiros mal instalados. O choque, que pode ser inofensivo, se a pessoa estiver com seco, pode também ter graves conseqüências, e até levar à morte, quando o corpo estiver molhado. As correntes que passariam pelo corpo da pessoa que fosse submetida a uma diferença de potencial de 120 V com o corpo seco ou molhado seriam, respectivamente:

- a) 120 mA e  $1,20 \cdot 10^5$  A
- b) 120 mA e 1,20mA
- c) 120A e 1,20 A
- d) 1,20mA e  $1,20 \cdot 10^3$  A
- e) 1,20mA e 120mA

4. (UFJF- MG) Nos choques elétricos, as correntes que fluem através do corpo humano podem causar danos biológicos que, de acordo com a intensidade da corrente, são classificados segundo a tabela abaixo

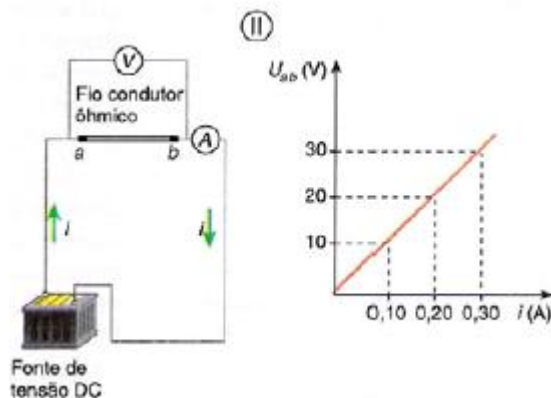
	Corrente elétrica	Dano biológico
I	Até 10 mA	Dor e contração muscular
II	De 10 mA até 20 mA	Aumento das contrações musculares
III	De 20 mA até 100 mA	Parada respiratória
IV	De 100 mA até 3 A	Fibrilação ventricular que pode ser fatal
V	Acima de 3 A	Parada cardíaca, queimaduras graves.

Duran, J. E. R. Biofísica - Fundamentos e aplicações. São Paulo; Pearson Prentice Hall, 2003. p. 178. [Adaptado].

Considerando que a resistência do corpo em situação normal é da ordem de  $1500\Omega$ , em qual das faixas acima se enquadra uma pessoa sujeita a uma tensão elétrica de 220 V?

- I
- II
- III
- IV
- V

5. (Uberaba – MG) Em um laboratório de eletricidade, um fio condutor ôhmico (fig. 1) foi submetido a diversas tensões, utilizando-se uma fonte de tensão DC regulável. Medindo-se os valores dessas tensões e da corrente que cada uma delas estabeleceu no condutor, utilizando, respectivamente, um voltímetro e um amperímetro ideais, obteve-se o gráfico (fig. 2) da voltagem em função da corrente. O valor da resistência desse condutor ôhmico é:



- $1,0 \cdot 10^{-2}\Omega$
- $5,0 \cdot 10^{-1}\Omega$
- $1,0 \cdot 10^2\Omega$
- $5,0 \cdot 10^1\Omega$

6. Medidas da corrente elétrica em função da diferença de potencial aplicada foram realizadas em dois resistores de metais diferentes, encontrando-se os resultados relacionados abaixo. Durante as medidas a temperatura dos resistores foi mantida constante.

Resistor I		Resistor II	
Ampères	Volts	Ampères	Volts
0,5	2,18	0,5	3,18
1,0	4,36	1,0	4,36
2,0	8,72	2,0	6,72
4,0	17,44	4,0	11,44

Nestas condições são feitas as afirmativas:

- I. Somente o resistor 1 obedece à lei de Ohm.
- II. Somente o resistor 2 obedece a lei de Ohm.
- III. Um dos resistores tem resistência elétrica com valor de  $4,36 \Omega$  é (São) verdadeira(s):

- a) I
- b) II
- c) III
- d) I e III
- e) II e III

7. (UFAL) Tem-se cinco fios condutores F1, F2, F3, F4 e F5, de mesmo material e à mesma temperatura. Os fios apresentam comprimento e área de seção transversal dados pela tabela abaixo:

	Comprimento	Área de seção Transversal
F <sub>1</sub>	$\ell$	A
F <sub>2</sub>	$2\ell$	A
F <sub>3</sub>	$\ell$	$2A$
F <sub>4</sub>	$\ell$	$A/2$
F <sub>5</sub>	$2\ell$	$A/2$

Sendo R a resistência elétrica de F1, podemos afirmar que F2, F3, F4 e F5 têm resistências elétricas, respectivamente

- a)  $2R$ ;  $2R$ ;  $R/2$ ;  $R$
- b)  $2R$ ;  $R/2$ ;  $2R$ ;  $4R$
- c)  $2R$ ;  $R/2$ ;  $2R$ ;  $R$
- d)  $R/2$ ;  $2R$ ;  $2R$ ;  $R$
- e)  $R$ ;  $2R$ ;  $R/2$ ;  $4R$

8. (ESAL-LAVRAS- MG) Dois fios, um de cobre com resistividade  $1,7 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$  e outro de alumínio com resistividade  $2,8 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$  possuem mesmo comprimento e mesmo diâmetro. Se ambos forem percorridos pela mesma corrente  $i$ , pode-se afirmar que:

- a) as resistências ôhmicas dos dois fios são iguais.
- b) a ddp é menor no fio de cobre.
- c) o fio de cobre fica sujeito a uma ddp maior do que o fio de alumínio.
- d) a perda de energia por efeito joule é menor no fio de alumínio.
- e) submetidos a mesma ddp, separadamente, os fios.

GABARITO

1- c 2-a 3-e 4-d 5-c 6-d 7-b 8-b

#### 4. Associação de resistores

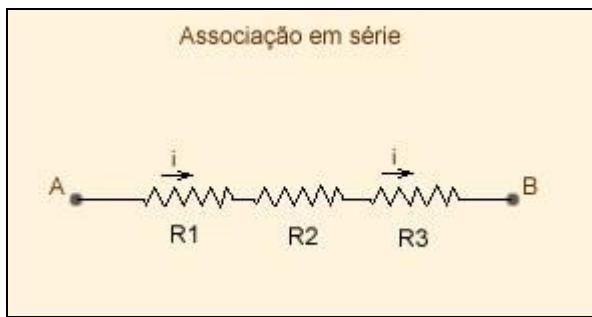
Em nosso dia-a-dia utilizamos vários aparelhos elétricos onde são empregados circuitos com mais de um resistor. Estes resistores podem ser combinados basicamente em três tipos de associações: *em série*, *em paralelo* ou ainda em *associação mista*, que é uma combinação das duas formas anteriores. Qualquer que seja o tipo da associação, esta sempre resultará numa única resistência total, normalmente designada como *resistência equivalente* - e sua forma abreviada de escrita é  $R_{eq}$ .

A resistência equivalente representa a resistência total dos resistores associados

A associação de resistores é muito comum em vários sistemas, quando queremos alcançar um nível de resistência em que somente um resistor não é suficiente.

##### 4.1 Associação em série

Em uma associação em série, os resistores são colocados um após o outro no circuito como a figura abaixo



Esta associação possui as seguintes características:

1. A corrente elétrica é a mesma em todos os resistores

$$i_1 = i_2 = i_3 = i$$

2. A diferença de potencial da associação é dada pela soma das ddps em cada resistor.

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

3. A resistência equivalente é determinada pela soma das resistências de cada um dos resistores associados

Demonstração.

Como  $U = U_1 + U_2 + U_3$  e pela primeira lei de Ohm  $U = R \cdot i$ , então temos:

$$R_{eq} \cdot i = R_1 \cdot i_1 + R_2 \cdot i_2 + R_3 \cdot i_3$$

Sendo a corrente a mesma em todos os resistores:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$$



Obs.1) Nas associações em série, a resistência equivalente é maior que o maior resistor associado.

2) Nesta associação como todos os resistores são percorridos pela mesma corrente, se um deles deixar de funcionar, ocorre uma interrupção na circulação da mesma ou seja, em série, ou todos os resistores funcionam ou nada funciona.

3) Se em uma associação em série, todos os resistores forem iguais temos:

$R_{eq} = n.R$  onde,  $n$  é o nº de resistores associados e  $R$  é o valor de cada resistência.

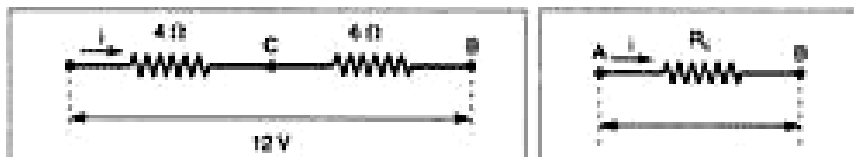
Exemplo:

Dois resistores, de  $4\Omega$  e  $6\Omega$ , são associados em série. Uma bateria fornece aos extremos da associação uma ddp de  $12V$ . Determine:

- a) a resistência equivalente da associação;
- b) a intensidade da corrente em cada resistor;
- c) a ddp em cada resistor.

**Solução:**

**a) Cálculo da resistência equivalente:**



$$R_{eq} = R_{AC} + R_{CB} \rightarrow R_S = 4 + 6 \rightarrow R_S = 10 \Omega$$

**b) Cálculo da corrente:**

Pela lei de Ohm:

$$U_{AB} = R_S \cdot i \rightarrow 12 = 10 \cdot i \rightarrow i = 1,2A$$

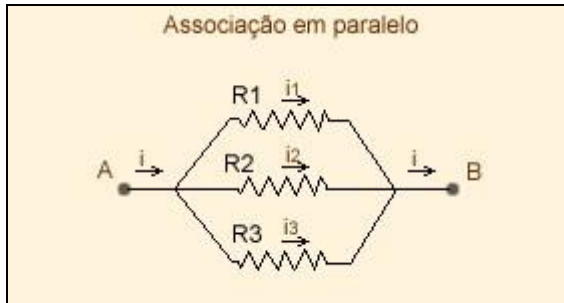
**c) Como a corrente é comum, vem:**

$$U_{AC} = R_{AC} \cdot i \rightarrow U_{AC} = 4 \cdot 1,2 \rightarrow U_{AC} = 4,8V$$

$$U_{CB} = R_{CB} \cdot i \rightarrow U_{CB} = 6 \cdot 1,2 \rightarrow U_{CB} = 7,2V$$

## 4.2 Associação em paralelo.

Nesta associação têm-se dois ou mais resistores com seus terminais ligados aos mesmos pontos do circuito como na figura abaixo.



Esta associação possui as seguintes características:

1. A tensão  $U$  é a mesma em todos os resistores, pois estão ligados aos mesmos terminais A e B.

$$U_{AB} = U_1 = U_2 = U_3$$

2. A corrente  $i$  na associação é igual à soma das correntes em cada resistor:

$$i = i_1 + i_2 + i_3$$

3. O inverso da resistência equivalente é igual à soma dos inversos das resistências associadas.

Demonstração.

Como  $i = i_1 + i_2 + i_3$  e pela primeira lei de Ohm  $i = U/R$ , então temos:

$$U/R_{eq} = U_1/R_1 + U_2/R_2 + U_3/R_3.$$

Sendo  $U_1 = U_2 = U_3$

Ficamos com:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Obs:1) Nas associações em paralelo, a intensidade da resistência equivalente é menor que a intensidade do menor resistor associado.

2) Nesta associação como os resistores não são percorridos pela mesma corrente, eles funcionam de maneira independente isto é, se um deles deixar de funcionar o funcionamento dos outros não se altera ou seja, em paralelo, os resistores funcionam de maneira independente um do outro.

3) Em paralelo, quanto mais intensa for a resistência, menor a corrente que percorre o resistor.

4) Para dois resistores associados em paralelo, a resistência equivalente pode ser determinada pela relação

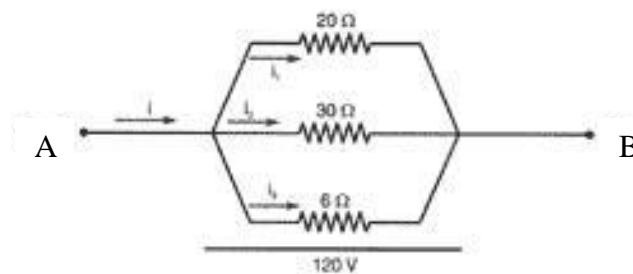
$$R_{eq} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

5) Para  $n$  resistores iguais em paralelo temos :

$$R_{eq} = \frac{R}{n}$$

onde  $n$  é o nº de resistores

Exemplo: 01. Entre os terminais A e B da figura, aplica-se uma ddp de 120V.



Determine:

- a) a resistência equivalente da associação;
- b) a intensidade da corrente em cada resistor;
- c) a intensidade da corrente total da associação.

Resolução.

a) Cálculo da resistência equivalente:

$$R_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{20} + \frac{1}{30} + \frac{1}{6}}$$

$$R_{eq} = 4\Omega$$

b) Sendo uma associação em paralelo, a ddp é comum. Portanto:

$$120 = 20 \cdot i_1 \implies i_1 = 6A$$

$$120 = 30 \cdot i_2 \implies i_2 = 4A$$

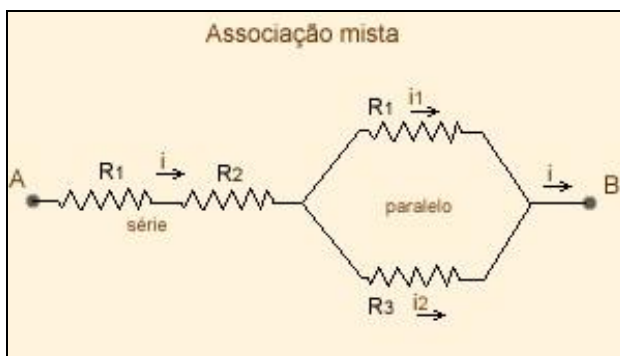
$$120 = 6 \cdot i_3 \implies i_3 = 20A$$

$$c) i = i_1 + i_2 + i_3 \implies i = 6 + 4 + 20 = 30A$$

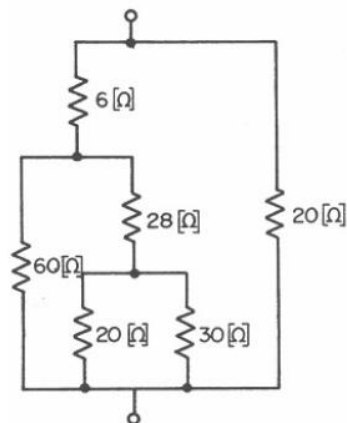
### 4.3 Associação mista

É aquela na qual encontramos, ao mesmo tempo, resistores associados em série e em paralelo.

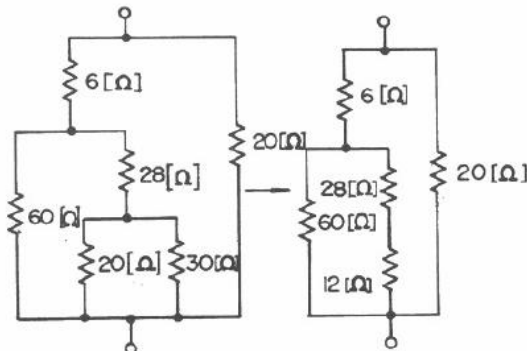
A determinação do resistor equivalente final é feita a partir da substituição de cada uma das associações, em série ou em paralelo, que compõem o circuito pela respectiva resistência equivalente



Exemplo. Na associação de resistores, esquematizada abaixo, determine a resistência equivalente.

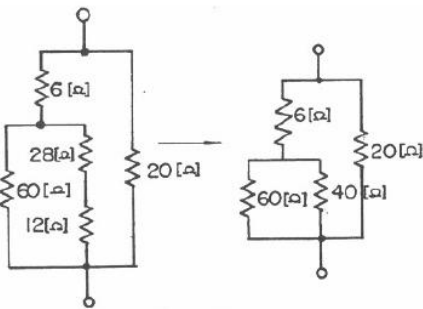


1. Inicialmente calculamos o resistor equivalente da associação em paralelo dos resistores  $20\Omega$  e  $30\Omega$ .



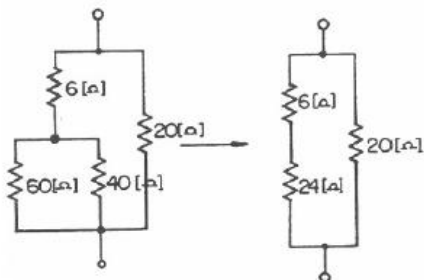
$$R = \frac{20 \times 30}{20 + 30} = \frac{600}{50} = 12$$

2. Em seguida calculamos o resistor equivalente da associação em série dos resistores de  $12\Omega$  e  $28\Omega$ .



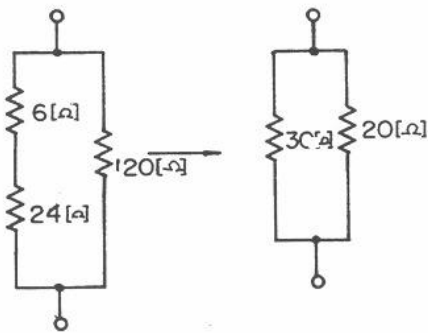
$$R = 28 + 12 = 40$$

3. Calculamos o resistor equivalente da associação em paralelo dos resistores de  $60\Omega$  e  $40\Omega$



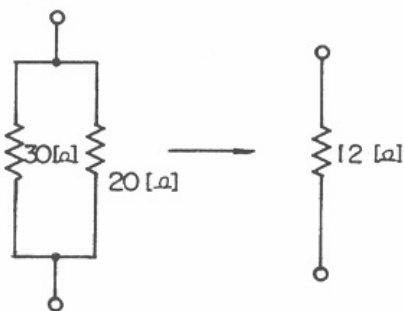
$$R = \frac{60 \times 40}{60 + 40} = \frac{2400}{100} = 24$$

4. Segue



$$R = 6 + 24 = 30$$

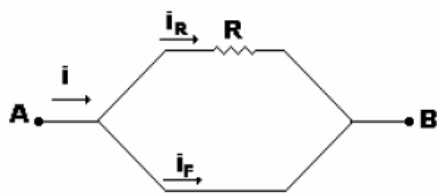
5. Onde



$$R_{eq} = (30 \cdot 20) / (30 + 20) = 12\Omega$$

5. Curto – Circuito

Em algumas associações de resistores, poderemos encontrar um resistor em curto-circuito; isto ocorre quando tivermos um resistor em paralelo com um fio sem resistência



Como o fio não possui resistência, não há dissipação de energia no trecho AB, portanto:

- Potencial Elétrico em A é igual em B, portanto a diferença de potencial elétrico é igual a zero e a intensidade de corrente elétrica no resistor também será zero:

$$V_A = V_B \implies U_{AB} = 0 \implies i_R = 0$$

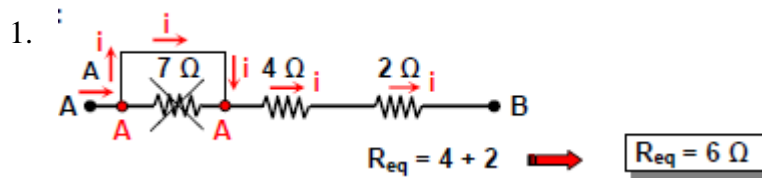
- Como a corrente no resistor é zero a corrente no fio sem resistor será a corrente total:

$$i_R = 0 \implies i_F = i$$

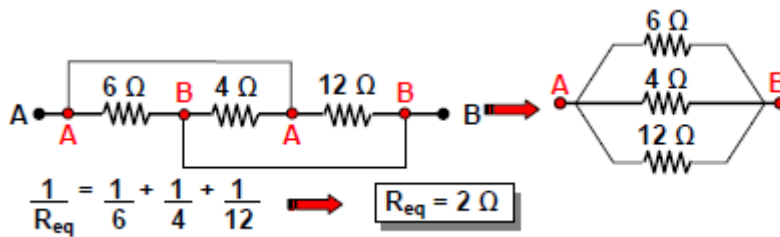
**Importante:** Havendo curto-circuito, toda a corrente elétrica do circuito se desvia pelo condutor de resistência nula. Para todos efeitos práticos é como se o resistor não estivesse associado no circuito. Num novo esquema do circuito, podemos considerar os pontos ligados pelo condutor (A e B) como coincidentes, deixando de representar o resistor.

Na prática, um fio metálico de resistência desprezível ( $R_{fio} = 0$ ) torna dois pontos iguais (A e A), e todo resistor ligado a dois pontos iguais estará em curto-circuito, podendo ser retirado da associação por não ser percorrido por corrente elétrica.

Exemplo:



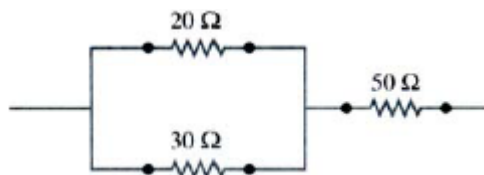
2.



Obs . Nem sempre um fio metálico na associação deixa algum resistor em curto-circuito.

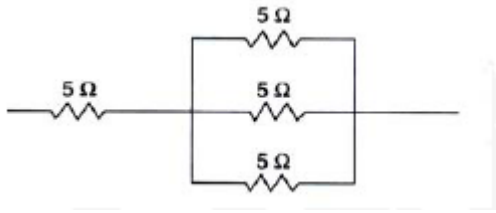
### Exercícios

1. Qual é a resistência equivalente da associação abaixo?



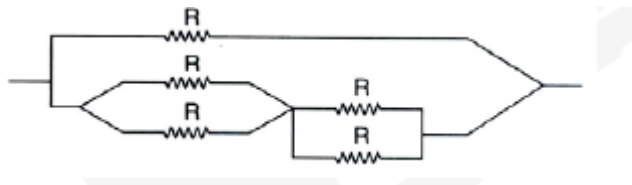
- a) 80  $\Omega$
- b) 100  $\Omega$
- c) 90  $\Omega$
- d) 62  $\Omega$
- e) 84  $\Omega$

2. Qual a resistência equivalente da associação abaixo?



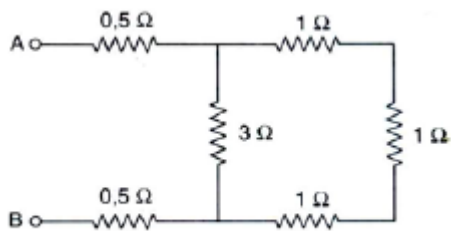
- a)  $20,0\ \Omega$
- b)  $6,6\ \Omega$
- c)  $78/15\ \Omega$
- d)  $25\ \Omega$
- e)  $50/15\ \Omega$

3. A resistência do resistor equivalente da associação do esquema vale:



- a)  $2 R$
- b)  $R$
- c)  $R/2$
- d)  $R/3$
- e)  $R/4$

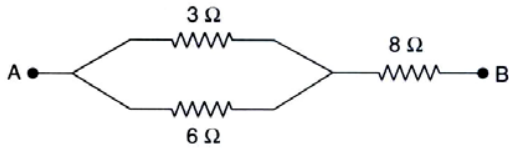
4. Na associação da figura, a resistência equivalente, entre os pontos A e B, é:



- a)  $4\ \Omega$
- b)  $7\ \Omega$
- c)  $2\ \Omega$
- d)  $3\ \Omega$
- e) n.d.a.

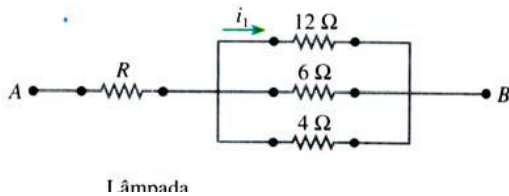


5. No trecho de circuito abaixo, a resistência de  $3\ \Omega$  dissipa  $27\text{W}$ . A ddp entre os pontos A e B vale:



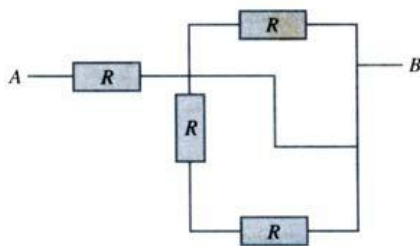
- a) 9 V.
- b) 13,5 V.
- c) 25,5 V.
- d) 30 V.
- e) 45 V.

6. No trecho de circuito elétrico abaixo, a ddp entre A e B é  $60\text{V}$  e a corrente  $i_1$  tem intensidade de 1 A. O valor da resistência do resistor R é de:



- a) 10 ohms
- b) 8 ohms
- c) 6 ohms
- d) 4 ohms
- e) 2 ohms

7. A resistência elétrica equivalente à associação indicada no esquema vale:



- a) R
- b)  $R/2$
- c)  $2R$
- d)  $3R$
- e)  $4R$

**Gabarito**

- 01. d
- 02. b
- 03. c
- 04. e
- 05. e
- 06. b
- 07. a