

Associação de resistores

Os resistores podem ser associados basicamente de dois modos distintos: em série e em paralelo. Ambos os modos de associação podem estar presentes: temos uma associação mista.

7.1 Resistor equivalente. Associação de resistores em série

Resistores associados em série são percorridos pela mesma corrente elétrica. Em chuveiros elétricos, por exemplo, associações desse tipo são utilizadas no controle da temperatura da água.

7.2 Associação de resistores em paralelo

Resistores associados em paralelo ficam submetidos à mesma diferença de potencial (ddp). As lâmpadas de uma residência, por exemplo, são ligadas em paralelo.

7.3 Associação mista de resistores

As associações mistas de resistores são aquelas constituídas por associações em série e em paralelo. Lâmpadas usadas como decoração de Natal, por exemplo, podem ser associadas dessa maneira.

7.4 Curto-circuito

Quando dois pontos de um circuito são conectados por um condutor de resistência desprezível, forma-se um curto-circuito entre esses pontos.

As associações de resistores, como por exemplo associações de lâmpadas, estão frequentemente presentes em circuitos elétricos.

A iluminação do Theatro da Paz em Belém (PA) é feita por uma associação de lâmpadas.



A ponte Hercílio Luz, em Florianópolis (SC), e o portal de Holambra (SP) também são iluminados por associações de lâmpadas.

Resistor equivalente. Associação de resistores em série

Objetivos

- ▶ Analisar a associação de resistores em série.
 - ▶ Compreender como obter a resistência do resistor equivalente em uma associação em série.
 - ▶ Compreender o que é reostato e como funciona.
 - ▶ Analisar situações na qual o efeito Joule é desejável: fios, fusíveis e lâmpadas incandescentes.

Termos e conceitos

- resistor equivalente
- disjuntor
- potência nominal de uma lâmpada

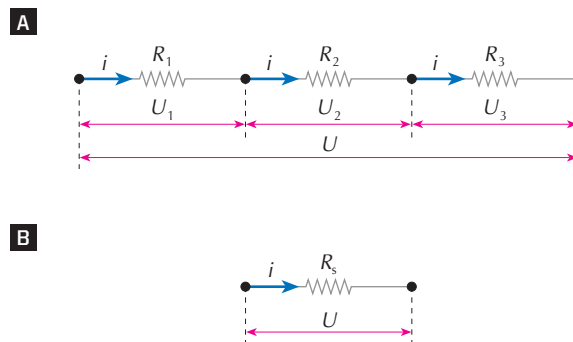
Ao montar um circuito, é comum o operador necessitar de um valor de resistência diferente dos valores fornecidos pelos resistores de que dispõe. Outras vezes, a corrente elétrica que vai atravessar o resistor é superior à que ele pode suportar sem ser danificado. Nessas situações, a solução é utilizar uma **associação de resistores**.

Os resistores podem ser associados basicamente de dois modos distintos: **em série** e **em paralelo**. É possível ainda que ambos os modos de associar estejam presentes; teremos então uma **associação mista**.

Qualquer que seja o tipo de associação, denominamos **resistor equivalente** aquele que funciona no circuito do mesmo modo que a associação, podendo substituí-la. Então, a **resistência da associação** é igual à **resistência do resistor equivalente**.

1 Associação de resistores em série

Na associação em série, os resistores são ligados um em seguida ao outro, de modo a serem percorridos pela mesma corrente elétrica. Na **figura 1**, representamos três resistores de resistências elétricas R_1 , R_2 e R_3 , associados em série, e o correspondente resistor equivalente, cuja resistência R_s é a resistência da associação. A corrente comum que os atravessa tem intensidade i .



▶ **Figura 1.** (A) Três resistores associados em série. (B) O resistor equivalente.

A potência dissipada em um resistor é dada por $Pot = R \cdot i^2$. Para os três resistores associados em série, teremos:

$$Pot_1 = R_1 \cdot i^2$$

$$Pot_2 = R_2 \cdot i^2$$

$$Pot_3 = R_3 \cdot i^2$$

Em uma associação de resistores em série, a potência dissipada em cada resistor é diretamente proporcional à sua resistência elétrica.

Considerando a definição de resistor equivalente, tudo se passa como se houvesse um único resistor de resistência R_s dissipando a potência $Pot = R_s \cdot i^2$. Essa potência corresponde à soma das potências dissipadas individualmente pelos resistores associados:

$$Pot = Pot_1 + Pot_2 + Pot_3 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow R_s \cdot i^2 = R_1 \cdot i^2 + R_2 \cdot i^2 + R_3 \cdot i^2 \Rightarrow R_s = R_1 + R_2 + R_3$$

Em uma associação de resistores em série, a resistência do resistor equivalente é igual à soma das resistências dos resistores associados.

Aplicando a lei de Ohm em cada resistor da **figura 1**, vem:

$$U_1 = R_1 \cdot i$$

$$U_2 = R_2 \cdot i$$

$$U_3 = R_3 \cdot i$$

Em uma associação de resistores em série, a ddp em cada resistor é diretamente proporcional à sua resistência elétrica.

Aplicando a lei de Ohm ao resistor equivalente, temos: $U = R_s \cdot i$

Multiplicando pela intensidade de corrente i ambos os membros da igualdade $R_s = R_1 + R_2 + R_3$, vem:

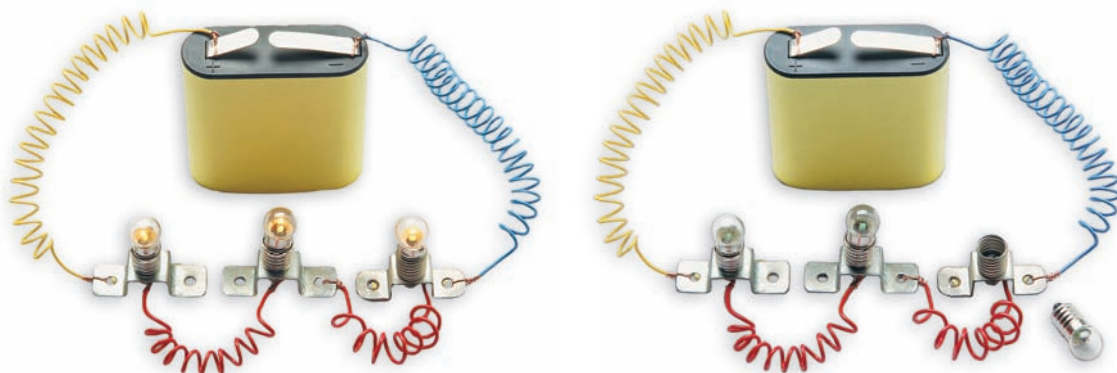
$$R_s \cdot i = R_1 \cdot i + R_2 \cdot i + R_3 \cdot i \Rightarrow U = U_1 + U_2 + U_3$$

A ddp de uma associação em série é igual à soma das ddps nos resistores associados.

Observação

No caso particular de uma associação em série de n resistores iguais, $R_1 = R_2 = R_3 = \dots = R_n$, de resistência elétrica R cada um, temos:

$$R_s = nR$$

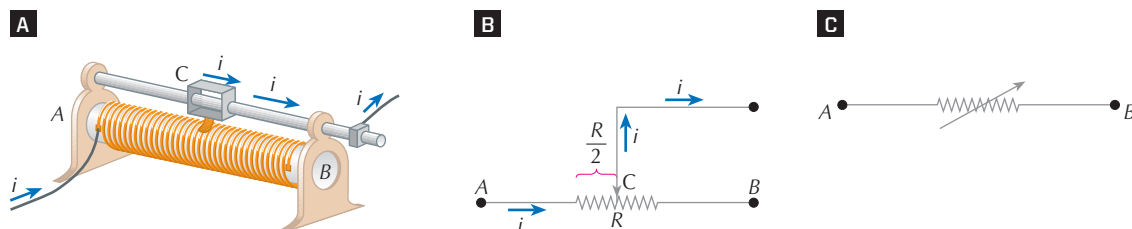


▲ As três lâmpadas estão associadas em série, sendo atravessadas pela mesma corrente elétrica; quando uma é removida, interrompe-se a passagem da corrente e as outras se apagam.

2 Reostatos

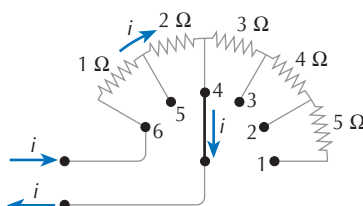
Denominam-se **reostatos** os resistores cuja resistência elétrica pode ser ajustada.

O **reostato de cursor** (fig. 2A) é um resistor constituído por um fio metálico enrolado em um suporte isolante. Mudando-se a posição do cursor C , varia-se o comprimento do fio atravessado pela corrente. Assim, a resistência elétrica do reostato pode assumir grande número de valores entre zero e o valor total da resistência do fio metálico. Na **figura 2B**, mostra-se o modo usual de representar o reostato de cursor: no caso, sendo R a resistência total do fio, o cursor posicionado no ponto médio indica que a resistência elétrica incluída no circuito é apenas a metade, isto é, $\frac{R}{2}$. O símbolo de reostato mostrado na **figura 2C** também aparece com frequência na representação dos circuitos.



▲ **Figura 2.** (A) Reostato de cursor. (B) Representação usual do reostato de cursor. (C) Símbolo de reostato.

Outro tipo de reostato é o **reostato de pontos** (fig. 3). Trata-se de uma associação de resistores em série com pontos intermediários nos quais pode ser feita a ligação ao circuito. A diferença essencial entre esse aparelho e o reostato de cursor é que naquele a variação da resistência pode ser feita de modo contínuo, isto é, ele pode ter qualquer valor de resistência entre zero e o valor total R . Já no reostato de pontos, só alguns valores de resistência são possíveis entre zero e o valor máximo. Na **figura 3**, com a chave na posição 4, a resistência elétrica introduzida no circuito vale $1\Omega + 2\Omega = 3\Omega$.



▲ **Figura 3.** Reostato de pontos.

EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

R. 55 Um resistor de 5Ω e um resistor de 20Ω são associados em série e à associação aplica-se uma ddp de 100 V .

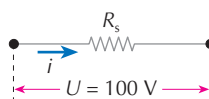
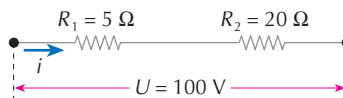
- Qual a resistência equivalente da associação?
- Qual a intensidade de corrente elétrica na associação?
- Qual a ddp em cada resistor associado?

Solução:

A sequência para a solução do exercício está esquematizada nas figuras ao lado.

- A resistência equivalente é (fig. 1):

$$R_s = R_1 + R_2 \Rightarrow R_s = 5 + 20 \Rightarrow R_s = 25\Omega$$



▲ **Figura 1.**

b) Pela lei de Ohm (fig. II), temos:

$$i = \frac{U}{R_s} \Rightarrow i = \frac{100}{25} \Rightarrow i = 4 \text{ A}$$

c) A ddp em cada resistor é (fig. III):

$$U_1 = R_1 \cdot i \Rightarrow U_1 = 5 \cdot 4 \Rightarrow U_1 = 20 \text{ V}$$

$$U_2 = R_2 \cdot i \Rightarrow U_2 = 20 \cdot 4 \Rightarrow U_2 = 80 \text{ V}$$

Resposta: a) 25 K; b) 4 A; c) 20 V e 80 V

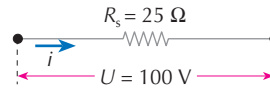


Figura II.

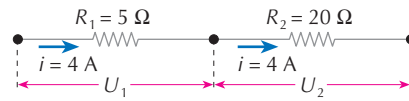
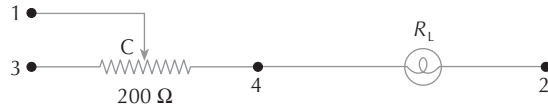


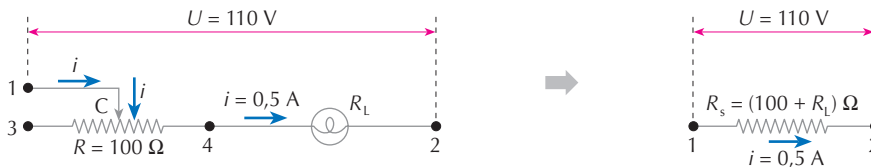
Figura III.

R. 56 Entre os pontos 1 e 2 do circuito da figura abaixo mantém-se a ddp de 110 V. O cursor C está no ponto médio entre os pontos 3 e 4; a intensidade da corrente elétrica que passa pela lâmpada é de 0,5 A. Calcule a resistência elétrica R_L da lâmpada.



Solução:

Entre os pontos 1, 3 e 4 temos um reostato. Como é aplicada uma ddp entre os pontos 1 e 2, a resistência elétrica do reostato deve ser considerada entre o cursor C e 4, e vale 100 Ω . O reostato e a resistência R_L da lâmpada estão associados em série e são percorridos pela corrente $i = 0,5$ A.



Pela lei de Ohm, temos:

$$U = R_s \cdot i \Rightarrow 110 = (100 + R_L) \cdot 0,5 \Rightarrow 100 + R_L = 220 \Rightarrow R_L = 120 \Omega$$

Resposta: 120 Ω

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

P. 135 Dois resistores de resistências elétricas respectivamente iguais a 4 Ω e 6 Ω , ao serem associados em série, são percorridos por uma corrente elétrica de intensidade 2 A. Determine:

- a resistência equivalente da associação;
- a ddp a que a associação está submetida;
- a ddp em cada resistor associado.

P. 136 Associam-se em série dois resistores de resistências $R_1 = 7 \Omega$ e $R_2 = 5 \Omega$, e à associação aplica-se uma ddp de 120 V.

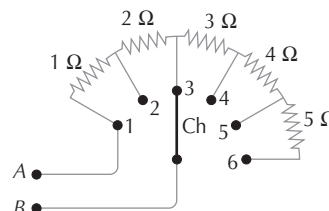
- Qual a resistência equivalente da associação?
- Qual a intensidade de corrente elétrica na associação?
- Qual a ddp em cada resistor associado?

P. 137 Ligam-se em série três resistores de resistências elétricas, respectivamente, 200 Ω , 0,5 k Ω e $3 \cdot 10^{-4}$ M Ω (1 M $\Omega = 10^6 \Omega$). Sendo a intensidade de corrente elétrica nos resistores igual a 0,1 A, calcule a ddp aplicada na associação.

P. 138 A figura representa um reostato de pontos. Na situação esquematizada, o resistor de 1 Ω é percorrido por uma corrente elétrica de intensidade 2 A.

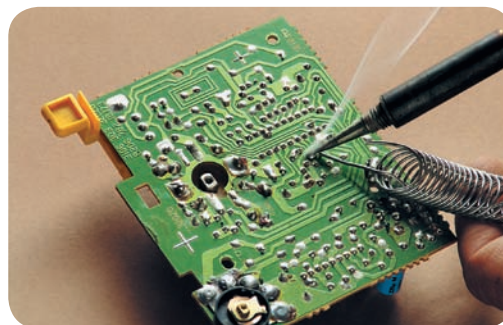
Determine:

- a ddp entre os terminais A e B;
- a intensidade de corrente elétrica no resistor de 2 Ω , quando a chave Ch é ligada nos pontos 4, 5 e 6;
- a máxima resistência elétrica do reostato.



3 Aplicações do efeito Joule

O efeito Joule representa um inconveniente nas máquinas elétricas, que se aquecem durante o funcionamento, e nas linhas de transmissão, devido à perda de energia elétrica que ocorre nesse processo. No entanto, a transformação de energia elétrica em térmica é exatamente o que se deseja nos **aquecedores elétricos**, como, por exemplo, o ferro de passar roupas, o ferro de soldar e os chuveiros elétricos. O efeito Joule também é fundamental nos **fusíveis** e nas **lâmpadas incandescentes**.



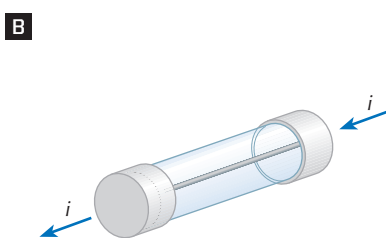
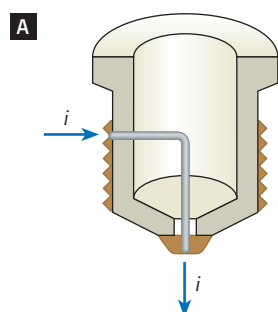
▶ Ferro de soldar.

Fusíveis

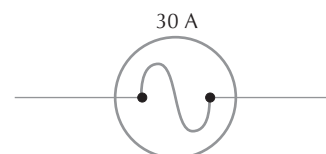
São genericamente denominados **fusíveis** os dispositivos que têm a finalidade de proteger circuitos elétricos. Seu componente básico é um condutor de baixo ponto de fusão que se funde ao ser atravessado por corrente elétrica de intensidade maior do que um determinado valor.

O fusível deve ser colocado em série com os aparelhos do circuito, de modo que, ao ocorrer a fusão de seu condutor, haja interrupção da passagem da corrente elétrica. Assim, os aparelhos não serão atravessados por correntes de intensidade elevada, as quais poderiam danificá-los.

Na **figura 4**, aparecem esquematizados dois tipos comuns de fusíveis: o fusível de rosca e o fusível de cartucho. No primeiro (**fig. 4A**), o condutor costuma ser um fio de chumbo, que liga seus terminais. No fusível de cartucho (**fig. 4B**), os terminais do dispositivo geralmente são ligados por um fio ou uma lâmina de estanho. A **figura 5** representa o símbolo de fusível utilizado nos circuitos elétricos. Comumente, junto ao símbolo, vem indicado o valor da máxima intensidade de corrente elétrica que ele suporta sem se fundir.



▶ **Figura 4.** Tipos comuns de fusíveis. (A) fusível de rosca. (B) Fusível de cartucho.



▶ **Figura 5.** Símbolo do fusível.

Nos fusíveis de cartucho há um cilindro de papelão envolvente que, quando removido, revela a existência de uma lâmina metálica unindo as extremidades do fusível. É essa lâmina que se funde quando a corrente elétrica ultrapassa determinada intensidade.



◀ À esquerda dois fusíveis de rosca, visualizando-se no primeiro o fio de chumbo que une seus terminais; à direita, dois fusíveis de cartucho, tendo sido removido o envoltório do último para mostrar o fio metálico que liga suas extremidades.

Modernamente, nos circuitos elétricos de residências, edifícios e indústrias, utilizam-se dispositivos de proteção cujo funcionamento se baseia no efeito magnético da corrente elétrica: os **disjuntores**. Em essência, o **disjuntor** é uma chave magnética que se desliga automaticamente quando a intensidade da corrente elétrica ultrapassa determinado valor. Os disjuntores substituem com vantagens os fusíveis, pois não necessitam ser trocados: uma vez removida a causa que provocou seu desligamento, basta acioná-los novamente para que a circulação da corrente elétrica se restabeleça.



Disjuntores.



Disjuntores no quadro de luz de uma casa.

Lâmpada incandescente

A **lâmpada incandescente** é constituída de um fio de tungstênio denominado **filamento**, cuja temperatura de fusão é cerca de $3.400\text{ }^{\circ}\text{C}$. Esse fio é enrolado segundo uma hélice cilíndrica; seu diâmetro é inferior a $0,1\text{ mm}$ e seu comprimento pode atingir 1 m (**fig. 6**). Passando corrente elétrica no filamento, ele se aquece, pois a energia elétrica dissipada aumenta sua temperatura para valores da ordem de $3.000\text{ }^{\circ}\text{C}$; desse modo, o filamento torna-se incandescente e começa a emitir luz. A essa temperatura, o tungstênio, se estivesse no ar, seria rapidamente oxidado. A fim de evitar essa oxidação, o filamento é colocado dentro de um bulbo de vidro isento de ar.

Antigamente era feito o vácuo no interior do bulbo, mas esse recurso facilitava a sublimação do filamento. Passou-se, então, a colocar no interior do bulbo um gás inerte, geralmente argônio ou criptônio. A presença do gás retarda a sublimação do filamento, mas não a suprime totalmente.

O brilho de uma lâmpada está relacionado com a ddp à qual for ligada. A **ddp nominal** vem gravada na lâmpada, assim como a sua **potência nominal**. Quando a lâmpada é ligada na ddp nominal, ela dissipa a potência nominal e seu brilho é normal. Quando ligada em ddp menor que a nominal, seu brilho é menor que o normal; já em ddp acima da nominal, a lâmpada dissipa potência maior que a nominal, queimando-se.

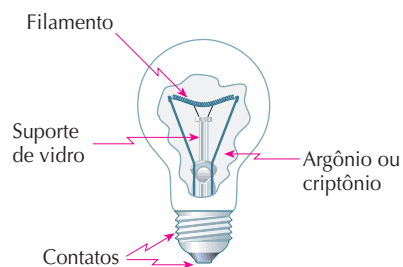


Figura 6. Lâmpada incandescente.

Entre na rede

No endereço eletrônico <http://jersey.uoregon.edu/vlab/Voltage/index.html> (acesso em julho/2009), você pode montar, mediante simulações, uma associação de resistores em série com uma lâmpada e uma bateria. Ainda, pode variar o número de resistores associados e a tensão mantida pela bateria. Ao fechar a chave, verifique o comportamento da lâmpada.

Área da seção transversal do filamento de tungstênio nas lâmpadas incandescentes

- **1º caso:** lâmpadas incandescentes de potências diferentes operando sob mesma tensão

Considere duas lâmpadas de 127 V, uma de potência 40 W e outra de potência 100 W.

Vamos supor que seus filamentos de tungstênio tenham o mesmo comprimento. A lâmpada de 100 W possui filamento mais grosso do que a de 40 W.

$$Pot = \frac{U^2}{R}, \text{ com } R = \rho \cdot \frac{L}{A}, \text{ vem: } Pot = \frac{U^2}{\rho \cdot \frac{L}{A}}, \text{ portanto: } A = \frac{\rho \cdot L \cdot Pot}{U^2}$$

Sendo U constante concluímos que:

A área A da seção transversal é diretamente proporcional à potência.

- **2º caso:** lâmpadas incandescentes de mesma potência operando sob tensões diferentes

Considere duas lâmpadas de mesma potência, sendo que uma delas é de 127 V e a outra de 220 V. Vamos supor que seus filamentos de tungstênio tenham o mesmo comprimento. A lâmpada de 220 V possui filamento mais fino do que a de 127 V.

$$De A = \frac{\rho \cdot L \cdot Pot}{U^2} \text{ e sendo a potência constante, concluímos que:}$$

A área da seção transversal é inversamente proporcional ao quadrado da tensão.

A emissão de luz na lâmpada incandescente

Quando a corrente elétrica atravessa o filamento de uma lâmpada incandescente, ocorre a transformação de energia elétrica em energia térmica devido às colisões dos elétrons que constituem a corrente elétrica com os átomos do filamento. À medida que a temperatura se eleva, torna-se mais intensa a emissão de energia radiante (ondas eletromagnéticas) pelo filamento. Entretanto, nem toda radiação emitida é visível. Por aquecimento, os átomos do filamento são excitados, isto é, seus elétrons passam para um nível energético mais elevado, saltando de uma órbita mais interna para outra mais externa. Quando o elétron volta a seu nível de energia anterior, ele emite, na forma de luz, a energia que recebeu, caso a frequência da radiação emitida esteja entre $4,0 \cdot 10^{14}$ Hz e $7,5 \cdot 10^{14}$ Hz.



Reprodução proibida. Art.184. do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.



EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

R. 57 Um resistor de resistência elétrica 121Ω tem dissipação nominal 100 W . Calcule:

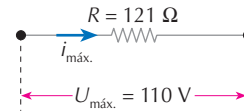
- a máxima ddp à qual ele poderá ser ligado;
- a máxima corrente elétrica que pode percorrê-lo.

Solução:

- a) **Dissipação nominal** é a potência máxima que o resistor pode dissipar: $Pot_{m\acute{a}x.} = 100 \text{ W}$. Como conhecemos a $Pot_{m\acute{a}x.}$ e a resistência elétrica do resistor $R = 121 \Omega$, utilizemos a fórmula:

$$Pot_{m\acute{a}x.} = \frac{U_{m\acute{a}x.}^2}{R} \Rightarrow U_{m\acute{a}x.}^2 = Pot_{m\acute{a}x.} \cdot R \Rightarrow U_{m\acute{a}x.}^2 = 100 \cdot 121 \Rightarrow U_{m\acute{a}x.} = 110 \text{ V}$$

- b) Pela lei de Ohm, temos: $i_{m\acute{a}x.} = \frac{U_{m\acute{a}x.}}{R} \Rightarrow i_{m\acute{a}x.} = \frac{110}{121} \Rightarrow i_{m\acute{a}x.} \approx 0,91 \text{ A}$



Resposta: a) 110 V ; b) $\approx 0,91 \text{ A}$

Observação:

Nesse resistor deve ser gravada a especificação ($100 \text{ W} - 110 \text{ V}$).

R. 58 Duas lâmpadas, uma de $10 \text{ W} - 110 \text{ V}$ e outra de $100 \text{ W} - 110 \text{ V}$, são ligadas em série a uma tomada de 220 V . O que acontece com as lâmpadas?

Solução:

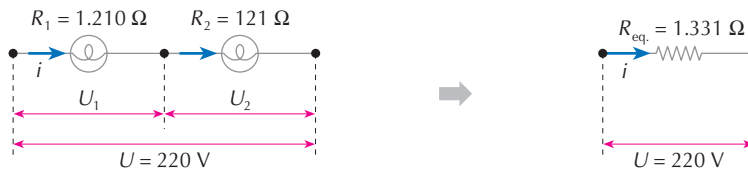
Sendo dados os valores nominais das lâmpadas (potência, ddp), determinemos suas resistências.

Como $Pot = \frac{U^2}{R}$, vem $R = \frac{U^2}{Pot}$. Assim:

$$R_1 = \frac{(110)^2}{10} \Rightarrow R_1 = 1.210 \Omega \text{ e } R_2 = \frac{(110)^2}{100} \Rightarrow R_2 = 121 \Omega$$

Ligando-as em série, a resistência equivalente é: $R_{eq.} = R_1 + R_2 \Rightarrow R_{eq.} = 1.331 \Omega$

As duas lâmpadas são percorridas pela mesma corrente elétrica i :



Pela lei de Ohm, temos:

$$i = \frac{U}{R_{eq.}} \Rightarrow i = \frac{220}{1.331} \Rightarrow i = \frac{20}{121} \text{ A}$$

Em cada lâmpada têm-se as ddps:

$$U_1 = R_1 \cdot i \Rightarrow U_1 = 1.210 \cdot \frac{20}{121} \Rightarrow U_1 = 200 \text{ V} \text{ e } U_2 = R_2 \cdot i \Rightarrow U_2 = 121 \cdot \frac{20}{121} \Rightarrow U_2 = 20 \text{ V}$$

Resposta: Na lâmpada de 10 W , a ddp é maior que a nominal ($200 \text{ V} > 110 \text{ V}$) e assim ela apresentará brilho acima do normal e logo queimará. Na de 100 W , a ddp é menor que a nominal ($20 \text{ V} < 110 \text{ V}$) e seu brilho será menor que o normal. Entretanto, quando a lâmpada de 10 W queimar, a de 100 W se apagará, pois como estão ligadas em série, o circuito ficará aberto.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

P. 139 Um resistor de resistência elétrica 10Ω tem dissipação nominal de 1 W . Determine:

- a máxima ddp à qual pode ser submetido;
- a máxima corrente elétrica que pode percorrê-lo.

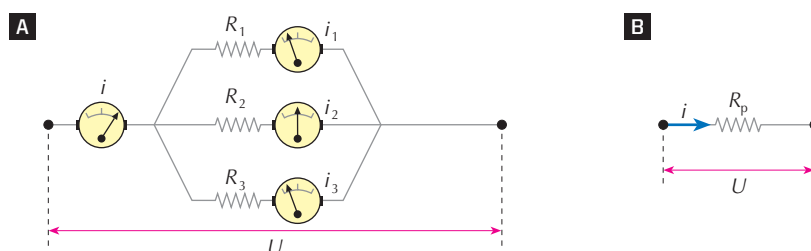
P. 140 Um eletricitista compra três lâmpadas com as seguintes características: L_1 ($200 \text{ W} - 110 \text{ V}$), L_2 ($100 \text{ W} - 110 \text{ V}$) e L_3 ($25 \text{ W} - 110 \text{ V}$). Em seguida, ele associa as três lâmpadas em série e aplica à associação uma ddp de 220 V . O que acontece com as lâmpadas?

Associação de resistores em paralelo

Objetivos

- ▶ Analisar a associação de resistores em paralelo.
- ▶ Compreender como obter a resistência do resistor equivalente em uma associação em paralelo.

Vários resistores estão associados em **paralelo** quando são **ligados pelos terminais**, de modo a ficarem submetidos **à mesma ddp**. Na **figura 7**, representamos três resistores de resistências elétricas R_1 , R_2 e R_3 , associados em paralelo, e o correspondente resistor equivalente, cuja resistência R_p é a resistência da associação. U é a ddp comum aos resistores.



▶ **Figura 7.** (A) Três resistores associados em paralelo. (B) O resistor equivalente.

A intensidade de corrente elétrica i do circuito principal divide-se, nos resistores associados, em valores i_1 , i_2 e i_3 . Com a ajuda de amperímetros convenientemente dispostos verifica-se que:

$$i = i_1 + i_2 + i_3$$

A intensidade de corrente em uma associação de resistores em paralelo é igual à soma das intensidades das correntes nos resistores associados.

Pela lei de Ohm, temos $U = R_1 \cdot i_1$, $U = R_2 \cdot i_2$, $U = R_3 \cdot i_3$. Portanto: $R_1 \cdot i_1 = R_2 \cdot i_2 = R_3 \cdot i_3$

Em uma associação de resistores em paralelo, o produto da resistência elétrica de cada um deles pela respectiva intensidade de corrente elétrica é igual para todos os resistores associados.

Ainda da lei de Ohm:

$$i_1 = \frac{U}{R_1}, i_2 = \frac{U}{R_2} \text{ e } i_3 = \frac{U}{R_3}$$

Em uma associação de resistores em paralelo, a intensidade de corrente elétrica em cada resistor é inversamente proporcional à sua resistência elétrica.

Submetido à ddp U da associação, o resistor equivalente à associação R_p será percorrido pela corrente total i , então:

$$U = R_p \cdot i \Rightarrow i = \frac{U}{R_p}$$

Como $i = i_1 + i_2 + i_3$ vem:

$$\frac{U}{R_p} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3} \Rightarrow \frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Em uma associação de resistores em paralelo, o inverso da resistência equivalente da associação é igual à soma dos inversos das resistências associadas.

No caso de **dois resistores** associados em paralelo temos:

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \Rightarrow \frac{1}{R_p} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2} \Rightarrow R_p = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Portanto, no caso da associação de dois resistores em paralelo, a resistência equivalente é dada pela razão entre o produto ($R_1 \cdot R_2$), e a soma ($R_1 + R_2$) das resistências dos resistores.

Se tivermos n resistores iguais, de resistência R cada um, obteremos:

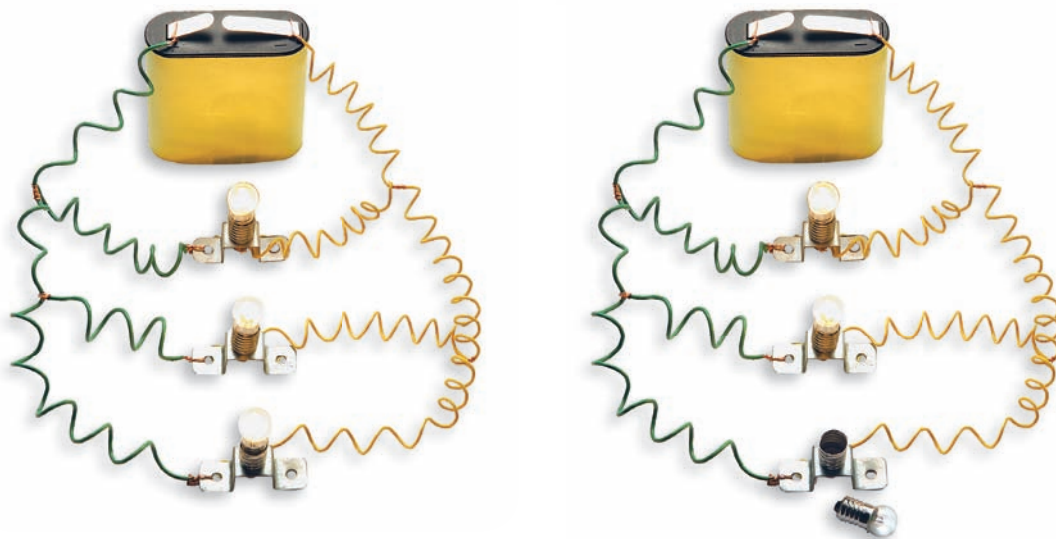
$R_1 = R_2 = R_3 = \dots = R_n = R$ e, então:

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \dots + \frac{1}{R} \Rightarrow \frac{1}{R_p} = \frac{n}{R} \Rightarrow R_p = \frac{R}{n}$$

A potência elétrica dissipada em cada resistor da associação é dada por:

$$Pot_1 = \frac{U^2}{R_1}, \quad Pot_2 = \frac{U^2}{R_2} \quad \text{e} \quad Pot_3 = \frac{U^2}{R_3}$$

Em uma associação de resistores em paralelo, a potência dissipada em cada resistor é inversamente proporcional à sua resistência elétrica.



▲ As três lâmpadas estão associadas em paralelo, isto é, sob uma mesma ddp; quando uma é removida, as outras mantêm sua luminosidade, indicando não ter havido alteração nas correntes elétricas que as atravessam.

EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

R. 59 Um resistor de 5Ω e um resistor de 20Ω são associados em paralelo e a essa associação aplica-se uma ddp de 100 V .

- Qual a resistência equivalente da associação?
- Qual a intensidade de corrente elétrica em cada resistor?
- Qual a intensidade de corrente elétrica na associação?

Solução:

A sequência para a solução do exercício está esquematizada nas figuras ao lado.

a) A resistência equivalente é (fig. I):

$$R_p = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \Rightarrow R_p = \frac{5 \cdot 20}{5 + 20} \Rightarrow R_p = 4 \Omega$$

b) Pela lei de Ohm, as intensidades de corrente elétrica são (fig. II):

$$i_1 = \frac{U}{R_1} \Rightarrow i_1 = \frac{100}{5} \Rightarrow i_1 = 20 \text{ A}$$

$$i_2 = \frac{U}{R_2} \Rightarrow i_2 = \frac{100}{20} \Rightarrow i_2 = 5 \text{ A}$$

c) A intensidade de corrente elétrica na associação valerá:

$$i = i_1 + i_2 \Rightarrow i = 20 + 5 \Rightarrow i = 25 \text{ A}$$

Resposta: a) 4Ω ; b) $i_1 = 20 \text{ A}$ e $i_2 = 5 \text{ A}$; c) 25 A

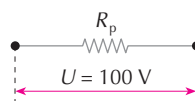
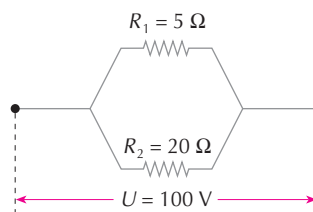


Figura I.

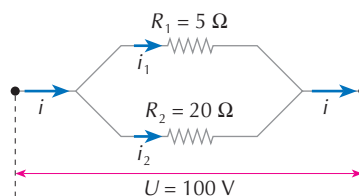


Figura II.

R. 60 Na associação ao lado, A é um aquecedor onde está gravado ($200 \text{ W} - 100 \text{ V}$) e f é um fusível de resistência desprezível que suporta uma corrente elétrica máxima de 3 A . Calcule o menor valor da resistência elétrica de um resistor que pode ser ligado em paralelo com o aquecedor sem queimar o fusível.

Solução:

O aquecedor está ligado corretamente, pois $U = 100 \text{ V}$ e, desse modo, ele dissipa a potência $Pot = 200 \text{ W}$. Então, a corrente que o percorre terá intensidade:

$$Pot = U \cdot i_1 \Rightarrow i_1 = \frac{Pot}{U} \Rightarrow i_1 = \frac{200}{100} \Rightarrow i_1 = 2 \text{ A}$$

Deve-se ter $i = 3 \text{ A}$, pois acima desse valor o fusível queima.

No resistor R, em paralelo, poderá passar a corrente i_2 , tal que:

$$i = i_1 + i_2 \Rightarrow i_2 = i - i_1 = 3 - 2 \Rightarrow i_2 = 1 \text{ A}$$

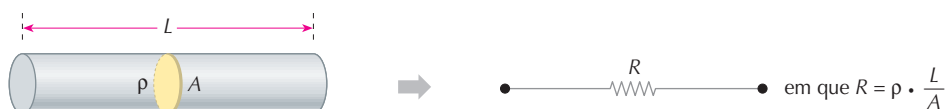
Portanto, pela lei de Ohm: $R = \frac{U}{i_2} \Rightarrow R = \frac{100}{1} \Rightarrow R = 100 \Omega$

Resposta: 100Ω

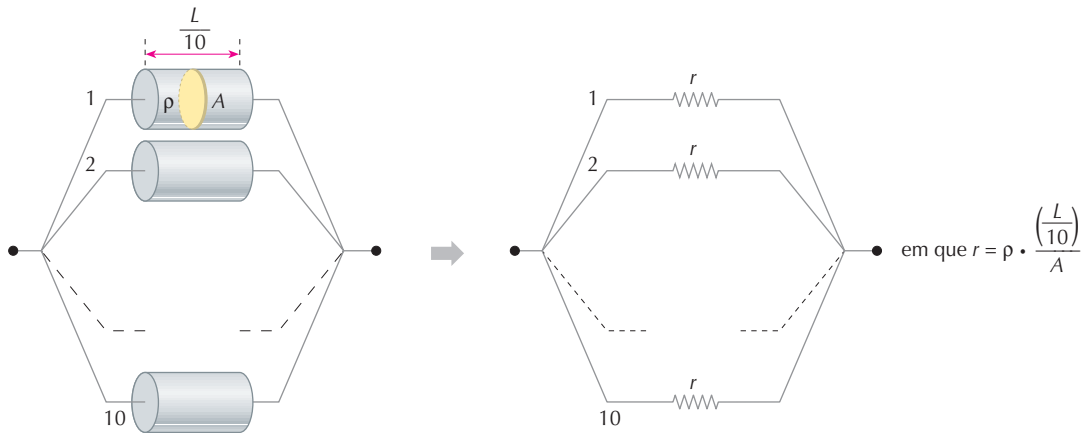
R. 61 Um fio condutor homogêneo, de seção transversal constante de área A e comprimento L, tem resistência elétrica R. Esse fio é dividido em 10 pedaços iguais que são ligados em paralelo, formando um cabo cuja resistência vale R_c . Calcule a relação entre R_c e R.

Solução:

O fio condutor de resistividade ρ pode ser esquematizado da seguinte maneira:



Para o cabo formado temos:



A resistência elétrica r de cada pedaço valerá: $r = \frac{1}{10} \cdot \rho \cdot \frac{L}{A} \Rightarrow r = \frac{1}{10} \cdot R$

Por outro lado, a resistência elétrica do cabo R_c será equivalente a 10 resistores iguais de resistência elétrica r cada um, associados em paralelo. Portanto:

$$R_c = \frac{r}{10} \Rightarrow R_c = \frac{\left(\frac{1}{10} \cdot R\right)}{10} \Rightarrow R_c = \frac{1}{100} \cdot R \Rightarrow \boxed{\frac{R_c}{R} = \frac{1}{100}}$$

Resposta: $\frac{1}{100}$

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

P. 141 Associam-se em paralelo dois resistores de resistências $R_1 = 20 \Omega$ e $R_2 = 30 \Omega$, e a essa associação aplica-se a ddp de 120 V.

- Qual a resistência equivalente da associação?
- Quais as intensidades de corrente elétrica em cada resistor?
- Qual a intensidade de corrente elétrica na associação?

P. 142 Três lâmpadas incandescentes iguais estão associadas em paralelo, e a ddp entre os terminais da associação é mantida constante. Se uma das lâmpadas queimar, o que ocorrerá com a intensidade de corrente elétrica em cada uma das outras?

P. 143 Em uma residência são ligados em paralelo, simultaneamente, 12 lâmpadas de 100 W cada, um ferro elétrico de 720 W, um chuveiro de 2.400 W, um aquecedor de 1.200 W e um liquidificador de 360 W. A ddp constante na residência é de 120 V. Calcule a intensidade de corrente elétrica que atravessa o fusível que protege o circuito.

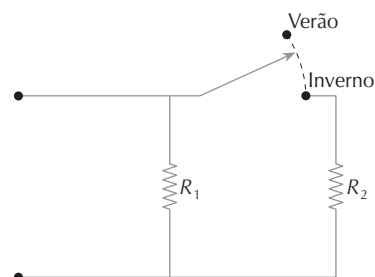
P. 144 (Fuvest-SP) Várias lâmpadas idênticas estão ligadas em paralelo a uma rede de alimentação de 110 V. Sabendo-se que a corrente elétrica que percorre cada lâmpada é de $\frac{6}{11}$ A, pergunta-se:

- Qual a potência dissipada em cada lâmpada?
- Se a instalação das lâmpadas estiver protegida por um fusível que suporta até 15 A, quantas lâmpadas, no máximo, podem ser ligadas?

P. 145 (UFRJ) Você dispõe de várias lâmpadas idênticas, de 60 W — 120 V, e de uma fonte de tensão capaz de manter em seus terminais, sob quaisquer condições, uma diferença de potencial constante e igual a 120 V. Considere as lâmpadas funcionando normalmente, isto é, com seu brilho máximo. Calcule quantas lâmpadas, no máximo, podem ser ligadas a essa fonte sem queimar um fusível de 15 A que protege a rede.

P. 146 (PUC-RJ) O sistema de aquecimento de um chuveiro elétrico está representado na figura abaixo. Com a chave na posição “inverno”, o chuveiro dissipa 2.200 W, enquanto, na posição “verão”, dissipa 1.100 W. A tensão na rede de alimentação é de 110 V. Admitindo que os valores dessas resistências não variam com a temperatura, responda:

- Qual o valor da corrente que passa pelo fio de alimentação do chuveiro quando este é ligado na posição “inverno”?
- Qual o valor das resistências R_1 e R_2 ?



Seção 7.3

Associação mista de resistores

Objetivo

► Analisar a associação mista de resistores.

Termos e conceitos

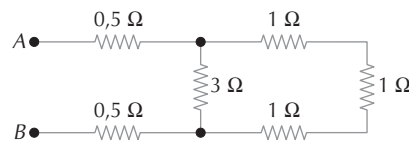
- nós
- terminais de uma associação de resistores

As **associações mistas** de resistores são aquelas constituídas por associações em paralelo e associações em série. Qualquer associação mista pode ser substituída por um resistor equivalente, que se obtém considerando-se que cada associação parcial (em série ou em paralelo) equivale a apenas um resistor.

Para determinar a resistência equivalente em uma associação é muito útil designar os **nós** e os **terminais** da associação por letras. **Nós** são os pontos em que a corrente se divide; **terminais**, os pontos entre os quais se quer determinar a resistência equivalente. Simplifica-se aos poucos o esquema resolvendo as associações em que os resistores estejam claramente em série (um depois do outro, sem ramificação) ou em paralelo (ligados aos mesmos pontos). **Cuidado:** durante o processo não podem desaparecer os terminais da associação.

EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

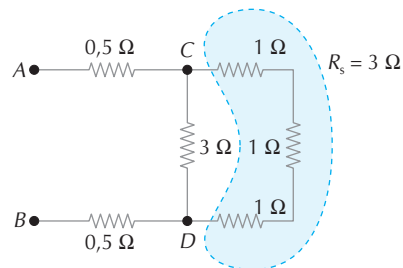
R. 62 Dada a associação na figura, calcule a resistência equivalente entre os pontos A e B.



Solução:

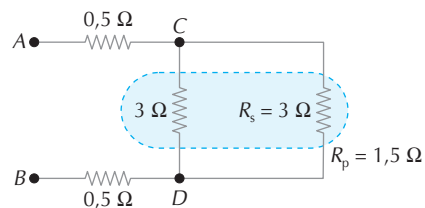
Nessa associação, A e B são os **terminais** (pontos entre os quais se quer calcular a resistência equivalente); chamemos de C e D os **nós** (pontos em que a corrente se divide). De início, só temos certeza de que os três resistores de 1 Ω cada estão associados em série; então:

$$R_s = 1 + 1 + 1 \Rightarrow R_s = 3 \Omega$$



Substituindo os três resistores pelo seu equivalente e refazendo o esquema, os dois resistores de 3 Ω cada, entre C e D, estão associados em paralelo; então, sendo os dois resistores iguais, vem:

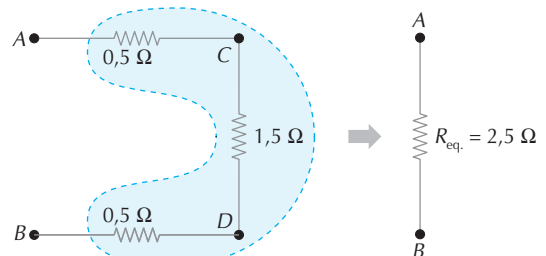
$$R_p = \frac{R_s}{n} \Rightarrow R_p = \frac{3}{2} \Rightarrow R_p = 1,5 \Omega$$



Finalmente, no esquema ao lado, os resistores 0,5 Ω, 1,5 Ω e 0,5 Ω estão associados em série entre os terminais A e B. A resistência equivalente da associação será:

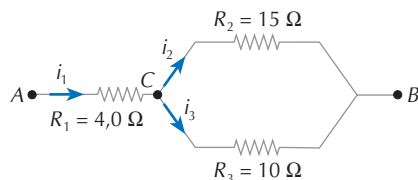
$$R_{eq.} = 0,5 + 1,5 + 0,5 \Rightarrow R_{eq.} = 2,5 \Omega$$

Resposta: 2,5 Ω



R. 63 No circuito elétrico esquematizado abaixo tem-se $i_2 = 2,0$ A. Determine:

- a intensidade da corrente elétrica i_1 ;
- a diferença de potencial entre os pontos A e B.



Solução:

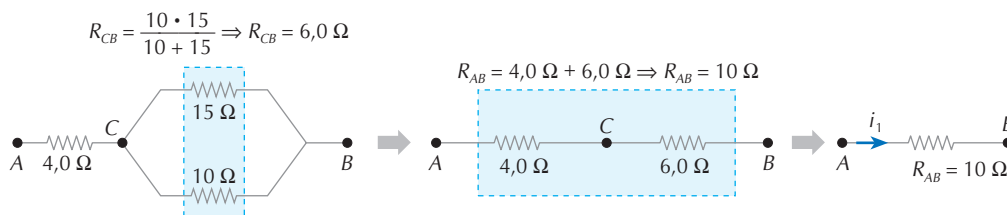
a) Os resistores de resistências R_2 e R_3 estão em paralelo e, portanto, sob mesma ddp:

$$R_2 \cdot i_2 = R_3 \cdot i_3 \Rightarrow 15 \cdot 2,0 = 10 \cdot i_3 \Rightarrow i_3 = 3,0 \text{ A}$$

Assim, a intensidade da corrente elétrica total i_1 será:

$$i_1 = i_2 + i_3 \Rightarrow i_1 = 2,0 + 3,0 \Rightarrow \boxed{i_1 = 5,0 \text{ A}}$$

b) Vamos, inicialmente, determinar a resistência equivalente da associação:



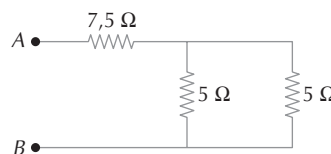
A resistência equivalente $R_{AB} = 10 \Omega$ é percorrida pela corrente elétrica $i_1 = 5,0$ A. Logo:

$$U_{AB} = R_{AB} \cdot i_1 \Rightarrow U_{AB} = 10 \cdot 5,0 \Rightarrow \boxed{U_{AB} = 50 \text{ V}}$$

Resposta: a) 5,0 A; b) 50 V

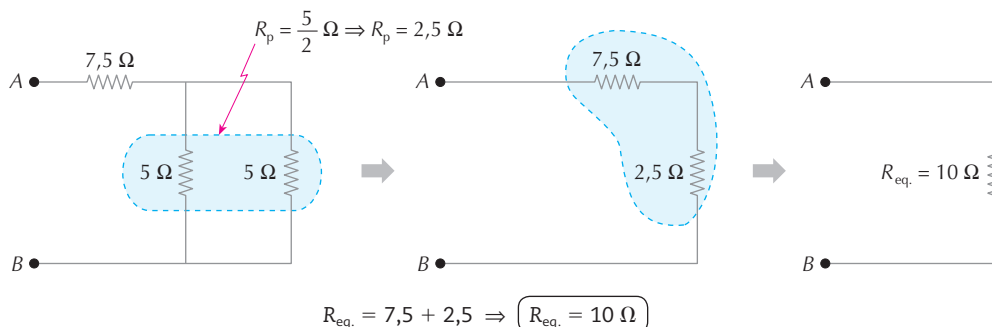
R. 64 No circuito esquematizado, a ddp entre os terminais A e B vale 100 V. Determine:

- a resistência equivalente entre os pontos A e B;
- a intensidade de corrente elétrica no resistor de $7,5 \Omega$;
- a intensidade de corrente elétrica em cada um dos resistores de 5Ω .



Solução:

a) Resolvendo a associação, temos:



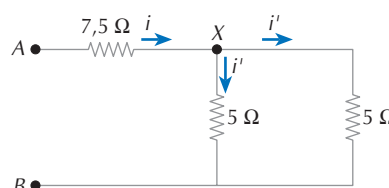
$$R_{eq} = 7,5 + 2,5 \Rightarrow \boxed{R_{eq} = 10 \Omega}$$

b) Sendo $U_{AB} = 100$ V, a aplicação da lei de Ohm à resistência equivalente fornece:

$$U_{AB} = R_{eq} \cdot i \Rightarrow 100 = 10 \cdot i \Rightarrow \boxed{i = 10 \text{ A}}$$

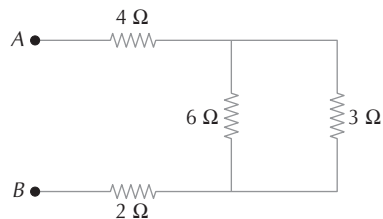
c) Ao atingir o nó X indicado na figura, a corrente total $i = 10$ A que atravessa o resistor de $7,5 \Omega$ se divide em duas correntes iguais, cada uma com intensidade i' , tal que:

$$i' = \frac{i}{2} \Rightarrow i' = \frac{10}{2} \Rightarrow \boxed{i' = 5 \text{ A}}$$



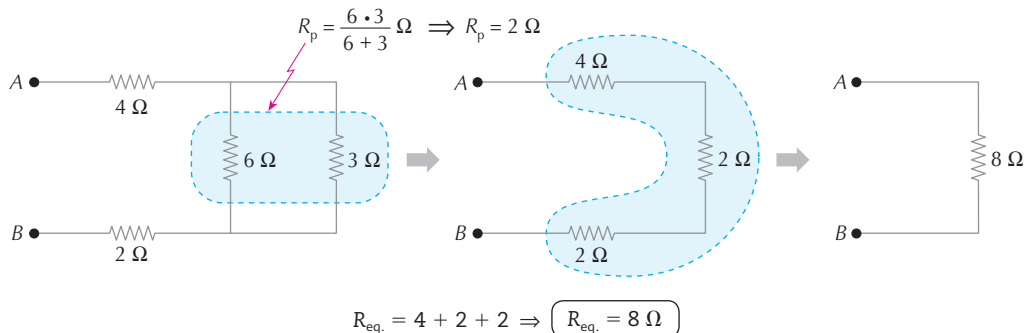
Resposta: a) 10 Ω ; b) 10 A; c) 5 A

- R. 65** O resistor de $4\ \Omega$ do circuito esquematizado é percorrido por corrente elétrica de intensidade $3\ \text{A}$. Determine:
- a resistência equivalente entre os pontos A e B;
 - a ddp entre os terminais A e B do circuito;
 - a intensidade da corrente elétrica em cada um dos resistores de $6\ \Omega$ e $3\ \Omega$.



Solução:

a) Resolvendo a associação, temos:



b) Aplicando a lei de Ohm à resistência equivalente, pois a corrente elétrica que percorre o resistor de $4\ \Omega$ ($i = 3\ \text{A}$) é a corrente total, temos:

$$U_{AB} = R_{eq.} \cdot i \Rightarrow U_{AB} = 8 \cdot 3 \Rightarrow U_{AB} = 24\ \text{V}$$

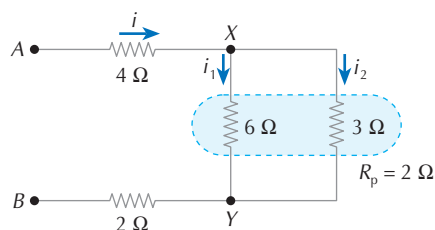
c) Para determinar a intensidade das correntes elétricas nos resistores de $6\ \Omega$ e $3\ \Omega$, devemos determinar a ddp entre os pontos X e Y destacados na figura:

$$U_{XY} = R_p \cdot i \Rightarrow U_{XY} = 2 \cdot 3 \Rightarrow U_{XY} = 6\ \text{V}$$

Aplicando a lei de Ohm a cada um dos resistores entre X e Y, temos:

$$U_{XY} = R_1 \cdot i_1 \Rightarrow 6 = 6 \cdot i_1 \Rightarrow i_1 = 1\ \text{A}$$

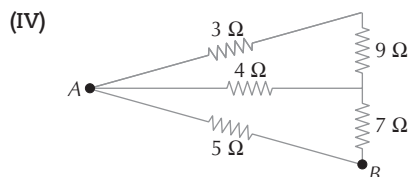
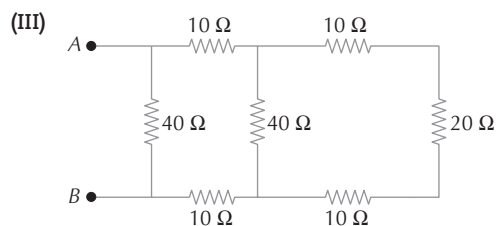
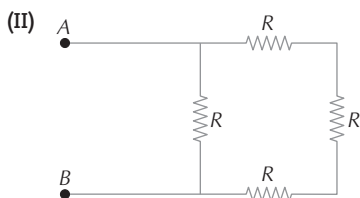
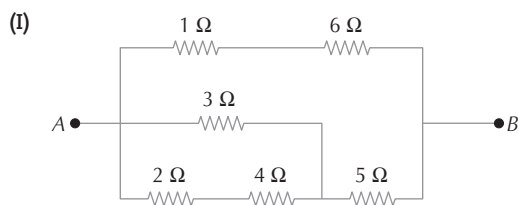
$$U_{XY} = R_2 \cdot i_2 \Rightarrow 6 = 3 \cdot i_2 \Rightarrow i_2 = 2\ \text{A}$$



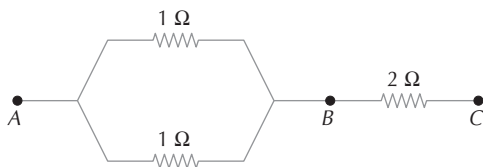
Resposta: a) $8\ \Omega$; b) $24\ \text{V}$; c) $i_1 = 1\ \text{A}$ e $i_2 = 2\ \text{A}$

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

P. 147 Calcule a resistência equivalente das associações esquematizadas abaixo entre os terminais denominados A e B.

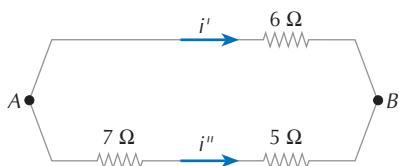


P. 148 Na associação da figura abaixo, a ddp entre A e C é 120 V.

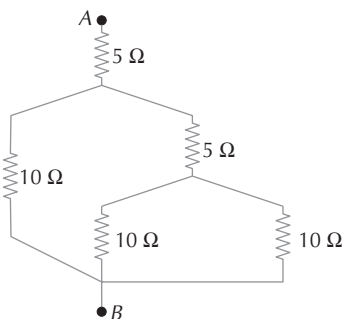


- Qual a ddp entre A e B?
- Qual a intensidade de corrente elétrica em cada resistência de 1 Ω?

P. 149 Na associação da figura abaixo, sendo $i' = 6$ A, calcule a intensidade de corrente elétrica i'' .

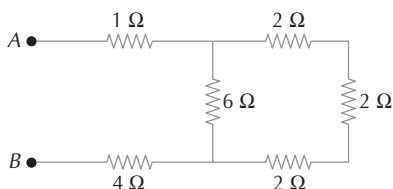


P. 150 Entre os terminais A e B da figura aplica-se a ddp de 200 V. Calcule as intensidades de corrente elétrica em cada resistor.

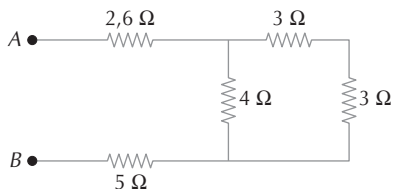


P. 151 A ddp entre os terminais A e B do circuito esquematizado vale 80 V. Determine:

- a intensidade de corrente elétrica no resistor de 4 Ω;
- a ddp no resistor de 6 Ω;
- a intensidade de corrente elétrica em cada um dos resistores de 2 Ω.



P. 152 O resistor de 5 Ω da associação esquematizada é percorrido por corrente elétrica de intensidade 4 A.



Determine:

- a resistência equivalente entre os terminais A e B;
- a ddp entre os pontos A e B;
- a intensidade de corrente elétrica no resistor de 4 Ω e em cada um dos resistores de 3 Ω.



Curto-circuito

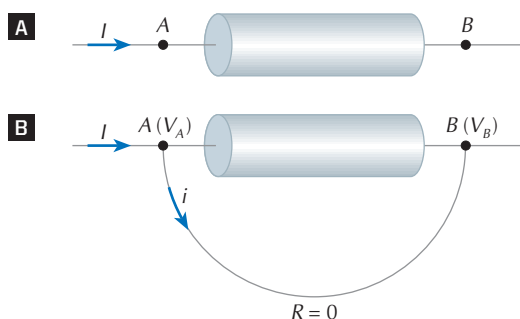
Objetivos

► Apresentar as principais características de um curto-circuito.

► Analisar o funcionamento da chave reguladora de temperatura em um chuveiro elétrico.

Provoca-se um **curto-circuito** entre dois pontos de um circuito quando esses pontos são ligados por um condutor de resistência desprezível.

Na **figura 8A**, entre os pontos *A* e *B*, temos um aparelho elétrico percorrido por corrente de intensidade *I*. Ligando-se um condutor de resistência desprezível entre esses pontos (em paralelo ao aparelho), provoca-se um curto-circuito entre *A* e *B* (**fig. 8B**).

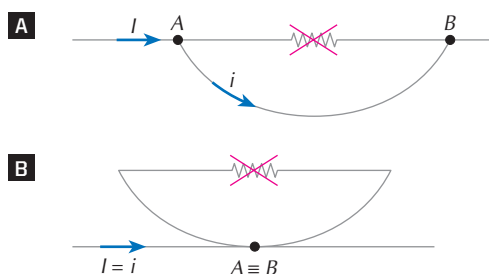


◀ **Figura 8.** Aparelho elétrico ligado entre *A* e *B* (A) e colocado em curto-circuito (B).

No condutor, pela lei de Ohm, temos:

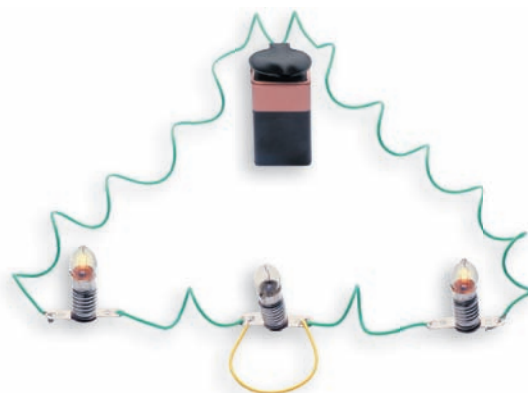
$$V_A - V_B = R \cdot i = 0 \Rightarrow V_A - V_B = 0 \Rightarrow V_A = V_B$$

Mantida a corrente *I*, esta passará totalmente pelo condutor ($I = i$). Se o aparelho elétrico for, por exemplo, um resistor, ele deixará de funcionar; ao mudarmos o esquema do circuito, ele poderá ser retirado (**fig. 9**).



◀ **Figura 9.** (A) O resistor está em curto-circuito. (B) Os pontos *A* e *B*, de mesmo potencial, são considerados coincidentes.

Sempre que dois pontos de um circuito tiverem o mesmo potencial, eles poderão ser considerados coincidentes em um novo esquema do mesmo circuito.



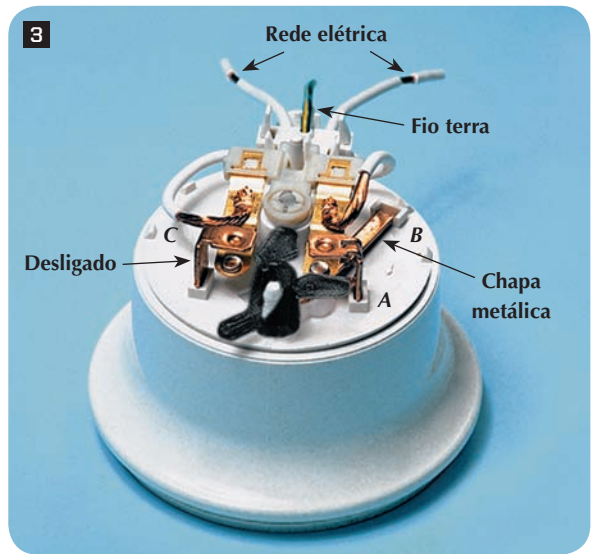
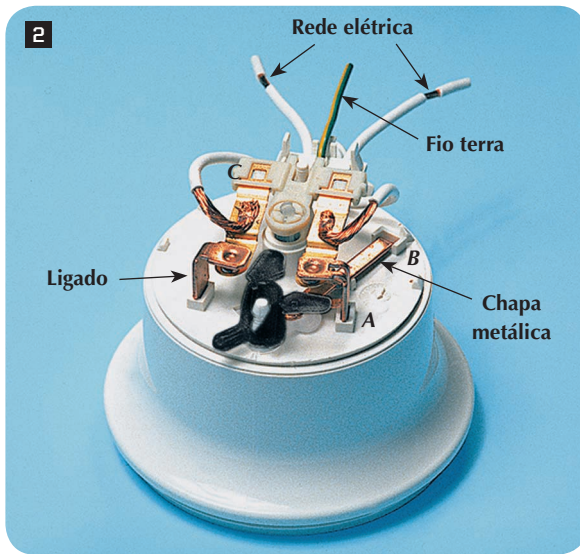
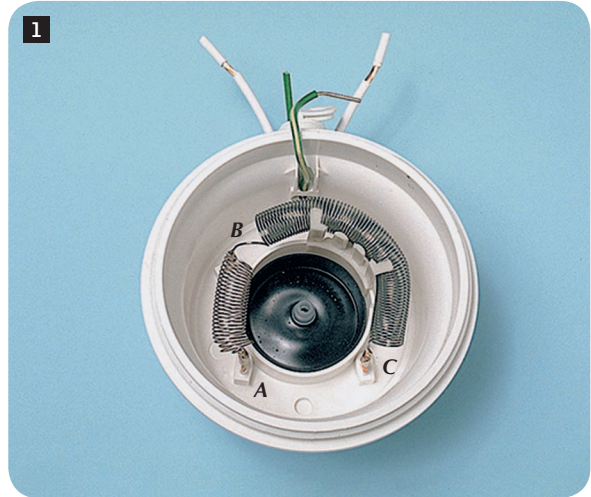
◆ Na associação apresentada, a lâmpada do meio está em curto-circuito e, por isso, permanece apagada. Responda: o brilho das outras lâmpadas aumentaria ou diminuiria, comparando com a situação em que a lâmpada do meio não estava em curto-circuito? Por quê?

O chuveiro elétrico

Observe o resistor de um chuveiro (foto 1). Ao colocar a chave na posição “inverno”, os pontos A e B ficam em curto-circuito e o resistor a ser atravessado pela corrente elétrica vai de B até C. Na parte superior do chuveiro destacamos a chave na posição “inverno” e a chapa metálica que produz o curto-circuito entre os pontos A e B (foto 2).

Com a chave na posição “verão”, todo o resistor (de A até C) é percorrido pela corrente elétrica. Portanto, nessa posição, a resistência elétrica do chuveiro é maior do que na posição “inverno”.

Na foto 3 o chuveiro está desligado. É interessante notar que, quando abrimos a torneira do chuveiro, ele liga automaticamente. Isso ocorre porque o chuveiro possui um diafragma que, pressionado pela água, estabelece a ligação elétrica.



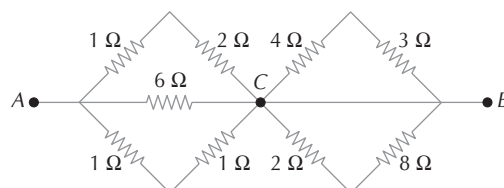
Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.



Conteúdo digital Moderna PLUS <http://www.modernaplus.com.br>
A Física em nosso Mundo: *Instalação elétrica domiciliar*

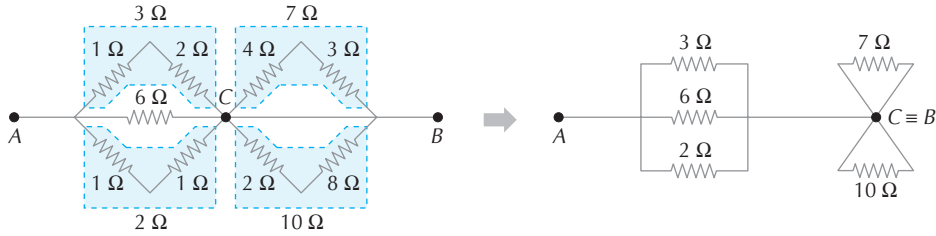
EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

R. 66 Dada a associação na figura abaixo, calcule a resistência equivalente entre os terminais A e B.



Solução:

O nó C e o terminal B estão ligados por um condutor de resistência desprezível. Portanto, o trecho CB está em curto-circuito ($V_C = V_B$) e os pontos B e C podem ser considerados coincidentes.

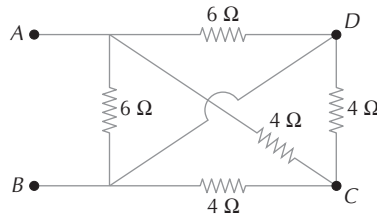


Os resistores de 3 Ω, 6 Ω e 2 Ω estão associados em paralelo e os resistores de 7 Ω e 10 Ω não funcionam, pois seus terminais são coincidentes ($C \equiv B$). A resistência equivalente entre A e B valerá:

$$\frac{1}{R_{AB}} = \frac{1}{3} + \frac{1}{6} + \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{1}{R_{AB}} = \frac{2 + 1 + 3}{6} \Rightarrow \frac{1}{R_{AB}} = \frac{6}{6} \Rightarrow R_{AB} = 1 \Omega$$

Resposta: 1 Ω

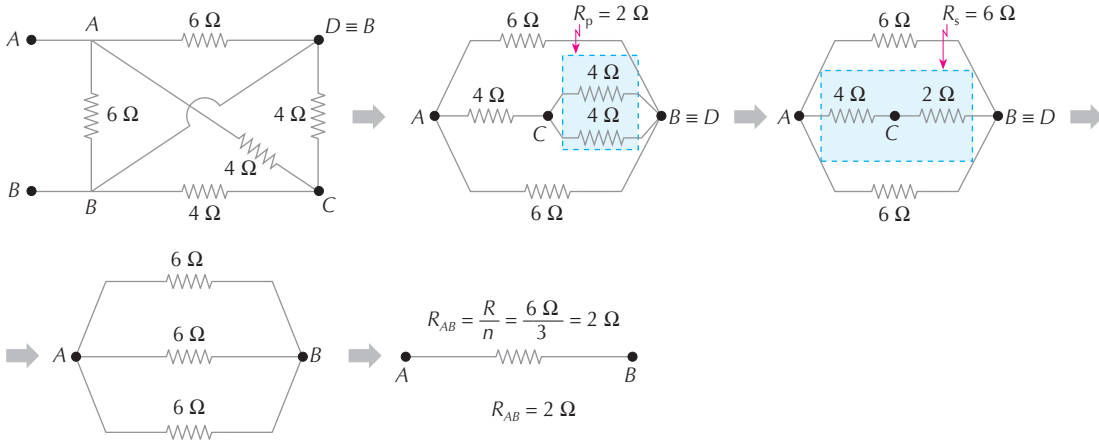
R. 67 Para a associação esquematizada, determine a resistência equivalente entre os terminais A e B.



Solução:

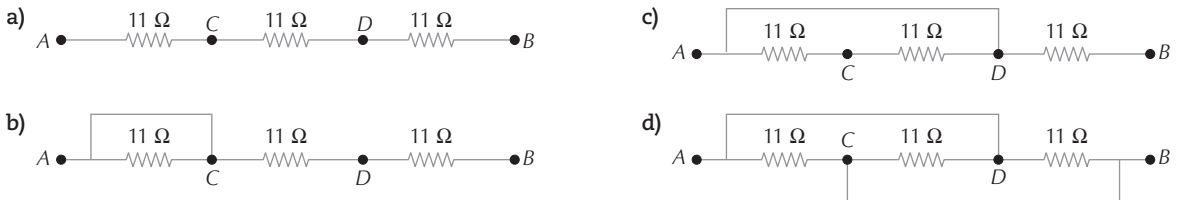
O nó D e o terminal B estão ligados por um condutor de resistência desprezível. Portanto, o trecho DB está em curto-circuito ($V_B = V_D$) e os pontos B e D podem ser considerados coincidentes. Nessas condições refaz-se o esquema transportando-se os resistores.

Temos a seguinte sequência:



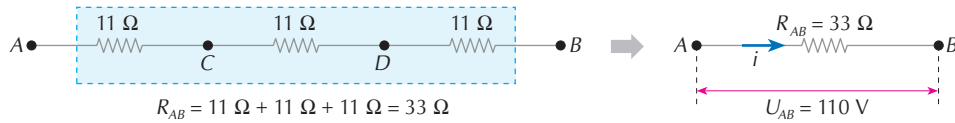
Resposta: 2 Ω

R. 68 Têm-se três resistores iguais, de resistência 11 Ω, uma fonte que mantém entre A e B a ddp de 110 V e fios de resistência nula. Qual a intensidade de corrente elétrica em cada resistor nas situações esquematizadas abaixo, segundo as colocações dos fios de resistência nula?



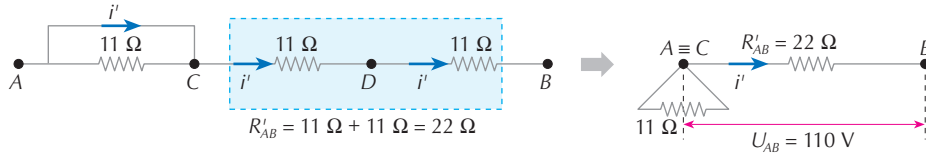
Solução:

a) Os três resistores estão associados em série:



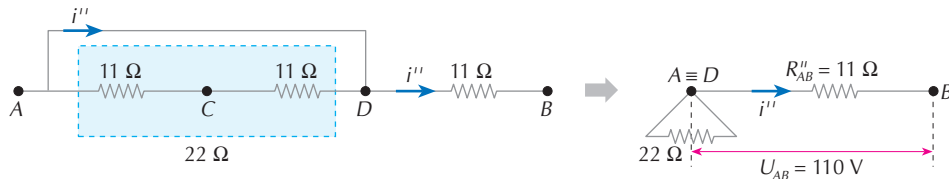
Pela lei de Ohm, temos: $i = \frac{U_{AB}}{R_{AB}} \Rightarrow i = \frac{110}{33} \Rightarrow i \approx 3,3 \text{ A}$

b) Os pontos A e C estão em curto-circuito:



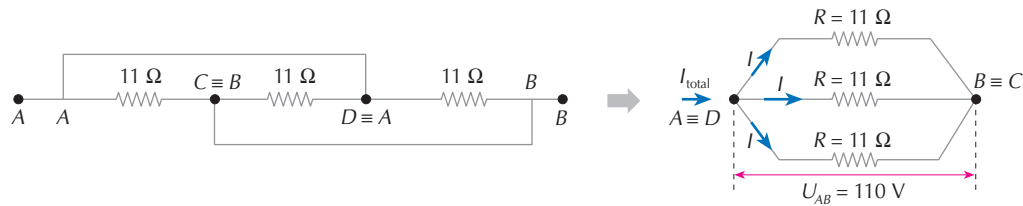
Pela lei de Ohm, temos: $i' = \frac{U_{AB}}{R'_{AB}} \Rightarrow i' = \frac{110}{22} \Rightarrow i' = 5 \text{ A}$

c) Os pontos A e D estão em curto-circuito:



Pela lei de Ohm, temos: $i'' = \frac{U_{AB}}{R''_{AB}} \Rightarrow i'' = \frac{110}{11} \Rightarrow i'' = 10 \text{ A}$

d) Os pontos A e D estão em curto-circuito, bem como os pontos C e B:



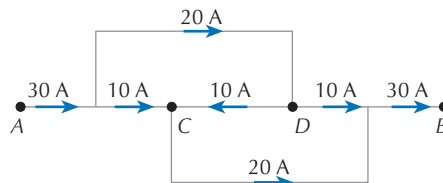
Nesse caso, em cada resistor R, a intensidade da corrente elétrica será:

$I = \frac{U_{AB}}{R} \Rightarrow I = \frac{110}{11} \Rightarrow I = 10 \text{ A}$

e a corrente total (I_{total}):

$I_{total} = 3 \cdot 10 \Rightarrow I_{total} = 30 \text{ A}$

Em cada trecho do circuito têm-se as correntes esquematizadas:

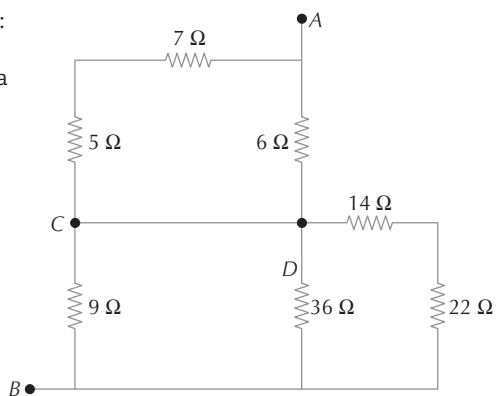


Resposta: a) $\approx 3,3 \text{ A}$; b) 5 A ; c) 10 A ; d) 10 A

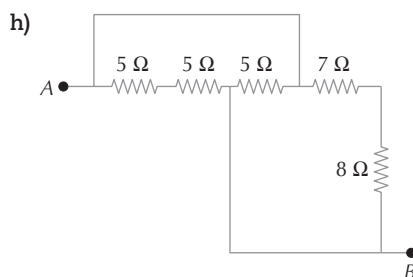
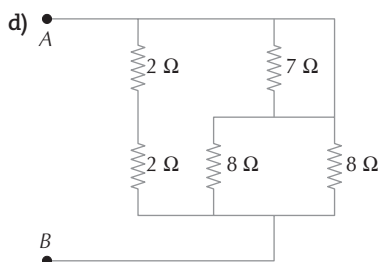
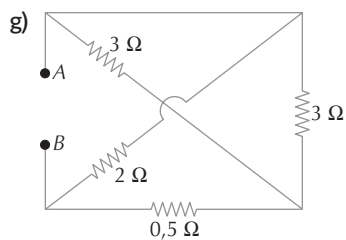
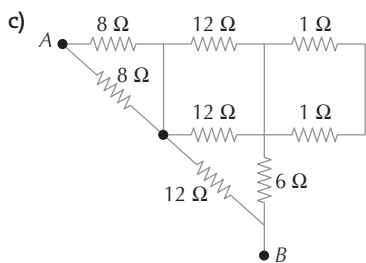
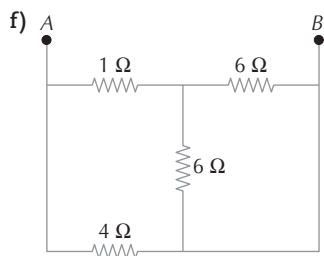
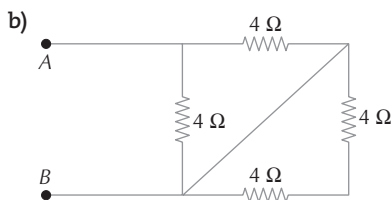
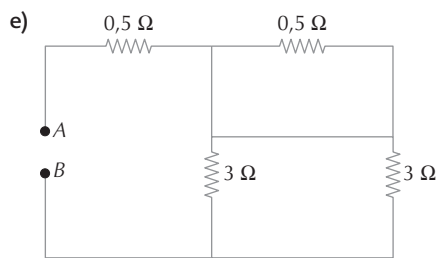
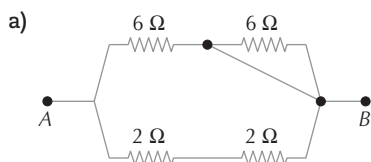


EXERCÍCIOS PROPOSTOS

- P. 153** Considerando a associação da figura, responda:
 a) Qual é a resistência equivalente entre A e B?
 b) Se for retirado o fio CD, qual a nova resistência equivalente?



- P. 154** Calcule a resistência equivalente das associações esquematizadas abaixo entre os terminais A e B:

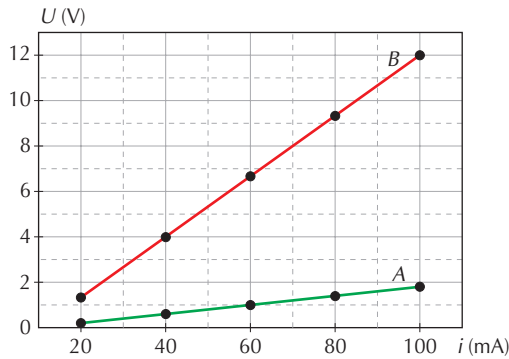


P. 155 Um resistor de resistência elétrica R , submetido à ddp U , é percorrido por uma corrente elétrica. Associando-o em série com outro resistor de resistência $R' = 12 \Omega$ e aplicando-se a essa associação a mesma ddp U , a intensidade da corrente elétrica cai a $\frac{1}{4}$ do valor anterior. Calcule o valor da resistência R .

P. 156 Um ferro elétrico foi projetado para ser ligado a uma ddp de 110 V e dissipar a potência de 440 W. Para que possa ser utilizado sob a ddp de 220 V, é necessário, por exemplo, ligá-lo a um resistor em série. Calcule a resistência elétrica desse resistor adicional.

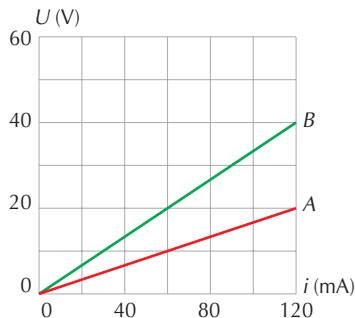
EXERCÍCIOS PROPOSTOS DE RECAPITULAÇÃO

P. 157 (UFSCar-SP) Numa experiência com dois resistores, R_1 e R_2 , ligados em série e em paralelo, os valores obtidos para tensão e corrente estão mostrados nos gráficos.



- Analisando os gráficos, qual deles corresponde à associação em série e à associação em paralelo dos resistores? Justifique sua resposta.
- O coeficiente angular dos gráficos corresponde à resistência equivalente das associações em série e em paralelo. Considerando que o coeficiente angular do gráfico A seja 16,7 e do gráfico B seja 120, obtenha os valores das resistências de R_1 e de R_2 .

P. 158 (PUC-SP) Foram realizados ensaios elétricos com dois resistores A e B. Cada um foi submetido a uma tensão elétrica contínua U , crescente, e mediu-se a correspondente corrente i . Os resultados estão representados no gráfico.

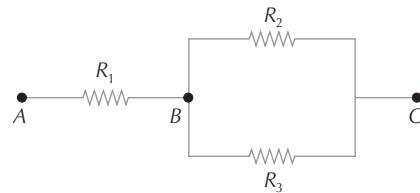


- Mostre que os dois resistores obedecem à lei de Ohm. Qual a resistência de cada um, em quiloohm?

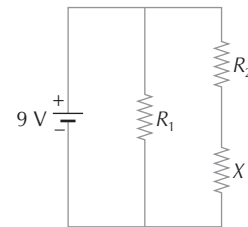
- Construa os gráficos $U \times i$ correspondentes aos resistores R e S obtidos por associação de A e B em paralelo e em série, respectivamente.

P. 159 (Ufal) Considere a associação de três resistores ôhmicos de resistências $R_1 = 6,8 \Omega$, $R_2 = 4,0 \Omega$ e $R_3 = 16 \Omega$, como representa o esquema. Sabendo que a intensidade da corrente elétrica que passa por R_3 vale 2,0 A, determine:

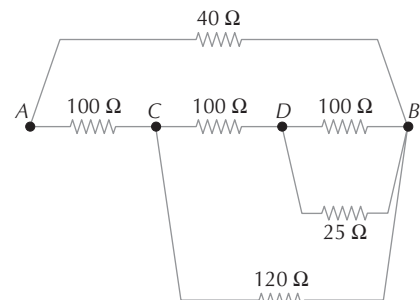
- a intensidade da corrente que passa por R_1 ;
- a ddp entre os pontos A e C.



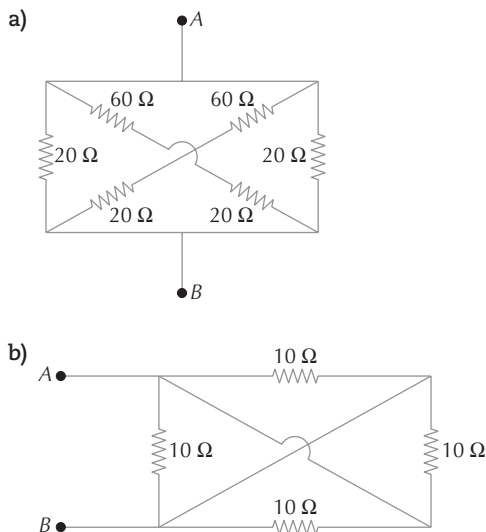
P. 160 (UFPE) No circuito esquematizado abaixo, $R_1 = R_2 = 2$ ohms e a corrente fornecida pela bateria é igual a 7,5 A. Calcule o valor da resistência X, em ohms.



P. 161 Para o circuito da figura, a ddp entre A e B vale 320 V. Calcule a ddp entre os pontos D e B.



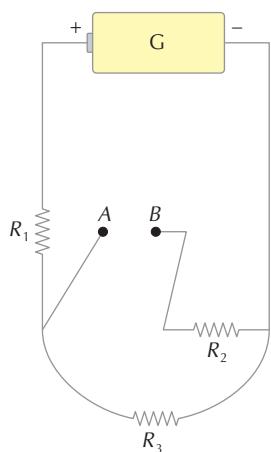
P. 162 Nas associações seguintes aplica-se entre A e B a ddp de 100 V. Calcule a potência dissipada em cada associação.



P. 163 (Vunesp) Um estudante tem que usar três resistores de mesma resistência R e uma lâmpada para montar um circuito e ligá-lo aos terminais de uma fonte de tensão contínua de 20 V. Sabe-se que a lâmpada tem resistência de $5,0 \Omega$ e potência de $5,0 \text{ W}$. Para $R = 10 \Omega$, pede-se:

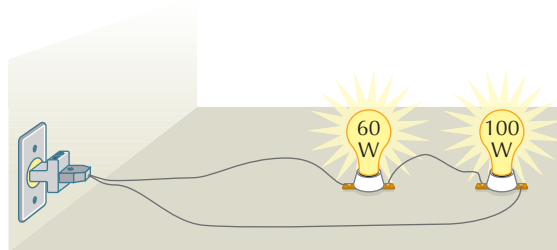
- as possíveis diferentes associações dos três resistores que o estudante pode escolher e as resistências equivalentes R_{eq} para cada caso;
- a associação de resistores mais adequada para que, quando ligada em série com a lâmpada, esta não queime e se mantenha acesa com o brilho mais intenso. Justifique.

P. 164 (UFBA) No circuito representado abaixo, os fios de ligação são ideais, a diferença de potencial fornecida pelo gerador G é igual a 20 V, e as resistências elétricas dos resistores ôhmicos R_1 , R_2 e R_3 são, respectivamente, 2Ω , 1Ω e 14Ω .



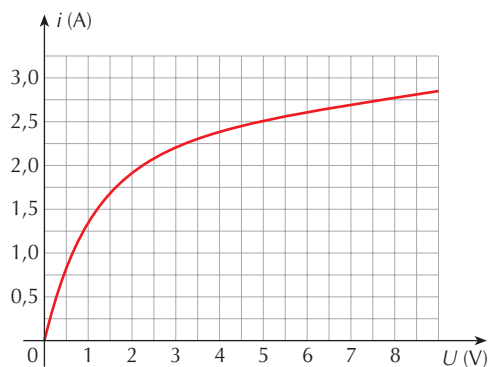
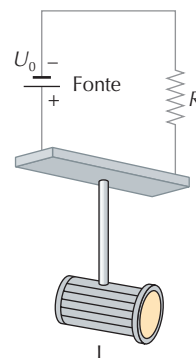
Determine o número de resistores de 2Ω que devem ser associados em série, entre os pontos A e B, para que o resistor R_1 dissipe uma potência igual a 18 W .

P. 165 (PUC-RJ) A tomada de sua casa produz uma ddp de 120 V. Você vai ao supermercado e compra duas lâmpadas, uma de 60 W e outra de 100 W . Essas especificações correspondem à situação em que a lâmpada é conectada isoladamente à ddp considerada.



Você conecta as duas lâmpadas em série como mostrado na figura. Qual a que brilhará mais?

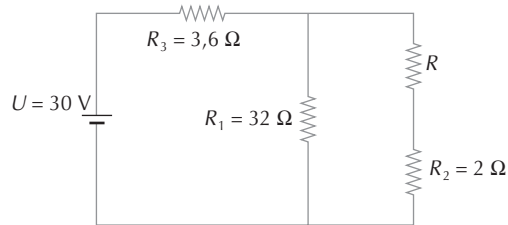
P. 166 (Fuvest-SP) Dispõe-se de uma lâmpada decorativa especial L, cuja curva característica, fornecida pelo manual do fabricante, é apresentada a seguir. Deseja-se ligar essa lâmpada em série com uma resistência $R = 2,0 \Omega$, a uma fonte de tensão U_0 , como no circuito abaixo. Por precaução, a potência dissipada na lâmpada deve ser igual à potência dissipada no resistor.



Para as condições acima:

- Represente a curva característica i versus U do resistor na própria reprodução do gráfico fornecido pelo fabricante, identificando-a com a letra R.
- Determine, utilizando o gráfico, a corrente i , em ampères, para que a potência dissipada na lâmpada e no resistor sejam iguais.
- Determine a tensão U_0 , em volts, que a fonte deve fornecer.
- Determine a potência P_{ot} , em watts, que a lâmpada dissipará nessas condições.

- P. 167** (Fuvest-SP) O circuito abaixo é formado por quatro resistores e um gerador que fornece uma tensão constante $U = 30\text{ V}$. O valor da resistência do resistor R é desconhecido. Na figura estão indicados os valores das resistências dos outros resistores.



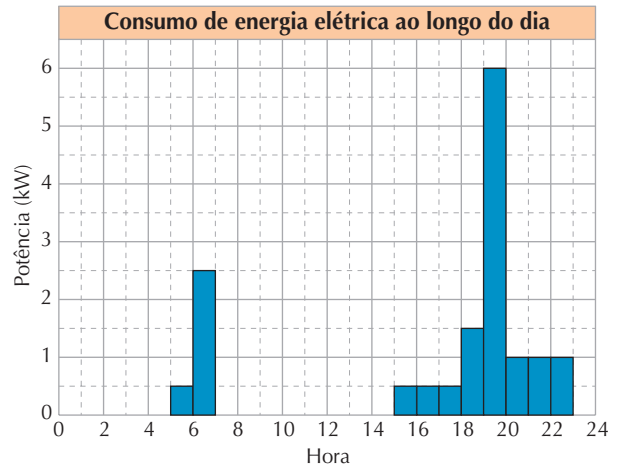
- Determine o valor, em ohms, da resistência R para que as potências dissipadas em R_1 e R_2 sejam iguais.
- Determine o valor, em watts, da potência P_{ot} dissipada no resistor R_1 , nas condições do item anterior.

- P. 168** (Unicamp-SP) Um fusível é um interruptor elétrico de proteção que queima, desligando o circuito, quando a corrente ultrapassa certo valor. A rede elétrica de 110 V de uma casa é protegida por um fusível de 15 A. Dispõe-se dos seguintes equipamentos: um aquecedor de água de 2.200 W, um ferro de passar de 770 W e lâmpadas de 100 W.

- Quais desses equipamentos podem ser ligados na rede elétrica, **um de cada vez**, sem queimar o fusível?
- Se apenas lâmpadas de 100 W são ligadas na rede elétrica, qual o número máximo dessas lâmpadas que podem ser ligadas simultaneamente sem queimar o fusível de 15 A?

- P. 169** (Unicamp-SP) O gráfico a seguir mostra a potência elétrica (em kW) consumida em uma certa residência ao longo do dia. A residência é alimentada com a voltagem de 120 V. Essa residência tem um

fusível que queima se a corrente ultrapassar um certo valor, para evitar danos na instalação elétrica. Por outro lado, esse fusível deve suportar a corrente utilizada na operação normal dos aparelhos da residência.



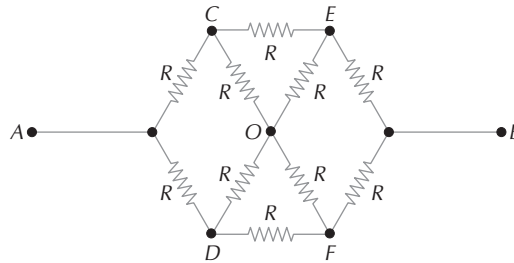
- Qual o valor mínimo da corrente que o fusível deve suportar?
- Qual é a energia em kWh consumida em um dia nessa residência?
- Qual será o preço a pagar por 30 dias de consumo se o kWh custa R\$ 0,12?

- P. 170** (UFC-CE) Um fogareiro elétrico é constituído de três resistores elétricos, todos de mesma resistência R , que podem ser convenientemente associados, em paralelo ou em série. Em ambos os casos, a energia elétrica do fogareiro é fornecida por uma bateria que mantém entre seus terminais uma tensão constante. Se os resistores, associados em paralelo, são capazes de fazer ferver uma dada quantidade de água em 7 minutos, determine o tempo necessário para fazer ferver essa mesma quantidade de água, caso os resistores sejam associados em série.

EXERCÍCIOS ESPECIAIS de associação de resistores

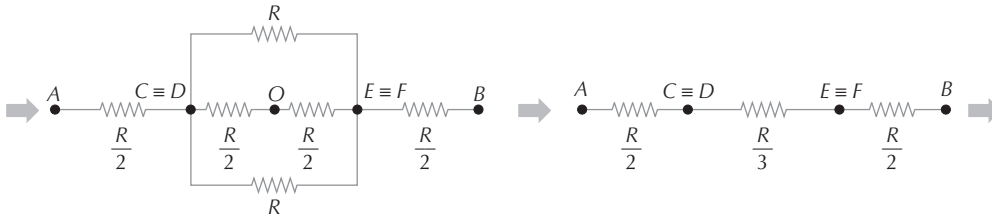
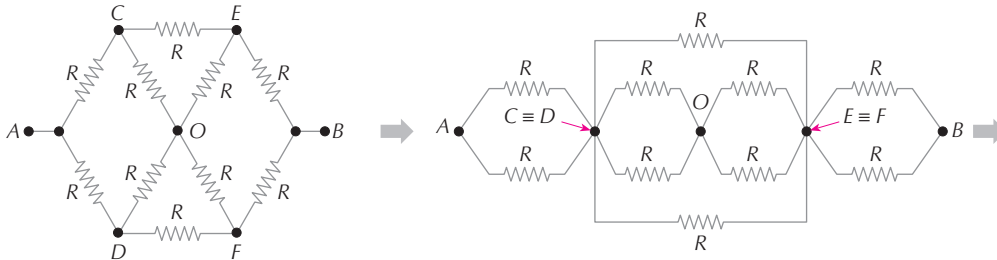
EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

- R. 69** Determine a resistência equivalente, entre os terminais A e B, do circuito da figura. Todos os resistores têm resistências iguais a R.



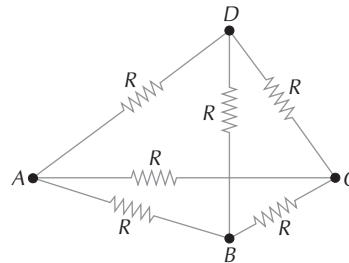
Solução:

Observando a **simetria** do circuito, concluímos que os pontos C e D possuem mesmo potencial elétrico e podem ser considerados coincidentes. O mesmo ocorre entre os pontos E e F. Assim, temos:



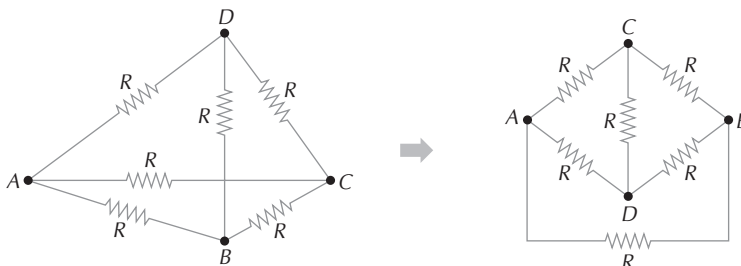
Resposta: $\frac{4R}{3}$

- R. 70** Determine a resistência equivalente, entre os terminais A e B, do tetraedro ABCD. Os lados do tetraedro são constituídos por resistores de mesma resistência R.

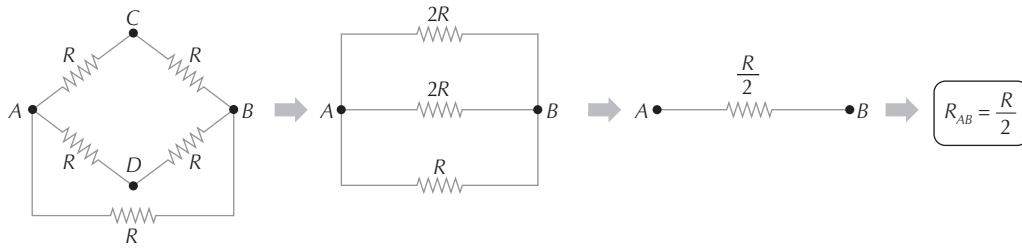


Solução:

Vamos, inicialmente, colocar todos os resistores num mesmo plano:



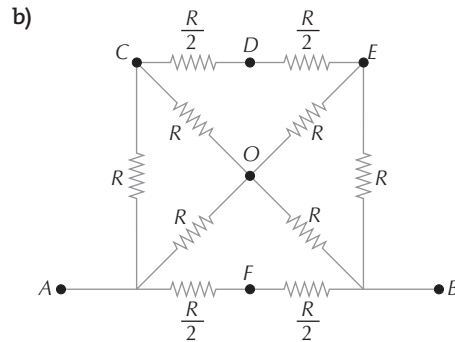
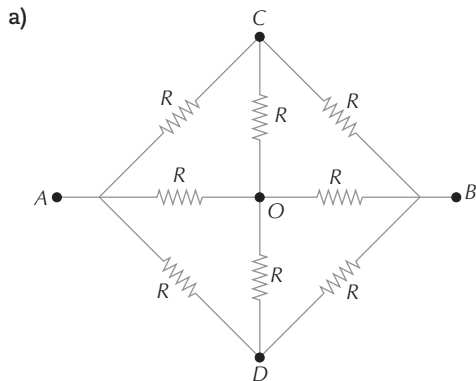
Por simetria, concluímos que os pontos C e D possuem o mesmo potencial. Desse modo, o resistor que está entre os pontos C e D não é percorrido por corrente elétrica, podendo ser retirado do circuito. Assim, temos:



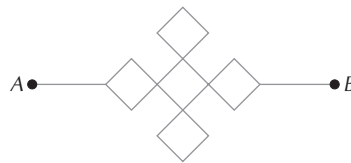
Resposta: $\frac{R}{2}$

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

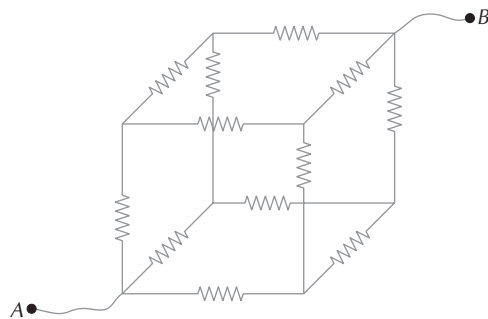
P. 171 Determine a resistência equivalente, entre os terminais A e B, dos circuitos abaixo:



P. 172 (Mackenzie-SP) A figura mostra cinco quadrados, com lados de 10 cm cada um, construídos com fio de resistividade $1 \mu\Omega \cdot m$ e seção transversal de $0,2 \text{ mm}^2$. Determine a resistência equivalente entre os pontos A e B.



P. 173 Os doze resistores da figura possuem a mesma resistência elétrica R e ocupam as arestas de um cubo. Qual a resistência elétrica equivalente entre os terminais A e B?



P. 174 A associação esquematizada é constituída de um número infinito de resistores idênticos, cada um de resistência elétrica R. Determine, em função de R, a resistência equivalente entre os terminais A e B.

