

## **Sumário**

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Introdução</b>   | <b>5</b>  |
| <b>Associação de resistores</b>                           | <b>6</b>  |
| <b>Tipos de associações de resistores</b>                 | <b>6</b>  |
| <b>Associação série de resistores</b>                     | <b>7</b>  |
| <b>Associação paralela de resistores</b>                  | <b>8</b>  |
| <b>Associação mista de resistores</b>                     | <b>9</b>  |
| <b>Resistência equivalente de uma associação</b>          | <b>9</b>  |
| <b>Resistência equivalente de uma associação série</b>    | <b>10</b> |
| <b>Resistência equivalente de uma associação paralela</b> | <b>11</b> |
| <b>Resistência equivalente de uma associação mista</b>    | <b>14</b> |
| <b>Apêndice</b>   | <b>19</b> |
| <b>Questionário</b>                                       | <b>19</b> |
| <b>Bibliografia</b>                                       | <b>19</b> |



**Espaço SENAI**

### **Missão do Sistema *SENAI***

Contribuir para o fortalecimento da indústria e o desenvolvimento pleno e sustentável do País, promovendo a educação para o trabalho e a cidadania, a assistência técnica e tecnológica, a produção e disseminação de informação e a adequação, geração e difusão de tecnologia.

**Valorização das Pessoas** – Reconhecimento e respeito às pessoas pelo seu trabalho e valorização destas como agentes de mudança.

# Introdução

---

Em face de os resistores serem normalmente os componentes mais encontrados na maioria dos circuitos eletrônicos, as associações de resistores são também muito comuns.

Assim sendo, é importante que se conheçam os tipos e características elétricas dessas associações, o que se pode classificar como condição indispensável para que se alcance o sucesso no desenvolvimento de qualquer atividade ligada à eletrônica.

Este fascículo, que tratará das associações de resistores e suas resistências equivalentes, visa a capacitá-lo a identificar o tipo de associação e a determinar a sua resistência equivalente.

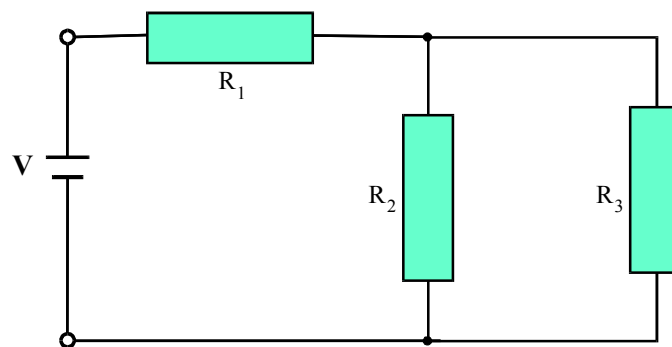


***Para ter sucesso no desenvolvimento do conteúdo e atividades deste fascículo, o leitor já deverá ter conhecimentos relativos a:***

- Resistores.

# Associação de resistores

A associação de resistores é uma reunião de dois ou mais resistores em um circuito elétrico, como pode ser visto no exemplo da **Fig.1**.

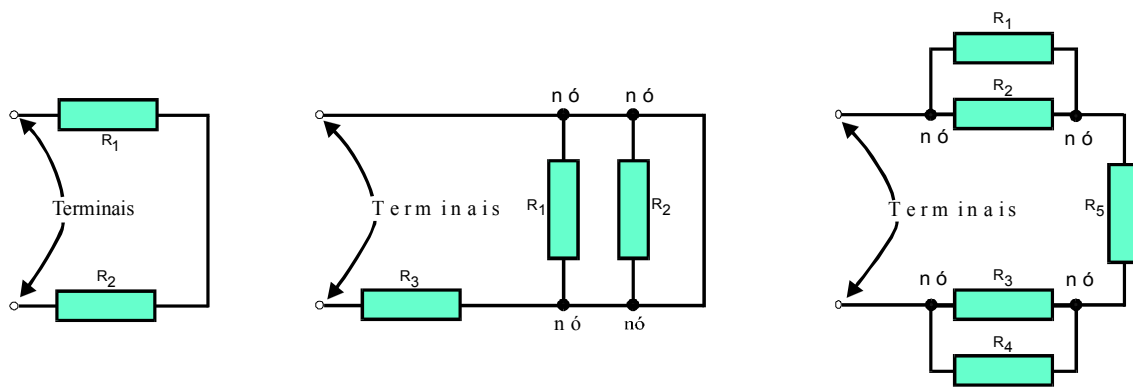


**Fig.1** Exemplo da associação de três resistores.

As associações de resistores são utilizadas na maioria dos circuitos elétricos e eletrônicos.

## TIPOS DE ASSOCIAÇÕES DE RESISTORES

Os resistores podem ser associados originando circuitos das mais diversas formas. A **Fig.2** mostra alguns tipos de associação de resistores.



**Fig.2** Tipos de associação de resistores.

Como pode ser visto nesta figura, os pontos da associação que são conectados à fonte geradora são denominados de **terminais** e os pontos onde existe a interligação entre dois ou mais resistores são denominados de **nós**.

Apesar do ilimitado número de associações diferentes que se pode obter interligando resistores em um circuito elétrico, todas essas associações podem ser classificadas segundo três designações básicas. São elas:

- Associação série.
- Associação paralela.
- Associação mista.

Cada um dos tipos de associação apresenta características específicas de comportamento elétrico.

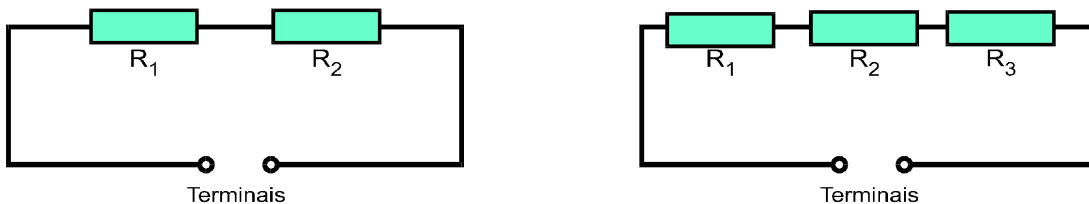
## ASSOCIAÇÃO SÉRIE DE RESISTORES

Uma associação de resistores é denominada de associação série, quando os resistores que a compõem estão interligados de forma que exista apenas um caminho para a circulação da corrente elétrica entre seus terminais.



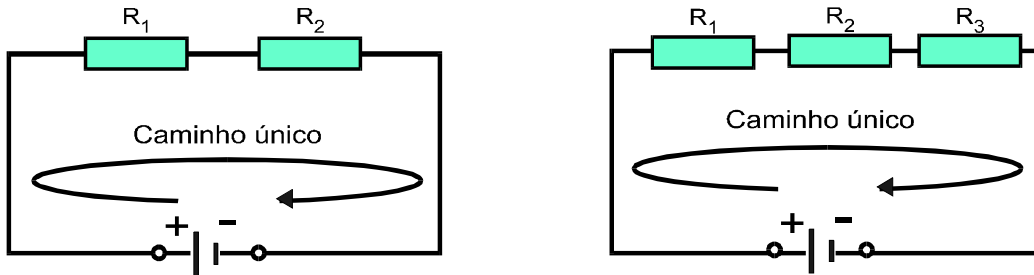
*Na associação série existe apenas um caminho para circulação da corrente elétrica entre os terminais.*

A **Fig.3** mostra dois exemplos de associação série de resistores.



**Fig.3** Dois exemplos de associação série de resistores.

Conectando-se uma fonte geradora aos terminais das associações série apresentadas nesta figura, verifica-se que existe realmente apenas um caminho para a circulação da corrente elétrica, conforme ilustrado na **Fig.4**.



**Fig.4** Caminho da corrente em uma associação série de resistores.

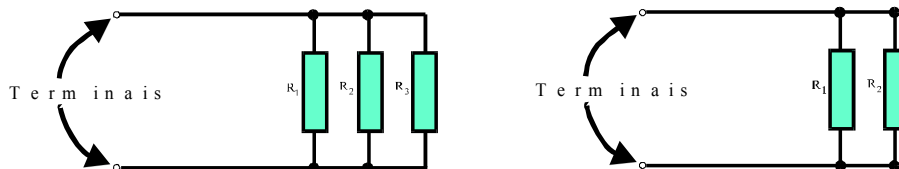
## ASSOCIAÇÃO PARALELA DE RESISTORES

Uma associação de resistores é denominada **paralela** quando os resistores que a compõem estão interligados de forma que exista mais de um caminho para a circulação da corrente elétrica entre seus terminais.



*Na associação paralela existe mais de um caminho para a circulação da corrente elétrica.*

A **Fig.5** mostra dois exemplos de associação paralela de resistores.



**Fig.5** Dois exemplos de associação paralela de resistores.

Conectando-se uma fonte geradora aos terminais das associações paralelas apresentadas nesta figura, verifica-se que existe sempre mais de um caminho para a circulação da corrente elétrica, como pode ser visto na Fig.6.

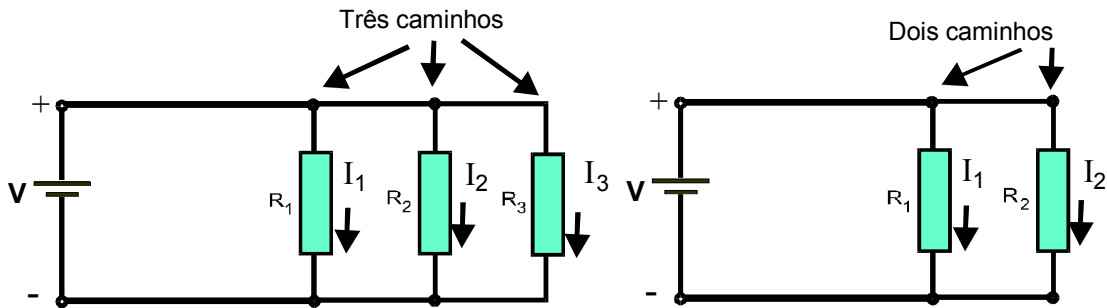


Fig.6 Caminhos da corrente em uma associação paralela de resistores.

## ASSOCIAÇÃO MISTA DE RESISTORES

Uma associação de resistores é denominada de **mista** quando for composta por grupos de resistores em série e em paralelo. A Fig.7 mostra alguns exemplos de associação mista de resistores.

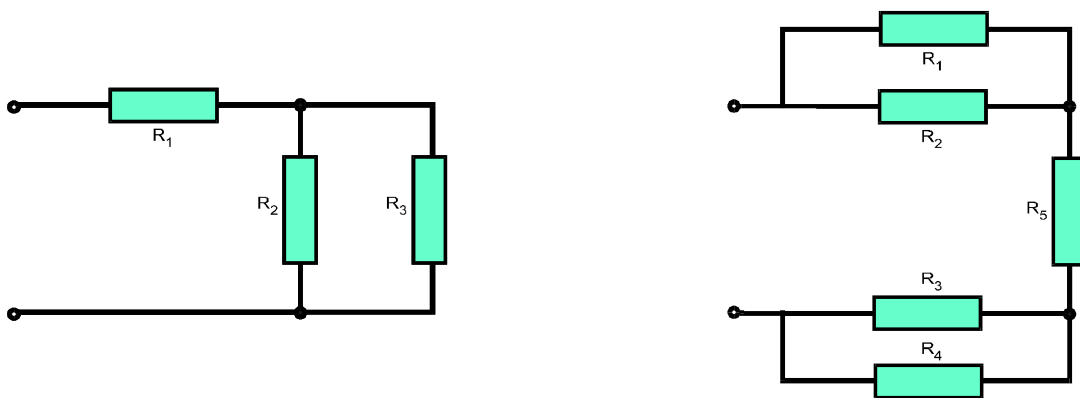


Fig.7 Exemplos de associação mista de resistores.

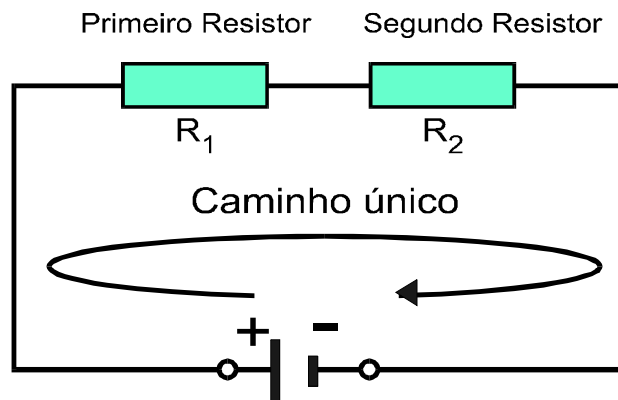
## RESISTÊNCIA EQUIVALENTE DE UMA ASSOCIAÇÃO

Quando se associam resistores, a resistência elétrica entre terminais é diferente das resistências individuais. Por esta razão, a resistência de uma associação de resistores recebe uma denominação específica: **resistência total** ou **resistência equivalente**.

A resistência equivalente de uma associação depende dos valores dos resistores que a compõem e do tipo de associação feita.

## RESISTÊNCIA EQUIVALENTE DE UMA ASSOCIAÇÃO SÉRIE

Em uma associação série, a mesma corrente elétrica flui através de todos os resistores, um após o outro. Cada um dos resistores apresenta uma resistência à circulação da corrente no circuito, como ilustrado na **Fig.8**.



**Fig.8** Corrente  $I$  percorrendo uma associação série de resistores.

Ao longo de todo o circuito, a resistência equivalente é a soma das resistências parciais. Matematicamente, a resistência equivalente de uma associação série de  $n$  resistores é dada por:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n \quad (1)$$

onde  $R_1, R_2, R_3 \dots R_n$  são os valores ôhmicos dos resistores associados em série.

Assim, se um resistor de  $120\Omega$  for conectado em série a um resistor de  $270\Omega$ , a resistência equivalente entre os terminais da associação será:

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

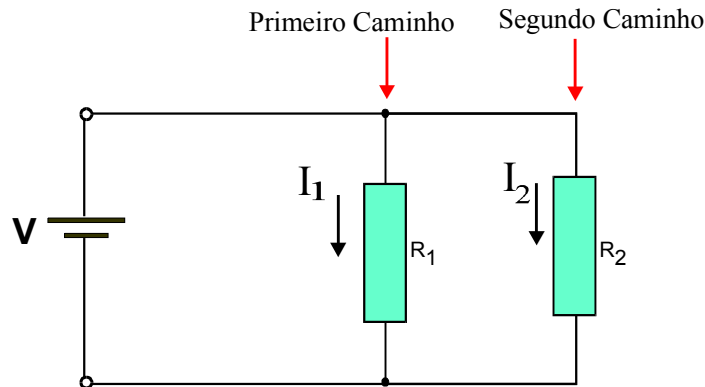
$$R_{eq} = 120\Omega + 270\Omega$$

$$R_{eq} = 390\Omega$$



## RESISTÊNCIA EQUIVALENTE DE UMA ASSOCIAÇÃO PARALELA

Na associação paralela, existe mais de um caminho para circulação da corrente elétrica, como mostrado na **Fig.9**.



**Fig.9** Correntes  $I_1$  e  $I_2$  percorrendo uma associação paralela de resistores.

Dispondo de dois caminhos para circular, a corrente flui com maior facilidade do que se houvesse apenas um caminho.

A partir desta maior facilidade ao circular em um maior número de caminhos do que em um único, verifica-se que a oposição à passagem da corrente em dois (ou mais) resistores em paralelo é menor do que em apenas um.



***O valor da resistência equivalente de uma associação de resistores em paralelo é sempre menor que o resistor de menor valor.***

Associando-se, por exemplo, um resistor de  $120\Omega$  em paralelo com um resistor de  $100\Omega$ , a resistência equivalente da associação será, obrigatoriamente menor que  $100\Omega$ .

A resistência equivalente de uma associação paralela de resistores é dada pela equação:

$$R_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}} \quad (2)$$

onde  $R_1, R_2, \dots, R_n$  são valores ôhmicos dos resistores associados.

**Exemplo 1:**

Calcular a resistência equivalente da associação paralela dos resistores  $R_1=10\Omega$ ,  $R_2 = 25\Omega$  e  $R_3 = 20\Omega$ .

Solução :

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

$$R_{\text{eq}} = \frac{1}{\frac{1}{10} + \frac{1}{25} + \frac{1}{20}} = \frac{1}{0,1 + 0,04 + 0,05} = 5,26 \Omega$$

O resultado encontrado comprova que a resistência equivalente da associação paralela ( $5,26\Omega$ ) é menor que o resistor de menor valor ( $10\Omega$ ).

Para associações paralelas com apenas dois resistores, pode-se utilizar uma equação mais simples, deduzida da equação geral:

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

$$R_{\text{eq}} = \frac{1}{\frac{R_1 + R_2}{R_1 \times R_2}} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} \quad (3)$$



*A resistência equivalente da associação paralela de 2 resistores é dada pela equação  $R_{\text{eq}} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$ .*

**Exemplo 2 :**

Cálculo da resistência equivalente da associação paralela de dois resistores  $R_1 = 1,2\text{k}\Omega$  e  $R_2 = 680\Omega$  com o emprego da **Eq.(3)**.

Solução :

$$R_{\text{eq}} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} = \frac{1.200 \times 680}{1.200 + 680} = \frac{816.000}{1.880} = 434 \Omega$$

Um outro caso particular da associação de resistores é aquele que envolve a associação de dois ou mais resistores de mesmo valor.

Nesta situação, pode-se utilizar uma terceira equação, específica para associações paralelas onde todos os resistores têm o mesmo valor.

Esta equação também é deduzida da equação geral.

$$R_{\text{eq}} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}}$$

Como neste caso todas as resistências são iguais a  $R$ , tem-se que:

$$R_{\text{eq}} = \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \dots + \frac{1}{R}} = \frac{1}{n \left( \frac{1}{R} \right)}$$

$$R_{\text{eq}} = \frac{R}{n} \quad (4)$$



**A resistência equivalente da associação paralela de  $n$  resistores de mesmo valor  $R$  é dada pela equação  $R_{\text{eq}} = \frac{R}{n}$ .**

**Exemplo 3**

Calcular a resistência equivalente de três resistores de  $120\Omega$  associados em paralelo.

Solução :

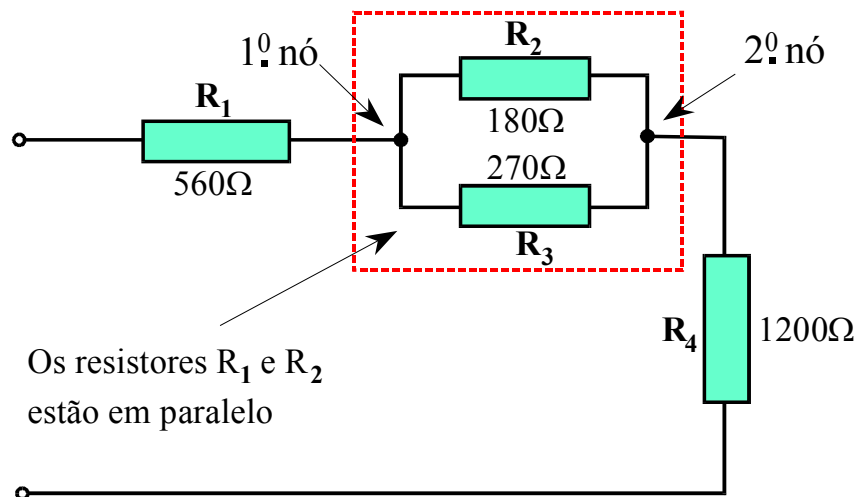
$$R_{eq} = \frac{R}{n}$$

$$R_{eq} = \frac{120}{3} = 40 \Omega$$

## RESISTÊNCIA EQUIVALENTE DE UMA ASSOCIAÇÃO MISTA

Para determinar a resistência equivalente de uma associação mista de resistores, utiliza-se um recurso: dividir a associação em pequenas partes que possam ser calculadas como associações série ou paralelas.

Para realizar corretamente a divisão da associação mista, utilizam-se os nós formados no circuito. A partir da identificação dos nós, procura-se analisar como estão ligados os resistores entre cada dois nós do circuito, como ilustra o exemplo da **Fig.10**.



**Fig.10** Divisão de uma associação mista em associações série e paralelo.

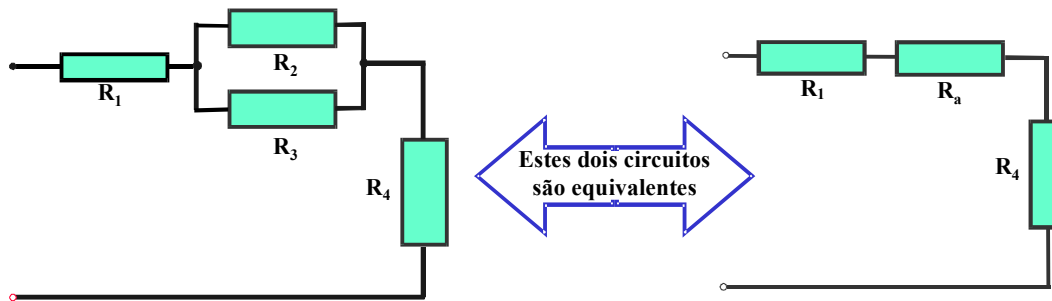
Desconsiderando-se tudo o que está antes e depois destes nós, e examinando a forma como  $R_2$  e  $R_3$  estão associados, conclui-se que  $R_2$  e  $R_3$  formam uma associação paralela de dois resistores, cuja resistência equivalente pode ser calculada como sendo:

$$R_{\text{eq}} = \frac{R_2 \times R_3}{R_2 + R_3} = \frac{180 \times 270}{180 + 270}$$

$$R_{\text{eq}} = \frac{48.600}{450} = 108 \Omega$$

Os dois resistores associados em paralelo  $R_2$  e  $R_3$  podem então ser substituídos por um resistor equivalente, que pode ser chamado de  $R_a$ , igual a  $108\Omega$ .

Ao executar a substituição, a associação mista original torna-se uma associação série simples, constituída pelos resistores  $R_1$ ,  $R_a$  e  $R_4$ , como mostrado na **Fig.11**.



**Fig.11** Circuito da Fig.10 simplificado.

A resistência equivalente de toda esta associação é determinada através da equação da associação série.

Usando valores do circuito, tem-se:

$$R_{\text{eq}} = R_1 + R_a + R_4$$

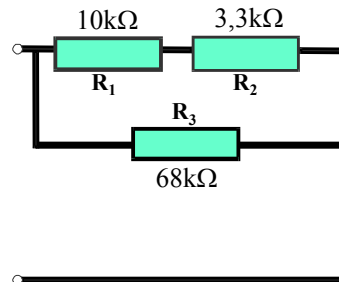
$$R_{\text{eq}} = 560\Omega + 108\Omega + 1.200\Omega = 1.868\Omega.$$

O resultado significa que toda associação mista original tem o mesmo efeito para a corrente elétrica que aquele de um único resistor de  $1.868\Omega$ .

**Exemplo 4**

Determinar a resistência equivalente da associação de resistores mostrada na figura abaixo.

Solução :

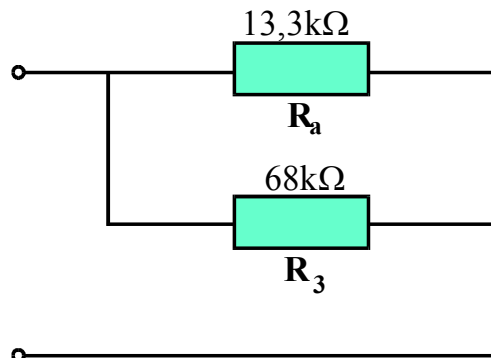


Como pode ser visto nesta figura, os resistores  $R_1$  e  $R_2$  estão ligados em série e, portanto, podem ser substituídos pelo seguinte resistor equivalente:

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

$$R_{eq} = 10.000 + 3.300 = 13.300\Omega.$$

Substituindo-se, portanto,  $R_1$  e  $R_2$  pelo seu valor equivalente  $R_a$  no circuito original, tem-se:



Analisando o circuito formado por  $R_a$  e  $R_3$ , vê-se que estes resistores estão em paralelo e por isto podem ser substituídos pelo seguinte resistor equivalente:

$$R_{eq} = \frac{R_a \times R_3}{R_a + R_3} = \frac{13.300 \times 68.000}{13.300 + 68.000}$$

$$R_{eq} = 11.124 \Omega.$$

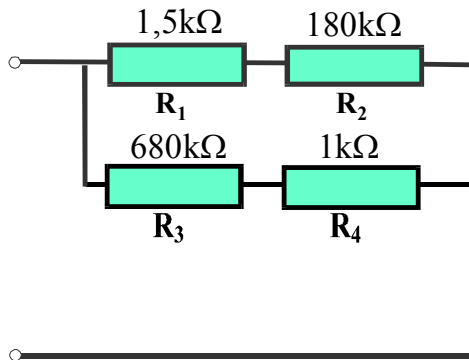
A partir deste resultado, conclui-se que toda a associação mista pode ser substituída por um único resistor de  $11.124 \Omega$ .

Aplicando-se uma tensão a toda a associação de resistores ou a um único resistor de  $11.124\Omega$ , a corrente total que circula no circuito é a mesma.

### Exemplo 5

Determinar a resistência equivalente da associação de resistores mostrada na figura abaixo.

Solução :



Como pode ser visto nesta figura, os resistores  $R_1$  e  $R_2$  estão ligados em série e  $R_3$  e  $R_4$  também. Deste modo,  $R_1$  e  $R_2$  podem ser substituídos por um resistor  $R_a$  equivalente e  $R_3$  e  $R_4$  por outro resistor equivalente  $R_b$ , cujos valores são :

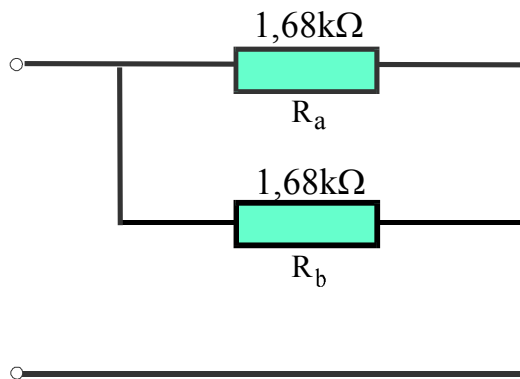
$$R_a = R_1 + R_2$$

$$R_a = 1.500\Omega + 180\Omega = 1.680\Omega.$$

$$R_b = R_3 + R_4$$

$$R_b = 680\Omega + 1.000\Omega = 1.680\Omega.$$

Substituindo  $R_1$  e  $R_2$  por  $R_a$  e  $R_3$  e  $R_4$  por  $R_b$  no circuito original, tem-se:



A resistência equivalente da associação é portanto:

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

$$R_{eq} = \frac{1.680}{2} = 840 \Omega$$

Toda associação pode ser substituída por um único resistor de  $840\Omega$ .



# Apêndice

## QUESTIONÁRIO

1. Em uma associação série de resistores, existem quantos caminhos para a circulação da corrente elétrica entre os terminais ? E em uma associação paralela ?
2. O valor da resistência equivalente de uma associação de resistores em paralelo é sempre maior ou menor que o resistor de menor valor ?

## BIBLIOGRAFIA

SENAI/ Departamento Nacional, Associação de resistores. Divisão de Ensino e Treinamento, 1980, 71p. (Módulo Instrucional: Eletricidade-Eletrotécnica, 6).

VAN VALKENBURG, NOOGER & NEVILLE. Eletricidade Básica. 12.<sup>a</sup> ed. São Paulo, Freitas Bastos, 1970, v.2.