

# RESISTÊNCIA INTERNA E INTERFERÊNCIA DOS INSTRUMENTOS NAS MEDIDAS, ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES

# 3

## META

Estudar a perturbação dos circuitos elétricos pela inserção dos instrumentos de medida, possibilitando assim evidenciar o efeito da resistência interna dos instrumentos nas características dos circuitos.

Escolher os circuitos mais adequados para a medição de resistências elétricas e medir a resistência interna dos instrumentos de medida.

Construção e medidas elétricas em circuitos elétricos com resistores associados em série e em paralelo.

## OBJETIVOS

Ao final desta aula, o estudante deverá ser capaz de:

1. Identificar a perturbação dos circuitos elétricos pela inserção dos instrumentos de medida;
2. Visualizar o efeito da resistência interna dos instrumentos nas características dos circuitos;
3. Escolher os circuitos mais adequados para a medição de resistências elétricas;
4. Medir a resistência interna dos instrumentos de medida.
5. Montar circuitos elétricos com resistores associados em série e em paralelo;
6. Medir correntes e tensões elétricas em cada resistor em ambas as associações.

## PRÉ-REQUISITO

Ter estudado e realizado os experimentos das 1ª e 2ª leis de Ohm.

## INTRODUÇÃO

Olá! Tudo bem?

Na aula anterior você deve ter notado que para medir o valor de uma resistência nós tivemos que usar dois instrumentos de medida elétrica: o voltímetro para medir tensões elétricas e o amperímetro para medir correntes elétricas.

Na prática, para medir a resistência elétrica de um componente, monta-se um circuito para alimentá-lo, aplica-se uma tensão no componente, que então vai ser percorrido por uma corrente. Medindo estas duas grandezas simultaneamente calcula-se a resistência dividindo o valor da tensão pelo da corrente. Este será o procedimento adotado quando tivermos que medir uma resistência.

É importante, porém, lembrar-se que todos os instrumentos, inclusive os que medem tensões elétricas (voltímetros) e correntes elétricas (amperímetros), sempre afetam as características dos circuitos onde são inseridos (pois apresentam resistências internas finitas). Isso deve ser levado em conta desde o momento em que um circuito com medidores é planejado. Neste experimento, vamos considerar como os instrumentos utilizados podem interferir na medida, e em quais situações. Poderemos então discutir quão adequada foi à montagem e medição realizadas no experimento anterior.

### 3.1 Resistência Interna dos Instrumentos

Considere os circuitos mostrados na figura 3.1(a) e 3.2(b). Em ambos os casos o amperímetro e o voltímetro estão posicionados de forma a medir a corrente e a tensão elétricas efetivas nos bornes dos instrumentos. Esse procedimento pode ser realizado com o objetivo de medir o valor da resistência  $R$ . Note que, no circuito mostrado na figura Y.A o amperímetro medirá a soma das correntes que passam pela resistência  $R$  e pelo voltímetro, enquanto que o voltímetro medirá a queda de tensão na resistência  $R$ . No circuito da figura Y.B o amperímetro medirá a corrente passando pela resistência  $R$  e o voltímetro medirá as quedas de tensão na resistência interna do amperímetro e da resistência  $R$ . Desta forma, a determinação correta da resistência  $R$  dependerá da disposição dos instrumentos de medida no circuito.

Se os instrumentos fossem ideais, ou seja, uma resistência interna infinita para o voltímetro e uma resistência nula para o amperímetro a medida da resistência  $R$  não seria afetada. No entanto, os instrumentos de medida reais (voltímetros, amperímetros, etc.), apresentam resistência interna finita. Assim, ambos afetarão as condições de qualquer circuito pelo simples fato de serem inseridos nele. Desta forma, para medir corrente ou tensão com precisão, passa a ser importante levar em conta a resistência interna dos instrumentos.

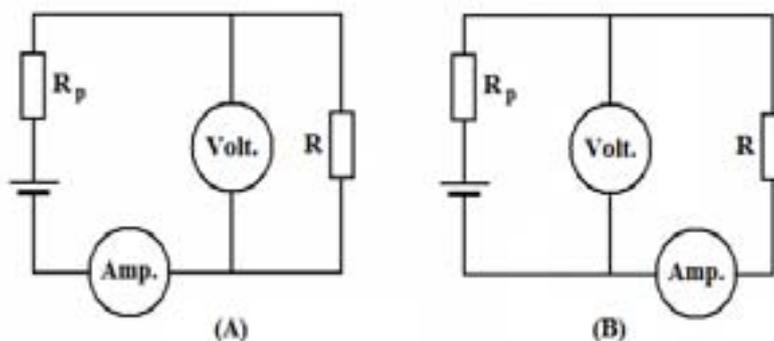


Figura 3.1 – Circuito usado para avaliar a interferência dos instrumentos de medida.

Nesta prática também iremos determinar o valor das resistências internas dos instrumentos. As Figuras 3.2 indicam as duas montagens a serem utilizadas para medida das resistências internas do (a) amperímetro e (b) voltímetro.

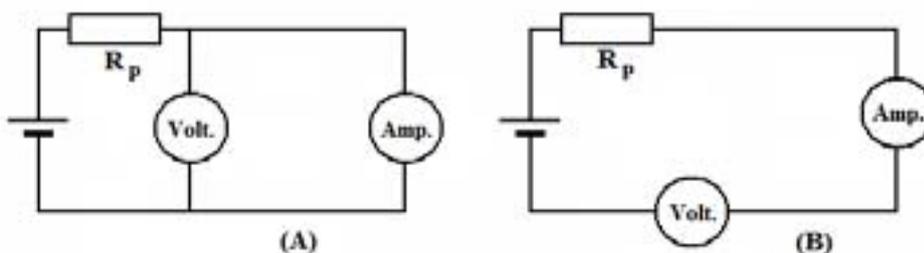


Figura 3.2 – Circuito usado para medir a resistência interna do amperímetro e do voltímetro.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais necessários para realização deste experimento são:

- ✓ Placa para circuitos
- ✓ Fonte de tensão contínua
- ✓ Voltímetro analógico
- ✓ Amperímetro analógico
- ✓ Resistores diversos
- ✓ Fios diversos

## ROTEIRO EXPERIMENTAL

### 1ª Circuito: Interferência dos Instrumentos de Medida

- i. Monte os circuitos mostrados na figura 3.1(a) e 3.1(b) usando a placa para circuitos. Use uma resistência de proteção,  $R_p$ , igual a 10 Ohms;
- ii. Use duas resistências  $R$  com valores próximos da resistência interna do fundo de escala de cada instrumento. Não se esqueça de anotar os valores das resistências e suas incertezas lidas a partir do código de cores e do ohmímetro. OBS.: Lembre que os valores das resistências internas dependem do fundo de escala usado;
- iii. Selecione o fundo de escala escolhido;
- iv. Zere a fonte de tensão e conecte o circuito na fonte;
- v. Ajuste a corrente no circuito de modo a buscar as melhores condições de medidas, ou seja, tente deixar os ponteiros dos instrumentos com uma deflexão maior do que 75% do fundo da escala escolhido;
- vi. Faça a leitura do valor da corrente e da tensão para as duas resistências nos dois circuitos.

### 2ª Circuito: Medida da Resistência Interna dos Instrumentos

#### Amperímetro

- i. Monte os circuitos mostrados na figura 3.2 (a) e (b) usando a placa para circuitos. Use uma resistência de proteção,  $R_p$ , igual a 33 Ohms;
- ii. Para cada escala do miliamperímetro, meça a resistência interna deste instrumento com seu respectivo desvio, utilizando  $R = V/I$ ;
- iii. Compare percentualmente os valores obtidos com aqueles fornecidos pelo fabricante;

#### Voltímetro

- i. Para cada escala do voltímetro (fig. 3.2(b)), meça a resistência interna deste instrumento com seu respectivo desvio, utilizando  $R = V/I$ ;
- ii. Compare percentualmente os valores obtidos com aqueles fornecidos pelo fabricante.

## DISCUSSÃO

### 1ª Circuito: Interferência dos Instrumentos de Medida

1. Verifique que, para os dois circuitos (Fig. (3.1(a) e 3.1(b)), o quociente  $V_{Volt.}/I_{Amp.}$  não é igual a  $R$  ( $R$  = resistência a ser medida) mas é:

$$\frac{V_{Volt.}}{A_{Amp.}} = \frac{R}{1 + \frac{R}{R_{Volt.}}} \quad \frac{V_{Volt.}}{A_{Amp.}} = R + R_{Amp.} \quad (3.1)$$

Nestas equações  $R_{Volt.}$  e  $R_{Amp.}$  são as resistências internas do voltímetro e do amperímetro, respectivamente, e  $V_{Volt.}$  é o valor medido da tensão no voltímetro.

### 2ª Circuito: Medida da Resistência Interna dos Instrumentos

1. Para cada escala dos instrumentos calcule o coeficiente  $R = V/I$  (resistência interna da escala) e compare com o valor fornecido pelo fabricante.

### 3.2 ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES

## INTRODUÇÃO

Olá! Tudo bem?

Em nosso dia-a-dia utilizamos vários aparelhos elétricos onde são empregados circuitos com dois ou mais resistores. Em muitos deles, um único resistor deve ser percorrido por uma corrente elétrica maior que a suportada, e nestes casos utiliza-se uma associação de resistores. Em outras aplicações vários resistores são ligados um em seguida do outro para obter o circuito desejado, como é o caso das lâmpadas decorativas de natal.

Os resistores podem ser associados basicamente de três maneiras diferentes: em série, em paralelo e mista.

Para efeito de cálculos, em muitos casos será necessário descobrir como a série de resistores se comporta como um todo. Nestes casos utilizamos o conceito de resistor equivalente o qual é um resistor que tem as mesmas propriedades da associação, ou seja, uma resistência que seja a mesma do conjunto, esta resistência é chamada resistência equivalente.

### 3.2 Associação de Resistores

Em muitas aplicações na engenharia elétrica e eletrônica é muito comum fazer associações de resistores com o objetivo de dividir ou limitar correntes e voltagens elétricas. São exemplos de associações de resistores: as lâmpadas usadas em decorações natalinas, os eletrodomésticos em nossas casas, as pilhas de um rádio e etc. Existem três maneiras de fazer tais associações: em série e em paralelo e mista. A figura 3.3 mostra a associação (a) em série e (b) em paralelo.

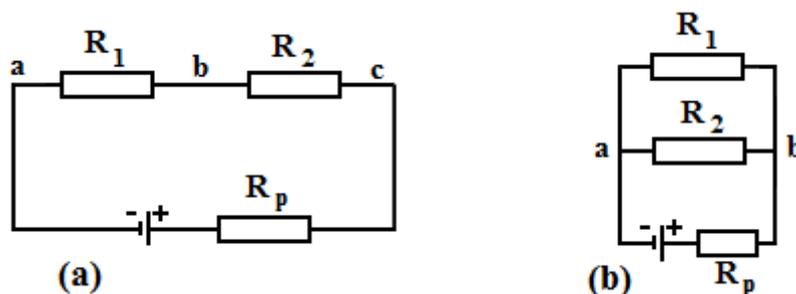


Figura 3.3 – Associação de resistores (a) em série e (b) em paralelo.

Na associação em série todos os elementos resistivos são ligados em seqüência e há um único caminho para a passagem da corrente. Por outro lado, na associação em paralelo os elementos resistivos são ligados na mesma diferença de potencial oferecendo caminhos alternativos para a passagem da corrente elétrica (ver Figura 3.3 a e b). Em ambos os casos os resistores podem ser substituídos por um resistor único produzindo a mesma corrente e a mesma diferença de potencial. Esse resistor é chamado de resistor equivalente,  $R_{eq}$ . Na associação em série a corrente é a mesma para todos os resistores e a queda de tensão total da associação é igual à soma das quedas de tensões em cada resistor individual:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_N \quad (3.2)$$

Uma vez que:

$$V_{total} = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_N \quad (3.3)$$

Para uma associação em série com N resistores.

Na associação em paralelo todos os resistores são submetidos à mesma diferença de potencial e a corrente elétrica em cada resistor dependerá do valor de cada resistência individual. Nesse caso, a resistência equivalente da associação dos N resistores em paralelo é obtida a partir da seguinte relação:

$$1/R_{eq} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + \dots + 1/R_N \quad (3.4)$$

Uma vez que:

$$I_{total} = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_N \quad (3.5)$$

## MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais necessários para realização deste experimento são:

- ✓ Placa para circuitos
- ✓ Fonte de tensão contínua
- ✓ Voltímetro
- ✓ Amperímetro
- ✓ Resistores diversos
- ✓ Fios diversos

*Comentário 01: Não se esqueça que a tensão elétrica deve ser sempre medida com o voltímetro disposto em paralelo com a resistência enquanto a corrente deve ser medida colocando o amperímetro em série com o resistor.*

Neste experimento devem-se montar dois circuitos com os resistores associados em série e em paralelo. Para simplificar associe apenas dois resistores.

## ROTEIRO EXPERIMENTAL

### 1ª Circuito: Associação em série

- iii. Monte o circuito mostrado na figura 3.3(a) usando a placa para circuitos. Use uma resistência de proteção,  $R_p$ , igual a  $33 \Omega$ . Não se esqueça de anotar os valores das resistências e suas incertezas lidas a partir do código de cores e do ohmímetro;
- iv. Ligue a fonte de tensão contínua e ajuste um valor de tensão fixo usando o voltímetro;
- v. Desligue a fonte de tensão e conecte-a ao seu circuito como indicado na figura 3.3(a);
- vi. Meça a corrente elétrica total no circuito usando o amperímetro conectado em série com o seu circuito;
- vii. Meça a tensão elétrica em cada resistor e a corrente elétrica no circuito usando o voltímetro e o amperímetro;
- viii. Anote esses valores na tabela abaixo;

*Comentário 02: Deixe sempre os instrumentos nos fundos de escalas maiores possíveis e após ligar o circuito a fonte procure o melhor fundo de escala para realizar a medida.*

### 2ª Circuito: Associação em paralelo

- viii. Monte o circuito mostrado na figura 3.3(b) usando a placa para circuitos. Use uma resistência de proteção,  $R_p$ , igual a  $33 \Omega$ . Não se esqueça de anotar os valores das resistências e suas incertezas lidas a partir do código de cores e do ohmímetro;
- ix. Ligue a fonte de tensão contínua e ajuste um valor de tensão fixo usando o voltímetro;
- x. Desligue a fonte de tensão e conecte-a ao seu circuito como indicado na figura 3.3(b);
- ix. Meça a corrente elétrica total no circuito usando o amperímetro conectado em série com o seu circuito;
- xi. Meça a corrente elétrica em cada resistor usando o amperímetro;
- xii. Anote esses valores na tabela abaixo;

A tabela 3.1 é uma sugestão para a coleta dos dados relativos ao experimento.

## DISCUSSÃO

### 1ª Circuito: Associação em série

1. A partir dos dados obtidos verifique a expressões para a resistência equivalente e para a queda de tensão na associação em série de resistores;
2. Determine o valor da resistência equivalente e sua respectiva incerteza,  $R_{eq} \pm \sigma_{Req}$ , usando os valores das resistências individuais;
3. Verifique as equações 1.1 e 1.2.

### 2ª Circuito: Associação em paralelo

1. A partir dos dados obtidos verifique a expressões para a resistência equivalente e para a queda de tensão na associação em paralelo de resistores;
2. Determine o valor da resistência equivalente e sua respectiva incerteza,  $R_{eq} \pm \sigma_{Req}$ , usando os valores das resistências individuais;
3. Verifique as equações 1.3 e 1.4.



Antes de começar a outra experiência, pare um pouco e coloque no papel tudo que é importante sobre a prática experimental que você acabou de realizar. Não passe adiante sem fazer estas anotações ou até mesmo fazer o relatório completo. Caso contrário, você terá dificuldades de lembrar os detalhes de cada experimento.

Tabela 3.1: Dados coletados na experiência de associação de resistores.

	V	I	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>
Série						
Paralelo						