

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

EEL7045 – Circuitos Elétricos A - Laboratório

**AULA 02**  
**VOLTÍMETRO E AMPERÍMETRO DE CORRENTE CONTÍNUA**

## **1 INTRODUÇÃO**

Na primeira aula de laboratório de circuitos elétricos foram estudados os multímetros analógicos e digitais e mediu-se tensão contínua com os mesmos. Naquele momento a maior preocupação era obter informações relevantes sobre as principais características e operação dos mesmos. Na presente aula estes dois multímetros serão usados para medir tensões e correntes contínuas.

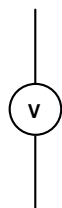
## **2 OBJETIVOS**

- Introduzir as noções básicas sobre o voltímetro de C.C. e o amperímetro de C.C.;
- Dar ao aluno o conhecimento adequado para realizar medições de tensão e corrente;
- Permitir a comprovação prática da Lei das Malhas e da Lei dos Nós;
- Mostrar as não-idealidades dos instrumentos de medida;
- Dar conhecimento ao aluno sobre o erro de inserção em uma medida;
- Introduzir a noção do “limitador de corrente”;
- Comprovar na prática os dados obtidos através da análise teórica.

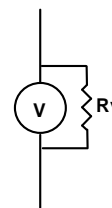
## **3 MEDIÇÃO DE TENSÃO ELÉTRICA**

### **3.1 Voltímetro de corrente contínua**

O símbolo utilizado para o voltímetro é mostrado na Figura 1. Este instrumento deve ser sempre ligado em paralelo com os pontos (nós) onde se deseja saber a diferença de potencial. Idealmente, o voltímetro não deve afetar o circuito a ser medido. No entanto, na prática, isso não ocorre porque ele apresenta uma resistência interna  $R_v$  de valor elevado, porém não infinito. Assim, o circuito equivalente será modificado com a inserção do voltímetro. O voltímetro com a sua resistência interna é representado na figura 2.



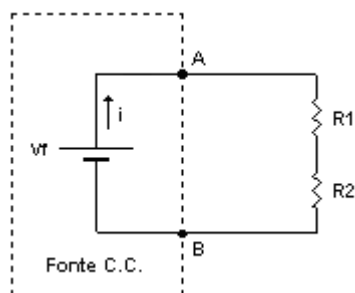
*Figura 1 - Símbolo do voltímetro ideal.*



*Figura 2 - Símbolo do voltímetro com sua resistência interna associada.*

### 3.2 Comprovação da Segunda Lei de Kirchhoff (Lei das Malhas)

Considere o circuito da Figura 3:



$V_f$  – fonte de tensão de 15 V;

$R_1 = 1,2 \text{ k}\Omega \pm 5\%$  com potência de 1/8 W;

$R_2 = 560 \text{ }\Omega \pm 5\%$  com potência de 1/8 W.

Figura 3 - Circuito a ser utilizado.

- Calcule a tensão sobre cada elemento do circuito e sobre os terminais **A** e **B** e preencha os campos correspondentes da tabela 1;
- Calcule a corrente que circula pelo circuito;
- Calcule a potência dissipada em cada resistor ( $P = R \cdot I^2$ ) e verifique se estes valores não ultrapassam os limites de potência máxima dissipada em cada resistor (1/8 W).

Com base nos valores teóricos, utilize a escala adequada de tensão para cada uma das medidas com os multímetros analógico e digital. Realizar as medidas separadamente, conforme a Figura 4. Preencher os campos da Tabela 1.

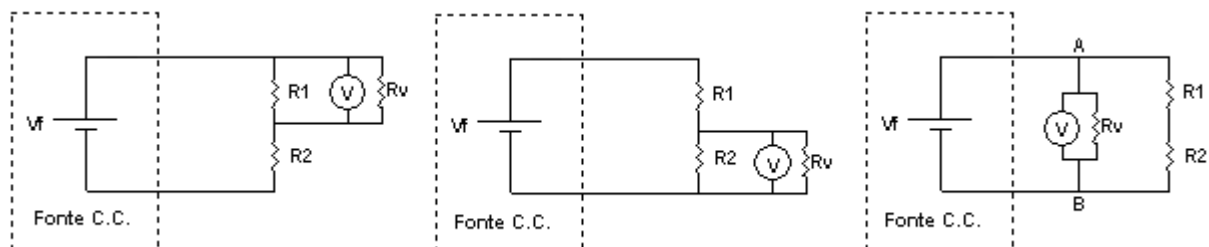


Figura 4 - Circuito para medição das tensões.

Tabela 1

Medidas	Valor teórico sem inserção	Valor medido Multímetro analógico	Valor medido Multímetro digital
$V_{R1}$			
$V_{R2}$			
$V_{AB}$			

É importante sempre anotar a escala e o erro associado a cada medida.

Após a obtenção dos dados em laboratório:

- Calcule a faixa de tensões em cada um dos componentes do circuito, considerando a tolerância dos resistores  $R_1$  e  $R_2$  ( $\pm 5\%$ );
- Com os valores obtidos na prática, comprove a 2ª Lei de Kirchhoff.

### 3.3 Cálculo do Erro de Inserção na Medição de Tensão Elétrica

Os valores das resistências do circuito anterior eram bem menores do que os valores das resistências internas dos voltmetros usados. Consequentemente, a inserção desses instrumentos não afeta os valores medidos.

Nesta etapa do trabalho temos o objetivo de determinar o erro de inserção do multímetro usando um circuito com resistores mais elevados mostrado na Figura 5.

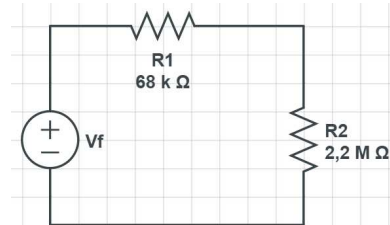


Figura 5 - Circuito para determinar o erro de inserção do voltmetro.

- Calcule a tensão sobre cada um dos resistores e preencha seus valores na Tabela 2. Neste caso não é considerado o erro de inserção.

Com base nos valores teóricos, utilize a escala adequada de tensão para realizar medidas com os multímetros analógico e digital. Realizar as medidas separadamente, conforme a Figura 6. Preencher os campos da Tabela 2.

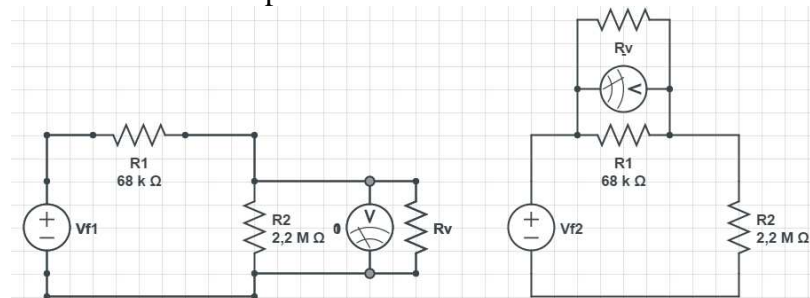


Figura 6 - Medidas a serem realizadas.

Tabela 2

Medidas	Valor teórico sem inserção	Valor teórico com inserção		Valor medido Multímetro analógico	Valor medido Multímetro digital
		analógico	digital		
$V_{R1}$					
$V_{R2}$					

É importante sempre anotar a escala e o erro associado a cada medida.

Após a obtenção dos dados em laboratório:

- Realize o cálculo das tensões em cada elemento do circuito da Figura 6 considerando a inserção dos instrumentos e preencha as colunas adequadas da Tabela 2;
- Compare o erro de inserção do multímetro analógico e do digital;

## 4 MEDIÇÃO DE CORRENTE ELÉTRICA

### 4.1 Amperímetro de corrente contínua

O símbolo utilizado para o amperímetro é mostrado na Figura 7. Este instrumento deve ser sempre ligado em série com o elemento (ou elementos) no(s) qual(is) se deseja saber a corrente que circula. Idealmente, o amperímetro não deve afetar o circuito a ser medido. No entanto, na prática, isso não ocorre porque ele apresenta uma resistência interna  $R_a$  de valor reduzido, porém não nulo. Assim, o circuito equivalente será modificado com a inserção do amperímetro. O amperímetro com a sua resistência interna é representado na Figura 8.



Figura 7 - Símbolo do amperímetro ideal.



Figura 8 - Símbolo do amperímetro com sua resistência interna associada.

### 4.2 Comprovação da Primeira Lei de Kirchhoff (Lei das Correntes ou dos Nós)

Considere o circuito da Figura 9:

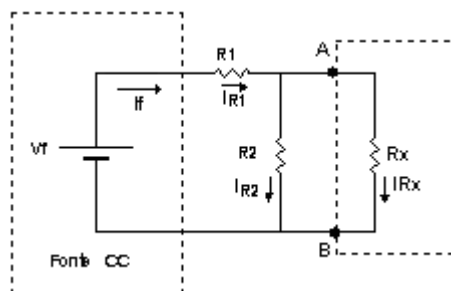


Figura 9 - Circuito a ser utilizado.

$V_f$  – fonte de tensão de 15 V;

$R_1 = 12 \text{ k}\Omega \pm 5\%$  com potência de 1/8 W;

$R_2 = 120 \Omega \pm 5\%$  com potência de 1/8 W;

$R_x = 1,2 \text{ k}\Omega \pm 5\%$  com potência de 1/8 W

- Calcule a corrente em cada ramo do circuito e preencha os campos correspondentes na Tabela 3;
- Determine a corrente máxima e mínima que será exigida da fonte ( $I_f = I_{R1}$ ), independente do resistor  $R_x$  que for conectado aos terminais **A** e **B**. Verifique os casos extremos: curto-circuito entre **A** e **B** ( $R_x = 0$ ) e circuito aberto entre **A** e **B** ( $R_x \rightarrow \infty$ );
- Justifique a razão pela qual se pode chamar o circuito apresentado na Figura 9 de limitador de corrente;
- Considerando os terminais **A** e **B** em aberto e que os resistores  $R_1$  e  $R_2$  podem apresentar uma variação de  $\pm 5\%$  nos valores nominais de suas resistências, determine de maneira algébrica e numericamente a corrente máxima e mínima solicitada da fonte ( $I_f$ ). Determine a variação desta corrente ( $\Delta I_f = I_{f \text{ max}} - I_{f \text{ min}}$ ).

Com base nos valores teóricos, utilize a escala adequada de corrente para medir as correntes com os multímetros analógico e digital. Realizar as medidas separadamente, conforme a Figura 10. Preencher os campos da Tabela 3.

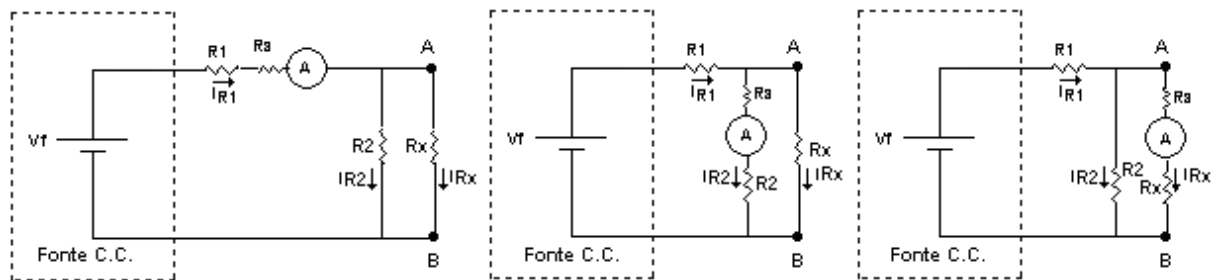


Figura 10 - Circuito para medição das correntes.

Tabela 3

Medidas	Valor teórico sem inserção	Valor medido Multímetro analógico	Valor medido Multímetro digital
$I_{R1}$			
$I_{R2}$			
$I_{Rx}$			

É importante sempre anotar a escala e o erro associado a cada medida.

Após a obtenção dos dados em laboratório:

- Com os valores obtidos na Tabela 3 comprove a 1ª Lei de Kirchhoff;
- Compare os valores obtidos para o erro de inserção dos multímetros analógico e digital.

### 4.3 Cálculo do Erro de Inserção na Medição de Corrente Elétrica

Com o circuito da Figura 11 realizar a experiência para determinar o erro de inserção dos amperímetros analógico e digital.

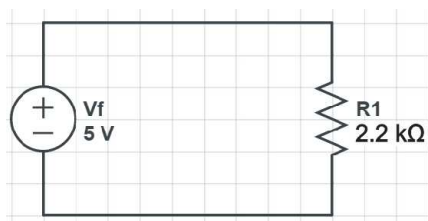


Figura 11 - Circuito para determinar o erro de inserção do amperímetro.

- Calcule a corrente que circula no circuito e preencha seu valor na Tabela 4.

Tomando como base os valores teóricos, utilize a escala adequada de corrente para realizar as medidas com os multímetros analógico e digital. Realizar as medidas separadamente, conforme a Figura 12. Preencher os campos da Tabela 4.

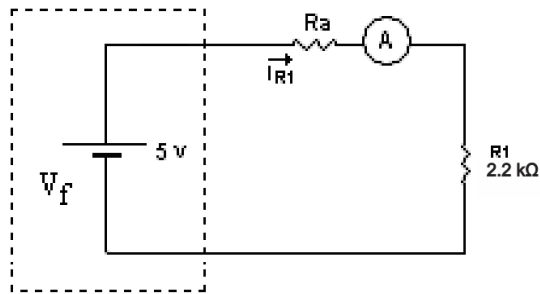


Figura 12 - Medidas a serem realizadas.

Tabela 4

Medidas	Valor teórico sem inserção	Valor teórico com inserção		Valor medido Multímetro analógico	Valor medido Multímetro digital
		analógico	digital		
$I_{R1}$					

É importante sempre anotar a escala e o erro associado a cada medida.

Após a obtenção dos dados em laboratório, determinar:

- Realize o cálculo da corrente do circuito da Figura 11 considerando a inserção do amperímetro e preencha a coluna correspondente na Tabela 4;
- Calcule o erro de inserção nas medidas realizadas e compare os resultados obtidos

Obs.: Erro de inserção:

$$\delta_{ins} = \left| \frac{X_s - X_c}{X_s} \right| \cdot 100 \quad \begin{array}{l} X_s = \text{valor teórico sem inserção} \\ X_c = \text{valor teórico com inserção} \end{array}$$

## 5 FOLHA DE DADOS (MEDIDAS DE TENSÃO)

**Equipe**

Aula: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

**Instrumentos utilizados** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Medidas** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

------(corte aqui)-----

**Equipe**

Aula: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

**Instrumentos utilizados** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Medidas** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## 6 FOLHA DE DADOS (MEDIDAS DE CORRENTE)

**Equipe**

Aula: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

**Instrumentos utilizados** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Medidas** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

------(corte aqui)-----

**Equipe**

Aula: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

**Instrumentos utilizados** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Medidas** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_