



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
Departamento de Engenharia de Sistemas Eletrônicos  
PSI - EPUSP

**PSI 3212– LABORATÓRIO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS**

No. USP	Nome	Nota	Bancada

Data:	Turma:	Profs:
-------	--------	--------

**EXPERIÊNCIA 1: INSTRUMENTAÇÃO LABORATORIAL**  
**GUIA EXPERIMENTAL E ROTEIRO DO RELATÓRIO**

Edição 2020

E. GALEAZZO, L. YOSHIOKA,  
RKO, MNPC

**Objetivos da experiência**

Esta experiência tem como objetivo familiarizar os alunos com alguns dos principais equipamentos que serão utilizados no laboratório ao longo da disciplina. São eles: multímetro digital portátil e fonte de tensão DC. Além disso, os alunos aprenderão os procedimentos para a montagem de circuitos em *protoboard* e para medição de grandezas elétricas. Serão exploradas as principais funções dos multímetros e apresentadas as suas limitações. Também serão abordados conceitos de incertezas instrumentais.

**Materiais necessários para realização do experimento:**

- 1 multímetro digital portátil YOKOGAWA modelo TY720;
- 1 fonte de tensão contínua, modelo E3631A Power Supply, da AGILENT;
- 1 *protoboard*;
- Resistores cabos e conectores diversos.

## PARTE EXPERIMENTAL

### 1. Resistores: código de cores e utilização do ohmímetro

---

*Objetivos: aplicar código de cores para identificar valores nominais de resistores, utilizar ohmímetro para medição de resistências e calcular incertezas instrumentais associadas às medições.*

---

- 1.1. Verifique os cuidados a serem tomados para utilização do ohmímetro (*vide item 3.3 da **Introdução Teórica***) e descreva-os:

A figura abaixo sugere como conectar um resistor ao multímetro portátil, utilizando-se cabos simples com terminações banana e garras jacaré.



Faça um esboço do multímetro conectado ao resistor, indicando a posição do seletor e os terminais utilizados para a medição de resistência.

- 1.2. Identifique os resistores  $R_A$ ,  $R_B$  e  $R_C$  da **Tabela 1** por meio do seu código de cores (vide **Anexo 1\_Código\_cores\_resistores.pdf** na pasta **Anexos da Experiência 01**).
- 1.3. Configure o multímetro digital portátil TY720 para operar no modo “ohmímetro” ( “ $\Omega$ ” ) (para mais informações, vide o manual do equipamento disponível na e-Disciplinas na aba “Anexos da Exp 01”). Meça as resistências  $R_A$ ,  $R_B$  e  $R_C$ .
- 1.4. Calcule a incerteza da medição instrumental do ohmímetro para cada valor de resistência (vide **Incerteza\_instrumental\_Multimetro\_TY720\_2020\_1.pdf** na pasta “Anexos da Exp 01), para obter as expressões fornecidas pelo fabricante do seu multímetro para o cálculo das incertezas).
- 1.5. Assista ao vídeo “**Como calcular incerteza instrumental dos multímetros digitais**” no e-disciplinas, para entender como efetuar os cálculos.

**Tabela 1** – Dados dos resistores (código de cores) e medidos com multímetro.

	<b>Código de cores</b>	<b>Valor nominal da resistência</b> (pelo código de cores)	<b>Tolerância nominal</b> (pelo código de cores)	<b>Valor obtido com o ohmímetro</b>	<b>Escala e resolução utilizadas no ohmímetro</b>	<b>Incerteza da medição instrumental <sup>*,**</sup></b> <b>(somente alg. significativo):</b>
<b><math>R_A</math></b>	<b>Marrom Vermelho Marron</b>				<i>Escala:</i>  <i>Resolução:</i>	
<b><math>R_B</math></b>	<b>Verde Azul Laranja</b>				<i>Escala:</i>  <i>Resolução:</i>	
<b><math>R_C</math></b>	<b>Marrom Preto Azul</b>				<i>Escala:</i>  <i>Resolução:</i>	

\* Vide documento “Incerteza\_instrumental\_Multimetro\_TY720\_2020\_1”, disponível na pasta “Anexos da Exp 01”.

\*\* Apresente abaixo as fórmulas utilizadas e os cálculos efetuados para cada caso:

- 1.6. Compare os resultados obtidos experimentalmente com os valores nominais. Apresente o erro relativo (%) entre os resultados obtidos pelo instrumento e os valores nominais fornecidos, e faça suas conclusões.



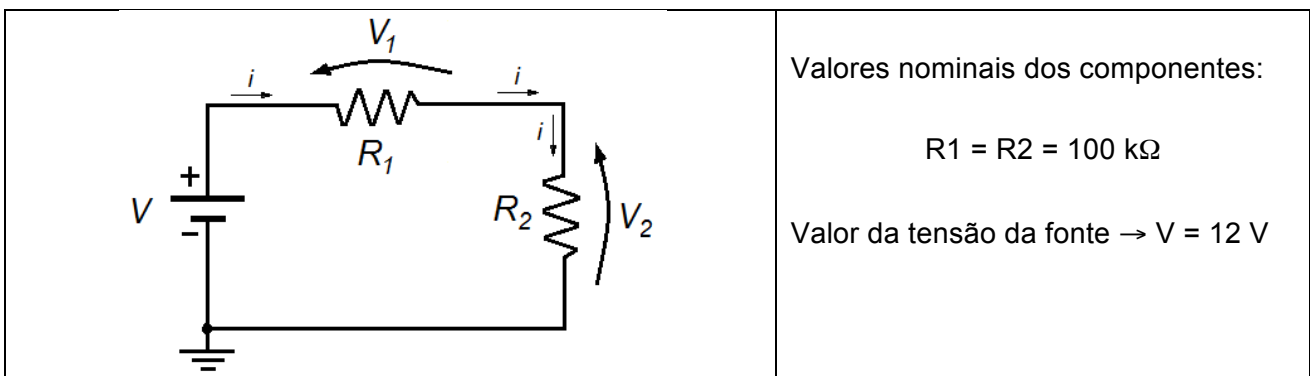
## 2. Montagem de circuitos resistivos e avaliação da limitação do voltímetro digital

*Objetivos: exercitar montagens de circuitos simples em protoboard, efetuar medições de tensão com voltímetro e avaliar suas limitações.*

Neste item analisaremos o circuito divisor resistivo apresentado na **Figura 1**.

### 2.1. Medições de tensões DC com Voltímetro.

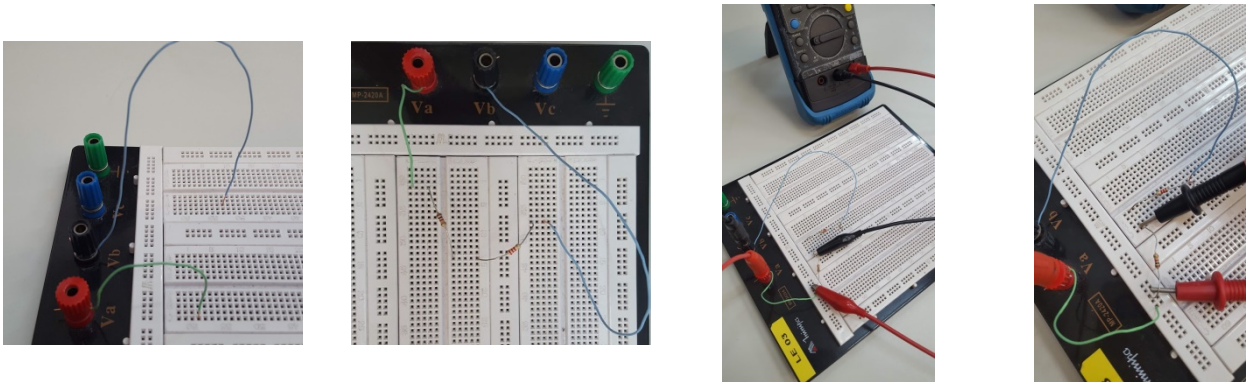
Meça o valor experimental dos resistores  $R_1$  e  $R_2$ . A seguir monte o circuito da **Figura 1** num **protoboard** (informações sobre protoboard encontram-se no **Anexo 3\_Protoboards.pdf** situado na pasta **Anexos da Experiência 01**).



**Figura 1:** Esquema elétrico do circuito divisor resistivo.

**Dicas:** veja exemplos de como montar um circuito no protoboard e medir tensões no circuito com o multímetro portátil através de exemplos ilustrados na **Figura 2**. Utilize a fonte de tensão contínua

(DC) disponível em sua bancada para alimentar o circuito. Leia o item 4 da **Introdução Teórica e assista ao vídeo “Fonte DC: como programar o limitador de corrente”** para obter maiores detalhes e cuidados a serem tomados com esta fonte de tensão. Consulte o manual da fonte DC (acesse a aba “Manuais”) se desejar obter outras informações técnicas da fonte.



**Figura 2:** Exemplos de montagem de circuito em *protoboard* e de medição com multímetro.

- Faça um esboço da montagem experimental, indicando como os equipamentos estão conectados aos componentes do circuito, e apresente os valores experimentais dos resistores.

- Programe a fonte de tensão para fornecer **12 V** e conecte-a ao circuito da Figura 1. Meça as tensões **V**, **V<sub>1</sub>** e **V<sub>2</sub>** com o voltímetro portátil (modo de operação DC) e anote os valores obtidos:

V	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>

**2.2. Valores teóricos das tensões ( $R_1 = R_2 = 100 \text{ k}\Omega$ )**

- a) Calcule a tensão **V<sub>2</sub>** do circuito da Figura 1, considerando: os valores experimentais dos resistores e resistência interna infinita do voltímetro (ou seja, assumo que o voltímetro é ideal).

b) Considere agora o voltímetro real com resistência interna de  $10\text{ M}\Omega$ . **Repita os cálculos** para obter a tensão  $V_2$ :

--

c) **Compare** os resultados dos cálculos com os resultados experimentais obtidos no item 2.1 (analise os resultados baseando-se no erro relativo em ambos os casos).

--

**2.3. Medição de tensões em circuitos com resistência elevada ( $R_1 = R_2 = 10\text{ M}\Omega$ )**

a) Troque os resistores da Figura 1 para os valores  $R_1 = R_2 = 10\text{ M}\Omega$ . Repita o procedimento experimental do item 2.1, informando os valores experimentais de  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $V_1$  e  $V_2$  nesta nova condição.

R1	R2	V1	V2

b) Desenhe o circuito com os modelos equivalentes dos equipamentos utilizados. Considere a fonte de tensão ideal e o voltímetro real sobre a carga  $R_2$  (vide item 3.1 da Introdução Teórica):

--

c) Calcule a tensão  $V_2$  sobre o resistor  $R_2$  supondo dois casos: voltímetro ideal e real

ideal:	real:

d) Apresente o erro relativo entre o valor experimental e o calculado nos dois casos acima.

--	--

e) Apresente suas **conclusões**.

--

### 3. Medição de corrente com amperímetro digital

---

*Objetivos: exercitar montagens de circuitos simples em protoboard, efetuar medições de corrente com amperímetros e avaliar suas limitações.*

---

**3.1** Monte um circuito simples no *protoboard* com um resistor de **10 k $\Omega$**  alimentado por uma tensão de **12 V**. Inclua o amperímetro digital neste circuito para efetuar a medição de corrente, de acordo com a sugestão do item 3.2 da Introdução Teórica.

Desenhe o circuito elétrico conectado ao amperímetro. Faça um esboço do amperímetro (indique a posição do seletor do medidor e os terminais utilizados nesta medição).

--

Indique o valor experimental e compare com o valor esperado teoricamente.

--

A resistência interna do amperímetro afetou a medição neste caso? Justifique.

#### 4. Avaliação da dissipação de calor no resistor

---

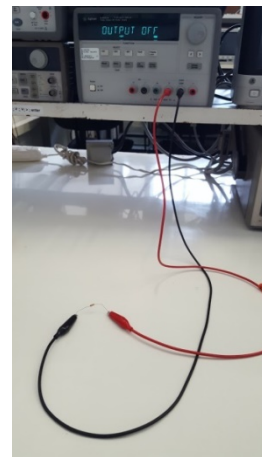
*Objetivo: avaliar a capacidade de dissipação de calor de resistores*

---

Conecte um resistor de  $100\ \Omega$  e potência de  $1/8$  de watt ( $1/8\ W$ ) diretamente à fonte de tensão (programando-a para fornecer  $0\ V$  e com limite de corrente igual a  $0,5\ A$ ), por meio de cabos e garras jacaré. Atenção: **não use o protoboard nesta etapa da experiência!!!!**

Veja a sugestão de montagem da figura ao lado.

A seguir, efetue:



- Aumente devagar, com passos de  $1\ V$ , a tensão de alimentação sobre o resistor a partir de  $0\ V$  até atingir no máximo  $20\ V$  (sugestão: altere a tensão a cada  $10$  segundos aproximadamente). Através do amperímetro da fonte de tensão, meça a corrente em cada passo. Esboce o gráfico da tensão em função da corrente medida.

Valores medidos:	Gráfico (V em função da I):



- **Descreva** o que foi observado com o componente a cada acréscimo de volt.
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
- **Analise** o que ocorreu com o resistor nesse ensaio.