

# INTRODUÇÃO AS MEDIDAS EM FÍSICA

Aula IX - Out 2019

Exp. 5b – Curvas Características

Prof. Cristiano L. P. Oliveira  
Ed. Basilio Jafet, sala 202  
[crislpo@if.usp.br](mailto:crislpo@if.usp.br)

## Experiência V Curvas Características

- Objetivos:
  - Medidas de grandezas elétricas:
    - Estudar curvas características de elementos resistivos
    - Utilização de um multímetro
    - Influência do aparelho medidor no resultado da medida
  - Análise de dados:
    - Análise Gráfica
    - Comparação com um modelo

## Elemento Resistivo

- Elemento resistivo é aquele para o qual existe uma relação direta (uma função) entre a tensão aplicada sobre o elemento e a corrente elétrica que passa por ele
- A relação mais simples que podemos ter é a chamada *lei de Ohm* que é dada por:

$$V = R \cdot i$$

onde  $R$  é a uma constante e representa resistividade do elemento

## Elemento Resistivo

- Ao se movimentarem, os elétrons sofrem choques sucessivos com outros elétrons e os átomos do material
- Essa dificuldade de trânsito dos elétrons é chamada de resistência elétrica do material ( $R$ )
- Ela é definida como a razão entre a tensão ( $V$ ) e a corrente ( $i$ ) que passa pelo elemento:

$$R = \frac{V}{i}$$

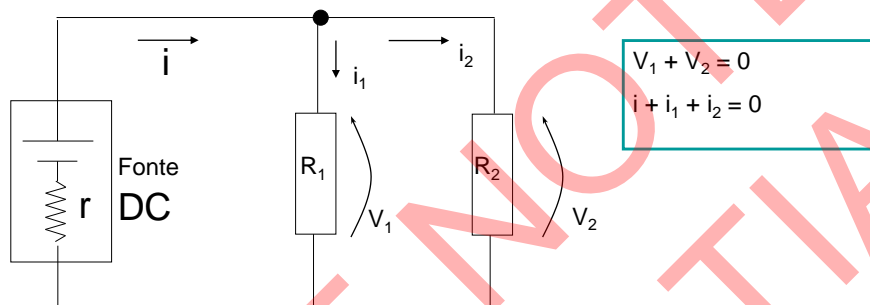
**Um elemento resistivo pode ser:**

**Ôhmico:** quando a resistência é constante para todo par ( $V, i$ ), ou seja, a corrente varia linearmente com a tensão

**Não-ôhmico:** quando a resistência não é constante para todo par ( $V, i$ ), ou seja, a corrente varia não-linearmente com a tensão

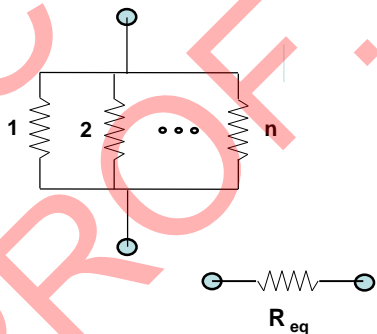
## Leis de Kirchhoff

- A soma das tensões em todos os elementos do circuito fechado são iguais a zero;
- A soma das correntes em um nó do circuito é igual a zero;



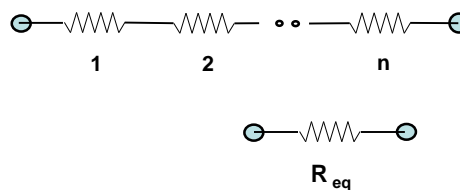
## Resistência Equivalente

Resistores em paralelo



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

Resistores em série



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

## Curva Característica

- Para estudar elementos resistivos em um circuito levantamos sua curva característica
- Ela corresponde ao gráfico da corrente ( $i$ ) em função da tensão ( $V$ )
- Esse gráfico nos permite caracterizar o comportamento do elemento resistivo e, portanto, do circuito

**Como é possível medir grandezas elétricas, como corrente, tensão e resistência?**

### Multímetro

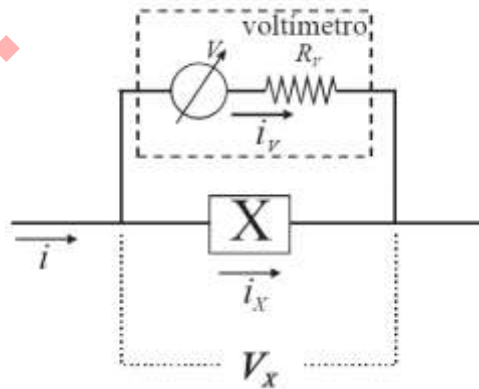
Instrumento para medida de tensão, corrente e resistência

Na realidade é um detector sensível a intensidade de corrente

A origem do multímetro é um aparelho chamado galvanômetro

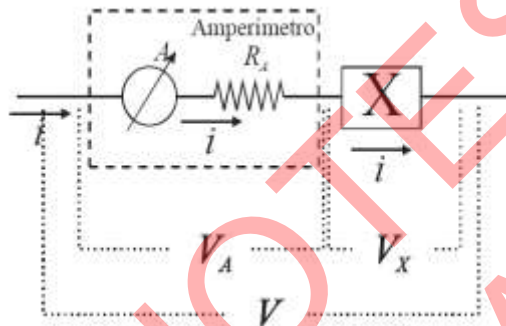
## Voltímetro

- Quando o multímetro está operando para medir tensão
- Ele sempre é montado em paralelo ao elemento do qual se quer medir a tensão



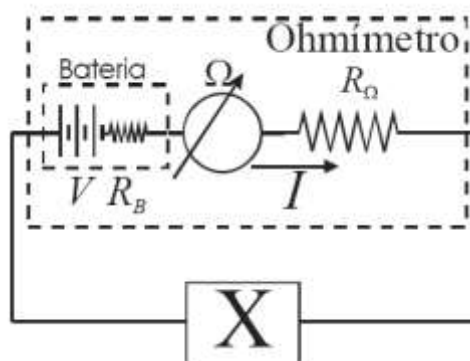
## Amperímetro

- Quando o multímetro está operando para medir corrente
- Ele sempre é montado em série ao elemento do qual se quer medir a corrente



## Ohmímetro

- Quando o multímetro está operando para medir resistência
- Ele sempre é montado em paralelo ao elemento do qual se quer medir a resistência e sem fonte de tensão ligada ao mesmo.



## Aula anterior

- Voltímetros, amperímetros e ohmímetros possuem resistência
  - MODIFICAM as tensões e correntes em um circuito. Eles alteram as medidas...
- Medida de resistência elétrica
  - Três procedimentos distintos para avaliar a resistência interna dos aparelhos nas respectivas funções e sua influência nas medidas

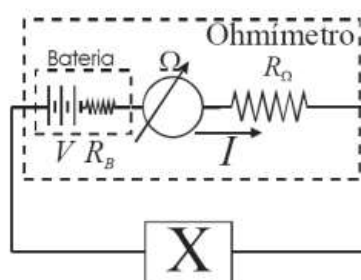
### Procedimento 1

- A bateria do ohmímetro possui uma resistência interna ( $R_B$ ):

– Essa resistência não é levada em consideração pois varia com o uso do aparelho:

$$i = \frac{V}{R_R + R_B + R_\Omega}$$

$$R_R = \frac{V}{i} - R_B - R_\Omega$$



Se  $R_R \gg R_B + R_\Omega$   
essa resistência  
pode ser desprezada  
e a resistência  
medida é  
aproximadamente  
igual a  $R_R$

## Procedimento 2

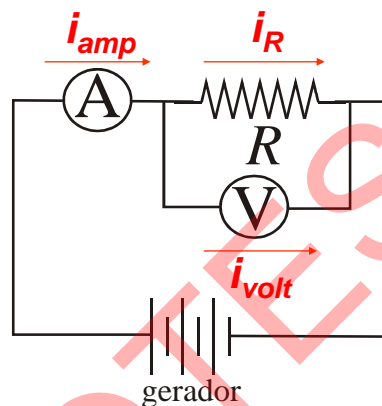
- O Voltímetro possui resistência interna:
  - A resistência, por construção, é muito grande;
  - Provoca “desvio” de corrente:

$$V_{\text{volt}} = V_R ; i_{\text{amp}} = i_{\text{volt}} + i_R$$

$$R_{\text{volt}} i_{\text{volt}} = R_R i_R$$

$$R_{\text{medido}} = \frac{V_{\text{volt}}}{i_{\text{amp}}} = \frac{V_R}{i_{\text{volt}} + i_R}$$

$$R_{\text{medido}} = \frac{V_R}{i_R \left(1 + \frac{R_R}{R_{\text{volt}}}\right)} = \frac{R_R R_{\text{volt}}}{(R_R + R_{\text{volt}})}$$



Se  $R_{\text{volt}} \gg R_R$  implica em  $i_R \gg i_{\text{volt}}$  e a resistência medida é aproximadamente igual a  $R_R$

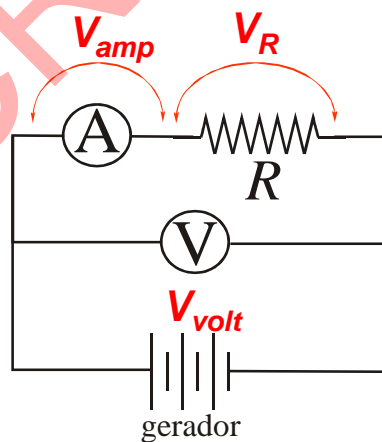
## Procedimento 3

- O Amperímetro possui resistência interna:
  - Resistência, por construção, muito pequena
  - Provoca queda de tensão

$$V_{\text{volt}} = V_{\text{amp}} + V_R$$

$$i_{\text{amp}} = i_R$$

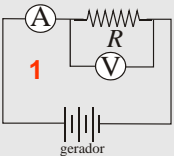
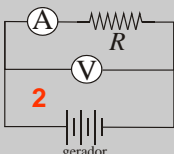
$$R_{\text{medido}} = \frac{V_{\text{volt}}}{i_{\text{amp}}} = \frac{V_{\text{amp}} + V_R}{i_R} = R_{\text{amp}} + R_R$$



Se  $R_{\text{amp}} \ll R_R$  a resistência medida é aproximadamente igual a  $R_R$

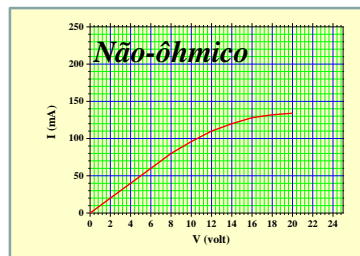
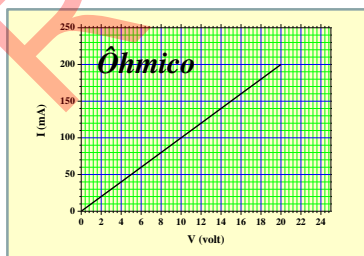
## Valores nominais

$$\begin{aligned} R_{\text{volt}} &= 10 \text{ M}\Omega \\ R_{\text{amp}} &= 2 \Omega \\ R_{\text{ohm}} &= 1 \Omega \end{aligned}$$

	1 $\Omega$	100 $\Omega$	6,8 M $\Omega$
$R_{\text{medido}} = R_{\text{ohm}} + R_R$	2	101	6.800.001
 $R_{\text{medido}} = \frac{R_{\text{volt}} R_R}{(R_{\text{volt}} + R_R)}$	1	100	4.047.519
 $R_{\text{medido}} = R_{\text{amp}} + R_R$	3	102	6.800.002

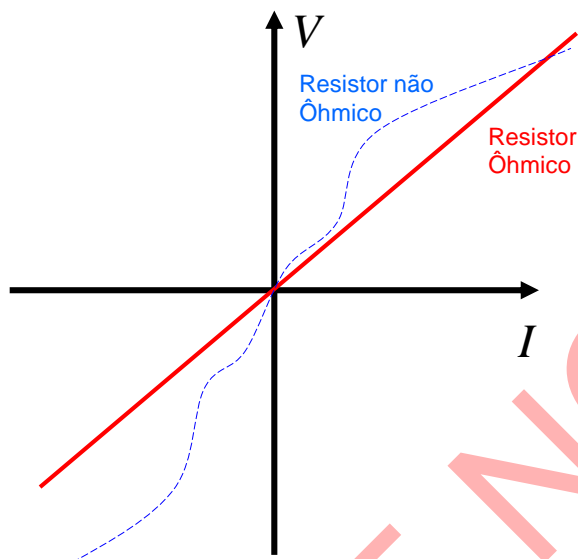
## Curva Característica

- Para estudar elementos resistivos em um circuito levantamos sua curva característica
  - Gráfico da corrente ( $i$ ) em função da tensão ( $V$ )
    - Caracterizar o comportamento do elemento resistivo
      - Ôhmico: resistência é constante para todo par ( $V, i$ ), ou seja, a corrente varia linearmente com a tensão
      - Não-ôhmico: resistência não é constante para todo par ( $V, i$ ), ou seja, a corrente varia não-linearmente com a tensão





## Curvas características

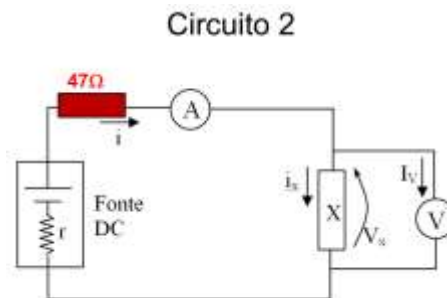
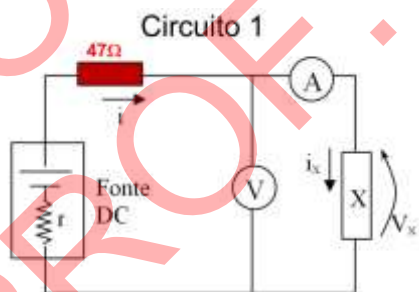


Independente do resistor ser ôhmico ou não, a curva característica,  $V$  vs.  $I$  sempre passa pela origem.

Como medir  $I$  e  $V$  ??

↓  
Instrumentos de medição

Quando utilizar uma montagem ou a outra?



## Aula de Hoje

Nesta aula trabalharemos de novo com gráficos e relações lineares, coeficiente angulares e lineares.

Utilizando dois elementos resistivos diferentes, verificar se ambos se comportam (ou não) como resistores ôhmicos

– **Método:**

Obtenção das curvas características desses elementos

– **Elementos utilizados:**

Resistor comercial  $100\Omega$

Lâmpada comum

Qual o melhor circuito a se utilizar???

## Montagem do Circuito

Para evitar corrente alta, iremos adicionar, adjacente à fonte, um resistor de  $47\Omega$ , que deverá permanecer para todas as medidas.

Cada equipe receberá um **multímetro de capa azul e fundo de escala automático** (mas com posições diferentes para  $\mu\text{A}$ ,  $\text{mA}$  e  $10\text{A}$ ) e um **multímetro de capa amarela com fundo de escala manual**.

**Usar um multímetro como amperímetro e outro como voltímetro.**

## Máxima Potência/Corrente

Antes da montagem do circuito, deve-se **calcular a corrente máxima suportada por cada resistor**

Para isso, utiliza-se a potência máxima do resistor com um fator de segurança de 50%.

O aluno deve calcular a corrente máxima e conferir com o professor.

Para os resistores utilizados:

47 $\Omega$ : 5W,. Com fator de segurança, 2,5W.

100 $\Omega$ : 10W. Com fator de segurança, 5W.

**Havendo duas resistências no circuito, o de menor limite de corrente é que comandará o limite a ser imposto à corrente no circuito**

## Medida com o Resistor de 100 $\Omega$

**Procedimento:** Montar o circuito com o resistor. Variar o valor de tensão da fonte respeitando os valores máximos de corrente calculados na aula anterior.

Para cada valor de tensão o valor  $V_x$  no resistor e a corrente no amperímetro (anotar as escalas de leitura do voltímetro e amperímetro e as respectivas fórmulas das incertezas de acordo com o manual). Pelo menos 10 medidas no intervalo de 0 a 20V. Depois inverta as polaridades e meça de 0 a -20V

## Medida com a lâmpada de filamento

Meça a resistência da lâmpada utilizando o multímetro na função ohmímetro.

Repetir o procedimento anterior para obter os valores de  $V$  e  $I$

**Para a Lâmpada medir ~20 pontos do lado positivo e ~20 pontos do lado negativo.**

### Gráficos

Fazer os gráficos de  $V$  vs.  $I$  para o resistor e a Lâmpada (e diodo).

Os elementos analisados são ôhmicos????

**SE SIM**, obter os coeficientes lineares e angulares da curva com as respectivas incertezas e COLOCAR NA LOUSA. Compare com o obtido na aula passada.

**SE NÃO**, discutir porque os valores de resistência variam com a voltagem.

## Qual é a incerteza do voltímetro e do amperímetro?

- Como avaliar incerteza para uma medida de tensão = 1,840 V (escala de 2 V) ?
- Procurar no manual do instrumento a tabela relativa à função e escala utilizadas
  - Cada escala possui uma incerteza distinta
- Em geral, é fornecida a incerteza estatística (em porcentagem) e a sistemática (em dígitos)
  - Ex: para tensão elétrica contínua
  - Incerteza = 0,2% + 3D
    - O que isso significa?

### 0,2% + 3D - O que é isso?

- 0,2%
  - Incerteza estatística
  - Porcentagem do valor medido
  - Ex: valor medido: 1,840 V
  - Incerteza:  $0,2 / 100 * 1,840 = 0,004 \text{ V}$
- 3D
  - Três algarismos na última casa decimal da medida
  - Ex: valor medido: 1,840 V
  - Incerteza: 0,003 V
- Incerteza total da medida
  - Soma linear (superestimando) = 0,007 V

# Dados Experimentais

**Tabelas VxI para o resistor e a lâmpada, com as respectivas incertezas.**

**No link:**

**<https://bit.ly/32zQSHj>**

**Relatório:  
Entregar na próxima aula**

- Resumo e Introdução ao problema.
  - Descrição do modelo teórico aplicado ao problema
  - Descrição detalhada do aparato experimental e procedimento de medida. Descrever as formas de análise dos dados. Se realizou propagação de erros, apresentar a demonstração das fórmulas (dúvidas, me procure!!!).
  - Tabelas dos dados primários obtidos.
  - Resultados obtidos para a medida das resistências utilizando o ohmímetro, circuito 1 e circuito 2. Explicar as limitações de cada caso e porque em alguns casos os valores ficaram longe dos esperados.
  - Curvas características de V vs I para o resistor e Lâmpada (e diodo). Quando possível utilize o método gráfico para determinar a resistência do resistor bem como sua incerteza. O valor de resistência obtido por este método é compatível com os valores nominais e medidos para o resistor? Verifique a validade, ou não da lei de Ohm para o resistor e a lâmpada (e diodo) utilizando argumentos físicos para sua explicação.
  - Discuta os resultados experimentais. Conclua sobre os resultados experimentais, aplicação do modelo teórico utilizado, limitações deste modelo. Utilize as questões propostas na apostila como guia para o raciocínio.
- O relatório deve conter: **Resumo, Introdução, Descrição teórica, Descrição experimental, Apresentação dos Resultados, Discussão, Conclusões e Bibliografia.**
- Neste experimento os gráficos podem ser feitos utilizando papel milimetrado. Caso deseje, o aluno pode, adicionalmente, anexar também gráficos feitos com planilhas eletrônicas.*

# Mãos a obra!!!



Manuais dos Equipamentos:

<http://portal.if.usp.br/labdid/pt-br/manuais>

Planilha de dados de hoje:

<https://bit.ly/32zQSHj>

LECTURE NOTES  
PROF. CRISTIANO