

# **Introdução às Medidas em Física**

**4300152**

**8<sup>a</sup> Aula**

# 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

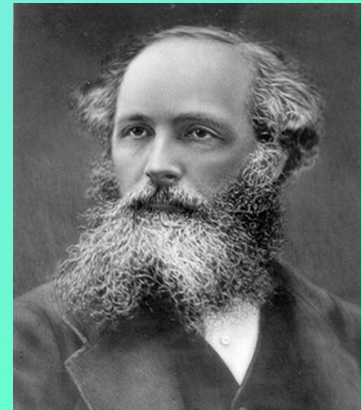
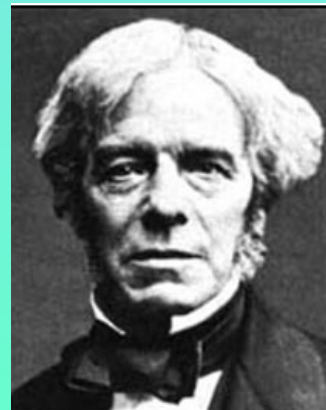
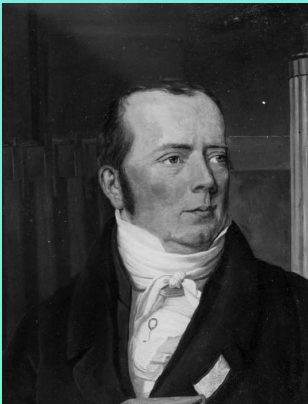
#### Análise de dados:

Análise Gráfica

Comparação com um modelo

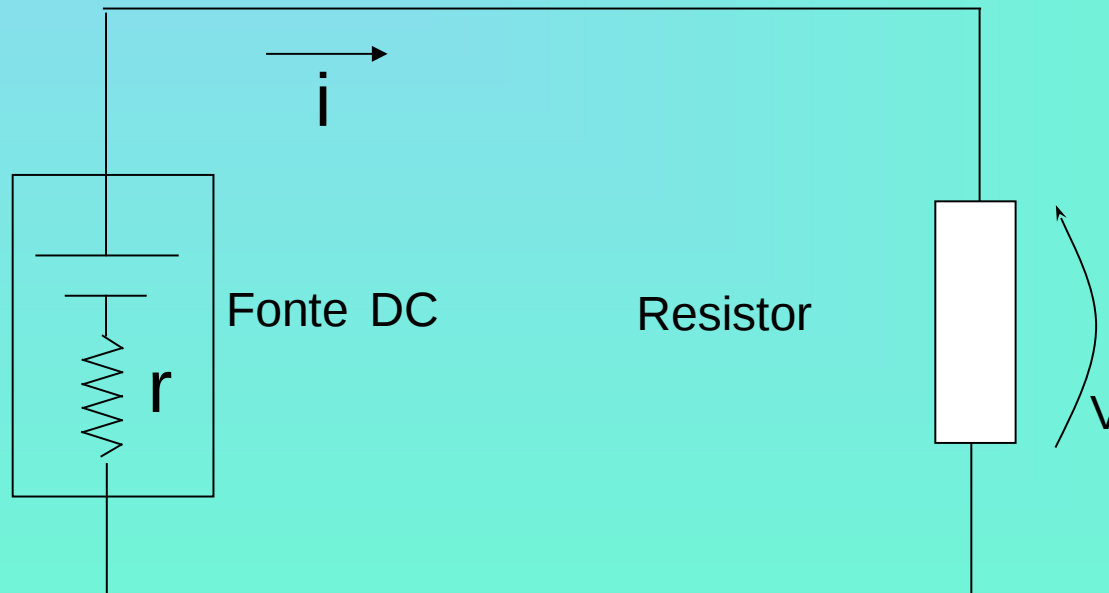
# Eletromagnetismo

- O estudo da eletricidade e do magnetismo sempre envolveu a observação de fenômenos e a elaboração de leis empíricas.
- Só no **século XIX** os fenômenos eletromagnéticos foram melhor compreendidos a partir de leis quantitativas básicas, deduzidas com as pesquisas experimentais de **Oersted, Ampère, Faraday** e os trabalhos de síntese teórica de **Maxwell**.
- É um ótimo exemplo de como a física evolui a partir *da experimentação*.



# Circuito elétrico

É uma associação de elementos elétricos (resistivos ou não), normalmente formando uma rede fechada por onde passa uma corrente elétrica ( $i$ )



Circuitos elétricos são extremamente importante para a nossa tecnologia, estando presentes em basicamente qualquer aparelho eletrônico

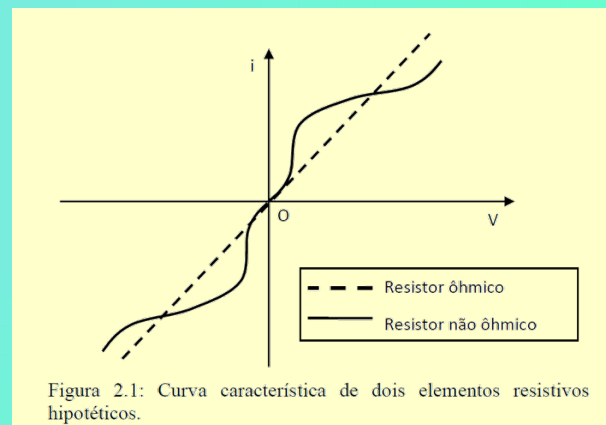
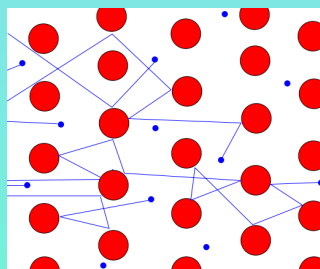
# Elemento Resistivo

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:**

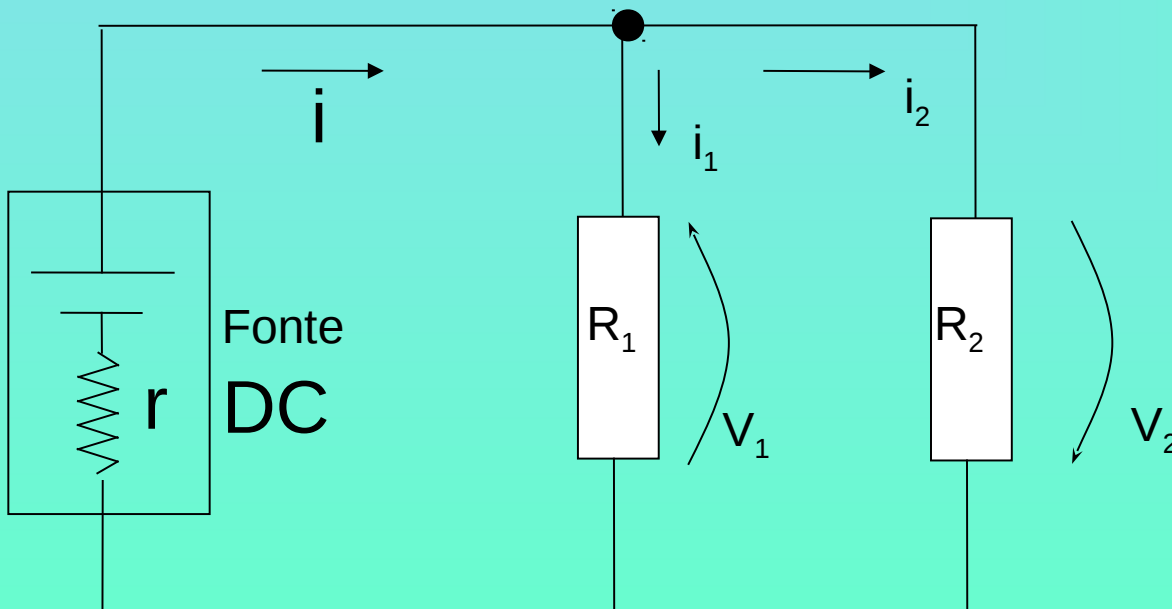
**Ôhmico:** quando a resistência é constante para todo par ( $V, i$ ), ou seja, a corrente varia linearmente com a tensão

**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 é igual a zero;

A soma das correntes em um nó do circuito é igual a zero;



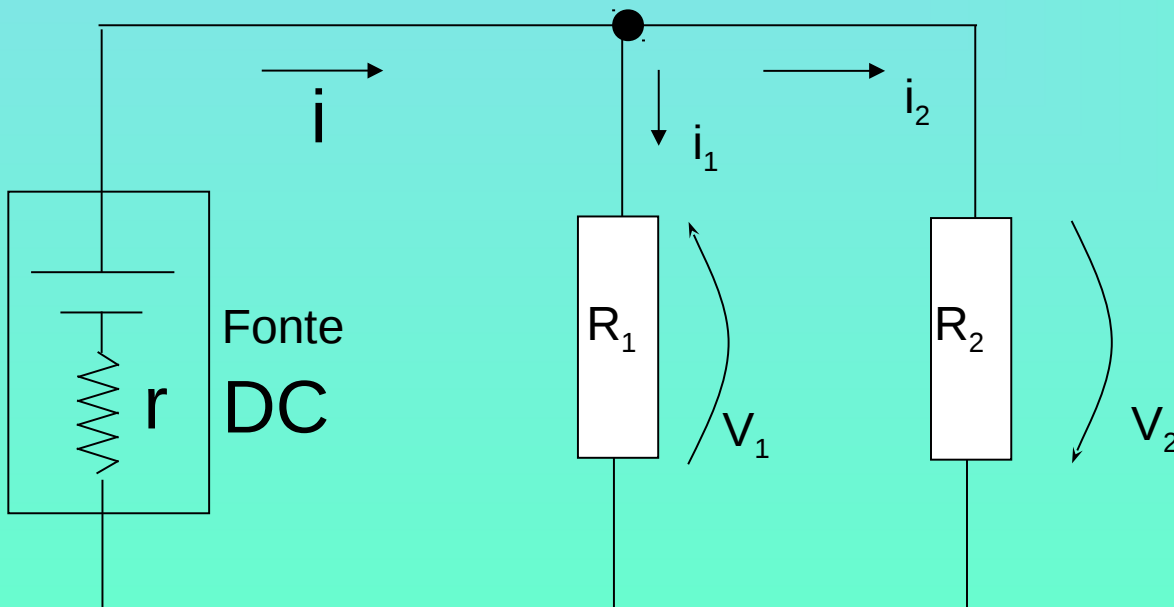
$$V_1 + V_2 = 0$$

$$i + i_1 + i_2 = 0$$

# Leis de Kirchhoff

Portanto:  $V_1 = -V_2$ .

Por exemplo, se desejo medir  $V_1$ , posso medir  $V_2$  através de  $i_2$  e  $R_2$ , que me levará a  $V_1$ .

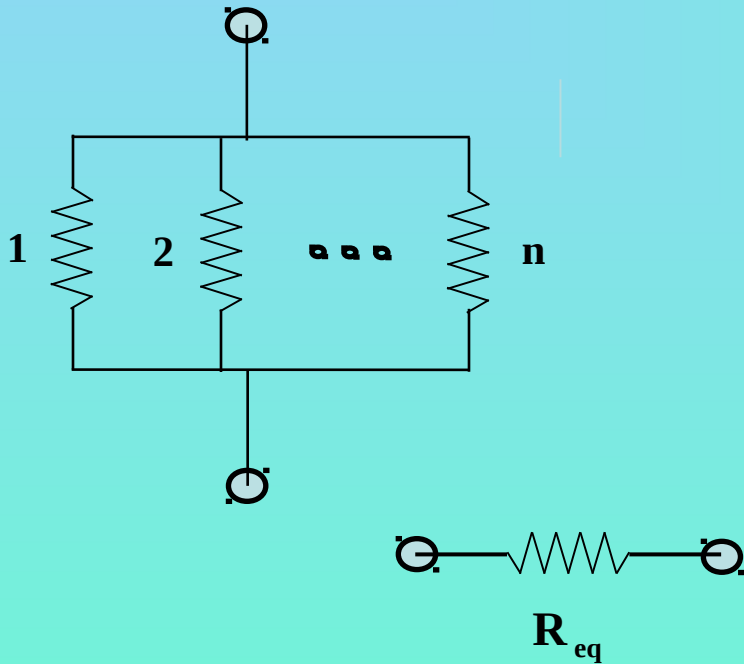


$$V_1 + V_2 = 0$$

$$i + i_1 + i_2 = 0$$

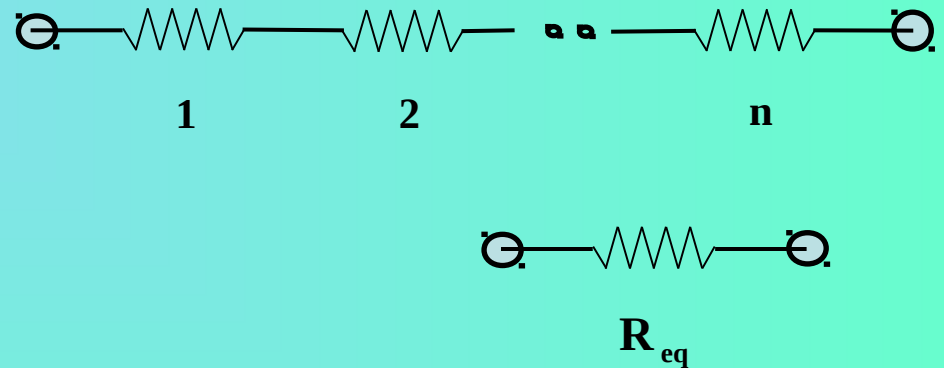
# Resistência Equivalente

## 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

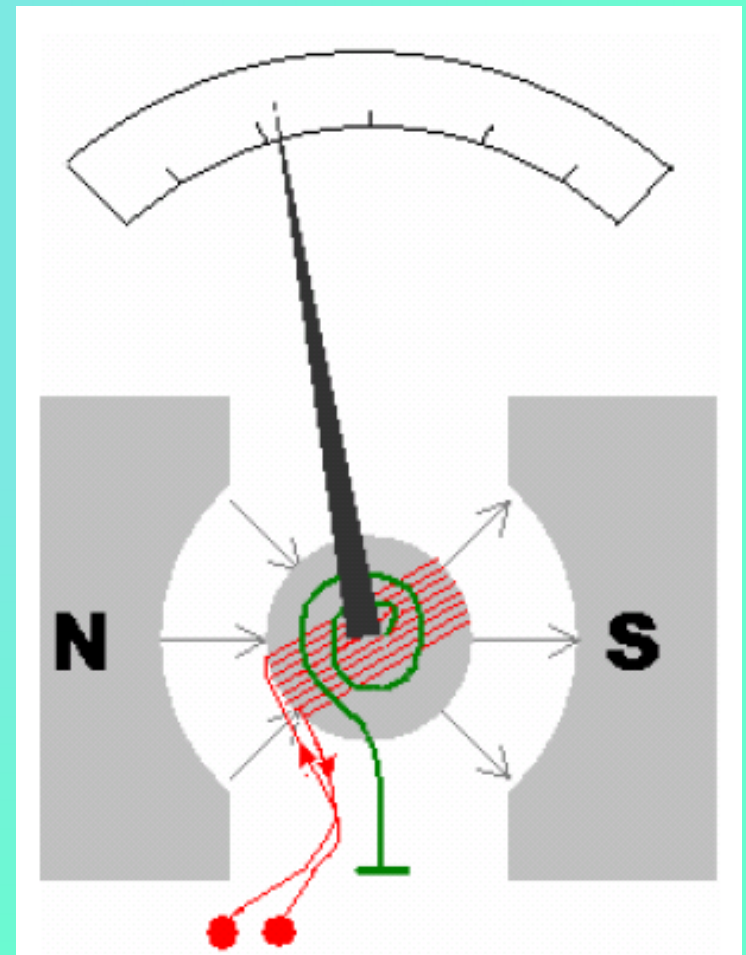
A origem do multímetro é um aparelho chamado galvanômetro

# Galvanômetro

O galvanômetro, inventado por William Sturgeon em 1836 (cujo nome é uma homenagem a Luigi Galvani), é um detector sensível a intensidade de corrente;

Interação entre a corrente elétrica em uma bobina e um campo magnético

Torque proporcional à corrente elétrica

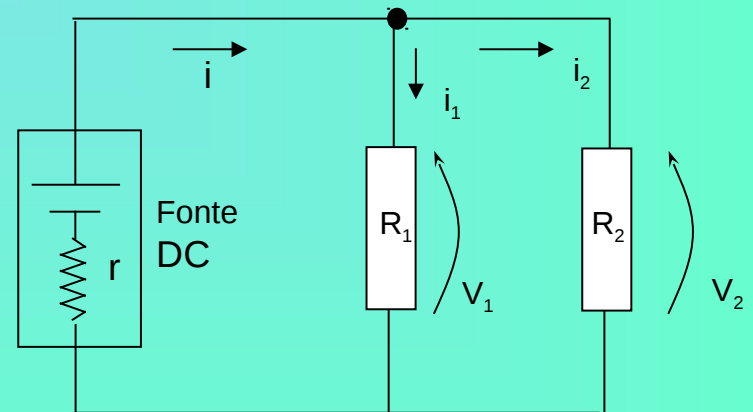


# Multímetro

Como utilizar um multímetro para medir correntes e tensões elétricas?

Faz-se circuitos simples de forma que a corrente elétrica que passa pelo multímetro seja proporcional à corrente ou tensão elétrica que queremos medir

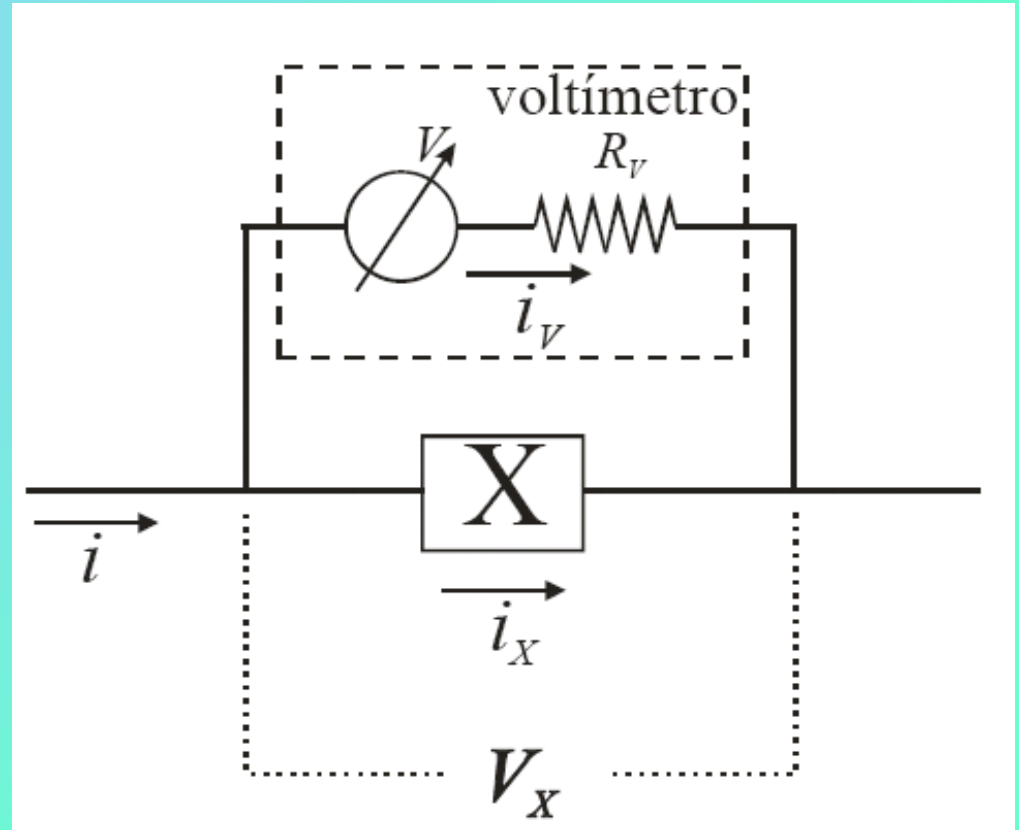
Ajusta-se a escala de modo a converter a corrente no multímetro para a grandeza medida



# Voltímetro

Quando o multímetro está operando para medir tensão

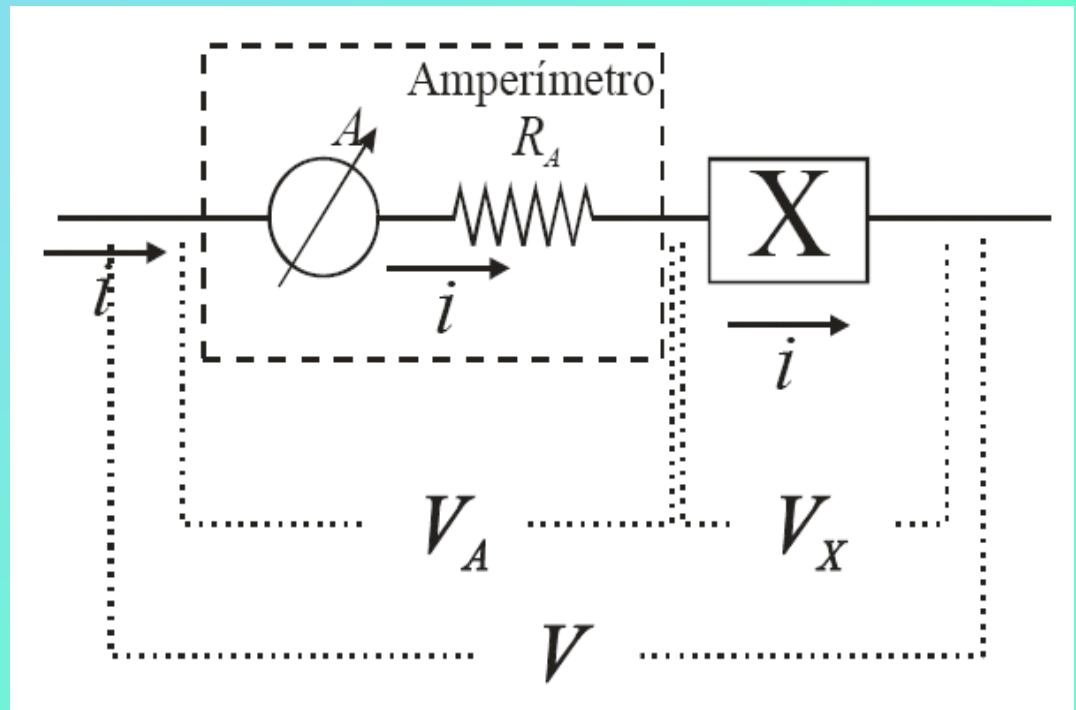
Ele sempre é montado em paralelo ao elemento do qual se quer medir a tensão



# Amperímetro

Quando o multímetro está operando para medir corrente

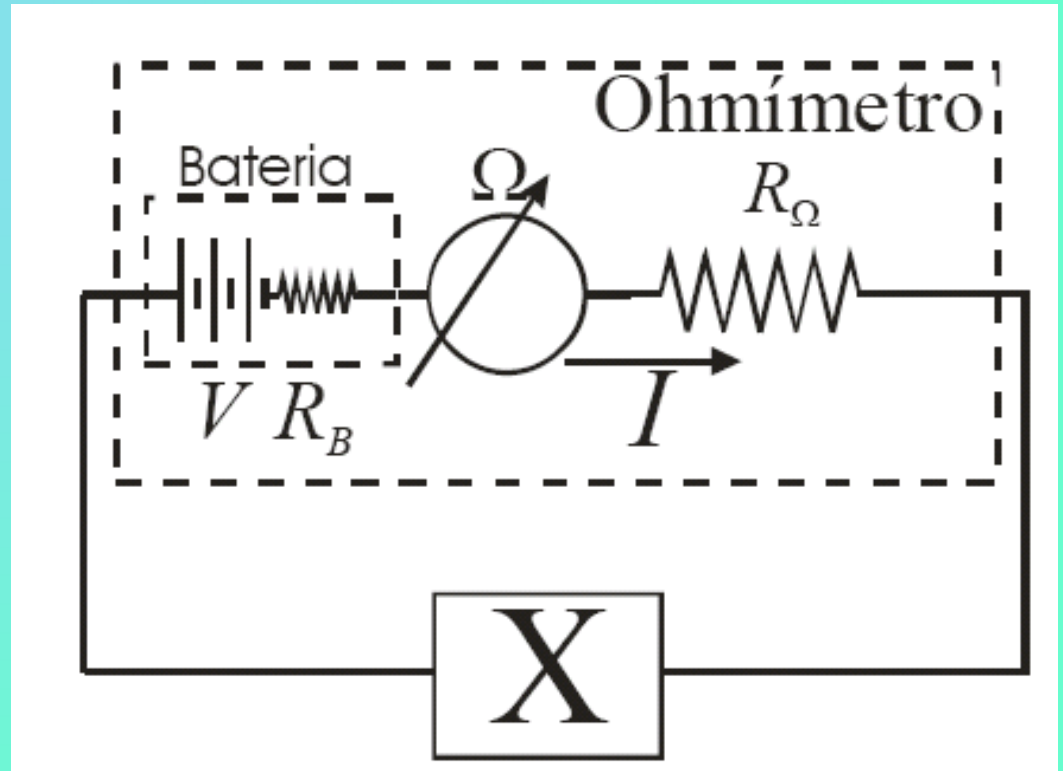
Ele sempre é montado em série ao elemento do qual se quer medir a corrente



# 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.



# Uma consequência importante

**Voltímetros, amperímetros e ohmímetros possuem resistência**

**Voltímetros e amperímetros medem através do desvio de um pouco de corrente para o instrumento**

**Voltímetros e amperímetros MODIFICAM as tensões e correntes em um circuito. Eles alteram as medidas...**

**Ohmímetros nunca devem ser utilizados diretamente em um circuito. O elemento a ser medido deve ser isolado do restante do circuito.**

# Medida de resistência elétrica

**O objetivo da 1ª parte do experimento é medir a resistância elétrica de um resistor ôhmico;**

**Vamos realizar essa tarefa de três maneiras diferentes, comparando e discutindo os resultados de cada medida e observando o efeito do instrumento de medida sobre a mesma.**



# Medida de resistância elétrica

Utilizar três maneiras diferentes

verificar para que situações cada um dos procedimentos é mais adequado e porque

**Procedimento 1: Direto**

Multímetro = Ohmímetro

$$R_{\text{resistor}} = R_{\text{medido}}$$

**Procedimento 2 e 3: Circuito**

Multímetro 1 = Voltímetro

Multímetro 2 = Amperímetro

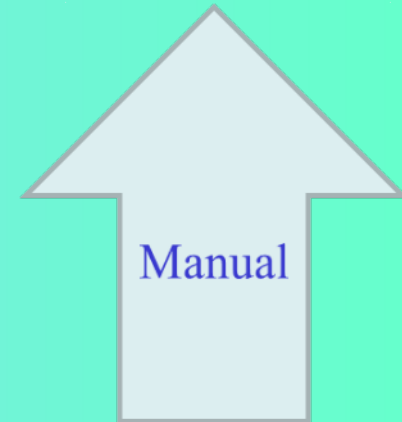
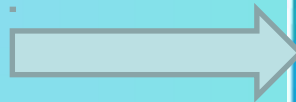
$$R_{\text{resistor}} = \frac{V_{\text{resistor}}}{I_{\text{resistor}}} \approx \frac{V_{\text{voltim}}}{I_{\text{amperim}}}$$

# Procedimento Experimental

**1º Procedimento: inicialmente, meça a resistência dos resistores comerciais fornecidos pelo professor usando o multímetro na função de ohmímetro**

# O multímetro

Visor com resultados da medida, unidades e sinal



Manual

Seletor de funções



Entradas para cabos



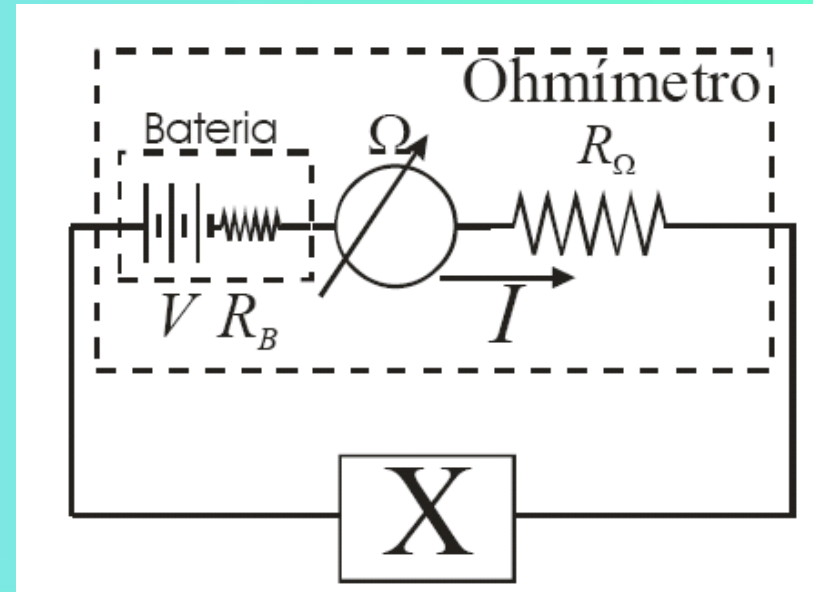
# Procedimento 1

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

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

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

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



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

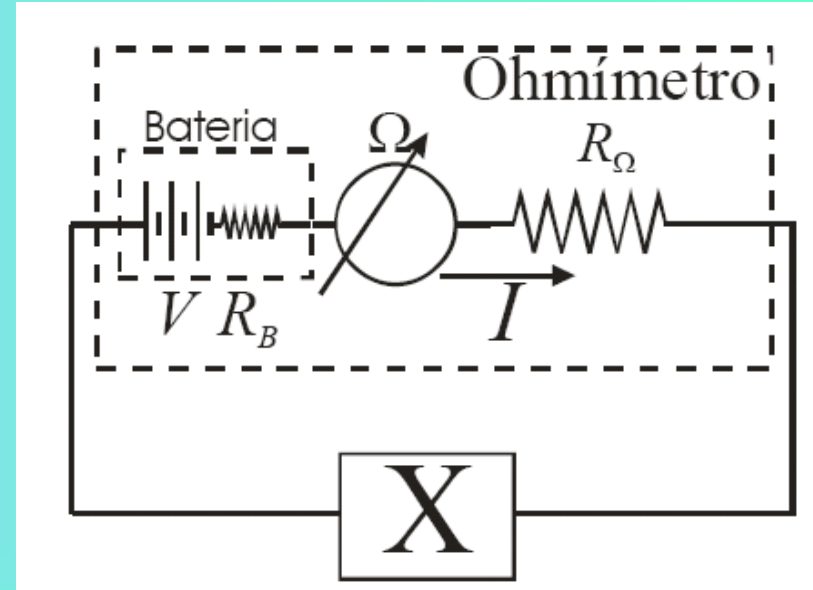
# Procedimento 1

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

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

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

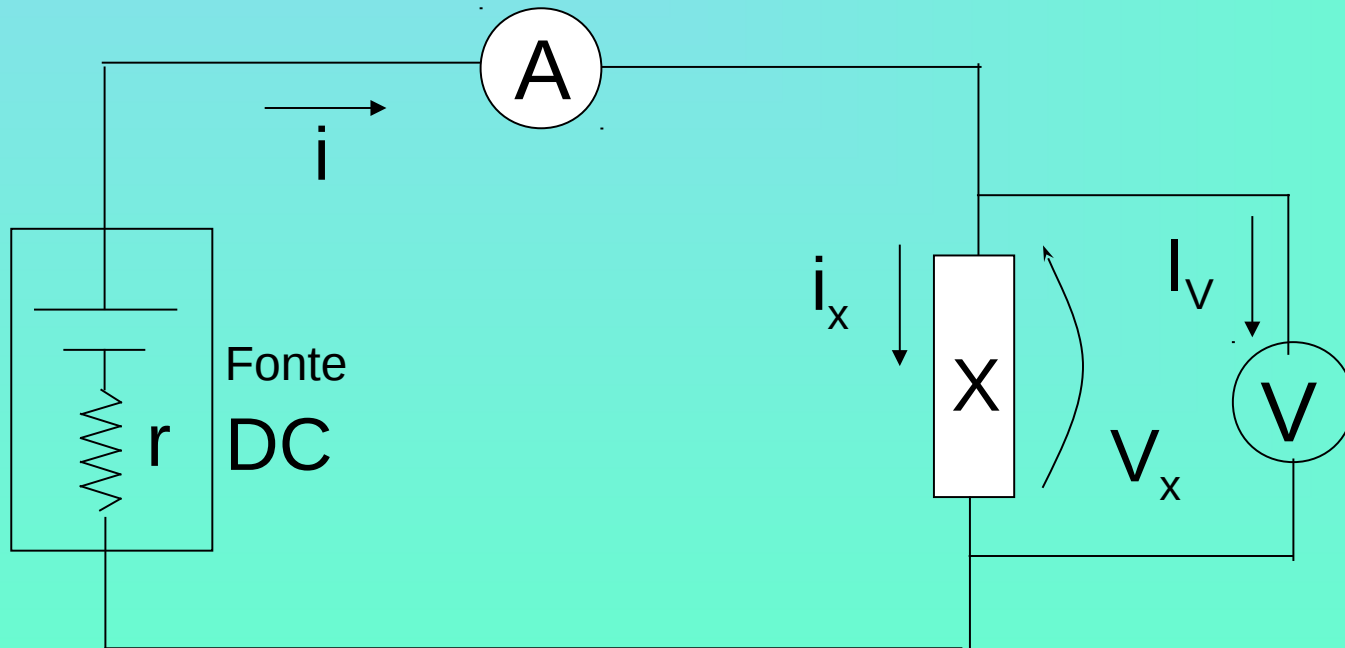
$$R_X = \frac{V}{i} - R_B - R_\Omega$$



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

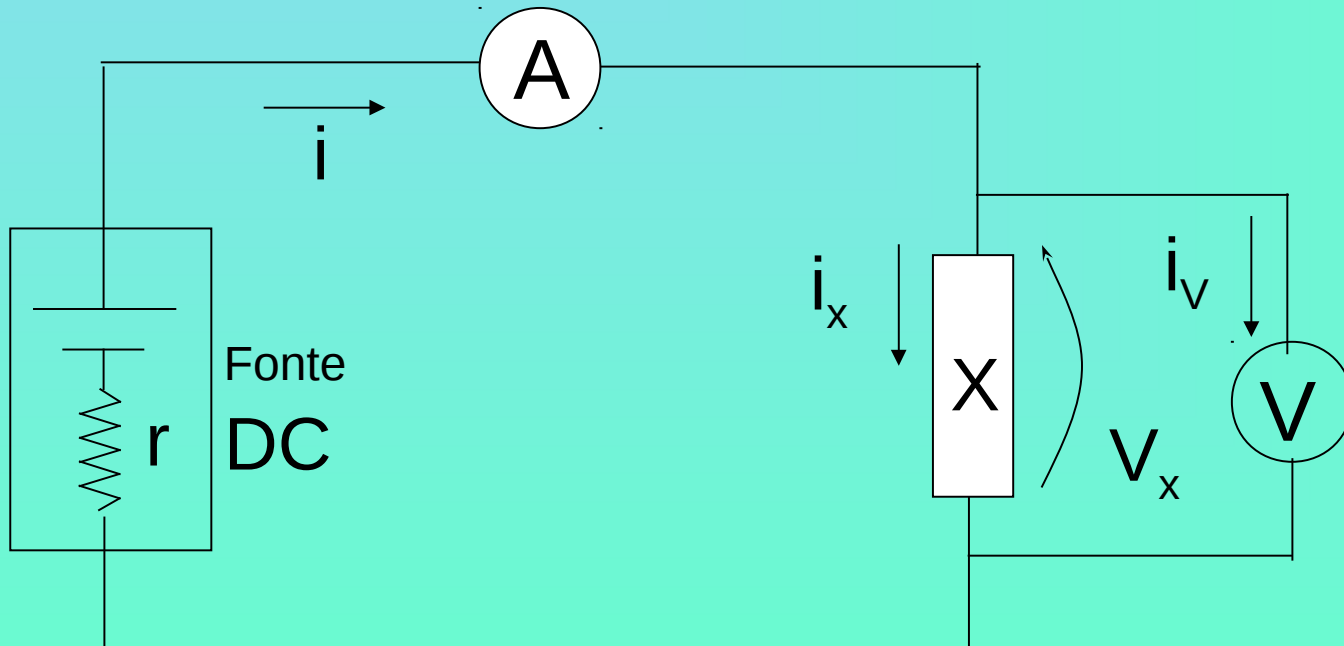
# Procedimento Experimental

2º Procedimento: monte o circuito abaixo, meça  $i$  com um amperímetro e  $V_x$  com um voltímetro e obtenha  $R_x$  através da definição de resistividade, ou seja,  $R_x = V_x / i$



# Procedimento Experimental

2º Procedimento: note que estamos medindo  $i$  e não  $i_x$ . Qual a consequência disso? Para este procedimento ser preciso, que condições o circuito deve satisfazer?



# Procedimento 2

O Voltímetro possui resistência interna:

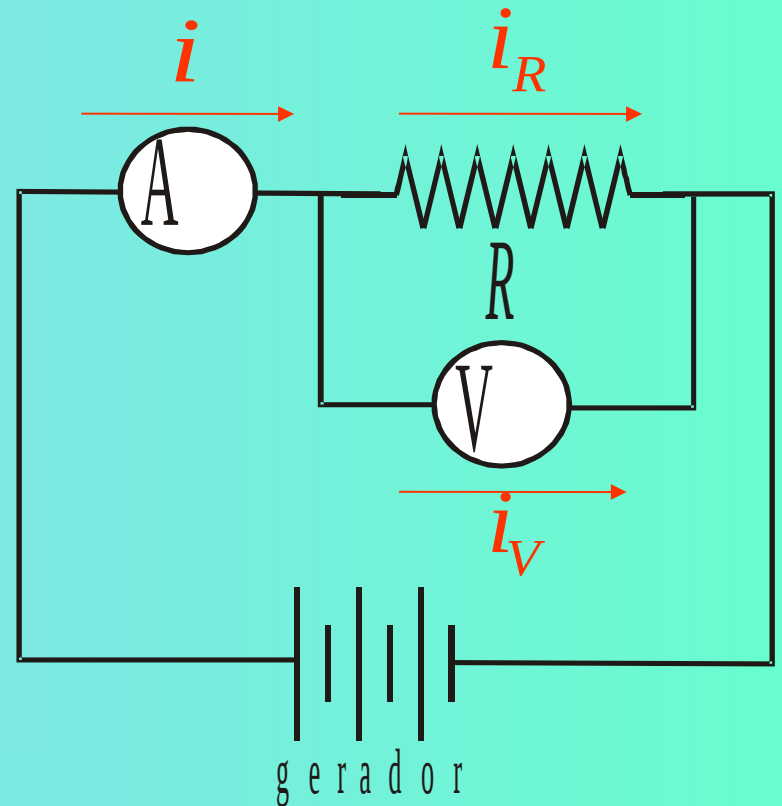
A resistência, por construção, é muito grande;

Provoca “desvio” de corrente:

$$V_{medido} = V_{volt} = V_{res}$$

$$i_{medido} = i_{amp} = i_{volt} + i_{res}$$

$$R_{medido} = \frac{V_{volt}}{i_{amp}} = \frac{V_{res}}{i_{volt} + i_{res}} < R_{res}$$

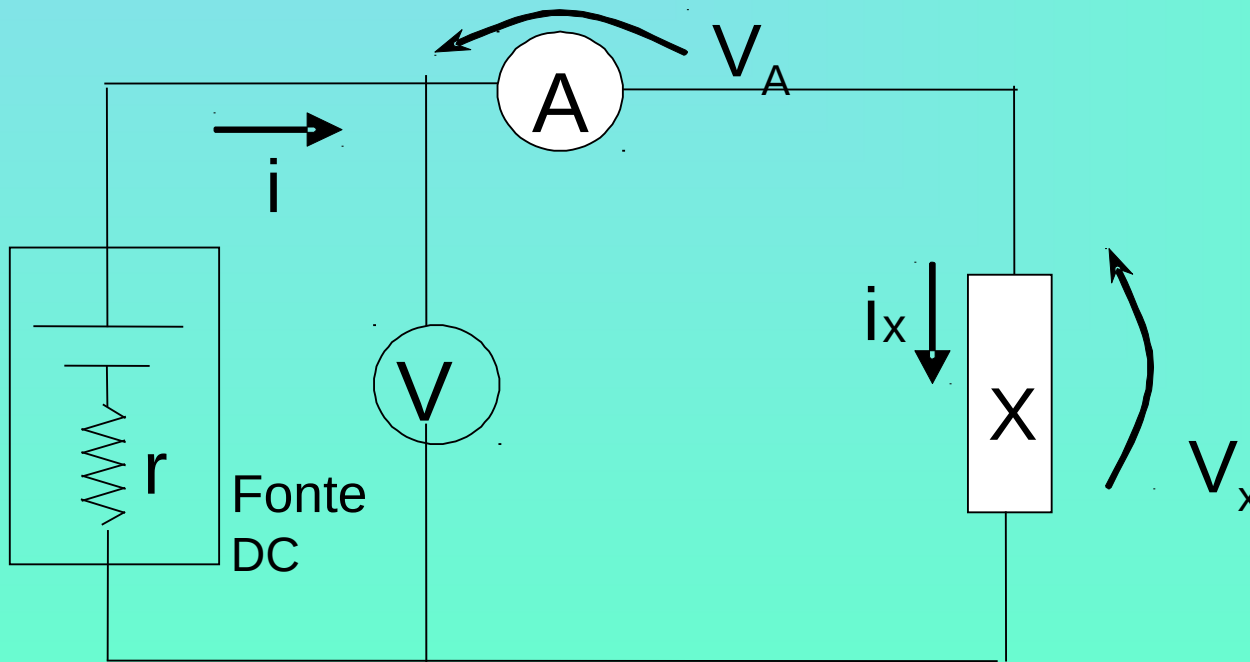


Se  $R_V \gg R$  implica em  $i_R \gg i_V$  e A resistência medida é aproximadamente igual a  $R$



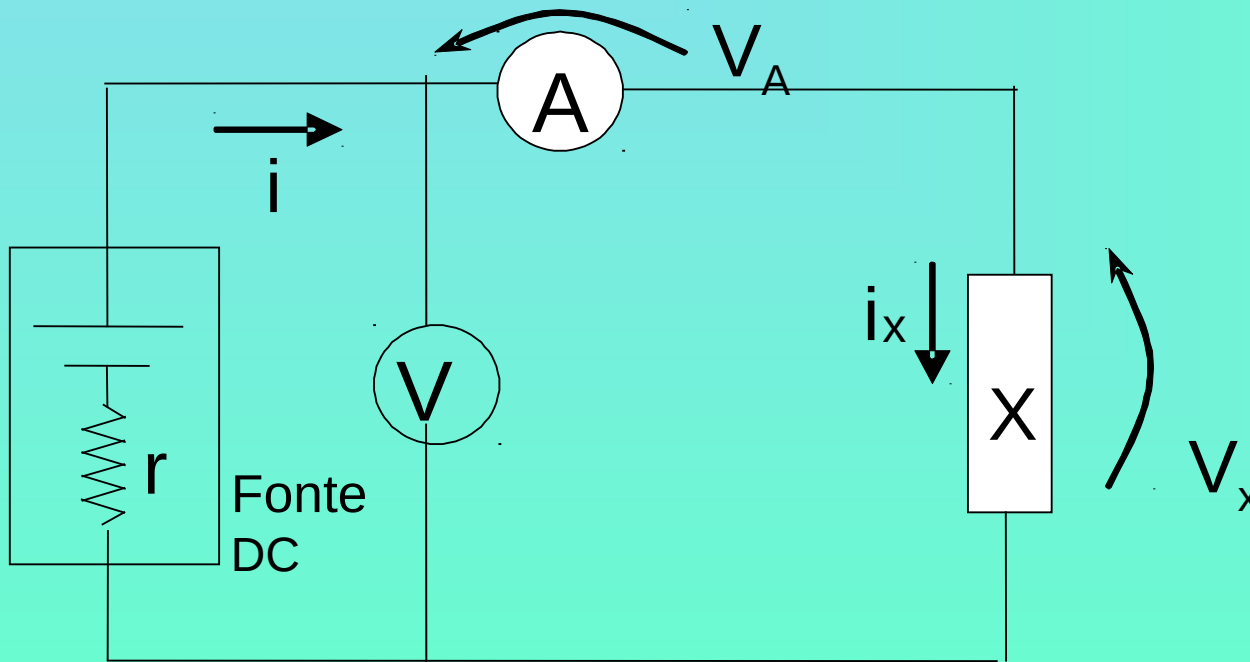
# Procedimento Experimental

3º Procedimento: monte o circuito abaixo, meça  $i_x$  com um amperímetro e  $V (=V_A + V_x)$  com um voltímetro e obtenha  $R_x$  através da definição de resistividade,  $R_x = V / i_x$



# Procedimento Experimental

3º Procedimento: note que estamos medindo  $V (=V_A + V_x)$  e não  $V_x$ .  
Qual a consequência disso? Para este procedimento ser preciso, que condições o circuito deve satisfazer?



# Procedimento 3

O Amperímetro possui resistência interna:

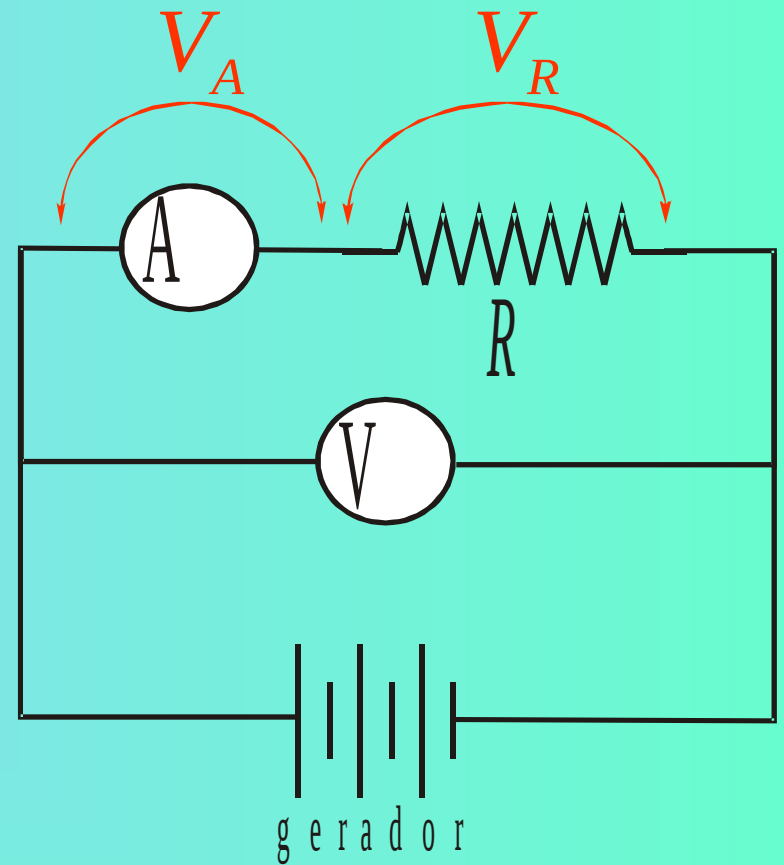
Resistência, por construção, muito pequena;

Provoca queda de tensão:

$$V_{\text{medido}} = V_{\text{volt}} = V_{\text{amp}} + V_{\text{res}}$$

$$i_{\text{medido}} = i_{\text{amp}} = i_{\text{res}}$$

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



Se  $R_A \ll R$   
A resistência medida é aproximadamente igual a  $R$

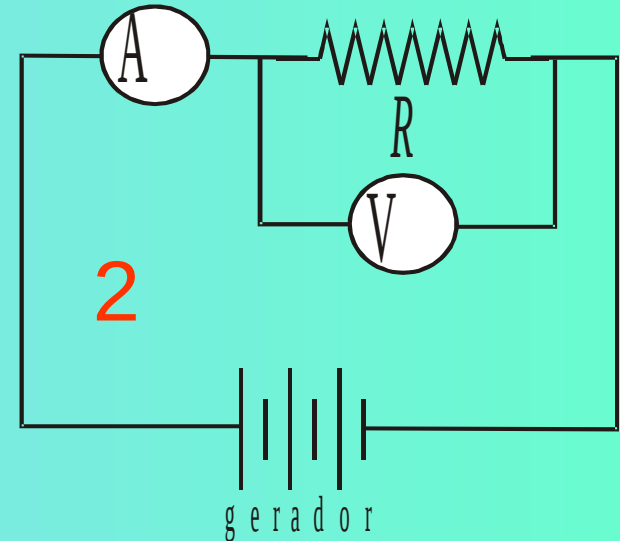
# Conclusões

Dependendo do valor da resistência elétrica a ser estudada, um circuito é mais adequado que o outro

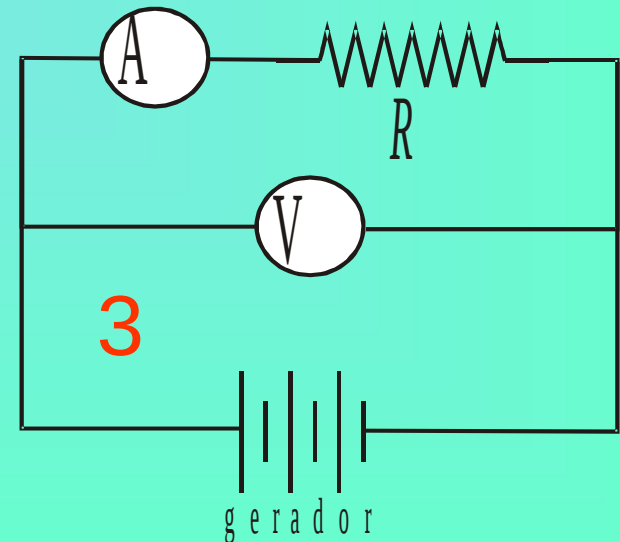
Para altas resistências, o procedimento 1 e 3 são mais adequados que o 2 e vice-versa.

Altas resistências significam comparáveis à resistência do voltímetro

$$R_{\text{medido}} = \frac{V}{i} = \frac{V_R}{i_V + i_R} < R$$



$$R_{\text{medido}} = \frac{V}{i} = \frac{V_A + V_R}{i} = R_A + R$$



# Análise de Dados

**Calcule  $R_{medido}$  dos três resistores disponíveis  
das três maneiras sugeridas**

**Verifiquem o manual dos multímetros para as  
incertezas nas medidas**

**Os valores são iguais? Por quê?**

**Qual o melhor procedimento de medida em  
cada caso? Por quê?**

# 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**

# Exercícios – aula

Incerteza  
Instrumental  
com Multímetro

## Introdução às medidas físicas (4300152) Exercício aula 8

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

**Exercício 1:** Para estimar as incertezas instrumentais quando se usa um multímetro é necessário realizar um cálculo, descrito no manual do instrumento, que leva em consideração erro percentual e erro absoluto. O cálculo depende do modelo do multímetro, da função na qual está sendo usado o multímetro (voltímetro, amperímetro etc.), e do fundo de escala que foi usado para realizar a medida.

A Tabela 1 tem dois exemplos. Para esses casos, escreva o valor final (valor com incerteza) das medidas mostradas na tabela usando a fórmula descrita na mesma tabela. Lembre-se que o mostrador do multímetro só possui 4 dígitos.

**valor final = valor com incerteza**

$$V \pm \sigma V$$

$$I \pm \sigma I$$

Tabela 1: Valores de tensão e corrente e respectivos fundos de escala, com a fórmula para cálculo de incertezas

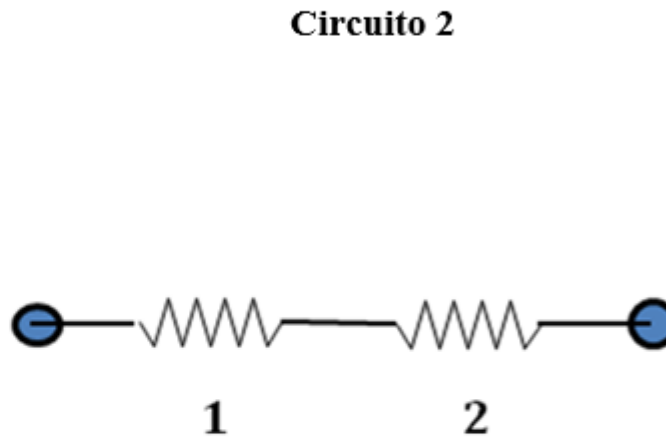
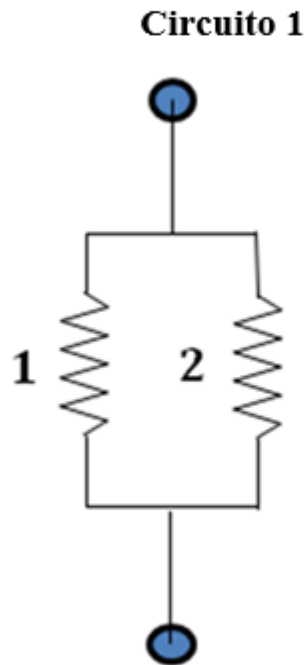
<u>Valor da Medida</u>	<u>Fundo de escala</u>	<u>Fórmula para incerteza</u>	<u>Valor final</u>
1,987 V	2 V	0,1 % + 3d	
4,78 $\mu$ A	60 $\mu$ A	2% + 5d	



# Exercícios – aula 8

**Exercício 2:** Calcule a resistência equivalente para os dois circuitos abaixo supondo que os valores dos resistores sejam aqueles da tabela 2. Calcule as incertezas.

⊕



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

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

$$\sigma_{R_{eq}} = \sqrt{\sigma_{R_1}^2 + \sigma_{R_2}^2}$$

$$\frac{\sigma_{R_{eq}}}{R_{eq}^2} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_{R_1}}{R_1^2}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{R_2}}{R_2^2}\right)^2}$$

**Tabela 2:** Valores de resistência

<u>Conjunto</u>	$R_1$ ( $\Omega$ )	$R_2$ ( $\Omega$ )	<u><math>R_{eq}</math> (<math>\Omega</math>)</u> <u>Circuito 1</u>	<u><math>R_{eq}</math> (<math>\Omega</math>)</u> <u>Circuito 2</u>