

Determinação da resistência elétrica de um resistor

Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Curitiba

Departamento Acadêmico de Física

Física Experimental – Eletricidade

Prof. Ricardo Canute Kamikawachi

Objetivo: Determinar experimentalmente a resistência elétrica de um resistor a partir da curva $V \times I$.

Conteúdos: Incertezas instrumentais em medidas de corrente e tensão elétrica utilizando multímetros, regressão linear, transferência de incertezas do eixo x para o eixo y , interpretação do resultado do ajuste numérico.

Leitura: Livro “Física, Eletricidade e Magnetismo, volume 3”, Paul Tipler, 3ª edição, 1995, Capítulo 23 Circuitos de corrente contínua, seção 23.3 Amperímetros, Voltímetros e Ohmímetros. Livro “Introdução ao laboratório de Física Experimental, método de obtenção, registro e análise de dados experimentais” Klemensas R Juratis e João B Dmiciano, EdueL, 2009, Capítulo 3 Conceitos básicos da teoria de erros, seção 10.2 Erros de leituras em instrumentos digitais, Capítulo 4 registro e análise de dados experimentais, seção 7.2 Análise de dados experimentais em gráficos com uso de microcomputador, seção 8.3 Transferência de incerteza da variável do eixo horizontal x , para o eixo vertical y .

1. Procedimento

Inicialmente na fonte de tensão coloque o cursor de limitação de corrente em meio curso e certifique-se que o cursor de tensão está em zero. **Não ligue a fonte de tensão antes da verificação do professor.** Para obter a curva $V \times I$ monte o circuito conforme a figura 1. O multímetro (minipa ET-2042D) que será utilizado como voltímetro está em paralelo com o resistor e o multímetro que será utilizado como amperímetro está em série com o resistor.

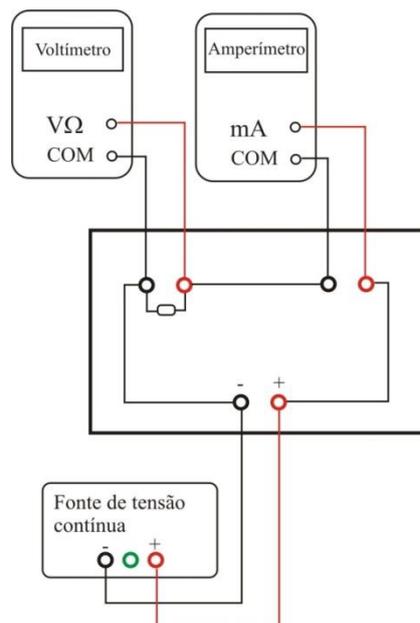


Figura 1. Configuração do circuito utilizado para a obtenção da curva $V \times I$ do resistor

No amperímetro que medirá a corrente que atravessa o resistor, selecione a escala de 200 mA. No voltímetro que medirá a tensão nos terminais do resistor, selecione a escala de 20 V. Varie lentamente a tensão entre 0 V e 10 V em passos de aproximadamente 1 V e colete os dados de tensão e corrente indicados nos multímetros.

2. Análise de dados

No SCIDAVis insira os dados de corrente na coluna 1 (x) e os dados de tensão na coluna 2 (y). Crie mais duas colunas na tabela para inserir as incertezas das medidas (clique com o botão direito sobre o rótulo da coluna e selecione: add columns, ou utilize o botão de atalho na barra de tarefas), como mostra a figura 2.

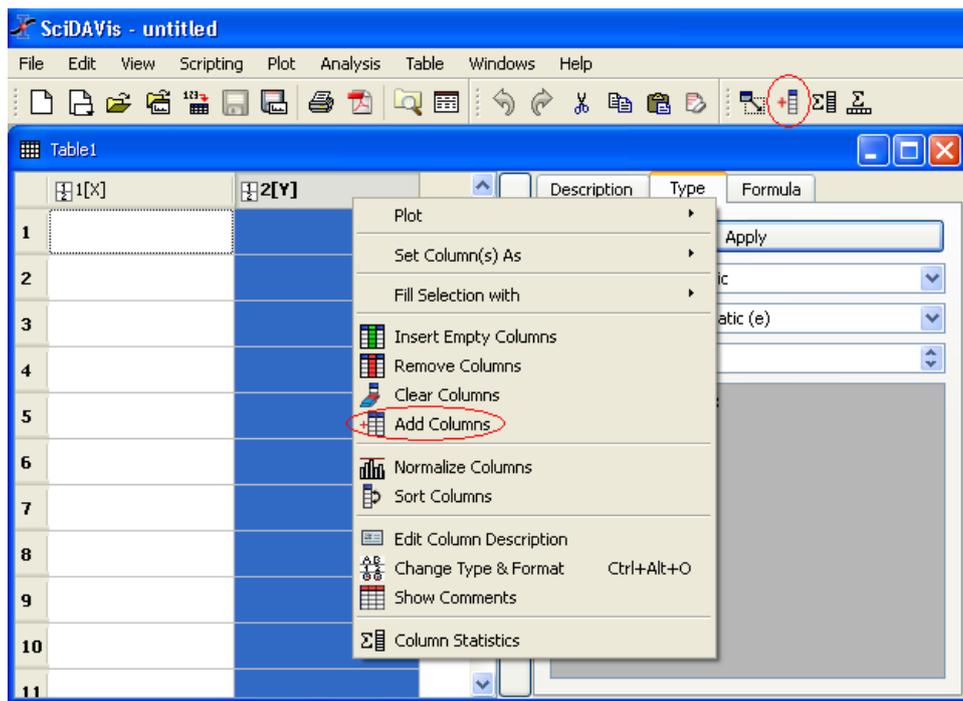


Figura 2. Formas de inserir colunas adicionais na tabela

Verifique no manual do multímetro quais são as incertezas associadas a cada uma das escalas utilizadas. A incerteza da escala de leitura é expressa da seguinte forma ($x\% + yD$) onde x é uma porcentagem calculada sobre o valor de leitura e y é o número de unidades que deverão ser somadas a última casa decimal. Para o caso da medida de tensão a incerteza é ($0,5\% + 3D$) e para a medida de corrente é ($1,2\% + 4D$). Na aba fórmula insira a equação para o cálculo das incertezas de cada uma das grandezas, a sintaxe para o cálculo da incerteza na medida de tensão é:

`col("2")*0.005+0.03` (o multímetro fornece leituras com 2 casas decimais)

e para a corrente é:

`col("1")*0.012+0.4` (o multímetro fornece leituras com 1 casa decimal)

Defina as colunas 3 e 4 como incertezas de x e de y (clique com o botão direito sobre o rótulo da coluna e selecione: set column(s) as > X error e Y error, respectivamente). Como mostra a figura 3.

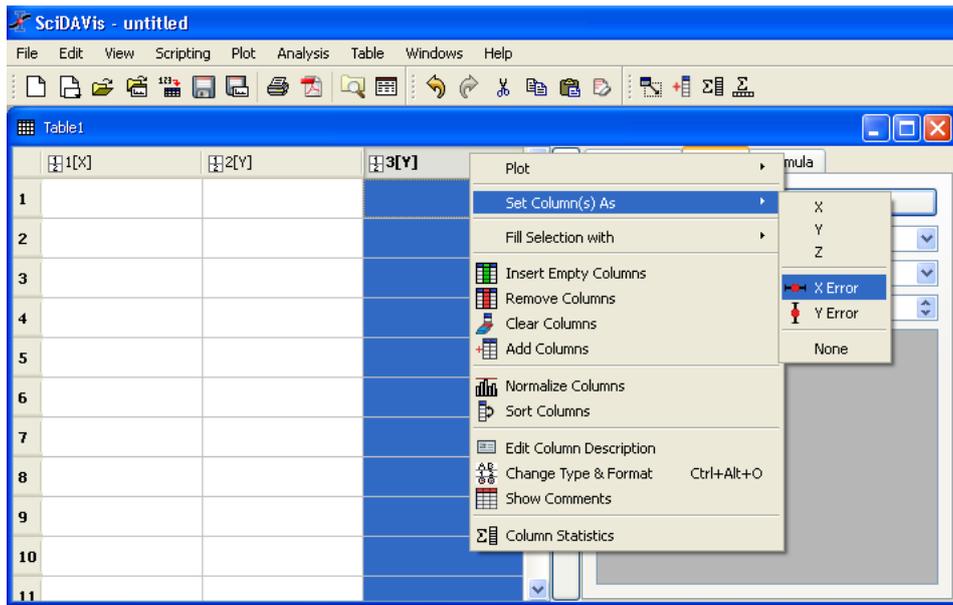


Figura 3. Como definir os valores de uma coluna como erros.

Para gerar o gráfico selecione os dados e escolha a opção no menu: (plot > scatter). Agora para fazer a regressão linear escolha a opção no menu: (Analysis > Quick fit > fit linear). Note que uma janela (Results Log) será aberta com os resultados do ajuste semelhante a estes:

```
[7/10/2013 14:49:27 Plot: "Graph1"]
Linear Regression fit of dataset: Table1_3, using function: A*x+B
Y standard errors: Associated dataset (Table1_4)
From x = 1 to x = 6
B (y-intercept) = 0,0019999999999957 +/- 0,0930949336251263
A (slope) = 1,00085714285714 +/- 0,0239045721866879
```

```
-----
Chi^2/doF = 0,198428571428571
R^2 = 0,999547430409076
-----
```

Na primeira linha é a identificação dos resultados (data, hora e nome da janela do gráfico no qual esses resultados estão associados “Graph1”). A segunda linha mostra o modelo numérico utilizado $y = A*x + B$ e o conjunto de dados sobre o qual o ajuste foi realizado (Table1_3, dados da tabela 1 coluna 3). Na terceira linha está o conjunto de dados que foi considerado como incertezas durante o ajuste, notem que as incertezas em x não foram consideradas, apenas as de y (Table1_4, dados da tabela 1 coluna 4). Na quarta linha está a faixa da variável x utilizada no ajuste (x indo de 1 até 6). Na quinta e sexta linhas estão os valores obtidos para os coeficientes ($A = 1,00 \pm 0,02$) e ($B = 0,00 \pm 0,09$) note que esses valores apresentam uma grande quantidade de casas decimais, mas o resultado deve ser representado apenas com um número de casas decimais que os algarismos significativos permitam. As duas últimas informações (χ^2/doF e R^2) nos permitem analisar a qualidade do ajuste. O R^2 é o coeficiente de determinação a raiz quadrada desse coeficiente nos fornece o coeficiente de correlação que é uma medida da proporção da variabilidade em uma variável (Δy) que é explicada pela variabilidade da outra (Δx). O χ^2/doF fornecido pelo SCIDAVIS é o desvio médio quadrático entre o valor observado e o previsto pela equação do ajuste, é uma medida da dispersão dos dados.

Note que o ajuste não levou em conta as incertezas da variável x , que estão na coluna 3 da tabela 1. Você pode verificar esse fato gerando um gráfico sem as incertezas de x e outro com as incertezas de x e y e comparar os resultados dos ajustes nessas duas situações. Para que

elas sejam computadas é necessário incluí-las nas incertezas de y seguindo as regras de transferência de incertezas do eixo x para o eixo y . A incerteza transferida a y (σ_{transf}) devido à incerteza em x (σ_x) é:

$$\sigma_{transf} = \sqrt{\left(\frac{\partial y}{\partial x}\right)^2 \sigma_x^2} \quad (1)$$

e a incerteza total em y (resultado da soma da incerteza de x e y) será dada por:

$$\sigma_{total}^2 = \sigma_{transf}^2 + \sigma_y^2 \quad (2)$$

A incerteza total para todo o conjunto de dados pode ser calculada utilizando a aba fórmula na tabela de dados do SCIDAVIS. No caso dos valores de corrente estarem na coluna 1 (x), de tensão na coluna 2 (y), as incertezas da corrente na coluna 3 (x_{Er}) e as incertezas da tensão na coluna 4 (y_{Er}) a sintaxe da equação 2 é:

$$\text{sqrt}((A^2 * \text{col}("3")^2) + \text{col}("4")^2)$$

onde A é o coeficiente angular do primeiro ajuste pois a derivada parcial de y em relação a x da equação da reta é o coeficiente angular.

Após transferir as incertezas de x para y refaça o ajuste linear e compare a incerteza do coeficiente angular do segundo ajuste com a incerteza do primeiro. Edite os nomes dos eixos e a legenda do gráfico. Para abrir a janela de edição basta um clique duplo sobre esses elementos. Por fim calcule o erro relativo entre o valor obtido e o valor nominal do resistor utilizando a equação:

$$\%E = \frac{|V_{medido} - V_{nominal}|}{V_{nominal}} \times 100 \quad (3)$$

Para saber o valor nominal do resistor, utilize o código de cores da tabela 1.

Tabela 1. Código de cores de resistores

Cor	1ª faixa	2ª faixa	3ª faixa	4ª faixa
Preto	-	0	x1	-
Marrom	1	1	x10	1%
Vermelho	2	2	x10 ²	2%
Laranja	3	3	x10 ³	-
Amarelo	4	4	x10 ⁴	-
Verde	5	5	x10 ⁵	-
Azul	6	6	x10 ⁶	-
Violeta	7	7	-	-
Cinza	8	8	-	-
Branco	9	9	-	-
Ouro	-	-	-	5%
prata	-	-	-	10%

As duas primeiras faixas representam os dois algarismos significativos do valor da resistência. A terceira faixa fornece o fator multiplicativo em potência de 10. A quarta faixa fornece a precisão com que o fabricante garante o valor nominal (tolerância).

Exercícios

1. A tabela II mostra alguns valores de diferença de potencial e corrente elétrica obtidos com um multímetro. Com base nas informações do manual, figura 4, e sabendo que para a medida de diferença de potencial foi utilizada a escala de 20 V e para a medida de corrente elétrica foi utilizada a escala de 200 mA, calcule as incertezas instrumentais dos valores medidos sem utilizar o SCIDAVIS. Mostre os cálculos detalhadamente.

Tabela II. Valores obtidos na medidas de diferença de potencial e corente elétrica.

Diferença de Potencial (V)	Corrente elétrica (mA)
1,23	1,1
2,20	1,9
3,15	3,2
4,05	4,1
5,10	4,9
5,98	6,0
7,01	7,1
8,12	8,2

A. Tensão DC

Faixa	Precisão	resolução
200mV	$\pm(0,5\%+3D)$	100 μ V
2V		1mV
20V		10mV
200V		100mV
1000V	$\pm(1,0\%+5D)$	1V

Observações:

- Impedância de Entrada 10M Ω .
- Proteção de Sobrecarga: 250V DC / Pico AC para faixa 200mV.
1000V DC / Pico AC para outras faixas.

B. Tensão AC

Faixa	Precisão	Resolução
2V	$\pm(0,8\%+5D)$	1mV
20V		10mV
200V		100mV
750V	$\pm(1,2\%+5D)$	1V

Observações:

- Impedância de Entrada 10M Ω .
- Resposta em Freqüência: 40Hz ~ 200Hz para faixa 750V.
40Hz ~ 400Hz para outras faixas.
- A tensão AC é mostrada como o valor eficaz para onda senoidal (RMS).
- Proteção de Sobrecarga: 1000V DC / Pico AC.

C. Corrente DC

Faixa	Precisão	Resolução
20mA	$\pm(0,8\%+4D)$	10 μ A
200mA	$\pm(1,2\%+4D)$	100 μ A
20A	$\pm(2,0\%+5D)$	10mA

Figura 4. Especificações técnicas do multímetro

2. Considere que sobre os dados apresentados na tabela II do exercício 1 foi realizada uma regressão linear cujo resultado é mostrado na figura 5.

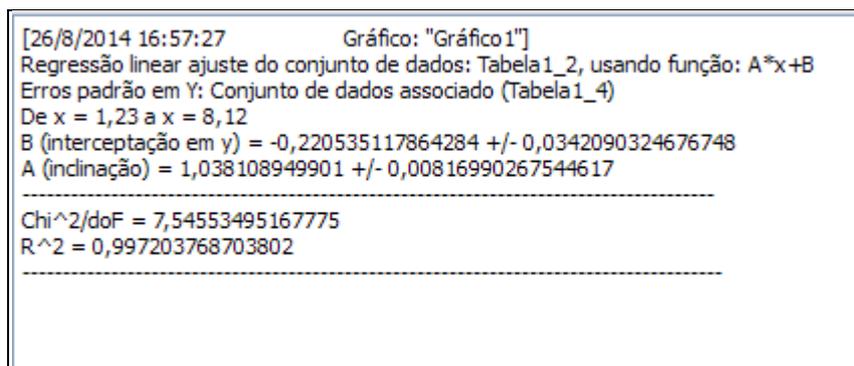


Figura 5. Resultados da regressão linear sobre os dados experimentais mostrados no exercício 1.

Calcule a incerteza total, que é o resultado da transferência da incerteza do eixo x para o eixo y e somada com a incerteza de y. Mostre os cálculos detalhadamente.