

# Física Geral - Relatório de prática - Lei de Ohm

Juliana Cavalcanti Correa

1 de Novembro de 2015

## 1 Esquema experimental

Nesta prática, o objetivo é verificar experimentalmente a Lei de Ohm. Para isso, foi usado um circuito contendo apenas elementos resistivos dentro da faixa de operação ôhmica, isto é, cuja resistência deve ser constante. Nesse caso, a lei afirma que a razão entre a tensão no circuito e a corrente que circula por ele é dada pela resistência equivalente de seus elementos.

Para essa verificação, a prática foi dividida em duas etapas. Na primeira, foram tomadas medidas diretas da resistência usando dois resistores em quatro arranjos diferentes - cada um dos dois individualmente, os dois em série e os dois em paralelo. Já na segunda etapa, foram aplicadas tensões com valores entre 2V e 20V sobre os mesmos arranjos de resistores e efetuada a medição da corrente correspondente a cada valor de tensão. Os esquemas de montagem no *protoboard* podem ser visualizados na Figura 1.

Os valores teóricos das resistências podem ser calculados através do código de cores apresentados nos resistores. Os dois utilizados tinham o mesmo código, indicando resistência nominal de  $10k\Omega \pm 5\%$ .

No arranjo em série, a corrente que atravessa os dois resistores é a mesma, por isso a resistência equivalente prevista pela Lei de Ohm é a soma das duas resistências, visto que  $V = R_{eq} \cdot i = R_1 \cdot i + R_2 \cdot i$ . A  $R_{eq}$  prevista nesse caso é, então, de  $20k\Omega$ .

Já no arranjo em paralelo, a tensão aplicada sobre os dois resistores é a mesma, fazendo com que a corrente se divida entre os dois resistores. Portanto, a corrente total é a soma das correntes nos dois resistores e a Lei de Ohm prevê que  $\frac{V}{R_{eq}} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2}$ . Para os dois resistores usados, a  $R_{eq}$  em paralelo vale  $5k\Omega$ .

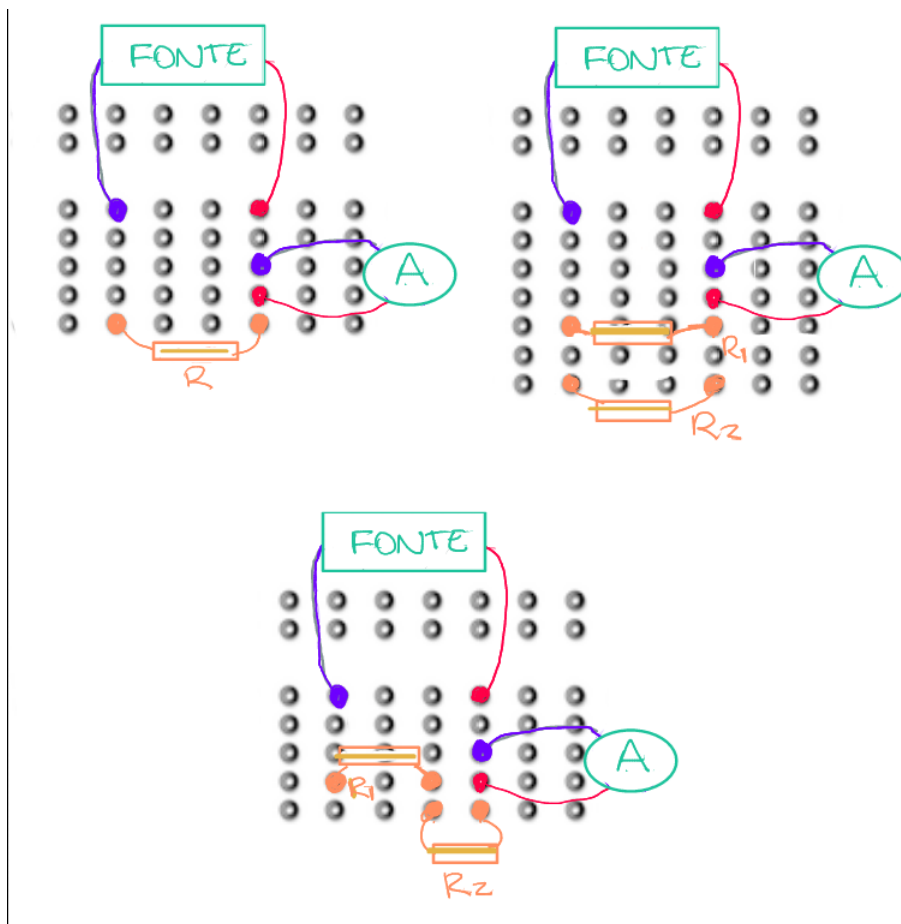


Figura 1: Esquemas de montagem. Acima, à esquerda, somente um resistor; à direita os dois resistores em paralelo; abaixo, os dois resistores em série.

## 2 Procedimento experimental

Na etapa preliminar, foram usados um multímetro analógico e um digital para medir a resistência equivalente dos quatro arranjos descritos. Com cada um dos dois instrumentos, foram tomadas dez medidas de cada arranjo, para garantir que os resistores estavam operando normalmente, o que de fato foi constatado - para todos os casos, as dez medições foram iguais. Esses valores estão resumidos na Tabela 1, junto com os valores teóricos esperados, conforme descritos na Seção 1.

Para calcular o erro das medidas, deveríamos combinar o erro estatístico com o erro do instrumento, porém, como todas as medidas de cada conjunto foram idênticas, não foi possível calcular o erro estatístico. Dessa forma,

o erro de cada medida é o erro do instrumento, que, segundo os manuais dos fabricantes, no multímetro analógico vale 4% e no digital 1,2%+5d, o que equivale a  $0,012 \cdot R + 0,05$ , onde R é a resistência medida, visto que as medidas foram tomadas em uma escala com duas casas decimais de precisão. Além disso, para os valores teóricos, o erro de cada resistor, indicado pelos seus códigos de cores, é de  $500\Omega = 0,5k\Omega$ , e o das combinações é derivado a seguir:

- Erro teórico para os resistores em série ( $k\Omega$ ) =  $\sqrt{0,5^2 + 0,5^2}$
- Erro teórico para os resistores em paralelo ( $k\Omega$ ) =  $5^2 \cdot (\frac{0,5}{10^2} + \frac{0,5}{10^2})$

	R1	R2	série	paralelo
teórico ( $k\Omega$ )	$10,0 \pm 0,5$	$10,0 \pm 0,5$	$20,0 \pm 0,7$	$5,0 \pm 0,3$
digital ( $k\Omega$ )	$9,90 \pm 0,17$	$9,86 \pm 0,17$	$19,76 \pm 0,29$	$4,94 \pm 0,11$
analógico ( $k\Omega$ )	$8,0 \pm 0,32$	$8,0 \pm 0,32$	$17,8 \pm 0,7$	$4,5 \pm 0,2$

Tabela 1: Valores esperados e medidas diretas das resistências para os dois tipos de multímetro

Na segunda etapa da prática, foram efetuadas dez medidas de corrente para cada arranjo, utilizando uma fonte com valores de tensão com intervalos de 2V, iniciando em 2V e terminando em 20V, de acordo com o esquema descrito na Seção 1 e os resultados estão sumarizados na Tabela 2.

V (V)	$i_1$ (mA)	$i_2$ (mA)	$i_{serie}$ (mA)	$i_{paralelo}$ (mA)
2	0.214	0.209	0.105	0.41
4	0.414	0.413	0.208	0.84
6	0.617	0.61	0.308	1.23
8	0.828	0.818	0.415	1.65
10	1.033	1.018	0.514	2.06
12	1.236	1.222	0.618	2.48
14	1.445	1.429	0.722	2.88
16	1.65	1.631	0.821	3.3
18	1.85	1.831	0.923	3.71
20	2.08	2.05	1.03	4.12

Tabela 2: Medidas de corrente para os diferentes arranjos com valores de tensão variando de 2 a 20V

### 3 Tratamento de dados

Para verificar a validade da Lei de Ohm, é necessário realizar um ajuste linear utilizando o método dos mínimos quadrados. O método busca ajustar uma reta no gráfico  $V \times i$ , de tal forma a minimizar a soma dos quadrados dos resíduos, que seria dada pela expressão

$$\sum_{k=1}^{10} [V_k - (a \cdot i_k + b)]^2$$

Se a relação expressa pela Lei de Ohm é válida, o coeficiente angular **a** deve ser compatível com as medidas diretas e o valor teórico de R, e o coeficiente linear **b** deve ser compatível com 0.

Na Tabela 3 são descritos os coeficientes angular e linear encontrados e seus erros, calculados através das seguintes expressões:

$$a = \sigma_{iV} / \sigma_{ii}^2$$

$$b = \bar{V} - R\bar{i}$$

$$\sigma_a = \frac{\epsilon_y}{\sigma_x \cdot \sqrt{N}}$$

$$\sigma_b = \sigma_a \cdot \sqrt{x^2}$$

	1	2	Série	Paralelo
a (= $R_{eq}$ )	9.69	9.81	19.5	4.86
$\sigma_a$	0.03	0.02	0.04	0.01
b	-0.01	-0.02	-0.05	-0.02
$\sigma_b$	0.04	0.03	0.02	0.02
$\epsilon_y$	0.06	0.05	0.04	0.03

Tabela 3: Cálculo dos coeficientes do ajuste linear por mínimos quadrados

Os gráficos de  $V \times i$  dos quatro arranjos podem ser vistos nas Figuras 2 a 5. As retas resultantes dos coeficientes calculados pelo ajuste linear são representadas pelas linhas laranjas em cada gráfico, enquanto as linhas azuis mostram as retas  $V = Ri$ , sendo R o valor teórico das resistências que haviam sido apresentadas na Tabela 1. Visualmente, é possível perceber que as retas estão muito próximas, indicando que o resultado foi satisfatório, porém, para comprovar, devemos calcular a compatibilidade dos valores medidos para os coeficientes.

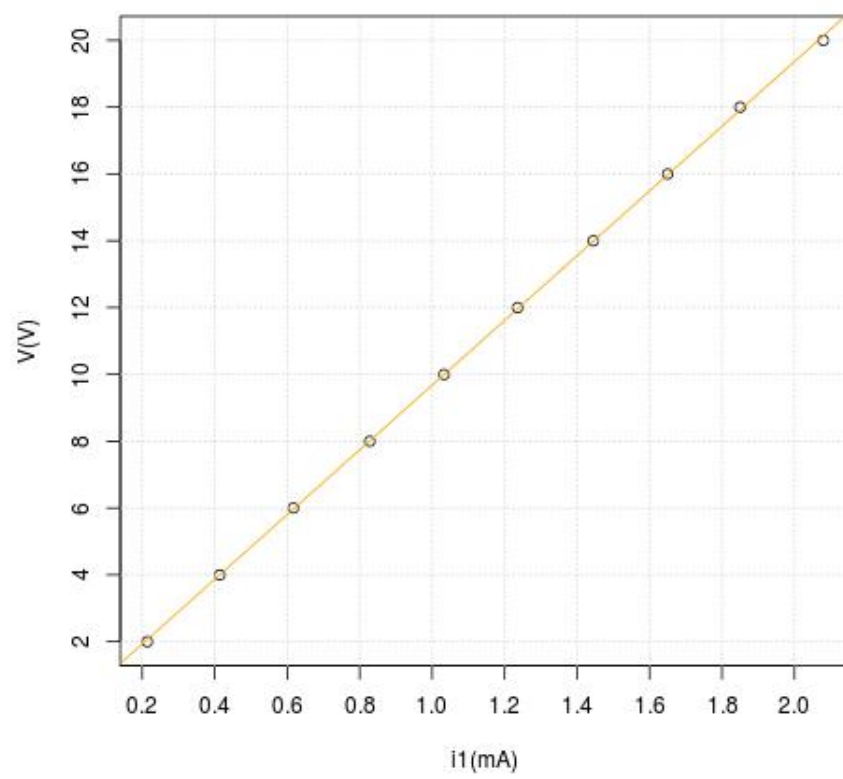


Figura 2: Gráfico  $V \times i$  do resistor 1

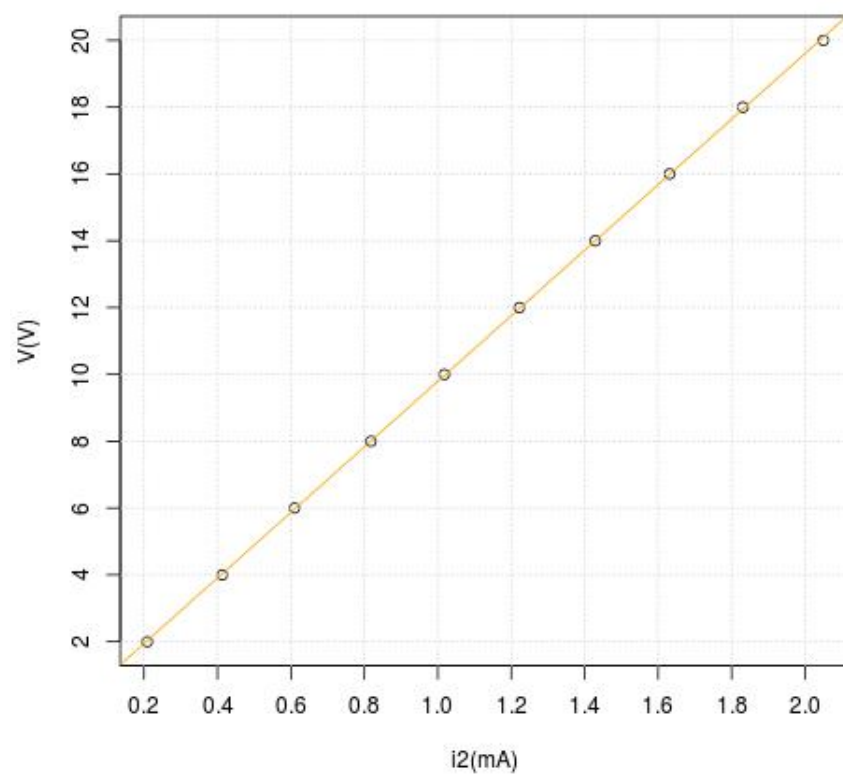


Figura 3: Gráfico  $V \times i$  do resistor 2

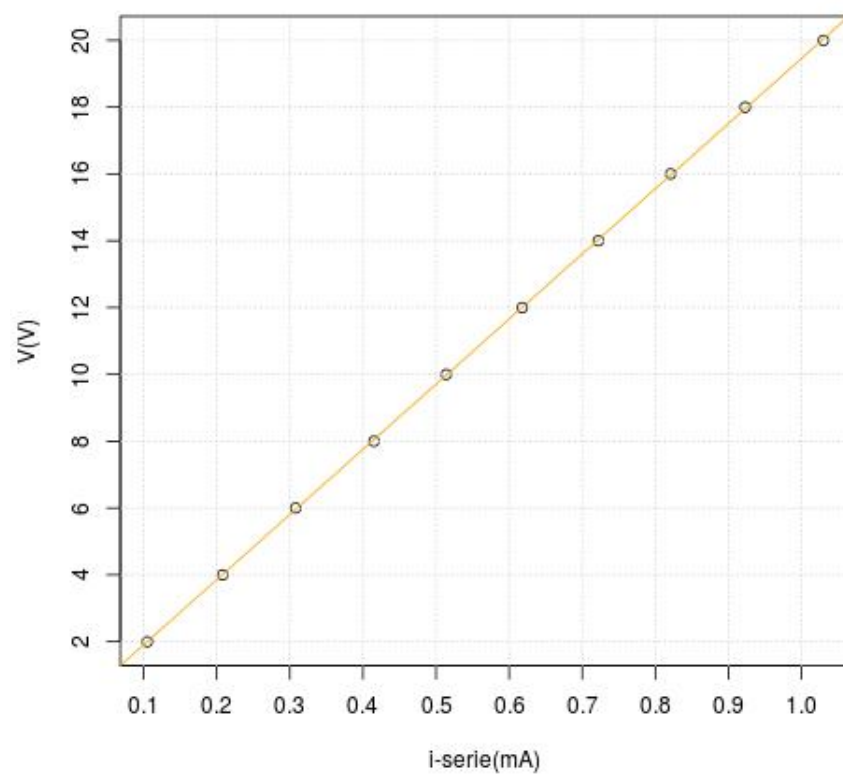


Figura 4: Gráfico V x i dos resistores em série

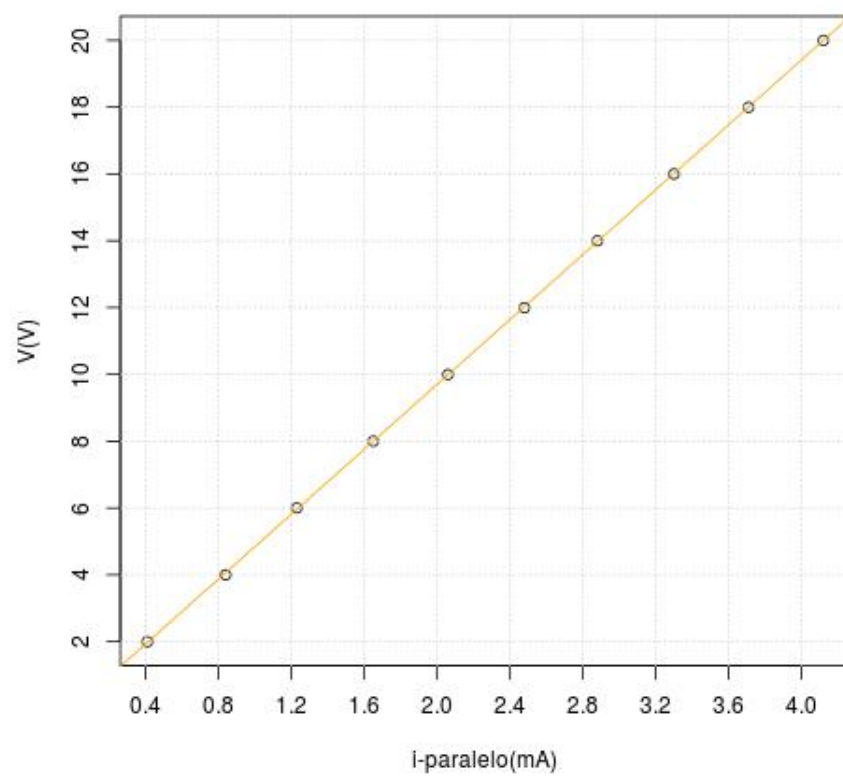


Figura 5: Gráfico V x i dos resistores em paralelo



### 3.1 Cálculo de compatibilidade

Para verificar a compatibilidade entre cada par de medidas, foram calculadas a discrepância ( $|\bar{x}_1 - \bar{x}_2|$ ) e o erro ( $\sigma = \sqrt{\sigma_{\bar{x}_1}^2 + \sigma_{\bar{x}_2}^2}$ ). As medidas são consideradas compatíveis quando a discrepância for menor que 2 vezes o erro. A Tabela 4 resume a avaliação de compatibilidade.

Para a comparação da medida com o multímetro digital com o valor teórico, todos os arranjos têm discrepância menor que  $1\sigma$ , sendo, portanto, compatíveis. No entanto, a discrepância das medidas do multímetro analógico em relação aos valores teóricos é maior que  $3\sigma$  para os resistores individuais ( $2.0 \geq 1.77$ ), indicando que a medida é incompatível, e fica entre  $2\sigma$  e  $3\sigma$  para o arranjo em série ( $1.98 \leq 2.20 \leq 2.97$ ), que tem erro maior, indicando resultado inconclusivo. O mesmo ocorre na comparação dos dois multímetros - as medidas são incompatíveis para os resistores individuais ( $1.9 \geq 1.08$ ), e inconclusivas para o arranjo em série ( $1.52 \leq 1.96 \leq 2.28$ ). Tais discrepâncias podem ser justificadas pela possibilidade da bateria do multímetro analógico estar fraca, resultando em valores sistematicamente menores.

Como o multímetro analógico apresentou resultados incompatíveis já na medida direta da resistência, optou-se por calcular a compatibilidade do valor calculado indiretamente para as medidas de R (coeficiente angular) apenas com os valores teóricos e os calculados pelo multímetro digital. Além disso, a compatibilidade de b com 0 também é calculada. Os resultados estão também dispostos na Tabela 4, onde fica claro que todos os valores são compatíveis. É possível observar também que, como os erros  $\sigma_a$  e  $\sigma_b$  encontrados no ajuste linear são muito pequenos, o erro dos valores teóricos e medidos diretamente prevalecem no cálculo.

## 4 Conclusão

O ajuste linear com a determinação dos coeficientes e a obediência dos pontos, que ficaram muito próximos da reta, indicam que, de fato, há um comportamento linear na variação dos valores de corrente com a tensão. Além disso, a compatibilidade do coeficiente angular com a resistência prevista e medida anteriormente para os quatro arranjos e do coeficiente linear com o valor 0 nos permitem verificar a Lei de Ohm para esses testes.

	Digital/Teórico Discrepância	Erro	Compatível
R1	0.10	0.53	Sim
R2	0.14	0.53	Sim
série	0.24	0.76	Sim
paralelo	0.06	0.32	Sim
	Analógico/Teórico Discrepância	Erro	Compatível
R1	2.00	0.59	Não
R2	2.00	0.59	Não
série	2.20	0.99	Inconclusivo
paralelo	0.10	0.36	Não
	Analógico/Digital Discrepância	Erro	Compatível
R1	1.90	0.36	Não
R2	1.86	0.36	Não
série	1.96	0.76	Inconclusivo
paralelo	0.04	0.23	Sim
	R Calculado/Teórico Discrepância	Erro	Compatível
R1	0.31	0.50	Sim
R2	0.19	0.50	Sim
série	0.50	0.70	Sim
paralelo	0.14	0.20	Sim
	R Calculado/Medido Discrepância	Erro	Compatível
R1	0.21	0.17	Sim
R2	0.05	0.17	Sim
série	0.26	0.29	Sim
paralelo	0.08	0.11	Sim
	b Calculado/0 Discrepância	Erro	Compatível
R1	0.01	0.04	Sim
R2	0.02	0.03	Sim
série	0.05	0.02	Sim
paralelo	0.02	0.02	Sim

Tabela 4: Avaliação de compatibilidade entre os valores teóricos, os medidos com os dois tipos de multímetro e o calculado através do ajuste linear da reta  $V \times i$  para os quatro arranjos.