



Física Experimental III

Notas de aula: <http://www.dfn.if.usp.br/~suaide>

LabFlex: <http://www.dfn.if.usp.br/curso/LabFlex>

Aula 2

Prof. Alexandre Suaide

Ramal: 7072

Ed. Oscar Sala (Pelletron), sala 246



3 assuntos a serem discutidos

- Forma e procedimento de uma medida
 - Qualidade dos dados
 - Reprodutibilidade de um experimento
- O real e o ideal: multímetro
 - Como conhecer as limitações?
 - Como escolher entre diferentes opções?
 - O grande e o pequeno
- A lâmpada
 - O inesperado
 - Como investigar mais a fundo?



Análise de dados e controle de qualidade: discussão das sínteses



Problemas de formato:

Tabelas, gráficos, etc.

Algarismos significativos e precisão

Voltagem (V)	Corrente (mA)
0,155 ± 0,005	62,49 ± 0,79
0,156 ± 0,005	63,00 ± 1,16
0,202 ± 0,006	81,20 ± 1,37
0,268 ± 0,006	108,2 ± 1,7
0,334 ± 0,007	134,50 ± 2,01
0,393 ± 0,007	157,60 ± 2,29
0,441 ± 0,008	176,80 ± 2,52
0,516 ± 0,008	207,60 ± 2,89
0,594 ± 0,009	238,80 ± 3,27
0,675 ± 0,009	271,10 ± 3,65

Indice	Resistência (Ω)	
	Calculado	Erro
04	0	0
04	38,80	156,36
04	12,55	12,92
05	6,80	2,39
05	5,55	1,90

R (MΩ) – circuito 1	
Vpilha/i	V voltímetro/i
5	5,166666667
5	5,166666667
4,736842	4,842105263
4,8	4,88
4,870968	4,935483871
4,864865	4,945945946
4,772727	4,840909091
4,8	4,86

Circuito 1	
Resistência de maior valor	
Corrente (A)	Voltagem (V)
0,70 ± 0,41	3,208 ± 0,027
1,00 ± 0,40	4,636 ± 0,038
1,10 ± 0,41	5,142 ± 0,042
1,40 ± 0,41	6,530 ± 0,053
1,50 ± 0,46	7,120 ± 0,058
1,80 ± 0,42	8,470 ± 0,069
1,90 ± 0,40	9,050 ± 0,073
2,20 ± 0,42	10,480 ± 0,084
2,40 ± 0,42	11,360 ± 0,092
2,70 ± 0,48	12,710 ± 0,103
2,80 ± 0,49	13,390 ± 0,108
3,00 ± 0,43	14,310 ± 0,116
3,20 ± 0,43	15,360 ± 0,124
3,50 ± 0,44	16,970 ± 0,137
3,60 ± 0,44	17,290 ± 0,139
3,90 ± 0,44	18,410 ± 0,148
4,10 ± 0,44	19,560 ± 0,157
4,20 ± 0,44	20,110 ± 0,162

	RESISTÊNCIA (OHM)	TENSÃO (VOLTS)	sW	sv
PILHA		1,553		0,002
CHUVEIRO (INVERNO)	19,2		0,296	
CHUVEIRO (VERÃO)	6,9		0,2345	
RESISTOR	100,2		0,7	
LAMPADA	13,2		0,25	
MÃOS (Tábata)	911000		750	
MÃOS (Juares)	1007000		9500	
DIODO SIMPLES C/ PASSAGEM DE CORRENTE	8,21E+005		6105	
DIODO SIMPLES S/ PASSAGEM DE CORRENTE	0		0	
LDR COM LUZ	8,52E+003		62,6	
LDR SEM LUZ (ULTIMO VALOR MEDIDO)	6,10E+007		630000	

1,892857143
1,898305085
1,885245902

	Resistência (ohms)
LDR	0 e 18850,000±19,850
Chuveiro	6,800±0,314 ; 12,600±0,325 e 19,000±3,038
Diodo simples	676,000±1,676
Resistor comercial simples	99,800±1,997
Resistor preto grande	1,300±0,401
Resistor preto pequeno	4890000±97801

Algarismos significativos e precisão

Tabela 1 - Tensão elétrica de uma pilha comercial comum - Duracell - tamanho D

Medida 1	Medida 2	Medida 3	Média	Desvio-padrão da média	Incerteza Instrumental	Incerteza Final	Valor Nominal	Escala Utilizada (Ω)
1,4970	1,4960	1,4970	1,4967	0,0003	0,0025	0,0025	1,5	2V

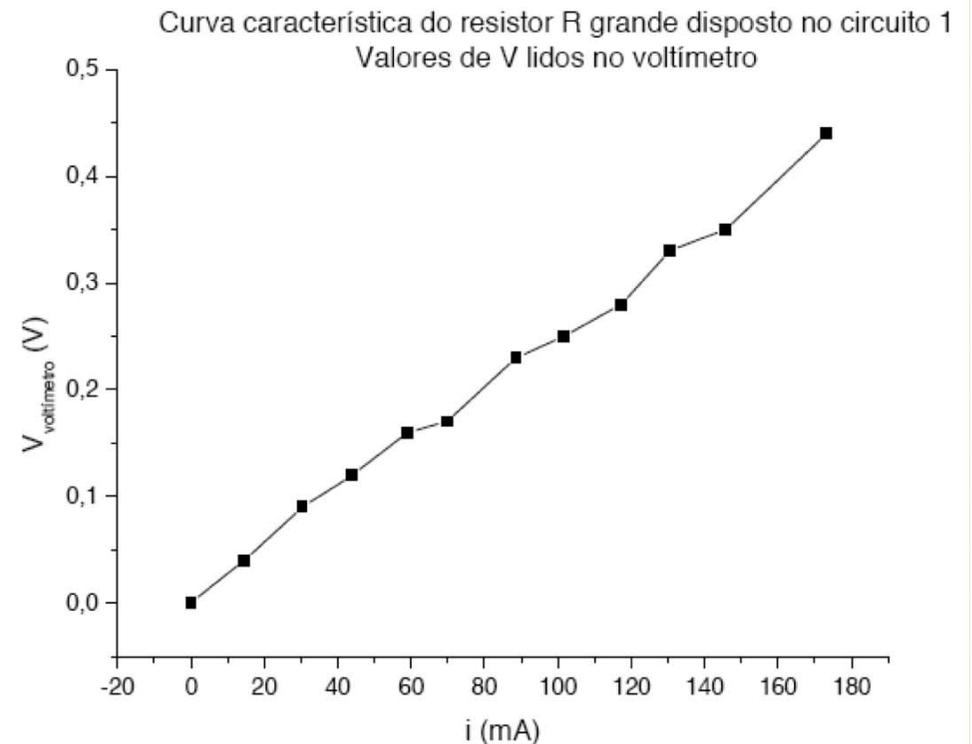
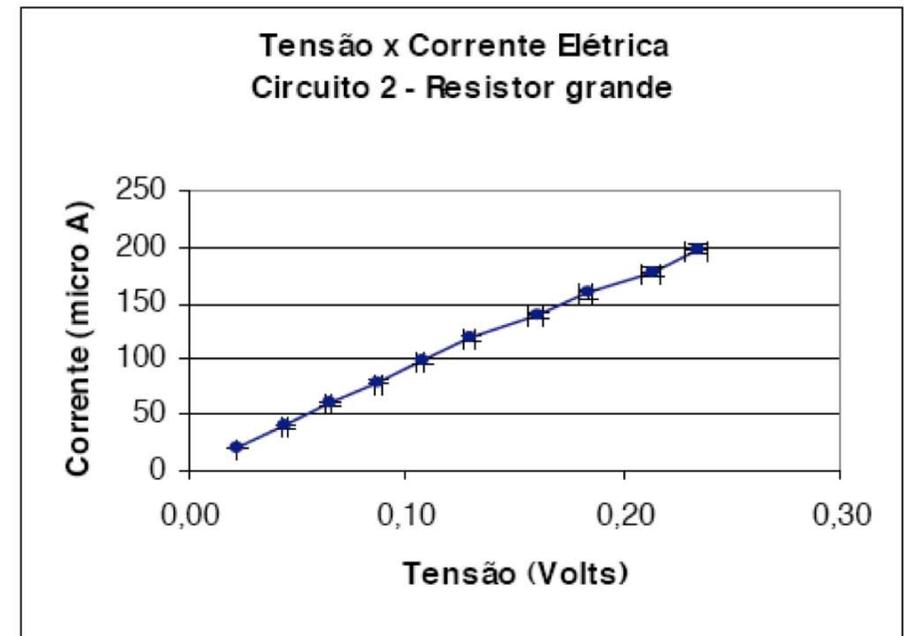
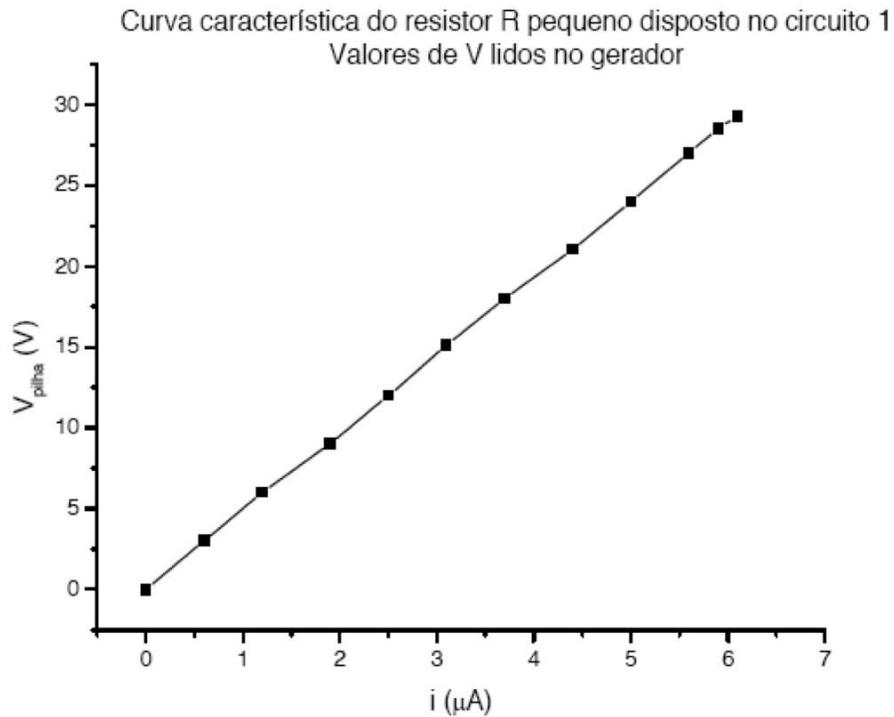
Tabela 2 - Resistência elétrica de elementos elétricos simples

Elemento		Medida 1	Medida 2	Medida 3	Média	Desvio-padrão da média	Incerteza Instrumental	Incerteza Final	Valor Nominal	Escala Utilizada (Ω)
diodo (1A)	polarização direta	0,6780	0,6770	0,6770	0,6773	0,0003	0,0017	0,0017	-	2k
	polarização inversa	8	8	8	8	0	-	-	-	todas
resistor 47 Ω		47,50	47,50	47,70	47,60	0,06	0,40	0,40	47 Ω \pm 5%	200
resistor 1k Ω		1,03	1,18	1,37	1,19	0,10	0,00	0,10	1k Ω \pm 5%	2k
lâmpada incandescente (100W, 127V)		11,80	11,70	11,70	11,73	0,03	0,32	0,33	-	200
"Resistência" de chuveiro	Resistor todo	19,30	19,00	19,10	19,13	0,09	0,34	0,35	-	200
	Segmento maior	12,80	12,80	12,80	12,80	0,00	0,33	0,33	-	200
LDR	"Claro"	8,050	8,080	8,070	8,067	0,009	0,009	0,013	-	20k
	"Escuro"	8	8	8	8	0	-	-	-	todas
Mãos Ana Paula		0,250	-	-	0,250	0,000	0,015	0,015	-	20M
Mãos Vitor		0,590	-	-	0,590	0,000	0,022	0,022	-	20M

Nota: A unidade de cada valor apresentado nas tabelas depende da escala utilizada para cada elemento. Para saber a unidade, é só verificar qual a escala utilizada.

Tabelas precisam ser pensadas com cuidado.

Gráficos

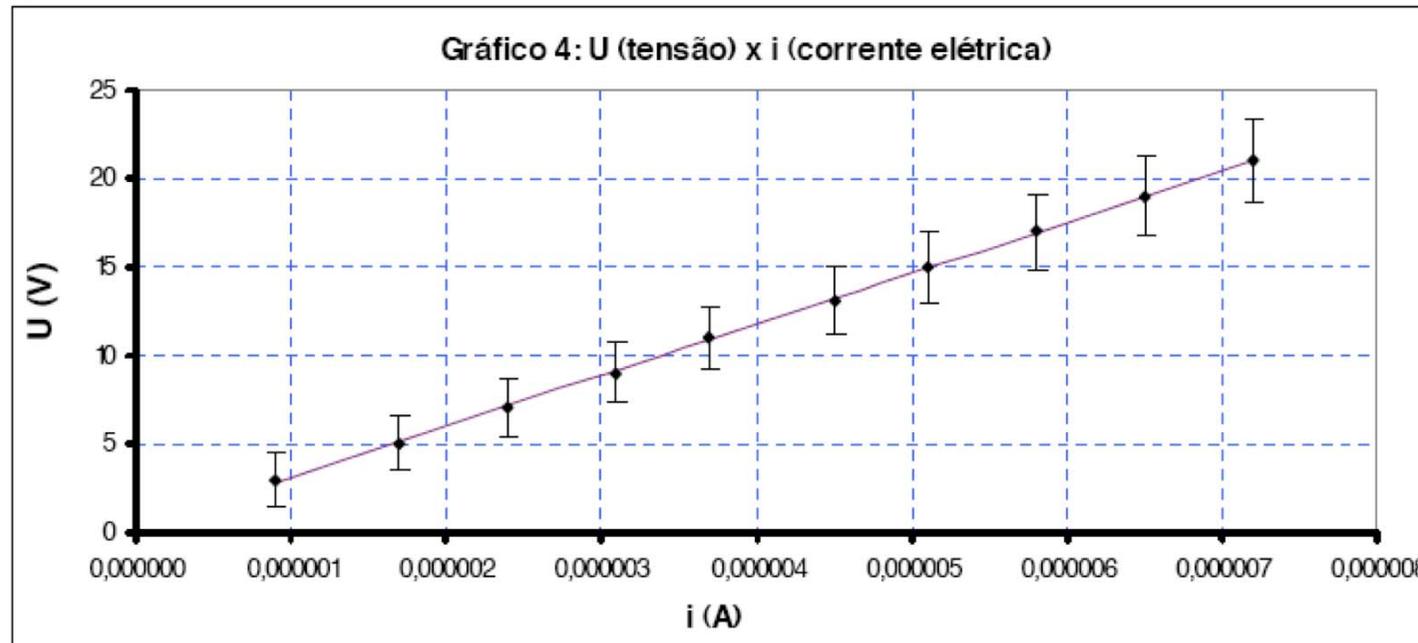
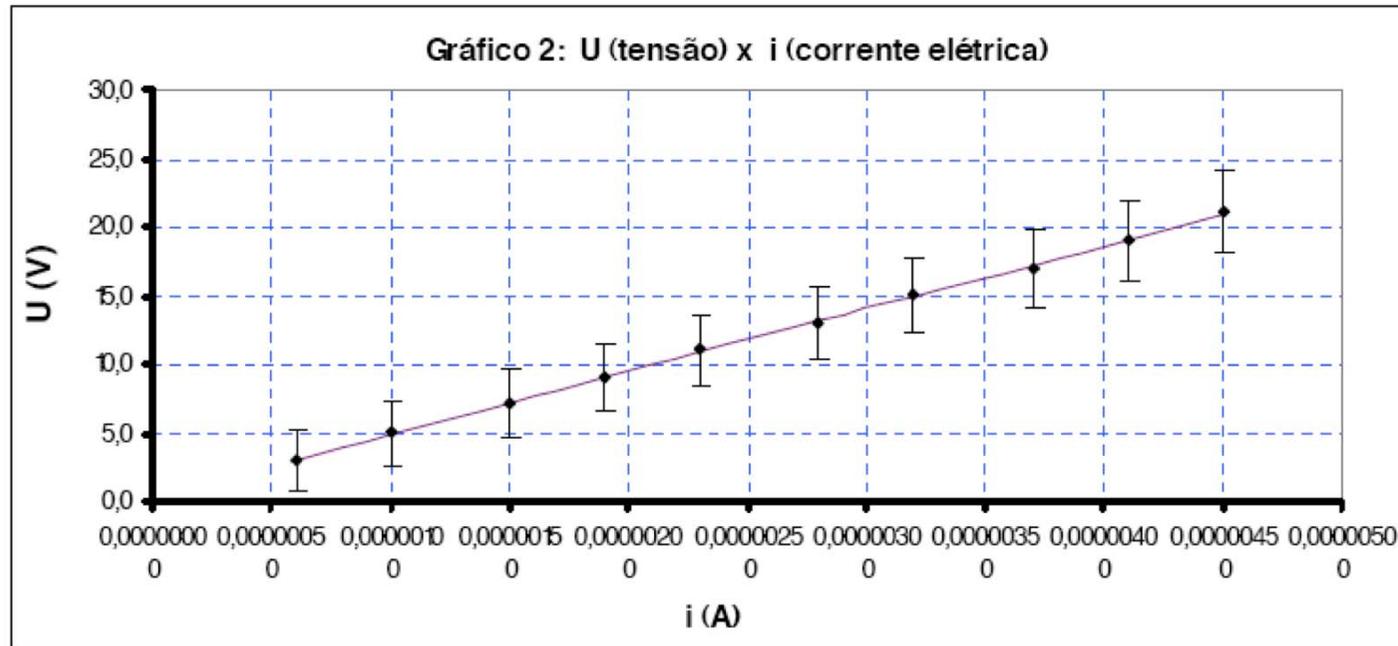


**NÃO LIGAR PONTOS.
Colocar ajustes nos gráficos**

Gráficos

Cuidado com ESCALAS e unidades

Gráfico 2 - Retra ajustada do C1-R2



Escala correta?

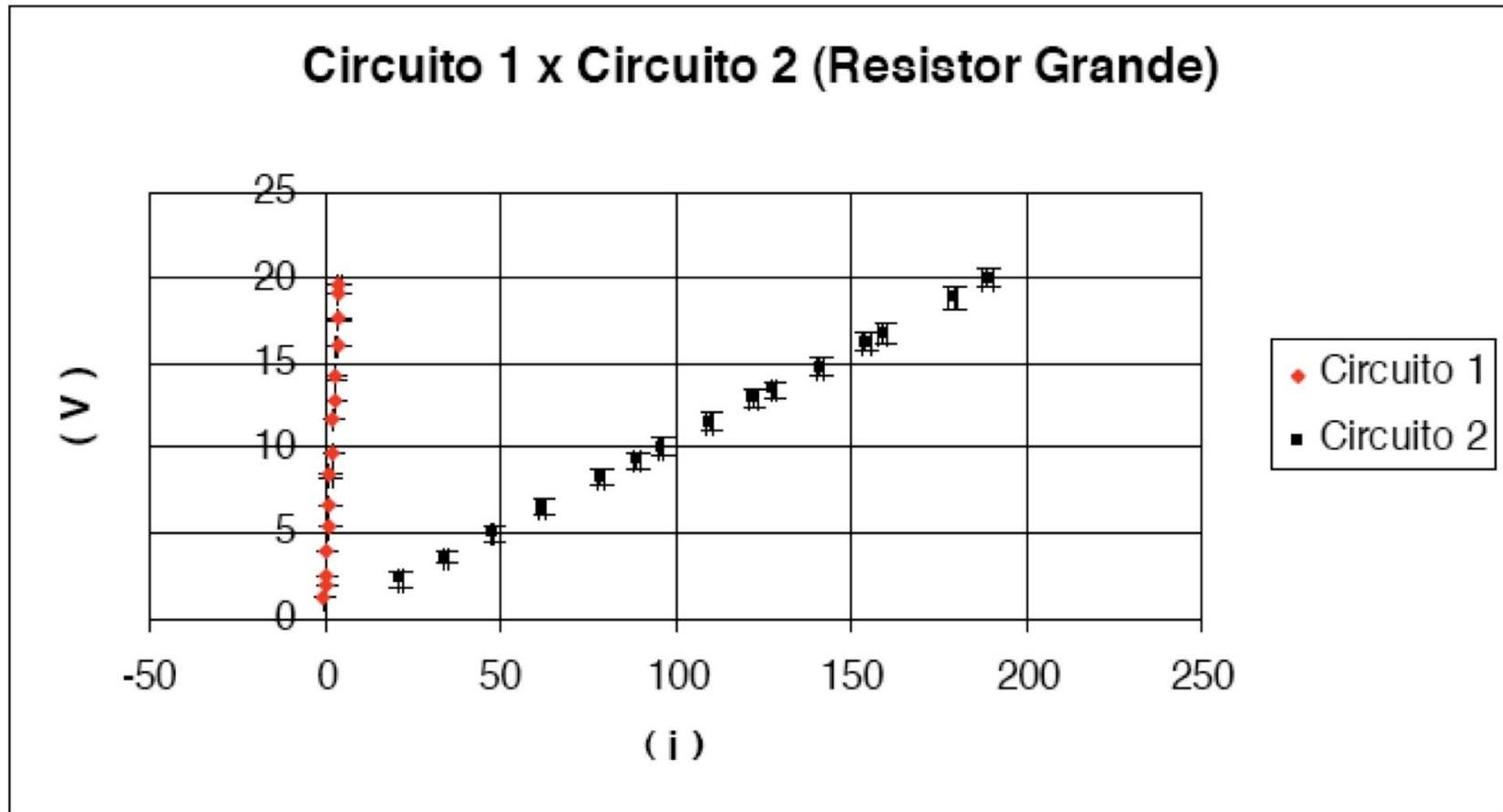
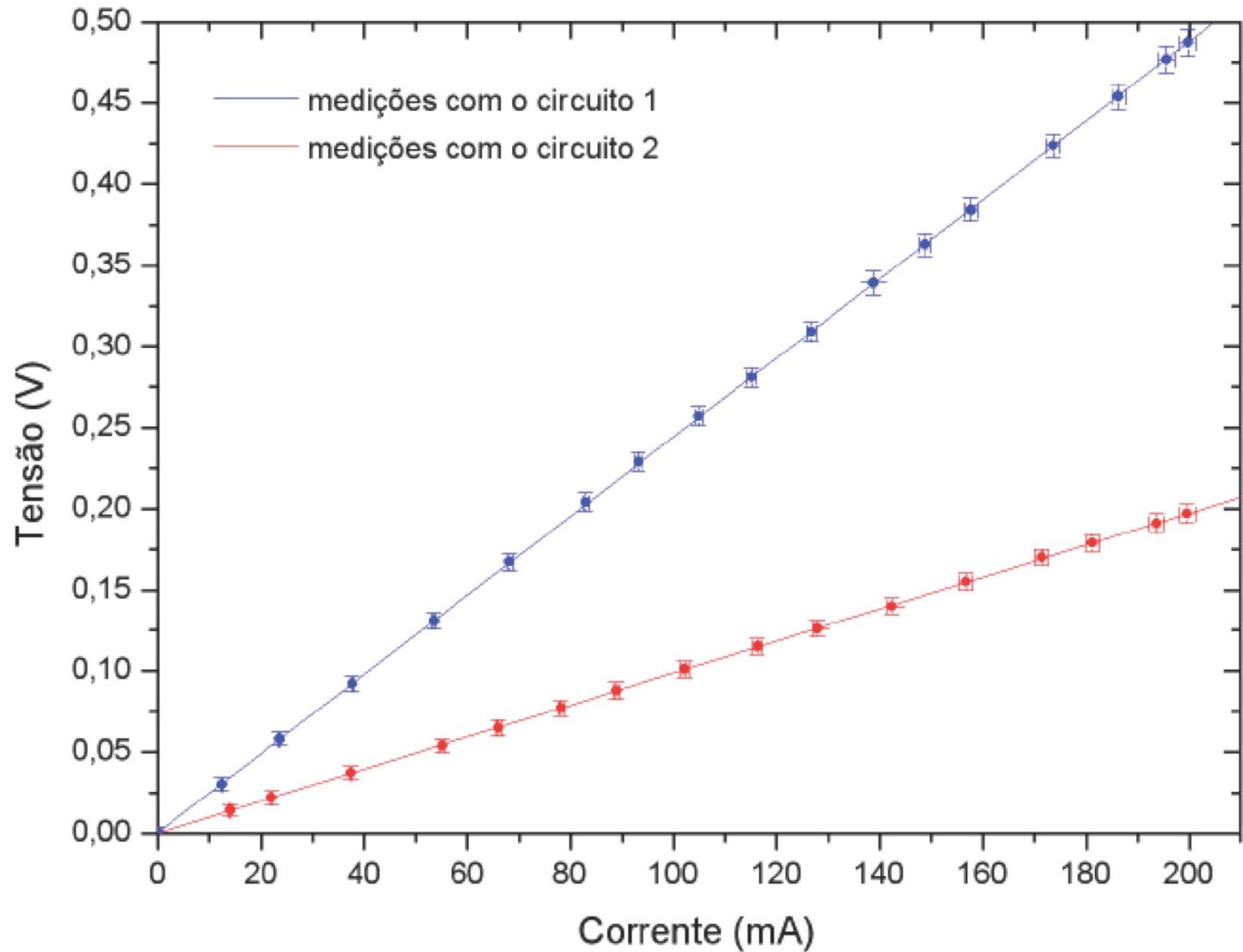


Gráfico 1 : Pontos das medições dos dois circuitos para o resistor grande.

Um gráfico bem feito





Conteúdo:
Resultados, interpretação, etc.

Consistência interpretando dados

- Chuveiro

Resistência elétrica	Medida	Valor nominal	Compatibilidade
Chuveiro	$21,00 \pm 0,25 \Omega$	$9,31 \Omega$	46,76

O valor achado para a resistência do chuveiro não é compatível com o valor nominal. Um dos possíveis motivos disso ter ocorrido é o fato de que o chuveiro estava desligado na hora da medição.

- Resistor

Resistência elétrica	Medida	Valor nominal	Compatibilidade
Resistor	$0,982 \pm 0,013 \text{ k} \Omega$	$1 \text{ k} \Omega$	1,38

O valor achado para a resistência do resistor comercial simples é compatível com o valor nominal.

- Lâmpada

Resistência elétrica	Medida	Valor nominal	Compatibilidade
Lâmpada	$11,7 \pm 0,52 \Omega$	$161,29 \Omega$	287,67

O valor achado para a resistência da lâmpada não é compatível com o valor nominal. Um dos possíveis motivos disso ter ocorrido é o fato de que a lâmpada estava desligada na hora da medição.

Resistência desligada. O que isto significa?

- Resistência

- Chuveiro elétrico:

<i>Tipo</i>	<i>Resistência</i>	<i>Nominal</i>
Espira maior:	$19,4 \pm 0,59 \Omega$	$9,31\Omega$
Espira média:	$15,7 \pm 0,56 \Omega$	-
Espira menor:	$6,6 \pm 0,47 \Omega$	-

Nenhum dos valores encontrados é compatível com o nominal.
Possivelmente isto acontece porque a resistência esta desligada.

- Resistor comercial simples: $1,3 \pm 0,41 \Omega$

Resistência nominal: 1Ω

$Z = 0,73$

A resistência encontrada é compatível com a nominal do resistor.

- Lâmpada comum de 100W: $11,5 \pm 0,52 \Omega$

Resistência nominal: $161,29 \Omega$

$Z = 288$

Como esperado a resistência obtida foi incompatível com o valor nominal pois a lâmpada se encontrava desligada.

Esta justificativa é razoável?

	100	98,8	0,5
Lâmpada comum de 100W, 127V	161,29	11,8	0,3
Resistência entre as mãos			

desvios padrão.

Na lâmpada tivemos uma grande diferença entre o valor esperado e o medido, acreditamos ter sido por erro de medição.

Na Resistência entre as mãos medimos de duas formas diferentes, pudemos

Justificativas precisam ser comprovadas

resistor grande	1,3 Ω	0,41 Ω	
lâmpada 100 W 127 V	11,6 Ω	0,5 Ω	161,3 Ω
Fernando	0.782 M Ω	0.016 M Ω	

resistência do menor que achávamos exercer pouca resistência à corrente. Houve na experiência realizada uma discrepância entre o valor medido da resistência da lâmpada e o valor calculado a partir dos valores nominais da potência e voltagem, uma possível explicação para tal fato é que a resistência da lâmpada esteja velha. A resistividade de um condutor é inversamente proporcional à sua seção transversal, e devido à oxidação do filamento da resistência da lâmpada, sua seção transversal deve ter tido sua área aumentada. A resistência do corpo dos dois integrantes do grupo foi compatível e

resistência de chuveiro	inverno	20,8 Ω	0,6 Ω	9,3 Ω
	primavera	15,2 Ω	0,6 Ω	
	verão	8,4 Ω	0,5 Ω	

delas), tínhamos valores diferentes. Quanto mais alta a resistência mais energia seria dissipada por efeito joule e a água seria esquentada até uma temperatura mais alta, então achamos que a divisão de temperaturas do chuveiro poderia ser a que está na tabela. Usando os valores de potência (5200 W) e tensão (220 V) nominais escritos no chuveiro pudemos calcular sua resistência e esta é compatível à resistência na posição verão.

Como explorar um fenômeno

Lâmpada (100W/127v)

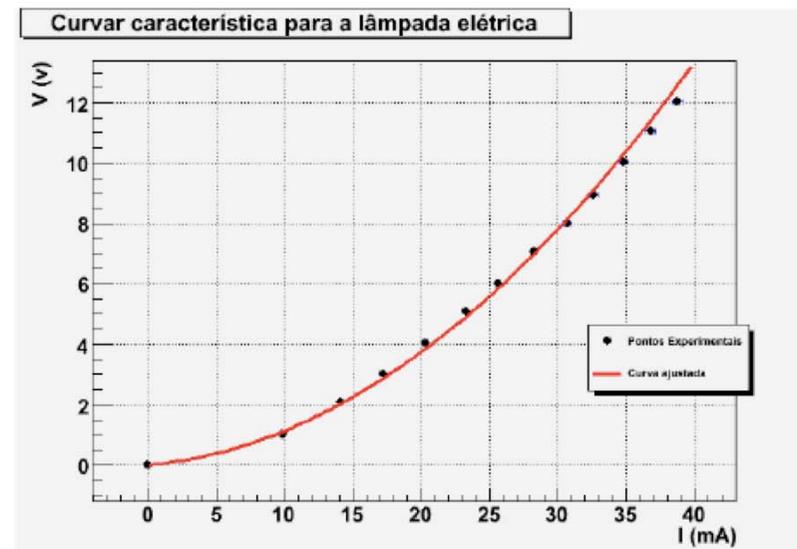
Resistência (Ohm)

11,5

Incerteza (Ohm)

0,5

Pelas especificações da lâmpada obtemos: $R = V^2/P = 127^2/100 = 161$ Ohm. Mas a lâmpada não possui resistência ôhmica, em outras palavras sua resistência não é constante. A resistência obtida a partir de suas especificações é válida quando é aplicada nela uma tensão de 127v.



A medida da resistência da lâmpada apresentou um valor inferior ao valor esperado. Isso pode ter ocorrido pelo fato de a lâmpada estar apagada. Conforme vai aquecendo o filamento de tungstênio, a resistência aumenta. Esse fenômeno ocorre segundo a Teoria de



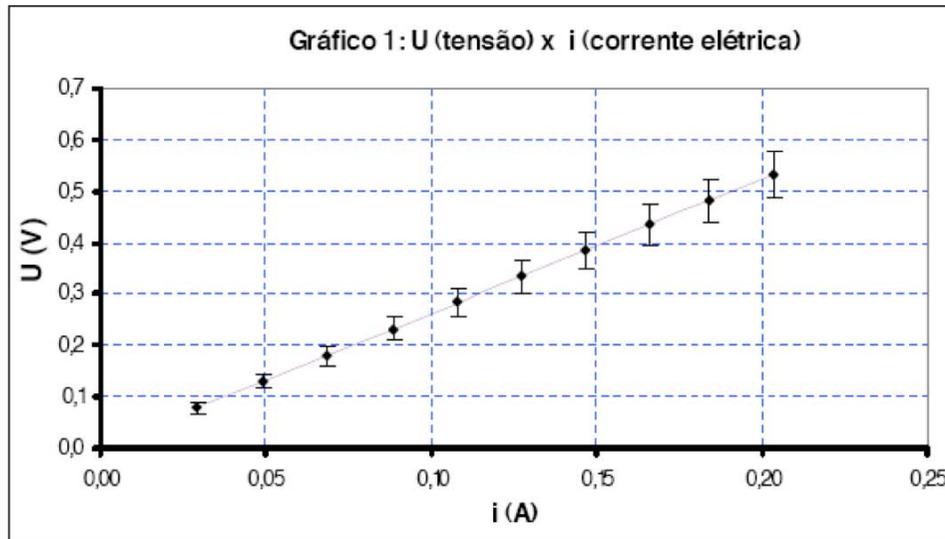
Curvas características:

Multímetros ideais e reais

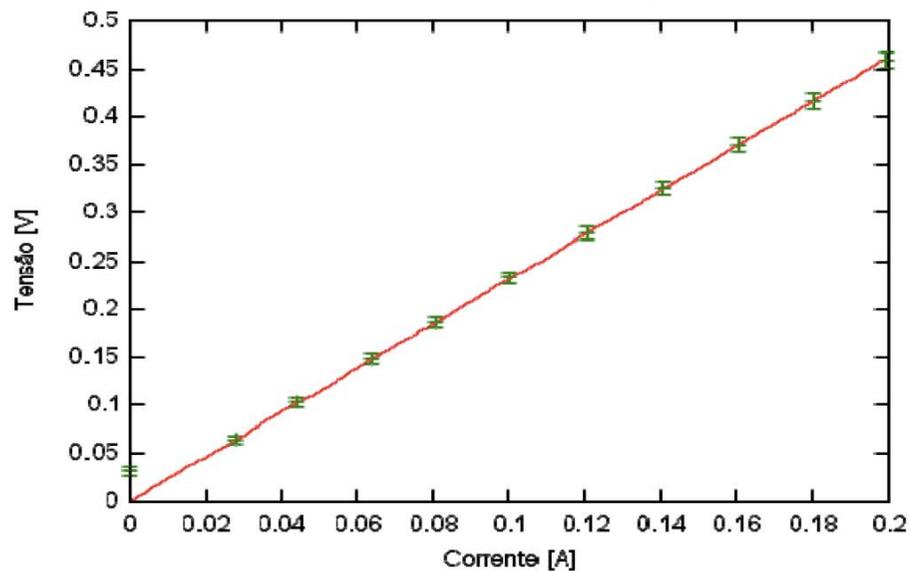
Curvas características

Porque incertezas tão discrepantes?

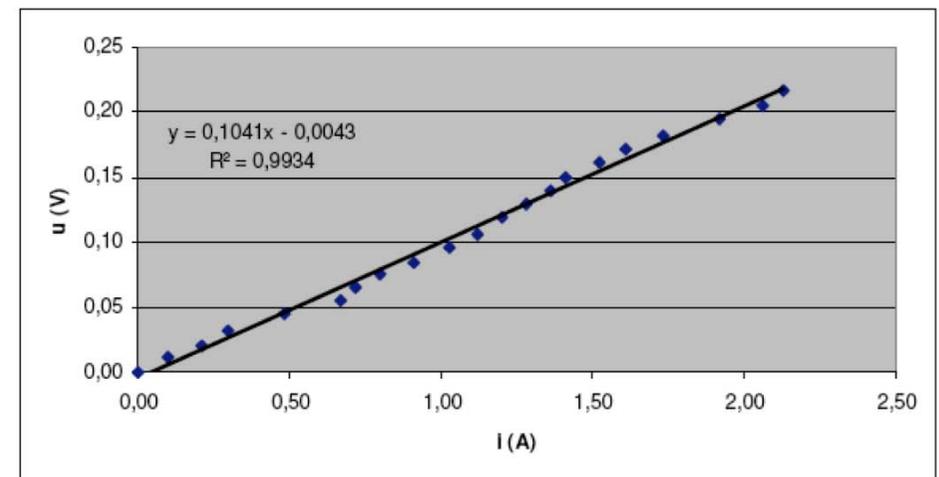
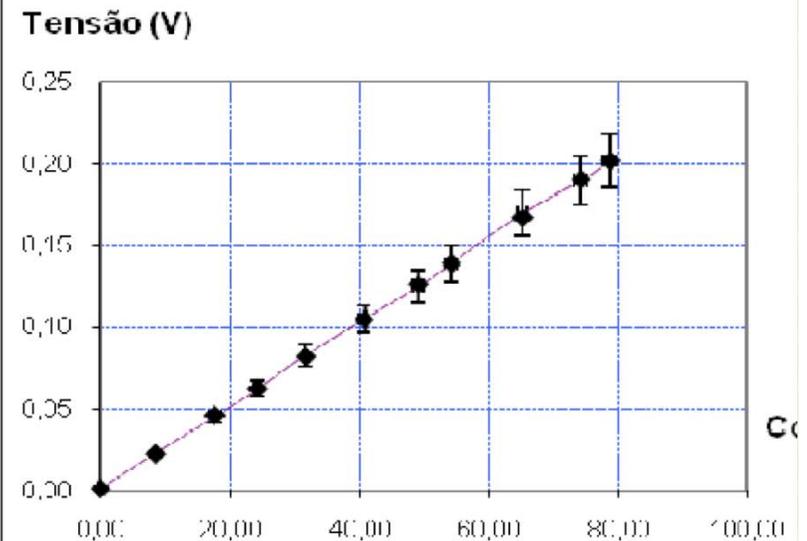
Gráfico 1 – Reta Ajustada do C1-R1



Resistor grande (circuito 1)

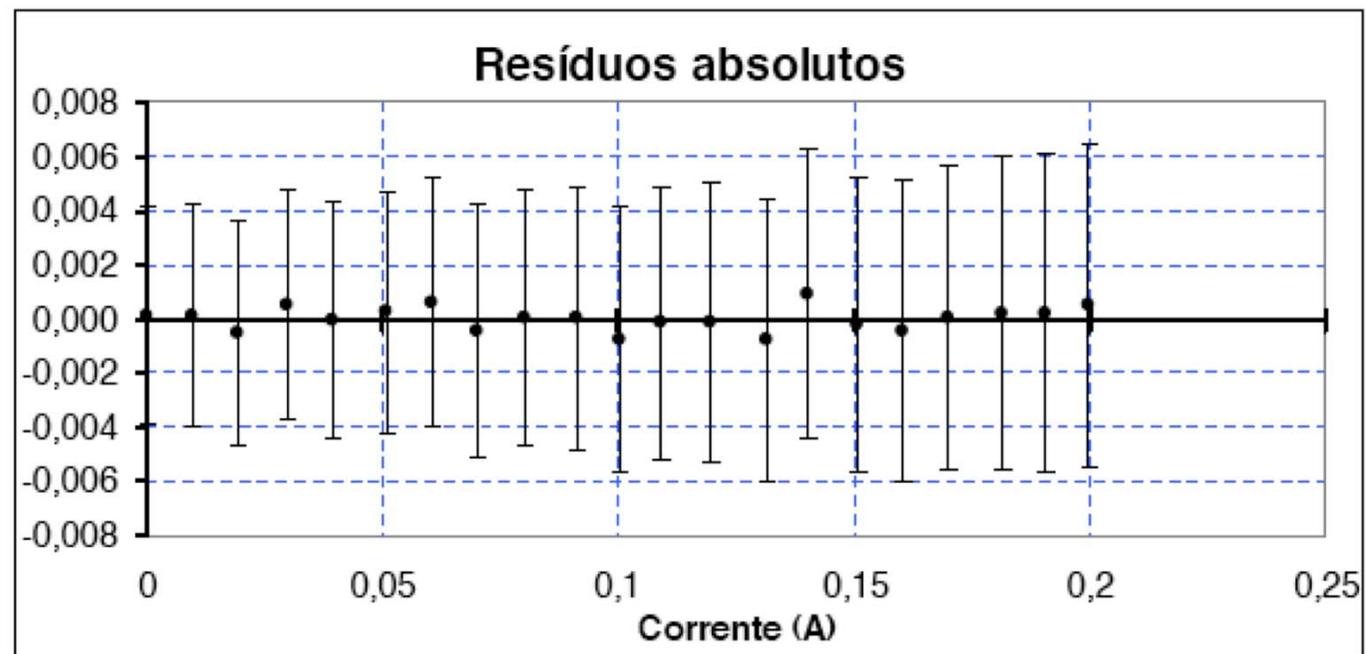
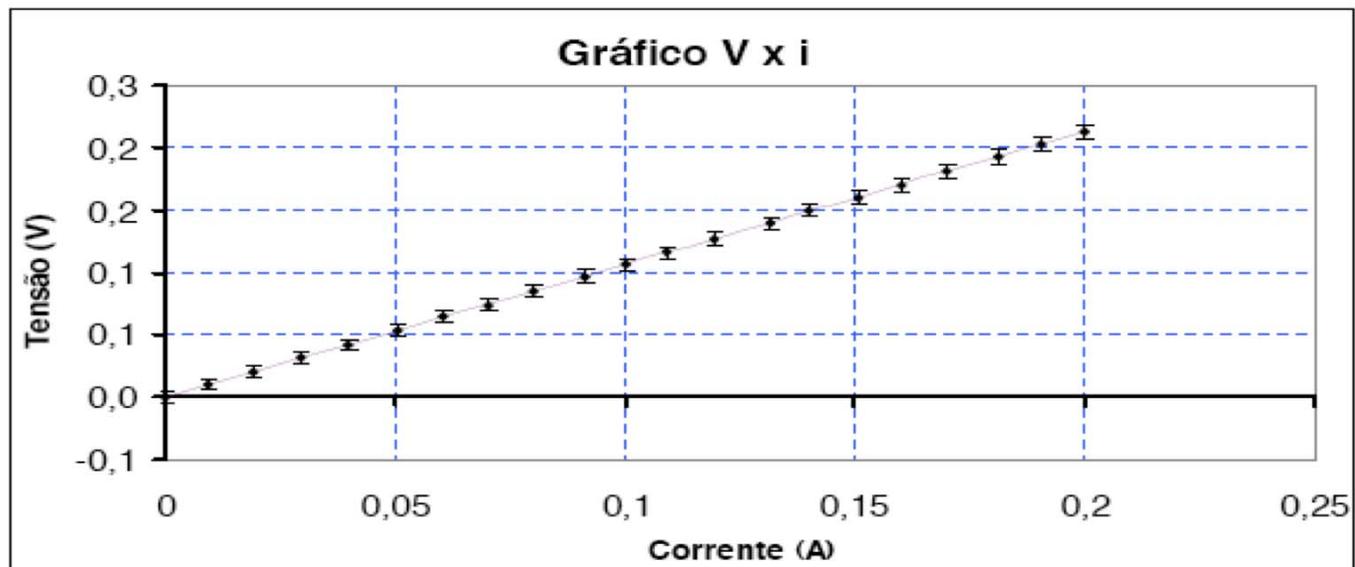


Curva característica Resistor Grande circui

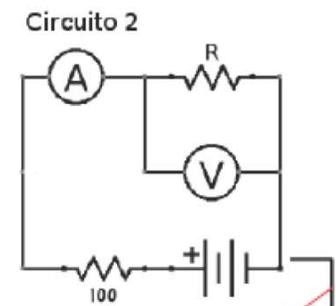
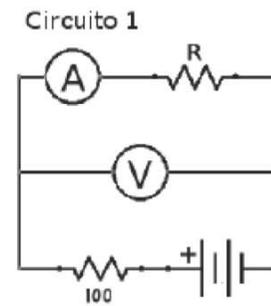
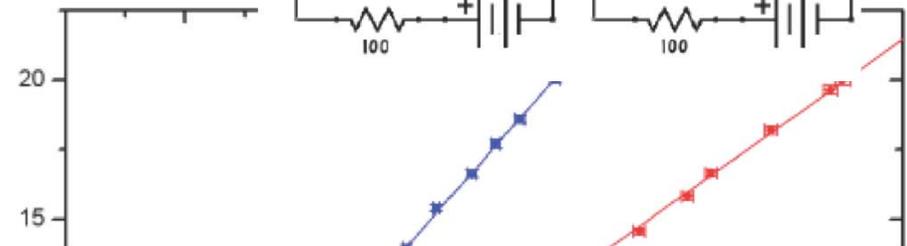
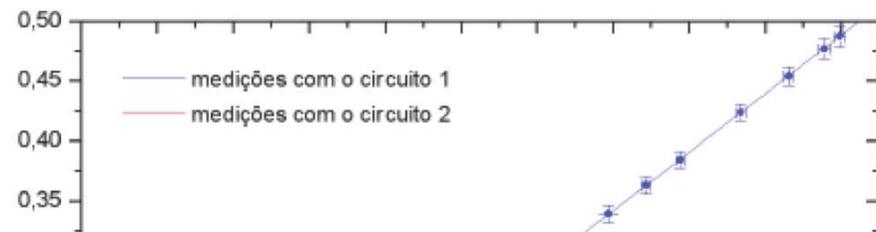


Incertezas do instrumento

0.8% + 4D está bom?



Comparando resultados



Isto é facilmente explicável: pode se considerar que o circuito 1 é bom para medir resistências altas, da ordem de $M\Omega$. Pois a diferença entre a resistência medida e a interna do amperímetro em série (supostamente baixa) é alta, podendo esta ser considerada desprezível perante aquela. Assim, a medida de tensão no resistor é muito próxima da realidade; já a medida de corrente no resistor é quase exata, pois o amperímetro está diretamente em série com o resistor.

No caso do circuito 2, tendo-se uma resistência baixa, da ordem de Ω , contrastando com uma resistência interna supostamente alta do voltímetro a ela diretamente em paralelo, tem-se uma medida de corrente muito próxima da realidade, pois, de toda corrente medida pelo amperímetro, uma fração diminuta será “destinada” ao voltímetro, enquanto a grande maioria passará através do resistor. E, também, toda a tensão medida pelo voltímetro estará associada quase que unicamente ao elemento a ser medido.

Tabela VI: Resultados de medida de resistência dos resistores grande (em Ω) e pequeno (em $M\Omega$) pelos métodos da curva característica com os circuitos 1 e 2 e pelo ohmímetro.

Método	Circuito 1	Circuito 2	Ohmímetro
Res. grande (Ω)	$2,440 \pm 0,002$	$0,9890 \pm 0,0012$	$1,15 \pm 0,40$
Res. pequeno ($M\Omega$)	$4,86 \pm 0,04$	$3,057 \pm 0,012$	$4,833 \pm 0,052$

Comparando resultados

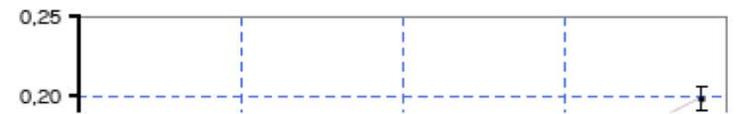
$$R = 1,15(5) \Omega$$

Resistor Grande (Arranjo I)



Resistor Grande (Arranjo II)

$$R = 1,04(3) \Omega$$



De fato, como o amperímetro está em série com o resistor, a resistência do instrumento é somada à do resistor, logo, tirando da resistência encontrada pela análise a resistência pelo ohmímetro temos:

- Amperímetro = $0,15 \Omega$

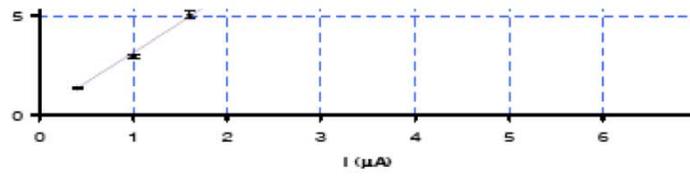
No caso do voltímetro a situação é parecida, mas trabalhamos com o inverso dos valores.

- Voltímetro = $9,96 \text{ M}\Omega$ **$R_V \sim 60 \text{ M}\Omega$**

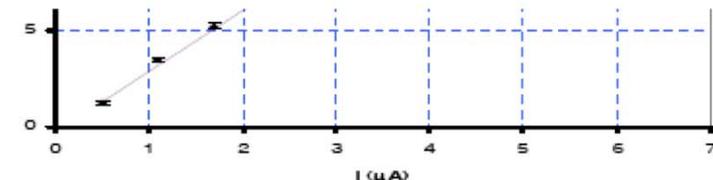
Para o cálculo dos dois instrumentos utilizamos os valores do resistor grande.

Como não encontramos os valores nominais dos instrumentos no manual, medimos diretamente os valores com um ohmímetro.

- Amperímetro = $0,600(406) \Omega$
- Voltímetro = $8,88(9) \text{ M}\Omega$



$$R = 3,01519(4037) \text{ M}\Omega$$



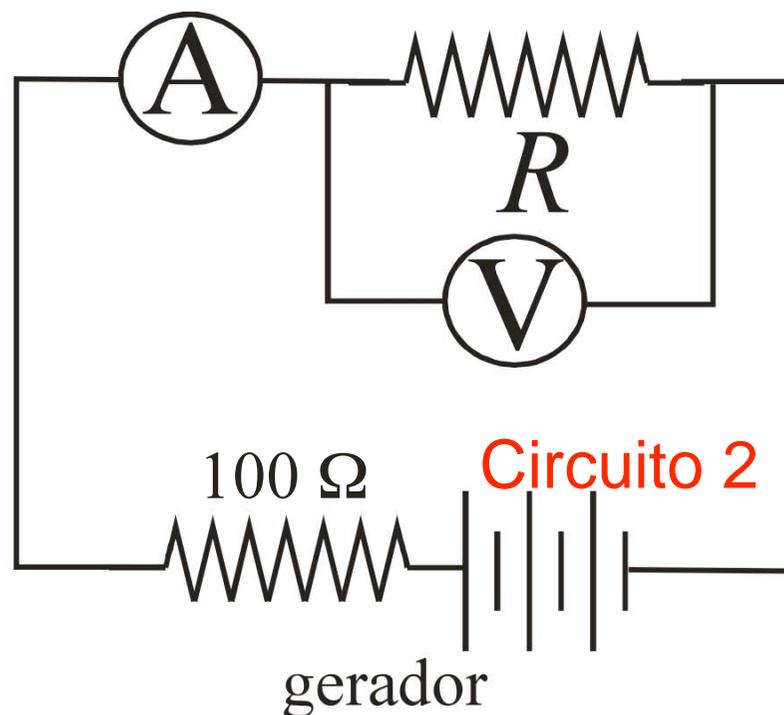
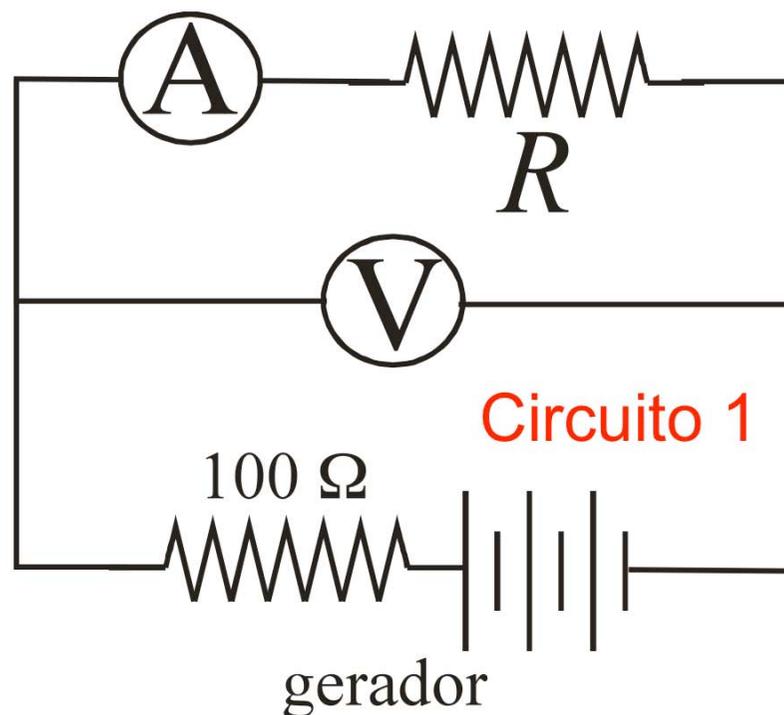
$$R = 3,1726(446) \text{ M}\Omega$$

Multímetro real vs. ideal

- Em um multímetro ideal
 - $R_V = \text{infinito}$
 - $R_A = 0$
- Em um multímetro real isto não ocorre
 - Devemos avaliar qual é a condição de uso mais próxima do ideal.
 - Se não for possível, devemos conhecer as características do circuito e corrigir os dados.

Nosso experimento

- Dois circuitos distintos que, em situações ideais, seriam idênticos
- Em que situação um é mais adequado que o outro?



Circuito I

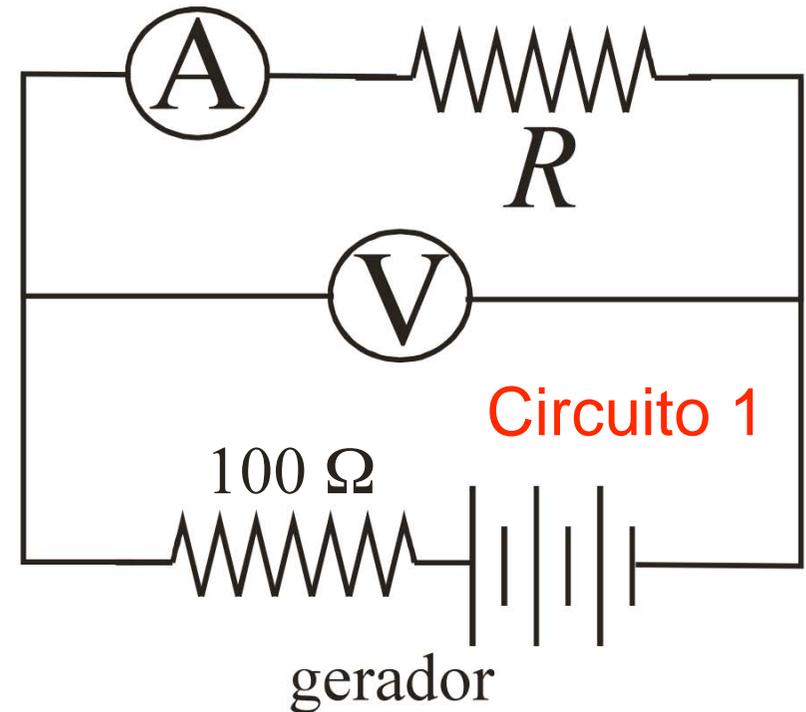
- A corrente medida é a própria corrente no resistor R

$$i = i_A = i_R$$

- Mas a tensão medida é a soma das tensões em R e A

$$V = V_A + V_R$$

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



Circuito 2

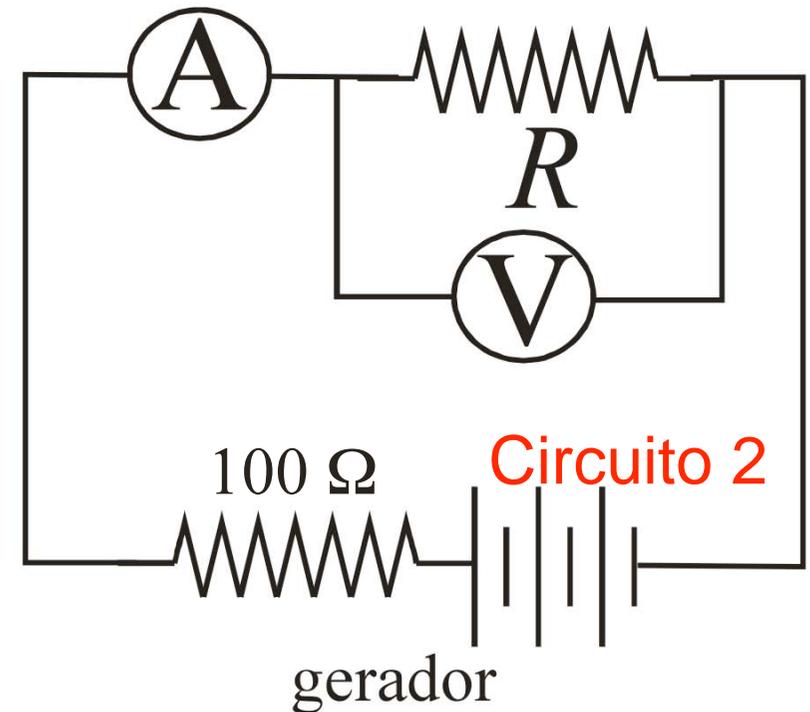
- A tensão medida é a própria tensão no resistor R

$$V = V_R$$

- Mas a corrente medida é a soma das correntes em R e V

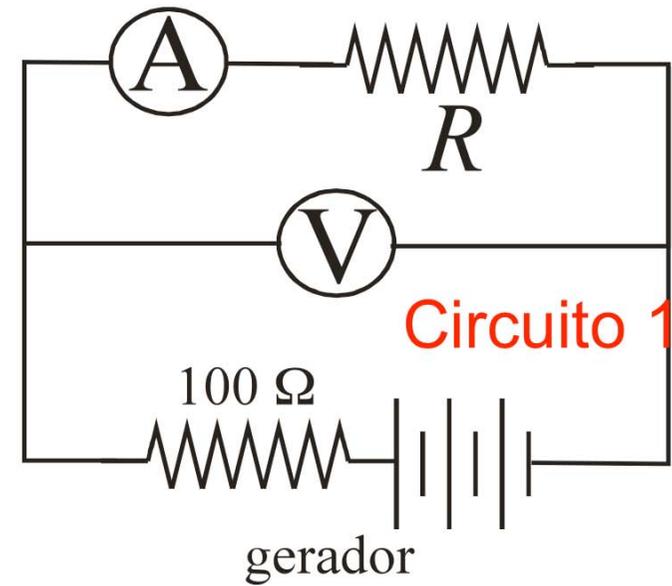
$$i = i_V + i_R$$

- Assim $R_{medido} = \frac{V}{i} = \frac{V}{i_V + i_R} \Rightarrow \frac{1}{R_{medido}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R_V}$

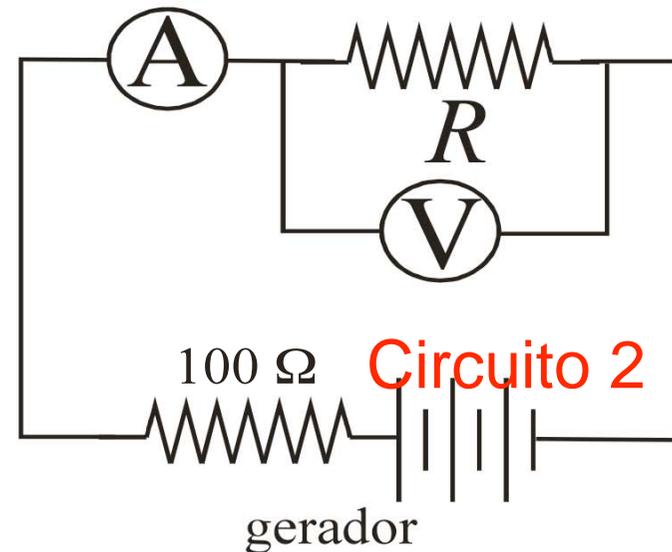


Comparação

- Se $R \gg R_A$, o primeiro circuito é mais adequado
- Se $R \ll R_V$, o segundo circuito é mais adequado.
- Mas o que é pequeno e o que é grande?



$$R_{medido} = R_A + R$$



$$\frac{1}{R_{medido}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R_V}$$



O que significa grande
e pequeno?

Como separar grande e pequeno?

- Podemos medir experimentalmente
 - Realizamos vários experimentos, similares aos que foram feitos até observar desvios (resíduos) incompatíveis com o esperado
- Resolver teoricamente
 - Sabemos resolver o circuito teoricamente, mas incluir efeitos experimentais (incertezas) tornam as deduções muito trabalhosa.
- Simulações
 - O meio do caminho.

O que é uma simulação?



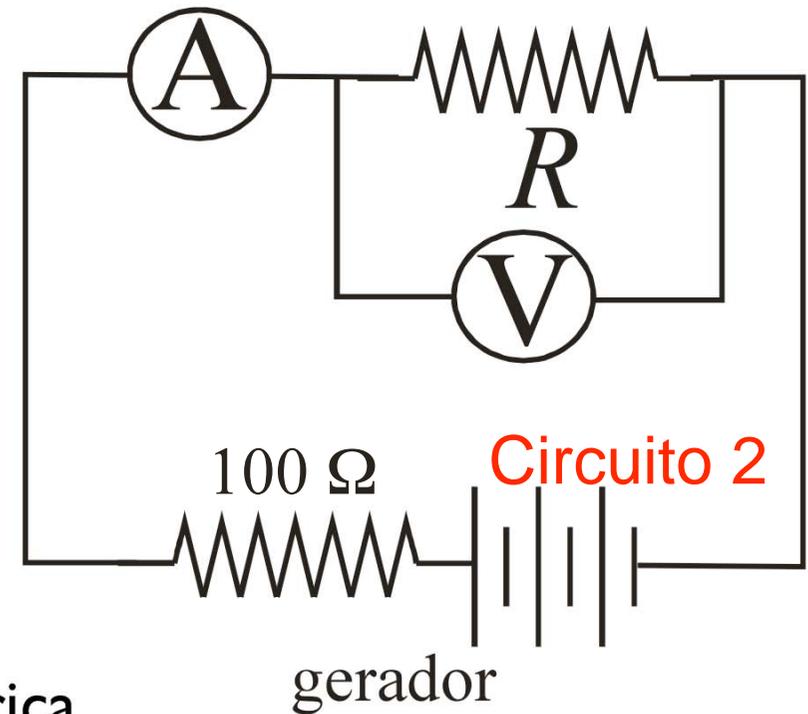
Vamos simular o circuito 2

- Dados de entrada
 - V_G (tensão no gerador)
 - R_P , R_A , R e R_V
- Conhecimentos teóricos
 - Definição de resistência elétrica

$$R_x = \frac{V_x}{i_i}$$

- Associação de resistores (série e paralelo)
- Conhecimentos experimentais
 - Incertezas dos instrumentos

$$\sigma_V = 0.8\% \cdot V \quad \sigma_i = 0.08\% \cdot i$$



Vamos simular o circuito 2

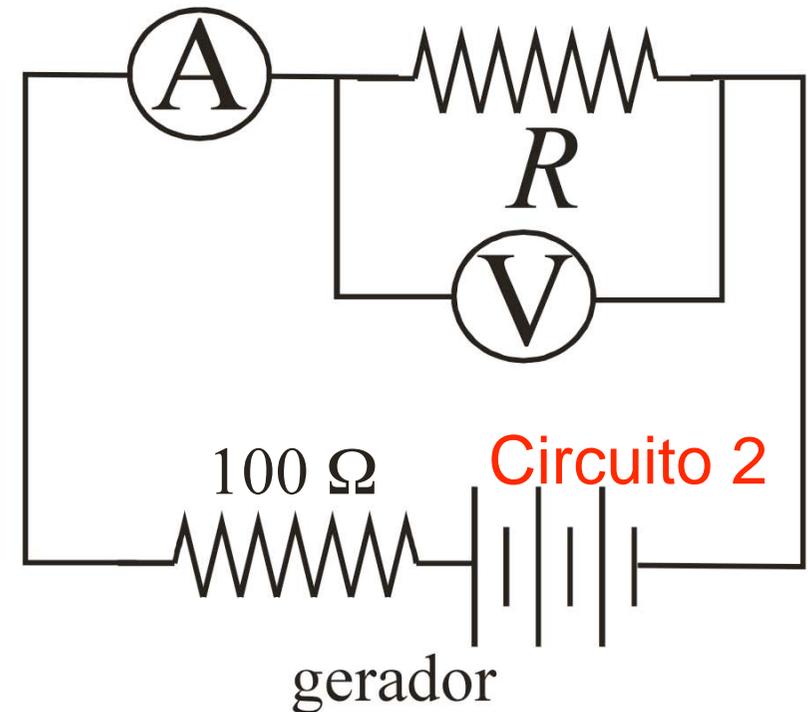
- Vamos calcular a corrente total no circuito

$$i_{real} = \frac{V_G}{R_{EQ}}$$

- A resistência equivalente é:

$$R_{EQ} = R_P + R_A + \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R_V}}$$

- A corrente total é a própria corrente medida pelo amperímetro, a menos das incertezas.



Vamos simular o circuito 2

- Precisamos agora calcular a tensão medida pelo voltímetro

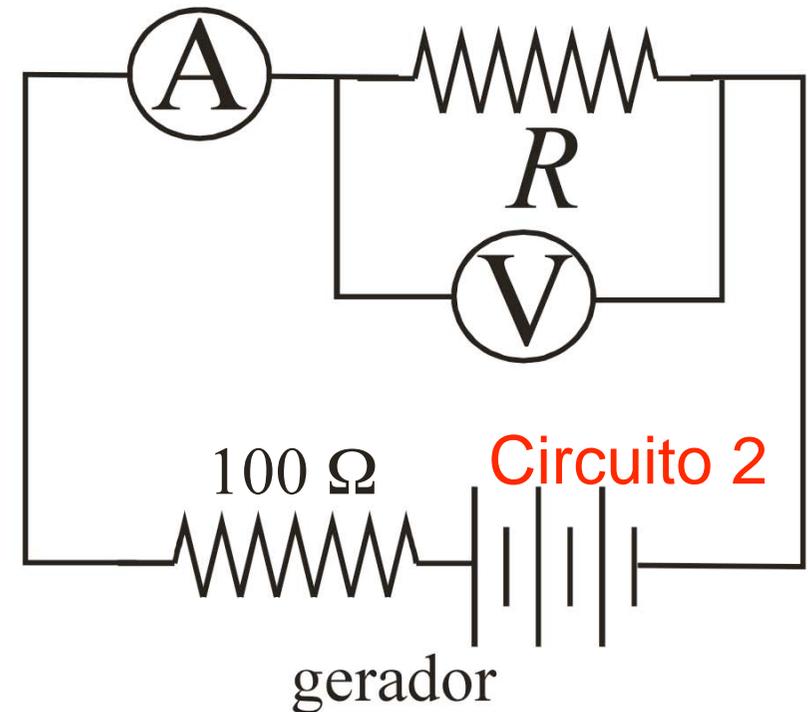
$$V_{real} = V_G - V_{RP} - V_A$$

- Quem é V_{RP} e V_A ?

$$\begin{aligned} V_{real} &= V_G - R_P i_{real} - R_A i_{real} \\ &= V_G - i_{real} (R_P + R_A) \end{aligned}$$

- Agora já sabemos a tensão sobre o resistor. Já temos o par corrente e tensão nos instrumentos. Falta alguma coisa?

- SIM!!!! → Simular os efeitos experimentais (incertezas)

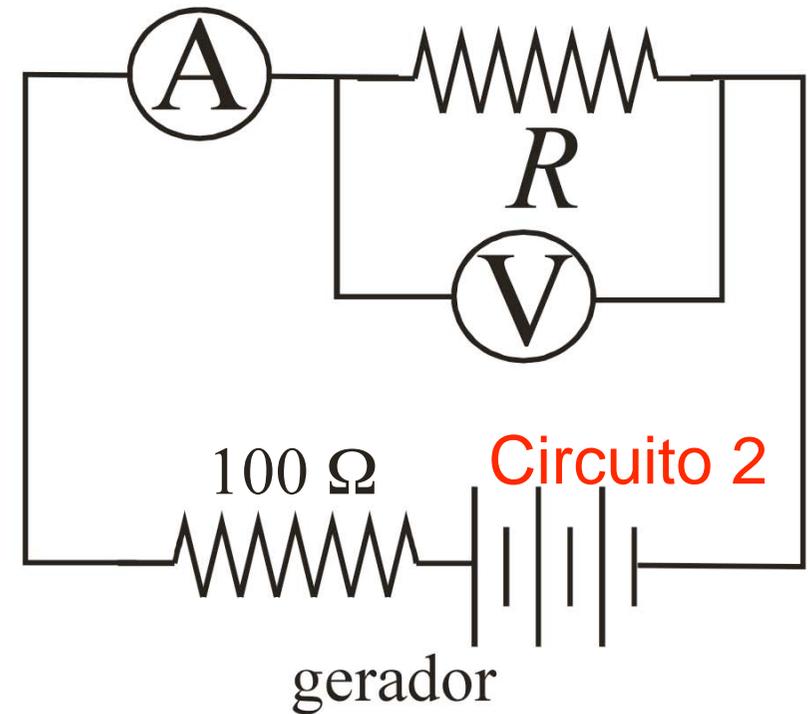


Vamos simular o circuito 2

- Como transformar

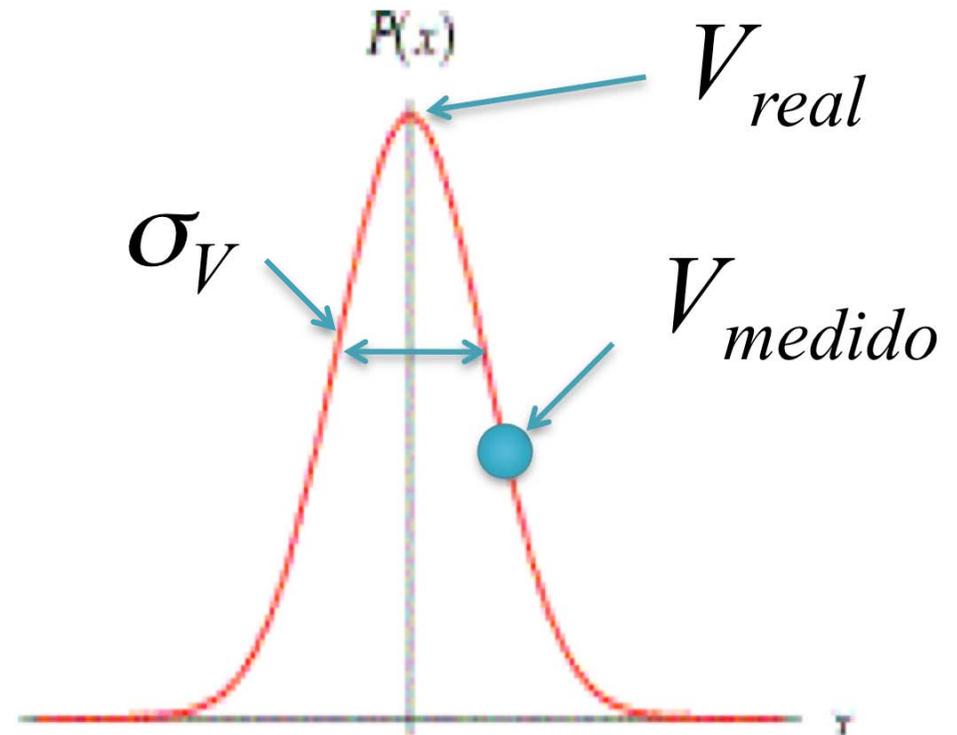
$$V_{real} \quad i_{real}$$

- Em medidas?
- Ou seja, como incluir os efeitos das incertezas instrumentais?
- Qual é a diferença entre V_{real} e i_{real} e V_{medido} e i_{medido} ?



Vamos simular o circuito 2

- Qual é a diferença entre V_{real} e i_{real} e V_{medido} e i_{medido} ?



- Ou seja, devemos sortear (simular) a medida de tensão e corrente com base no seu valor verdadeiro e na sua incerteza, com uma distribuição de probabilidades Gaussiana.
 - No excel, use a função:
 - `NORMINV(RAND(), média, sigma)`

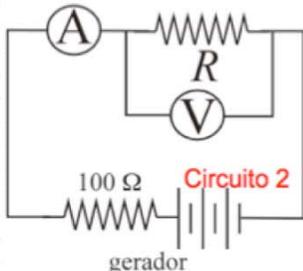
Baixar .xls do site

simulacao.xls

New Open Save Print Import Copy Paste Format Undo Redo AutoSum Sort A-Z Sort Z-A Gallery Toolbox Zoom Help

Sheets Charts SmartArt Graphics WordArt

1
2 **Simulação de um circuito não ideal composto de fontes e resistores**
3 Neste exemplo, consideramos as resistências internas do voltímetro e amperímetro
4 Para avaliar o efeito das mesmas nos resultados obtidos para R
5
6
7
8 **RV =** 8.0E+06
9 **RA =** 1.0E+00
10
11 **RP =** 1.0E+02
12
13 **R =** 5.0E+05
14
15 **Req =** 4.7E+05
16
17
18



100 Ω gerador

Circuito 2

$$i_{real} = \frac{V_G}{R_{EQ}}$$

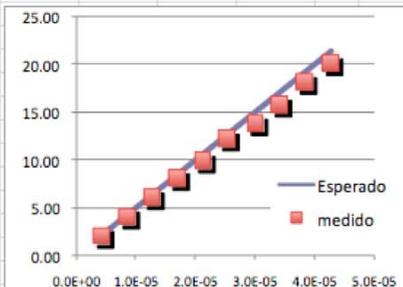
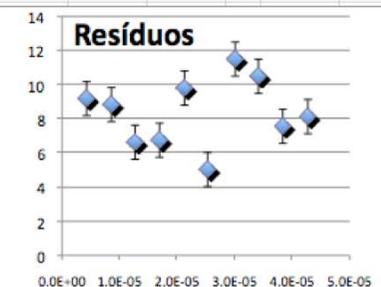
$$R_{EQ} = R_{RP} + R_A + \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R_V}}$$

$$V_{real} = V_G - V_{RP} - V_A$$

$$V_{real} = V_G - i_{real}(R_{RP} + R_A)$$

VG (V)	V (real)	I (real)	V (med)	sV	I (med)	sI	V=Ri	Residuo
2	2.0	4.2E-06	2.0	0.02	4.3E-06	3.4E-08	2.13	9.18219
4	4.0	8.5E-06	4.0	0.03	8.6E-06	6.8E-08	4.29	8.82773
6	6.0	1.3E-05	6.0	0.05	1.3E-05	1.0E-07	6.35	6.62572
8	8.0	1.7E-05	8.0	0.06	1.7E-05	1.4E-07	8.47	6.74318
10	10.0	2.1E-05	9.9	0.08	2.1E-05	1.7E-07	10.64	9.80225
12	12.0	2.5E-05	12.2	0.10	2.5E-05	2.0E-07	12.65	5.02568
14	14.0	3.0E-05	13.8	0.11	3.0E-05	2.4E-07	15.05	11.4929
16	16.0	3.4E-05	15.7	0.13	3.4E-05	2.7E-07	17.06	10.4896
18	18.0	3.8E-05	18.1	0.14	3.8E-05	3.1E-07	19.18	7.55777
20	20.0	4.2E-05	20.1	0.16	4.3E-05	3.4E-07	21.36	8.12419

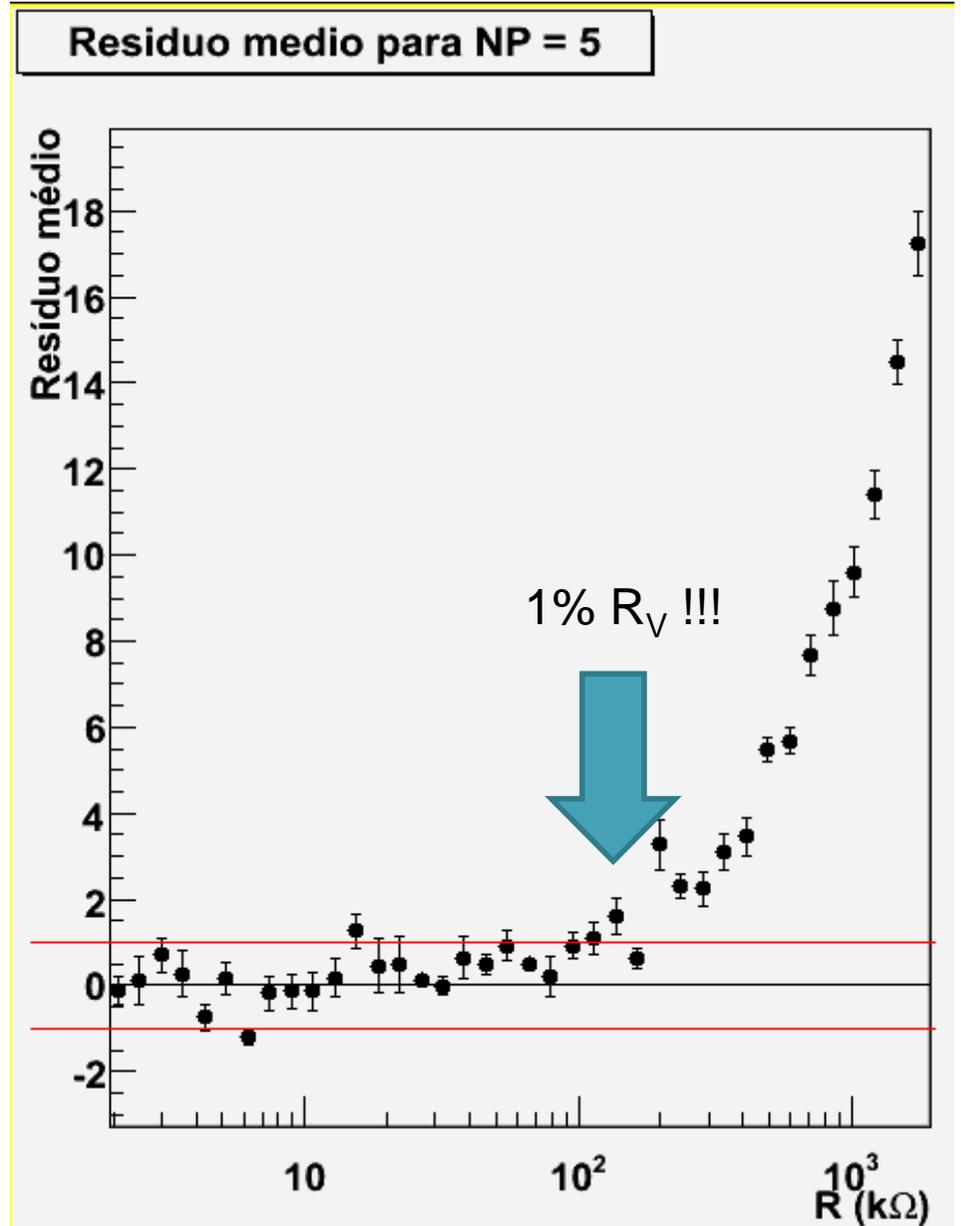
31 **Resíduo médio =** 8.38713

Sheet1

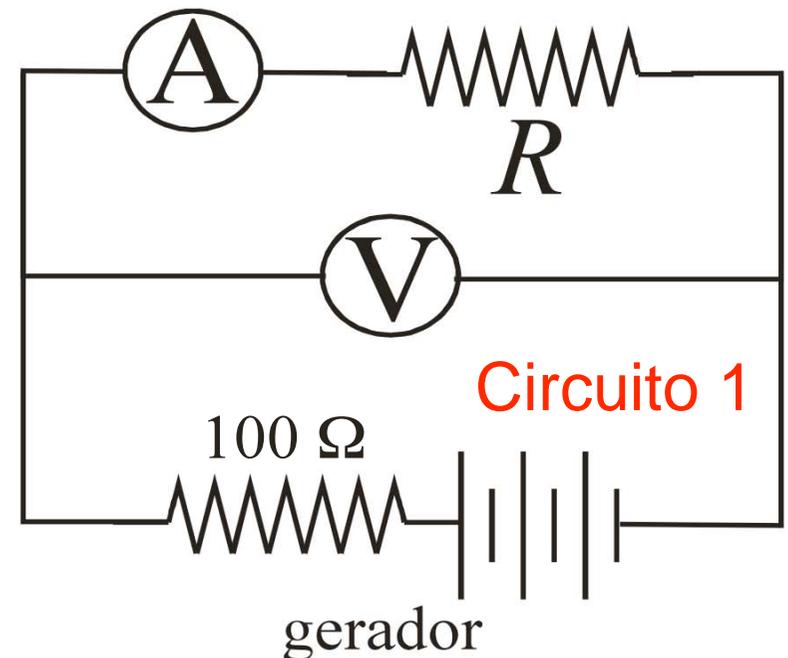
Simulação detalhada

- Fazendo uma simulação mais detalhada
 - A única diferença é considerar uma distribuição Gaussiana de incertezas ao invés de uniforme
- Gráfico do resíduo médio em função de R mostra o limite



Tarefa extra para o relatório

- +1 ponto na nota de relatório para o grupo que fizer a simulação no caso do circuito I
- Incluir apêndice com descrição detalhada da simulação e gráfico
 - Similar ao I
 - Slide anterior!





A lâmpada comum: objetivos para esta semana

A lâmpada

- Medidas de resistência mostram que:
 - $R \sim 10-15 \Omega$
- Contudo, segundo o fabricante, a lâmpada funciona em
 - $V = 110 V$ e $P = 100W$
 - Se usarmos $P = V^2/R$ obtemos:
 - $R = 121 \Omega$.
- Porque existe esta discrepância entre a medida realizada e o valor nominal?

Lâmpada comum

- Elemento resistivo de tungstênio dentro de um bulbo com gás inerte
 - Aumentar a vida útil do filamento
- Potência transferida para o filamento
 - $P = V i$
- Como esta potência é utilizada
 - Produção de luz e calor
 - Isto afeta as características da lâmpada? Como?



O problema a ser investigado

- Quando utilizamos uma lâmpada transferimos potência elétrica ($P = V i$) para a lâmpada.
- Como esta potência é utilizada?
 - Existe uma relação entre a potência e o aquecimento da lâmpada?
 - Qual a forma funcional deste aquecimento?
 - Obtida através de dados, por exemplo curva de potência como função da temperatura.
 - Que Física podemos aprender a partir do conhecimento desta dependência?

○ que precisamos fazer?

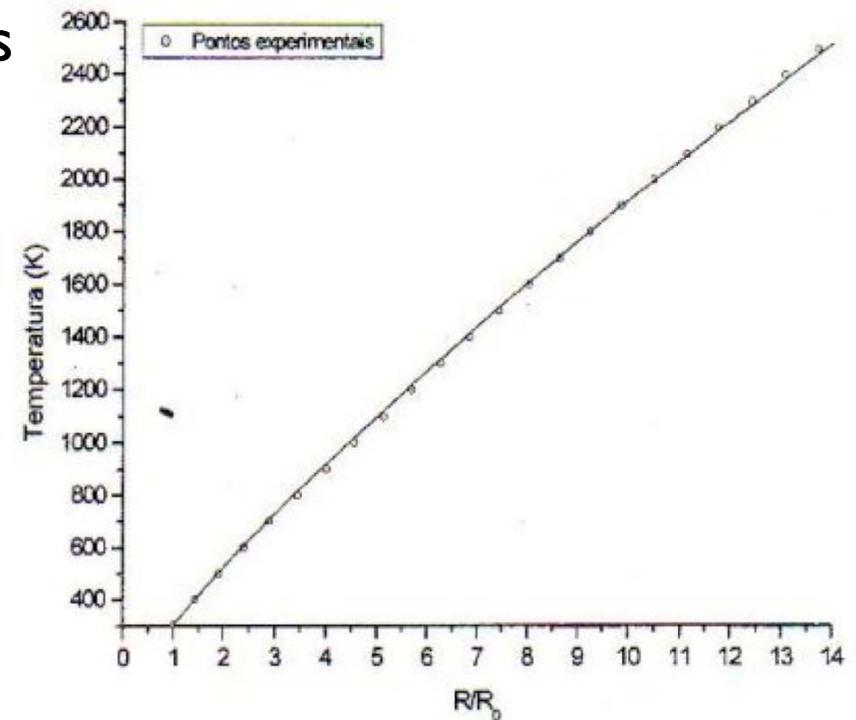
- Queremos fazer um gráfico de $P \times T$
- Precisamos medir P . Como?
 - Utilizamos o nosso conhecimento de circuitos elétricos
 - $P = V i$
- Precisamos medir T . Como?
 - Termômetro?
 - A temperatura do filamento é a mesma do invólucro da lâmpada?
 - Que outras alternativas nós temos?

Dependência da resistência do tungstênio com a temperatura do filamento

- Fórmula empírica, obtida a partir de dados experimentais

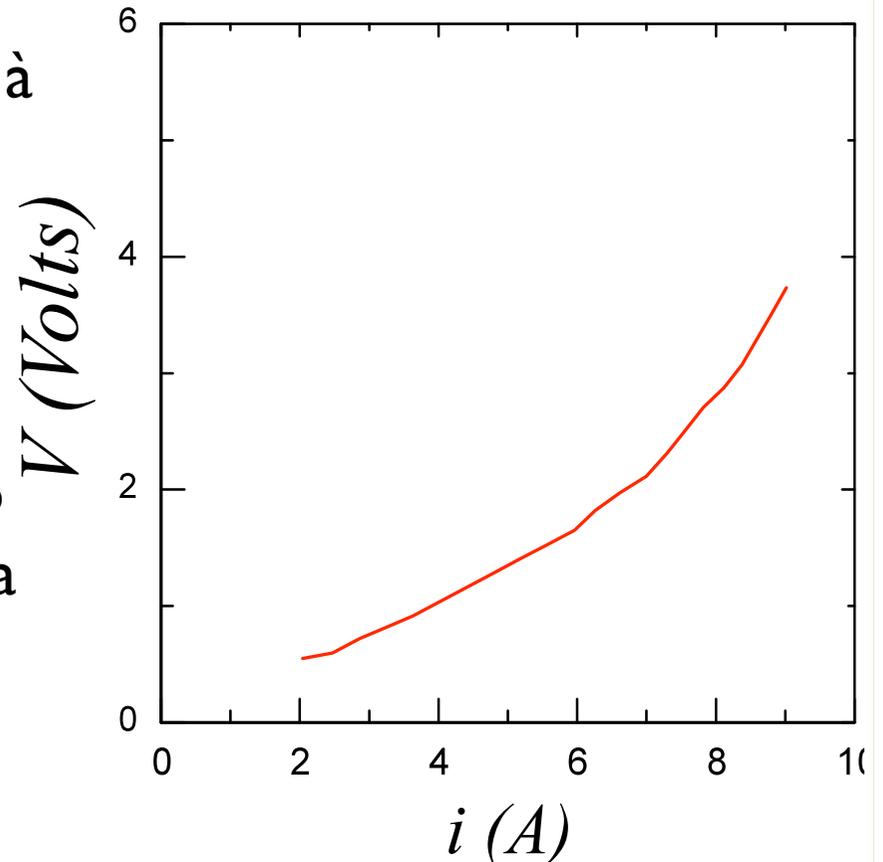
$$\frac{R}{R_0} = \left(\frac{T}{T_0} \right)^{1,24}$$

- R = resistência do filamento na temperatura T
- R_0 = resistência do filamento na temperatura T_0
 - T_0 = temperatura ambiente
 - Depende da fabricação da lâmpada



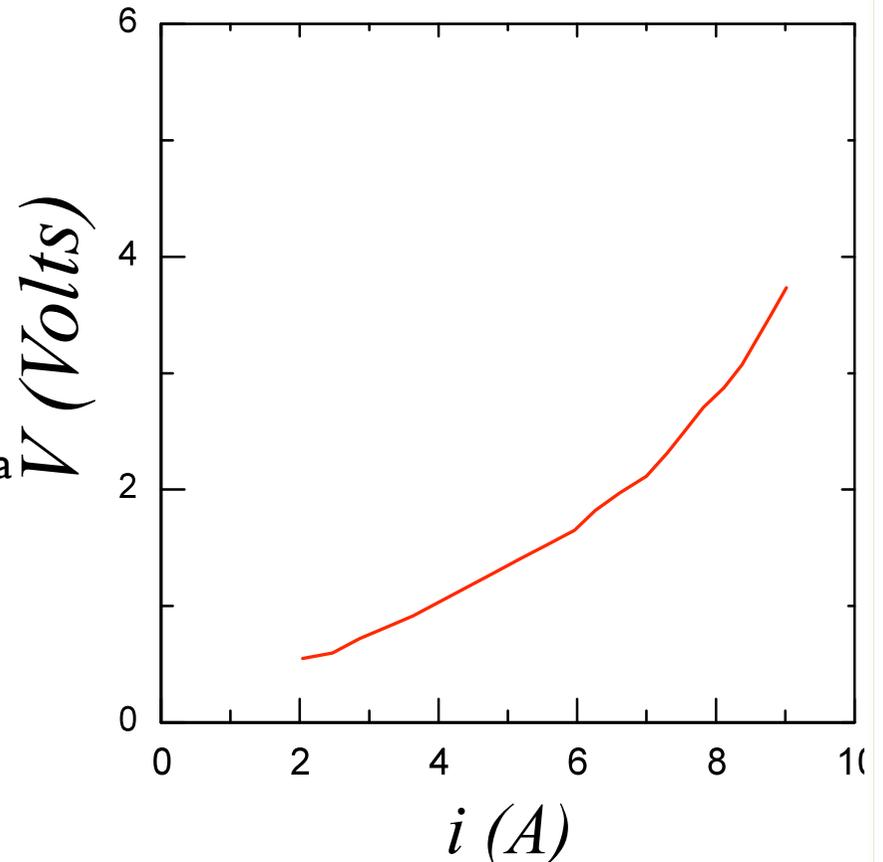
Medida da temperatura

- Se eu sei a resistência do filamento e a sua resistência à temperatura ambiente eu posso determinar a temperatura naquela condição.
- Então, na verdade eu preciso medir o valor de R para cada condição de potência fornecida. Como?
 - Fazendo a curva característica da lâmpada.
 - O valor de R vem de $R = V/i$



Medida da temperatura

- Mas eu ainda não sei o valor da resistência à temperatura ambiente.
- Como fazer esta medida?
 - Ohmímetro
 - A potência do ohmímetro é realmente baixa para assegurar que a lâmpada não esquentou?
 - Extrapolação da curva para correntes muito pequenas
 - Como fazer? Qual a precisão deste procedimento?
 - Realizar medidas em correntes realmente baixas
 - Como limitar a corrente?
 - Utilizando um resistor elevado



Atividades da semana (parte I)

- Usar a lâmpada de 30V de lanterna
- Determinar R_0 da lâmpada usando um ohmímetro.
- Determinar R_0 fazendo a curva característica a baixas correntes. Qual circuito é melhor?
 - Utilizar um resistor de proteção de 2-10 k Ω . A lâmpada é ôhmica a baixas correntes?
- Fazer a curva característica da lâmpada em correntes normais (até ficar bem brilhante).
 - Determinar o valor do resistor de proteção, considerando a potência nominal da lâmpada .
 - Tente extrapolar os dados para corrente 0 e determinar R_0 . É possível? É preciso?

Atividades da semana (parte II)

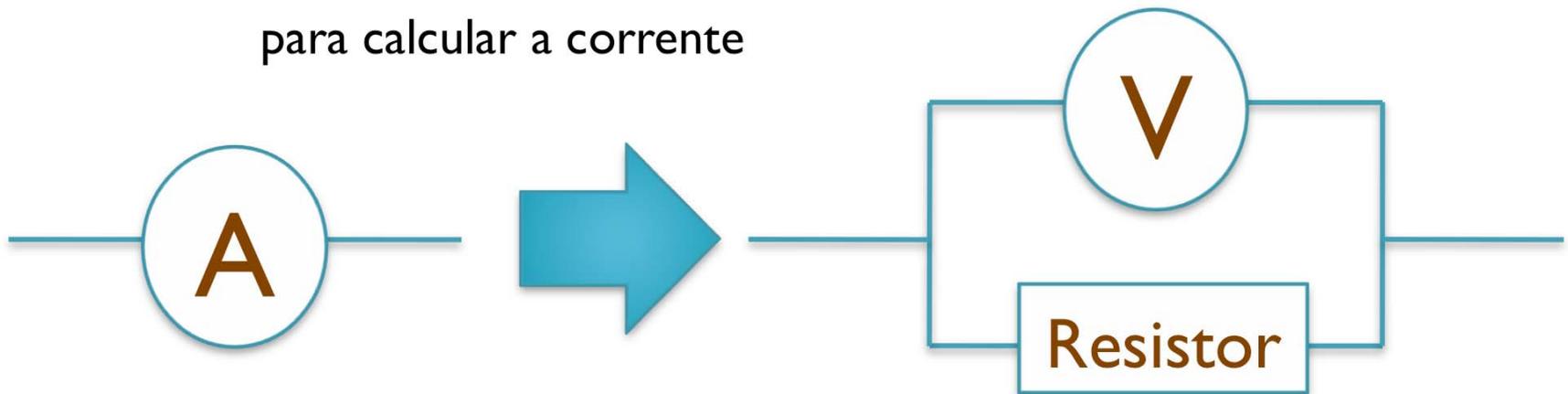
- A partir da curva característica da lâmpada determine a potência fornecida pela fonte e a resistência da lâmpada. Determine também a temperatura do filamento para cada ponto.
- Faça o gráfico de $P \times T$ em papel adequado e determine a expressão funcional que correlaciona as duas grandezas.
 - Dica: lembre-se que não existe só escala milimetrada.

Detalhe experimental

- Amperímetros são instrumentos sensíveis
 - Evite usar amperímetros
 - O que fazer?
 - Substitua um amperímetro por um voltímetro e um resistor em paralelo. Meça a voltagem no resistor e use a relação

$$R = V/i$$

para calcular a corrente



Detalhe experimental

- No caso do nosso experimento da lâmpada, use:
 - Para a medida de R_0 a partir das curvas características:
 - Use o próprio resistor de 2-10 k Ω para medir a corrente
 - Para a curva característica com a lâmpada acessa:
 - Use um resistor de 1-10 Ω
 - Não precisa usar resistor de proteção no circuito. Os resistores acima já atuam como resistores de proteção.

