



Física Experimental III

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

LabFlex: www.dfn.if.usp.br/curso/LabFlex

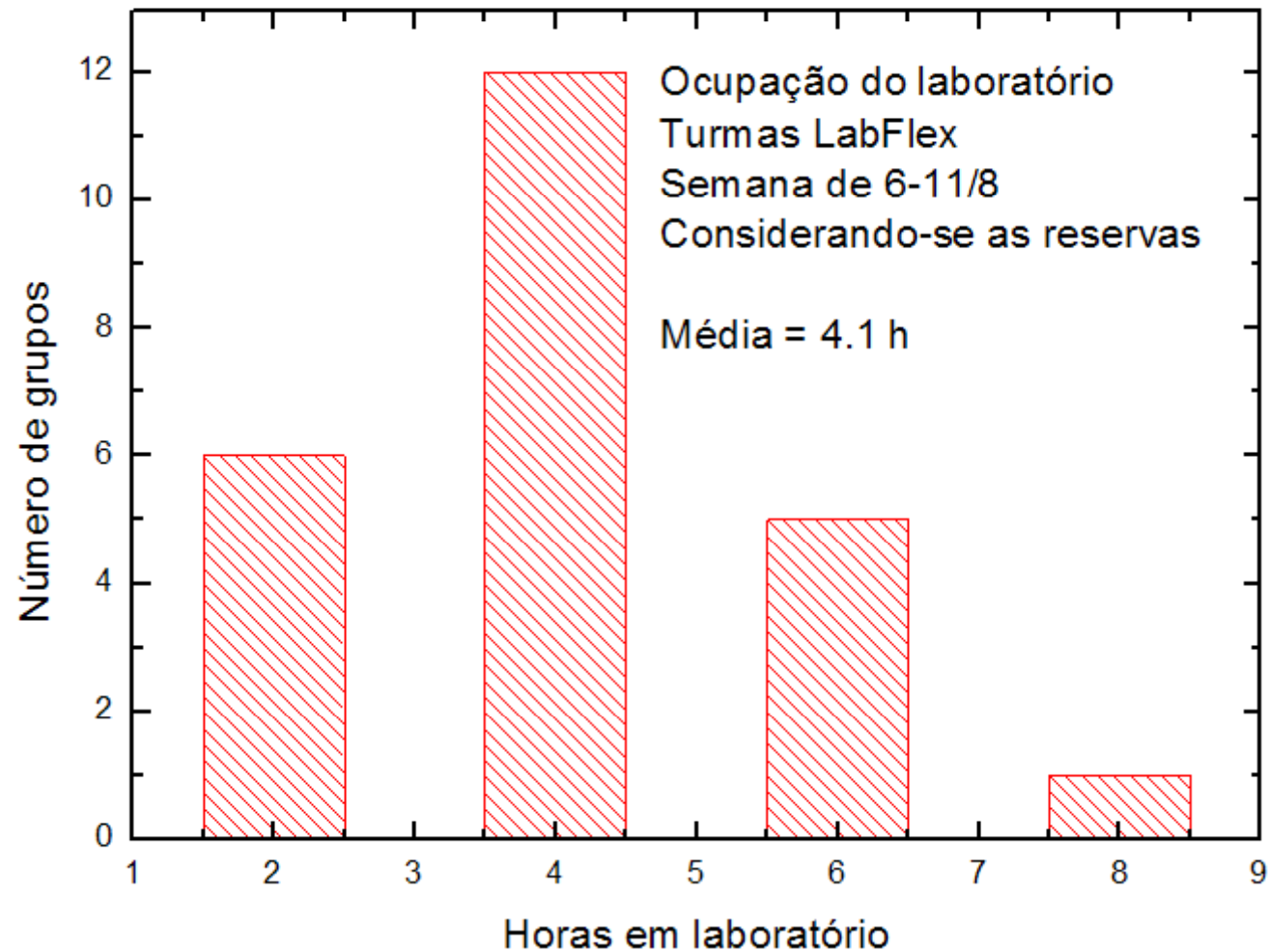
Aula 2

Prof. Alexandre Suaide

Ramal: 7072

Ed. Oscar Sala (Pelletron), sala 246

Uso durante a primeira semana



Ajustes das regras de reserva

- Na quinta-feira, cada reserva corresponde a duas horas.
- Cada grupo pode ter até duas reservas ativas
- Não é preciso todos membros do grupo estarem no lab ao mesmo tempo
 - Mas todo mundo tem que ir pelo menos uma vez por semana ao lab
- Pode reservar para a semana seguinte

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



Quadro I

A01
Incertezas possuem unidades
Não precisa coluna extra

Ensaio nº	Descrição do elemento	Valores elétricos nominais	Medidas Realizadas	Incertezas	Grandezas Derivadas
1	Resistor	Rn = 10 Ω	R = 10,45 Ω	0,14	
2	Resistor de proteção	Rn = 47 Ω	R = 47,35 Ω	0,51	
3	Resistor grande preto		R = 1,2 Ω	0,4	
4	Resistor pequeno preto		R = 2,708 MΩ	0,045	
5	Resistor dourado		R = 4,886 MΩ	0,077	
6	Lâmpada 100W	Pn = 100W Un = 127V	R = 11,8 Ω	0,5	Rn = 161,3 Ω
7	Lâmpada Gota		R = 1,0 Ω	0,4	
8	Pilha Tipo A	Un = 1,5V	U = 1,478 V	0,016	
9	Chuveiro Elétrico	Pn = 3800W Un = 220V	R(A-B) = 9,6 Ω R(A-C) = 13,5 Ω R(B-C) = 3,9 Ω	0,5 0,5 0,4	Rn = 12,7 Ω
10	Resistências entre as mãos				
	Michel		R = 452389 Ω	2844	
	Leandro		R = 445663 Ω	2806	

Ensaio nº	Descrição do elemento	Valores elétricos nominais	Medidas realizadas	Grandezas derivadas.
1	Resistor	Rn = 10Ω	R = 10,1Ω	
2	Lâmpada 60W	Pn = 60 W Un = 110 V	R = 11,8Ω	Rn = 201,7Ω
3	Pilha tipo A	Un = 1,5 V	U = 1,5 V	
4	Chuveiro elétrico	Pn = 3800 W Un = 220 V	R = 13,4Ω	
5	¹⁾ Resistência entre as mãos		R = 0,037Ω	
7				

A07
Incertezas experimentais ?

Quadro 1 - Experiência 6.1

Ensaio nº	Descrição do elemento	Valores elétricos nominais	Medidas realizadas	Grandezas derivadas
1.a	Resistor	Rn = 10 ohm	R = 10,1 ohm	
1.b	Resistor	Rn = 47 ohm	R = 46,9 ohm	
1.c	Resistor	Rn = Não identificado	R = 1,2 ohm	
1.d	Resistor	Rn = Não identificado	R = 4,816 Mohm	
2	Lâmpada 100W	Pn = 100 W Un = 127 V Un = 1,5 V	R = 12,1 ohm U = 1,509 V	Rn = 161,29 ohm
		Pn = 3800 W Un = 220 V	Rverão = 13,4 ohm Rinverno = 9,4 ohm R = ~260 kohm	

A11
Incertezas experimentais ?

A04
Incertezas experimentais ?

A03
Incertezas experimentais ?

Quadro 1. Resistência de alguns bipolos simples.

Ensaio nº	Descrição do elemento	Valores elétricos nominais	Medidas realizadas	Grandezas derivadas.
1	Resistor	Rn = 10	R = 10,1Ω	
2	Lâmpada 60W	Pn = 60 W Un = 127V	R = 11,7Ω	Rn = 161,29Ω
3	Pilha tipo D	Un = 1,5 V	U = 1,53V	
4	Chuveiro elétrico	Pn = 5200 W Un = 220 V	R = 3,7Ω	Rn = 9,31Ω
5	¹⁾ Resistência entre as mãos		R = 364,1k	
7				

Descrição do elemento	Valores elétricos nominais	Medidas realizadas	Grandezas derivadas
Resistor	?	R=3,15MΩ	
Lâmpada(100W)	Pn=100W Un=110V	R=11,9Ω	Rn=121Ω
Pilha	Un=1,5V	U=1,5V	
Chuveiro elétrico	Pn=5200W Un=220V	R=9,3Ω	
Resistência entre as mãos		R=297,7MΩ	

Quadro I

A06

Descrição do elemento	Valores elétricos nominais	Medidas realizadas	Grandezas derivadas.
Resistor	$R_n = 10 \Omega$ $P_n = 100 \text{ W}; U_n = 127 \text{ V}$	$R = 10,4 \pm 0,4 \Omega$	#
Lâmpada 100W		$R = 11,8 \pm 0,4 \Omega$	$R = 161,29 \Omega$
Pilha tipo A	$U_n = 1,5 \text{ V}$	$U = 1,494 \pm 0,005 \text{ V}$	#
Chuveiro elétrico	$P_n = 5200 \text{ W}; U_n = 220 \text{ V}$	$R = 9,6 \pm 0,4 \Omega$	$R = 9,31 \Omega$
Resistência entre as mãos	#	$R = 193,8 \pm 0,6 \text{ k}\Omega$	#
Diodo	#	$R = 44,76 \pm 0,44 \text{ k}\Omega$	#
Lâmpada pequena	$R = 1,0 \Omega$	$R = 1,0 \pm 0,40 \Omega$	#
Bobina	$R_{ab} = 4,53 \Omega$	$R_{ab} = 4,8 \pm 0,4 \Omega$	#

Algumas grandezas elétricas medidas em laboratório

Ensaio nº	Descrição do elemento	Valores elétricos nominais	Medidas realizadas	Grandezas derivadas.
1	Resistor	$R_n = 10\Omega$	$R = (10,4 \pm 0,5)\Omega$	
2	Lâmpada 60W	$P_n = 100 \text{ W}$ $U_n = 127 \text{ V}$	$R = (12,1 \pm 0,5)\Omega$	$R_n = 161\Omega$
3	Pilha tipo A	$U_n = 1,5 \text{ V}$	$U = (1,480 \pm 0,016)\text{V}$	
4	Chuveiro elétrico	$P_n = 5200 \text{ W}$ $U_n = 220 \text{ V}$	$R_{min} = (9,5 \pm 0,5)\Omega$ $R_{max} = (13,3 \pm 0,5)\Omega$	
5	Resistência entre as mãos		$R = (327,5 \pm 3,6)\text{k}\Omega$	

A12

Descrição do Elemento	Valores Nominais	Valores Medidos	Grandezas Derivadas
Resistor	$R_n = 47 \Omega \pm 5\%$	$R = 47,7 \pm 0,9 \Omega$	---
	$P_n = 5 \text{ W}$		
Lâmpada	$U_n = 127 \text{ V}$	$R = 11,7 \pm 0,5 \Omega$	$R_n = 161,3 \Omega$
	$P_n = 100 \text{ W}$		
Pilha - tipo D	$U_n = 1,5 \text{ V}$	$U = 1,509 \pm 0,016 \text{ V}$	---
Chuveiro Elétrico	$U_n = 220 \text{ Vca}$	$R_1 = 13,4 \pm 0,5 \Omega$	$R_n = 9,31 \Omega$
	$P_n = 5200 \text{ W}$	$R_2 = 9,5 \pm 0,5 \Omega$	
Resistência entre as mãos	---	$R_D = 268,5 \pm 3,1 \text{ k}\Omega$	---
		$R_B = 547,0 \pm 5,9 \text{ k}\Omega$	

A08
Tabela ou quadro?

Tabela 1: medidas de grandezas elétricas e respectivas incertezas. Os valores são médios e desvios-padrão.

A05
Incertezas experimentais ?

Resistência de alguns bipolos simples			
Descrição do Elemento	Valores Elétricos Nominais	Medidas Realizadas	Grandezas Derivadas
Resistor	$R=10 \text{ Ohms}$	$R=10,10 \pm 0,08 \text{ Ohms}$	-----
Lampada	$P=100\text{W}$ $U=127\text{V}$	$R=11,8 \pm 0,08 \text{ Ohms}$	$R=161,29 \text{ Ohms}$
Pilha	$U=1,5\text{V}$	$U=1,516 \pm 0,012\text{V}$	-----
Chuveiro Elétrico	$U=220\text{V}$ $P=5200\text{W}$	$R_1=9,50 \pm 0,08 \text{hm}$ $R_2=13,30 \pm 0,11 \text{hm}$	-----
Bateria de Celular	$U=4\text{V}$	$U=4,27 \pm 0,03\text{V}$	-----
Resistência entre as Mãos	-----	$R_1=315,2 \pm 2,5 \text{ kOhm}$	-----
	-----	$R_2=285,7 \pm 2,3 \text{ kOhm}$	-----
	-----	$R_3=304,3 \pm 2,4 \text{ kOhm}$	-----
	-----	Média = $301 \pm 4 \text{ kOhm}$	-----

Tabela 6 - Dados referentes às resistências de bipolos simples

A10
Tabela ou quadro?

Tabela Completa

Ensaio nº	Descrição do elemento	Valores elétricos nominais	Medidas realizadas	Grandezas derivadas.
1	Resistor	$R_n = 10 \Omega$	$R = 1,57 \text{ Ohm}$	
2	Lâmpada 60W	$P_n = 60 \text{ W}$ $U_n = 110 \text{ V}$	$R = 1,46 \text{ Ohm}$	$R_n = 201,67 \text{ Ohm}$
3	Pilha tipo A	$U_n = 1,5 \text{ V}$	$U = 1,45 \text{ V}$	
4	Chuveiro elétrico	$P_n = 3800 \text{ W}$ $U_n = 220 \text{ V}$	$R = 1,45 \text{ Ohm}$	
5	Resistência entre as mãos		$R = 1,33 \text{ Ohm}$	

Quadro 1. Resistência / Voltagem de alguns bipolos simples.

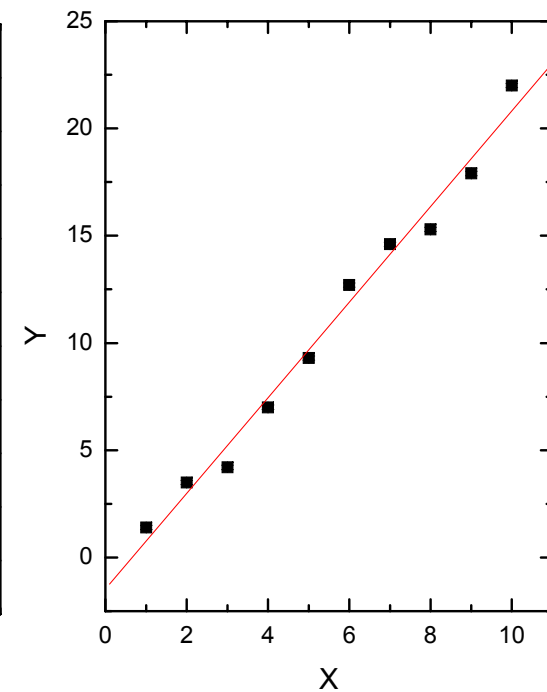
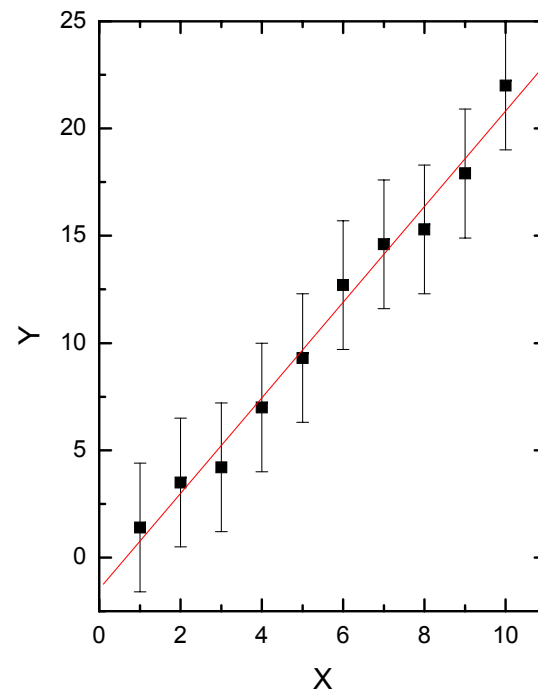
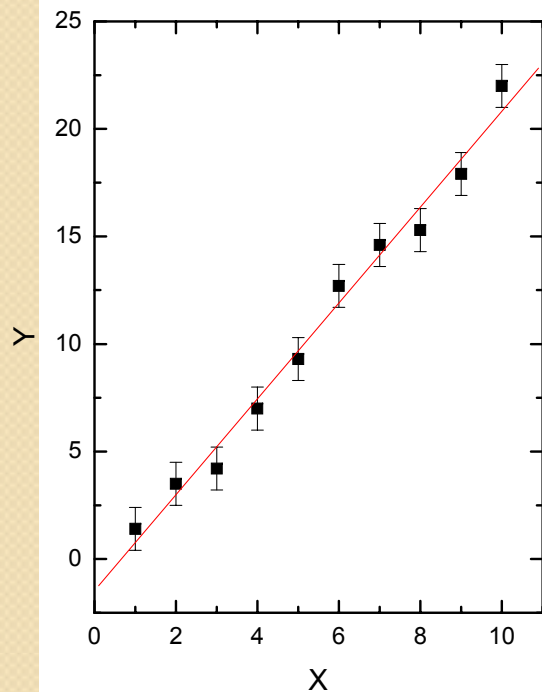
Descrição do elemento (Resistor)	Valores elétricos nominais	Medidas realizadas	Medida Calculada
Lâmpada 100W	$P_n = 60 \text{ W} / U_n = 127 \text{ V}$	$R = (11,40 \pm 0,49) \Omega$	$R_n = 161,29 \Omega$
Resistor de proteção	$(47 \pm 5\%)\Omega$	$R = (46,7 \pm 1,1) \Omega$	
Pilha tipo A	$U_n = 1,5 \text{ V}$	$U = (1,504 \pm 0,016) \text{ V}$	
1) Resistência entre as mãos		$R = (1,820 \pm 0,035) \text{ M}\Omega$	

1) Resistência medida entre as mãos de um integrante do grupo, mantendo os conectores do multímetro fortemente presos entre os dedos polegar e indicador. Medida feita com as mãos secas.
2) Medida calculada através da fórmula: $R_n = U^2/P$, onde R_n é a resistência em Ω (ohms), U a tensão em V (Volts), P a potência em W (watts). A diferença aparente entre os dois valores de resistências, se deve ao fato de que a resistência aumenta com a temperatura, seguindo o fator de correção $R = R_0(1 + \alpha \Delta T)$.

A09
Explicações

Características comuns: Incertezas experimentais

- Como avaliar a qualidade dos dados?
 - As incertezas experimentais são tão importante quanto os seus valores



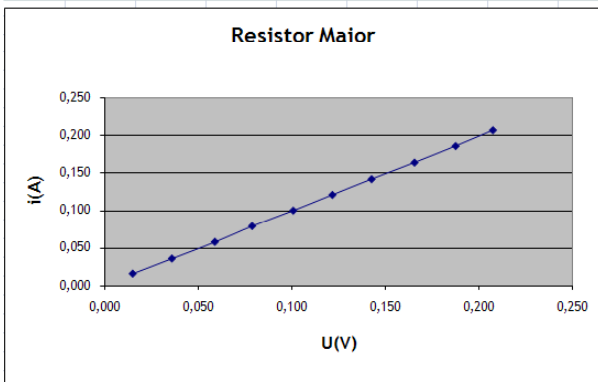
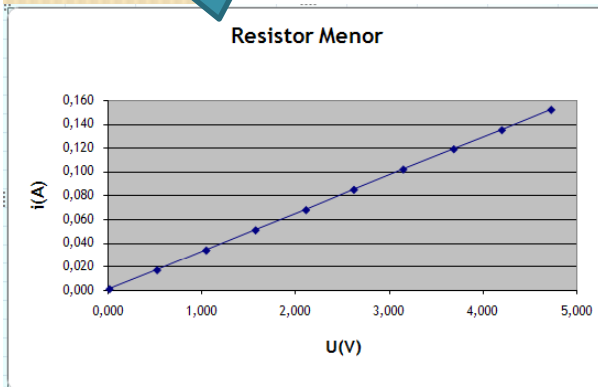
Características comuns: Entendendo os objetivos

- Quais eram os objetivos das medidas realizadas?
 - Com os dados apresentados estes objetivos foram investigados?
- Diferenciar entre o circuito 5.a e 5.b
 - Qual circuito é melhor em cada caso?
 - Precisamos medir o R_{grande} e R_{pequeno} nos dois circuitos para comparar? Qual o valor de R em cada caso (ajustes) e qual é o valor nominal?

R_G e R_P

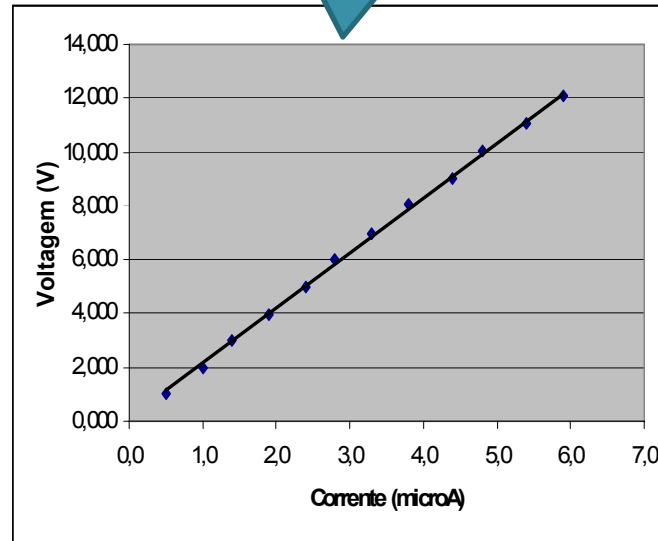
A03

Incertezas experimentais
Qual o valor de R em cada caso?
Medir cada R nos dois circuitos.



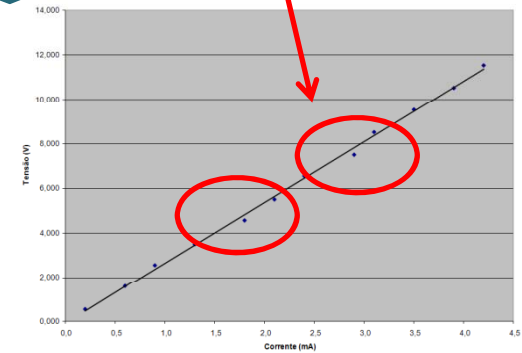
A05

Incertezas experimentais
Qual o valor de R em cada caso?
Medir cada R nos dois circuitos.



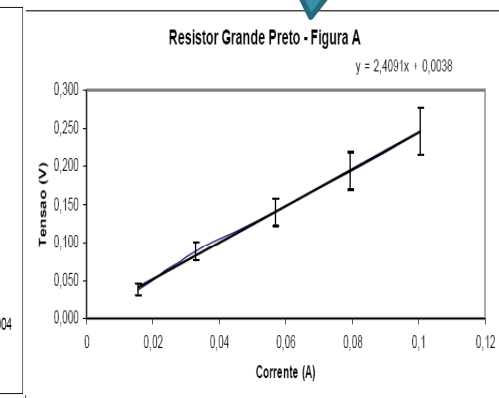
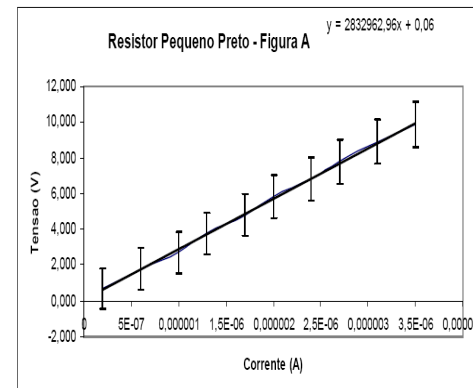
A04

Incertezas experimentais
Quem é quem? Identificar os gráficos
Medir cada R nos dois circuitos



A01

Incertezas experimentais
Parecem superestimadas. Checar!



R_G e R_p

A09
Gráficos?

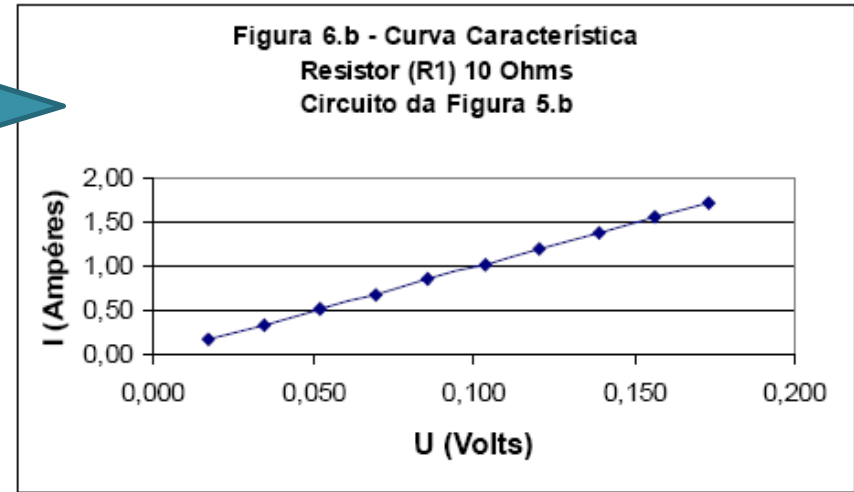
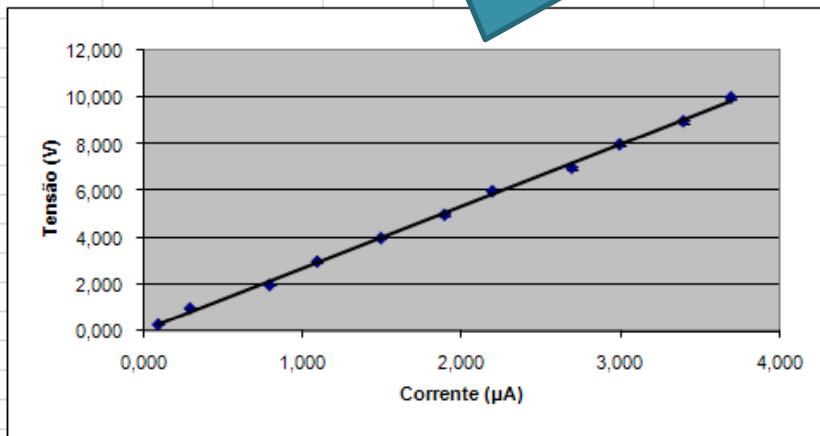
A11
Incertezas experimentais?
Bem documentado mas
faltaram ajustes para discutir

Quadro 2. Dados Circuito 1

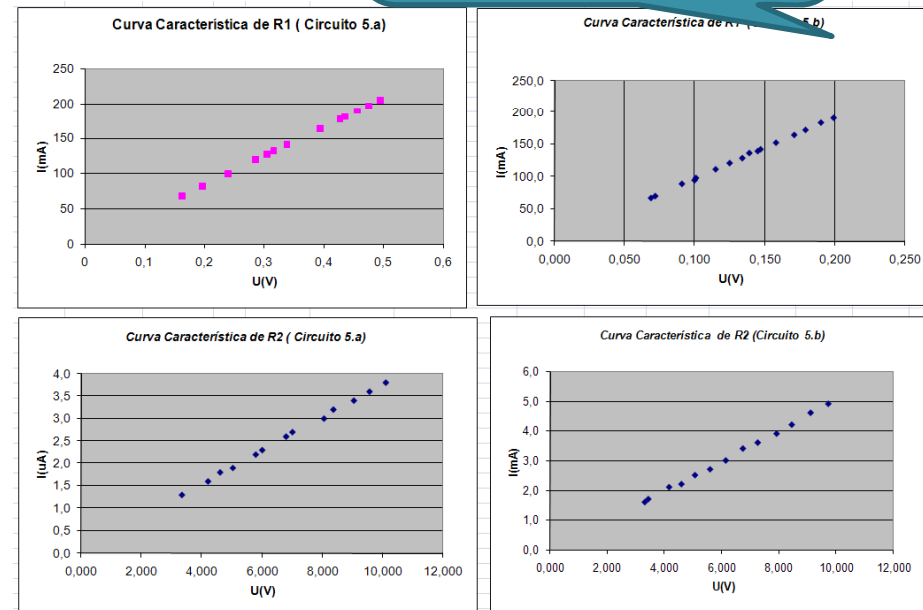
Tensão da fonte (V) - (mostrador da fonte)	Corrente (mA)	Voltagem (V)
0,2	$1,06 \pm 0,07$	0,002
0,6	$5,2 \pm 0,2$	$1,013 \pm 0,011$
1	$11,8 \pm 0,9$	$0,27 \pm 0,07$
1,4	$17,3 \pm 0,4$	$0,0420 \pm 0,0023$
1,8	$24,00 \pm 0,19$	$0,058 \pm 0,008$
2,3	$33,92 \pm 0,29$	$0,082 \pm 0,003$
2,9	$45,16 \pm 0,42$	$0,109 \pm 0,010$
3,3	$53,73 \pm 0,46$	$0,13 \pm 0,03$
3,7	$62,39 \pm 0,59$	$0,1510 \pm 0,0022$

Dados obtidos através de um circuito utilizando o esquema da imagem da fig 1, variando-se os valores de tensão da fonte

A06
Bem documentado, incertezas
Ok, mas faltaram valores
ajustados!



A07
Incertezas experimentais?
Bem documentado mas faltaram
ajustes para discutir



O problema investigado!

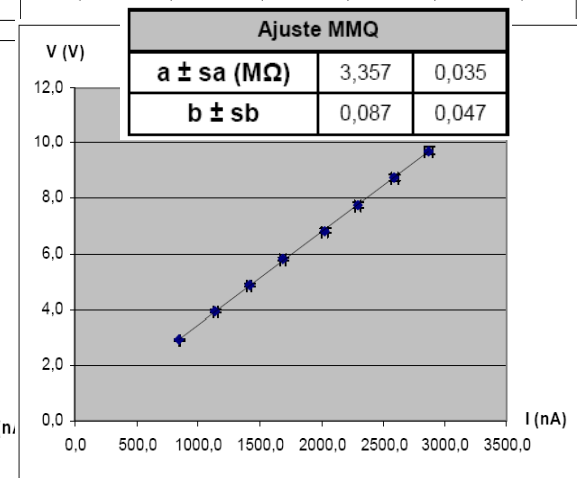
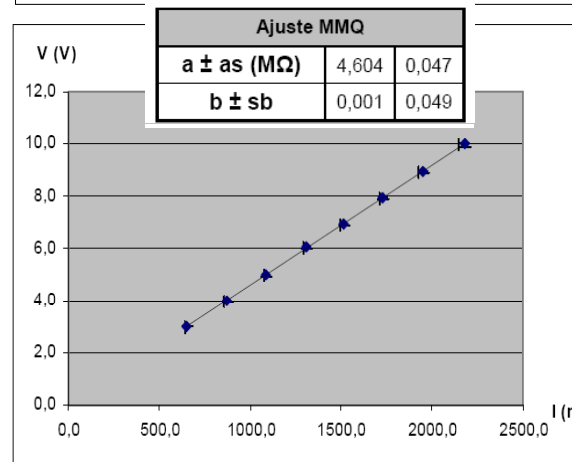
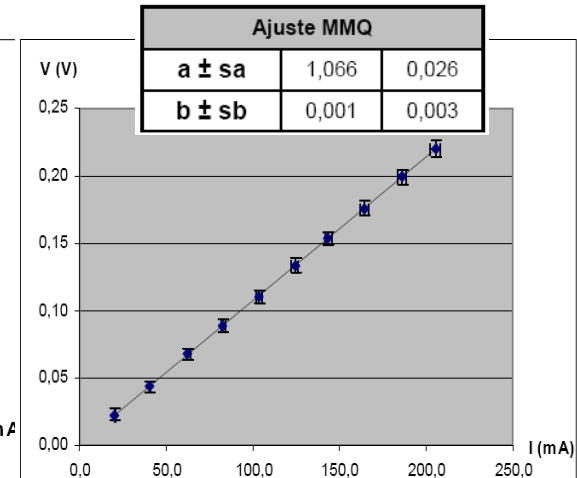
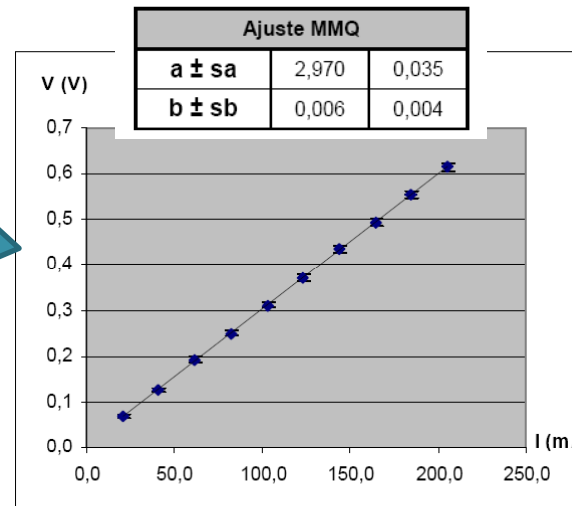
A08

Algumas unidades faltando

Análise sistemática dos dados mostram discrepâncias entre os resultados, dependendo do circuito utilizado

R1	$1,2 \pm 0,4\Omega$
R2	$2,693 \pm 0,044 \text{ M}\Omega$

Tabela 2: valores das resistências de carga do circuito.

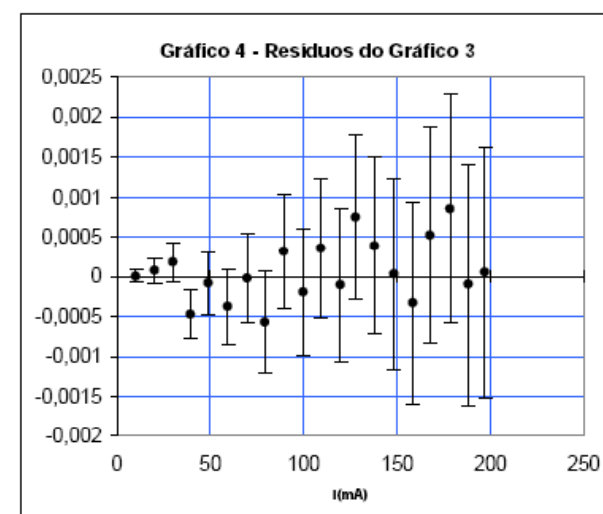
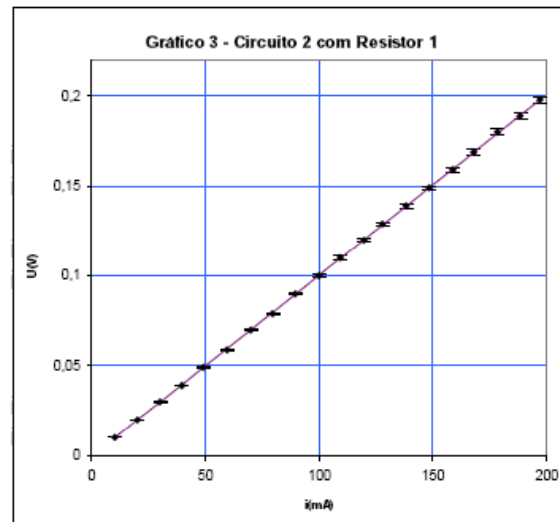
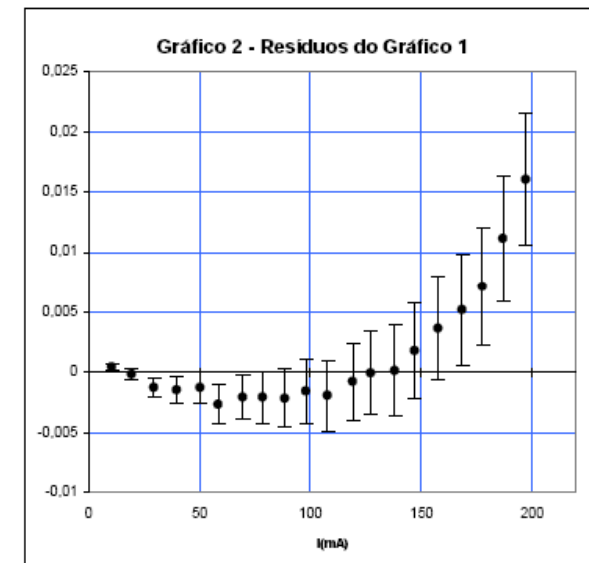
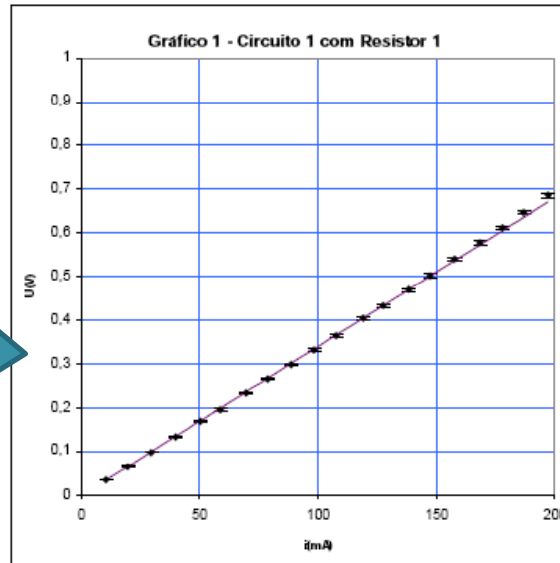


Uma peculiaridade microscópica?

A10

Os resíduos utilizando o circuito I mostram uma estrutura.

Efeito do resistor utilizado ou do instrumento?

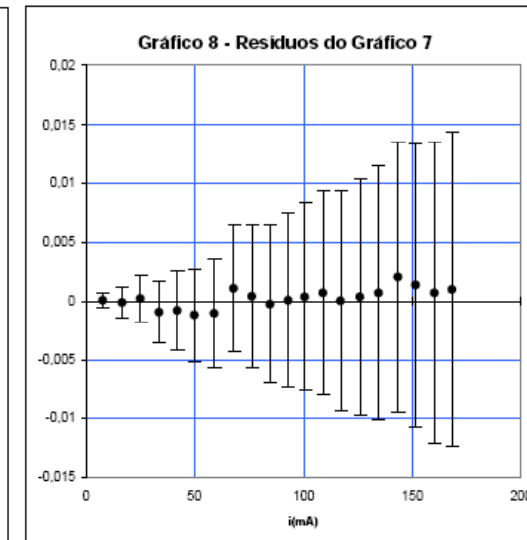
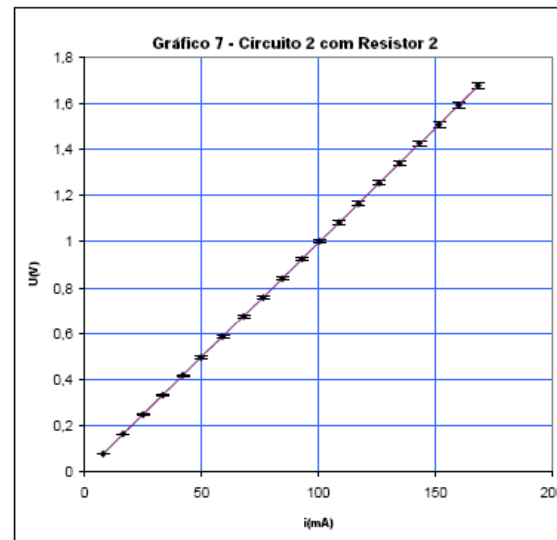
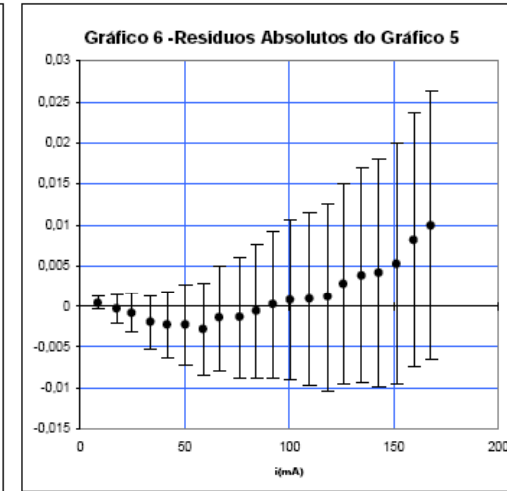
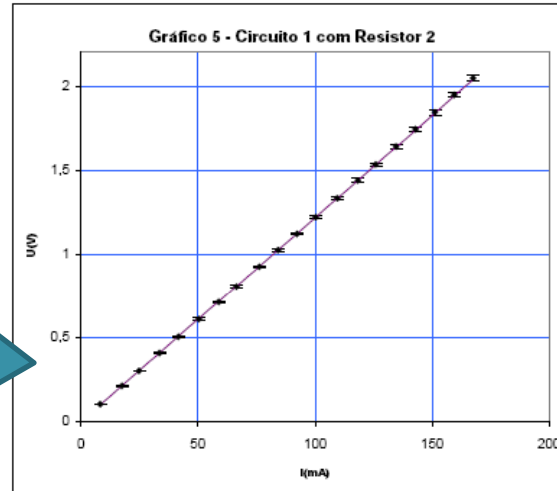


Uma peculiaridade microscópica?

A10

Os resíduos utilizando o circuito I mostram uma estrutura.

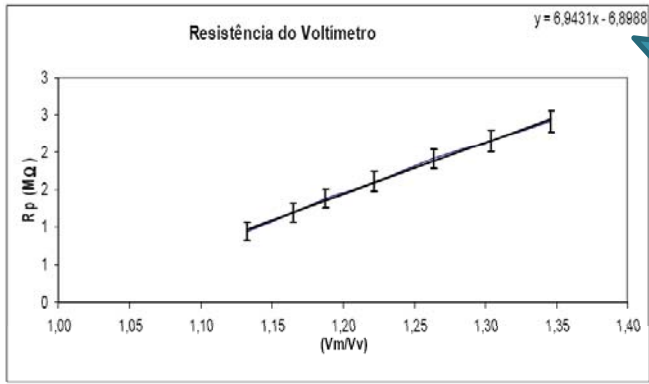
Mesmo trocando o resistor ainda parece haver esta estrutura. Alguma característica do instrumento?



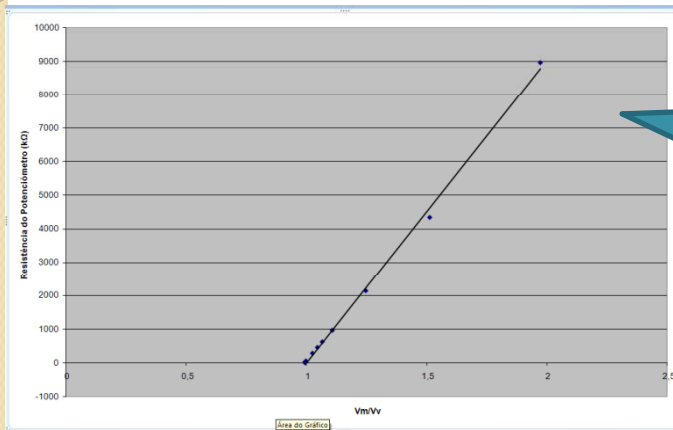
Características comuns: Entendendo os objetivos

- Quais eram os objetivos das medidas realizadas?
 - Com os dados apresentados estes objetivos foram investigados?
- Diferenciar entre o circuito 5.a e 5.b
 - Analisando os dados sabemos que existem diferenças nos resultados obtidos destes circuitos.
 - Será devido aos instrumentos não serem ideais?
- Medir a resistência interna do voltímetro
 - Ajuste da curva e valores obtidos. Qual o valor nominal de R_V ?
 - Fizemos o experimento proposto na seção 6.3

R_V

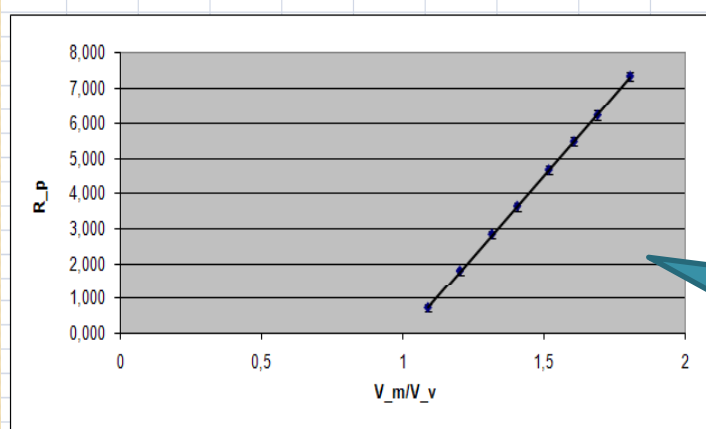
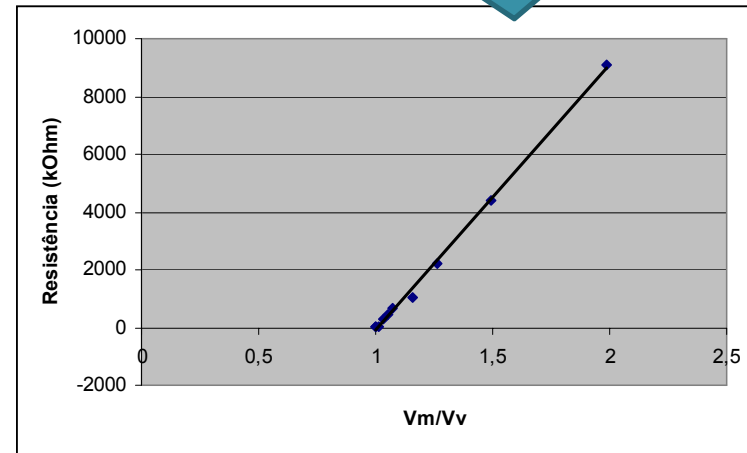


A01
Checar incertezas!
Resistência do voltímetro baixa, se comparada ao valor nominal. Alguma alteração do instrumento?



A04
Incertezas,
 $R_V = 9.03(17)$ MΩ

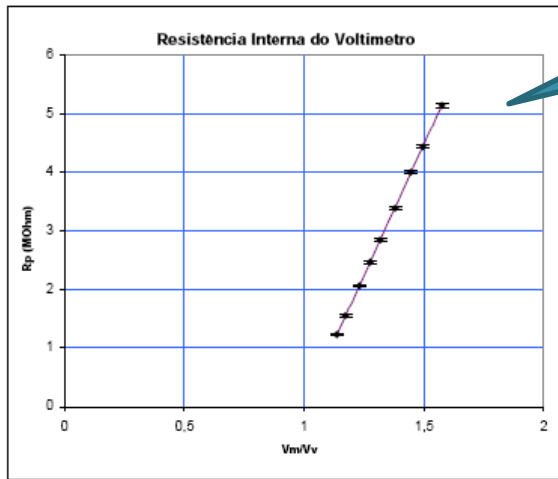
A05
Incertezas, ajuste



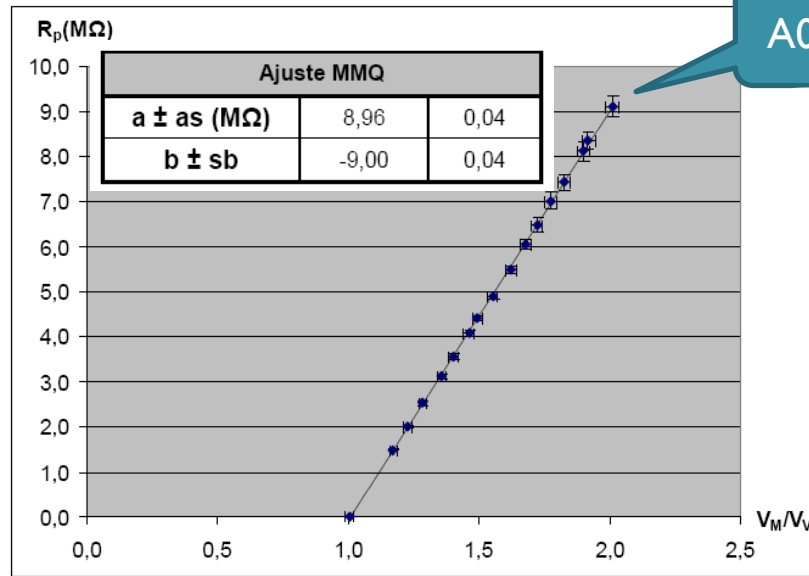
A06
Valores ajuste

R_V

Coeficiente Angular	$8,95 \pm 0,05$
Coeficiente Linear	$-8,96 \pm 0,07$

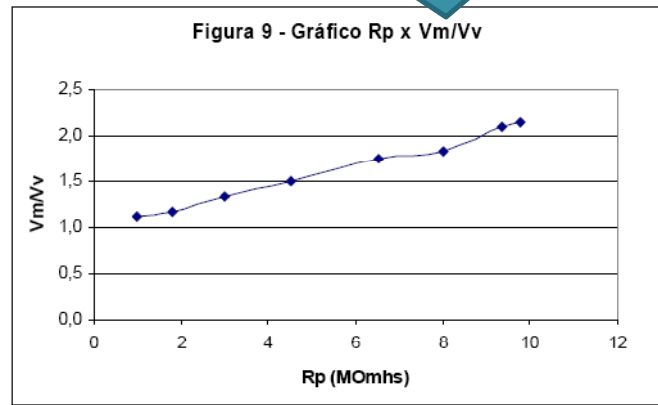


A10

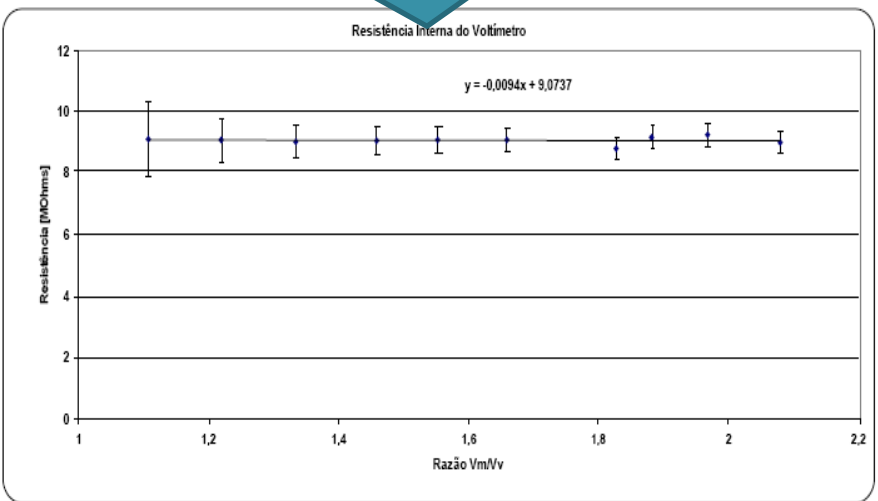


A08

A11
Incertezas, ajuste

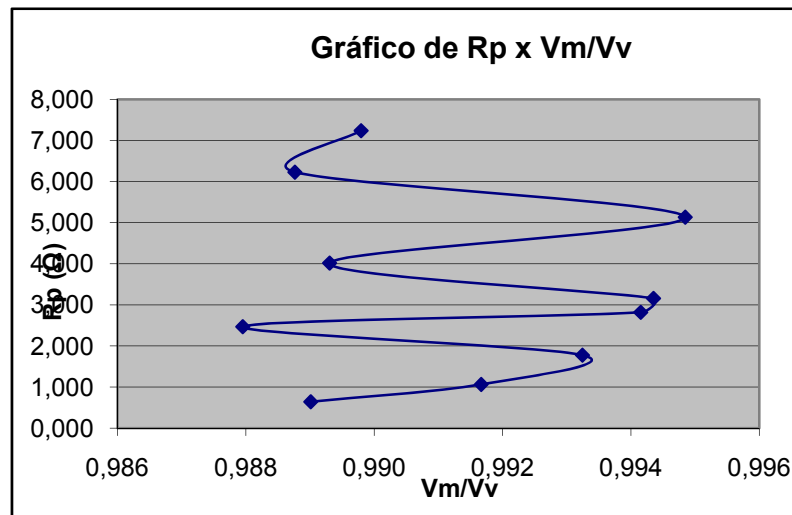


A12
Problemas nos dados?
Como mediu Rp?



Uma situação interessante

- Porque não podemos deixar o ohmímetro conectado no circuito enquanto medimos?
 - O Ohmímetro altera o circuito (resistência + fonte de corrente)

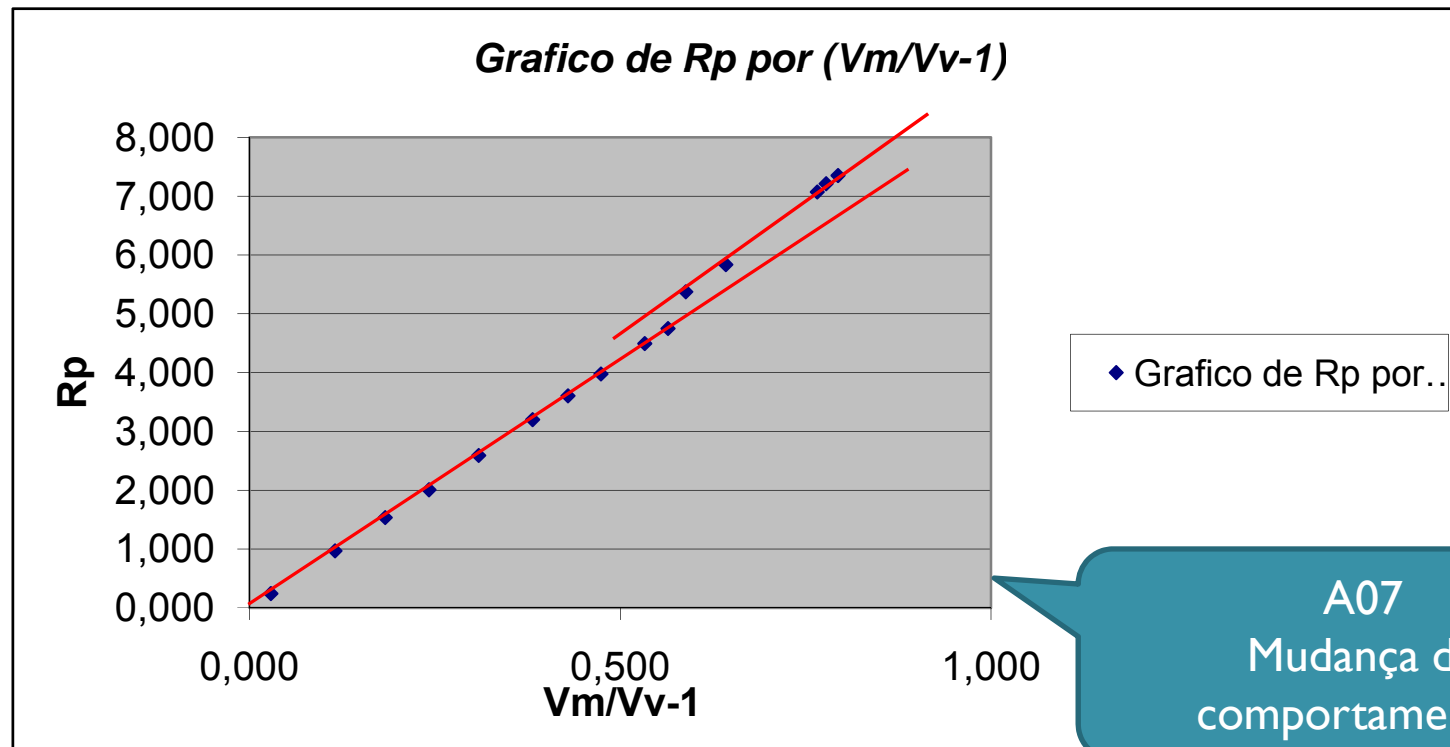


A03
Dados com problemas
(os próprios alunos
identificaram). Deixaram
Ohmímetro conectado

Verificação dos dados

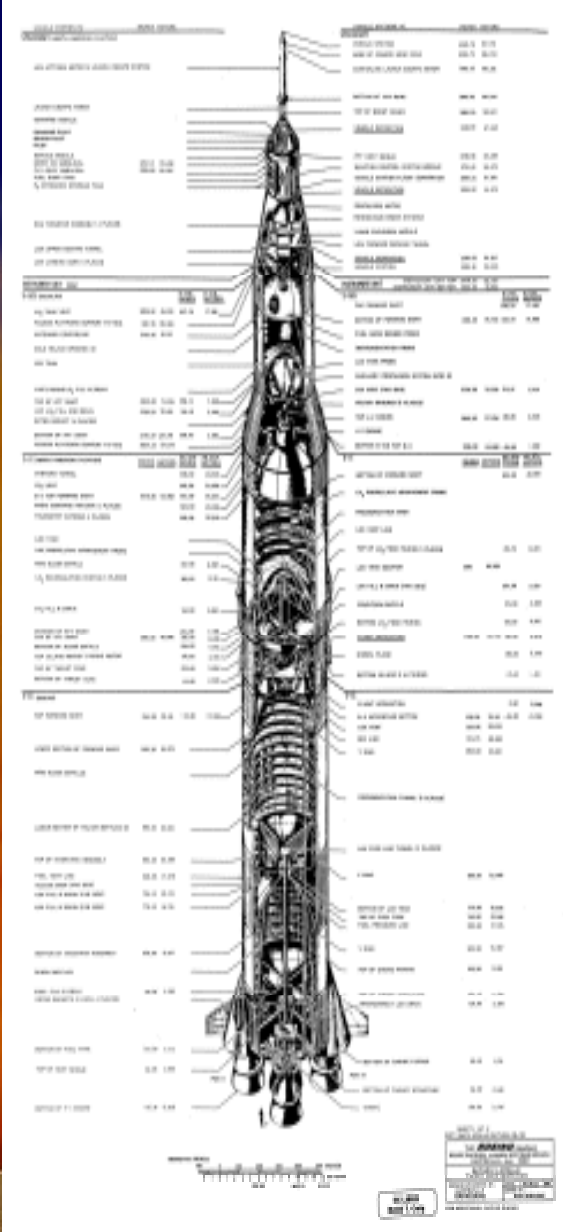
- Há dados aproveitáveis ou todos os dados têm problemas?

- Ajustar separadamente e checar $R_P = R_V \left(\frac{V_M}{V_V} \right) - R_V$



O ideal e o real

SATURN V APOLLO FLIGHT CONFIGURATION

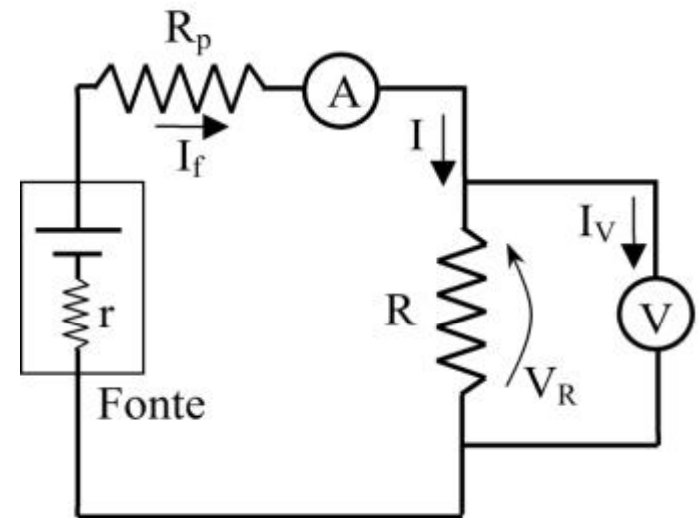
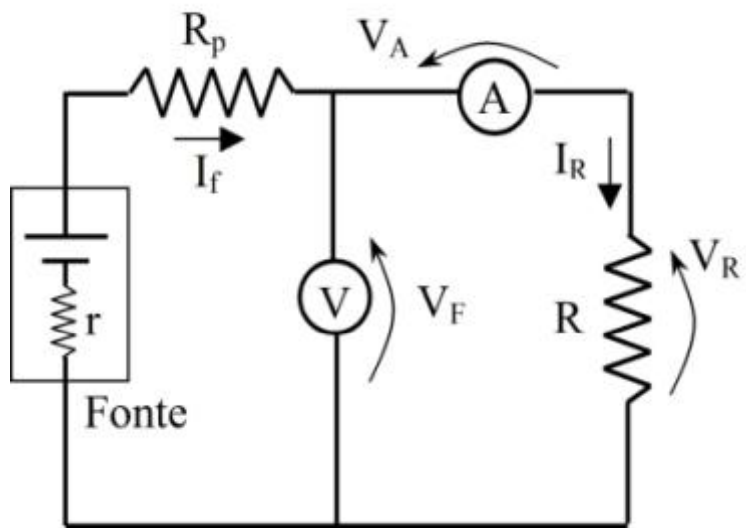


Multímetro real vs. ideal

- Em um multímetro ideal
 - $R_V = \text{infinito}$
 - $R_A = 0$
 - $i_\Omega = \text{constante}$
- 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

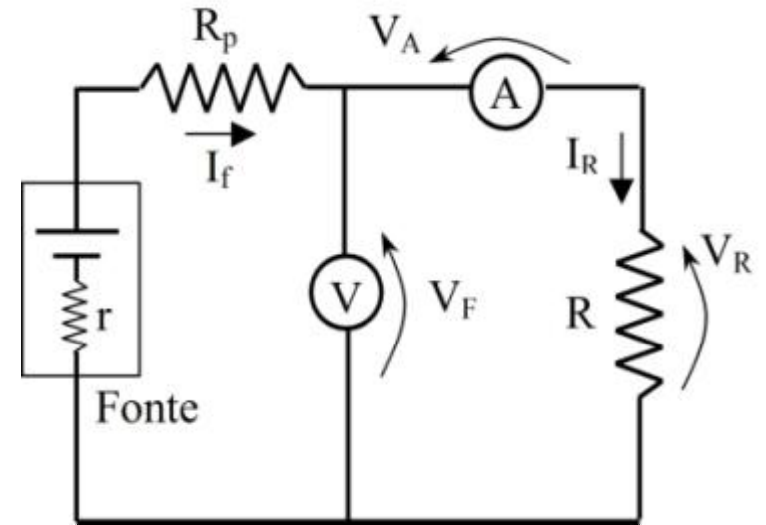
- Dois circuitos distintos que, em situações ideais, seriam idênticos



- Em que situação um é mais adequado que o outro?

Circuito 5.a

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

Circuito 5.b

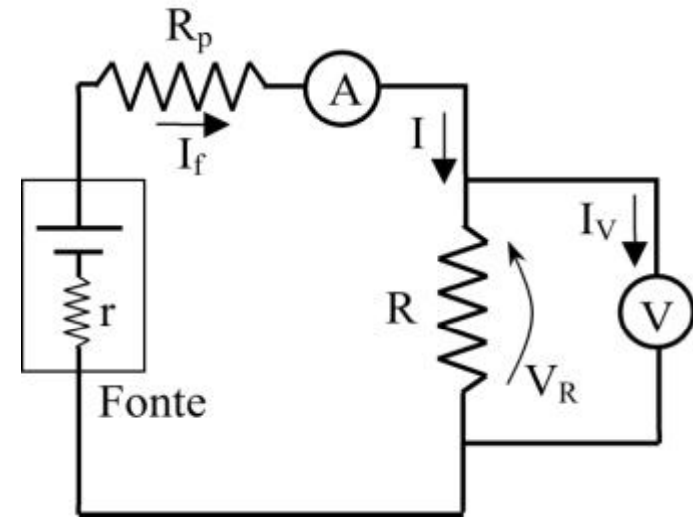
- A tensão medida é a própria tensão no resistor R

$$V = V_R$$

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

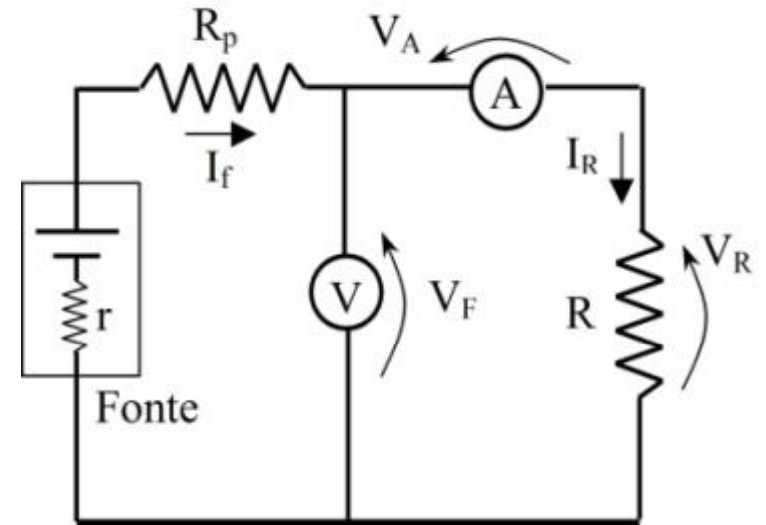
$$i = i_V + i_R$$

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

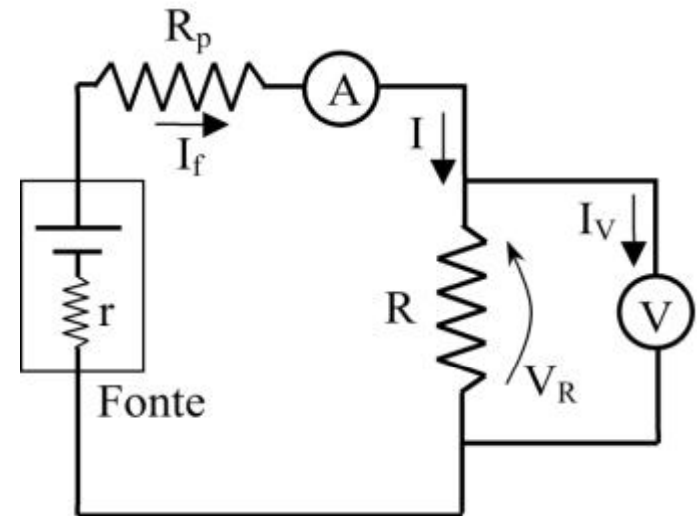


Comparação

- 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?



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



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

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 5.b

- Dados de entrada

- V_{fonte} , r
- R_P , R_A , R e R_V

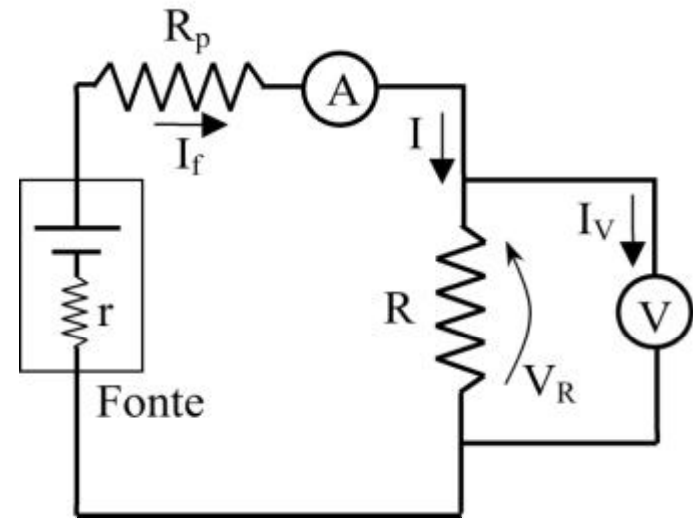
- Conhecimentos teóricos

$$i = \frac{V}{R_{TOTAL}} \quad R_{TOTAL} = r + R_P + R_A + \frac{1}{1/R + 1/R_V}$$

$$V = V_{fonte} - V_r - V_{RP} - V_{RA} = V_{fonte} - i(r + R_P + R_A)$$

- Conhecimentos experimentais

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



Baixar .xls do site

simulacao - Microsoft Excel

Início Inserir Layout da Página Fórmulas Dados Revisão Exibição

Colar Área de Transfer...

Calibri 11 Fonte

Alinhamento

Geral % 000 Número

Estilo

Formatação Condicional Inserir

Formatar como Tabela Excluir

Estilos de Célula Formatar

Células

Classificar Localizar e Filtrar Selecionar Edição

P14

Dados	Ω
$r =$	0
$R_P =$	47
$R_A =$	1
$R_V =$	1E+07
$R =$	1000
$R_{TOT} =$	1047,9

$$i = \frac{V}{R_{TOTAL}}$$

$$R_{TOTAL} = r + R_P + R_A + \frac{1}{1/R + 1/R_V}$$

$$V = V_{fonte} - i(r + R_P + R_A)$$

Experimento	Dados teóricos		Medidas realizadas				Valores esperados	
Vfonte (Volts)	i (A)	V (Volts)	i (A)	si (A)	V (Volts)	sV (Volts)	V (Volts)	Resíduo
1	0,000954	0,954194	0,000962	7,63E-06	0,946561	0,007634	0,961924	-2,0126
2	0,001909	1,908388	0,001924	1,53E-05	1,908388	0,015267	1,923848	-1,0126
3	0,002863	2,862582	0,002863	2,29E-05	2,839682	0,022901	2,862869	-1,0125
4	0,003817	3,816776	0,003787	3,05E-05	3,786242	0,030534	3,786621	-0,0124
5	0,004771	4,770971	0,004733	3,82E-05	4,809138	0,038168	4,733276	1,9876
6	0,005726	5,725165	0,00568	4,58E-05	5,679363	0,045801	5,679931	-0,0124
7	0,00668	6,679359	0,00668	5,34E-05	6,732794	0,053435	6,680027	0,9875
8	0,007634	7,633553	0,007634	6,11E-05	7,694621	0,061068	7,634316	0,9875
9	0,008589	8,587747	0,00852	6,87E-05	8,656449	0,068702	8,519897	1,9876
10	0,009543	9,541941	0,009467	7,63E-05	9,465606	0,076336	9,466552	-0,0124

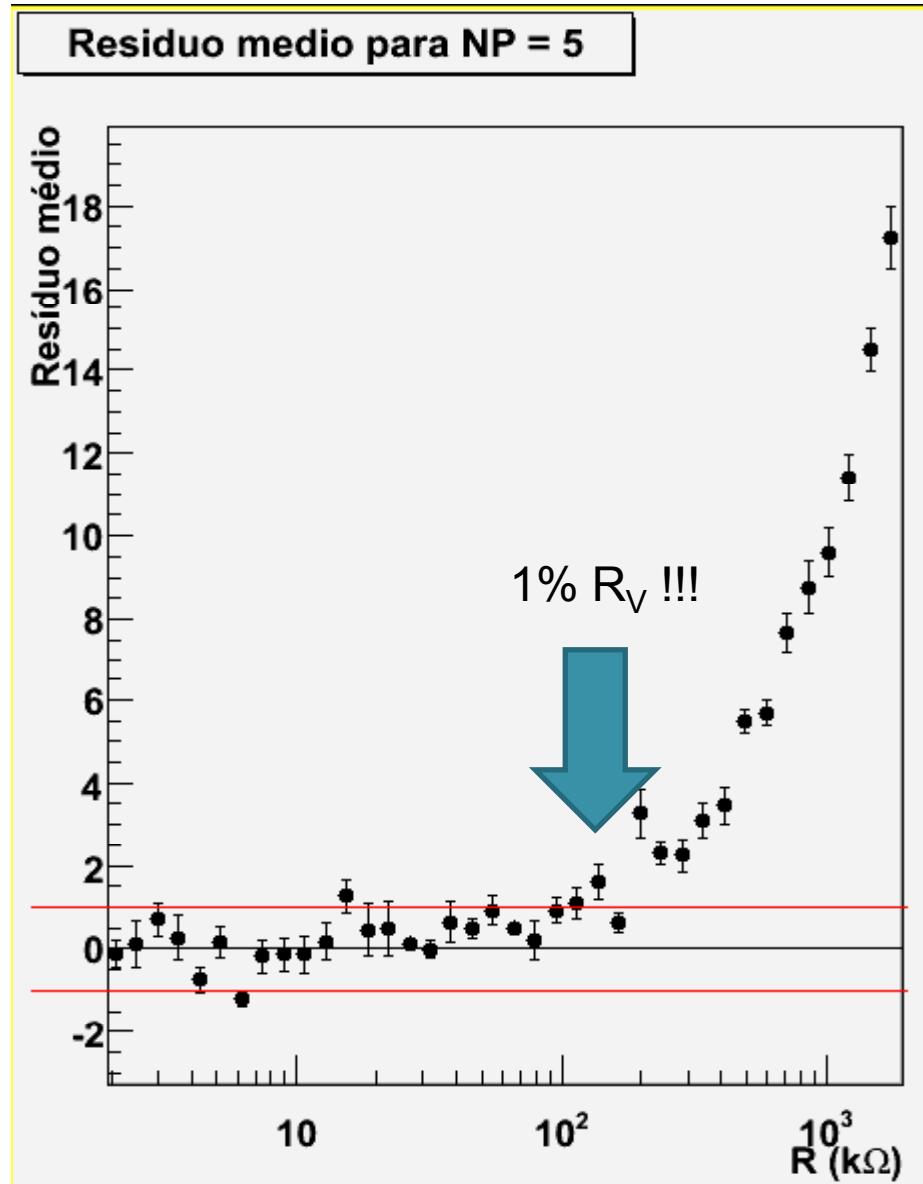
Resultado Obtido	
Resíduo Médio =	5,725165

Plan1 Plan2 Plan3

Pronto 100%

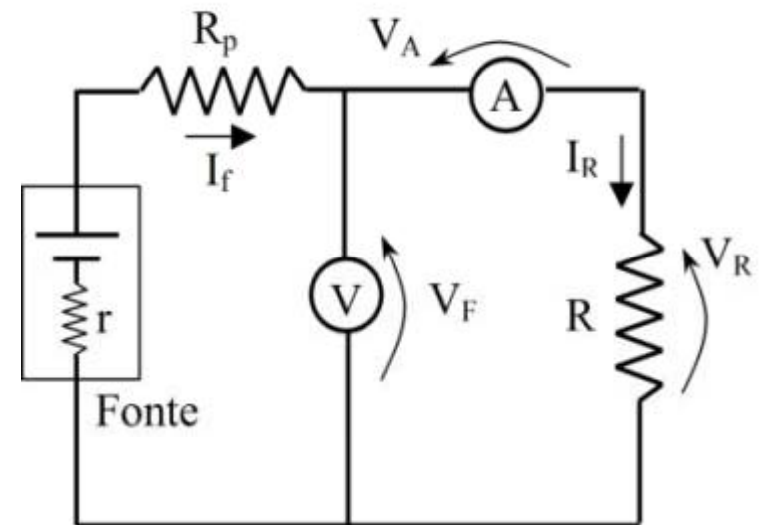
Simulação detalhada

- 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 5.a
- Incluir apêndice com descrição detalhada da simulação e gráfico
 - Similar ao 5.b
 - Slide anterior!



Eureka!



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?

O que precisamos fazer?

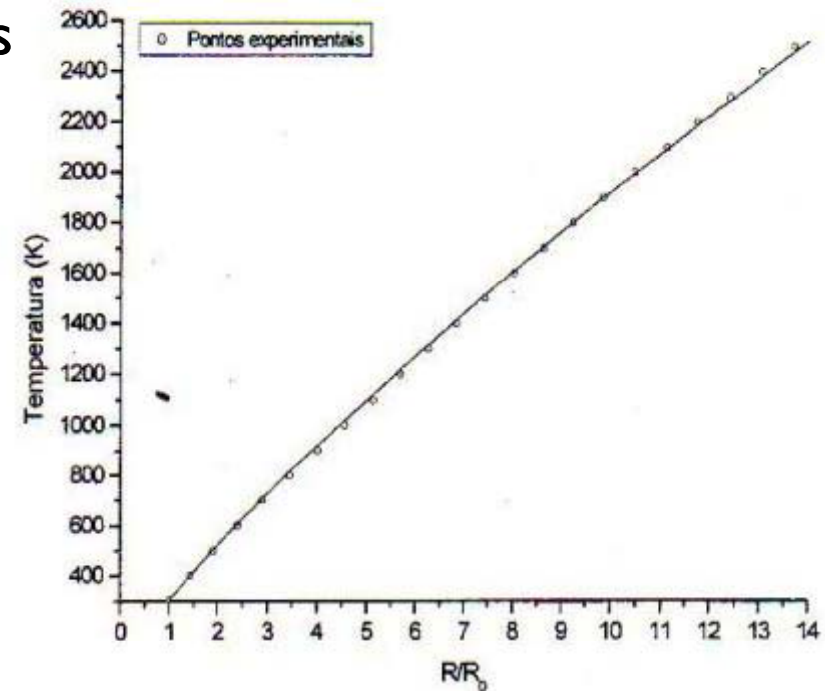
- Queremos fazer um gráfico de $P \times T$
- Precisamos medir P . Como?
 - Utilizamos o nosso conhecimento de circuitos elétricos
 - $P = Vi$
- Precisamos medir T . Como?
 - Termômetro?
 - A temperatura do filamento é a mesma do invólucro da lâmpada?
 - Que outras alternativas nós temos?

Dependência da resistância do tungstênio com a temperatura do filamento

- Fórmula empírica, obtida a partir de dados experimentais

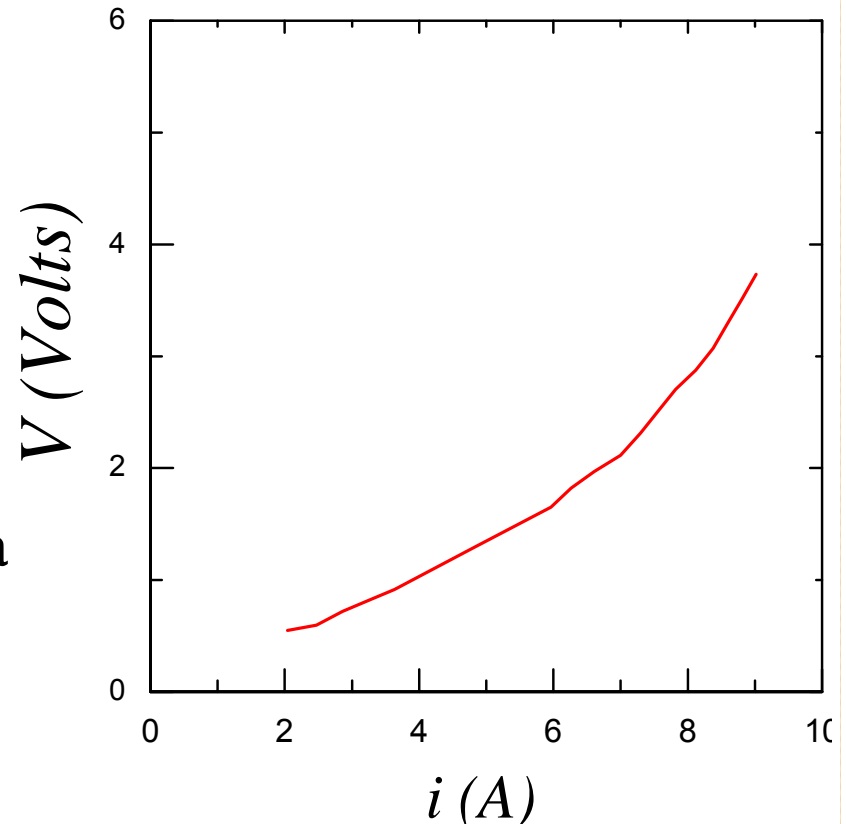
$$\frac{R}{R_0} = \left(\frac{T}{T_0} \right)^{1.24}$$

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



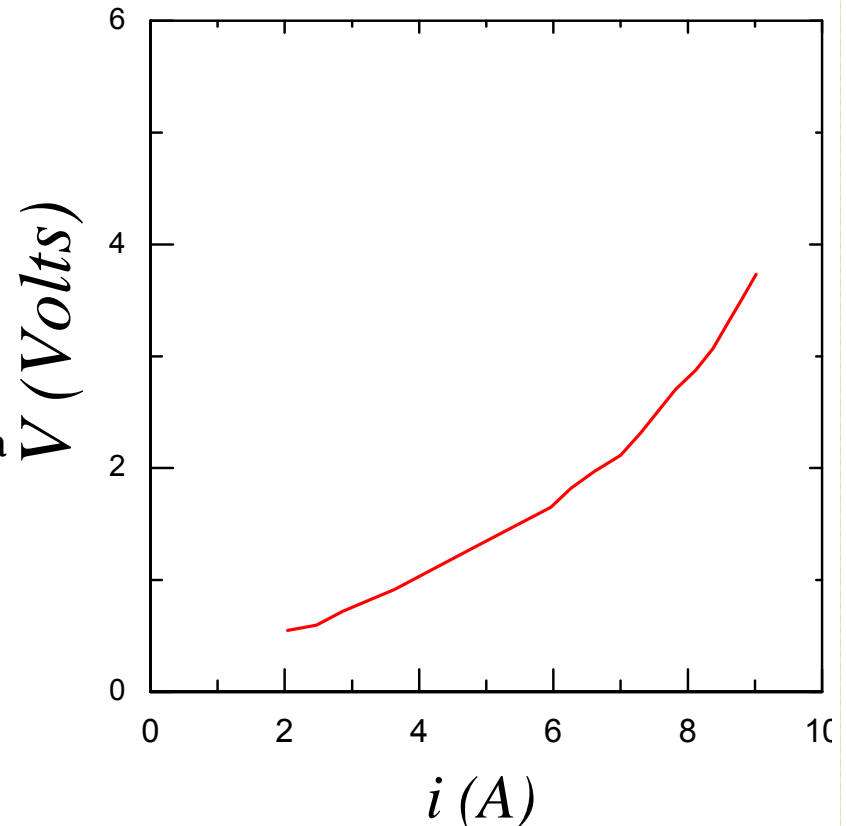
Medida da temperatura

- 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 para serem entregues até 20/8

- Determinar R_0 da lâmpada usando um ohmímetro.
- Fazer a curva característica da lâmpada.
 - A partir dos valores nominais de tensão e potência, determinar qual o melhor circuito a ser utilizado (5.a ou 5.b). Determinar o valor do resistor de proteção para este caso.
- Determinar R_0 fazendo a curva característica a baixas correntes.
 - Utilizar um resistor de proteção de 2-3 k Ω . A lâmpada é ôhmica a baixas correntes?

Atividades da semana para serem entregues até 20/8

- 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.