

Faltam concluir  
Comparação de valores  
obtido com

75%

Trabalho 7B

Lab 119

Ponte de Wheatstone em equilíbrio e força do equilíbrio  
não fornecem valores dady por Ohm's meto como valor verdadeiro

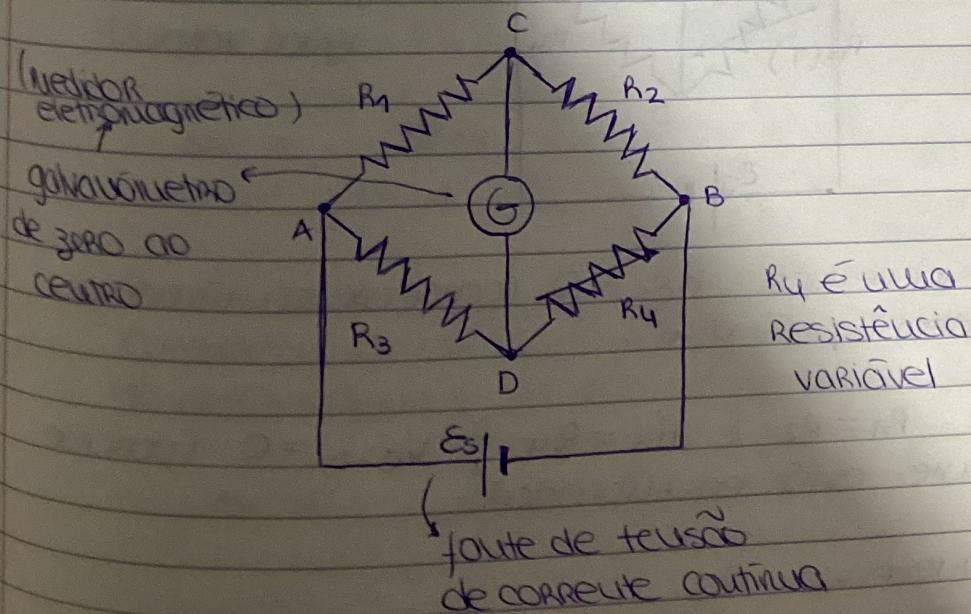
27 de novembro de 2022

→ Objetivos

- Medida de resistências e verificação das correspondentes leis de associação em série e paralelo, com a ponte de Wheatstone em equilíbrio.
- Determinação do comportamento térmico da resistência de um termômetro de platina utilizando a ponte de Wheatstone para equilíbrio.

→ Introdução teórica

A ponte de Wheatstone é um circuito elétrico cujo princípio de funcionamento é usado para medir resistências.



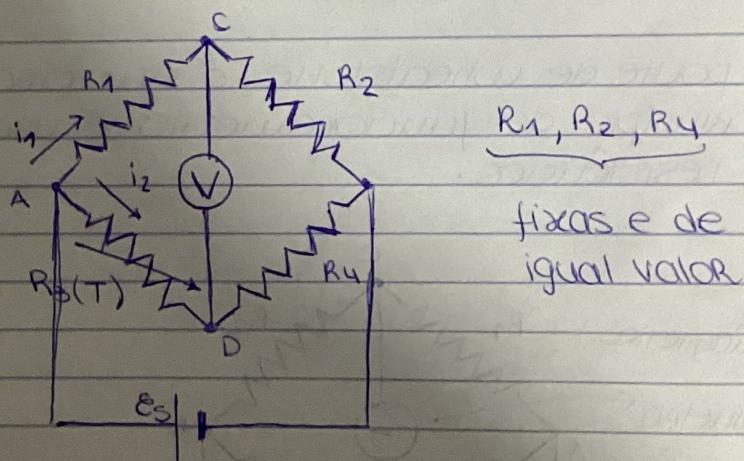
Neste caso a ponte de Wheatstone  
está em equilíbrio

Segundo as leis de Kirchhoff, a intensidade da corrente que percorre o ramo do galvanômetro é nula e resultam as seguintes relações entre as resistências:

$$R_3 = \frac{R_1 \cdot R_4}{R_2}$$

- Fora do equilíbrio:

Para estudar a temperatura da resistência  $R_3$ ,  $R_3(\theta)$ , de um termômetro de platina é usado o seguinte circuito:



consideremos  $R_{Es} \approx 0$  (corrente contínua de fonte ideal);  $R_V \approx \infty$ .

Se  $R_1 = R_2$  e  $R_3 = R_4$ ,  $V_{C-D} = 0$  (porque a ponte está equilibrada)

Aquecendo  $R_3$

$$R_3 = R + \Delta R$$

$$\left\{ \begin{array}{l} E_s = i_1(R_1 + R_2) \\ E_s = i_2(R_3 + R_4) \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} i_1 = \frac{E_s}{R_1 + R_2} \\ i_2 = \frac{E_s}{R_3 + R_4} \end{array} \right.$$

Ao aquecer  $R_3$ , a pauta deixa de estar em equilíbrio e o voltímetro acusa uma diferença de potencial

$$\Delta V = R_2 i_1 - R_4 i_2$$

**A dedução não é necessária no logbook  
Os resultados são.**

$$= \frac{(R_2 R_3 + R_2 \Delta R - R_1 R_4) E_s}{R_1 R_3 + R_2 R_3 + R_1 R_4 + R_2 R_4 + (R_1 + R_2) \Delta R}$$

Se inicialmente a pauta estiver equilibrada ( $R_1 = R_2$ ,  $R_3 = R_4$ )

$$\Delta V = \frac{\Delta R E_s}{4 R_4 + 2 \Delta R} \rightarrow \text{Eq 5}$$

Para  $\Delta R \ll R_4$

Considerando-se apenas o primeiro termo do desenvolvimento em série de TAYLOR

$$\Delta V \sim \frac{\Delta R E_s}{4 R_4} \rightarrow \text{Eq 6}$$

Se  $\Delta R < 0,02$  então o erro na diferença de potencial será inferior a 1%.

## → Execução experimental

→ determinação de resistências com a ponte de Wheatstone em equilíbrio

1 -

Ligar o voltmetro e o amperimetro para estabelecerem a sua temperatura de funcionamento (só desligar um fio da execução do trabalho)

escolher uma escala sensível e verificar o valor do zero

2 -

Registar os valores das resistências da placa de resistências (pelo código de cores e utilizando um amperimetro)

3 -

Montar o circuito da figura 1

- escolher o par de valores ( $R_1, R_2$ ) mais favorável

Escolher para  $R_3$  uma das resistências da placa de resistências

! Tensão não exceder 5V.

4 -

No caso de usar um galvanômetro, verificar que

- tem o zero bem ajustado

- não passam correntes demasiado elevadas

No caso de voltmetro ou galvanômetro, garantir que a passagem de corrente se faz durante pouco tempo.

5-

Procurar o valor em que se anula a diferença de potencial entre C e D, através dos botões da caixa de resistência

6-

Repetir o processo<sup>(5)</sup> para outras resistências da placa e associações em série e paralelo

7 -

calcular  $R_3$  para cada situação

+

$$\frac{R_1 \cdot R_4}{R_2}$$

Os valores de referência serão os medidas pelo ohmímetro.

→ determinação do comportamento térmico da resistência de um termômetro de platina

Material:

- 2 termômetros de resistência de platina, Pt 1000 da classe B
  - $R(\theta) = 1000$

- bloco de alumínio, onde se encontra inserida uma resistência de aquecimento (~20W) que permite aquecer os dois termômetros de platina nela encastrados

- tabela de conversão da resistência da platina em graus centígrados

- 2 multímetros (1-voltímetro; 2-ohmímetro)

- 2 fontes de tensão (1-alimentar a placa de Wheatstone; 2- alimentar o aquecedor do bloco de alumínio)

- placa-suporte do bloco de alumínio, com terminais de ligação para os dois termômetros e para a resistência de aquecimento.

- 1 - Utilizar o circuito montado na primeira parte da experiência, substituindo  $R_3$  por  $R_3(\theta)$  de um dos termômetros de platina.  
Escrever  $R_1 = R_2 = 1000 \Omega$ .  
Ligar os terminais da resistência de aquecimento à fonte de tensão variável
- 2 - Verificar se os termômetros de platina estão devidamente inseridos no orifício do bloco metálico.
- 3 - Ligar os terminais do outro termômetro de platina ao multímetro que funciona como ohmímetro
- 4 - Registar o valor de diferença de potencial  $E_s$ , aplicada entre A e B.
- 5 -  $E_s$  deve estar tão baixo quanto possível de forma a evitar "self heating" do termômetro de platina ligado à ponta de Wheatstone.  
 $E < 1V$
- 6 - Antes de iniciar o aquecimento decidir usar  $R_4 = 1000 \Omega$  ou equilibrar a ponta à temperatura ambiente.  
Registrar.

7 -

Juiciar o aquecimento do bloco, ligando  
a fonte de tensão que alimenta a resistência  
de aquecimento.

Sugere-se uma tensão de aquecimento  $\approx 30V$   
(I entre 100 e 200 mA) e registo dos pontos  
numa gama de temperaturas de  $\approx 5^{\circ}C$

8 -

Registrar

$t$  - instante do registo

$\Delta V$  - tensão lida no voltmetro

$R_3(t)$  - resistência do termômetro de platina  
indicada pelo ohmímetro

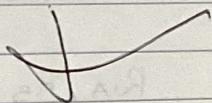
→ Registrar dados num gráfico de  $\Delta V$  por  $R_3(t)$

Resistência A :  $1200\Omega \pm 5\%$

Resistência B :  $2200\Omega \pm 5\%$

Resistência C :  $3300\Omega \pm 5\%$

} código de cores



Conseguimos por ligar uma resistência (A)  
ao multímetro (funciona como ohmímetro)  
→ multímetro ligado para  $2k\Omega$

Mantendo o circuito em equilíbrio  
com  $R_3 = R_A$

$R_A = 1193\Omega \pm 0,001$   
 $R_B = 2120\Omega \pm 0,01$   
 $R_C = 3240\Omega \pm 0,01$

} ohmímetro

## Volta a desenhar instuição em vez

Montagem do circuito

de resumir o que  
faz.

→ ligar voltmetro antecipadamente

Escolher valores favoráveis para  $R_A$  e  $R_2$

$$R_1 = R_2 = 1000 \Omega$$

•  $R_4 = 1199,2 \Omega$  para  $R_A$

•  $R_4 = \cancel{2000,0 \Omega}$  2164,2  $\Omega$

•  $R_4 = 3289,1 \Omega$  para  $R_C$

} tem em  
atenção  
para  $R_B$  para diminuir  
a escala do  
voltímetro  
para uma  
maior sensibilidade

Mantendo a tensão em 0, ligamos o  
quadro e ajustamos variavelmente o  
valor a 0, utilizando a resistência 4

Resistências em paralelo série

$\underbrace{R_A, R_B, R_C}$

$$R_{\text{total}} = 6590 \Omega$$

$$R_4 = 6589,9 \Omega$$

$$\Delta V = 38,859 \text{ mV} \pm 0,001$$

Resistências em paralelo

$R_A, R_B, R_C$

$$R_{\text{total}} = 621 \Omega$$

$$R_4 = \cancel{8199,9 \Omega} 624,3 \Omega$$

$$\Delta V = \cancel{100,000 \text{ mV}}$$

Circuito  
pode sair do equilíbrio

$$R_3 \text{ initial} = 1087\Omega$$

$$R_4 = 1092,0 \Omega$$

~~1087~~

→ Equilibrado à  
temperatura  
ambiente

→  $t = 120\text{s}$   
 $\Delta V = 0,001 \text{ mV}$   
 $R_3 = 1087\Omega$

## Tabela

→  $t = 180\text{s}$   
 $\Delta V = 0,001 \text{ mV}$   
 $R_3 = 1088\Omega$

→  $t = 240\text{s}$   
 $\Delta V = 0,002 \text{ mV}$   
 $R_3 = 1088\Omega$

→  $t = 300\text{s}$   
 $\Delta V = 0,002 \text{ mV}$   
 $R_3 = 1089\Omega$

→  $t = 360\text{s}$   
 $\Delta V = 0,002 \text{ mV}$   
 $R_3 = 1089\Omega$

→  $t = 420\text{s}$   
 $\Delta V = 0,003 \text{ mV}$   
 $R_3 = 1090\Omega$

→  $t = 480\text{s}$   
 $\Delta V = 0,0033 \text{ mV}$   
 $R_3 = 1091\Omega$

$$\rightarrow t = 540 \text{ s}$$
$$\Delta V = 0,37$$
$$R_3 = 1091 \Omega$$

$$\rightarrow t = 600 \text{ s}$$
$$\Delta V = 0,42$$
$$R_3 = 1092 \Omega$$

$$\rightarrow t = 660 \text{ s}$$
$$\Delta V = 0,49$$
$$R_3 = 1093 \Omega$$

$$\rightarrow t = 720 \text{ s}$$
$$\Delta V = 0,54$$
$$R_3 = 1093 \Omega$$

$$\rightarrow t = 780 \text{ s}$$
$$\Delta V = 0,60$$
$$R_3 = 1094 \Omega$$

$$\rightarrow t = 840 \text{ s}$$
$$\Delta V = 0,67$$
$$R_3 = 1095 \Omega$$

$$\rightarrow t = 900 \text{ s}$$
$$\Delta V = 0,71$$
$$R_3 = 1095 \Omega$$

$$\rightarrow t = 960 \text{ s}$$
$$\Delta V = 0,79$$
$$R_3 = 1096 \Omega$$

$$\rightarrow t = 1020 \text{ s}$$
$$\Delta V = 0,83$$
$$R_3 = 1096 \Omega$$

$$\rightarrow t = 1080 \text{ s}$$

$$\Delta V = 0,87$$

$$R_3 = 1097 \Omega$$

$$\rightarrow t = 1140 \text{ s}$$

$$\Delta V = 0,94$$

$$R_3 = 1098 \Omega$$

$$\rightarrow t = 1200 \text{ s}$$

$$\Delta V = 1,02$$

$$R_3 = 1098 \Omega$$

$$E = (0,356 \pm 0,001) \text{ V}$$

Valores registrados de minuto a minuto

d

$\rightarrow$  Pinte Wheatstone em equilíbrio

$$R_3 = \frac{R_1 \cdot R_4}{R_2}$$

$$\text{Como } R_1 = R_2, \quad R_3 = R_4$$

Para  $R_A$

$$R_3 = 1199,2 \Omega$$

$$ER = \frac{1193 - 1199,21}{1193} \times 100 = 0,52\%$$

Para  $R_B$

$$R_3 = 2164,2 \Omega$$

$$ER = \frac{2120 - 2164,21}{2120} \times 100 = 2,08\%$$

Não pode tomar o  
valor do Ohmímetro  
como resultado

$\rightarrow$  Aí não faz sentido

Para Bc

$$R_3 = 3289,1 \Omega$$

$$ER = \frac{|3289,1 - 3300|}{3300} \times 100 = 0,33\%$$

## Resistências em série

$$R = 6589,9 \Omega$$

$$ER = \frac{|6590 - 6589,9|}{6590} \times 100 = 0,0015\%$$

## Resistências em paralelo

$$R = 624,3 \Omega$$

$$ER = \frac{1621 - 624,31}{621} \times 100 = 0,53\%$$

→ Daite Wheatstone fora do equilibrio

$$\varepsilon = (0,356 \pm 0,001) \text{ mV}$$

$$R_{3j} = 1087 \Omega$$

$$R_4 = 1092 \Omega$$

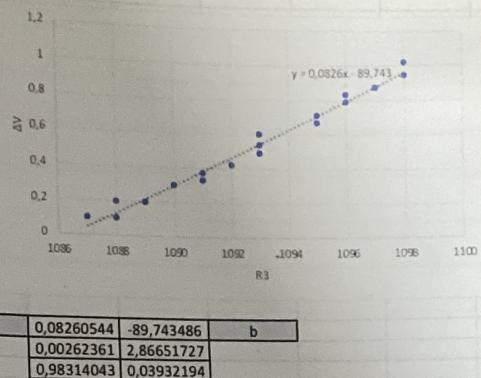
$$R_1 = R_2$$

CALCO  $\Delta R \ll R_y$

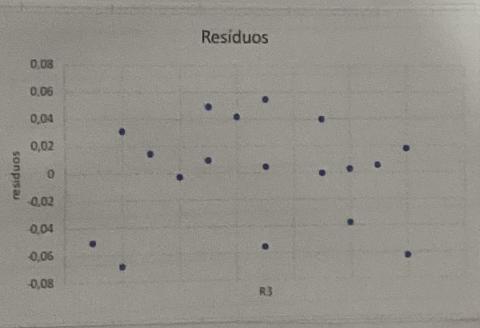
$$\Delta V = \frac{\Delta R \cdot E}{4R_y}$$

t / s	$\Delta V$	R3
120	0,1	1087
180	0,1	1088
240	0,2	1088
300	0,2	1089
360	0,2	1089
420	0,3	1090
480	0,33	1091
540	0,37	1091
600	0,42	1092
660	0,49	1093
720	0,54	1093
780	0,6	1093
840	0,67	1095
900	0,71	1095
960	0,79	1096
1020	0,83	1096
1080	0,87	1097
1140	0,94	1098
1200	1,02	1098

me dido no  
Ohmímetro?



Ajuste Res	Residuos
0,048622306	-0,051377694
0,131227741	0,031227741
0,131227741	-0,068772259
0,213833177	0,013833177
0,213833177	0,013833177
0,296438613	-0,003561387
0,379044049	0,049044049
0,379044049	0,009044049
0,461649485	0,041649485
0,54425492	0,05425492
0,54425492	0,00425492
0,54425492	-0,05574508
0,709465792	0,039465792
0,709465792	-0,000534208
0,792071228	0,002071228
0,792071228	-0,037928772
0,874676664	0,004676664
0,957282099	0,017282099
0,957282099	-0,062717901



comentáis.

→ Concluís . Gráfico de  $\Delta V$  contra  
T . Sensibilidad ?

→ Comparación de declive Cau

$$\frac{E_s}{\sqrt{R_4}}$$