

PL 6 67

Medicos de Resistências Elétricas (T3A)

Препорачо

facultades

- Foi ainda preparado o ficheiro Excel para esta triidade, o que irá facilitar a recolha e análise de dados em tempo real.

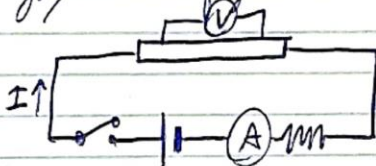
Objetivos

1- Medir a resistência elétrica de barras metálicas recorrendo à técnica de 4 contactos

2- Determinar o valor da resistividade elétrica do metal respectivo

Procedimento

1- Utilizar uma barra cilíndrica metálica de seção constante e efetuar os ligamentos na figura abaixo:



Para isto, é necessário identificar que se tem um voltímetro, um amperímetro, uma fonte de tensão, um interruptor e uma resistência ~~variável~~ de cerca de 10Ω .

2- Medir D (diâmetro da seção) e l (distância entre os pontos de contato ~~com a superfície~~ com o barra). Repetir-se a de fazer várias medições.

3- Registrar o valor da tensão, V, entre os dois contactos.
Nas ~~leis~~ se deve ~~atender sempre~~ demorar muito
tempo, de forma a evitar o aquecimento do barra.

3.1 - Com o eletro não se substitui o valor

3.1.- Caso relevante pode-se subtrair o valor medido no voltmetro imediatamente após abrir o interruptor.

3.2. - Mede-se ainda σ_{res} nos pontos e σ_{res} como se isto influencia os valores de σ_{res} medidos (por meios termolátexos)

4- Calcular o valor da resistência ($R(l) = \frac{V}{I}$) para vários valores de l . Traçar o gráfico $R(l)$.

5- Estimar a resistência dos contactos, deslocando os contactos do voltímetro de modo a incluir os contactos na corrente.

Born 1 - Alumínio Quadrada

29/4/2022

l (cm)	V_{fonte} (V)	I (A)	V_f (mV)	V_a (mV)
$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,01$	$\pm 0,001$	$\pm 0,001$
48,70	19,0	1,84	0,486	0,009
45,80	19,0	1,85	0,459	0,008
41,50	19,0	1,84	0,424	0,013
36,30	19,0	1,85	0,368	0,008
33,30	19,1	1,85	0,381	0,010
29,60	19,1	1,84	0,303	0,007
25,50	19,1	1,85	0,270	0,019
22,00	19,1	1,85	0,235	0,012
15,10	19,1	1,85	0,167	0,012
9,50	19,1	1,85	0,123	0,020
3,90	19,1	1,85	0,063	0,018
2,00	19,1	1,85	0,043	0,016

Born 2 - Alumínio

l	V_{fonte}	I	V_f	V_a
$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,01$	$\pm 0,001$	$\pm 0,001$
65,00	19,1	1,84	0,745	0,014
58,00	19,1	1,83	0,675	0,004
52,40	19,1	1,83	0,617	0,008
46,80	19,1	1,83	0,556	0,009
40,80	19,1	1,84	0,484	0,007
34,80	19,1	1,84	0,416	0,005
28,30	19,1	1,84	0,342	0,008
21,70	19,1	1,84	0,271	0,012
16,50	19,1	1,84	0,209	0,013
11,70	19,1	1,84	0,156	0,015
7,00	19,1	1,83	0,099	0,024
2,40	19,1	1,85	0,053	0,018

Borra 3 - Lótus

l	U_{fonte}	I	U_f	U_a
$\pm 0,05$	$\pm 0,01$	$\pm 0,01$	$\pm 0,001$	$\pm 0,001$
55,00	19,1	1,81	3,928	0,005
50,70	19,1	1,83	3,678	0,011
45,60	19,1	1,82	3,241	0,009
41,55	19,1	1,82	3,025	0,033
36,90	19,1	1,82	2,666	0,027
31,80	19,1	1,83	2,281	0,037
27,30	19,1	1,81	1,970	0,027
22,70	19,1	1,82	1,664	0,028
17,40	19,1	1,82	1,246	0,079
11,50	19,1	1,82	0,860	0,020
6,60	19,1	1,83	0,532	0,009
3,50	19,1	1,82	0,316	0,017

Borra 4 - Lótus

l	U_{fonte}	I	U_f	U_a
$\pm 0,05$	$\pm 0,01$	$\pm 0,01$	$\pm 0,001$	$\pm 0,001$
52,00	19,1	1,82	5,960	0,002
47,75	19,1	1,84	5,505	0,011
42,80	19,1	1,82	4,900	0,012
37,50	19,1	1,84	4,326	0,013
33,10	19,1	1,83	3,808	0,015
29,00	19,1	1,84	3,369	0,006
23,90	19,1	1,83	2,740	-0,003
19,00	19,1	1,84	2,196	0,001
14,15	19,1	1,83	1,653	0,003
9,00	19,1	1,82	1,057	0,003
3,70	19,1	1,82	0,476	0,005
0,50	19,1	1,83	0,112	0,010

Borra 5 - Colere

l	U_{fonte}	I	U_f	U_a
$\pm 0,05$	$\pm 0,01$	$\pm 0,01$	$\pm 0,001$	$\pm 0,001$
93,70	19,1	1,84	0,626	0,008
84,50	19,1	1,85	0,574	0,013
76,50	19,1	1,85	0,523	0,020
67,50	19,1	1,85	0,463	0,012
57,00	19,1	1,85	0,392	0,016
50,00 49,90	19,1	1,85	0,347	0,013
40,40	19,1	1,84	0,287	0,020
30,00	19,1	1,85	0,218	0,015
20,30	19,1	1,85	0,151	0,015
13,85	19,1	1,85	0,111	0,015
6,60	19,1	1,85	0,062	0,018
1,40	19,1	1,85	0,030	0,019

Borra 6 - Ago

l	U_{fonte}	I	U_f	U_a
$\pm 0,05$	$\pm 0,01$	$\pm 0,01$	$\pm 0,001$	$\pm 0,001$
35,80	19,1	1,85	7,229	0,004
31,85	19,1	1,85	15,511	0,003
27,50	19,1	1,85	13,481	0,005
23,50	19,1	1,85	11,533	0,001
19,50	19,1	1,85	9,555	0,001
15,50	19,1	1,85	7,722	0,000
12,50	19,1	1,85	6,287	0,004
9,90	19,1	1,85	5,020	0,002
6,40	19,1	1,85	3,383	0,000
4,20	19,1	1,85	2,254	0,002
2,20	19,1	1,85	1,330	0,002
0,60	19,1	1,85	0,603	0,001

Borra 4 - Extensão resistores contactos

$$U(\text{dois contactos dentro}) = 5,678$$

$$U(1 \text{ de } V \text{ fora}) = 5,777, 0,50 \text{ cm}$$

$$U(2 \text{ de } V \text{ fora}) = 5,930, 0,60 \text{ cm}$$

Bateria 1 - Estimar

$$V(2 \text{ de } V_{\text{dentro}}) = 0,558 \quad , \quad 1 \text{ cm} / 1 \text{ cm}$$

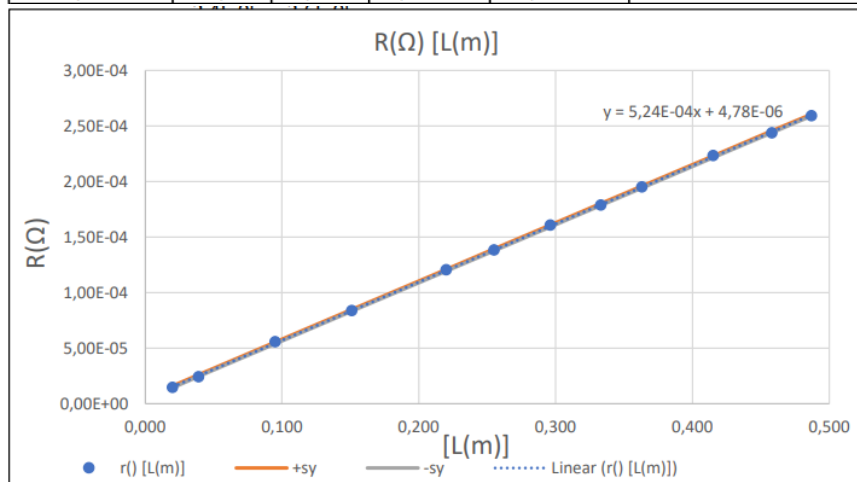
$$U(2 \text{ de } V_{\text{fora}}) = 0,591 \quad , \quad 1 \text{ cm} / 0,6 \text{ cm}$$

$$U(2 \text{ de } V_{\text{fora}}) = 0,587 \quad , \quad 0,7 \text{ cm} / 0,6 \text{ cm}$$

#

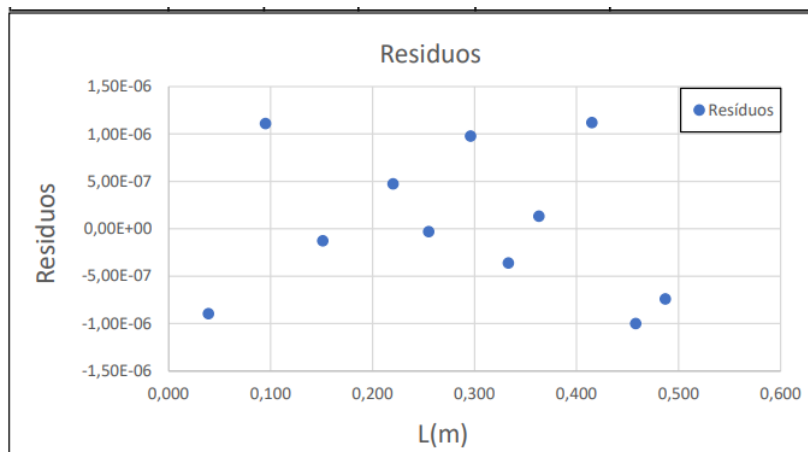
Análise de Dados

Barra 1 - Alumínio Quadrada							
ℓ (m)	U_{fonte} (V)	I (A)	U_{fechado} (V)	U_{aberto} (V)	$U_{\text{fechado}} - U_{\text{aberto}}$ (V)	R (Ω)	$u(R)$ (Ω)
$\pm 0,0005$	$\pm 0,1$	$\pm 0,01$	$\pm 1E-6$	$\pm 1E-6$	$\pm 1E-6$		
0,487	19,00	1,840	4,86E-04	9,00E-06	4,77E-04	2,59E-04	1,510E-06
0,458	19,00	1,850	4,59E-04	8,00E-06	4,51E-04	2,44E-04	1,424E-06
0,415	19,00	1,840	4,24E-04	1,30E-05	4,11E-04	2,23E-04	1,330E-06
0,363	19,00	1,850	3,68E-04	7,00E-06	3,61E-04	1,95E-04	1,185E-06
0,333	19,10	1,850	3,41E-04	1,00E-05	3,31E-04	1,79E-04	1,108E-06
0,296	19,10	1,840	3,03E-04	7,00E-06	2,96E-04	1,61E-04	1,029E-06
0,255	19,10	1,850	2,70E-04	1,40E-05	2,56E-04	1,38E-04	9,229E-07
0,220	19,10	1,850	2,35E-04	1,20E-05	2,23E-04	1,21E-04	8,466E-07
0,151	19,10	1,850	1,67E-04	1,20E-05	1,55E-04	8,38E-05	7,052E-07
0,095	19,10	1,850	1,23E-04	2,00E-05	1,03E-04	5,57E-05	6,187E-07
0,039	19,10	1,850	6,30E-05	1,80E-05	4,50E-05	2,43E-05	5,563E-07
0,020	19,10	1,850	4,30E-05	1,60E-05	2,70E-05	1,46E-05	5,463E-07



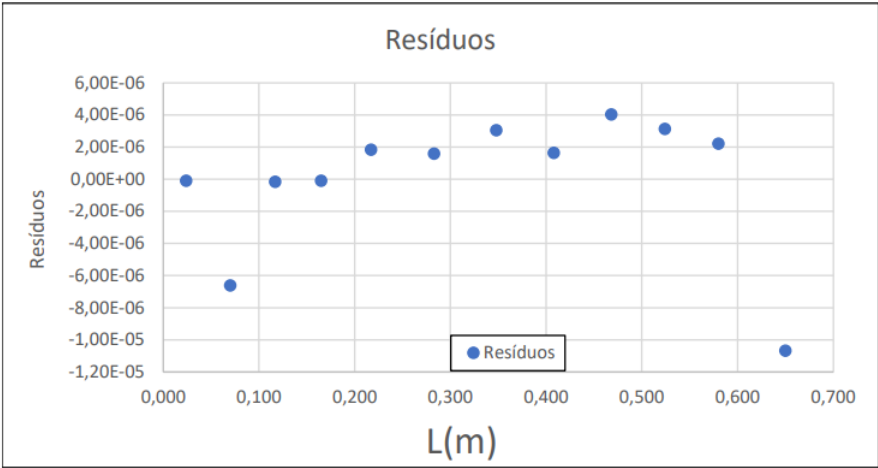
Medições de D	
D_1 (m)	8,45E-03
D_2 (m)	8,47E-03
D_3 (m)	8,43E-03
\bar{D} (m)	8,45E-03
$u(D)$ (m)	1,00E-05
$u(\bar{D})$ (m)	5,77E-04

Análise estatística			
m	5,2E-04	4,8E-06	b
$u(m)$	1,5E-06	4,7E-07	$u(b)$
r^2	0,9999	8,1E-07	sy

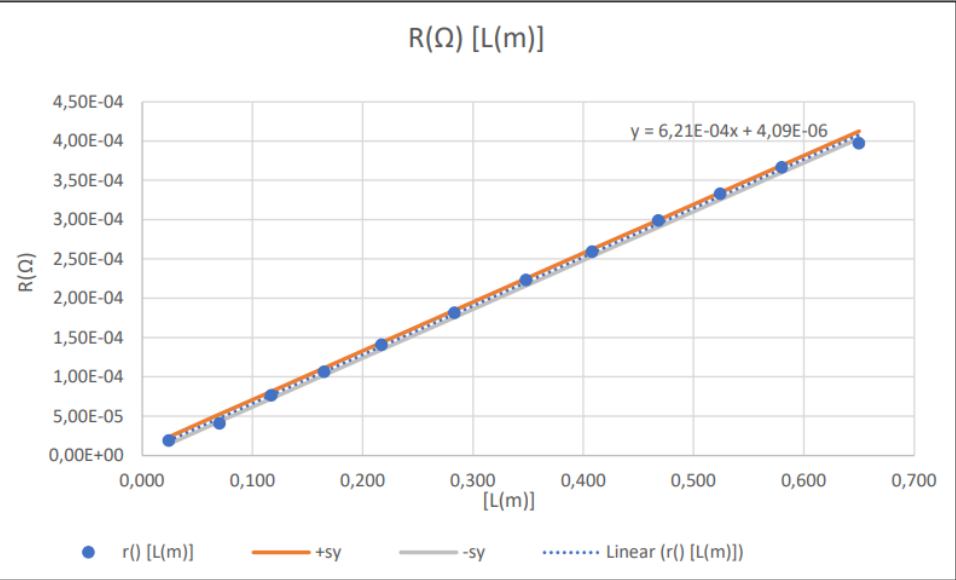


Resistividade (ρ)	3,742E-08
$u(\rho)$	5,111E-09
$u(\rho)$ (%)	14%
Valor de referência	2,800E-08
Erro %	34%

Barra 2 - Alumínio Circular							
ℓ (m)	U_{fonte} (V)	I (A)	U_{fechado} (V)	U_{aberto} (V)	$U_{\text{fechado}} - U_{\text{aberto}}$ (V)	R (Ω)	$u(R)$ (Ω)
$\pm 0,0005$	$\pm 0,1$	$\pm 0,01$	$\pm 1E-6$	$\pm 1E-6$	$\pm 1E-6$		
0,650	19,100	1,840	7,45E-04	1,40E-05	7,31E-04	3,97E-04	2,226E-06
0,580	19,100	1,830	6,75E-04	4,00E-06	6,71E-04	3,67E-04	2,077E-06
0,524	19,100	1,830	6,17E-04	8,00E-06	6,09E-04	3,33E-04	1,899E-06
0,468	19,100	1,830	5,56E-04	9,00E-06	5,47E-04	2,99E-04	1,722E-06
0,408	19,100	1,840	4,84E-04	7,00E-06	4,77E-04	2,59E-04	1,510E-06
0,348	19,100	1,840	4,16E-04	5,00E-06	4,11E-04	2,23E-04	1,330E-06
0,283	19,100	1,840	3,42E-04	8,00E-06	3,34E-04	1,82E-04	1,126E-06
0,217	19,100	1,840	2,71E-04	1,20E-05	2,59E-04	1,41E-04	9,384E-07
0,165	19,100	1,840	2,09E-04	1,30E-05	1,96E-04	1,07E-04	7,941E-07
0,117	19,100	1,840	1,56E-04	1,50E-05	1,41E-04	7,66E-05	6,847E-07
0,070	19,100	1,830	9,90E-05	2,40E-05	7,50E-05	4,10E-05	5,906E-07
0,024	19,100	1,850	5,30E-05	1,80E-05	3,50E-05	1,89E-05	5,501E-07



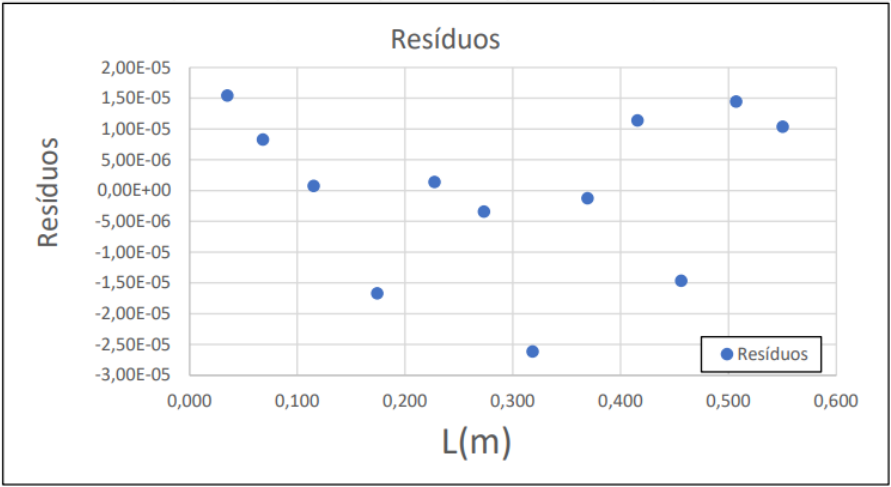
Medições de D	
D_1 (m)	8,03E-03
D_2 (m)	8,02E-03
D_3 (m)	8,05E-03
\overline{D} (m)	8,03E-03
$u(D)$ (m)	1,00E-05
$u(\overline{D})$ (m)	5,77E-04



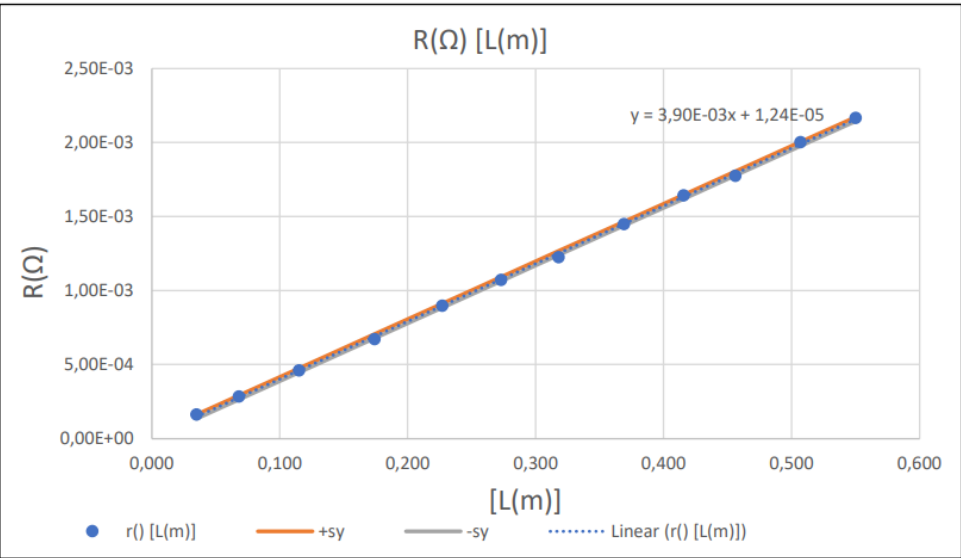
Análise estatística			
m	6,21E-04	4,09E-06	b
$u(m)$	6,59E-06	2,49E-06	$u(b)$
r^2	0,9989	4,54E-06	sy

Resistividade (ρ)	3,15E-08
$u(\rho)$	5,775E-09
$u(\rho)$ (%)	18%
Valor de referência	2,80E-08
Erro %	12,47%

Barra 3 - Latão Circular							
ℓ (m)	U_{fonte} (V)	I (A)	U_{fechado} (V)	U_{aberto} (V)	$U_{\text{fechado}} - U_{\text{aberto}}$ (V)	R (Ω)	$u(R)$ (Ω)
$\pm 0,0005$	$\pm 0,1$	$\pm 0,01$	$\pm 1E-6$	$\pm 1E-6$	$\pm 1E-6$		
0,550	19,100	1,810	0,004	5,00E-06	3,92E-03	2,17E-03	1,199E-05
0,507	19,100	1,830	0,004	1,10E-05	3,67E-03	2,00E-03	1,096E-05
0,456	19,100	1,820	0,003	9,00E-06	3,23E-03	1,78E-03	9,773E-06
0,416	19,100	1,820	0,003	3,30E-05	2,99E-03	1,64E-03	9,049E-06
0,369	19,100	1,820	0,003	2,70E-05	2,64E-03	1,45E-03	7,986E-06
0,318	19,100	1,830	0,002	3,70E-05	2,24E-03	1,23E-03	6,723E-06
0,273	19,100	1,810	0,002	2,70E-05	1,94E-03	1,07E-03	5,957E-06
0,227	19,100	1,820	0,002	2,80E-05	1,64E-03	8,99E-04	4,969E-06
0,174	19,100	1,820	0,001	1,90E-05	1,23E-03	6,74E-04	3,745E-06
0,115	19,100	1,820	0,001	2,00E-05	8,40E-04	4,62E-04	2,595E-06
0,068	19,100	1,830	0,001	9,00E-06	5,23E-04	2,86E-04	1,655E-06
0,035	19,100	1,820	0,000	1,70E-05	2,99E-04	1,64E-04	1,057E-06



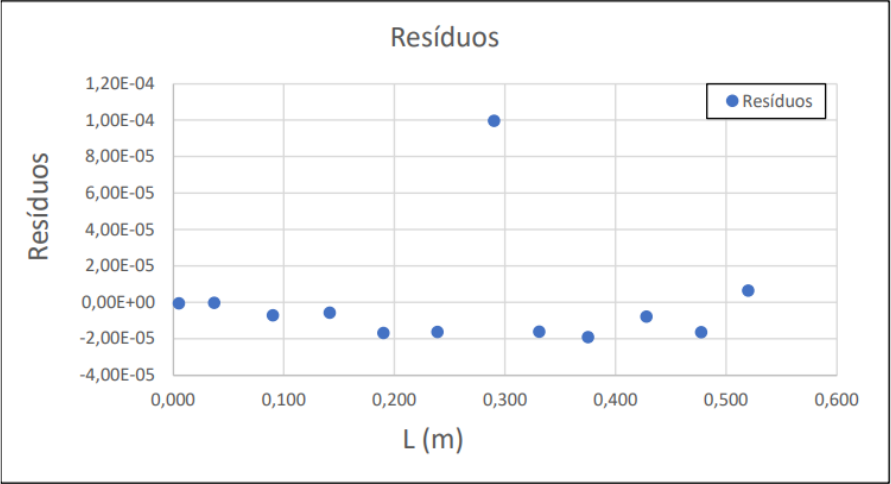
Medições de D	
D_1 (m)	5,48E-03
D_2 (m)	5,47E-03
D_3 (m)	5,49E-03
\overline{D} (m)	5,48E-03
$u(D)$ (m)	1,00E-02
$u(\overline{D})$ (m)	5,77E-04



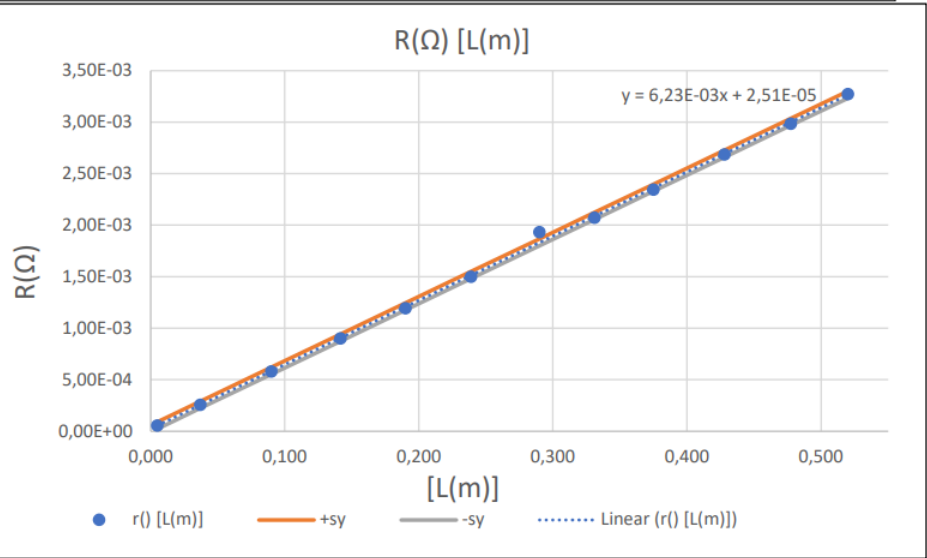
Análise estatística			
m	3,90E-03	1,24E-05	b
$u(m)$	2,44E-05	8,18E-06	$u(b)$
r^2	0,9996	1,39E-05	sy

Resistividade (ρ)	9,20E-08
$u(\rho)$	2,467E-08
$u(\rho)$ (%)	27%
Valor de referência	9,00E-08
Erro %	2,19%

Barra 4 - Latão Circular							
ℓ (m)	U_{fonte} (V)	I (A)	U_{fechado} (V)	U_{aberto} (V)	$U_{\text{fechado}} - U_{\text{aberto}}$ (V)	R (Ω)	$u(R)$ (Ω)
$\pm 0,0005$	$\pm 0,1$	$\pm 0,01$	$\pm 1E-6$	$\pm 1E-6$	$\pm 1E-6$		
0,520	19,100	1,820	0,006	2,00E-06	5,96E-03	3,27E-03	1,800E-05
0,478	19,100	1,840	0,006	1,10E-05	5,49E-03	2,99E-03	1,624E-05
0,428	19,100	1,820	0,005	1,20E-05	4,89E-03	2,69E-03	1,477E-05
0,375	19,100	1,840	0,004	1,30E-05	4,31E-03	2,34E-03	1,275E-05
0,331	19,100	1,830	0,004	1,50E-05	3,79E-03	2,07E-03	1,134E-05
0,290	19,100	1,740	0,003	6,00E-06	3,36E-03	1,93E-03	1,112E-05
0,239	19,100	1,830	0,003	-3,00E-06	2,74E-03	1,50E-03	8,209E-06
0,190	19,100	1,840	0,002	1,00E-06	2,20E-03	1,19E-03	6,506E-06
0,142	19,100	1,830	0,002	3,00E-06	1,65E-03	9,02E-04	4,957E-06
0,090	19,100	1,820	0,001	3,00E-06	1,05E-03	5,79E-04	3,229E-06
0,037	19,100	1,820	0,000	5,00E-06	4,65E-04	2,55E-04	1,508E-06
0,005	19,100	1,830	0,000	1,00E-05	1,02E-04	5,57E-05	6,256E-07



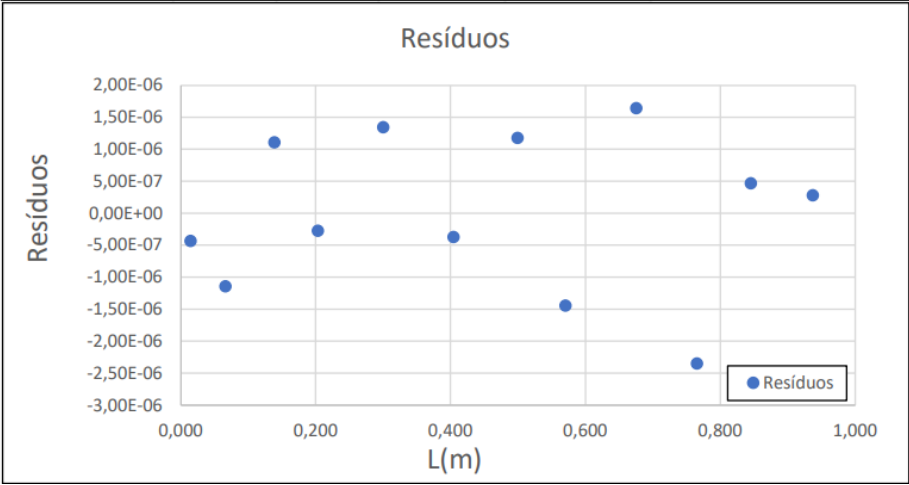
Medições de D	
D_1 (m)	4,46E-03
D_2 (m)	4,47E-03
D_3 (m)	4,45E-03
\overline{D} (m)	4,46E-03
$u(D)$ (m)	1,00E-02
$u(\overline{D})$ (m)	5,77E-04



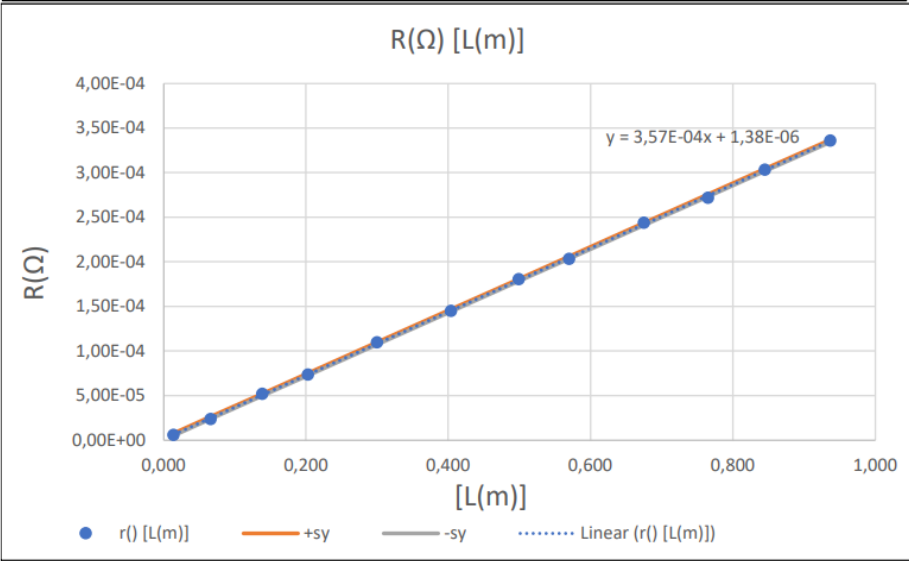
Análise estatística			
m	6,23E-03	2,51E-05	b
$u(m)$	5,96E-05	1,83E-05	$u(b)$
r^2	0,9991	3,40E-05	sy

Resistividade (ρ)	9,741E-08
$u(\rho)$	3,211E-08
$u(\rho)$ (%)	33%
Valor de referência	9,00E-08
Erro %	8,23%

Barra 5 - Cobre Circular							
ℓ (m)	U_{fonte} (V)	I (A)	U_{fechado} (V)	U_{aberto} (V)	$U_{\text{fechado}} - U_{\text{aberto}}$ (V)	R (Ω)	$u(R)$ (Ω)
$\pm 0,0005$	$\pm 0,1$	$\pm 0,01$	$\pm 1E-6$	$\pm 1E-6$	$\pm 1E-6$		
0,937	19,100	1,840	6,26E-04	8,00E-06	6,18E-04	3,36E-04	1,905E-06
0,845	19,100	1,850	5,74E-04	1,30E-05	5,61E-04	3,03E-04	1,726E-06
0,765	19,100	1,850	5,23E-04	2,00E-05	5,03E-04	2,72E-04	1,566E-06
0,675	19,100	1,850	4,63E-04	1,20E-05	4,51E-04	2,44E-04	1,424E-06
0,570	19,100	1,850	3,92E-04	1,60E-05	3,76E-04	2,03E-04	1,224E-06
0,499	19,100	1,850	3,47E-04	1,30E-05	3,34E-04	1,81E-04	1,116E-06
0,404	19,100	1,840	2,87E-04	2,00E-05	2,67E-04	1,45E-04	9,578E-07
0,300	19,100	1,850	2,18E-04	1,50E-05	2,03E-04	1,10E-04	8,025E-07
0,203	19,100	1,850	1,51E-04	1,50E-05	1,36E-04	7,35E-05	6,709E-07
0,139	19,100	1,850	1,11E-04	1,50E-05	9,60E-05	5,19E-05	6,090E-07
0,066	19,100	1,850	6,20E-05	1,80E-05	4,40E-05	2,38E-05	5,556E-07
0,014	19,100	1,850	3,00E-05	1,90E-05	1,10E-05	5,95E-06	5,415E-07



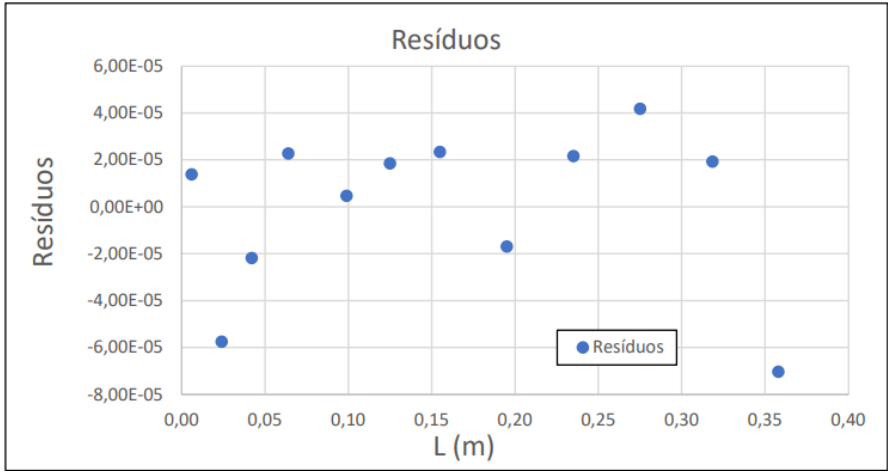
Medições de D	
D_1 (m)	7,94E-03
D_2 (m)	7,95E-03
D_3 (m)	7,95E-03
\overline{D} (m)	7,95E-03
$u(D)$ (m)	1,00E-02
$u(\overline{D})$ (m)	5,77E-04



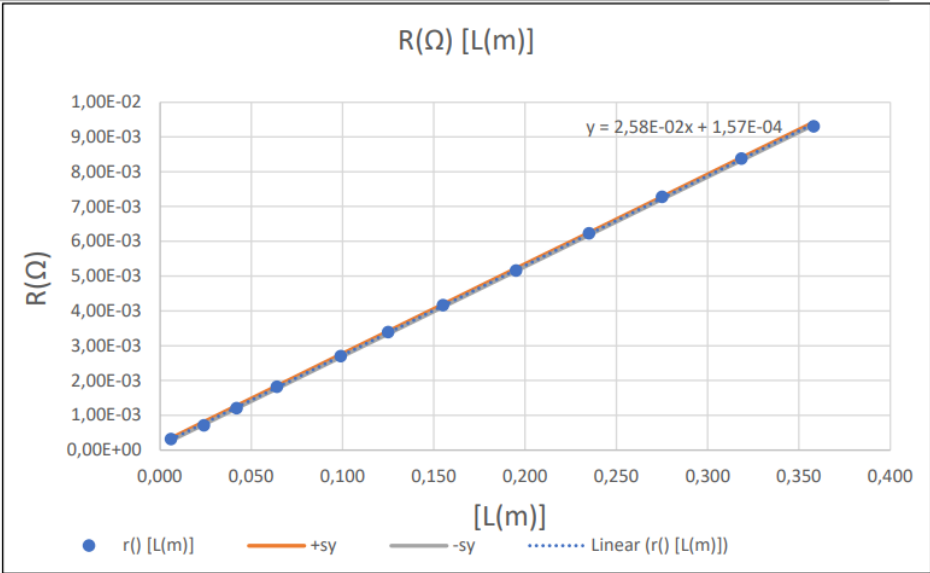
Análise estatística			
m	3,57E-04	1,38E-06	b
$u(m)$	1,24E-06	6,74E-07	$u(b)$
r^2	0,9999	1,29E-06	sy

Resistividade (ρ)	1,769E-08
$u(\rho)$	3,272E-09
$u(\rho)$ (%)	18%
Valor de referência	1,70E-08
Erro %	4,06%

Barra 6 - Aço Circular							
ℓ (m)	U_{fonte} (V)	I (A)	U_{fechado} (V)	U_{aberto} (V)	$U_{\text{fechado}} - U_{\text{aberto}}$ (V)	R (Ω)	$u(R)$ (Ω)
$\pm 0,0005$	$\pm 0,1$	$\pm 0,01$	$\pm 1E-6$	$\pm 1E-6$	$\pm 1E-6$		
0,358	19,100	1,850	1,72E-02	4,00E-06	1,72E-02	9,31E-03	5,033E-05
0,319	19,100	1,850	1,55E-02	3,00E-06	1,55E-02	8,38E-03	4,532E-05
0,275	19,100	1,850	1,35E-02	5,00E-06	1,35E-02	7,28E-03	3,938E-05
0,235	19,100	1,850	1,15E-02	1,00E-06	1,15E-02	6,23E-03	3,370E-05
0,195	19,100	1,850	9,56E-03	1,00E-06	9,55E-03	5,16E-03	2,792E-05
0,155	19,100	1,850	7,72E-03	0,00E+00	7,72E-03	4,17E-03	2,257E-05
0,125	19,100	1,850	6,29E-03	4,00E-06	6,28E-03	3,40E-03	1,837E-05
0,099	19,100	1,850	5,02E-03	2,00E-06	5,02E-03	2,71E-03	1,467E-05
0,064	19,100	1,850	3,38E-03	0,00E+00	3,38E-03	1,83E-03	9,899E-06
0,042	19,100	1,850	2,25E-03	2,00E-06	2,25E-03	1,22E-03	6,602E-06
0,024	19,100	1,850	1,33E-03	2,00E-06	1,33E-03	7,18E-04	3,918E-06
0,006	19,100	1,850	6,03E-04	1,00E-06	6,02E-04	3,25E-04	1,840E-06



Medições de D	
D_1 (m)	6,47E-03
D_2 (m)	6,46E-03
D_3 (m)	6,47E-03
\overline{D} (m)	6,47E-03
$u(D)$ (m)	1,00E-02
$u(\overline{D})$ (m)	5,77E-04



Análise estatística			
m	2,58E-02	1,57E-04	b
$u(m)$	9,24E-05	1,80E-05	$u(b)$
r^2	0,9999	3,64E-05	sy

Resistividade (ρ)	8,462E-07
$u(\rho)$	1,923E-07
$u(\rho)$ (%)	23%
Valor de referência	-
Erro %	-

5/5/2022

Cuidados a ter

- A resistência de proteção do circuito aquecia bastante ao longo da durabilidade, de tal modo que perto do seu fim a resistência poderia causar queimaduras se lhe tocassemos. Desta forma, esta resistência estava posicionada num ímã e teve-se especial cuidado para manter alguma distância desta.

- Para não danificar nenhum elemento do circuito, ~~garantimos~~ ^{garantimos} que a tensão ~~do~~ ^{no} gerador de sinais ~~não~~ ^{não} estava acima dos 20V.

- Por fim, tivemos também que ~~garantir~~ ^{garantir} que os contactos do voltímetro estavam "mais dentro" do que os contactos da corrente, como mostrado na figura da montagem inicial. Caso contrário, os resultados obtidos ~~eram~~ ^{serão} diferentes do desejado, pois terão em conta a resistência interna dos contactos da corrente.

Conclusões

- Primeiro, deve-se notar que os valores de referência usados para os bornes 1 a 5 foram retirados de: www.electronics-notes.com/articles/basic-concepts/resistance/electrical-resistivity-table-materials.php (consultado em 2/5/2022)

- A partir dos dados recolhidos e a análise feita, podem ser feitas algumas conclusões.

- Ao longo de todas as bornas, as regressões lineares de $R(L)$ ~~parecem~~ ^{parecem} ter sido bem feitas, como indicado por valores de r^2 muito baixos, valores de r^2 perto de 1 e por resíduos com distribuição aleatória.

- Verificou-se que para todos os valores da resistividade determinados, a incerteza relativa percentual é ~~alta~~ ^{alta}, variando entre os 14% e os 33%. Isto poder-se-á dever à elevada incerteza do valor de V determinado, que anda sempre por volta dos 10%.

- Por fim, ~~pode-se ver~~ ^{pode-se ver} que os valores de ρ determinados estão próximos do esperado, uma vez que a erro percentual é baixo. O maior desvio ao valor de referência ocorreu com a borne 1, em que foi de 33%. Isto poderá ter ocorrido porque a borne tinha uma secção transversal retan-

quela. Ora, foi feita a aproximação de considerar que esta era quadrada, o que poderia não estar certo.

- Nas tabelas na seção de análise de dados podemos ainda ver que não foi indicado nenhum valor de referência (nem nenhum erro percentual) para a ~~barra~~ ~~barra~~ barra 6, de aço. Ora, isto ocorreu porque ~~o aço~~ existem diversos tipos de aço. Assim, após comparar o valor obtido com valores pesquisados online, foi possível concluir que esta barra ~~é~~ provavelmente seria de aço inoxidável 316.

- Por indicação do docente, de forma a ~~a~~ poder estudar um maior número de barras metálicas, não foi realizada a parte da atividade indicada no ponto 3.2. do procedimento.