

Muitos problemas Atividade 3B
com aquelas

de dados.

Dificuldade
na análise

"Trayado da curva característica de diodos"

up 202107755 - Tiago Soysa

grupo 1

data 28/03/22

60

Tem de fazer planar diferentes regimes
Objetivo ch Lei de Schottky

- Traçar a curva não linear característica de diodos

~~Escolher e traçar para gama de~~

- Avaliar as resistências internas garantir nas várias gamas de Tensão em diodos;

Houve empenho!

Material

- 1 multímetro como amperímetro \Rightarrow gama mA-mA
- 1 multímetro como voltmetro \Rightarrow 0,1 mV - 15V;
- Fonte de Tensão;
- Resistência de proteção;
- conjunto de diodos;
- comutador;
- gás elétricas;

Montagem Experimental

círcuito A

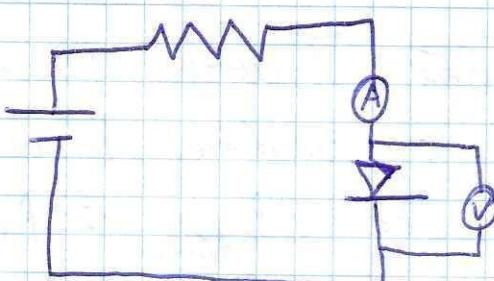


Fig.1- Esquema do circuito A para determinar a curva característica dum diodo

círcuito B

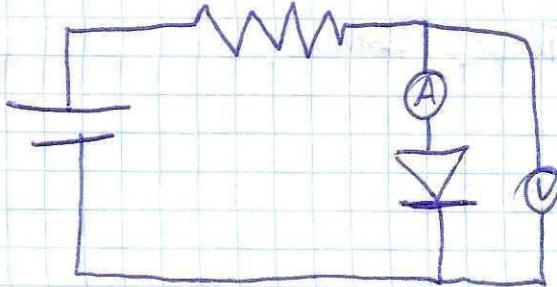


Fig. 2 - Esquema do círcuito B para determinar a curva característica dum diodo

Plano Experimental

- Montar os círcuitos das Figuras 1 e 2;
- Registrar os valores do amperímetro e voltmeter numa Tabela

Cuidados

- (Média de várias) Efetuar várias medições e variar o sentido da corrente, ~~e~~, repetindo as medições;
- Ter em atenção às formas I(V) a utilizar. Para o mesmo valor absoluto de V_d , a corrente de polarização inversa é várias ordens de grandeza inferior à direta.

Para valores elevados de tensão inversa ($V_d < 0$), um diodo pode atingir o regime de avalanche.

- Círcuito A aconselhado se $R_{\text{diodo}} \ll R_V$
- Círcuito B aconselhado se $R_{\text{diodo}} \sim R_V$

Jr

Notas durante a experiência

Resistência usada $\rightarrow 15\text{ k}\Omega$

multímetro "Keithley 177 Microvolt DMM" \rightarrow amperímetro

multímetro "Keithley 2110 5 1/2 digit multimeter"
voltímetro

gerador (vácuo) "Leybold"

Os dados obtidos foram registados numa Tabela Excel

Após deixarmos os multímetros ligados durante algum tempo, com a fonte desligada, apresentavam um valor de:

amperímetro $\rightarrow 0,013 \rightarrow$ escala 20 mA

voltímetro $\rightarrow 0,00936 \rightarrow$ escala V

Comencámos pelo diodo zener \rightarrow polaridade direta

\downarrow
polaridade inversa

seguimos pelo diodo retificador \rightarrow polaridade direta

\downarrow
polaridade inversa

Não conseguimos fazer medições com o circuito B

Para os valores que oscilavam nos multímetros, o valor anotado foi a média entre os extremos e a incerteza a semidiferença entre os dois.

Para os restantes foi a menor divisão da escala.

Análise de dados - (03/04/22) 03/04/22 e 04/04/22

Díodo de Zener - sentido direto

$\ln(I)$ em função de V

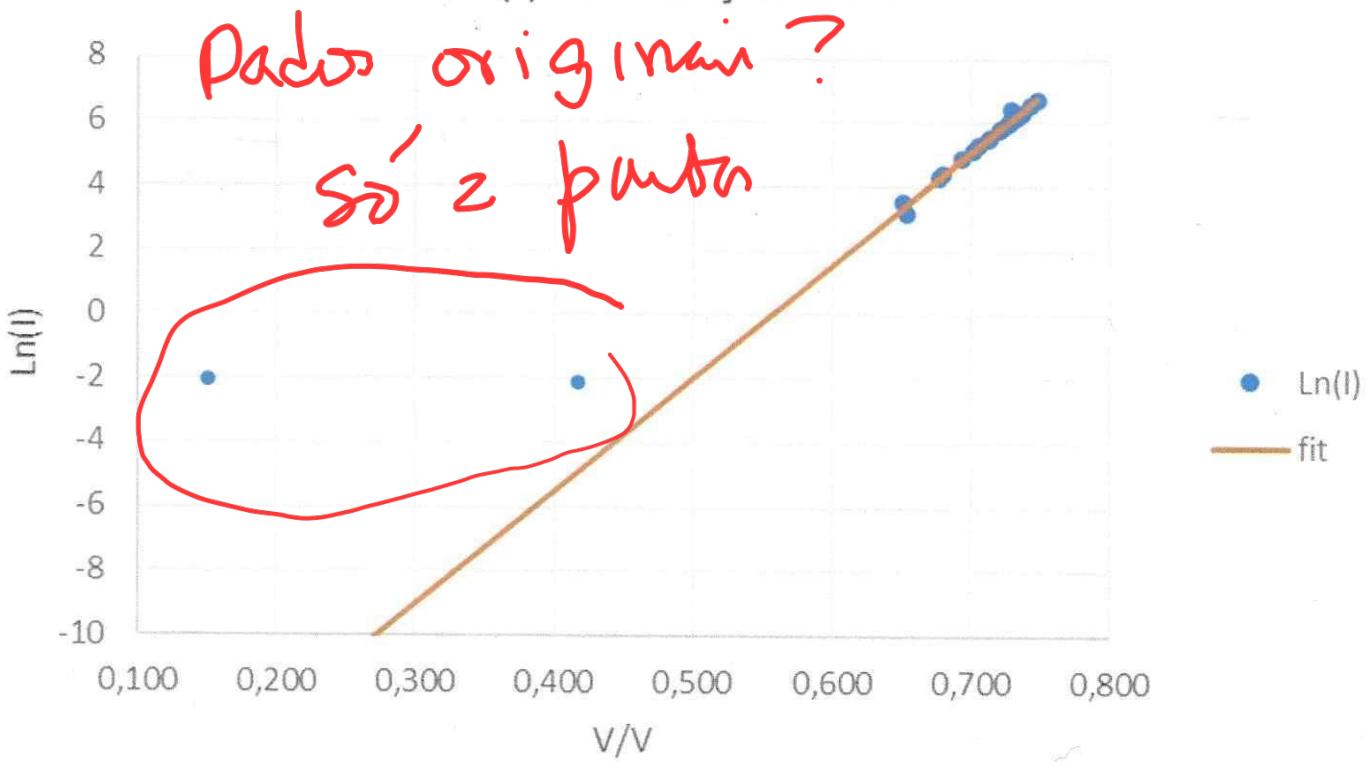


Fig. 3 - gráfico de $\ln(I)$ em função de V

Curva característica de I

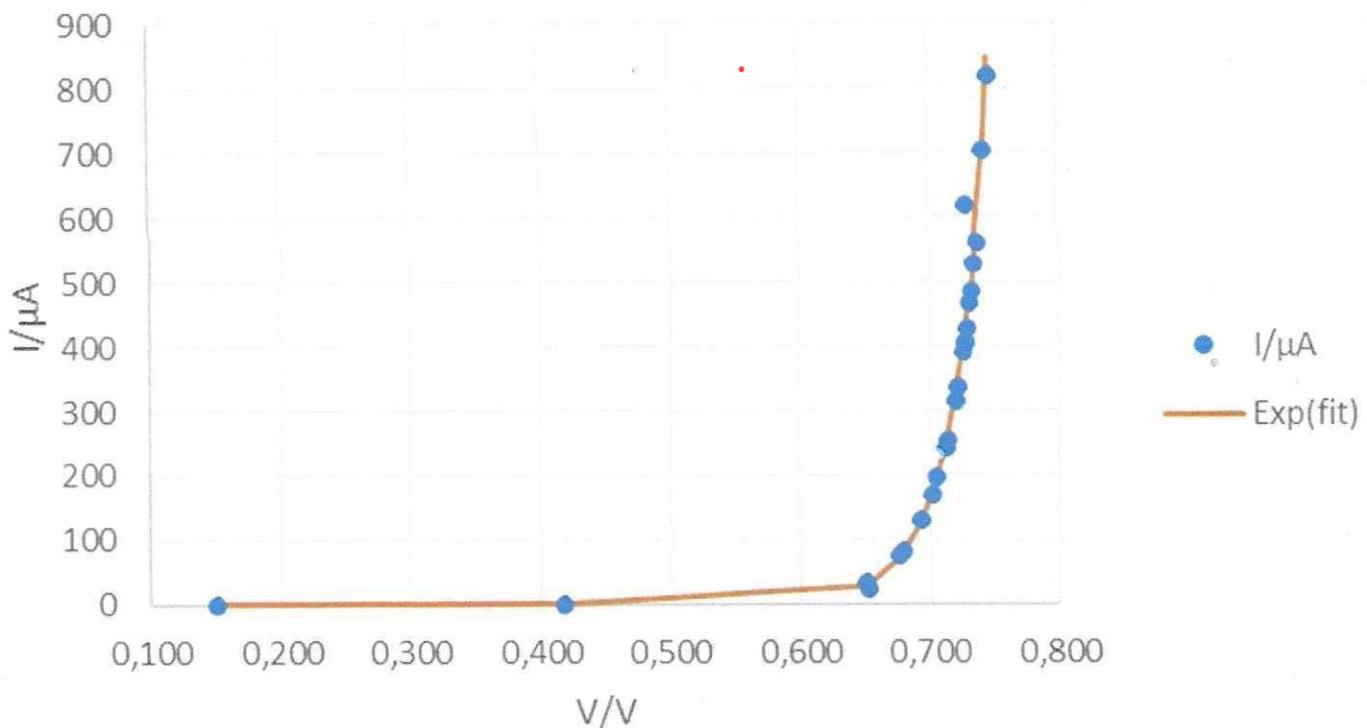


Fig. 4 - gráfico da curva constante de I em função de V

Analisando estes dois gráficos, ~~(Gráficos)~~ que existe uma ~~(Características)~~ Tendência exponencial da curva característica a partir de 0,6507 V, podendo ~~(linearizar)~~ linearizar esta relação de I em função de V .

m	B
35,2	-19,5
$\mu(m)$	$\mu(B)$
0,8	0,6
0,98867	0,10457

Eg. 5 - Tabela de dados obtidos através da função "linest" do Excel de $\ln(I)$ em função de V

T(k)	292,65
e(C)	1,6E-19
k (J/k)	1,38E-23
I_0 (μ A)	3E-09
η	1,13
$u(I_0)$	2E-09
$u(\eta)$	0,03

Fig. 6 - Tabela de dados

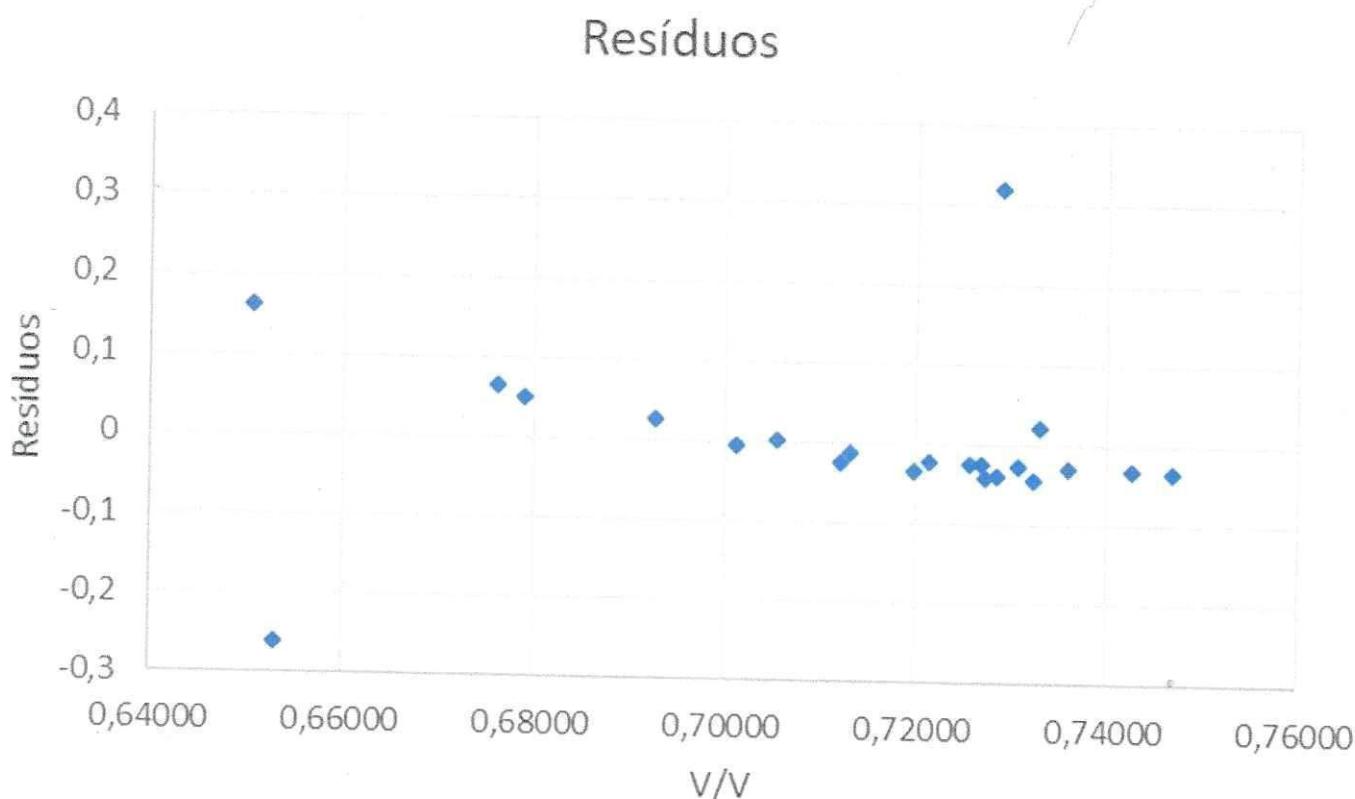


Fig. 17 - gráfico dos resíduos de $\ln(I)$ comparado com o ajuste em função de V no intervalo em que a curva característica apresenta uma tendência exponencial.

Analisando este gráfico, observe que todos os resíduos se encontram dentro da interteza do ajuste $u(m) = 0,8$

Cálculo das intertezas da Tabela da Fig. 6.*

$$u(\eta) = \sqrt{\left(\frac{\partial \eta}{\partial m}\right) \cdot u(m)^2} = \frac{e}{KTm^2} \cdot u(m) = 0,03$$

$$u(I_o) = \sqrt{\left(\frac{\partial I_o}{\partial B}\right) \cdot u(B)^2} = I_o \cdot u(B) = 2 \times 10^{-9}$$

* - igual para as Tabelas futuras

Analisando a Fig. 4, observe que a curva de ajuste tem uma boa sobreposição, no intervalo de 0,650V até ao final, com as dadas experimentais.

Zone de V mais baixo
para exploração.

Má Gráfica de erros do
Volímetro.

Díodo de Zener - sentido inverso

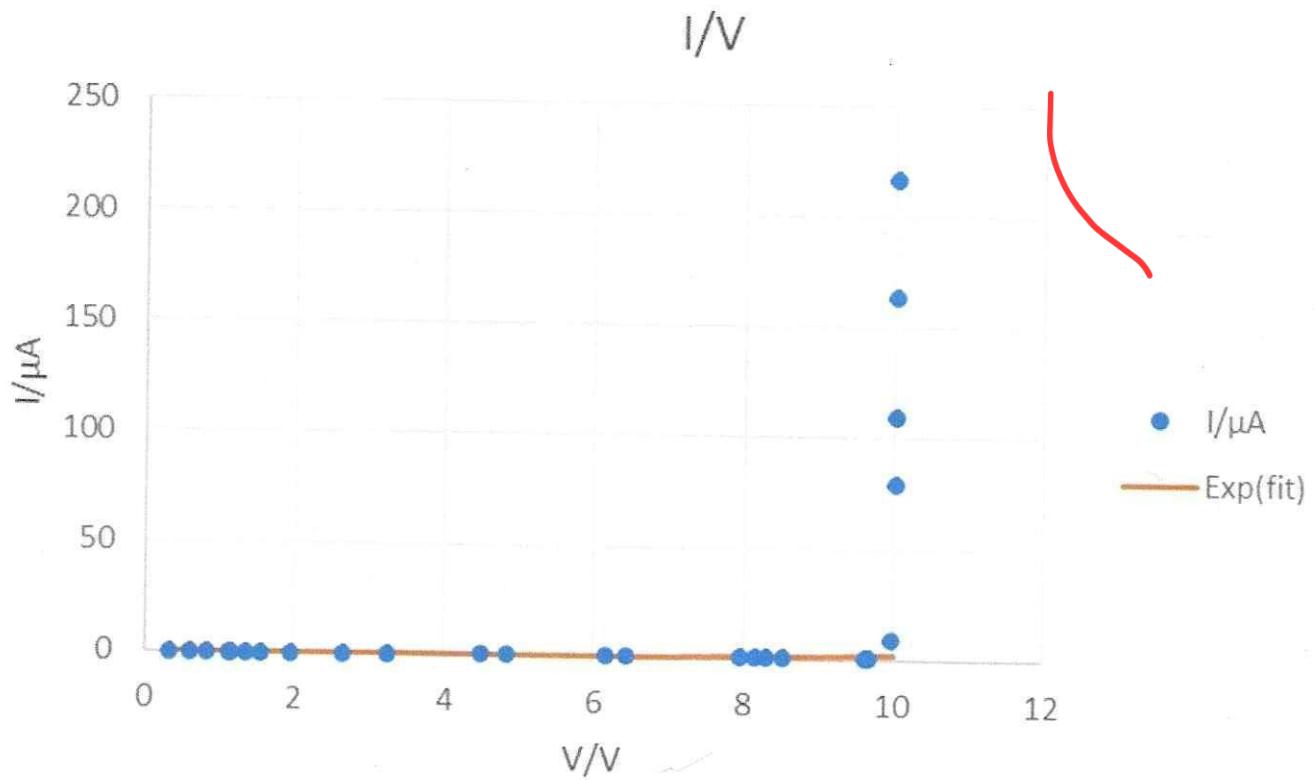


Fig.8 - gráfico de I em função de V com ajuste Exp(fit)

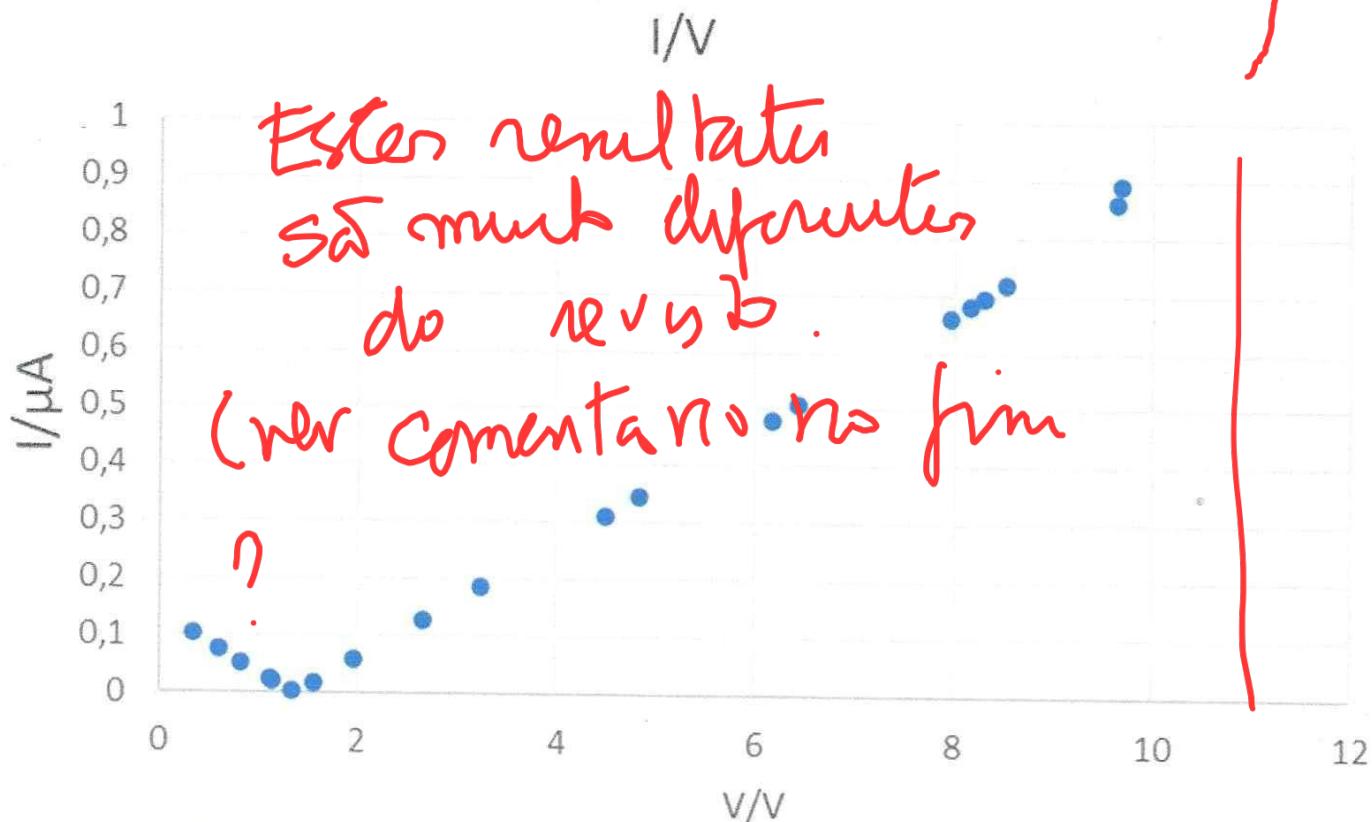


Fig.9 - gráfico de I em função de V restrito ao intervalo

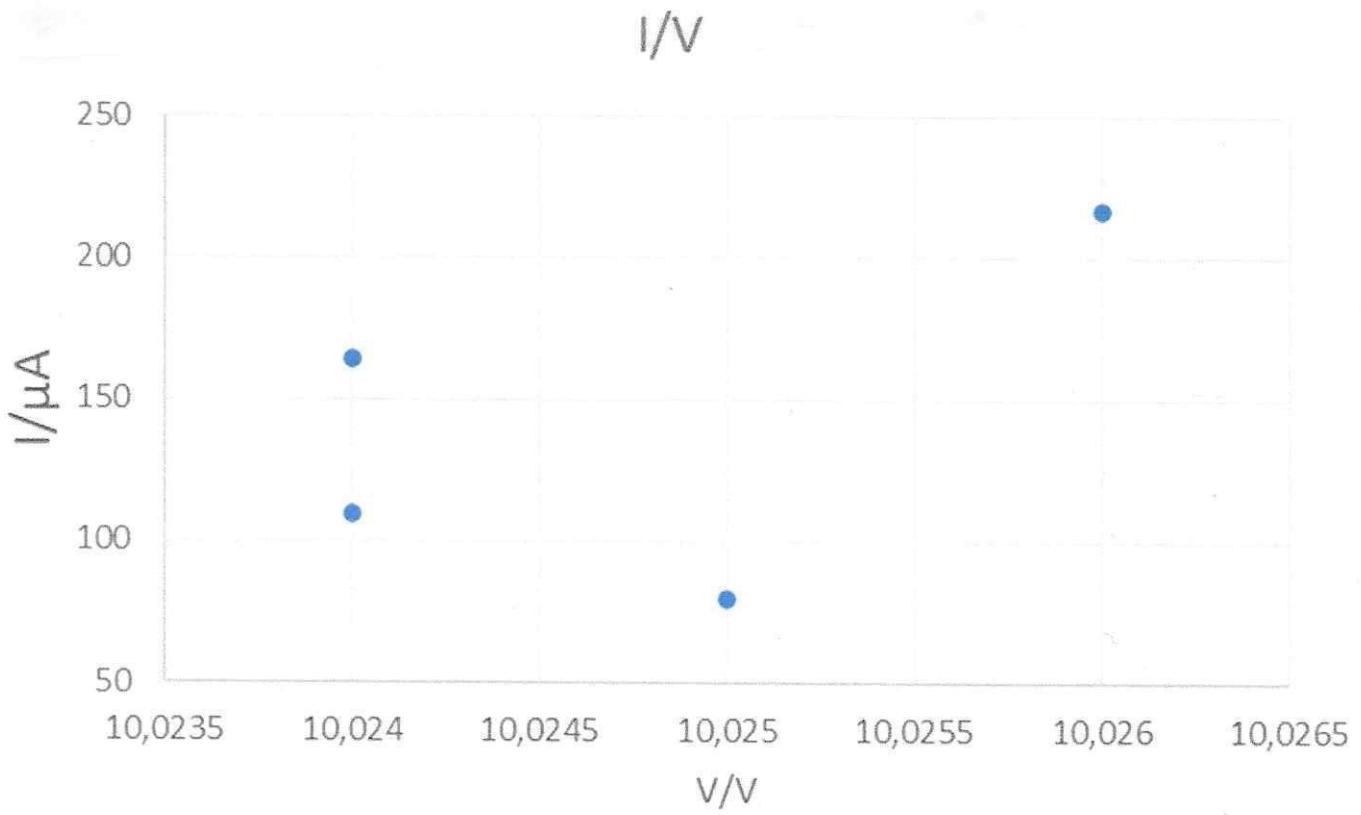


Fig. 10 - gráficos de I em função de V restrito ao intervalo de V de 10,0235 a 10,0265

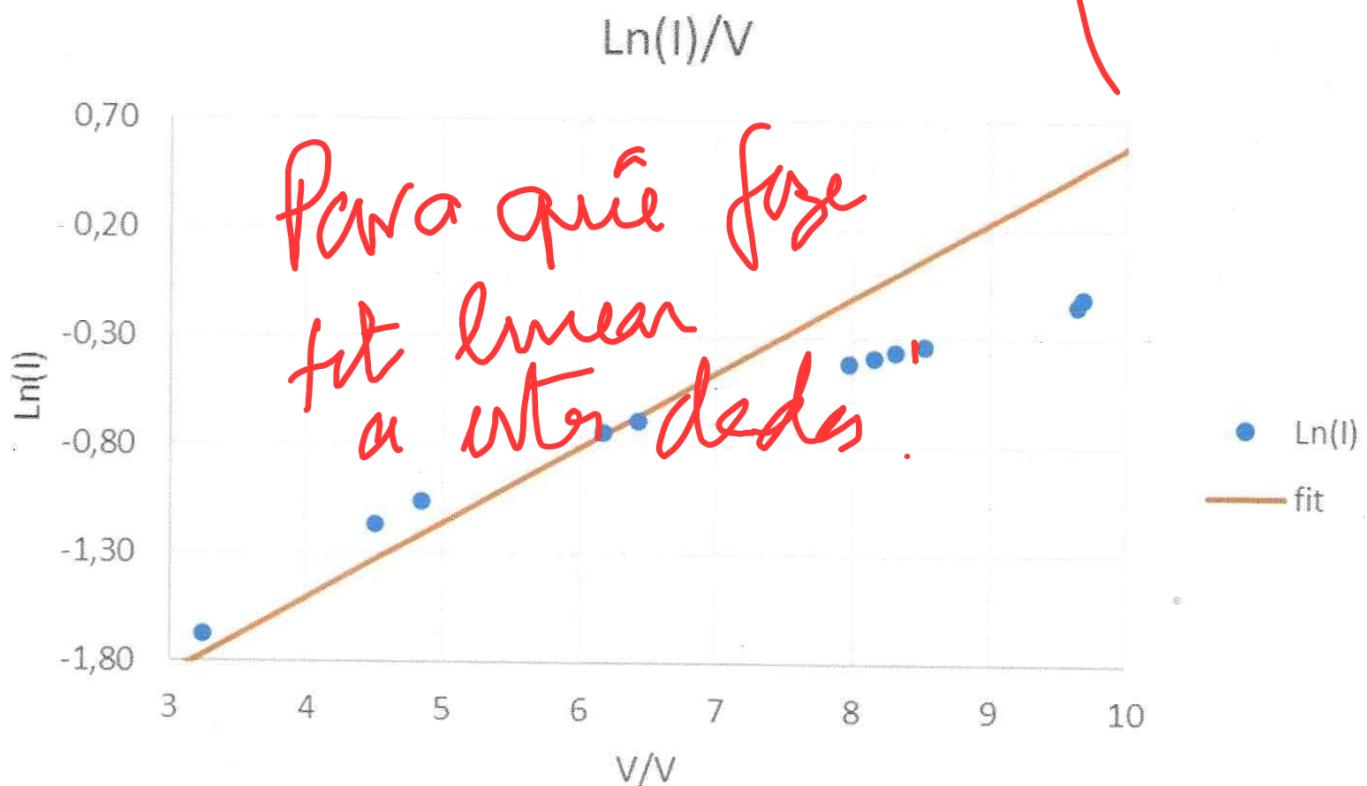


Fig. 11 - gráficos de $\ln(I)$ em função de V com a função de ajuste

(Analisando este gráfico)

Analizando o gráfico da Fig. 9, observo que há uma tendência linear (linear) de I (μA) quando V está entre 2 e 9 V.

Comparando com o que seria esperado, este gráfico não dá o simétrico do que seria esperado e, sendo que a função não apresenta tendências exponenciais, penso que não faz sentido calcular $\ln(I)$ (não é linearmente proporcional ao sinal de tensão dividido por resistência).

(Nota) É provável que no registo dos dados, não tire em atenção o sinal medido no amperímetro. Uma vez que registei poucos valores na zona esperada de efeito avalanche (V > 10 V) não posso tirar muitas conclusões sobre a zona de avalanche.

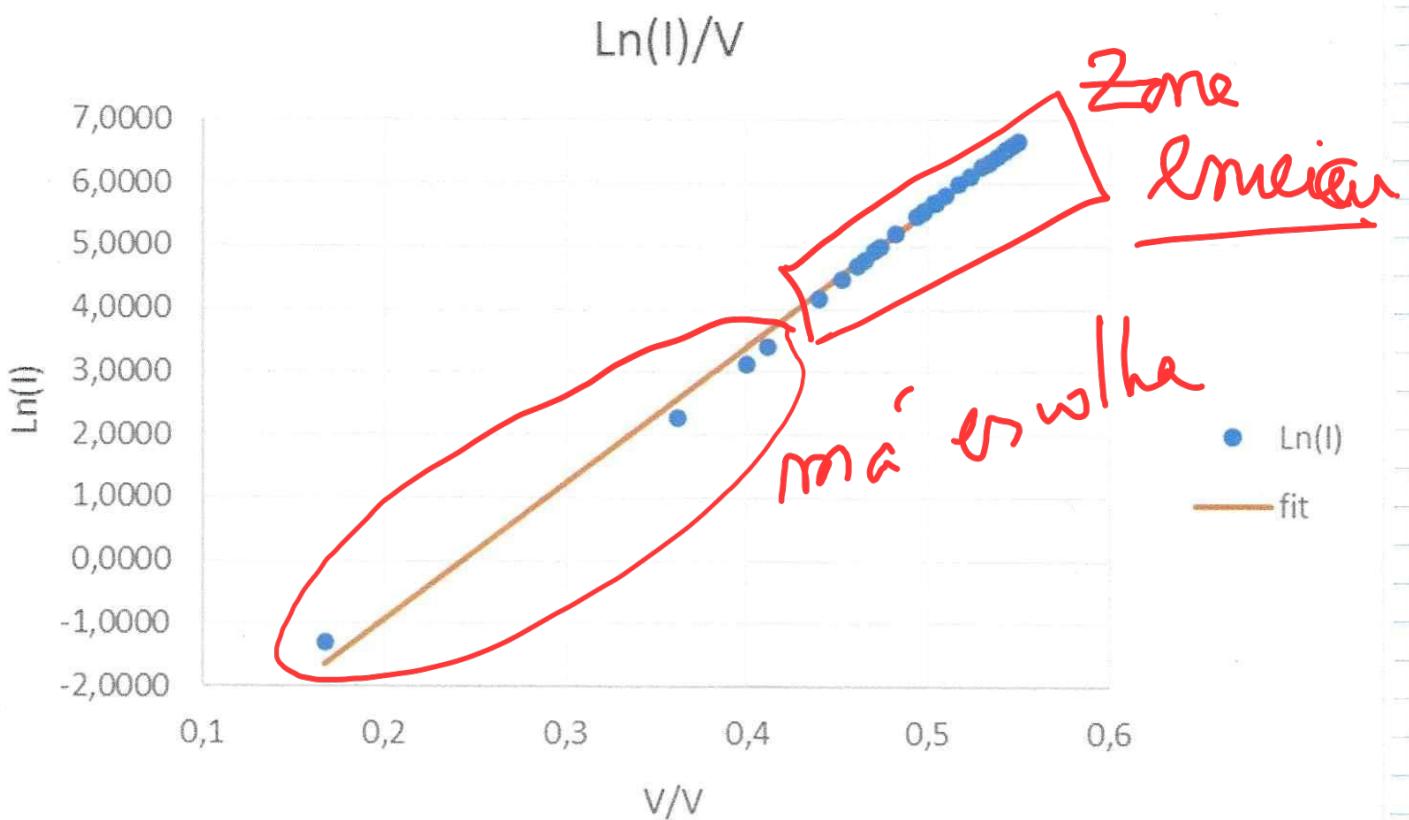
m	B
0,3	-2,9
$u(m)$ 0,1	0,9
0,604102	0,77217

Fig. 12 - Tabela de dados obtidos através da função "linear" do Excel de $\ln(I)$ em função de V

Dados não convincentes no Diodo de Zener.

Resultados sem significado!

Díodo retificador - sentido direto



(Ex. 13)

Eig.13 - gráfico de $\ln(I)$ em função de V com a função de ajuste

m	21,7	B	-5,3
$u(B)$	0,3	$u(B)$	0,2
0,994933	0,125561		

$T(k)$	292,65
$e(C)$	1,6E-19
$k (J/k)$	1,38E-23
$I_0 (\mu A)$	5E-03
n	1,83
$u(I_0)$	8E-04
$u(n)$	0,08

Eig.14 - Tabela de dados obtidos através da função "linest" de $\ln(I)$ em função de V

Eig. 15 - Tabela de dados

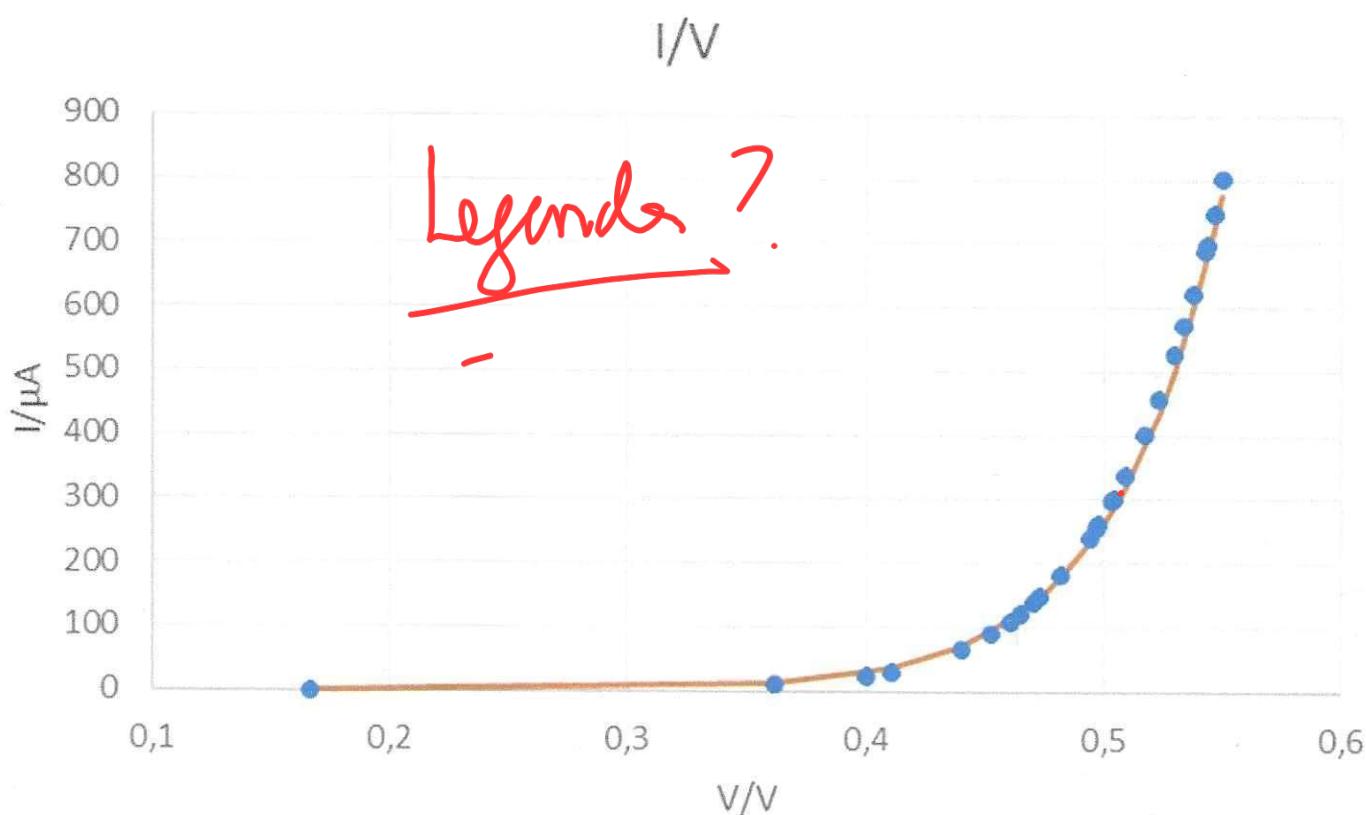


Fig. 16 - gráfico de I em função de V com a função de (aprox) ajuste (

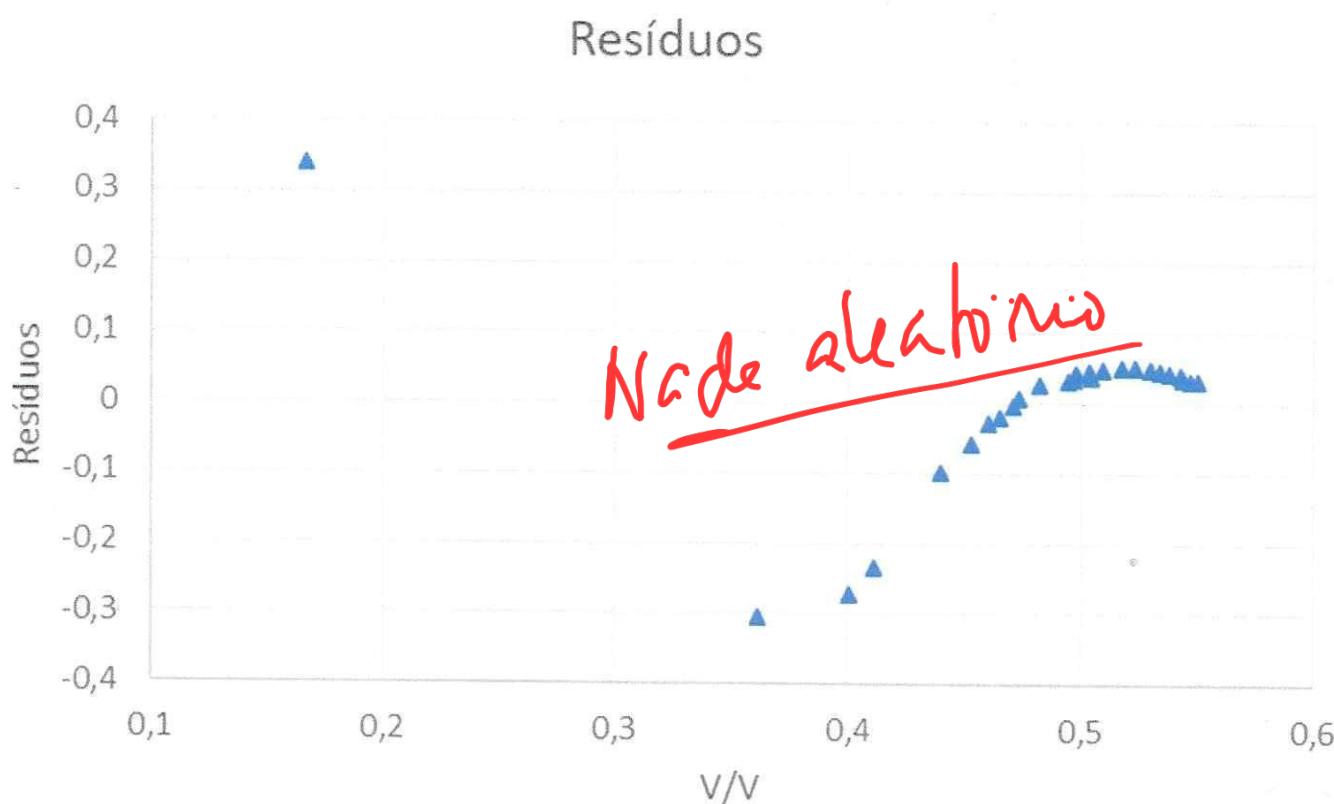


Fig. 17 - gráfico dos resíduos em função de V

notas
observando este último gráfico, (desta vez) claramente uma Tendência nos resíduos.

Esta Tendência pode querer dizer que (esta) (desta vez) este circuito pode não ser o mais indicado para efectuar este tipo de medições.

No entanto, apesar disso, (verificando pelo gráfico da Fig. 16, a curva característica de I, verificando a lei de Shckley).

Não vejo como. Vou a formula de Shockley complete
Diodo retificador - sentido inverso

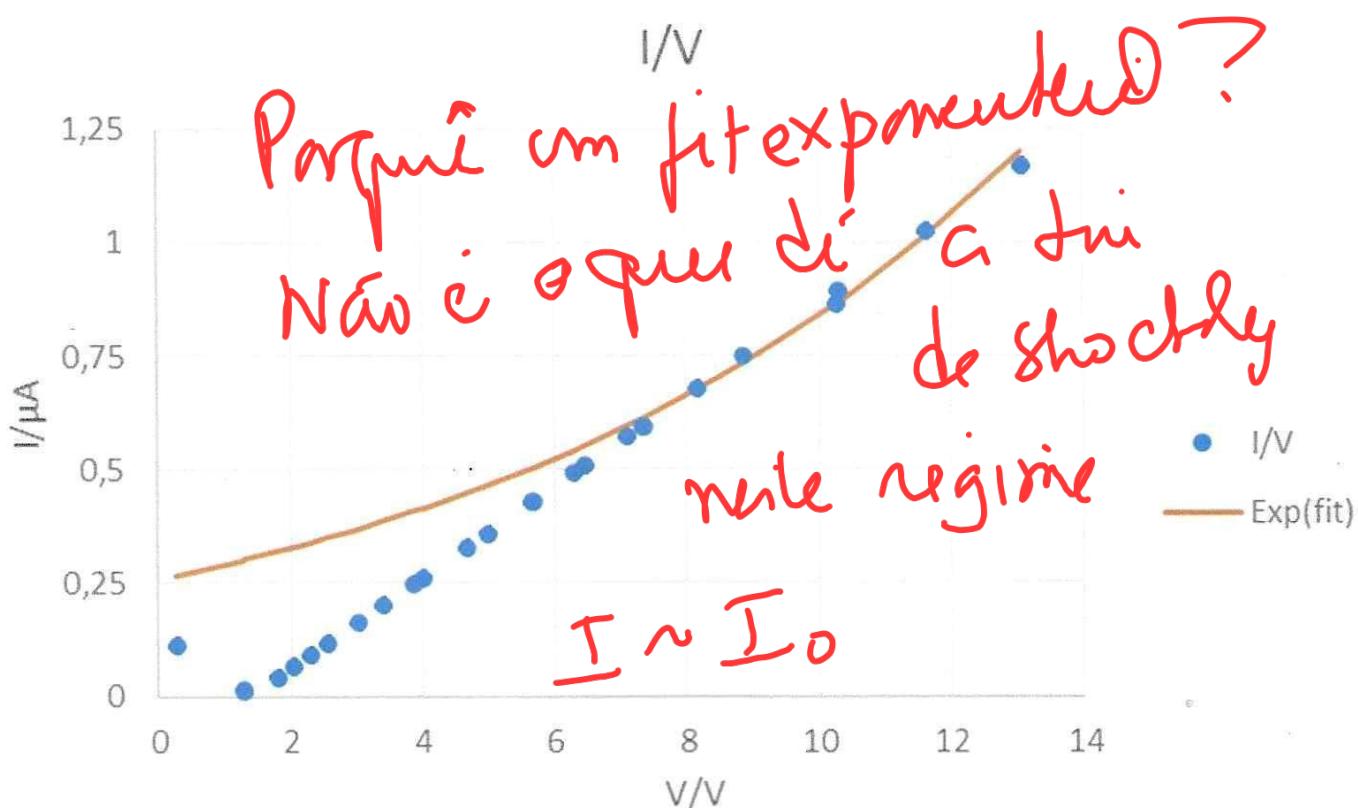


Fig. 18 gráfico de I (ams) em função de V com a função de ajuste

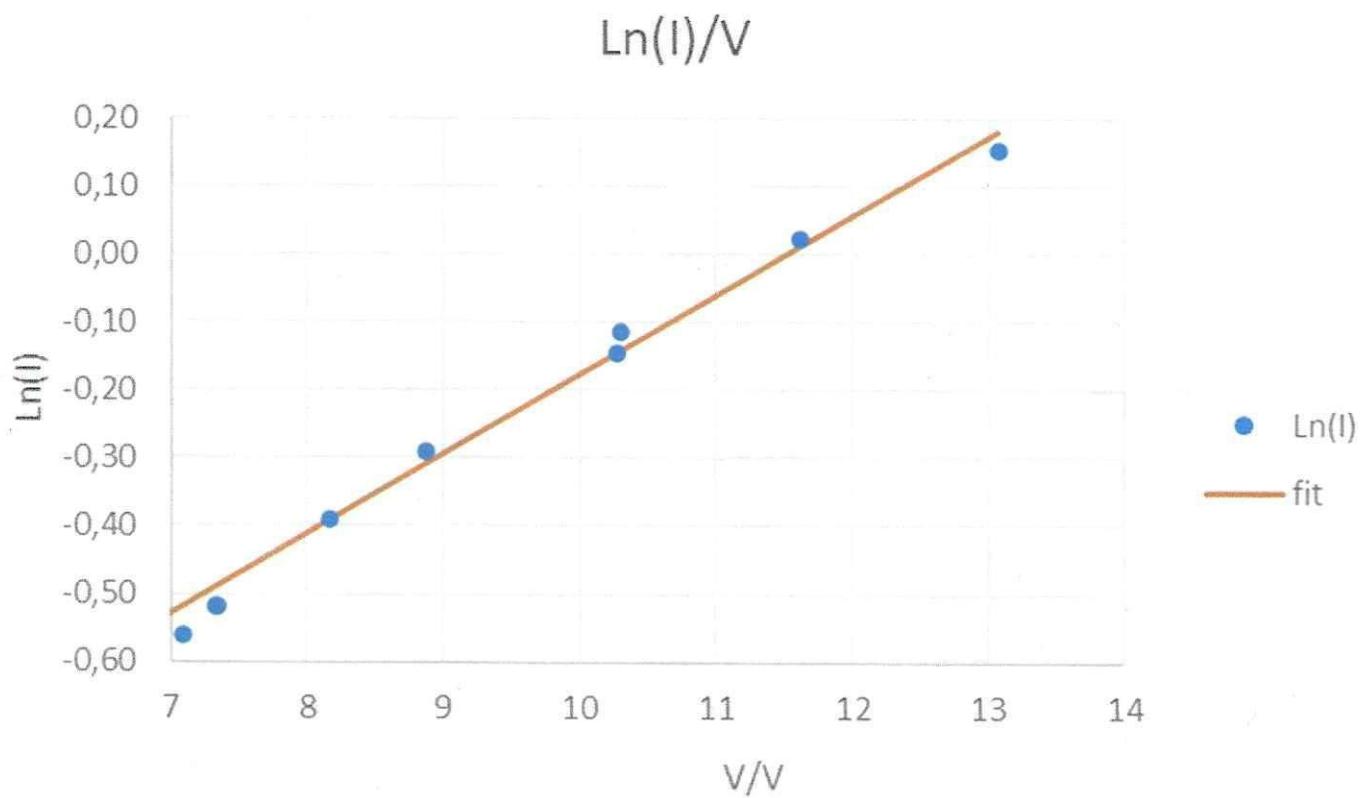


Fig. 19 - gráfico de $\ln(I)$ em função de V com o ajuste

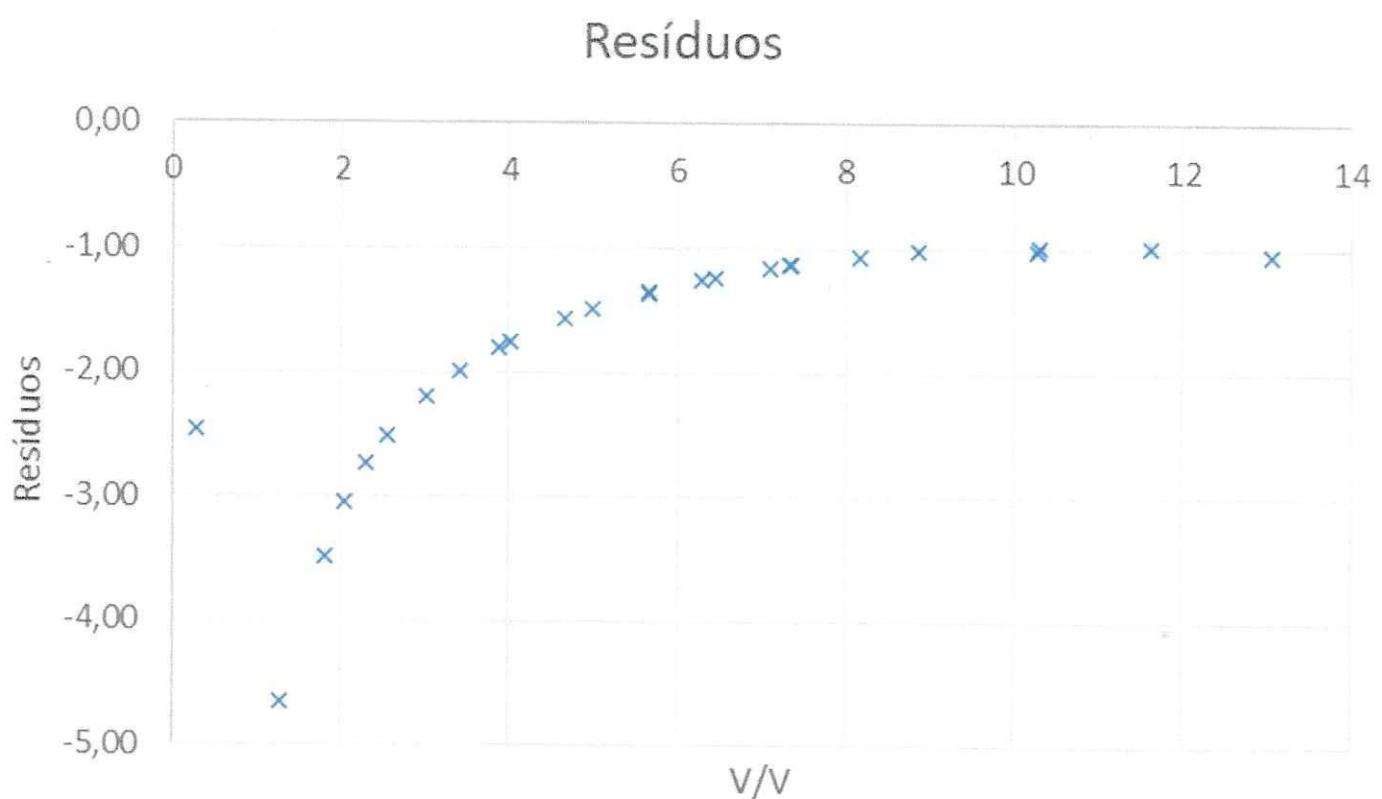


Fig. 20 - gráfico dos resíduos de $\ln(I)$ em função de V

m	0,12	β	-1,3
$u(m)$	0,01	$u(\beta)$	0,1
	0,989786		0,026734

Fig.21 - Tabela de dados do Excel obtidos através da função "linear" de $\ln(I)$ em função de V

Analisando o gráfico da Fig. 18, observe que entre $V=2V$ e $V=14V$, há uma tendência linear da função $I(V)$.

Tal como aconteceu no sentido inverso do diodo (~~de~~) tener, o gráfico de I em função de V é simétrico ao que seria esperado, o que, provavelmente, se deve a um lapso da minha parte na leitura dos valores no amperímetro.

E, mais uma vez, penso que não faz sentido calcular o $\ln(I)$, uma vez que a função já era linearizada inicialmente. Resultado evidente também pela tendência dos resíduos.

(100%) conclusão

$$D \frac{eV}{kT} \approx e \frac{35. V}{10^3 K} \text{ para } V = -1 V \text{ a } 0^\circ\text{C}$$

díodo retificador: $\eta = 1,83 \pm 0,08$

$$I_o = (5 \times 10^{-3} \pm 8 \times 10^{-4}) \mu A$$

díodo Zener:

$$\eta = 1,13 \pm 0,03$$

$$I_o = (3 \times 10^{-9} \pm 2 \times 10^{-9}) \mu A$$

→ Verifiquei a lei de Shottky em ambos os díodos no sentido direto;

→ Para o sentido inverso, em ambos os díodos, a análise de dados ficou muito aquém do esperado: - os valores registrados (~~erros~~) não tinham

de comuni a simetria;

a tensão - cálculo desnecessário de $\ln(I)$ em função de V e ajuste incorreto;

Uma vez que tive (~~erros~~) dificuldades em perceber a experiência e apenas comecei a entender após a sessão de feedback, não consegui fazer alterações (~~modificações~~) aos degrés da minha análise, por falta de tempo.

Reagindo a análise, no sentido direto de ambos os díodos, apresentava pontos utilizando a equação da lei de Shottky para ter um melhor ajuste.

E, em ambos os díodos, no sentido inverso, esusado calcular e elaborar os gráficos de $\ln(I)$ e a função de ajuste fit e $Exp(fit)$. (~~erros~~)

Em (~~erros~~) todos os circuitos, extraíaia mais valores, onde

Anexos

fonte/V	u(fonte)/V/V	u(V)/V	I/μA	u(I)/μA	Ln(I)	u(Ln(I))	fit	Resíduos	Exp(fit)
3,3	0,1	0,70128	0,00001	169,03	0,01	5,130076	0,00006	5,134462	-0,00439 169,773021
4,3	0,1	0,71219	0,00001	243,1	0,1	5,4935	0,0004	5,518467	-0,02499 249,252764
5,3	0,1	0,71983	0,00001	315,4	0,1	5,7538	0,0003	5,787377	-0,03353 326,156287
6,7	0,1	0,72728	0,00001	406,7	0,1	6,0081	0,0002	6,049598	-0,04152 423,942707
7,8	0,1	0,73238	0,00001	486,0	0,1	6,1862	0,0002	6,229106	-0,0429 507,301629
7,0	0,1	0,72851	0,00001	426,0	0,1	6,0544	0,0002	6,092891	-0,03845 442,699535
1,9	0,1	0,67903	0,00001	81,70	0,01	4,4031	0,0001	4,351317	0,051737 77,5805841
1,2	0,1	0,65300	0,00001	23,90	0,01	3,1739	0,0004	3,435125	-0,26125 31,0353017
12,8	0,1	0,74693	0,00001	818,5	0,1	6,7075	0,0001	6,74123	-0,03376 846,601339
1,1	0,1	0,65057	0,00004	33,55	0,01	3,5130	0,0003	3,349595	0,163442 28,4912011
1,8	0,1	0,67632	0,00001	75,36	0,01	4,3223	0,0001	4,255932	0,066345 70,5225042
2,7	0,1	0,69280	0,00001	129,32	0,01	4,86229	0,00008	4,835987	0,026303 125,962881
3,7	0,1	0,70546	0,00001	197,07	0,01	5,28356	0,00005	5,281588	0,001971 196,681974
4,4	0,1	0,71322	0,00001	255,2	0,1	5,5420	0,0004	5,554721	-0,01267 258,454835
5,7	0,1	0,72138	0,00001	337,1	0,1	5,8204	0,0003	5,841933	-0,02155 344,444459
6,4	0,1	0,72563	0,00001	390,4	0,1	5,9672	0,0003	5,991522	-0,02435 400,023136
6,7	0,1	0,72679	0,00001	406,5	0,1	6,0076	0,0002	6,032352	-0,02477 416,693745
7,6	0,1	0,73077	0,00001	466,2	0,1	6,1446	0,0002	6,172438	-0,02782 479,353213
8,1	0,1	0,73293	0,00001	529,0	0,1	6,2710	0,0002	6,248464	0,022524 517,217975
8,9	0,1	0,73601	0,00001	559,6	0,1	6,3272	0,0002	6,356873	-0,02965 576,440896
9,8	0,1	0,72885	0,00001	617,6	0,1	6,4258	0,0002	6,104858	0,320983 448,029219
11,1	0,1	0,74259	0,00001	704,0	0,1	6,5568	0,0001	6,588473	-0,03169 726,670107
0,4	0,1	0,41752	0,00012	0,115	0,006	-2,16	0,05	-4,85319	2,690367 0,00780344
0,1	0,1	0,15080	0,00021	0,122	0,001	-2,104	0,008	-14,2411	12,13734 6,534E-07

Fig.11-Tabela de dados do diodo zener - sentido direto

fonte/V	u(fonte)/V/V	u(V)/V	I/μA	u(I)/μA	Ln(I)	u(Ln(I))	fit	Resíduos	Exp(fit)
1,1	0,1	1,1489	0,0001	0,023	0,001	-3,77	0,04	-2,48967	-1,28 0,082938
2,6	0,1	2,6574	0,0001	0,129	0,001	-2,048	0,008	-1,96643	-0,08 0,139955
3,2	0,1	3,2470	0,0001	0,188	0,001	-1,671	0,005	-1,76193	0,09 0,171713
4,4	0,1	4,5041	0,0001	0,313	0,001	-1,162	0,003	-1,3259	0,16 0,265565
6,1	0,1	6,1741	0,0001	0,480	0,001	-0,734	0,002	-0,74665	0,01 0,473954
8,0	0,1	8,1562	0,0001	0,680	0,001	-0,386	0,001	-0,05914	-0,33 0,942572
9,6	0,1	9,6854	0,0001	0,891	0,001	-0,115	0,001	0,471269	-0,59 1,602027
8,2	0,1	8,3095	0,0001	0,695	0,001	-0,364	0,001	-0,00597	-0,36 0,994048
9,5	0,1	9,6427	0,0001	0,860	0,001	-0,151	0,001	0,456459	-0,61 1,578474
10,0	0,1	9,9721	0,0001	8,859	0,01	2,181	0,001	0,570713	1,61 1,769528
0,5	0,1	0,59663	0,00020	0,076	0,001	-2,58	0,01	-2,63122	0,10 0,068479
1,3	0,1	1,3485	0,0001	0,003	0,001	-5,8	0,3	-2,42043	-3,39 0,088883
0,3	0,1	0,33901	0,00040	0,103	0,001	-2,27	0,01	-2,77058	0,50 0,062626
0,8	0,1	0,8186	0,0002	0,054	0,001	-2,92	0,02	-2,60423	-0,31 0,07396
1,1	0,1	1,1273	0,0001	0,025	0,001	-3,69	0,04	-2,49716	-1,19 0,082319
1,5	0,1	1,5584	0,0001	0,018	0,001	-4,02	0,06	-2,34763	-1,67 0,095596
1,9	0,1	1,9583	0,0001	0,058	0,001	-2,85	0,02	-2,20892	-0,64 0,109819
4,8	0,1	4,8403	0,0001	0,347	0,001	-1,058	0,003	-1,20928	0,15 0,298411
6,3	0,1	6,4374	0,0001	0,507	0,001	-0,679	0,002	-0,65532	-0,02 0,519277
7,9	0,1	7,9679	0,0001	0,660	0,001	-0,416	0,002	-0,12446	-0,29 0,882977
8,4	0,1	8,5270	0,0001	0,718	0,001	-0,331	0,001	0,069472	-0,40 1,071942
11,1	0,1	10,025	0,0001	79,51	0,01	4,3759	0,0001	0,589062	3,79 1,802297
11,6	0,1	10,024	0,0001	109,84	0,01	4,699025	0,00009	0,588715	4,11 1,801672
12,4	0,1	10,024	0,0001	164,15	0,01	5,100781	0,00006	0,588715	4,51 1,801672
13,1	0,1	10,026	0,0001	217,1	0,1	5,3804	0,0005	0,589409	4,79 1,802922

Fig.13 - Tabela de dados do diodo zener - sentido Inverso

fonte/V	u(fonte)/V/V	u(V)/V	I/μA	u(I)/μA	Ln(I)	u(Ln(I))	fit	Resíduos	Exp(fit)
0,7	0,1	0,40009	0,00006	23,04	0,01	3,1372	0,0004	3,407904	-0,27067 30,20187
1,4	0,1	0,44007	0,00001	65,13	0,01	4,1764	0,0002	4,274606	-0,09822 71,85184
2,7	0,1	0,47329	0,00001	149,02	0,01	5,004081	0,0007	4,994763	0,009318 147,6379
3,3	0,1	0,48185	0,00001	182,63	0,01	5,207462	0,0005	5,18033	0,027133 177,7414
4,9	0,1	0,50369	0,00001	299,0	0,1	5,7004	0,0003	5,653786	0,046658 285,3698
4,3	0,1	0,49769	0,00001	261,5	0,1	5,5664	0,0004	5,523715	0,042719 250,5643
5,4	0,1	0,50909	0,00001	337,1	0,1	5,8204	0,0003	5,770849	0,04953 320,81
6,4	0,1	0,51700	0,00001	400,9	0,1	5,9937	0,0002	5,942325	0,051387 380,8194
7,2	0,1	0,52317	0,00001	458,1	0,1	6,1271	0,0002	6,076081	0,051007 435,3198
8,2	0,1	0,52970	0,00001	527,1	0,1	6,2674	0,0002	6,217641	0,049749 501,5187
8,9	0,1	0,53354	0,00001	571,8	0,1	6,3488	0,0002	6,300886	0,047903 545,0546
9,6	0,1	0,53754	0,00001	621,3	0,1	6,4318	0,0002	6,3876	0,044215 594,428
10,7	0,1	0,54249	0,00001	689,6	0,1	6,5361	0,0001	6,494908	0,041204 661,7631
2,1	0,1	0,46050	0,00001	108,79	0,01	4,68942	0,00009	4,717496	-0,02808 111,8877
1,8	0,1	0,45249	0,00001	88,96	0,01	4,4882	0,0001	4,543852	-0,05567 94,05239
0,1	0,1	0,16680	0,00030	0,270	0,008	-1,31	0,03	-1,64945	0,340116 0,192156
0,5	0,1	0,36150	0,00030	9,651	0,012	2,267	0,001	2,571335	-0,30427 13,08327
0,8	0,1	0,41105	0,00001	30,32	0,01	3,4118	0,0003	3,645499	-0,23369 38,30189
2,3	0,1	0,46484	0,00001	120,79	0,01	4,794054	0,00008	4,81158	-0,01753 122,9257
2,6	0,1	0,47050	0,00001	138,48	0,01	4,93073	0,00007	4,93428	-0,00355 138,973
4,0	0,1	0,49414	0,00001	239,8	0,1	5,4798	0,0004	5,446757	0,033048 232,0046
4,2	0,1	0,49705	0,00001	255,9	0,1	5,5448	0,0004	5,509841	0,034945 247,1119
4,9	0,1	0,50434	0,00001	301,1	0,1	5,7074	0,0003	5,667877	0,039566 289,4194
10,8	0,1	0,54330	0,00001	698,7	0,1	6,5492	0,0001	6,512467	0,036754 673,4859
11,5	0,1	0,54650	0,00001	747,0	0,1	6,6161	0,0001	6,581838	0,034227 721,8649
12,3	0,1	0,54979	0,00001	800,6	0,1	6,6854	0,0001	6,65316	0,032202 775,2301

Fig.14-Tabela de dados do diodo retificador - sentido direto

fonte/V	u(fonte)/V/V	u(V)/V	I/μA	u(I)/μA	Ln(I)	u(Ln)	fit	Resíduos	Exp(fit)
2,0	0,1	2,0487	0,0001	0,066	0,001	-2,72	0,02	-1,10774	-3,05 0,330305
0,2	0,1	0,27582	0,00008	0,112	0,001	-2,189	0,009	-1,3154	-2,46 0,268367
2,2	0,1	2,2888	0,0001	0,091	0,001	-2,40	0,01	-1,07962	-2,74 0,339726
1,7	0,1	1,7988	0,0001	0,042	0,001	-3,17	0,02	-1,13701	-3,49 0,320777
1,2	0,1	1,3007	0,0001	0,009	0,001	-4,7	0,1	-1,19535	-5,01 0,302597
4,6	0,1	4,6596	0,0001	0,328	0,001	-1,115	0,003	-0,80192	-1,56 0,448468
3,8	0,1	3,8690	0,0001	0,249	0,001	-1,390	0,004	-0,89452	-1,80 0,408803
3,3	0,1	3,4015	0,0001	0,201	0,001	-1,604	0,005	-0,94928	-1,99 0,387019
7,0	0,1	7,0925	0,0001	0,571	0,001	-0,560	0,002	-0,51695	-1,16 0,596339
5,6	0,1	5,6648	0,0001	0,428	0,001	-0,849	0,002	-0,68418	-1,35 0,504506
7,2	0,1	7,3436	0,0001	0,596	0,001	-0,518	0,002	-0,48753	-1,13 0,614139
10,2	0,1	10,302	0,0001	0,892	0,001	-0,114	0,001	-0,14101	-0,98 0,868481
11,5	0,1	11,623	0,0001	1,025	0,001	0,025	0,001	0,013722	-0,99 1,013817
12,9	0,1	13,069	0,0001	1,169	0,001	0,1561	0,0009	0,183096	-1,04 1,200929
9,9	0,1	10,274	0,0001	0,865	0,001	-0,145	0,001	-0,14429	-1,01 0,865637
8,8	0,1	8,8679	0,0001	0,749	0,001	-0,289	0,001	-0,30899	-1,02 0,734189
6,4	0,1	6,4587	0,0001	0,508	0,001	-0,677	0,002	-0,59118	-1,23 0,553671
5,6	0,1	5,6512	0,0001	0,427	0,001	-0,851	0,002	-0,68577	-1,35 0,503703
4,9	0,1	4,9824	0,0001	0,359	0,001	-1,024	0,003	-0,76411	-1,49 0,465749
2,9	0,1	3,0150	0,0001	0,162	0,001	-1,820	0,006	-0,99455	-2,19 0,369888
2,5	0,1	2,5527	0,0001	0,116	0,001	-2,154	0,009	-1,0487	-2,50 0,350391
1,2	0,1	1,2760	0,0001	0,013	0,001	-4,34	0,08	-1,19825	-4,64 0,301723
6,2	0,1	6,2935	0,0001	0,491	0,001	-0,711	0,002	-0,61054	-1,25 0,54306
7,2	0,1	7,3366	0,0001	0,595	0,001	-0,519	0,002	-0,48835	-1,13 0,613635
4,0	0,1	4,0115	0,0002	0,262	0,001	-1,339	0,004	-0,87783	-1,76 0,415683
8,1	0,1	8,1579	0,0001	0,678	0,001	-0,389	0,001	-0,39215	-1,06 0,6756

Fig.15-Tabela de dados do diodo retificador - sentido inverso

Após alargamento do prazo de entrega

Como na entrega inicial, não tive tempo para refazer os gráficos no sentido inverso de ambos os diodos, após o alargamento do prazo, consegui refazer os mesmos.

Nesta parte apenas vou comentar acerca destes gráficos, sendo válido, tudo o que ~~(fazendo) falei~~ previamente.

Esta parte é apenas um complemento.

Diodo Zener - sentido direto

Curva característica de I

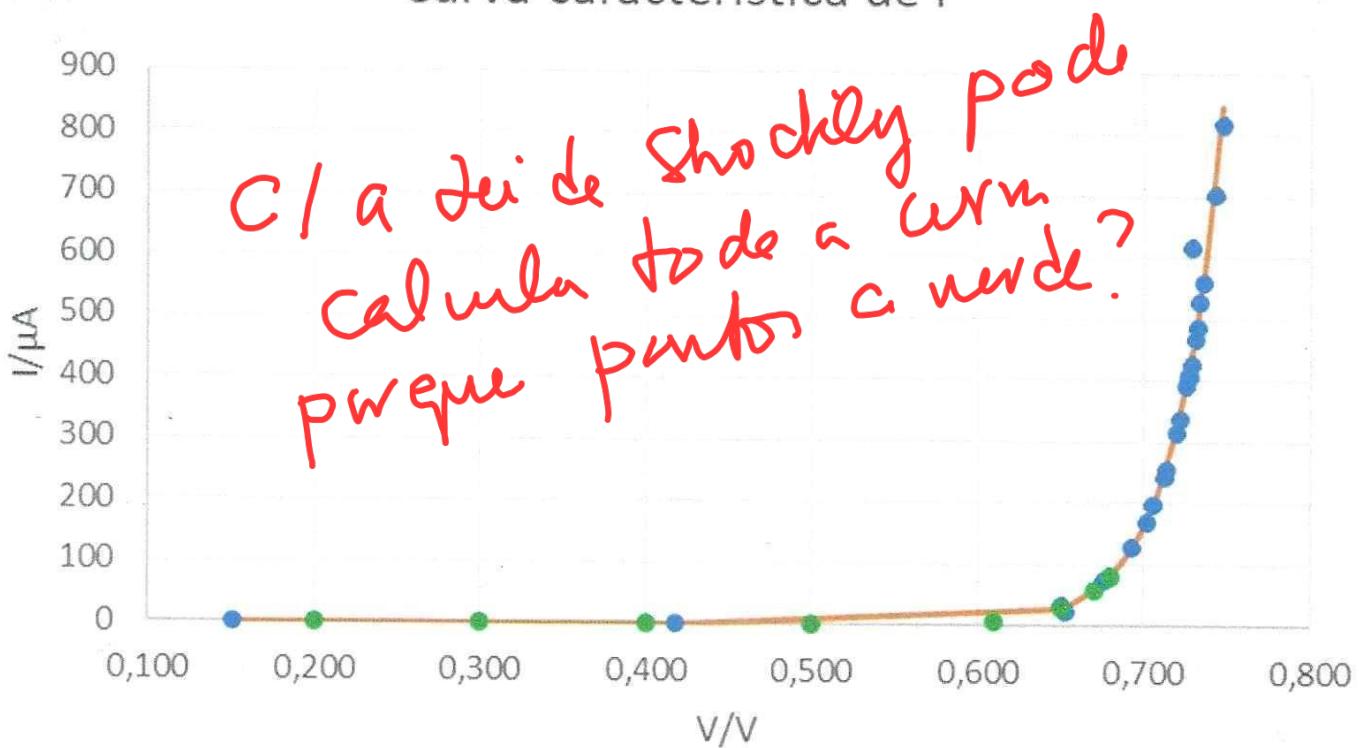


Fig.26 - gráfico gerado da curva característica de I em função de V com alguns pontos calculados pela lei de Shockley, a verde

Calculando alguns pontos com a equação da lei de Shockley, $I = I_0 (e^{\frac{eV}{RT}} - 1)$, (desenhos) observe que se pode validar esta lei, exceto no intervalo de 0,400 e 0,650, o motivo desta descrença neste intervalo, pode-se dizer à falta de pontos obtidos experimentalmente neste intervalo.

Diodo zener - sentido inverso

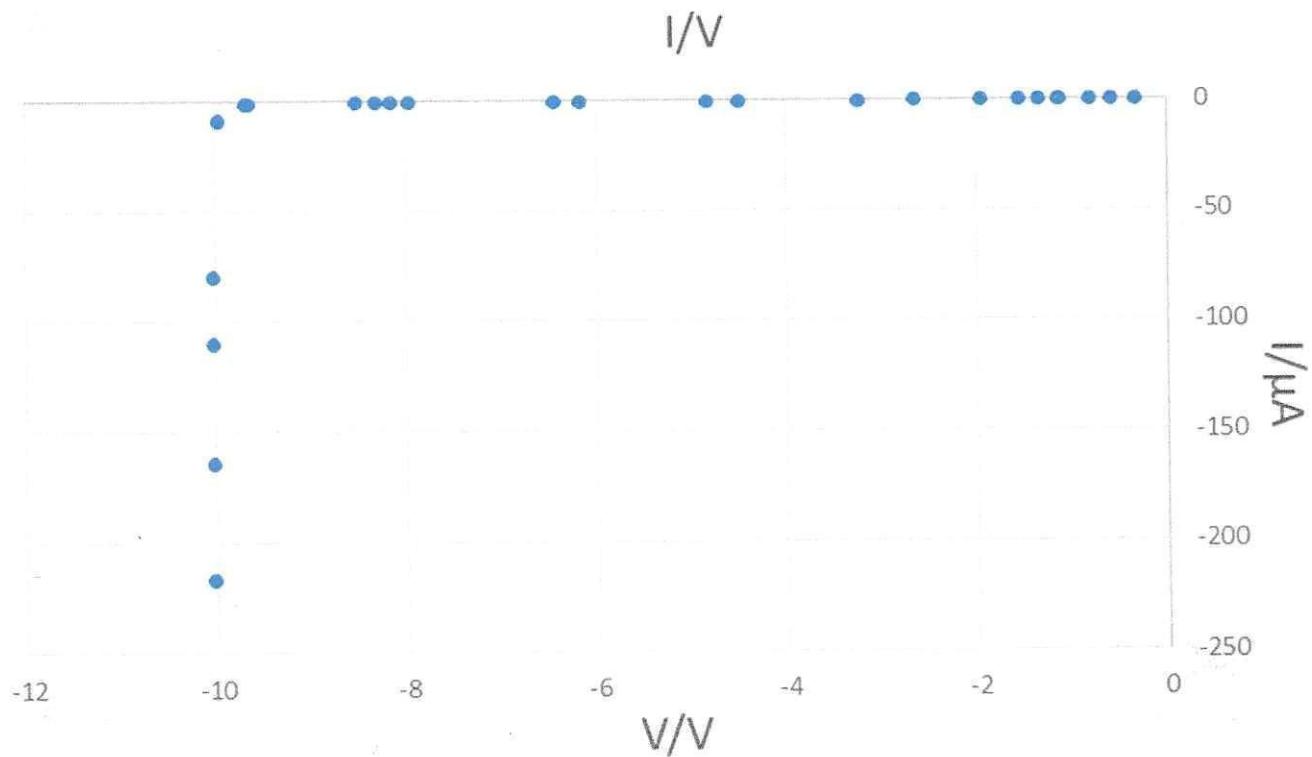


Fig. 27 - gráfico de I em função de V

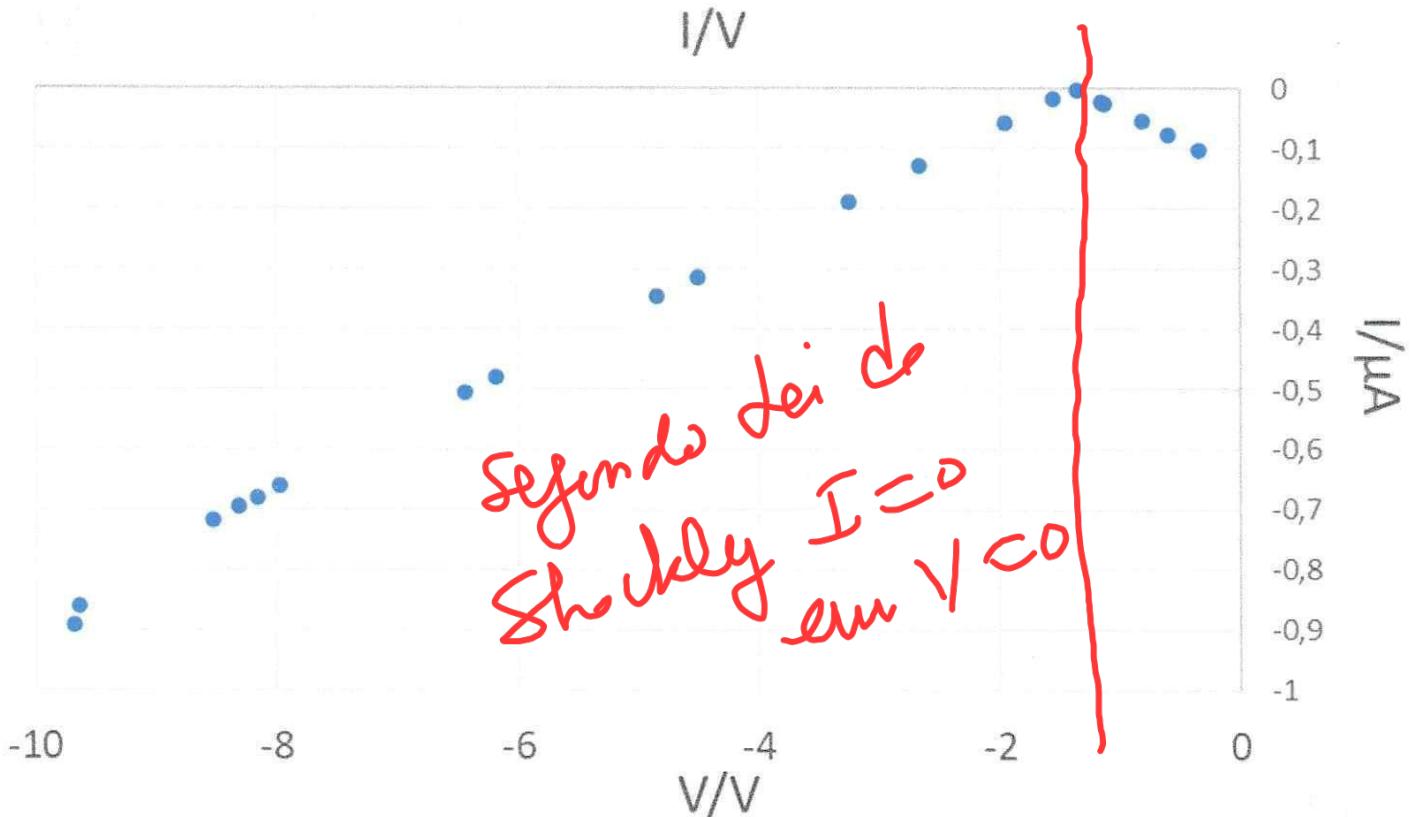


Fig. 28 - gráfico de I em função de V ampliado no intervalo de I de 0 a -1

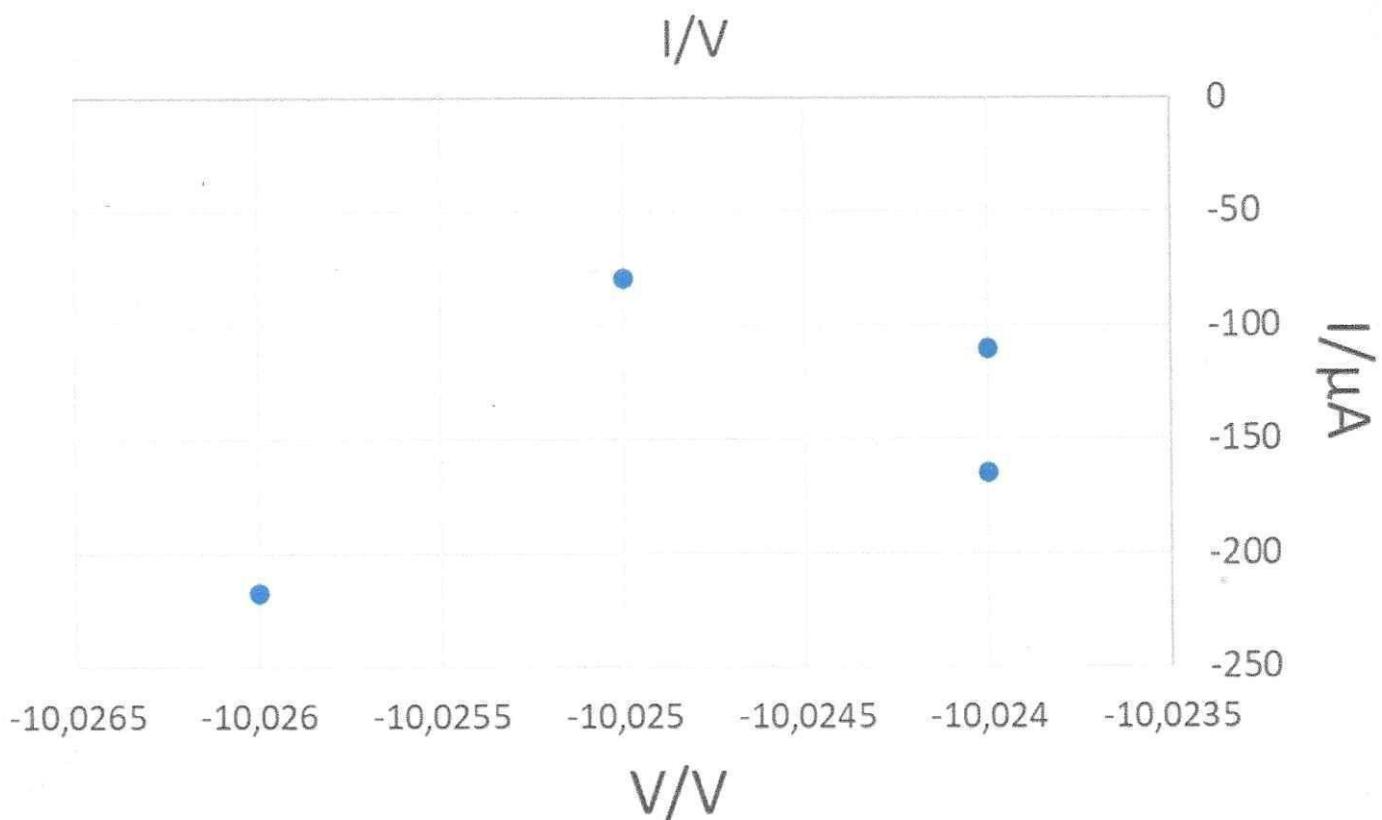


Fig. 29 - gráfico de I em função de V ampliado no intervalo de ~~V~~ de -10,0265 a -10,0235

Ao ajustar o sinal de I e V, reparo que obtive os gráficos esperados, indicando um ~~pequeno~~ erro meu ~~meu~~ durante a obtenção dos dados.

Díodo zener

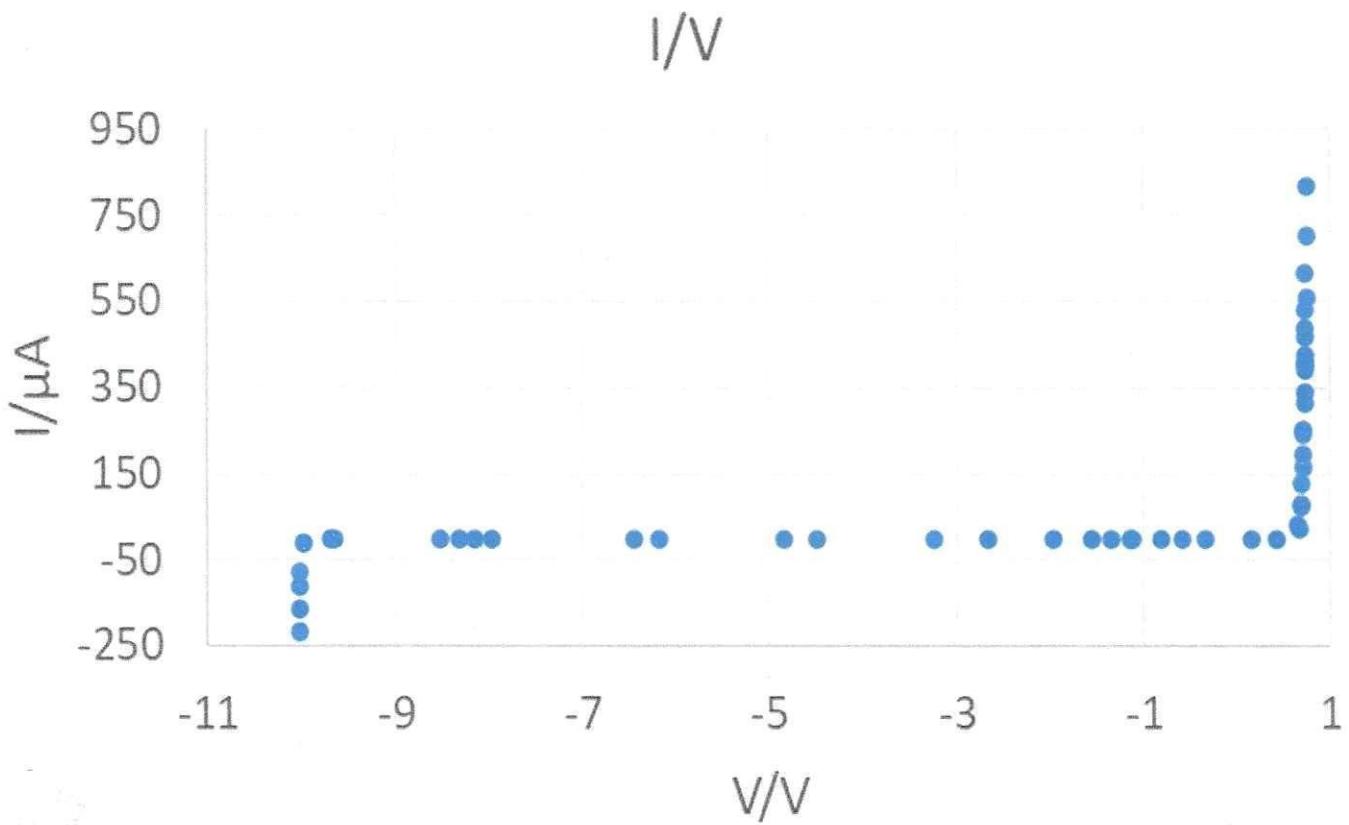


Fig. 30 - gráfico completo do díodo de zener

Juntando o sentido inverso e direto no mesmo gráfico, observei a zona de avalanche à esquerda e a curva característica de I à direita, como esperado.

Díodo retificador-sentido direto

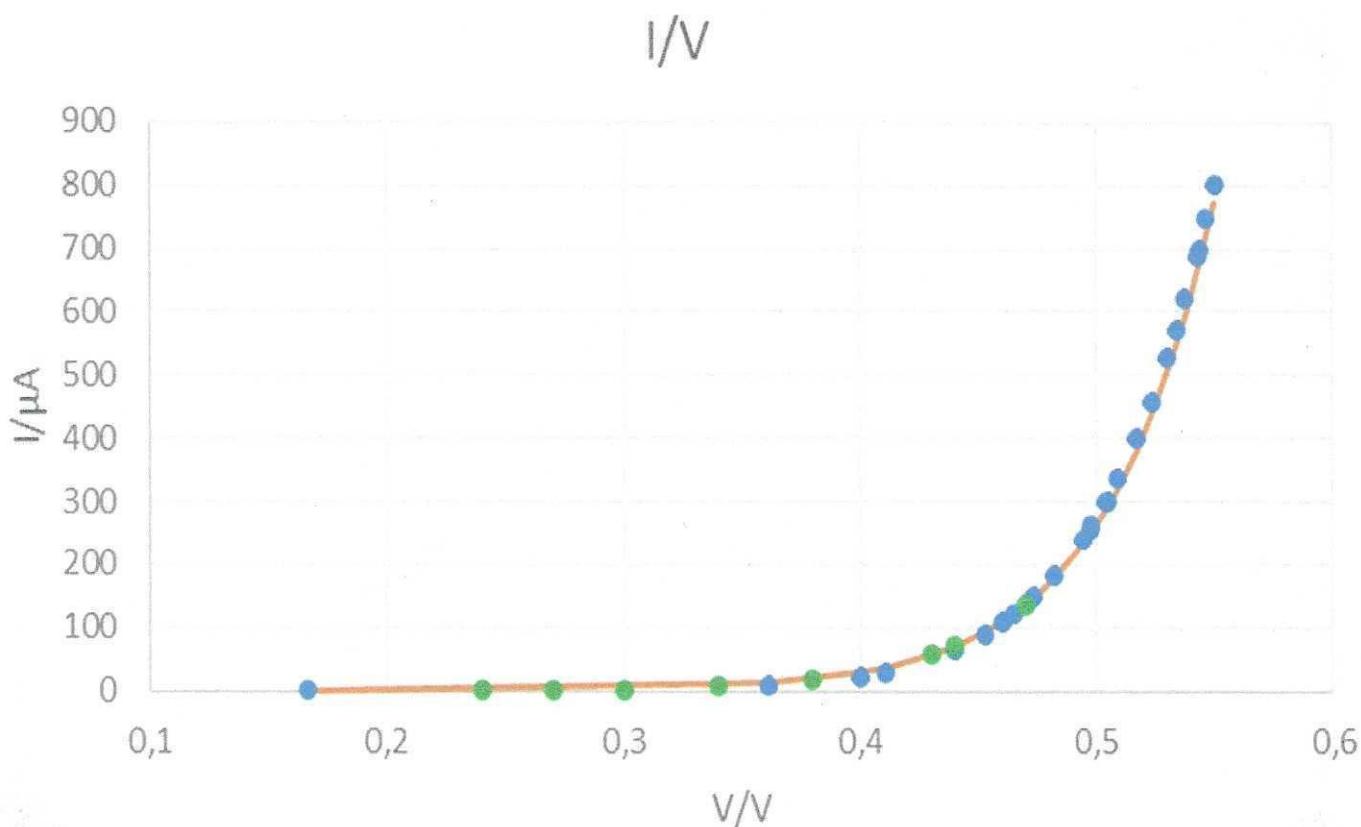


Fig. 31 - gráfico da curva característica de I em função de V com alguns pontos calculados pela lei de Shockley, a verde

Tal como fiz para o diodo de zener, calculando I através da lei de Shockley,

$$I = I_0 \left(e^{\frac{eV}{kT}} - 1 \right),$$

observe que os pontos calculado se encontram aproximados à função de ajuste, verificando a lei de Shockley.

Díodo retificador - sentido inverso

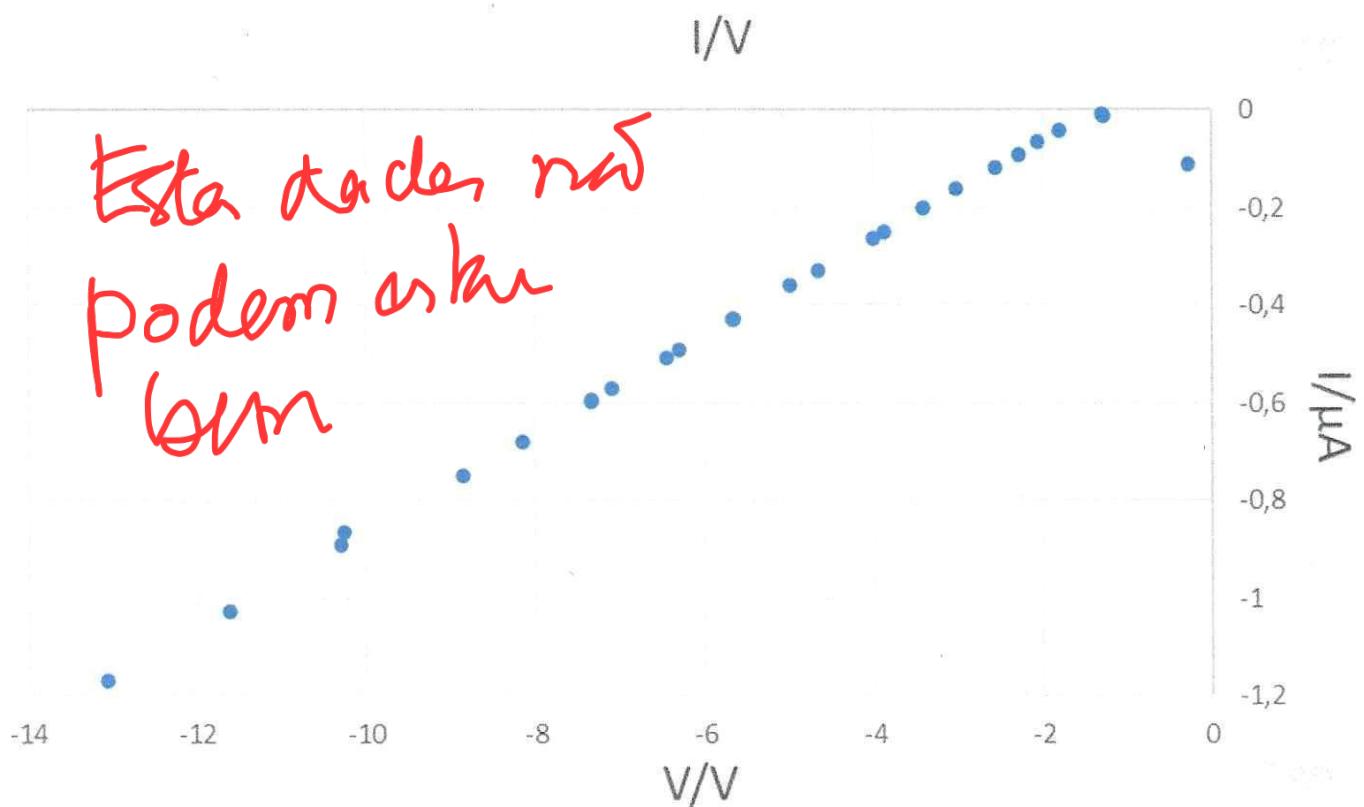


Fig.32- gráfico de I em função de V

Ajustando o sinal de I e V , obtive o gráfico esperado. É de salientar que neste díodo não atingiu a zona de avalanche, pelo que, estaria a pôr em risco o funcionamento do díodo.

Diodo retificador

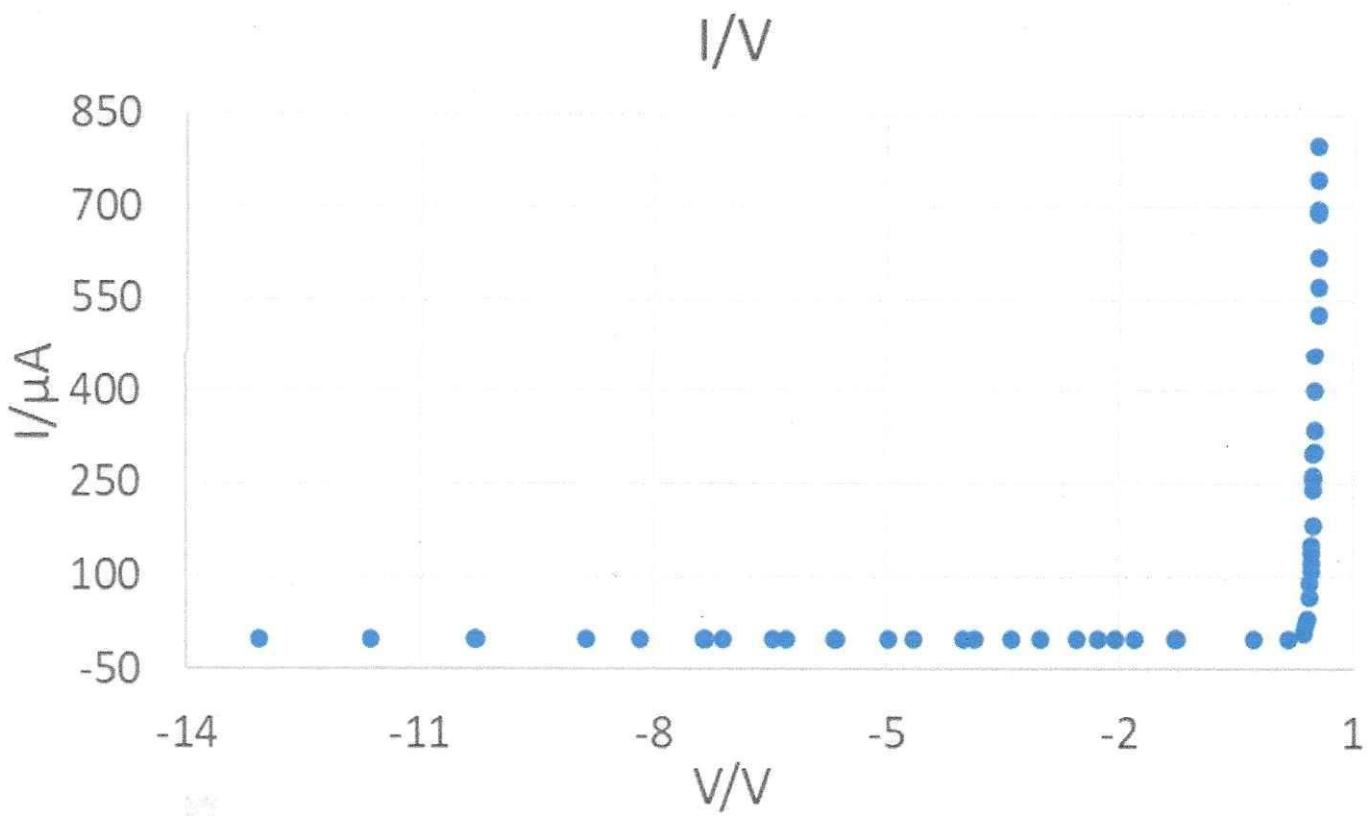


Fig. 33 - gráfico completo do diodo (d) retificador

Juntando ambas os gráficos, sentido direto e inverso, ~~(obtido)~~ o gráfico esperado deste diodo, tendo em conta que não consegui chegar à zona de avalanche.

* Se usam os mesmos dados para o
Díodo Zener

$$I = I_0 (e^{\frac{V}{35}} - 1)$$

para $V = -1 \text{ V}$ c Lei puVé

$$I = -I_0 (e^{-\frac{V}{35}} < c < 1)$$