

Gráficos em vários eixos e  
Formatação. Ajuda clara e  
rápida

95%

Faltam pequenas de  
exemplo (montagem A  
e B)  
Díodo Zener não faz

iluminar

melhor o  
caderno e

fazer  
a foto

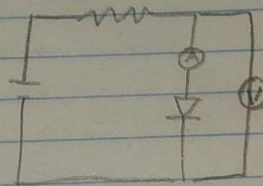
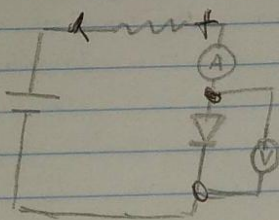
Trabalho de Característica  
de Diodos  
Objetivos: José Pinheiro, N: -202109695  
+ traçar a curva característica de diodos retificadores e  
analisando-os  
+ Avaliar as resistências internas aparentes nos vários  
ganhos de tensão em ambas as diodos

Procedimento experimental

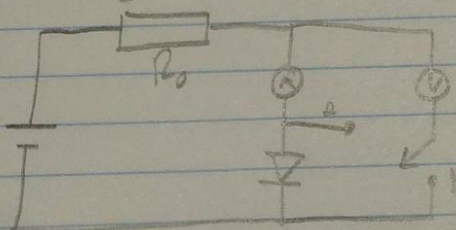
- multímetro digital no ganho de mA-mA para servir de Amperímetro
- multímetro digital no ganho 0,1 mV-15V para servir de Voltímetro
- Fonte de tensão variável
- Resistência de proteção 15k $\Omega$
- Conjunto de diodos montados
- Comutador
- Fios elétricos

- Montagem A

Montagem B



Montagem mista



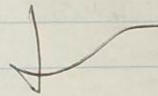
2

- Resistência deve permitir corrente máxima de 1-2 mA
- Montar esquema do circuito misto na posição 1
- Ajustar potenciômetro para manter os multímetros
- Verificar se a fonte de tensão está no mínimo e máximo, para ligar, se a corrente é nula com os multímetros
- Registrar incertezas e criar uma tabela

Introdução

**não interessa no logbook**

O diodo é um componente eletrônico constituído por dois semicondutores, ou um anodo e um metal. Os semicondutores do tipo n os portadores majoritários são elétrons que de origem a uma carga negativa e no do tipo p os portadores majoritários são lacunas que de origem a uma carga positiva. Com a junção destes dois materiais o diodo comporta-se de forma não linear. A principal característica dos diodos é a capacidade de reter a corrente elétrica, apresentando baixa resistência no sentido de corrente elétrica e elevada resistência no sentido oposto. A parte p é designada como anodo e a parte n como catodo. O sentido preferencial da corrente elétrica será sentido anodo-catodo. Geralmente a tensão elétrica no catodo é vários ordens de grandeza maior do que no anodo, no entanto para elevadas tensões elétricas (no sentido inverso da corrente), ou seja,  $V_c > V_a$ , (em que  $V_c$  é a tensão no catodo e  $V_a$  a tensão no anodo), o diodo atinge ruptura elétrica (regime de avalanche), num diodo retificador isto corresponde a sua destruição por aquecimento.



**Por menores da realização experimental?**



Resistência de proteção  $\rightarrow 15k\Omega$   
Sentido da corrente

montagem A n B

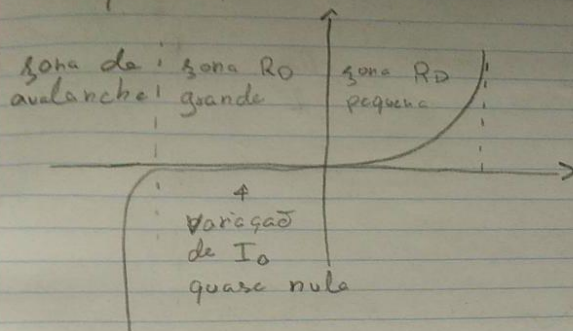
$E (V)$	DDP (V)	$I (mA)$
0,5	$0,43201 \pm 0,00001$	$0,0428 \pm 0,0001$
1,1	$0,47270$	$0,1251$
1,8	$0,49384$	$0,2231$
2,8	$0,51718$	$0,3584$
3,4	$0,52691$	$0,4381$
4,1	$0,53584$	$0,5318$
4,8	$0,54278$	$0,6170$
5,5	$0,54968$	$0,7145$
6,2	$0,55584$	$0,8138$
6,9	$0,56066$	$0,9007$
7,6	$0,56556$	$0,9988$
8,3	$0,56968$	$1,0902$
9,0	$0,57392$	$1,1916 \pm 0,0001$
9,7	$0,57752$	$1,2842$
10,4	$0,58113$	$1,3848$
11,1	$0,58477$	$1,4782$
11,9	$0,58741$	$1,5776$
12,6	$0,59012$	$1,6696$
13,3	$0,59302$	$1,7749$
14,1	$0,59553$	$1,8706$

Sentido inverso da corrente

$E (V)$	DDP (V)	$I (mA)$
0,7	$1,5693 \pm 0,0001$	$-0,0013 \pm 0,0001$
1,4	$2,8600 \pm 0,0001$	$-0,0013$
2,1	$4,3978$	$-0,0013$

Resolução do  
Amperímetro

## Gráfico exponencial



Foi testado diversos maneiras de montar o circuito e foram anotados todos os dados em todas as montagens para o sentido inverso, para verificar relação entre dados e qual é mais apropriado, verificar o excel

Montagens

- 1º igual sentido de corrente
- 2º no output do amperímetro
- 3º no input do amperímetro ← mais provável de ser o melhor.

## Linearização da lei de Shockley

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

$$\Rightarrow \ln(I_D + I_0) = \frac{eV}{\eta kT} - \ln(I_0)$$

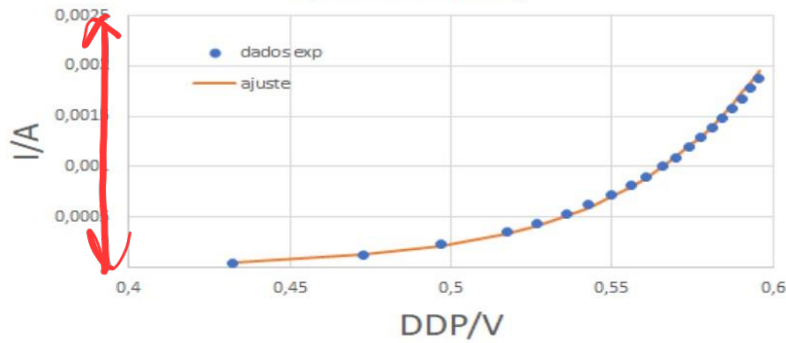
$$\Rightarrow \ln(I_D) = \frac{eV}{\eta kT} - \ln(I_0)$$

se  $I_D \gg I_0$   
 $I_D + I_0 \approx I_D$



Corrente

Ajuste de Shockley



O gráfico observado é uma relação entre a intensidade da corrente e a diferença de potencial, se linearizar o gráfico com a lei de Shockley, o declive será  $\frac{e}{kT}$  e a ordenada na origem é o  $\ln(I_0)$ .

aprox. a Lei de Shockley

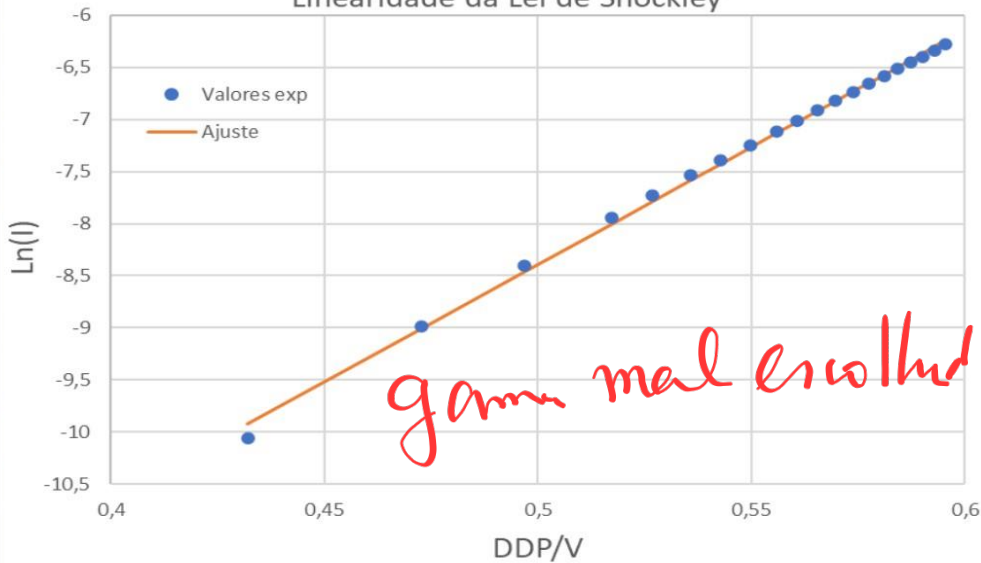
Desta forma é possível obter com  $I_0 = e^b$  e  $\eta = \frac{e}{m k T}$

no dia em que foi realizada a experiência, 28 de março 2022, a temperatura média foi de 14,5°C (máxima de 19°C e mínima de 10°C), dando cerca de 287,65°K, desta forma vou assumir que a temperatura do Díodo será igual ao ambiente

podia ter medido

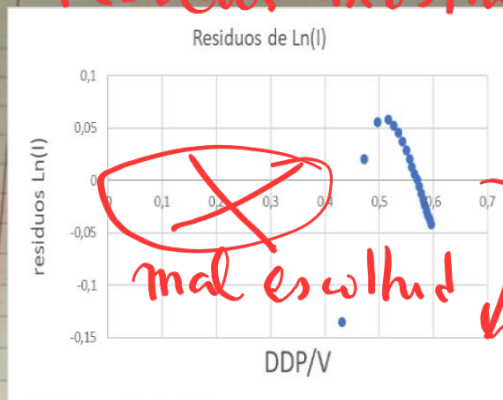
Havia termómetro na sala

Linearidade da Lei de Shockley



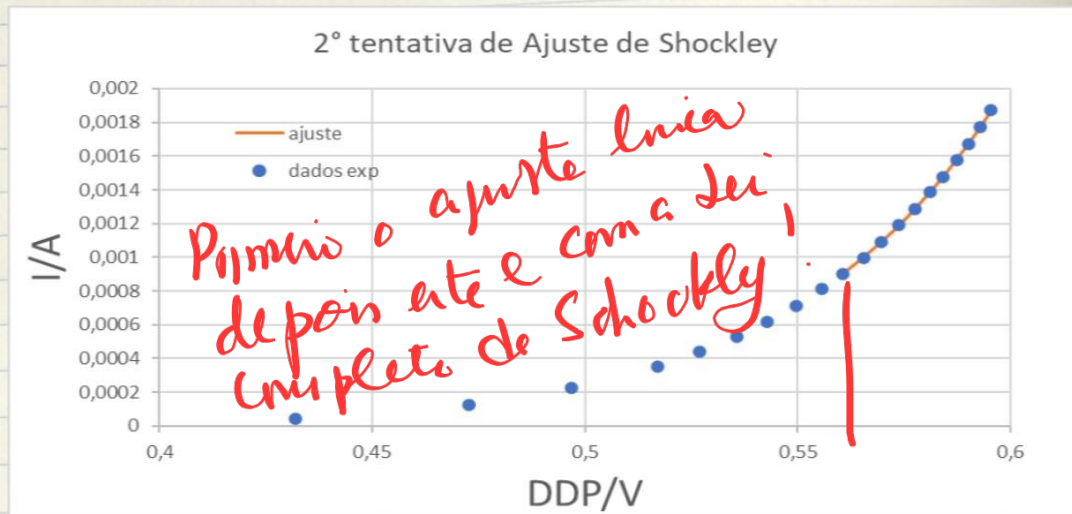
gamma mal escolhida

Resíduos mostram gama mal escolhida



foi obtido um gráfico de resíduos com uma tendência semelhante a uma parábola, não se trata de uma simples falta de simetria, isto faz pensar em duas hipóteses, ou a falta de uma variável, ou uma escolha de gama de linearização.

A única variável que pode estar em falta é a temperatura, no entanto devido a baixa resistência que o diodo oferece devido que a variação de temperatura fosse grande e suficiente para que se notasse.

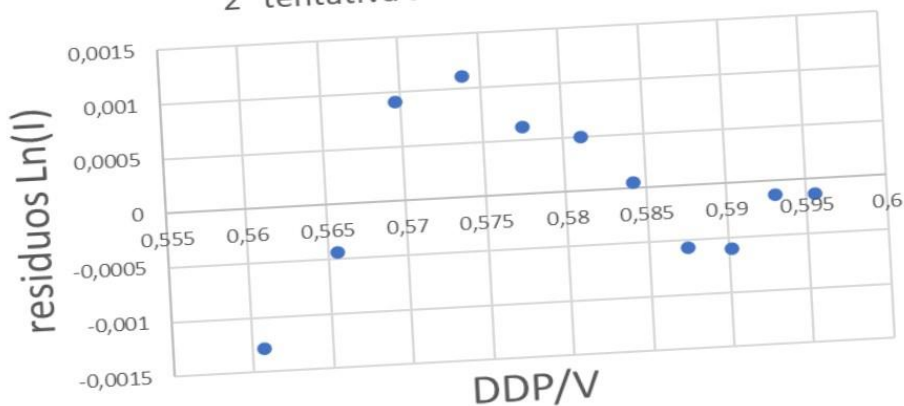


2ª tentativa de Linearidade da Lei de Shockley

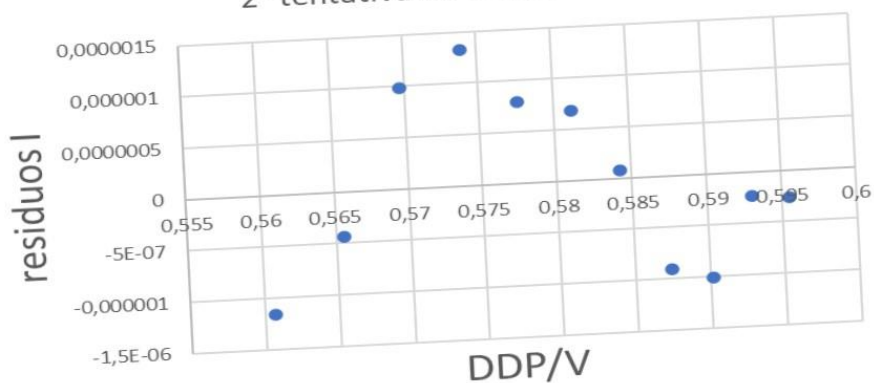


Neste segundo ajuste os resíduos são já mais aleatórios o que poderá indicar que a teoria da escolha de zona de linearização está certa, no entanto faz com que se tenha menos dados de estudo.

2ª tentativa de resíduos Ln(I)



2ª tentativa de resíduos I





É facilmente notável que a gama escolhida é pouco adequada, pois não foi possível obter uma linearização que fosse satisfatória.

Com os dados anteriores, na primeira linearização obtiveram-se os valores de:

$$\eta = 1,79 \pm 0,01$$

$$I_0 = (2,91 \pm 0,4) \times 10^{-9} \text{ A}$$

Tabela  
Linut.?

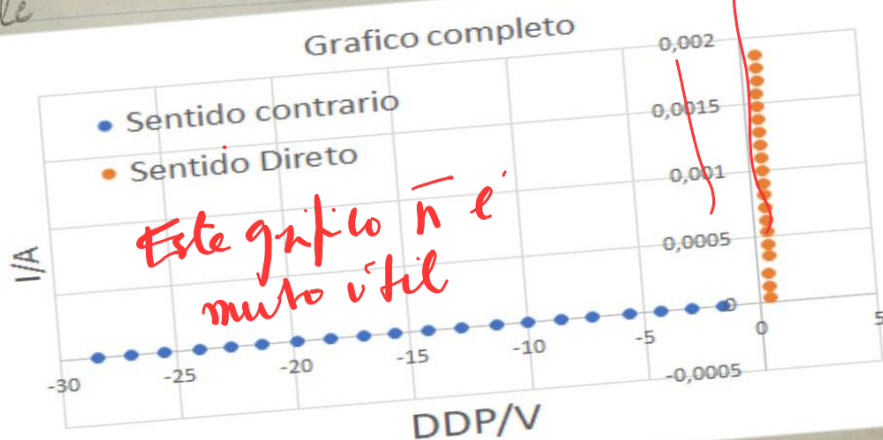
e na segunda:

$$\eta = 1,92 \pm 0,01$$

$$I_0 = (7,24 \pm 0,4) \times 10^{-9} \text{ A}$$

Apesar de o valor de  $\eta$  estar dentro da gama [1,2] como esperado a variação é muito grande. Devido a isso fui buscar dados a trabalhos já corrigidos, aproveitei maioritariamente o do grupo de Ascensão. Os valores da segunda linearização estão mais perto mas ainda demonstram um desvio não apreciável (devido também a erros no trabalho dele).

Ao utilizar o mesmo método e dados semelhantes aos dele





utilizando a fórmula

$$R_{AC} = \frac{dU}{dI} \quad e \quad R_{DC} = \frac{U}{I}$$

↑  
aproximadamente igual a  $\frac{U_2 - U_1}{I_2 - I_1}$

Escolha  
de 1 e 2?

foi então possível obter a seguinte tabela

	sentido contrário	sentido direto
$R_{DC}$	$10^{10} - 10^9$	$10^3 - 10^2$
$R_{AC}$	$10^9$	$10^2 - 10^1$

Valores semelhantes ao esperado

Discussão e Conclusão

Conclusão

Esta experiência de forma geral está longe de um sucesso, os valores obtidos têm grande variação, a gama escolhida não permitiu uma boa linearização.

No entanto foi possível verificar de modo geral a lei de Shockley e que:

→ no sentido de corrente é oferecida baixa resistência

→ no sentido inverso é oferecida alta resistência

→ não foi verificada zona de avalanche, pois significaria a destruição do Diodo.

não necessariamente. Diodo

Zener funciona na zona de  
avalanche