

Relatório 3: Condutividade de componentes

Cirilo Max Macedo de Moraes Filho - 168838

Rian Radeck Santos Costa - 187793

Igor Brito Andrade - 171929

Enzo Pontes Saraiva de Moraes - 259114

1 TEXTO

O principal objetivo deste experimento é determinar de forma experimental as curvas características e propriedades elétricas de alguns componentes eletrônicos. Vamos atingir nosso objetivo através de um circuito composto por uma protoboard, um voltímetro, um amperímetro e uma fonte de tensão variável para alimentar os circuitos montados.

O primeiro ponto a ser discutido é a montagem do experimento, que em nosso caso depende do componente eletrônico que será testado. Existem duas possibilidades de montagem para duas possíveis situações: A resistência do componente eletrônico é muito menor que a resistência de nosso voltímetro, ou a resistência do componente eletrônico é muito maior que a resistência de nosso voltímetro. Esse detalhe é importantíssimo pois vamos coletar nossos dados a partir de quanta corrente passa pelo nosso dispositivo e qual a diferença de potencial entre seus polos, portanto é de extrema importância modelar o circuito de tal forma que nossos aparatos de aferição não influenciem nossas medições.

Os dois esquemas de montagem podem ser observados nas figuras 1a e 1b. Observe que no circuito do tipo A os elétrons têm dois caminhos para passar: um cujo a resistência é $R_{DUT} + R_A$ e outro onde a resistência é R_V . Sendo assim devemos utilizar o circuito do tipo A quando a resistência do nosso componente for significativa em comparação a resistência de nosso voltímetro, pois assim vamos ter certeza que estamos medindo apenas a corrente que passa por nosso componente, e em troca disso perdemos um pouco da acurácia sobre qual a voltagem exata entre os terminais de nosso componente já que estamos levando em consideração a diferença de potencial após o amperímetro. O circuito do tipo B será utilizando justamente quando a resistência do componente for muito menor quando comparada a do voltímetro, pois dessa forma a grande parte da corrente elétrica passará apenas pelo componente, ou seja, a corrente medida no circuito toda é aproximadamente a mesma que passa pelo componente, e em oposição ao circuito do tipo A, conseguimos o valor exato da diferença do potencial entre os terminais do componente. O resistor logo na saída da fonte é opcional e serve como resistor de proteção do nosso circuito, não causando impacto notável na mudança de nossos resultados. Em nosso caso utilizamos um resistor de proteção de $206,9 \pm 0,6 \Omega$.

Podemos então definir que o circuito do tipo B será utilizado quando o componente em teste for nosso resistor de teste com resistência de $99,2 \pm 0,3 \Omega$ ou nosso diodo posicionado em polarização direta, pois a resistência do voltímetro é da ordem de dezenas de milhões de ohms. Já o circuito do tipo A será utilizado quando o componente for o diodo em sua polarização reversa, pois sua resistência é da ordem de milhões de ohms. A informação da resistência do amperímetro e do multímetro foi obtida a partir do manual do multímetro utilizado. Os valores dos resistores foram obtidos com um ohmímetro.

Algo que vale ser comentado é a tabela 1, que mostra que o resistor é simétrico, ou seja, sua resistência é a mesma independente de sua orientação no circuito.

Agora que nosso circuito está bem definido de acordo com o componente em teste vamos abordar o procedimento experimental utilizado para coleta de dados. O procedimento experimental adotado foi o seguinte: com o circuito correto montado colete qual a amplitude da DDP medida em relação as capacidades de sua fonte assimétrica, ou seja, observe o valor que o voltímetro está medindo com a menor e maior voltagem de sua fonte. Sejam V_{min} e V_{max} os valores observados devemos coletar os dados entre esses valores espaçados linearmente, por exemplo se nossos valores fossem 0 e 10 respectivamente e desejamos fazer 6 medições, devemos coletar os dados com o voltímetro medindo os seguintes valores: 0, 2, 4, 6, 8, 10.

Os dados da nossa variável independente (DDP entre os terminais do DUT) foram coletadas utilizando um voltímetro com resolução de três casas decimais com fundo de escala de 600mV ou 6V e resolução de

0,1mV ou 0,001V. Já os dados de nossa variável dependente (corrente que passa pelo DUT) foi medido utilizando um amperímetro com resolução de duas casas decimais com fundo de escala de 60mA e resolução de 0,01mA.

Após a coleta de dados podemos observar os gráficos obtidos nas figuras da seção 2.

Vamos primeiro discutir sobre os gráficos relacionados ao nosso resistor de teste. O gráfico 2 mostra para nós a corrente em relação a voltagem em nosso resistor de teste, que é o esperado de acordo com a lei de Ohm $V = R \times I$, pois esses dados seguem um comportamento linear. Fazendo o ajuste linear aos dados conseguimos obter um valor para nossa resistência de $99,73 \pm 0,43 \Omega$ que é o inverso do nosso coeficiente angular, enquanto o valor do coeficiente linear será $0,05 \pm 0,07 \text{ mA}$ que representa a quantidade de corrente passante no circuito independente da tensão. Observando o gráfico 2, que foi obtido a partir da derivada numérica do gráfico 2, podemos notar também que a resistência não muda de acordo com o tempo, já que estamos justamente medindo um resistor Ôhmico.

Agora vamos nos atentar para os gráficos gerados pelo diodo alinhado com a corrente (polarização direta). O gráfico 3 nos dá a curva característica do nosso diodo e apresenta o comportamento esperado, aumentando sua corrente exponencialmente com a voltagem. Fazendo a derivada numérica conseguimos obter o gráfico 3 onde podemos ver que a resistência diminui exponencialmente fazendo com que nosso diodo se comporte como um fio condutor se a voltagem aplicada a ele for grande suficiente. Os gráficos exponenciais também estão em escala logarítmica, observe as imagens 4 e 4.

Por último vamos olhar para a tabela 4, onde temos os dados coletados do circuito A com nosso diodo não alinhado com a corrente. Conseguimos concluir que de fato não passa nenhuma corrente por ele nas voltagens de nosso circuito, que são com certeza menores que a tensão de ruptura.

Comparando os dois casos de nosso experimento (resistor e diodo) conseguimos descrever bem o comportamento de cada um e notar as suas principais diferenças que seriam a resistência variável, onde o resistor se mantém constante enquanto o diodo varia de acordo com tensão aplicada a ele; e a assimetria do diodo, obtendo comportamentos totalmente diferentes em seus dois possíveis sentidos, em contraste com o resistor que é totalmente simétrico.

2 FIGURAS E TABELAS (até 2 páginas)

Figuras e tabelas referente ao texto principal.

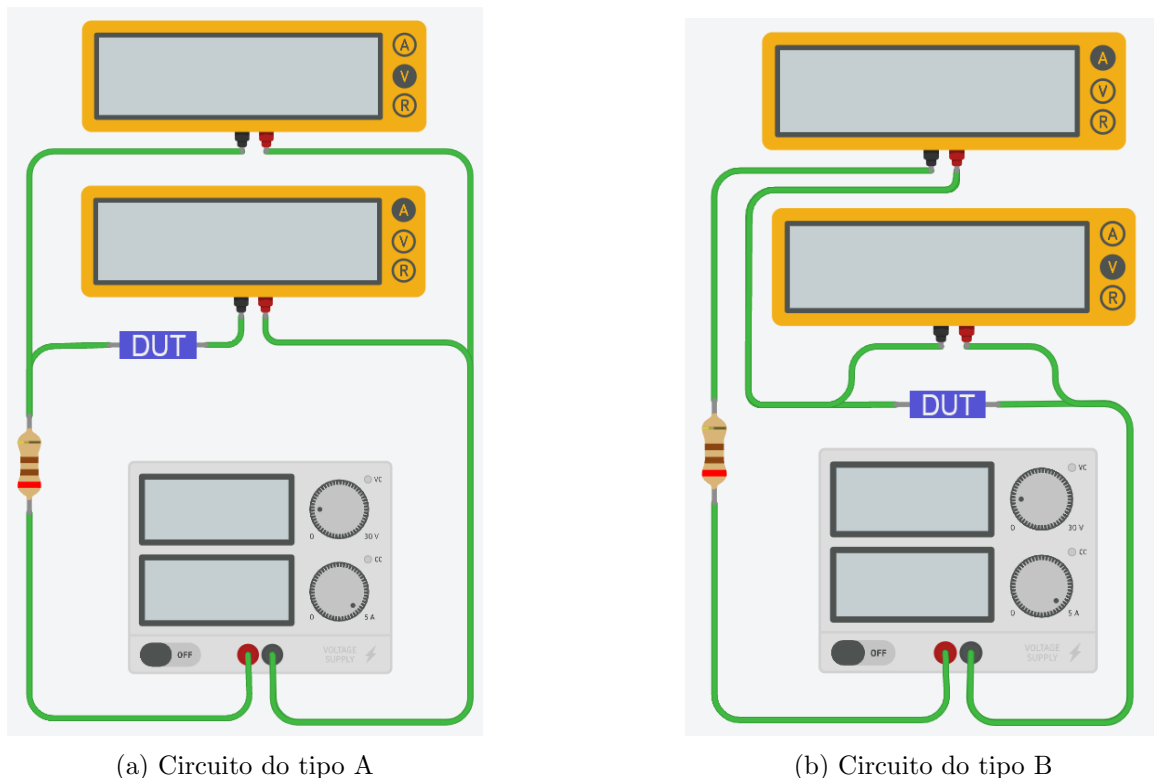


Figura 1: Os dois circuitos do experimento

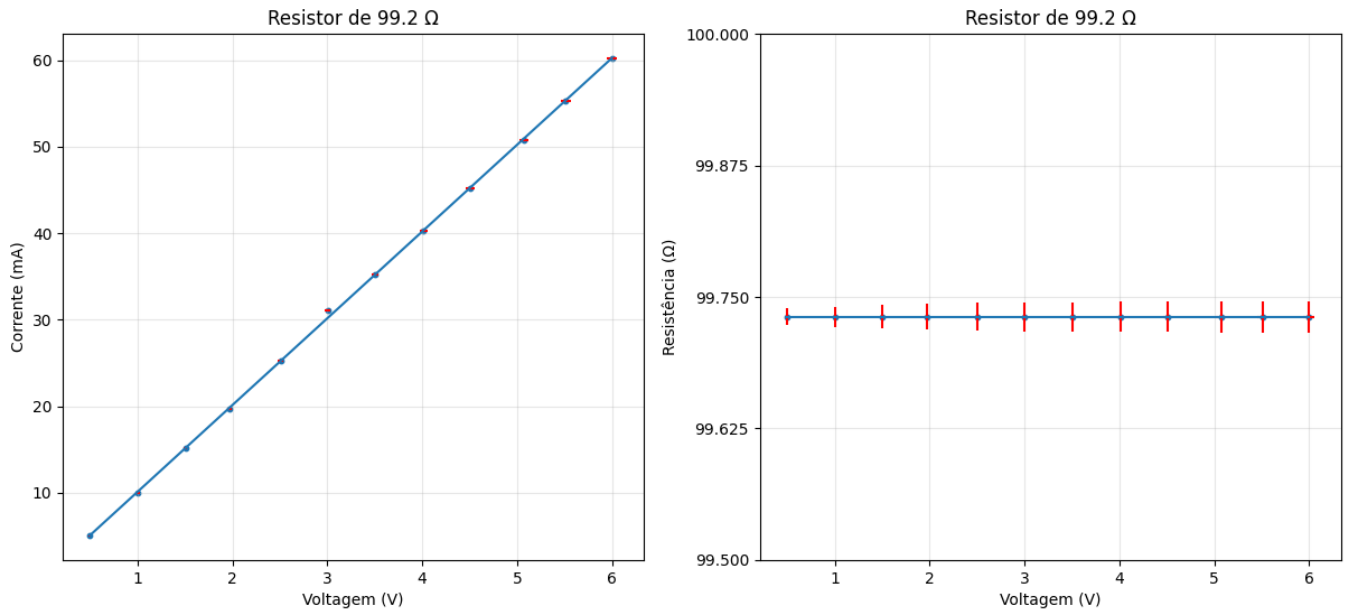


Figura 2: Gráficos obtidos dos dados coletados com o resistor sendo o DUT

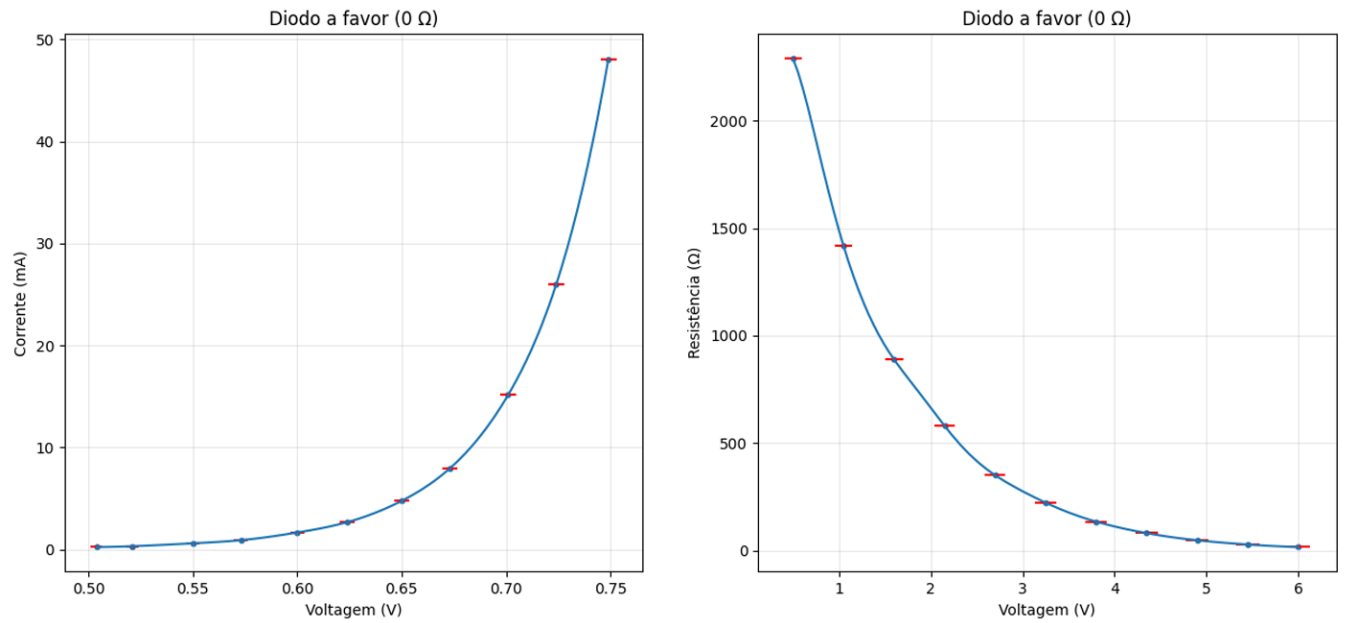


Figura 3: Gráficos obtidos dos dados coletados com o diodo em polarização direta

V (V)	I (mA)
1.502 ± 0.001	15.11 ± 0.02
3.004 ± 0.003	31.06 ± 0.03
4.502 ± 0.003	45.22 ± 0.05
6.000 ± 0.006	60.25 ± 0.08

Tabela 1: Tabela de simetria do resistor (resistor invertido)

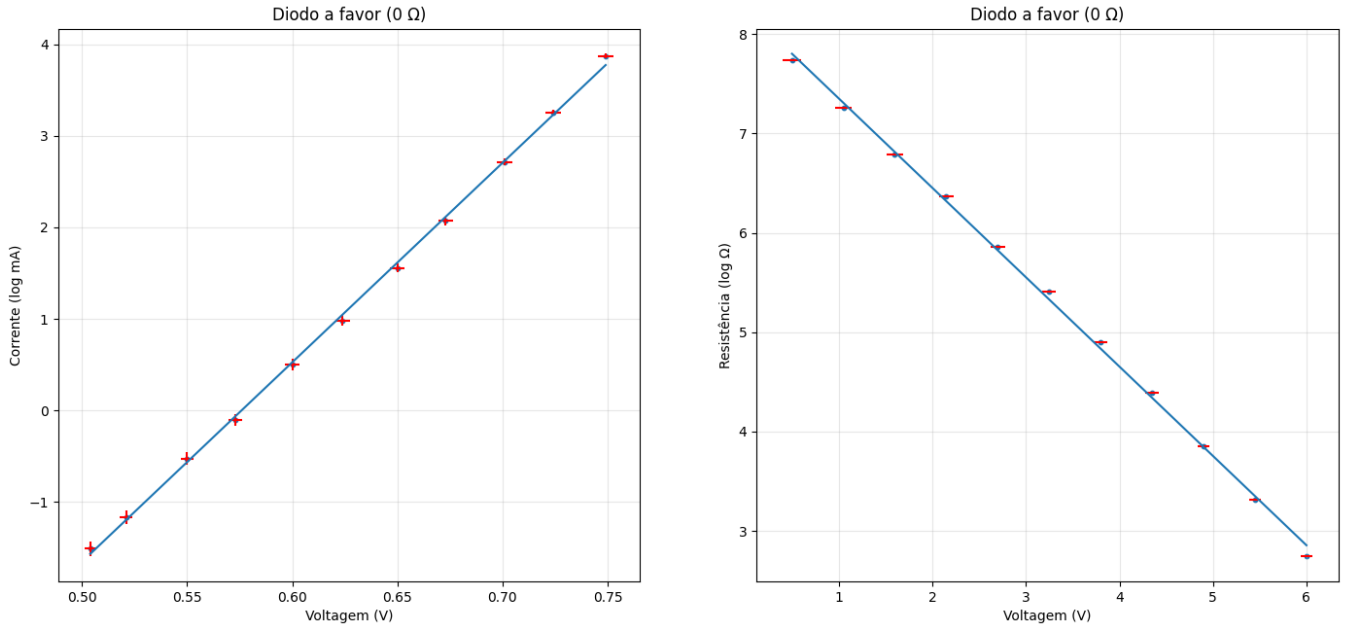


Figura 4: Mesmos dados da figura 3, porém em escala diferente

V (V)	I (mA)	R (Ω)
0.498 ± 0.001	4.99 ± 0.01	99.73 ± 0.01
1.005 ± 0.001	9.92 ± 0.01	99.73 ± 0.01
1.502 ± 0.002	15.13 ± 0.02	99.73 ± 0.01
1.966 ± 0.002	19.73 ± 0.03	99.73 ± 0.01
2.508 ± 0.003	25.30 ± 0.04	99.73 ± 0.01
3.004 ± 0.003	31.05 ± 0.04	99.73 ± 0.01
3.505 ± 0.004	35.21 ± 0.05	99.73 ± 0.01
4.013 ± 0.004	40.29 ± 0.06	99.73 ± 0.01
4.507 ± 0.004	45.19 ± 0.07	99.73 ± 0.01
5.073 ± 0.005	50.80 ± 0.07	99.73 ± 0.01
5.512 ± 0.005	55.31 ± 0.08	99.73 ± 0.01
6.000 ± 0.006	60.20 ± 0.09	99.73 ± 0.02

Tabela 2: Resistor como DUT e a resistência calculada com a derivada numérica

V (V)	I (mA)	R (Ω)
0.504 ± 0.001	0.22 ± 0.00	99.73 ± 0.00
0.521 ± 0.001	0.31 ± 0.00	99.73 ± 0.00
0.550 ± 0.001	0.59 ± 0.00	99.73 ± 0.00
0.573 ± 0.001	0.90 ± 0.00	99.73 ± 0.00
0.600 ± 0.001	1.65 ± 0.00	99.73 ± 0.01
0.624 ± 0.001	2.67 ± 0.00	99.73 ± 0.01
0.650 ± 0.001	4.75 ± 0.01	99.73 ± 0.03
0.673 ± 0.001	7.92 ± 0.01	99.73 ± 0.05
0.701 ± 0.001	15.14 ± 0.02	99.73 ± 0.10
0.724 ± 0.001	25.96 ± 0.04	99.73 ± 0.20
0.749 ± 0.001	48.08 ± 0.07	99.73 ± 0.39

Tabela 3: Diodo em polarização direta como DUT e a resistência calculada com a derivada numérica

V (V)	I (mA)	R (Ω)
0.504 ± 0.001	0.00 ± 0.00	∞
0.550 ± 0.001	0.00 ± 0.00	∞
0.602 ± 0.001	0.00 ± 0.00	∞
0.650 ± 0.001	0.00 ± 0.00	∞
0.701 ± 0.001	0.00 ± 0.00	∞
0.751 ± 0.001	0.00 ± 0.00	∞

Tabela 4: Diodo em polarização reversa e a resistência calculada com a derivada numérica

3 AVALIAÇÃO E PROPAGAÇÃO DE INCERTEZAS

Abaixo temos as incertezas derivadas da corrente: leitura e calibração do multímetro, e tensão: leitura e calibração do multímetro.

Fonte	F.D.P	Incerteza	Input	Valor numérico
Calibração do Amperímetro	<i>Retangular</i>	$\sigma_{ca1} = \frac{3d+0.5\%A_i}{2\sqrt{3}}$	$A_i = 60mA$ temos $d = 0.01mA$	$9,5 \times 10^{-5} \text{ A}$
Calibração do Amperímetro	<i>Retangular</i>	$\sigma_{ca2} = \frac{3d+0.8\%A_i}{2\sqrt{3}}$	$A_i = 600mA$ temos $d = 0.1mA$	$1,4 \times 10^{-3} \text{ A}$
Incerteza de leitura do amperímetro	<i>Retangular</i>	$\sigma_{la} = \frac{a}{2\sqrt{3}}$	$a = 0,01mA$ para $A_i = 60mA$ e $a = 0,1mA$ para $A_i = 600mA$	$\sigma_{la1} = 2,8 \times 10^{-6} \text{ A}$ $\sigma_{la2} = 2,8 \times 10^{-5} \text{ A}$
Incerteza combinada da corrente	<i>Combinada</i>	$\sigma_c = \sigma_f(\sigma_{ca}, \sigma_{la})$	σ_{ca} e σ_{la}	$\sigma_{c1} = 9,5 \times 10^{-5} \text{ A}$ $\sigma_{c2} = 1,4 \times 10^{-3} \text{ A}$

Fonte	F.D.P	Incerteza	Input	Valor numérico
Calibração do voltímetro	<i>Retangular</i>	$\sigma_{cv1} = \frac{2d+0.6\%V_i}{2\sqrt{3}}$	$d = 0,1mv$, $V_i = 600mv$ V	$1,0 \times 10^{-3} \text{ V}$
Calibração do voltímetro	<i>Retangular</i>	$\sigma_{cv2} = \frac{2d+0.3\%V_i}{2\sqrt{3}}$	$d = 0,001$, $V_i = 6,00$ V	$5,7 \times 10^{-3} \text{ V}$
Incerteza de leitura do voltímetro	<i>Retangular</i>	$\sigma_{lv} = \frac{a}{2\sqrt{3}}$	$a = 0,1mV$ para $V_i = 600mA$ e $a = 0.001V$ para $V_i = 600mV$	$\sigma_{lv1} = 2,8 \times 10^{-5} \text{ V}$ $\sigma_{lv2} = 2,8 \times 10^{-4} \text{ V}$
Incerteza combinada da corrente	<i>Combinada</i>	$\sigma_t = \sigma_f(\sigma_{cv}, \sigma_{lv})$	σ_{cv} e σ_{lv}	$\sigma_{t1} = 1,0 \times 10^{-3} \text{ V}$ $\sigma_{t2} = 5,7 \times 10^{-3} \text{ V}$

Para a propagação de incertezas foram usados os métodos estatísticos com o auxílio de uma biblioteca em Python, segue a fórmula:

$$\sigma_{f(x_1, x_2, \dots, x_n)} = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x_1} \sigma_{x_1}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial x_2} \sigma_{x_2}\right)^2 + \dots + \left(\frac{\partial f}{\partial x_n} \sigma_{x_n}\right)^2}$$