

Laboratório de Eletrônica 2 – LELO2

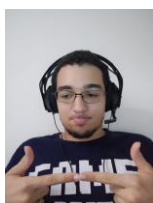
Professores: Haroldo Issao **GUIBU** e Alexandre **VENTIERI**

Diodo: Características e Aplicações em Retificadores não controlados.

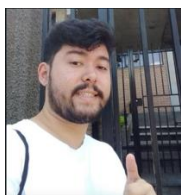
Data da Realização: 19/05/2021

Data Limite de Entrega: 23/05/2021

Integrantes (realizadores da experiência):



– Prontuário (SP3037177) – Alessandro Silvério da Silva Júnior



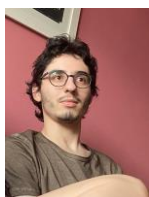
– Prontuário (SP303724X) – Gustavo Senzaki Lucente



– Prontuário (SP3037223) – Igor Galdeano Rodrigues



– Prontuário (SP3037151) – Luana Mitiko Chagas Iwamura



– Prontuário (SP3034178) – Luís Otávio Lopes Amorim

4º semestre de 2021

SUMÁRIO

1. Objetivos	3
2. Introdução teórica	4
2.1. Diodos.....	4
2.1.1. Tipos de diodos	5
2.2. Retificadores não controlados.....	7
2.2.1. Retificador meia onda	7
2.2.2. Retificação de onda completa com derivação central.....	8
2.2.3. Retificação de onda completa em ponte.....	9
3. Materiais e equipamentos utilizados	10
4. Procedimentos experimentais	12
4.1. Características do Diodo	12
4.1.1. Procedimento 1	12
Fonte : Autores.....	12
4.1.2. Procedimento 2	13
4.1.3. Procedimento 3	14
4.1.4. Procedimento 4	16
4.2. Retificadores Não Controlados	17
4.2.1. Procedimento 1	17
4.2.2. Procedimento 2	19
4.2.3. Procedimento 3	22
5. Conclusões.....	24
6. Referências.....	25

1. Objetivos

Verificar, experimentalmente o funcionamento e curvas características do diodo e suas aplicações como retificador não controlados.

2. Introdução teórica

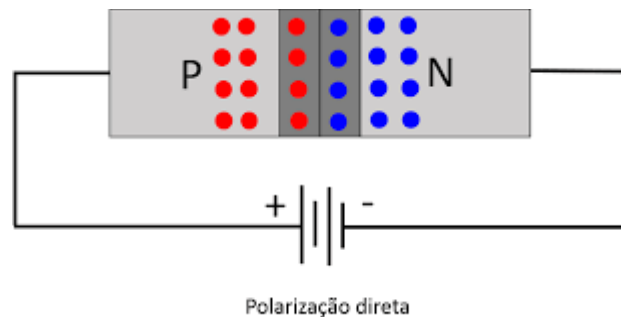
2.1. Diodos

Um diodo é um componente eletrônico polarizado construído a partir de um semicondutor. Diodos possuem duas camadas: A camada p (positiva) e a camada n(negativa) sendo elas feitas utilizando um semicondutor dopado conforme o nome da camada (911, 2021).

Cada uma de suas camadas é formada por um cristal normalmente composto de silício com algumas impurezas, sendo elas boro (no caso p) e fósforo (no caso n). Com isso no caso da camada p sempre haverá uma lacuna (falta de um elétron) e na camada n um elétron em excesso. A camada n é chamada anodo e a camada p é chamada catodo.

Dessa forma quando a junção recebe uma tensão direta (ou seja, a camada p recebe potencial negativo e n positivo) corrente elétrica começara a passar pelo circuito já que os elétrons saindo da fonte preenchem as lacunas da camada p e os elétrons em excesso da camada n serão repelidos. Isso pode ser visto na figura 1.

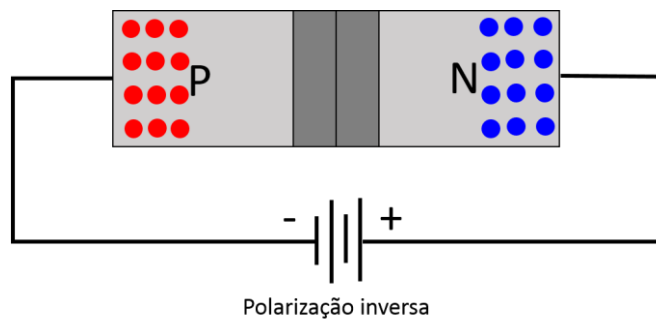
Figura 1: Diodo em polarização direta



Fonte: VanderTronic

Por outro lado, quando a tensão fornecida for reversa (camada p recebendo potencial positivo) os elétrons da camada n repelirão os elétrons vindo da fonte, impedindo dessa forma que a corrente elétrica flua (MEYER, 2016). A polarização reversa pode ser vista na figura 2.

Figura 2: Diodo em polarização reversa



Fonte: VanderTronic

Devido a esse funcionamento que permite que a corrente elétrica flua em apenas um sentido, os diodos são muito conhecidos como válvulas eletrônicas.

No caso em que a corrente passa pelo diodo, ele se comporta de forma muito similar à um curto circuito apresentando uma resistência tão pequena que, em diversas situações pode ser considerada nula. Porém em outros casos ele funciona como um componente com resistência infinita.

Ainda assim é possível fazer com que corrente elétrica percorra um diodo no sentido contrário ao fornecer tensão alta o suficiente para isso. Esse valor é chamado tensão reversa. Além disso há outras propriedades que dependem do modelo do diodo como a tensão e corrente máxima que eles podem suportar sem que sejam danificados (SILVA, 2016).

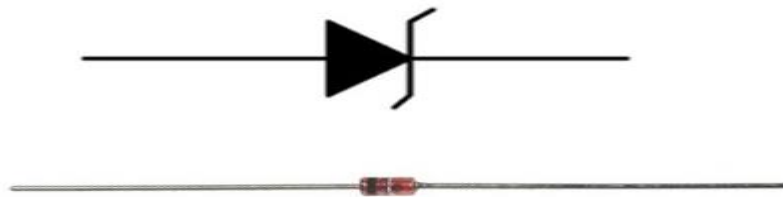
Outro fato importante a se notar é que mesmo na polarização direta, caso a tensão aplicada seja muito pequena a corrente é impedida de fluir. O valor mínimo é muito variável, mas pode ser entre 0,3 e 0,7V (LABORATÓRIO, 2021).

2.1.1. Tipos de diodos

Além de sua função básica de permitir a corrente passar em apenas um sentido existem diversos tipos de diodos diferentes com funções distintas.

O diodo Zener funciona com polarização reversa, dessa forma ele pode ser utilizado em circuitos com o intuito de regular tensões em que apenas uma tensão específica possa sair do circuito (MATTEDE). Seu esquemático e um componente físico podem ser vistos na figura 3.

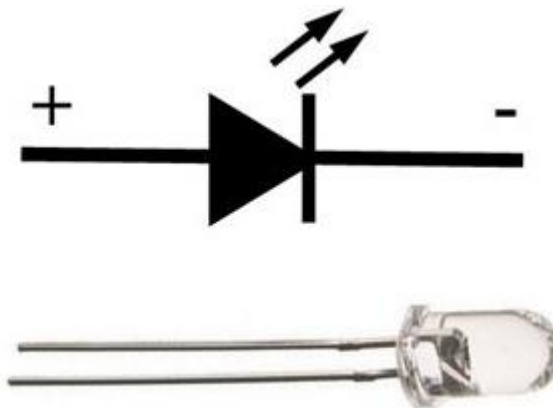
Figura 3: Diodo Zener



Fonte: Mundo da Elétrica

Os diodos emissores de luz (mais conhecidos como LED's) é um dos tipos mais famosos. A junção dos semicondutores é realizada de uma tal maneira que quando a corrente passa pelo componente ele emite luz. Nesse tipo de diodo a camada p é bem fina, sendo relacionada com a cor da luz emitida. (MATTEDE). Seu esquemático e um componente físico podem ser vistos na figura 4.

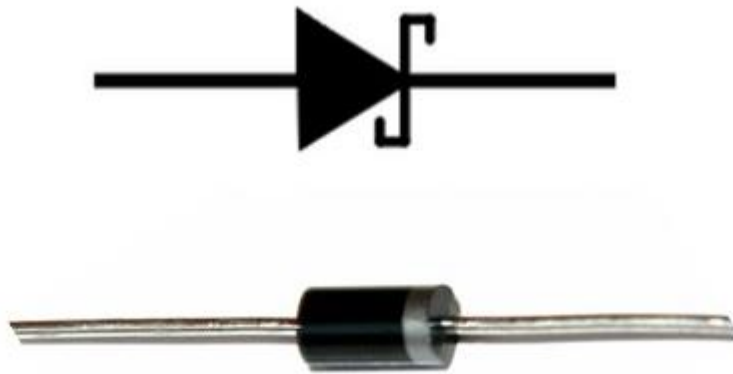
Figura 4: LED



Fonte: Mundo da Elétrica

Outro tipo é o diodo schottky que é construído com metais e não semicondutores. Dessa forma a capacitância dele se torna menor além disso a comutação é mais rápida e apresenta uma queda de tensão menor, criando uma capacidade de suportar tensões reversas maiores. (MATTEDE). Seu esquemático e um componente físico podem ser vistos na figura 5.

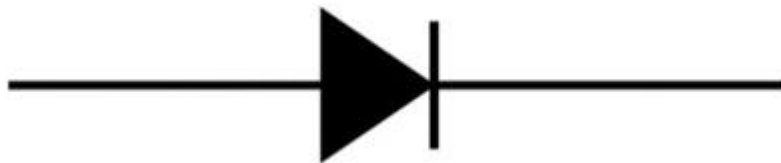
Figura 5: Diodo schottky



Fonte: Mundo da Elétrica

Esses são alguns tipos, ainda assim existem diversos outros tipos e funções de diodos. O esquema genérico de um diodo pode ser visto na figura 6.

Figura 6: Diodo genérico



Fonte: Mundo da Elétrica

2.2. Retificadores não controlados

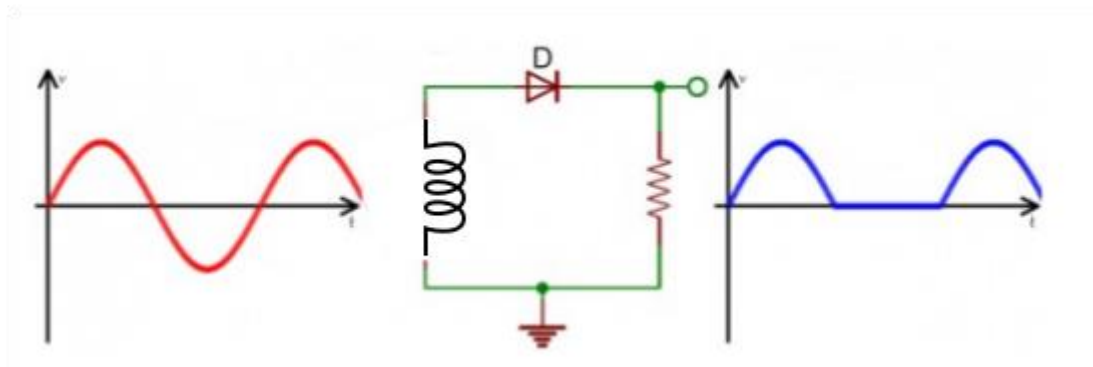
Circuitos retificadores são circuitos utilizados para converter AC em DC. Por causa disso eles são usados em fontes de tensão, especialmente em dispositivos que precisam de tensão contínua e são ligados à tomada.

O principal componente de qualquer circuito retificador é o diodo retificador. Isso porque a propriedade de condução em somente um sentido é a base do funcionamento de retificadores. Existem basicamente 3 tipos de retificadores: meia onda, onda completa em 2 diodos e onda completa em ponte, exploraremos os três.

2.2.1. Retificador meia onda

Um retificador de meia onda é basicamente um diodo. Na figura 7 pode ser visto um circuito retificador de meia onda junto de suas ondas de entrada e saída.

Figura 7: Retificador de meia onda



Fonte: Caderno de Laboratório

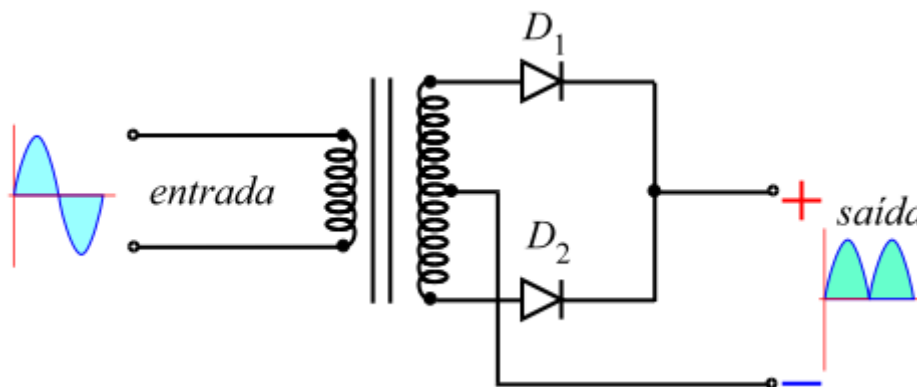
O funcionamento do circuito é bem simples, como o diodo só permite a passagem de corrente em um sentido quando a tensão é direta ele permite a passagem, já quando é reversa a passagem é bloqueada. Por isso o resultado são apenas os picos positivos da tensão de entrada.

Normalmente além do diodo é adicionado um capacitor ao circuito para manter a tensão de saída mais estável. Ainda assim não é totalmente estabilizada e há uma tensão de saída máxima e mínima. A diferença entre essas tensões é chamada ripple (LABORATÓRIO, 2021).

2.2.2. Retificação de onda completa com derivação central

O segundo tipo de retificador é o retificador de onda completa utilizando dois diodos. Os diodos são colocados em paralelo como mostrado na figura 8.

Figura 8: retificação completa com dois diodos



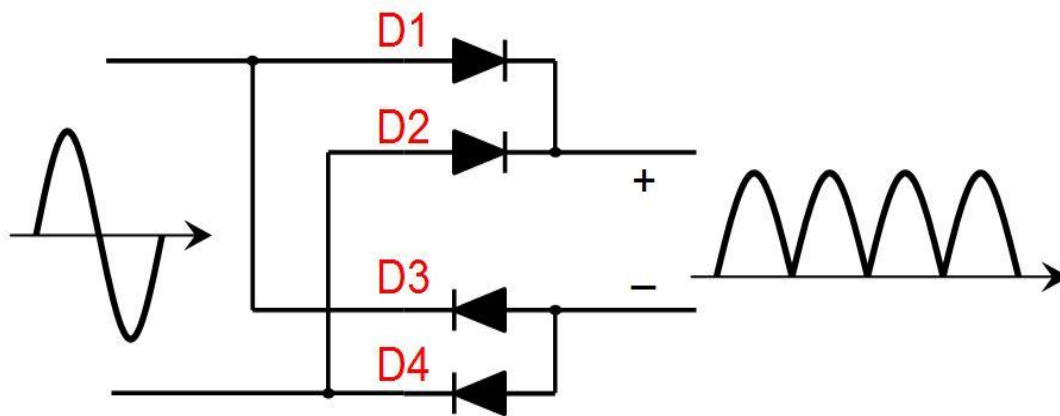
Fonte: SENAI

Nesse circuito um dos diodos permitirá a passagem da corrente em um semiciclo enquanto o outro permitirá essa passagem no outro, por isso toda a onda é retificada (SENAI, 2016).

2.2.3. Retificação de onda completa em ponte

O último tipo de retificador é composto por 4 diodos como mostrado na figura 8.

Figura 9: Ponte retificadora



Fonte: ElectroBoom

Nesse caso quando a tensão é positiva a corrente flui através de D1 para o resto do circuito e volta por D4. No caso em que ela é negativa fluirá para o circuito por D2 e retornará por D3.

Novamente é comum adicionar um capacitor ao final do circuito para que a tensão se torne a mais próxima de constante. Vale notar que uma vantagem de utilizar a ponte retificadora é que a tensão ripple se torna menor ([Sadaghdar, 2015](#)).

3. Materiais e equipamentos utilizados



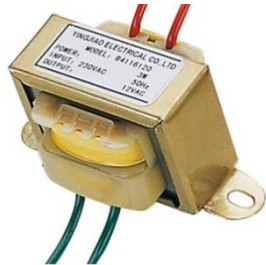
- Diodos 1N4007;



- LED;



- Resistor (470Ω);



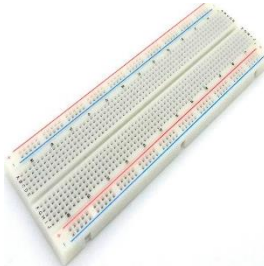
- Transformador AC (Entrada 127V saída 12/24V);



- Lâmpada (tensão máxima 12V);



- Cabos banana;



- Protoboard;



- Fios para protoboard;



- Multímetro digital;



- Multímetro analógico;



- Osciloscópio

4. Procedimentos experimentais

4.1. Características do Diodo

4.1.1. Procedimento 1

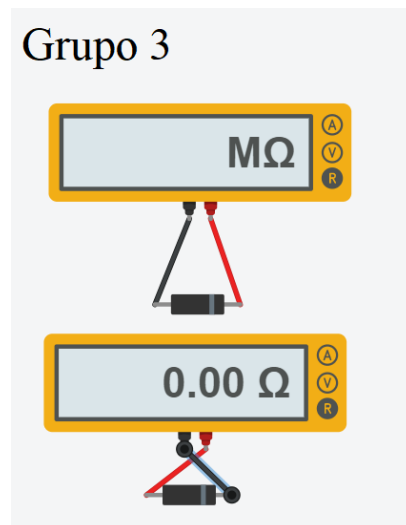
Para o primeiro procedimento, mediu-se com um ohmímetro a resistência direta e reversa do diodo. A reversa, entretanto, é medida de forma mais precisa ao utilizar um multímetro analógico, porém essa possibilidade não existe em experimentos em simuladores, portanto, obteve-se os valores da tabela 1.

Tabela 1: Resistência do diodo em polarização direta e inversa

R direta	0Ω
R reversa	MΩ

Fonte: Autores

Figura 10: Polarização direta e reversa do diodo



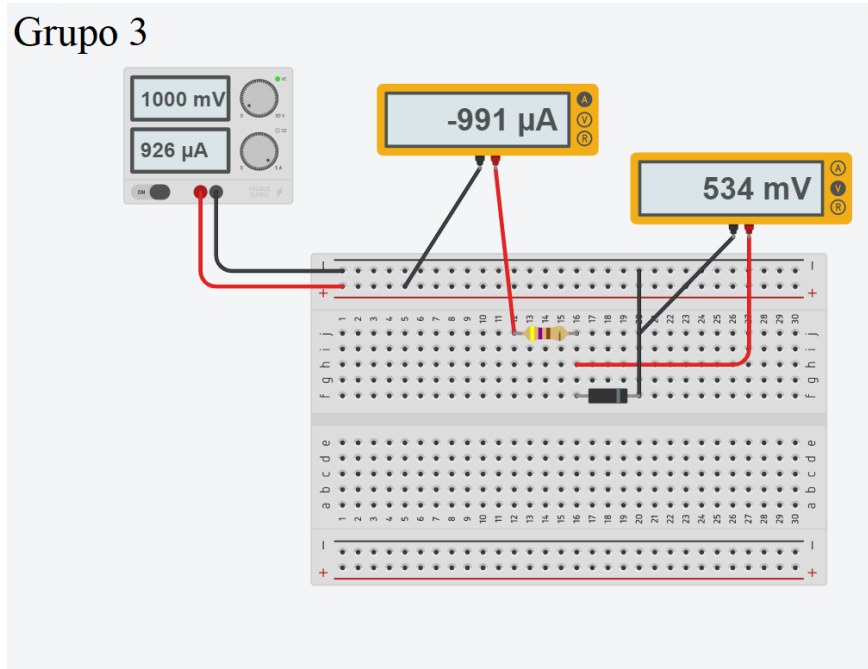
Fonte: Autores

Como nenhum diodo é ideal, ele oferece uma resistência muito pequena quando polarizado diretamente a partir uma tensão mínima e uma resistência muita alta quando invertida até que atinja um limite. Porém se utilizando de um simulador, os valores apresentados são ideais, portando a resistência diodo apresenta valor 0 quando ligado diretamente e infinita quando invertido, independente da tensão aplicada.

4.1.2. Procedimento 2

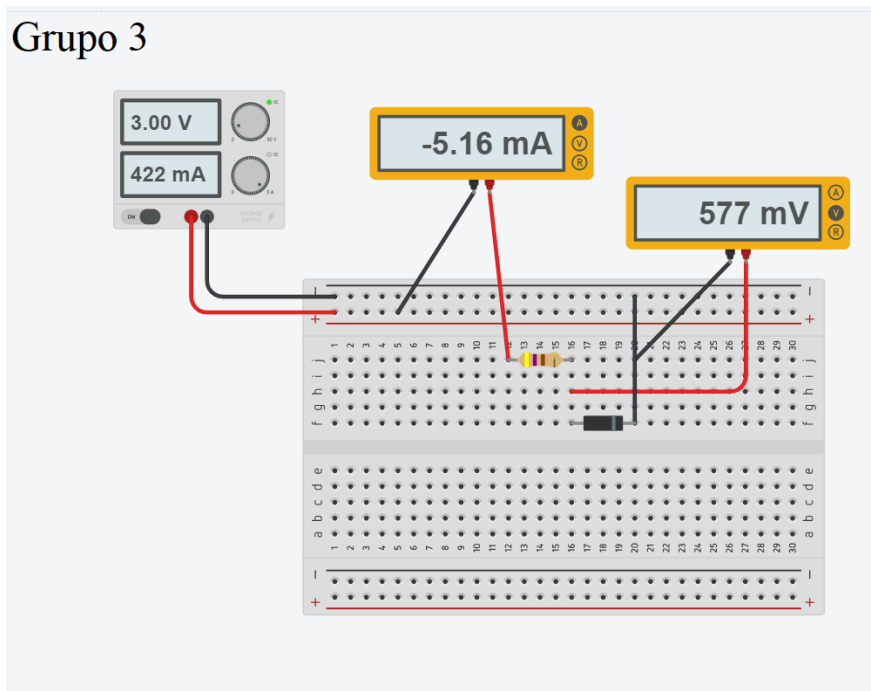
Para o primeiro circuito utilizamos uma fonte de tensão, um resistor de 470Ω , um diodo conectado de forma direta e dois multímetros.

Figura 11: Circuito 1 com tensão de 1V



Fonte: Autores

Figura 12: Circuito 1 com tensão de 3V



Fonte: Autores

Alimentando o circuito com diferentes valores de tensão obteve-se a tabela 2.

Tabela 2: Valores de corrente obtidos no circuito 1

V fonte (V)	Id (mA)	Vd1
0,2	0	0,2
0,4	0	0,398
0,6	0,222	0,496
0,8	0,593	0,521
1	0,991	0,534
2	3,06	0,563
3	5,16	0,577

Fonte: Autores

Podemos observar que neste caso precisa-se anular a barreira potencial, pois é necessário aplicar aos terminais da junção, uma tensão suficiente para tornar a junção passante, ou seja, para que o valor da corrente não seja 0 como nas duas primeiras linhas da tabela 2.

4.1.3. Procedimento 3

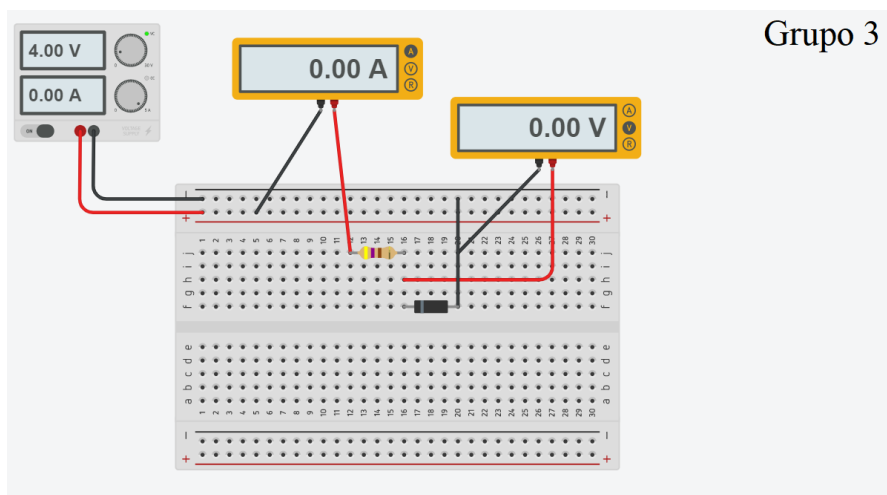
Montou-se o mesmo circuito anterior, entretanto invertendo a polarização do diodo. Alimentou-se novamente o circuito com diferentes valores de tensão e obteve-se a tabela 3.

Tabela 3: Valores de corrente obtidos

V fonte (V)	Id (mA)	Vd1
0	0	0
4	0	0
8	0	0
14	0	0
20	0	0

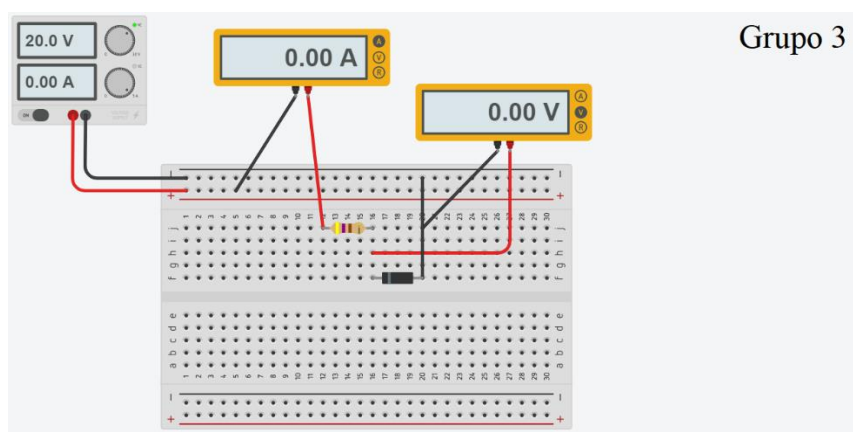
Fonte: Autores

Figura 13: Circuito 2 com 4V



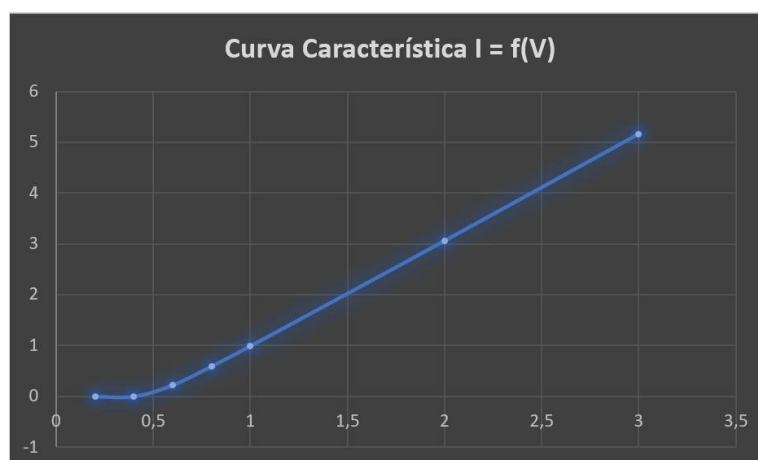
Fonte: Autores

Figura 14: Circuito 2 com 20V



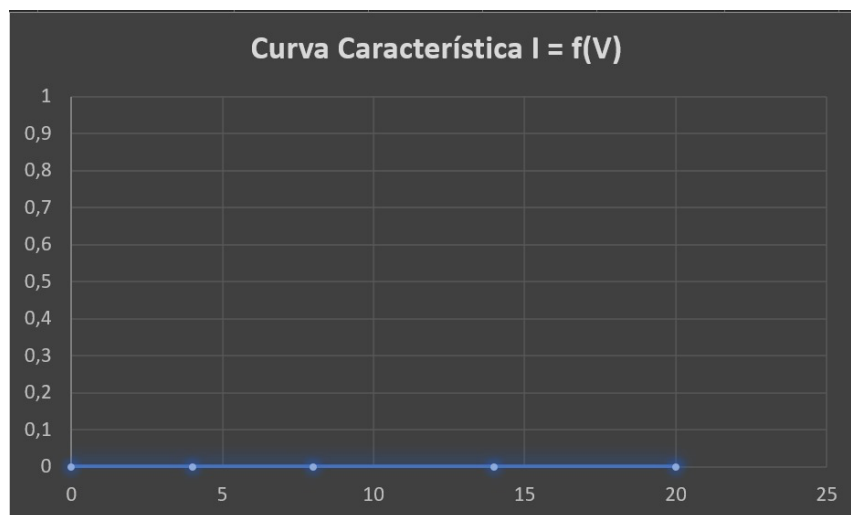
Fonte: Autores

Figura 15: Curva característica do diodo em polarização direta



Fonte: Autores

Figura 16: Curva característica do diodo em polarização reversa



Fonte: Autores

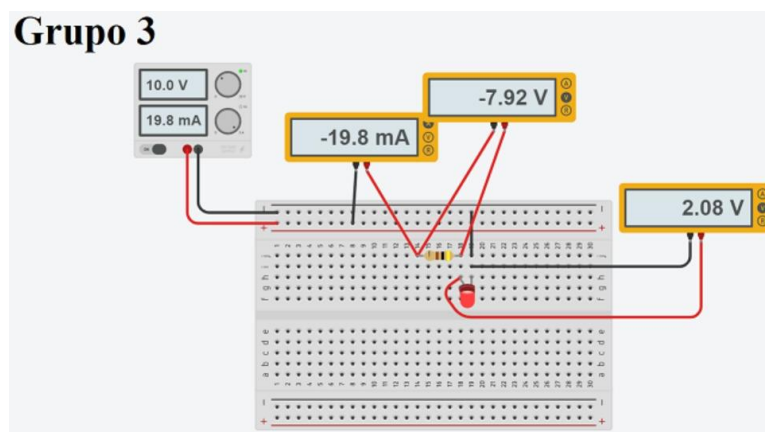
Para identificação dos polos do diodo, sabemos que a representação dele é uma seta que nos indica o sentido que passará a corrente, do polo positivo para o negativo ou do ânodo para o cátodo. Para entendermos onde seus terminais estão localizados na peça física, observou-se que ele possui uma fita em sua extremidade que nos indica o polo negativo do diodo (cátodo).

A tabela 3 nos mostra que todos os valores de corrente são zero, independentemente do valor de tensão. Isso ocorre pois o diodo está polarizado de forma reversa, ou seja, ele não permite que a corrente flua por ele.

4.1.4. Procedimento 4

Montou-se um novo circuito com uma fonte de 10V, resistor e uma lâmpada de LED como diodo. Calculou-se o valor necessário do resistor para que a corrente no LED seja de 20mA.

Figura 17Circuito 3



Fonte: Autores

Tabela 4: Valores lidos no circuito 3

VR1	Vled	Iled	R1 calculado
7,92V	2,08V	19,9mA	400Ω

Fonte: Autores

O valor da resistência foi obtido utilizando a 1ª lei de Ohm. A tensão fornece ao circuito 10V e, como 2V serão consumidos pelo LED o resistor deve apresentar uma queda de tensão de 8V, além disso a corrente que passa pelo circuito deve ser 20mA, então:

$$R = \frac{U_{res}}{I} = \frac{8V}{20mA} = 400\Omega$$

Ainda assim os valores obtidos nas medidas não batem com aqueles esperados, por mais que se aproximem muito deles. Acreditamos que essa diferença ocorreu devido ao funcionamento interno do simulador.

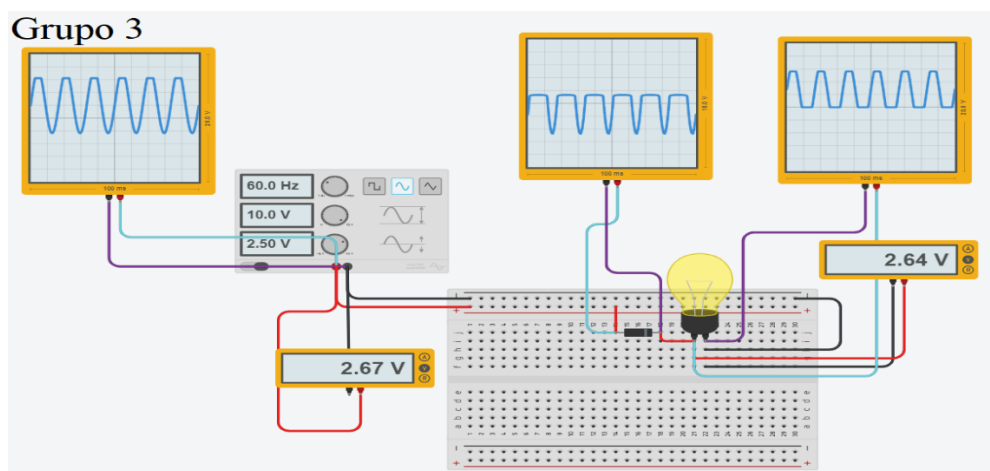
4.2. Retificadores Não Controlados

Nos experimentos a seguir todos os circuitos possuíam lâmpadas, e obteve-se de cada circuito as medições no osciloscópio e suas respectivas formas de onda para tensão da corrente alternada, tensão do diodo e tensão da lâmpada.

O objetivo dessa etapa do experimento era utilizar o diodo como retificador de tensões AC fornecidas por um gerador de funções. A explicação de como a retificação ocorre pode ser vista na introdução.

4.2.1. Procedimento 1

Figura 18: Circuito 4 com lâmpada



Fonte: Autores

Tabela 5: Valores medidos de tensão

V_{ac}	2,67V
V_{lâmpada}	2,64V

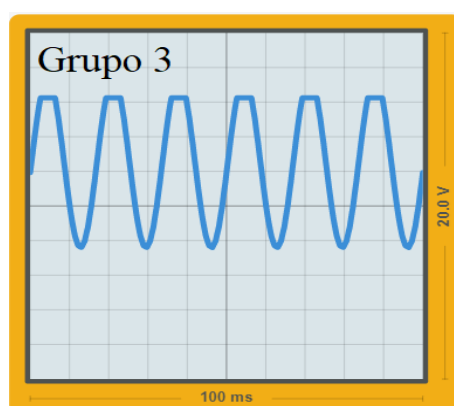
Fonte: Autores

Tabela 6: Tensão da corrente alternada

Escala (Volt/Div)	V_{ac}	T/Div
4V	2,67V	10ms

Fonte: Autores

Figura 19 : Vizualização da onda de tensão quando aplicada corrente alternada



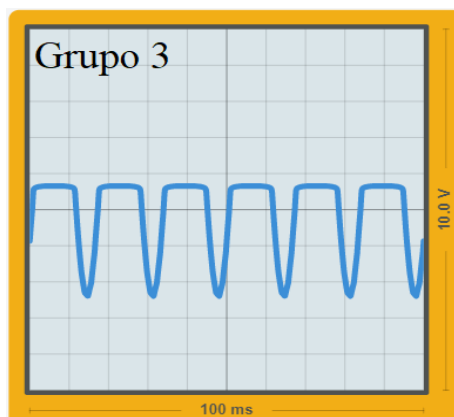
Fonte: Autores

Tabela 7: Tensão do diodo

Escala (Volt/Div)	VD1	T/Div
2V	32mV	10ms

Fonte: Autores

Figura 20: Tensão no diodo



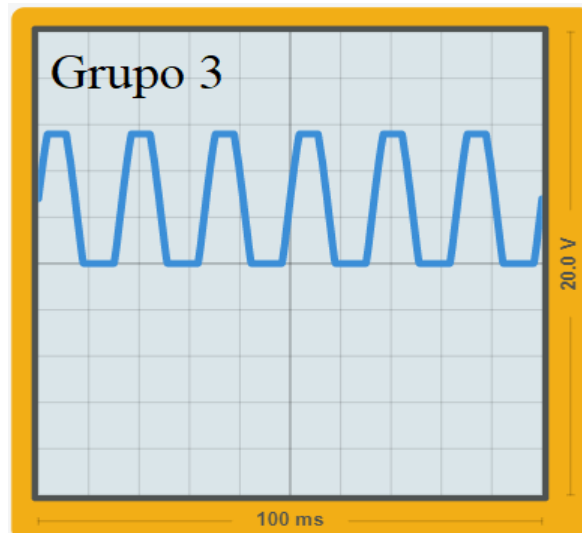
Fonte: Autores

Tabela 8: Tensão na lâmpada

Escala (Volt/Div)	V _{lamp}	T/Div
4V	2,64V	10ms

Fonte: Autores

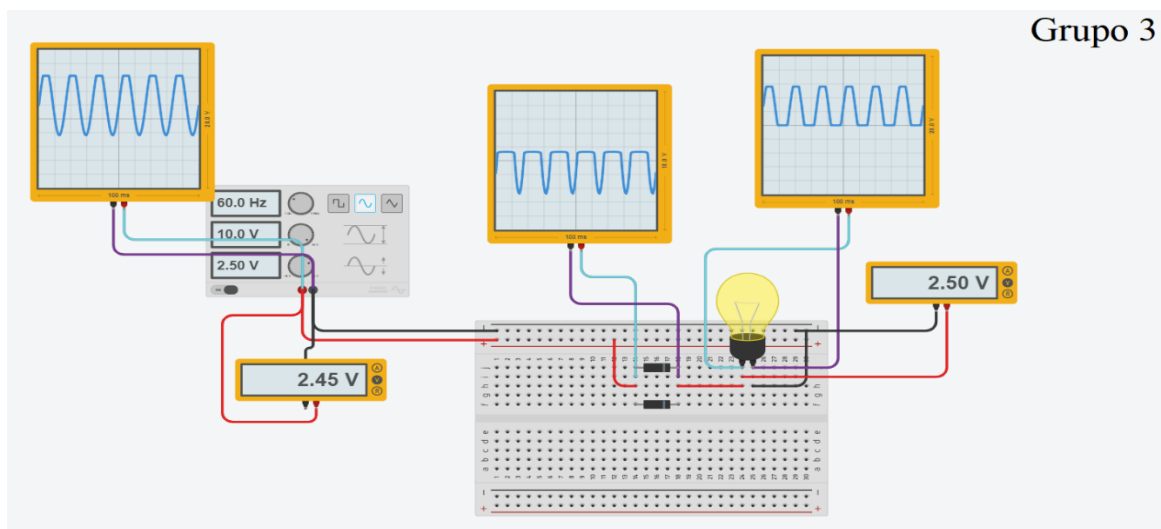
Figura 21: Tensão na lâmpada



Fonte: Autores

4.2.2. Procedimento 2

Figura 22: Circuito 5 com a lâmpada



Fonte: Autores

Tabela 9: Valores medidos de tensão

V _{ac}	2,45V
V _{lâmpada}	2,5V

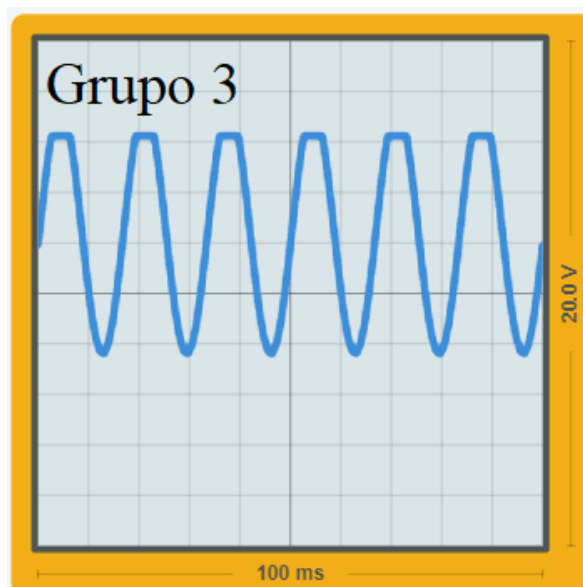
Fonte: Autores

Tabela 10: Tensão da corrente alternada

Escala (Volt/Div)	V _{ac}	T/Div
4V	2,45V	10ms

Fonte: Autores

Figura 23: Tensão da corrente alternada



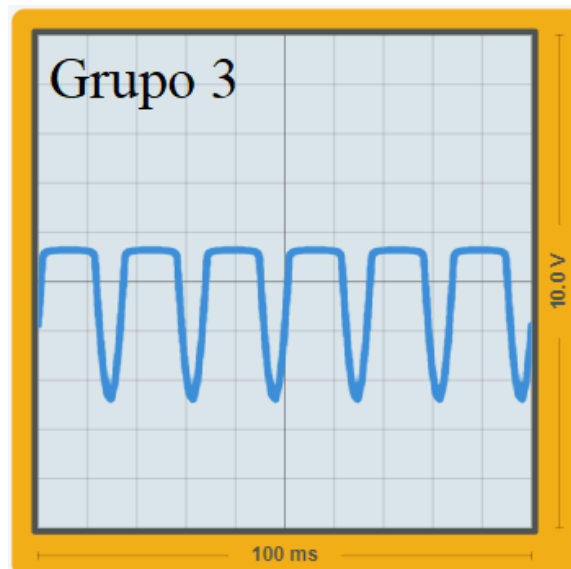
Fonte: Autores

Tabela 11: Tensão do diodo

Escala (Volt/Div)	VD1	T/Div
2V	132mV	10ms

Fonte: Autores

Figura 24: Tensão no diodo



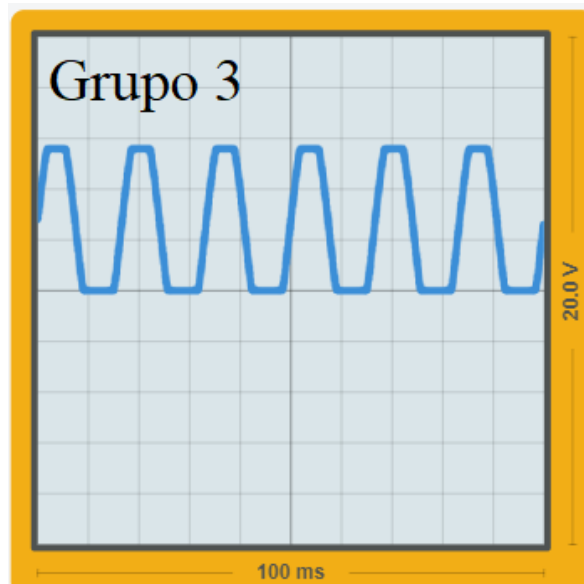
Fonte: Autores

Tabela 12: Tensão na lâmpada

Escala (Volt/Div)	V _{lamp}	T/Div
4V	2,5V	10ms

Fonte: Autores

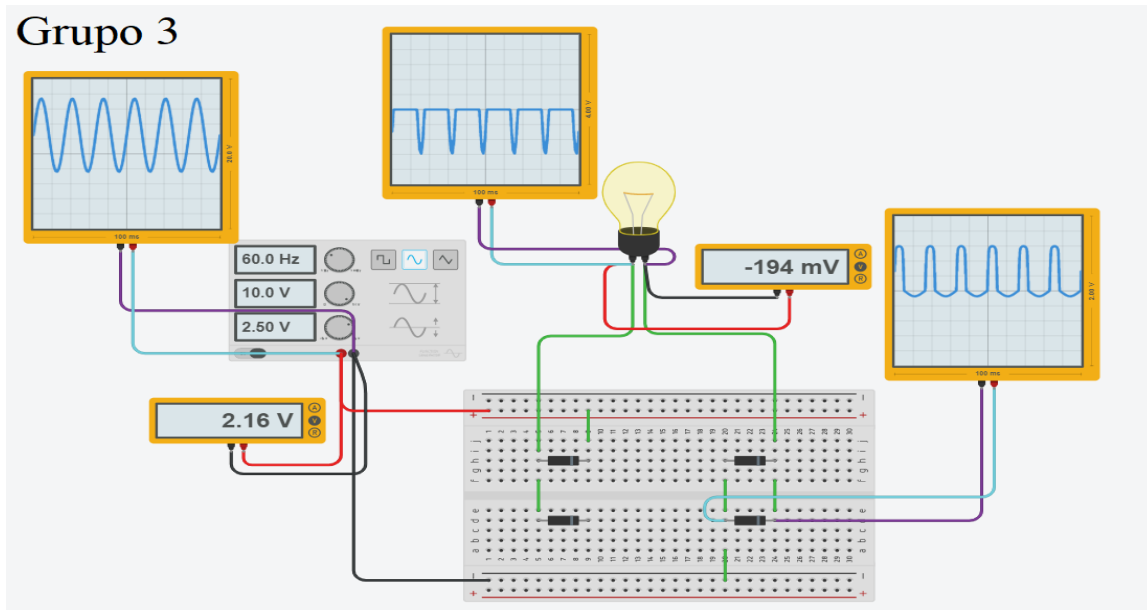
Figura 25: Tensão na lâmpada



Fonte: Autores

4.2.3. Procedimento 3

Figura 26: Circuito 6 com a lâmpada



Fonte: Autores

Tabela 13: Valor medido de tensão

V ac	2,16V
V lampada	194mV

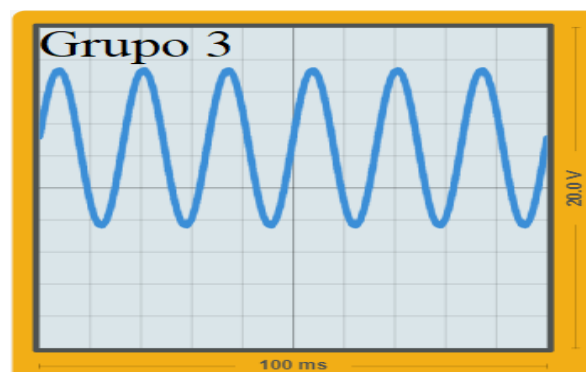
Fonte: Autores

Tabela 14: Tensão da corrente alternada

Escala (Volt/Div)	Vac	T/Div
4V	2,16V	10ms

Fonte: Autores

Figura 27: Tensão da corrente alternada



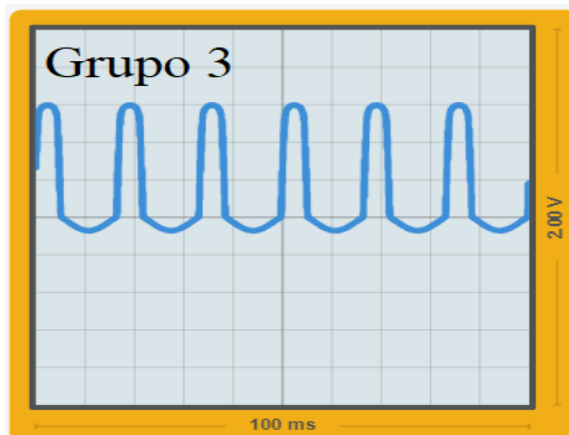
Fonte: Autores

Tabela 15: Tensão no diodo

Escala (Volt/Div)	VD1	T/Div
0,8V	167mV	10ms

Fonte: Autores

Figura 28: Tensão no diodo



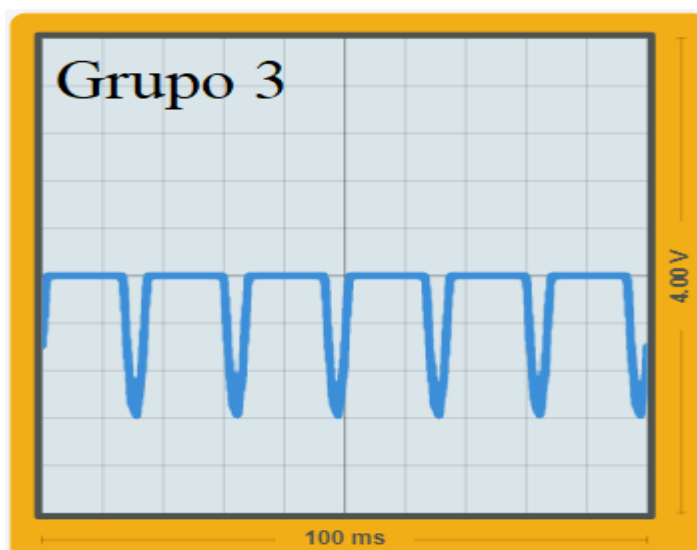
Fonte: Autores

Tabela 16: Tensão na lâmpada

Escala (Volt/Div)	Vlamp	T/Div
0,4V	194mV	10ms

Fonte: Autores

Figura 29: Tensão na lâmpada



Fonte: Autores

5. Conclusões

Na primeira etapa do experimento analisamos o comportamento da corrente elétrica no diodo ao polarizá-lo com diversas tensões diferentes. Com isso foi possível perceber que quando ele é polarizado diretamente, em tensões muito baixas ele possui uma resistência elevada e, conforme a tensão aumenta, essa resistência diminui. Em diodos ideais essa resistência é nula.

Já quando o diodo é polarizado inversamente, com os resultados obtidos podemos dizer que a resistência dele é infinita, ou seja, ele se comporta como um circuito aberto. Porém as medições foram feitas utilizando tensões até 20V não sendo suficiente para atingir a tensão Zener (tensão mínima para que o diodo conduza eletricidade em polarização reversa) que, em diodos convencionais é na casa das centenas de volts.

O circuito com o LED traz uma ideia interessante sobre a necessidade de utilizar resistores limitadores de corrente ao ascender um LED. Como o LED é um diodo, quando polarizado diretamente podemos dizer que sua resistência é praticamente nula, agindo como um circuito em curto. Por causa disso, se não for adicionada uma resistência ao circuito a corrente que passará pelo LED é infinita e dessa forma ele queimará.

Na segunda parte do experimento analisamos o funcionamento e o formato de ondas de resultados dos três tipos de circuitos retificadores. No primeiro circuito, o de retificador de meia onda é visível pelos resultados do osciloscópio que apenas metade da onda é retificada, sendo a energia da outra metade perdida.

No segundo circuito, retificador completo com 2 diodos, a onda completa é retificada, dessa forma não há perda de energia. Ainda assim nesse circuito a lâmpada fica longos períodos apagada.

O terceiro circuito retificador também realiza a retificação da onda completa, porém de forma mais eficiente, fazendo com que o tempo em que a lâmpada fique apagada seja muito menor.

Vale notar que em nenhum dos circuitos retificadores foram utilizados capacitores para tentar manter a tensão de saída constante. Se os capacitores fossem utilizados a lâmpada permaneceria acesa o tempo todo nos três circuitos, sendo que a diferença entre eles seria o valor de ripple como já mencionado na introdução.

6. Referências

ELECTRONIC, 911. **Semiconductor Diode** – Definition, Characteristics and Applications. Disponível em: <https://911electronic.com/semiconductor-diode/> . Acesso em 17 de mai. de 2021

LABORATÓRIO, Caderno de. **Conhecendo os diodos:** Retificador de meia onda. Disponível em: <https://cadernodelaboratorio.com.br/conhecendo-os-diodos-retificador-meia-onda/> . Acesso em 17 de mai. de 2021

MEYER, Maximiliano. **Diodos** – (quase) tudo que você precisa saber sobre. Disponível em: <https://www.oficinadanet.com.br/post/14684-diodos--quase-tudo-que-voce-precisa-saber-sobre> . Acesso em 17 de mai. de 2021

SADAGHDAR, Mehdi. **Making a Full Bridge Rectifier**. Disponível em: <https://www.electroboom.com/?p=544> . Acesso em 17 de mai. de 2021

SENAI. **Retificação de onda completa**. Disponível em: http://adjutojunior.com.br/eletronica_basica/42_Retificacao_Onda_Completa.pdf . Acesso em 17 de mai. de 2021.

SILVA, Vanderlei Alves da. **Diodos**. Disponível em: <http://www.vandertronic.com/index.php/diodos/> . Acesso em 17 de mai. de 2021.