



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
*CAMPUS* UNIVERSITÁRIO DE ANANINDEUA  
LICENCIATURA EM FÍSICA

DARLAN HOLANDA CARDOSO

**LABORATÓRIO DE ELETRÔNICA: UMA PROPOSTA EXPERIMENTAL E  
VIRTUAL COMO ALTERNATIVA DIDÁTICA PARA CIRCUITOS  
ELÉTRICOS DO TIPO RETIFICADOR A DIODO**

ANANINDEUA - PA

2021

DARLAN HOLANDA CARDOSO

**LABORATÓRIO DE ELETRÔNICA: UMA PROPOSTA EXPERIMENTAL E  
VIRTUAL COMO ALTERNATIVA DIDÁTICA PARA CIRCUITOS  
ELÉTRICOS DO TIPO RETIFICADOR A DIODO**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado  
como requisito parcial para obtenção de grau de  
Licenciatura em Física, do Campus Universitário  
de Ananindeua, da Universidade Federal do Pará.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Shirsley Joany dos  
Santos da Silva.

ANANINDEUA - PA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBDSistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará  
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

C268l Cardoso, Darlan Holanda.  
Laboratório de Eletrônica : uma proposta experimental e virtual como alternativa didática para Circuitos Elétricos do tipo Retificador a diodo / Darlan Holanda Cardoso. — 2021.  
59 f. : il. color.

Orientador(a): Prof<sup>ª</sup>. Dra. Shirsley Joany dos Santos da Silva.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de Ananindeua, Curso de Física, Ananindeua, 2021.

1. Ensino de Física; . 2. roteiros de estudos; . 3. Ciência e tecnologia.. I. Título.

CDD 530.07

---

Darlan Holanda Cardoso

**LABORATÓRIO DE ELETRÔNICA: UMA PROPOSTA EXPERIMENTAL E  
VIRTUAL COMO ALTERNATIVA DIDÁTICA PARA CIRCUITOS  
ELÉTRICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado  
como requisito parcial para obtenção de grau de  
Licenciatura em Física, do Campus Universitário  
de Ananindeua, da Universidade Federal do Pará.

**Aprovada em:** 22 de junho de 2021.

**BANCA EXAMINADORA**



---

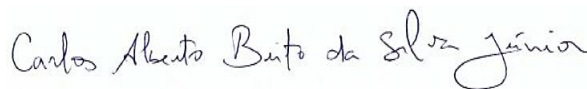
Profa. Dra. Shirsley Joany dos Santos da Silva (Orientadora)  
Faculdade de Física, *Campus* Ananindeua, UFPA.



---

Prof. Dr. Jordan Del Nero (Examinador 1)

Faculdade de Física, *Campus* Guamá, UFPA



---

Prof. Dr. Carlos Alberto Brito da Silva. Jr (Examinador 2)  
Faculdade de Física, *Campus* Ananindeua, UFPA.



---

*Tec.adm.esp.* Igor Ramon Sinimbú Miranda (Examinador 3)  
Laboratório de Física, CANAN-UFPA

Primeiramente a Deus, pelo dom da vida e por me conceder sabedoria. A minha família, em especial aos meus pais que sempre me apoiaram

## AGRADECIMENTO

Primeiramente agradecer a Deus, pois foi ele quem me deu sabedoria, saúde e perseverança para realizar meu sonho.

Aos meus pais, Antonio Carlos Cardoso e em especial a minha mãe, Antonia Maria Holanda Cardoso. Estes que me ensinaram valores humanos como honestidade, respeito, foco e deram todo o seu melhor para que eu pudesse realizar meu sonho, no qual é muito gratificante, pois também era o sonho deles. Muito obrigado, amo vocês. A todos meus familiares em especial a minha prima Betânia Holanda e minha irmã Faelly Holanda, que contribuíram direta e indiretamente para minha formação

Aos meus irmãos de graduação, em especial a Suzely Trindade Queiroz, Rodrigo Borges, Anderson Cardoso e Eliezer Tiago, com a parceria de vocês, pude chegar até o fim e sem dúvidas fizeram parte do meu trabalho, pois vocês me deram muito incentivo, com as suas palavras de amor. Quero agradecer meu querido e eterno professor Sebastião Rodrigues, pelos seus incentivos.

Também dedico esse trabalho para minha pequenina Ester Chumber, eu amo você! E sem sombra de dúvidas dedico este TCC a três pessoas que entraram na minha vida e desta eu não quero que nunca mais saiam. Uma delas se chama Maria Géssica (minha namorada) e a sua Irmã Maria Jakeline e sua mãe Maria Elita.

Aos professores da faculdade de Física, e aos que ensinaram minha turma, nos proporcionando aprendizados e nos inspirando a como ser um bom profissional. Sou grato a cada um de vocês.

A professora Dra. Shirsley Santos, diretora da faculdade de Física e orientadora deste TCC. Sua postura, determinação é admirável e inspirador! Você é um exemplo para mim. A forma que vem desenvolvendo seu trabalho é algo que surpreende qualquer pessoa.

E a Universidade Federal do Pará – UFPA, Campus de Ananindeua por ser essa instituição com ensino de qualidade e a PROEG-LABRINFRA 2018 pelo fomento.

## RESUMO

O presente trabalho elaborou uma estratégia pedagógica e uma alternativa didática que pudesse despertar maior interesse dos educandos em temas de física e mais especificamente em eletrônica, afim de superar os desafios que o tema propõe, deste modo propomos a realização de roteiros experimentais reais e virtuais para o laboratório de eletrônica ou seja, uma proposta experimental e virtual como alternativa didática para circuitos elétricos do tipo retificador a diodo. Diante disso, foi criado um material pedagógico, para ajudar o educando a desenvolver um experimento de circuito retificador a diodo, nele contém todas as informações necessárias e desafios para a execução do mesmo. (i) A proposta real foi desenvolvida para ser executada Laboratório Experimental de Ensino de Física. (ii) A proposta virtual foi desenvolvida para ser executada no simulador virtual “*Falstad Circuit Simulator Applet*”. O material dar um entendimento sobre o átomo, destacando o comportamento dos mesmos, quando são colocados diante de uma tensão, mostrando que os materiais possuem propriedades elétricas. Este trabalho tem como objetivo relacionar a teoria com situações cotidianas através de roteiros de estudo para atividades experimentais reais e virtuais, onde foi procurado formalizar os materiais para que não fossem necessárias aulas expositivas, sobre Circuitos Retificadores a Diodo. A parti disso, foram feitas as comparações de tensão dos valores obtidos pelo simulador, junto com as medições e cálculos experimentais, e concluímos que a eletrônica experimental presente no cotidiano do mundo tecnológico pode ampliar diferentes aspectos a visão sobre a ciência, fazendo com que indivíduos possam também propor soluções para problemas diários ou talvez ajudando a descobrir novas relações do mundo do trabalho e da ciência e da tecnologia e tem como público alvo, alunos do terceiro ano do Ensino Médio e Discentes de Graduação que possui a disciplina Eletrônica Experimental na base curricular.

**Palavras-chave:** Ensino de Física; roteiros de estudos; ciência e tecnologia.

## ABSTRACT

The present work elaborated a pedagogical strategy and a didactic alternative that could arouse greater interest of the students in physics subjects and more specifically in electronics, in order to overcome the challenges that the subject proposes, in this way we propose the realization of real and virtual experimental scripts for the electronics laboratory, that is, an experimental and virtual proposal as a didactic alternative for electrical circuits of the diode rectifier type. Therefore, a pedagogical material was created to help the student to develop a diode rectifier circuit experiment, which contains all the necessary information and challenges for its execution. (i) The real proposal was developed to be carried out in the Experimental Physics Teaching Laboratory. (ii) The virtual proposal was developed to run in the virtual simulator "Falstad Circuit Simulator Applet. The material gives an understanding of the atom, highlighting their behavior when they are placed in front of a voltage, showing that the materials have electrical properties. This work aims to relate theory to everyday situations through study scripts for real and virtual experimental activities, where it was sought to formalize the materials so that lectures on Diode Rectifier Circuits were not necessary. From this, voltage comparisons of the values obtained by the simulator were made, along with experimental measurements and calculations, and we concluded that the experimental electronics present in the daily life of the technological world can broaden different aspects of the view of science, making individuals they can also propose solutions to daily problems or perhaps help to discover new relationships in the world of work and science and technology and have as their target audience, third-year high school students and undergraduate students who have the Experimental Electronics subject in their curriculum basis.

**Keywords:** Physics Teaching; study guides; science and technology.

## LISTA DE FIGURA

Figura – 1. Importância do laboratório Tradicional Para o Ensino de Física.....	17
Figura – 2. Usos de TICs para Realização de Atividade em Laboratório Virtual.....	17
Figura – 3. Evolução do Diodo. ....	18
Figura – 4. Representação das bandas de energia em metais, semicondutores e isolantes. ....	21
Figura – 5. (a) Impurezas de Boro material Tipo P; (b) Estrutura cristalina Tipo P.....	22
Figura – 6. (a) Impurezas do antimônio com o material tipo N; (b) Estrutura Cristalina Tipo N.....	22
Figura – 8. Estrutura cristalina da Junção P e N .....	23
Figura – 9. Diodo.....	24
Figura – 10. Polarização Reversa. ....	25
Figura – 11. Polarização direta.....	25
Figura – 12. Curva e Característica do diodo.....	26
Figura – 13. Distribuição elétrica .....	27
Figura – 14. (a) Gráfico de um Tensão Continua; (b) Gráfico de Tensão Alternada.....	27
Figura – 15. Esquema em blocos de circuito retificador.....	28
Figura – 16. Modelo esquemático Circuito Retificador de Meia onda. ....	28
Figura – 18. Semiciclo positivo no Processo de Retificação. ....	29
Figura – 19. Ilustração do semiciclo negativo.....	29
Figura – 20. (a) Gráfico Tensão Primaria; (b) Gráfico da Tensão do Resistor. ....	30
Figura – 21. Enumeração dos diodos. ....	30
Figura – 23. Semiciclo Negativo Período $T/2$ até $T$ .....	31
Figura – 24. (a) Sinal da Tensão Primaria do Circuito; (b) Sinal da Tensão do Resistor. ....	32
Figura – 26. Apresentação de Materiais para o Experimento. ....	34
Figura – 27. Como usar um multímetro. ....	36
Figura – 28. Protoboard.....	36
Figura - 29. Montando o circuito no Protoboard.....	37

Figura – 30. Montando o circuito no Protoboard. ....	40
Figura – 31. Contextualização da Tópico.....	42
Figura – 32. Tela Inicial Do <i>Falstad</i> - A cor verde indica tensão positiva. A cor cinza indica a terra. Uma cor vermelha indica tensão negativa. Os pontos amarelos em movimento indicam corrente.....	43
Figura – 33. Primeiro Passo para simulação .....	44
Figura – 34. Segundo Passo .....	45
Figura – 35. Terceiro Passo .....	45
Figura – 36. Quarto Passo. ....	46
Figura – 37. Quinto Passo .....	46
Figura – 38. Sexto Passo .....	47
Figura – 39. Adicionando o cabo de conexão .....	47
Figura – 40. Ligando os componentes.....	48
Figura - 41. Adicionando Gráfico na simulação .....	48
Figura – 42. Simulador com os Gráficos.....	49
Figura – 43. Editando a Fonte .....	50
Figura – 44. Editando o transformador .....	51
Figura – 45. Desenhando os Diodos em Pontes .....	52
Figura – 46. Adicionando o Capacitor .....	52
Figura - 47. Conectando o capacitor no Circuito .....	53
Figura 43- Gráfico da tensão Primária do Circuito Retificador a Diodo .....	55
Figura 44 – Gráfico da tensão do resistor.....	55
Figura – 45 Gráfico do Circuito Retificador em Pontes.....	57
Figura – 46 Gráfico do Circuito Retificador com o Capacitor.....	57
Figura – 47. Gráfico com apectros da utilidade de Uso da TICs na Teoria de Aprendizagem Significativa .....	58

## LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Medições .....	54
Tabela 2 - Meia onda a diodo – Cálculos.....	54
Tabela 3 - Meia onda a diodo – Medições .....	55
Tabela 4 – Medições de Tensões Circuito Retificador em Pontes .....	56
Tabela – 5. Valores de Cálculos Do Circuito Retificador em Pontes. ....	56
Tabela – 6. Resultados dados pelo Simulador no Circuito Retificador em Pontes. ....	57

## SUMÁRIO

Capítulo 1 - Introdução.....	15
1.1 Contexto .....	15
1.2 A importância das atividades experimentais no laboratório no ensino de física.....	16
1.3 A importância das atividades experimentais no laboratório virtual para o ensino de física .....	17
1.4 Revolução tecnológica de dispositivos eletrônicos .....	18
Capítulo 2 – Fundamentação Teórica.....	20
2.1 Propriedade Elétrica da matéria .....	20
<b>2.1.1 Condutores</b> .....	<b>20</b>
<b>2.1.2 Isolantes</b> .....	<b>20</b>
<b>2.1.2 Semicondutor</b> .....	<b>20</b>
2.2 Formação do Diodo .....	21
<b>2.2.1 Dopagem, formação do elemento tipo P e N</b> .....	<b>21</b>
<b>2.2.2 Elemento tipo P</b> .....	<b>21</b>
<b>2.2.3 Elemento tipo N</b> .....	<b>22</b>
<b>2.2.4 Portadores Majoritários e minoritários</b> .....	<b>22</b>
<b>2.2.5 Junção dos elementos tipo P e N</b> .....	<b>23</b>
2.3 Diodo.....	24
<b>2.3.1 Polarização Direta e Reversa</b> .....	<b>24</b>
<b>2.3.2 Curva e Característica do Diodo</b> .....	<b>26</b>
<b>2.3.3 Aplicação do Diodo</b> .....	<b>26</b>
2.4 Circuito retificador a Diodo .....	26
<b>2.4.1 Circuito retificador a diodo de meia onda, de carga resistiva</b> .....	<b>28</b>
<b>2.4.2 Circuito retificador em pontes de carga Resistiva</b> .....	<b>30</b>
<b>2.4.2.1 Circuito retificador de onda completa com o processo de filtração</b> .....	<b>32</b>
Capítulo 3 - Matérias e Métodos .....	34

3.1 Roteiro experimental Real.....	34
3.1.1 <i>Objetivos</i> .....	35
3.1.2 <i>Atividade experimental</i> .....	35
3.1.3 <i>Conceitos sobre os materiais do Circuito</i> .....	35
3.1.3.1 <i>Resistor</i> .....	35
3.1.3.2 <i>Multímetro</i> .....	35
3.1.3.3 <i>Transformador</i> .....	36
3.1.3.4 <i>Protoboard</i> .....	36
3.1.3.5 <i>Diodo</i> .....	37
3.1.3.6 <i>Capacitor</i> .....	37
3.2 Conceito de Tensões Eficaz, Pico. ....	37
3.3 Circuito retificador de meia onda.....	37
3.3.1 <i>Parte experimental, como montar o circuito no Protoboard</i> .....	37
3.3.2 <i>Realizar medições utilizando o multímetro</i> .....	38
3.3.3 <i>Encontrar valor de pico das tensões</i> .....	38
3.3.3.1 <i>Tensão de pico primária:</i> .....	38
3.3.3.2 <i>Tensão de pico secundária:</i> .....	38
3.3.3.3 <i>Tensão de pico do resistor:</i> .....	38
3.3.3.4 <i>Calculando o valor eficaz ou RMS:</i> .....	39
3.3.3.5 <i>Tensão eficaz primária:</i> .....	39
3.3.3.6 <i>Tensão eficaz secundária:</i> .....	39
3.3.3.7 <i>Obter o valor médio da tensão:</i> .....	40
3.4 Circuito Retificador de Onda Completa em Ponte.....	40
3.4.1 <i>Parte experimental, como montar o circuito no Protoboard</i> .....	40
3.4.2 <i>Realizar medições utilizando o multímetro</i> .....	41
3.4.2.1 <i>Encontrar valor de pico das tensões</i> .....	41
3.4.2.2 <i>Obter o valor médio da tensão:</i> .....	41

<b>3.4.2.3 Medir Tensão do Resistor com o Filtro Capacitivo .....</b>	<b>41</b>
3.5 Roteiro Experimental para Plataforma Virtual.....	42
<b>3.5.1 Apresentação do Simulador .....</b>	<b>43</b>
<b>3.5.2 Circuito retificador de meia onda .....</b>	<b>43</b>
<b>3.5.2.1 Editando os componentes .....</b>	<b>49</b>
<b>3.5.2.2 Critérios para análise. ....</b>	<b>51</b>
3.5.3 Circuito Retificador de Onda Completa em Ponte.....	51
<b>3.5.3.1 Adicionando Capacitor no Circuito. ....</b>	<b>52</b>
<b>3.5.3.2 Adicionando Capacitor no Circuito. ....</b>	<b>53</b>
Capitulo 4 - Resultados e discussões.....	54
4.1 Resultados do Circuito Retificador de Meia Onda.....	54
<b>4.1.1 Medições e calculos obtidos experitalmente. ....</b>	<b>54</b>
<b>4.1.2 Resultados da Simulação.....</b>	<b>55</b>
4.2 Resultados do Circuito Retificador em Pontes.....	56
<b>4.2.1 Medições e cálculos obtidos experimentalmente. ....</b>	<b>56</b>
<b>4.2.2 Resultados da Simulação.....</b>	<b>56</b>
4.3 Explicação para a Diferença de Valores.....	57
4.4 Conclusão: .....	58
Referência.....	59

## **Capítulo 1 - Introdução**

### **1.1 Contexto**

Com a expansão da terceira revolução industrial a partir de 1970, a relação entre tecnologia e ciência incumbiu em grandes mudanças, fazendo com que ambas se desenvolverem rapidamente. Portanto tornou-se um dos fatores mais importantes para sistemas produtivos, a tecnologia ocupa espaços importantes no cotidiano das pessoas, de modo que a maioria das atividades são realizadas com o uso constante dela.

Sendo assim, no âmbito da educação, não se pode deixar de evidenciar, a utilização da tecnologia, que por muito tempo, a eletrônica, a computação e a informática exerciam a função unicamente de transmitir informações e instruções dentro deste processo. Por outro lado, a revolução técnico-científica a partir das Tecnologias da Informação e da Comunicação (TICs) fez com que as pesquisas atuais de ensino de ciência busquem recursos metodológicos que promovam um novo modo de aprender, adaptar e pensar, pois as TICs ajudam para que as simulações computacionais, tenham qualidades ricas em detalhes que mostrem animações de modelos simplificados da Natureza (SENA et al., 2018).

Neste contexto, a história do ensino de ciências vem amadurecendo na concepção da docência, procurando inserir novos métodos e estratégias pedagógicas, com propostas de ensino que utilizem atividades experimentais, realizadas em laboratório com equipamentos reais ou virtualmente, feitas através de simulações computacionais (SANTOS e GOMES, 2019).

Na contemporaneidade as atividades relacionadas à docência em ensino de física, estão permeadas de propostas envolvendo o uso do computador, onde já se tem uma ideia de que grandes avanços no ensino de física é através de usos intensivos das chamadas “tecnologias computacionais” e que estão permitindo situações de aprendizagem que um dia foram impensáveis de se ter (ARAÚJO, 2005). Sabe-se que a física está relacionada a interpretação do mundo real, buscando sempre a compreensão dos mecanismos que a regulam, onde as novas tecnologias educacionais auxiliam para que as abordagens de situações práticas tenham uma maior compreensão dos fenômenos naturais e de conceitos científicos, associando a teoria com a prática e despertando a curiosidade dos estudantes e até estimulando e o gosto pela pesquisa (CASTILHO et al., 2020).

Num período de rápida transformação as práticas do ensino remoto emergencial (ERE) e a utilização dos ambientes virtuais de aprendizagem (AVAs), é necessário que os professores busquem outras formas para atender as demandas do processo de ensino-aprendizagem, uma vez que, no ensino

de física tem uma alta carga teórica de conteúdos e leitura de textos clássicos compostos por inúmeras fórmulas e equações que nem sempre são compreendidos pelos discentes. Um grande aliado na construção da relação entre a teoria e o experimento é o uso dos laboratórios experimentais de ensino, pois ele permite a proposta de diferentes abordagens.

Este trabalho procurou elaborar uma estratégia pedagógica e uma alternativa didática que pudesse despertar maior interesse dos educandos em temas de física e mais especificamente em eletrônica, afim de superar os desafios que o tema propõe, deste modo propomos a realização de roteiros experimentais reais e virtuais para o laboratório de eletrônica ou seja, uma proposta experimental e virtual como alternativa didática para circuitos elétricos do tipo retificador a diodo. Diante disso, foi criado um material pedagógico, para ajudar o educando a desenvolver um experimento de circuito retificador a diodo, ele contém todas as informações necessárias e desafios para a execução do mesmo. (i) A proposta real foi desenvolvida para ser executada Laboratório Experimental de Ensino de Física. (ii) A proposta virtual foi desenvolvida para ser executada no simulador virtual “*Falstad Circuit Simulator Applet*”.

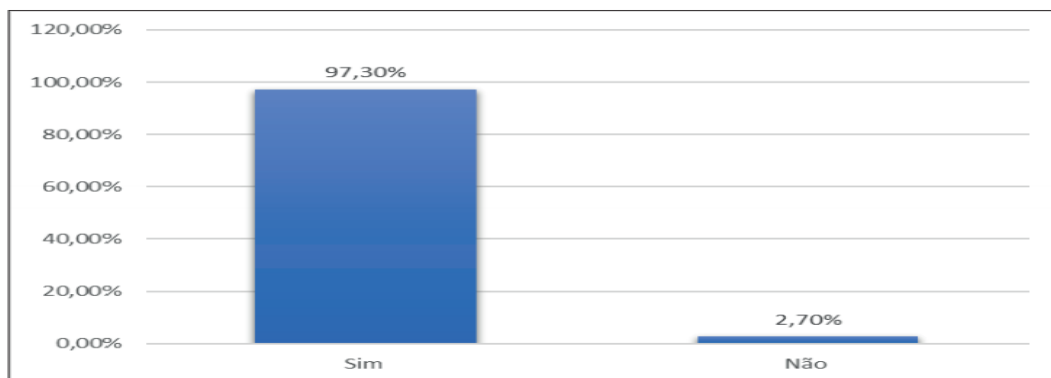
O “*Falstad Circuit Simulator Applet*” é uma plataforma gratuita que possui uma interface gráfica simples, além de ser uma ferramenta fácil de manusear e possuem como princípio ao usuário a possibilidade de construir suas próprias simulações e tem uma baixa exigência de hardware e banda de internet (NUNES et al., 2018) e também dispõe de uma grande diversidade de simulações do estudo em Físicas prontas para serem observadas. Portanto, o material relaciona uma proposta para um Laboratório Experimental de Ensino de Física executado no laboratório de Física do Campus de Ananindeua- Universidade Federal do Pará (UFPA) e uma segunda proposta para o laboratório virtual onde essas informações podem ser aplicadas em uma plataforma digital chamada de “*Falstad Circuit Simulator Applet*”. No desenvolvimento deste trabalho apresentaremos os roteiros onde o intuito é para ser aplicável nos dois modelos real e virtual que devem ser empregados na aula de Física e que tem como objetivo através da atividade experimental, a oportunidade de relacionar a teoria com situações cotidianas. A presente investigação apresenta e discute os resultados da combinação de abordagens de equipamentos reais e virtuais, envolvendo roteiros como auxílio, para que o aluno consiga fazer as manipulações e executar o experimento.

## **1.2 A importância das atividades experimentais no laboratório no ensino de física.**

Os laboratórios de atividades experimentais, também conhecidos como laboratórios tradicionais, são formados de maneira concisa de experimentos específicos para o ensino de Física,

que ilustram os conhecimentos obtidos durante as aulas expositivas. Essa alternativa didático-pedagógicas, agrega valores importantes face ao reconhecimento das práticas educacionais, pois ajudam a alavancar o processo de ensino e aprendizagem (SENA et al., 2018). Segundo Saraiva et al., (2021), realizou uma pesquisa que mostra a importância na perspectiva do estudante sobre o uso do laboratório para o processo de ensino-aprendizagem, deixando evidente com 97% sua contribuição.

**Figura – 1.** Importância do laboratório Tradicional Para o Ensino de Física.

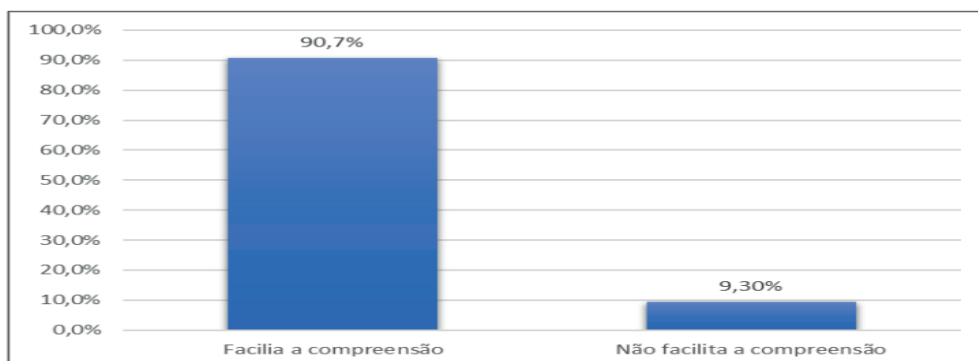


Fonte: SARAIVA et al., 2021.

### 1.3 A importância das atividades experimentais no laboratório virtual para o ensino de física

Pode-se dizer que os pontos positivos em realizar atividades em laboratórios virtuais, é que as simulações com o uso das TICs no ensino de Física, concretizam melhor conceitos abstratos, apresentando uma visão bem mais próxima da realidade, tornando a aula mais interativa, permitindo aos discentes uma maior participação. Saraiva et al., (2021), em sua pesquisa utilizou *smartphone* para proporcionar aos alunos o laboratório virtual, ou seja, para efetivar a atividade experimental virtual, e constatou que 90,7 % dos sujeitos entrevistados, dizem que a ferramenta facilita a compreensão dos conteúdos, enquanto 9,3 % opinaram que não facilita a compreensão, conforme mostra a figura 2.

**Figura – 2.** Usos de TICs para Realização de Atividade em Laboratório Virtual



Fonte: SARAIVA et al., 2021.

## 1.4 Revolução tecnológica de dispositivos eletrônicos

Um dos fatores notáveis da Tecnologia, são que os sistemas dos dispositivos são incrivelmente menores, fazendo com que novos aparelhos surjam todos os dias, esgotando a imaginação dos seres humanos para onde a tecnologia os levará a evolução do diodo foi fundamental para a diminuição dos sistemas dos aparelhos modernos, onde o primeiro diodo inventado é relacionado com os estudos de Thomas Alva Edison (1847-1931), ele realizou uma experiência e percebeu que a corrente elétrica passou a ter somente um sentido após conectar uma placa de metal ao filamento de uma lâmpada incandescente, isso foi o estopim para o John Ambrose Fleming (1849-1945) construir a válvula termiônica. A partir daí se desenvolveu vários estudos ao longo do tempo como mostra a figura 3, até que o cientista Russell Shoemaker Ohl (1898-1987) descobriu o diodo de junção, dando suporte para o mesmo fosse utilizado principalmente para retificação de tensões em circuitos. O diodo passou a ser usado em praticamente todos os equipamentos eletrônicos atualmente, por exemplo, televisores, rádios, celulares, câmeras fotográficas (SOUSA e GOMES, 2017).

Figura – 3. Evolução do Diodo.



Fonte: Google Imagens, 2020.

Mas vale entender o funcionamento dos aparatos tecnológicos do cotidiano? Dessa forma teremos como exemplo a seguinte situação: que você tenha uma televisão e a mesma apresenta um problema. Em seguida você leva a um técnico para consertar, ele detecta que o defeito está

relacionado ao circuito de fornecimento de energia, e para consertar ele cobra um valor superfaturado, porém se você tiver algum conhecimento do funcionamento de uma televisão, terá chances de corrigi-lo, não sendo prejudicado. O próximo tópico aborda teorias para formalizar o conteúdo.

## Capítulo 2 – Fundamentação Teórica

### 2.1 Propriedade Elétrica da matéria

Na estrutura atômica da matéria, o átomo é dividido em duas partes, possuindo o núcleo, que é composto por prótons (convencionalmente dito positivamente carregado) e nêutrons (partículas sem carga nenhuma), e a eletrosfera, é a região próxima ao núcleo onde encontramos os elétrons (convencionalmente dito negativamente carregado).

Com entendimento sobre o átomo, percebe-se que os materiais possuem propriedades elétricas e podem ter comportamentos diferentes quando são colocados diante de uma energia elétrica. Então para um elemento ser condutor ou não, vai depender de como os elétrons respondem a um campo elétrico aplicado, (CORREIA et al., 2017). Em vista disso, os elementos se classificam em: condutores, isolantes e semicondutores.

#### 2.1.1 Condutores

É o material que permite o movimento dos elétrons por possuírem uma grande quantidade livre, fracamente ligados ao núcleo, que sobre a ação de uma diferença de potencial passam a se locomover em seu interior, (CIPELLI e SANDRINI,1982).

#### 2.1.2 Isolantes

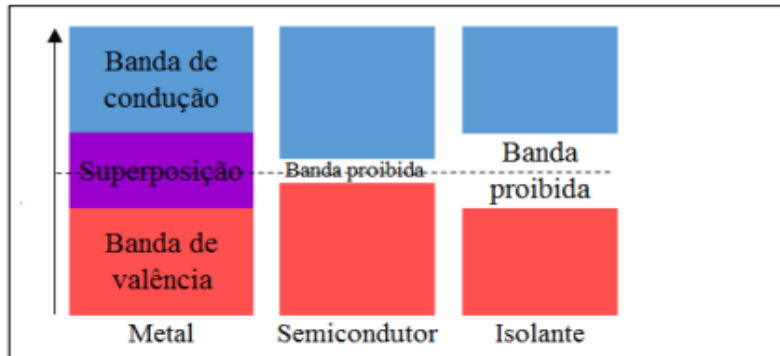
São materiais em que os elétrons se encontram fortemente ligados ao núcleo, quando exposto em uma voltagem, desprendem uma quantidade muito pequena de elétrons, evitando a deslocamento dos mesmos.

#### 2.1.2 Semicondutor

Os semicondutores contêm uma determinada resistência em deslocar elétrons, caracterizado tanto como condutor, quanto um isolante. Mas quando se aplica uma quantia exata de tensão, uma locomoção de cargas ocorre, por possuir uma pequena quantidade de elétron livre. Esses materiais são os mais utilizados pela eletrônica, onde os três semicondutores mais utilizados para construção de dispositivos eletrônicos são: germânio, silício e o arsênio de gálio.

Para se obter uma excelente fixação sobre a condutividade dos materiais é importante ter o conceito de banda proibida, no sentido de que ela representa o potencial energético a ser superado pelos elétrons quando esses são submetidos a uma diferença de potencial, assim fazendo que haja uma movimentação de elétrons. Portanto, partindo da ideia de bandas de energia também pode-se definir condutores, isolantes e semicondutores, analisando a figura 4.

**Figura – 4.** Representação das bandas de energia em metais, semicondutores e isolantes.



**Fonte:** E.S. Correia et al., 2017.

Conforme a Figura 4, nos materiais condutores as bandas de valência e de condução sucedem diante do retângulo violeta, de modo que sempre vão existir elétrons na banda de condução, tornando-os bons condutores de eletricidade. Nos isolantes, a banda proibida provoca uma interferência muito grande, por isso para os elétrons saltarem da banda de valência para a banda de condução é necessário fornecer uma quantidade de energia elevada ao material. Os materiais semicondutores apresentam uma estrutura de banda de energia semelhante à dos isolantes diferindo na intensidade ou largura da banda proibida, porém para fazer com que os elétrons saltem da banda de valência para a banda de condução, o material vai precisar de uma energia bem menor.

## 2.2 Formação do Diodo

### 2.2.1 Dopagem, formação do elemento tipo P e N

A formação desses elementos consiste num procedimento de adição de impurezas químicas, a um elemento semicondutor para transformá-lo num elemento mais condutor, porém, de forma controlada, esse processo é chamado de dopagem, os elementos mais utilizados são o germânio e o silício, pois os mesmos compartilham uma ligação covalente semelhantes. É escolhido um material semicondutor, pelo fato de que a impureza não vai ser suficiente para interferir na estabilidade da molécula, dado que o elemento gerado por esse processo é denominado de extrínseco, (BOYLESTAD et al., 2013).

### 2.2.2 Elemento tipo P

É um material formado pela dopagem com um elemento puro de germânio ou silício, mais átomos de impurezas que possuem 3 elétrons da camada de valência, como por exemplo: o boro. A figura 5 ilustra a formação do silício com boro, nos quais se percebe que o número de elétrons é insuficiente para estabilizar as ligações, resultando em um espaço vazio chamado de lacuna, (BOYLESTAD et al., 2013).

**Figura – 5.** (a) Impurezas de Boro material Tipo P; (b) Estrutura cristalina Tipo P

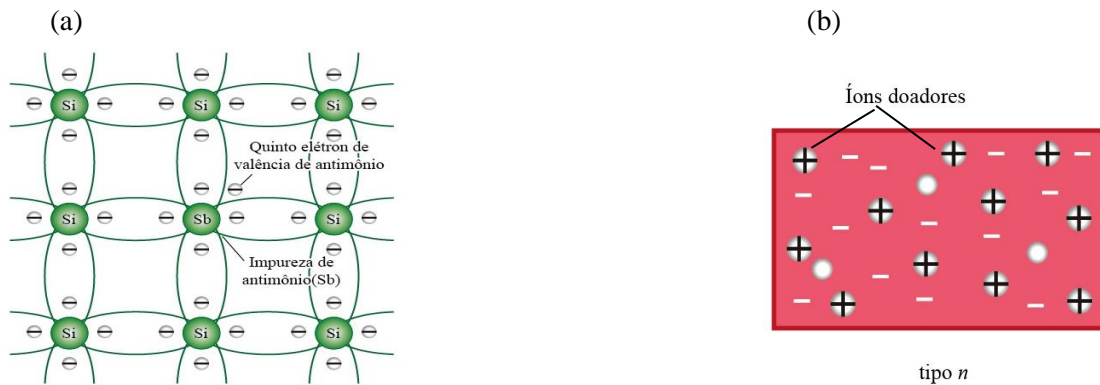


Fonte: Autor. 2021.

### 2.2.3 Elemento tipo N

No elemento tipo N, as impurezas adicionadas são substâncias que possuem 5 (cinco) elétrons na última camada, os átomos utilizados para essa composição são: antimônio, fósforo e arsênio. A figura 6 representa o exemplo da formação do silício com antimônio, nota-se que as ligações estão completas entre eles, porém haverá o quinto elétron adicionado pela impureza, que por sua vez ficará livre para se mover dentro estrutura.

**Figura – 6.** (a) Impurezas do antimônio com o material tipo N; (b) Estrutura Cristalina Tipo N

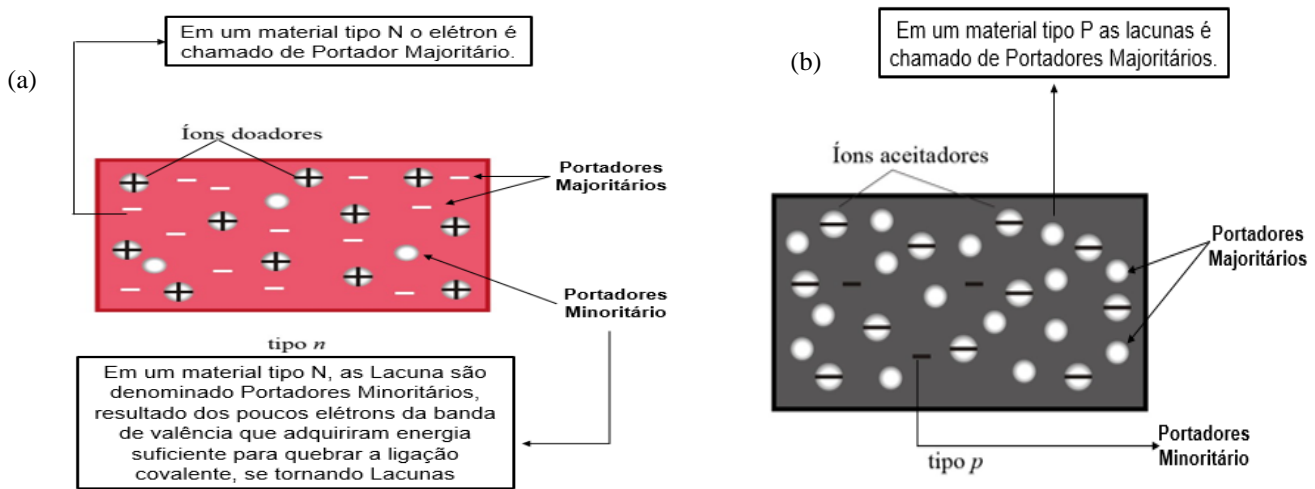


Fonte: Autor 2021.

### 2.2.4 Portadores Majoritários e minoritários

O resultado da dopagem dos elementos tipo P e N, vai mostra que a uma estrutura vai possuir um número maior de elétrons e a outra de lacunas, como exibi a figura 7.

**Figura – 7.** (a) Portadores Majoritários Elemento Tipo N, (b) Portadores Majoritários do Elemento Tipo P.

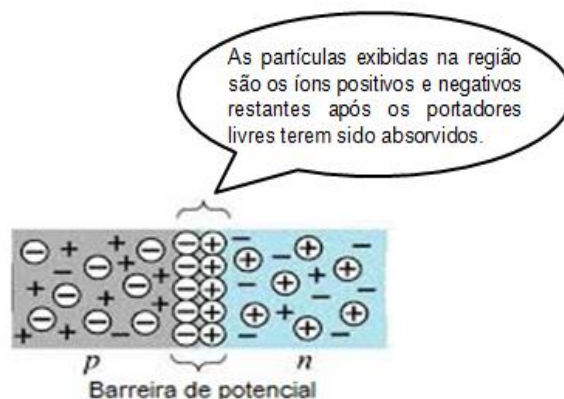


Fonte: Autor 2021.

### 2.2.5 Junção dos elementos tipo P e N

Agora se tem os materiais tipo P e N, a junção deles resulta em um cristal único, onde essa união é constituído por um processo metalúrgico. O material tipo N apresenta um número grande de elétrons e o P de lacunas, quando colocados juntos, haverá difusão de lacunas do elemento P ao N e de elétrons de N para P, ou seja, quando os dois materiais são fundidos, os elétrons e as lacunas na região da junção se combinam, resultando em uma falta de portadores livres na região próxima à junção, como exposto na figura 7. Com íons positivos de um dos lados da junção e de íons negativos do outro, sugira uma barreira de potencial, que é o equilíbrio de cargas em torno da junção, (figura 8). Portanto, essa junção é denominada de diodo, (CIPELLI e SANDRINI,1982).

**Figura – 8.** Estrutura cristalina da Junção P e N.

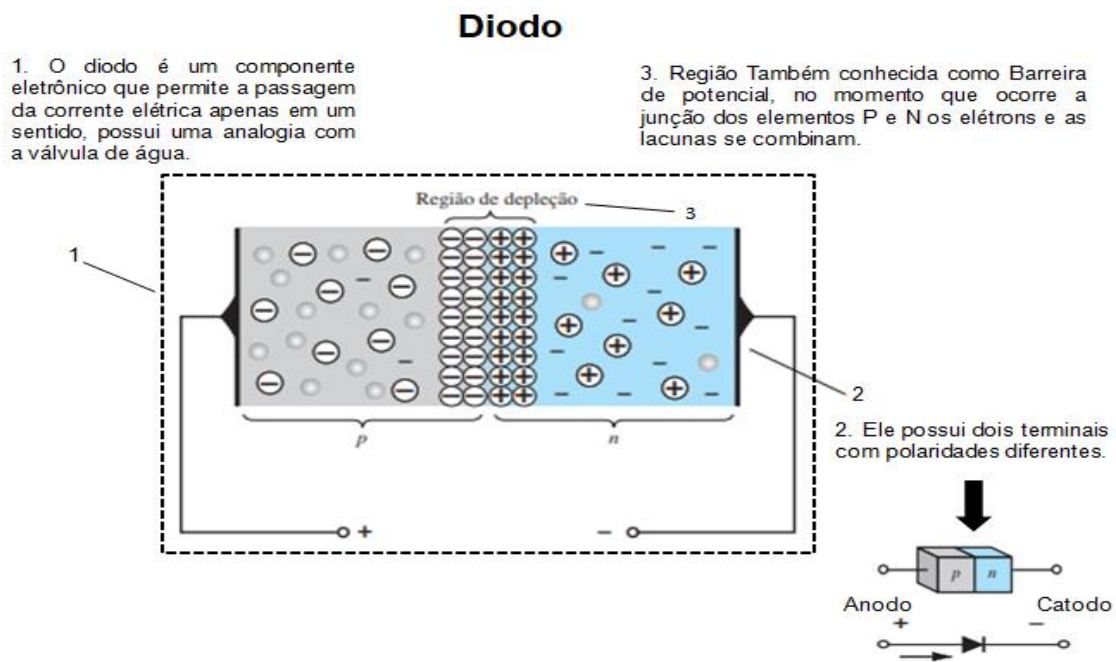


Fonte: Modificado Boylestad, 2021

## 2.3 Diodo

Com a modernização dos equipamentos eletrônicos, se exigiu uma grande demanda de aparatos tecnológicos para o processo de alimentação de energia dos mesmos, uma vez que esse processo é relacionado a conversão de tensões alternadas para contínuas e adequamentos de correntes. Entre os componentes mais presentes no mundo da eletrônica, o diodo é um deles. Ele é um dispositivo eletrônico de estado sólido composto pela junção simples do elemento tipo P com o N. A figura 9 ressalta a definição de diodo.

Figura – 9. Diodo.



Fonte: Boylestad, 2013.

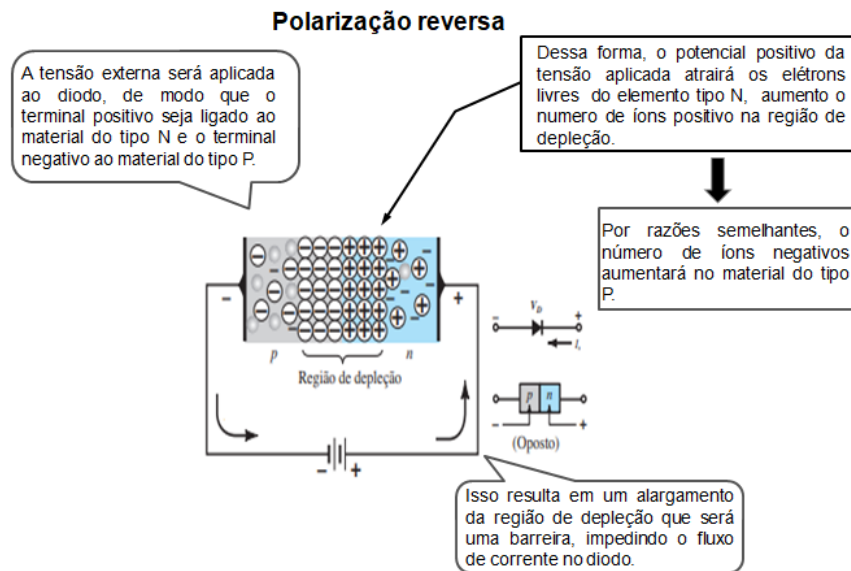
A aplicação de uma tensão externa nos terminais do dispositivo gera uma resposta, ao passo que, se a tensão aplicada ao diodo tiver a mesma polaridade (a tensão de maior polaridade tiver ligada ao polo positivo do diodo e a de menor polaridade ao polo negativo), como indicado na figura 18, será considerada positiva. Caso contrário, será uma tensão negativa, (BOYLESTAD, 2013). Portanto a analogia com a válvula de água, pois dependendo da polarização do componente será permitido o fluxo de corrente.

### 2.3.1 Polarização Direta e Reversa

Como já se viu, o diodo é construído por elementos tipo P e N, onde pode-se similarizar que o tipo P representa a polaridade positiva do próprio e o N a polaridade negativa. O termo polarização

refere-se à aplicação de uma tensão externa, em que dependendo de como é aplicado, se obtém um resultado, (BOYLESTAD, 2013). Diante disso, se tem a Polarização direta e reversa, como veremos nas figuras 10 e 11.

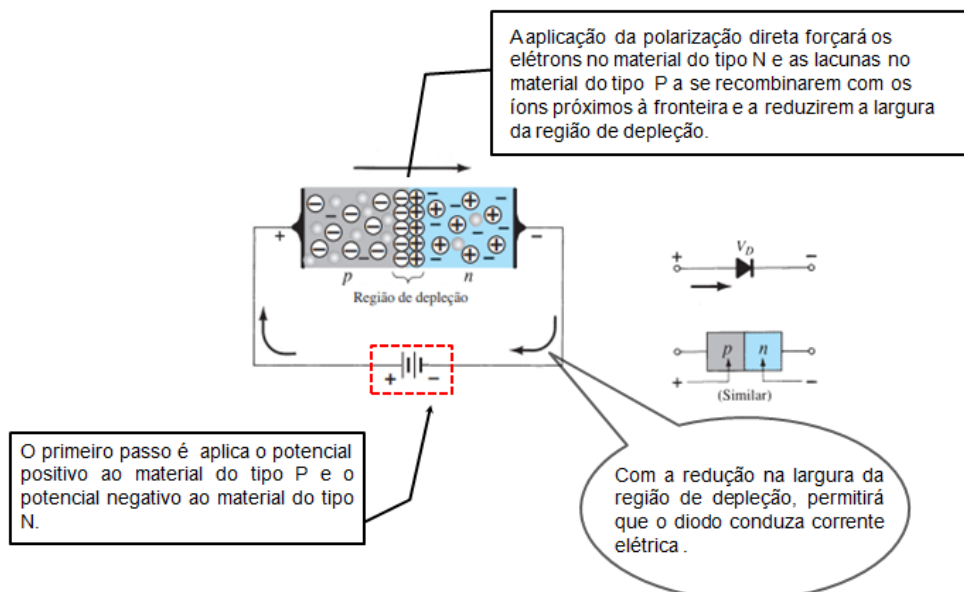
**Figura – 10.** Polarização Reversa.



Fonte: Boylestad, 2013

**Figura – 11.** Polarização direta.

**Polarização Direta**

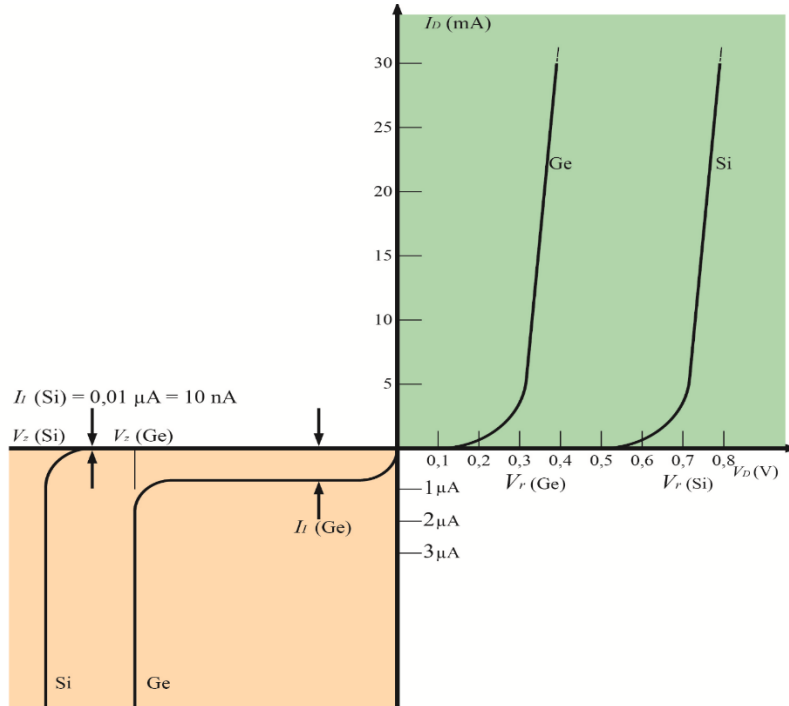


Fonte: Boylestad, 2013

### 2.3.2 Curva e Característica do Diodo

A curva característica de um diodo é um gráfico que relaciona o valor de tensão aplicada com a corrente elétrica que atravessa o diodo. No entanto, esta curva pode apresentar variações, por ser relacionada com a estrutura, fabricação e o tipo de diodo, vejamos a figura 12.

Figura – 12. Curva e Característica do diodo.



Fonte: Autor.

### 2.3.3 Aplicação do Diodo

Existem milhares de aplicações para esse componente, mas algumas das mais conhecidas são:

- Pontes retificadoras
- Evitar correntes reversas que podem danificar componentes
- Iluminação LED
- Reguladores de tensão
- Fotos-diodo

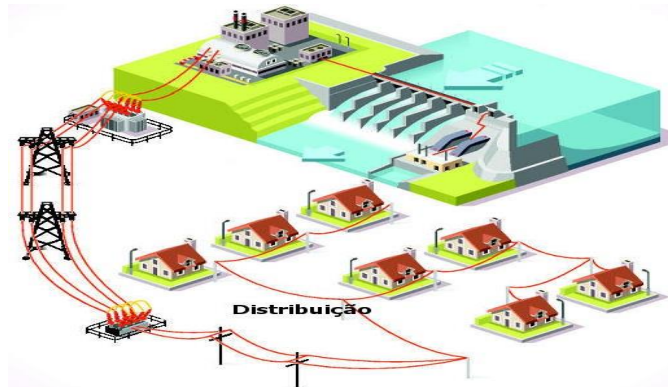
A visto disso o próximo tópico apresentará o circuito retificador a diodo, no intuito de compreender esse funcionamento.

### 2.4 Circuito retificador a Diodo

O desenvolvimento da tecnologia trouxe melhorias e deliberações de impasses sócias, sendo assim o circuito retificador foi criado para assegurar um desempenho mais eficaz de sistemas e

aparelhos eletrônicos, no qual eles na maioria das vezes são alimentados por uma tensão contínua. Entretanto a energia elétrica é distribuída sob a forma de tensão alternada, como ilustrado na figura 13, daí surgiu a importância desse circuito

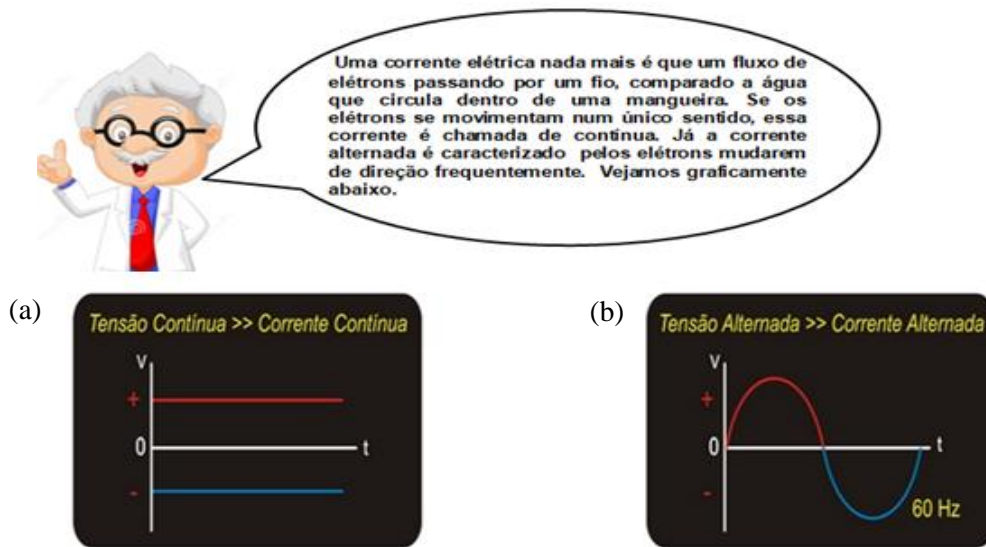
**Figura – 13.** Distribuição elétrica.



Fontes: Google Imagens 2020.

Mas falando sobre tensão, quais as suas diferenças? Veja na figura 14.

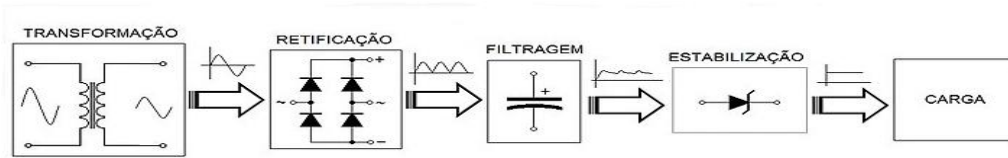
**Figura – 14.** (a) Gráfico de um Tensão Contínua; (b) Gráfico de Tensão Alternada



Fontes: Modificado google Imagem 2020.

Portanto, o circuito retificador foi elaborado para a conversão de tensões alternadas para contínuas, ele pode ser constituído por diodos ou transistores, além possui também de um transformador e dependendo do projeto possui outros itens, como por exemplo resistores e capacitores. Existem vários tipos de circuitos retificadores, mas todos com o objetivo de converter as tensões como indica a figura 15.

**Figura – 15.** Esquema em blocos de circuito retificador.



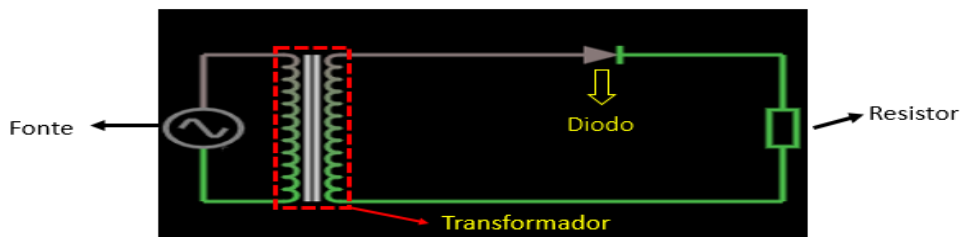
Fontes: Google Imagens 2020.

Como já se sabe da existência de vários circuitos retificadores, os tópicos abaixo iram indagar sobre os circuitos retificadores a diodo de meia onda carga resistiva e em pontes de onda completa.

### 2.4.1 Circuito retificador a diodo de meia onda, de carga resistiva.

Também conhecido como retificador monofásico de meia onda, ele é muito comum na eletrônica, onde o diodo é responsável pelo processo de retificação, além de possuir os demais componentes: um transformador de tensão e um resistor, no qual se ressalta que o transformador diminuirá a tensão e resistor será a carga do projeto, conforme a Figura 16.

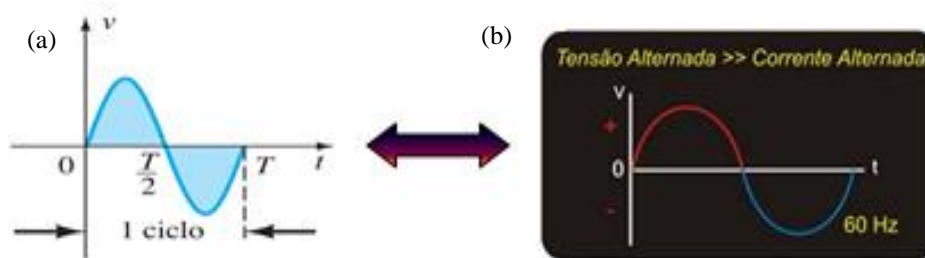
**Figura – 16.** Modelo esquemático Circuito Retificador de Meia onda.



Fonte: Autor 2021.

Um dos princípios para se examinar o circuito é entender que um sinal é variante no tempo, e um ciclo completo é definido pelo período  $T$  como mostra a Figura 17, (BOYLESTAD, 2013).

**Figura - 17.** (a)-17. Gráfico de tensão variante no tempo, determinando o período  $T$ ; Gráfico de tensão variante no



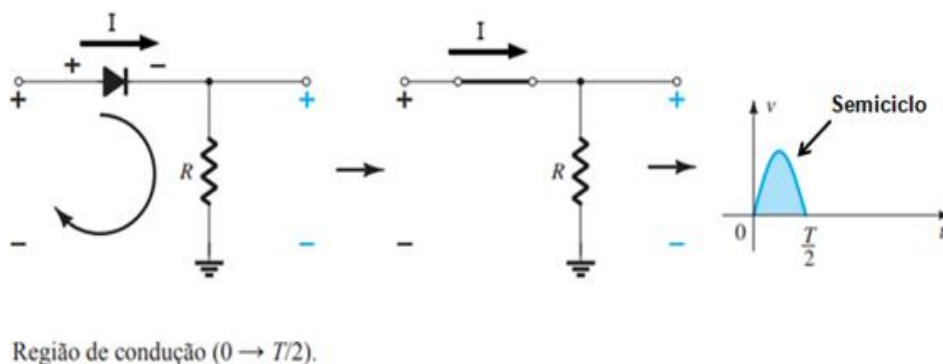
Fonte: Autor 2021.

Em Geral, o circuito recebe como entrada uma tensão alternada com 110 V ou 220 V, que é uma tensão de uma tomada qualquer <sup>1</sup>e será denominada de tensão primária. Por sequência a energia

<sup>1</sup> A Equatorial Energia Pará, é a única empresa de distribuição de energia elétrica autorizada pela ANEEL para atuar em

passará pelo transformador, que diminuirá a tensão para 12 V, reconhecida por tensão secundária. Daí analisaremos da seguinte forma, durante o intervalo  $t = 0$  à  $T/2$ , se tem um semiciclo, que será positivo, pois a maior polaridade da tensão é aplicada no anodo do diodo em relação ao catodo, implicando em uma polarização direta, ou seja, liberará corrente para o circuito com uma perda de tensão, com isso o resistor que é a carga do circuito, ganhará um semiciclo de tensão (CIPELLI e SANDRINI,1982), veja a figura18 para exemplificação do projeto

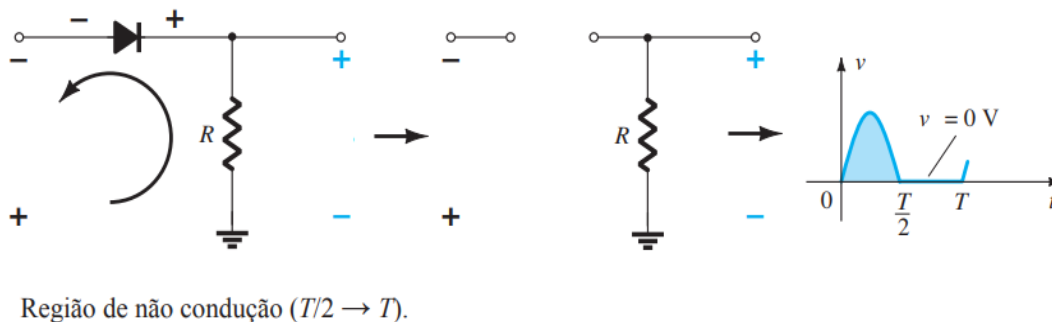
**Figura – 18.** Semiciclo positivo no Processo de Retificação.



Fonte: Boylestad, 2013.

Agora vejamos de  $t = T/2$  a  $T$ , será o semiciclo negativo, porque nesse intervalo de tempo o diodo intercepta a passagem de corrente para circuito, devido a tensão de maior polaridade está conectada ao catodo em relação ao anodo do diodo, ou seja, uma polarização inversa. Para uma compreensão imaginária observe a Figura 19.

**Figura – 19.** Ilustração do semiciclo negativo.



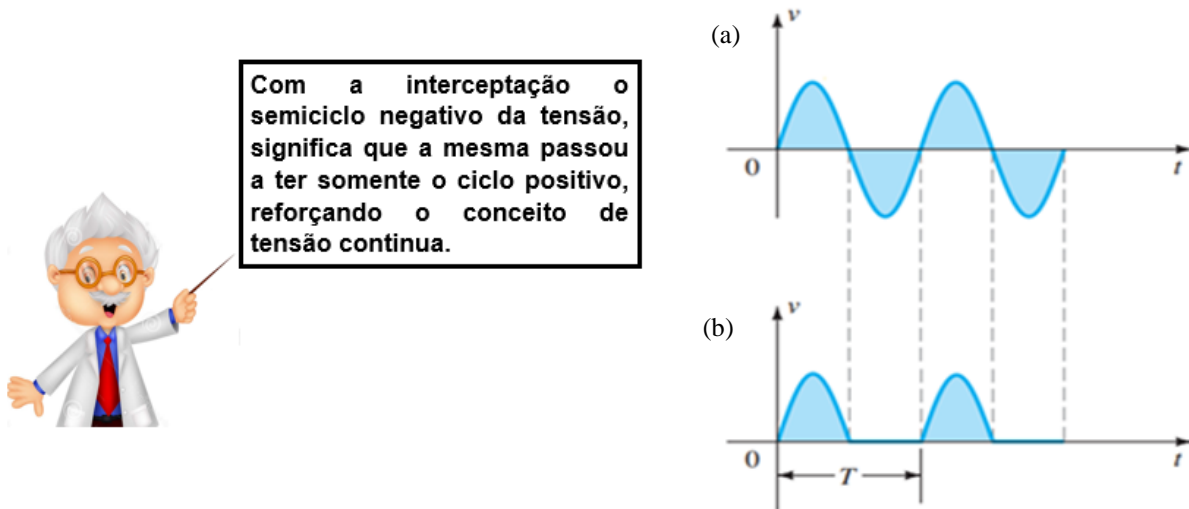
Fonte: Boylestad, 2013.

Veja a junção das informações na Figura 20. O gráfico (a) 20, nos mostra a tensão primária, ou seja, a tensão de entrada do circuito, enquanto a (b) 20, mostra o gráfico da tensão do resistor, ou seja, da tensão já retificada.

---

toda a área de concessão do estado do Pará, e distribui para consumidor final uma tensão de 127 V ou 220 V com uma frequência de 60 Hz. Essa informação pode ser acessada, em fornecimento de energia elétrica de baixa tensão através deste [site](#)

**Figura – 20.** (a) Gráfico Tensão Primária; (b) Gráfico da Tensão do Resistor.



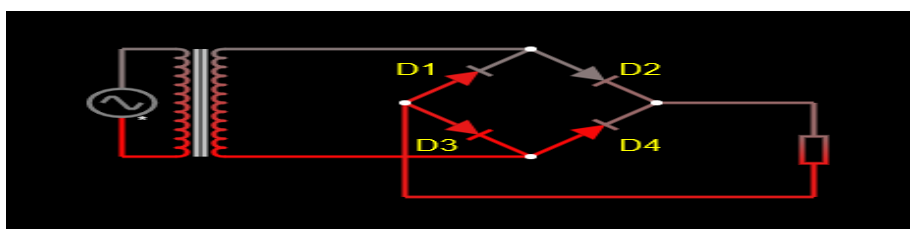
Fonte: Autor, modificação Boylestad, 2013.

Com o passar do tempo, se notou que o retificador de meia onda, não apresentava um fator satisfatório, pois oferecia somente um semiciclo em um período, ou seja, oferecia somente um pulso de tensão, e para um aparelho eletrônico não era eficaz. Com o passar do tempo, foi possível obter uma tensão mais contínua a partir de uma entrada senoidal, e esse processo é chamado de retificação de onda completa que por sua vez, é dividido em dois tipos: o retificador em ponte e o retificador de derivação central. Para aprofundamento de conhecimento, no próximo tópico será estudado o circuito retificador em ponte.

#### 2.4.2 Circuito retificador em pontes de carga Resistiva

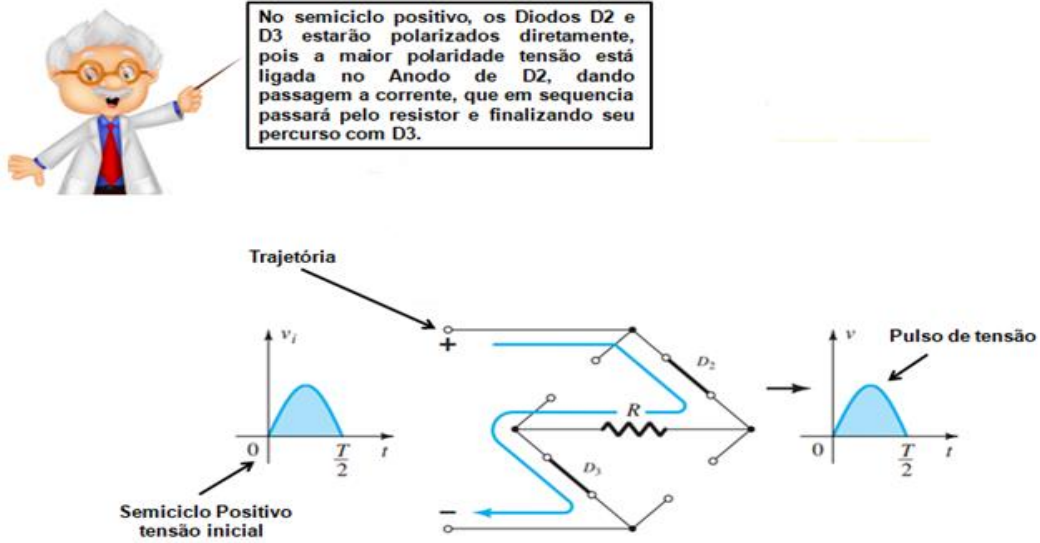
É o circuito mais comumente empregado para realizar uma retificação de onda completa, pois possui quatro diodos em uma configuração em ponte, daí surge a admissão da nomeação do mesmo. Contém também um transformador e um resistor e eles conservam a mesma função do retificador de meia onda. Para a compreensão deste circuito, se analisa da seguinte forma: primeiro se enumera os diodos para identificação conforme figura 21, em seguida veremos o período  $t = 0$  até  $T/2$  mostrado pela figura 22 e de  $T/2$  até  $T$  com figura 23.

**Figura – 21.** Enumeração dos diodos.



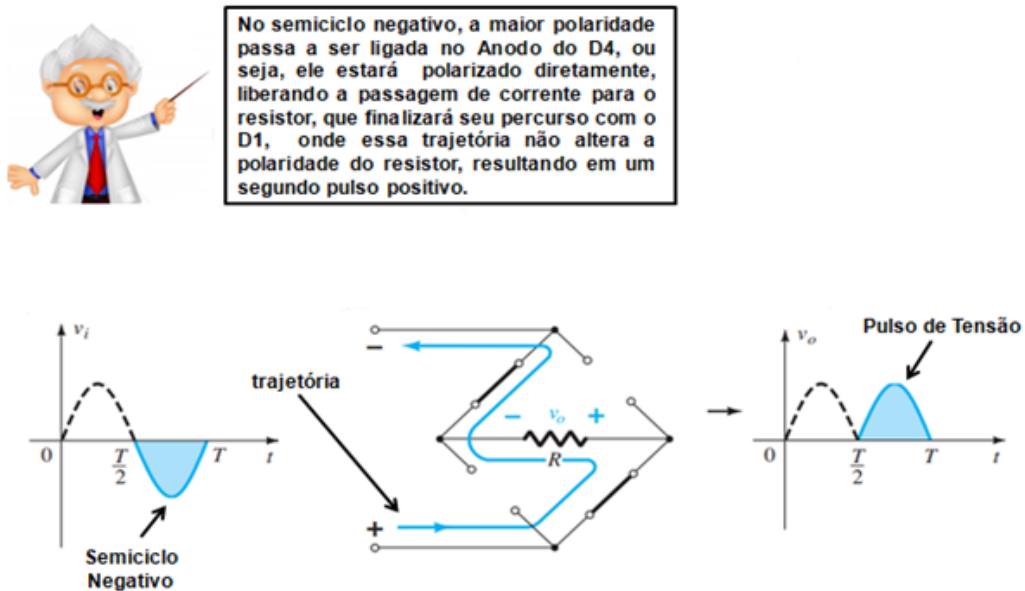
Fonte: Autor 2021.

**Figura - 22.** Semiciclo Positivo, Período  $t = 0$  até  $T/2$ .



Fonte: Boylestad et al., 2013.

**Figura – 23.** Semiciclo Negativo Período  $T/2$  até  $T$ .

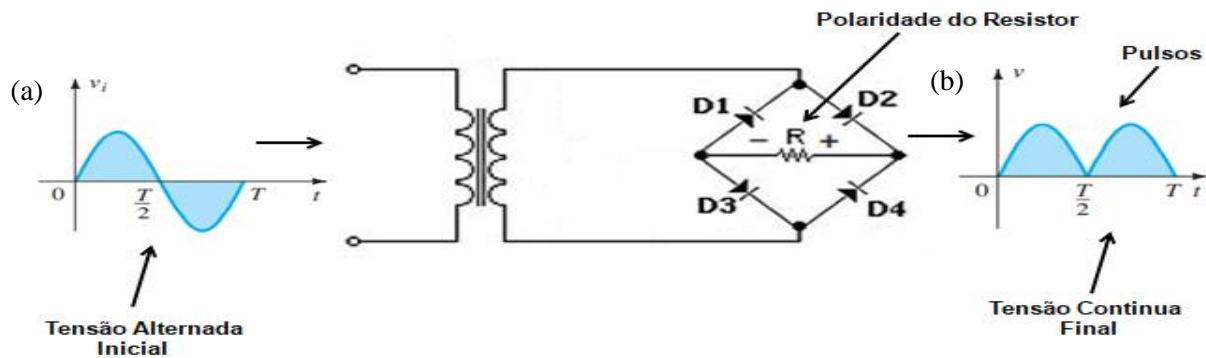


Fonte: Boylestad., 2013.

Portanto, quando o circuito completa um ciclo se tem o dobro de tensão obtida diante de um retificador de meia-onda, pois em um período inteiro resultou em dois pulsos de tensão. Percebe-se que a polaridade do resistor não mudou com as mudanças de trajetórias, isso mostra que a tensão

passa a ser contínua, onde se vê que a tensão passa a ser pulsante no lado positivo do eixo, como mostra a figura 24.

**Figura – 24.** (a) Sinal da Tensão Primária do Circuito; (b) Sinal da Tensão do Resistor.



Fonte: Boylestad, 2013.

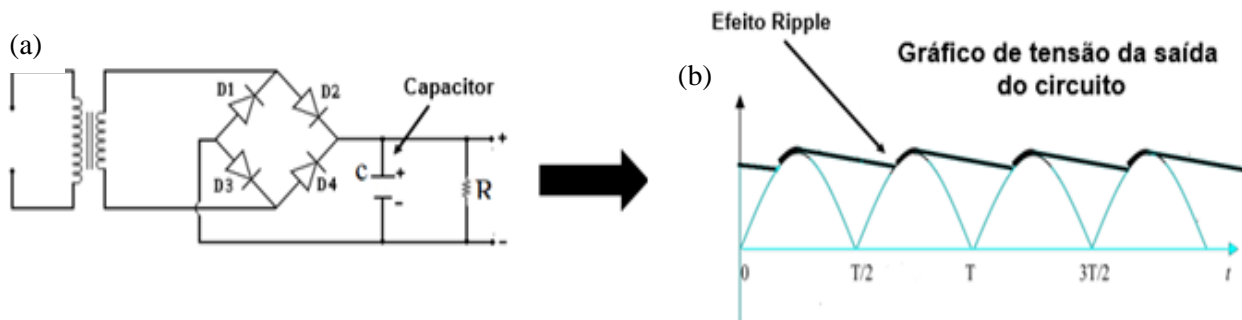
#### 2.4.2.1 Circuito retificador de onda completa com o processo de filtração

Para que a fonte de alimentação fique completa, falta ainda fazer a filtração do sinal retificado para que o mesmo alcance o máximo possível de uma tensão contínua e constante, uma vez que já se sabe que o circuito retificador a diodo, fornece pulsações de tensões. Sendo assim, é necessário inserir um elemento armazenador de energia, para fim de aumentar a continuidade da tensão por meio do desacoplamento de potência (PEREIRA, 2018). A figura (a) 25 mostra o circuito retificador em pontes com o Filtro Capacitivo.

**Figura -25.** (a) Desenho esquemático Do Circuito Retificador em Pontes com o capacitor; (b) Gráfico do Circuito Retificador em pontes com o capacitor.



Como já se sabe o funcionamento do circuito, primeiro semiciclo do sinal retificado carrega o capacitor até o valor de pico, quando a tensão retificada diminuir, os diodos que estavam conduzindo ficam reversamente polarizados, fazendo com que o capacitor se descarregue lentamente pelo resistor. No segundo semiciclo, a tensão retificada fica maior que a tensão no capacitor, e os diodos do segundo ciclo passam a conduzir carregando novamente o capacitor até o valor de pico, repetindo por várias vezes o processo.



Fontes: Modificado Google Imagem 2020.

A finalidade de se colocar o capacitor é de reduzir variações de tensão. Basicamente os filtros capacitivos são usados em fontes e servem para eliminar uma tensão pulsivas e transformá-la em uma tensão contínua que varia menos. Quando se tem essa variação é chamada de efeito *ripple* como mostra a figura 25(b).

Diante das dificuldades de interpretação e concepção do entendimento da Física e seus assuntos relacionados a Circuito Retificador a Diodo, se utilizará a experimentação para solidificar um conhecimento pautado. A próxima seção mostrará os materiais e métodos utilizado para este fim.

## Capítulo 3 - Matérias e Métodos

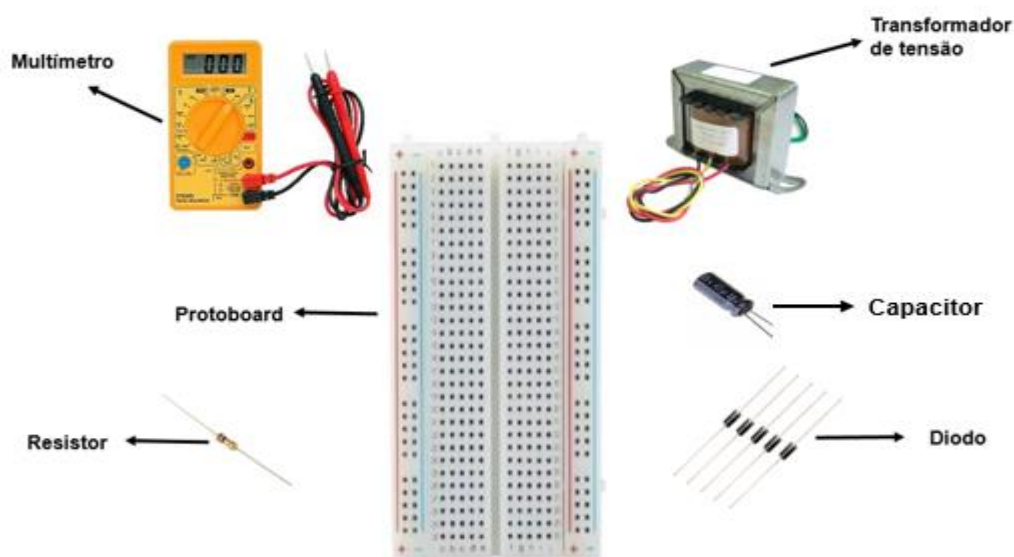
Como proposto, este trabalho elaborou roteiros de estudo para atividades experimentais reais e virtuais, onde foi procurado formalizar os materiais para que não fossem necessárias aulas expositivas, sobre Circuitos Retificadores a Diodo. O objetivo de utilizar essas duas maneiras de atividades, é de proporcionar um melhor efeito sobre a aprendizagem dos alunos, e foi optado em se concentrar em um assunto que faz parte da Eletrônica, já que muitos aparelhos eletrônicos estão presentes no cotidiano das pessoas, e sem falar que possuem conceitos Físicos abstratos, que dificultam absorção do conhecimento.

Apesar de saber que os aparelhos estão globalizados no cotidiano das pessoas, muitas delas não entendem seu funcionamento interior, uma vez que compreender esse funcionamento não só ajuda ter uma visão diferente sobre ciência, mas também poderá facilitar soluções para problemas diários com os mesmos, ou talvez até ajudando a descobrir uma profissão, à visto disso o próximo tópico será apresentado como foi contextualizado nos roteiros o circuito retificador a diodo aos alunos.

### 3.1 Roteiro experimental Real

De início é apresentada a figura 26, para introduzir e apresentar os materiais necessários para a realização do experimento.

**Figura – 26.** Apresentação de Materiais para o Experimento.



Fonte: Autor.

### **3.1.1 Objetivos**

- Verificar o funcionamento do diodo como retificador;
- Medir e analisar os valores de tensão de cada elemento;
- Observar as diferenças das tensões e suas alterações;
- Observar o comportamento do circuito retificador com capacitor.

### **3.1.2 Atividade experimental**

- 1 resistor 6,5 k $\Omega$
- 1 Multímetro;
- 1 Transformador de tensão 110Vac / 12Vac;
- 1 Protoboard;
- 1 Cabo de conexão para
- 5 diodos da família 1N4000;
- 1 capacitor eletrolítico 47 uF - 35V

### **3.1.3 Conceitos sobre os materiais do Circuito**

#### **3.1.3.1 Resistor**

São itens eletrônicos que resistem à passagem de corrente elétrica, ou seja, é um dispositivo que controla o fluxo da corrente elétrica que passa por ele. Quando se adiciona um resistor em um circuito elétrico, ocorre uma redução na potência da corrente elétrica. Além disso, sua função no circuito será de uma carga, isto é, servirá para o estudo do circuito, no qual se coloca o multímetro para obter certos resultados para observação.

#### **3.1.3.2 Multímetro**

O multímetro é um instrumento apropriado para medição elétrica e mensura Corrente elétrica, Tensão elétrica, Resistência elétrica, Capacitância, temperatura e entre outros. A figura 27, mostrará como se usar um multímetro.

**Figura – 27.** Como usar um multímetro.



Fonte: Google imagens 2021

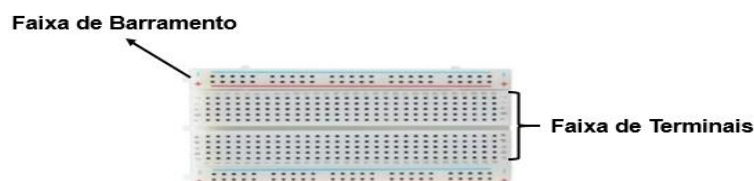
### 3.1.3.3 Transformador

O transformador é usado para abaixar ou aumentar as tensões e correntes elétricas em circuitos de consumo ou transmissão de energia elétrica. Quando se usa o transformador para reduzir ou aumentar uma tensão, se tem a tensão primária que é potência que entra no transformador, e possui a tensão secundária que é a potência que sai do transformador, ou seja, a potência que vai ser oferecida para o circuito.

### 3.1.3.4 Protoboard

Também denominada de matriz de contatos, ela consiste de uma placa com furos e conexões muito utilizada para montar circuitos elétricos e eletrônicos, com a finalidade de testes e experimentos. Sua vantagem é que não compromete os componentes usados nela, pois não necessita de solda. Funciona da seguinte maneira: possui a faixa de terminais, que são os dois conjuntos de porções verticais de cinco pontos separadas por uma parte vazada central presente na *protoboard* (Figura 28). Essas colunas de 5 pontos estão todas conectadas verticalmente por meio de um condutor metálico acessado pelas as furações da estrutura do *protoboard*, desta forma todo terminal de componente que estiver presente em uma faixa vertical estará conectado aos demais nela presentes. E tem também a faixa de barramentos que são os conjuntos de duas faixas presentes nas extremidades laterais da matriz de contatos, e também estão conectadas horizontalmente.

**Figura – 28.** Protoboard



Fonte: Autor.

### 3.1.3.5 Diodo

É um dispositivo eletrônico que permite a passagem da corrente elétrica somente em um sentido.

### 3.1.3.6 Capacitor

Capacitor é um componente eletrônico capaz de armazenar carga elétrica

## 3.2 Conceito de Tensões Eficaz, Pico.

Além dos conceitos sobre tensão alternada e contínua, visto na figura 14, deve-se também ter em mente a diferença de tensão eficaz da tensão de pico. Já se sabe que as distribuidoras de energias, se dispõem de um sistema de geração de energia alternada, possuindo pontos máximos da onda, que são chamados de tensão de pico, uma vez que, como é alternado possui o valor de pico positivo e o negativo, que é conhecido como valor de tensão de pico a pico, lembrando que o valor de tensão de pico positivo é igual ao negativo, só com que o sinal de negativo. Porém quando um equipamento é ligado na tomada nem toda tensão é absorvido, este que é absorvido é chamado de tensão eficaz.

Porém é valido destacar que a os equipamentos eletrônicos necessitam de uma tensão contínua, daí a importância do circuito retificador.

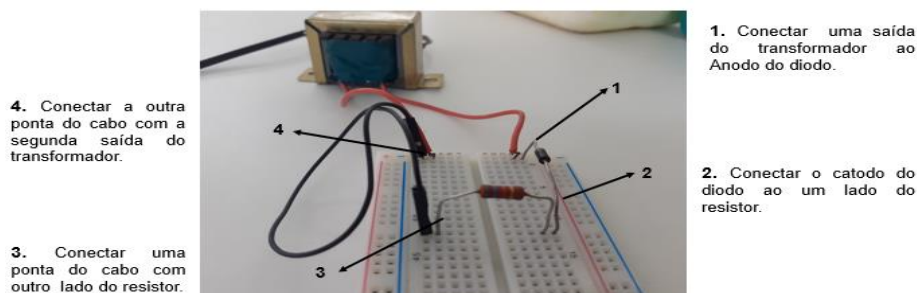
## 3.3 Circuito retificador de meia onda

Este é o modelo de retificador é o mais simples, o circuito tem como objetivo remover metade da tensão alternada e quem fará esse trabalho será o diodo, além de possuir os demais componentes: um transformador de tensão e um resistor, no qual se ressalta que o transformador diminuirá a tensão e resistor será a carga do projeto. Observe o desenho da figura 17.

### 3.3.1 Parte experimental, como montar o circuito no Protoboard

Se utiliza o diodo, cabo conexão, resistor e transformador. Convém ressaltar que o transformador possui um cabo que se liga ele na tomada, isto é, a tomada fornecerá energia que é a tensão primária. A saída do transformador é conectada no *protoboard*, como a figura 29 apresenta.

**Figura - 29.** Montando o circuito no Protoboard.



**Fonte:** Autor.

### 3.3.2 Realizar medições utilizando o multímetro.

No multímetro possui uma chave seletora, no qual para se obter essas informações deverá configurar ele para verificar tensões alternadas, para medir a tensão no resistor, altere a chave seletora para tensões contínuas como indica a figura 27.

Multímetro	Medições
Tensão Primária (Tensão da Tomada)	
Tensão Secundária (saída do transformador)	
Tensão do Resistor	

Agora se continuidade no experimento, calculando as seguintes situações:

### 3.3.3 Encontrar valor de pico das tensões.

Para obtermos o valor de pico utilizaremos a equação (01).

$$V_p = V_{ef} \cdot \sqrt{2} \quad (01)$$

#### 3.3.3.1 Tensão de pico primária:

Para se obter o valor da tensão de pico primaria  $V_{p1}$ , utilizaremos a equação (02) e substituiremos a tensão eficaz com o valor obtido pelo multímetro da tensão primaria  $V_{ef1}$ .

$$V_{p1} = V_{ef1} \cdot \sqrt{2} \quad (02)$$

#### 3.3.3.2 Tensão de pico secundaria:

Para este caso para encontra o valor de tensão secundária  $V_{p2}$ , a tensão eficaz utilizada será o valor obtido pelo multímetro da tensão da saída do transformador  $V_{ef2}$ , equação 03.

$$V_{p2} = V_{ef2} \cdot \sqrt{2} \quad (03)$$

#### 3.3.3.3 Tensão de pico do resistor:

Para se calcular voltagem do resistor  $V_{pr}$ , precisa-se levar em conta a queda de tensão do diodo  $V_{di}$ , ou seja, o quanto de tensão ele necessita para conduzir corrente elétrica. Dessa forma,

---

<sup>2</sup> **Observação:** Em geral, os diodos são de silício de junção, eles têm uma perda de tensão de aproximadamente 0,7V, então se usa esse valor para o  $V_{di}$

para garantir o  $V_{pr}$ , se deve diminuir o  $V_{p2}$  com a tensão de queda do diodo  $V_{di}$ , conforme a equação (04).

$$V_{pr} = V_{p2} - V_{di} \quad (04)$$

Cálculos	Resultados
Tensão de pico primária	
Tensão De pico Secundária	
Tensão de pico no resistor	

### 3.3.3.4 Calculando o valor eficaz ou RMS:

Para termo de comparação e análise, com os valores de picos obtidos, será calculado a tensão eficaz com a equação (05).

$$V_{ef} = \frac{V_p}{\sqrt{2}} \quad (05)$$

### 3.3.3.5 Tensão eficaz primária:

Portanto, na equação (06) usa-se o valor de pico primário  $V_{p1}$  obtido pela a equação (02), para se ter a tensão eficaz primária  $V_{ef1}$ .

$$V_{ef1} = \frac{V_{p1}}{\sqrt{2}} \quad (06)$$

### 3.3.3.6 Tensão eficaz secundária:

Nesta conjuntura, o valor de tensão eficaz secundária  $V_{ef2}$  se obtém substituindo na equação (07) o valor de pico secundária  $V_{p2}$  encontrado na equação (03).

$$V_{ef2} = \frac{V_{p2}}{\sqrt{2}} \quad (07)$$

Cálculos	Resultados
Tensão de eficaz primária	
Tensão de eficaz secundaria	

### 3.3.3.7 Obter o valor médio da tensão:

O valor médio da tensão  $V_m$ , é mais utilizado para calcular tensões contínuas, porque ele precisa do valor de pico a pico  $V_{pp}$ , que é a soma do ponto máximo positivo com o ponto máximo negativo, devido isto, não servi para tensões alternadas, pois valor médio será igual a zero ( $V_m = 0$ ). O valor médio é considerado a média do sinal ao longo do tempo, ou seja, o quanto de tensão o circuito vai ter. Portanto se calcula somente tensão média do resistor  $V_{mr}$ , usando-se a valor de pico do resistor encontrado na equação (04), surgindo a equação (09).

$$V_{mr} = \frac{V_{pr}}{\pi} \quad (09)$$

Cálculos	Resultados
Tensão média do resistor	

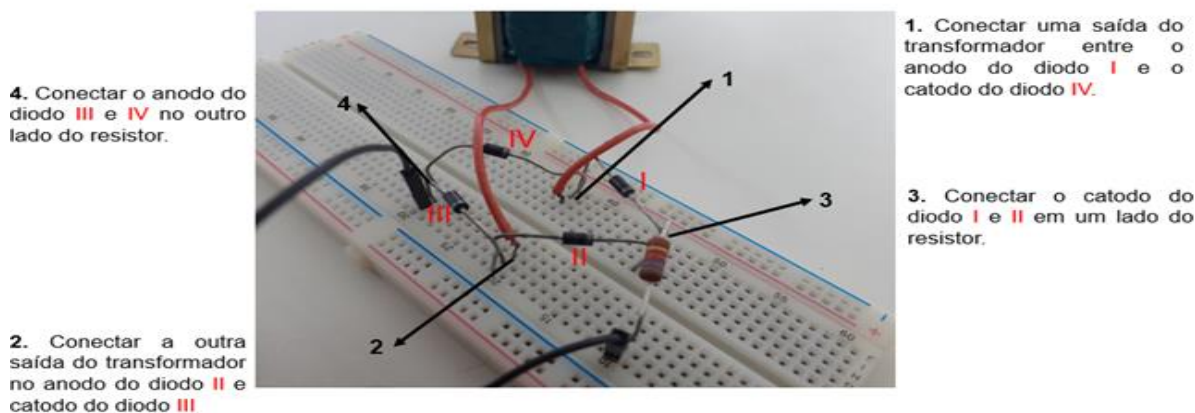
### 3.4 Circuito Retificador de Onda Completa em Ponte.

Esse circuito utiliza quatro diodos, e faz a retificação completa do sinal, como já se sabe ele contém também um transformador e um resistor e eles conservam a mesma função do retificador de meia onda.

#### 3.4.1 Parte experimental, como montar o circuito no Protoboard

A figura 29, ilustrará como montar um circuito retificador em pontes.

Figura – 30. Montando o circuito no Protoboard.



Fonte: Autor.

### 3.4.2 Realizar medições utilizando o multímetro.

Ressalto que para efetuar essas medições, segui a mesma instrução visto acima 3.1.5.1.2.

Multímetro	Medições
Tensão primária (Tensão da Tomada)	
Tensão no resistor	

#### 3.4.2.1 Encontrar valor de pico das tensões.

Como foram usados o mesmo transformador e a mesma tomada, os valores de picos da tensão secundária e primária são os mesmos, porém para se obter o valor de pico resistor do circuito em pontes  $V_{pr1}$ , utilizaremos a equação (10) utilizando o valor de pico da tensão secundária  $V_{p2}$  da equação (03) e diminuir com duas vezes com a tensão de queda do diodo  $V_{di}$ ,

$$V_{pr1} = V_{p2} - 2 \cdot V_{di} \quad (10)$$

Cálculos	Resultados
Tensão de pico do resistor	

#### 3.4.2.2 Obter o valor médio da tensão:

Como já sabe o conceito do valor médio da tensão, aqui se usa o valor de pico do resistor encontrado na equação (10), para assim achar o valor médio da tensão do resistor no circuito retificador em pontes  $V_{mr1}$ .

$$V_{mr1} = \frac{2 \cdot V_{pr1}}{\pi} \quad (11)$$

Cálculos	Resultados
Tensão média do resistor	

#### 3.4.2.3 Medir Tensão do Resistor com o Filtro Capacitivo

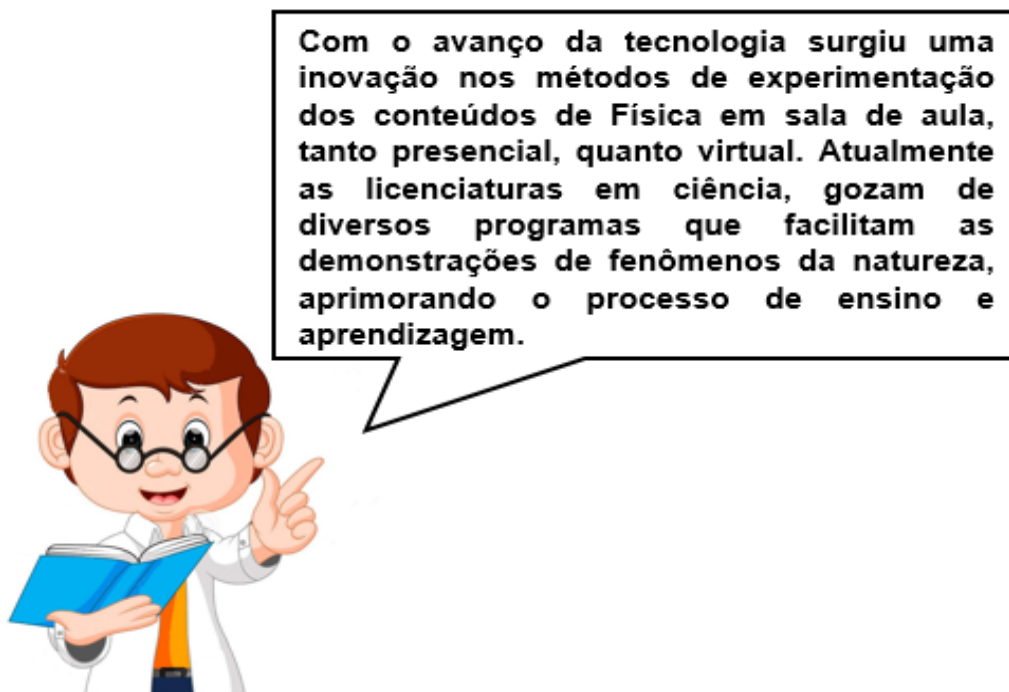
Conectar um capacitor eletrolítico de 47uF, em paralelo com o resistor e measure com multímetro a tensão resistor novamente. Observe se teve alguma diferença.

Multímetro	Medições
Tensão do resistor com o capacitor	

### 3.5 Roteiro Experimental para Plataforma Virtual.

A figura 31, iniciara a contextualização.

Figura – 31. Contextualização da Tópico.



Fonte: Autor.

Um desses programas que se pode citar é o *Falstad*, que é um simulador de circuitos electrónicos que foi inicialmente desenvolvida em *Java*, que é uma linguagem usada para desenvolver aplicativos para uma ampla variedade de ambientes, de dispositivos consumidores a sistemas corporativo, além de ser uma linguagem simples e de fácil manipulação, por isso é muito utilizado na construção de softwares (RODRIGUES et al., 2020) . *Paul Falstad*, é formado em Programação pela Universidade de Princeton, foi quem criou essa plataforma.

Diariamente as pessoas estão rodeadas de aparelhos que necessitam de circuitos que convertem tensões para seu funcionamento, no qual deve-se ressaltar que o mais utilizado na eletrônica para isso, é o circuito retificador a diodo. Esse circuito pode ser reproduzido em protótipos para análise e estudos, mas muitos não têm fácil acesso para matérias que são utilizados para tal experimento.

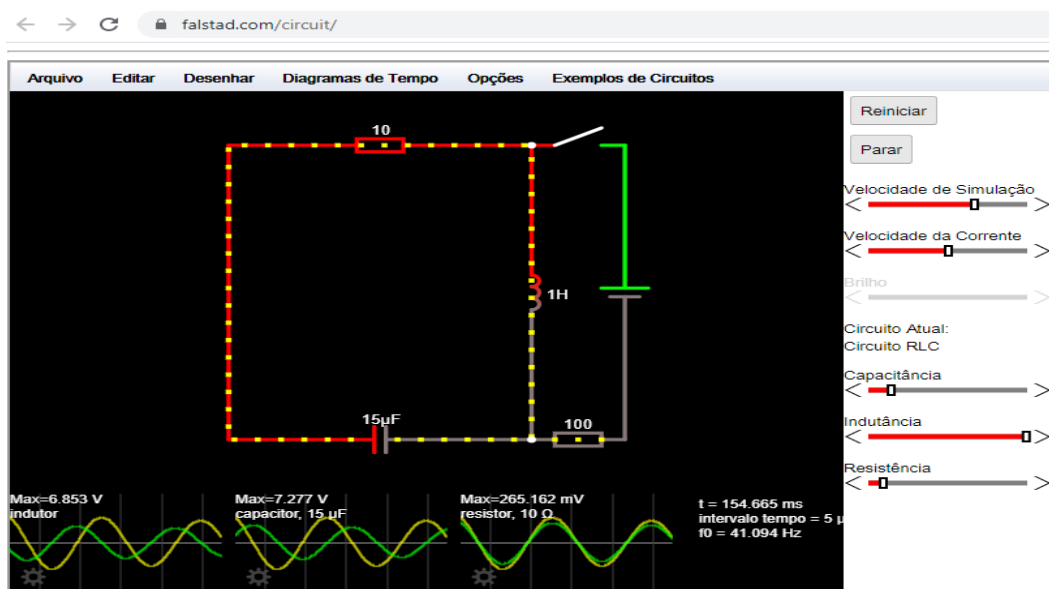
Pensando nisso, foi criado o roteiro do Simulador de circuitos elétricos *Falstad* para circuitos retificadores a diodo, tendo em vista não só ajudar na realização da simulação para estudo, mas contribuir para entendimento do assunto e consolidar o conhecimento, já que a ferramenta possui ilustrações que auxilia na visualização em todo processo que o circuito possui.

A seção a seguir apresentará a plataforma e instruções para realizar a simulação, através de imagens ilustrativas e texto.

### 3.5.1 Apresentação do Simulador

O simulador é gratuito e funciona perfeitamente no browser de um aparelho celular, além de possuir circuitos didáticos prontos em seu banco de dados, possui também a opção de construção de circuitos próprios para simulação e assim observar, o acesso à esta plataforma é através [deste](#) site. A figura 32, mostra a tela inicial do *Falstad*.

**Figura – 32.** Tela Inicial Do *Falstad* - A cor verde indica tensão positiva. A cor cinza indica a terra. Uma cor vermelha indica tensão negativa. Os pontos amarelos em movimento indicam corrente.



Fonte: <https://falstad.com/circuit/>

Como dito acima, esse roteiro busca desenvolver uma simulação de um Circuito retificador a diodo, no qual em geral os protótipos utilizam os componentes descritos na figura 25. Visto isso, a simulação será formada com dispositivos realista, ou seja, se explorará na plataforma para que os componentes do circuito possam ser iguais a da vida real. Portanto o transformador, resistor, diodo e o capacitor terão as suas respectivas funções real. Será realizado a simulação tanto do circuito retificador de meia onda, quanto o de onda completa. Primeiramente será feito o circuito retificador a diodo de meia onda.

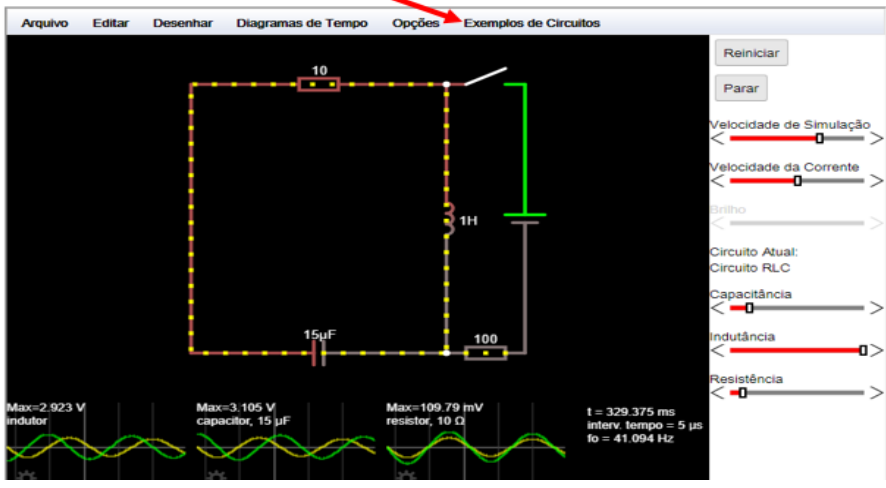
### 3.5.2 Circuito retificador de meia onda

Já se sabe que o circuito possui: um transformador de tensão e um resistor, no qual o transformador diminuirá a tensão e resistor será a carga do circuito retificador de meia onda, já o

diodo é responsável pela retificação A simulação terá um desenho idêntico a figura 16. Ressalto que nessa primeira parte será desenvolvido o estado da arte do simulador para circuito retificador de meia onda no *Falstad*.

A Figura 33 indicará o primeiro passo para se iniciar a simulação do circuito retificador meia onda.

**Figura – 33.** Primeiro Passo para simulação.



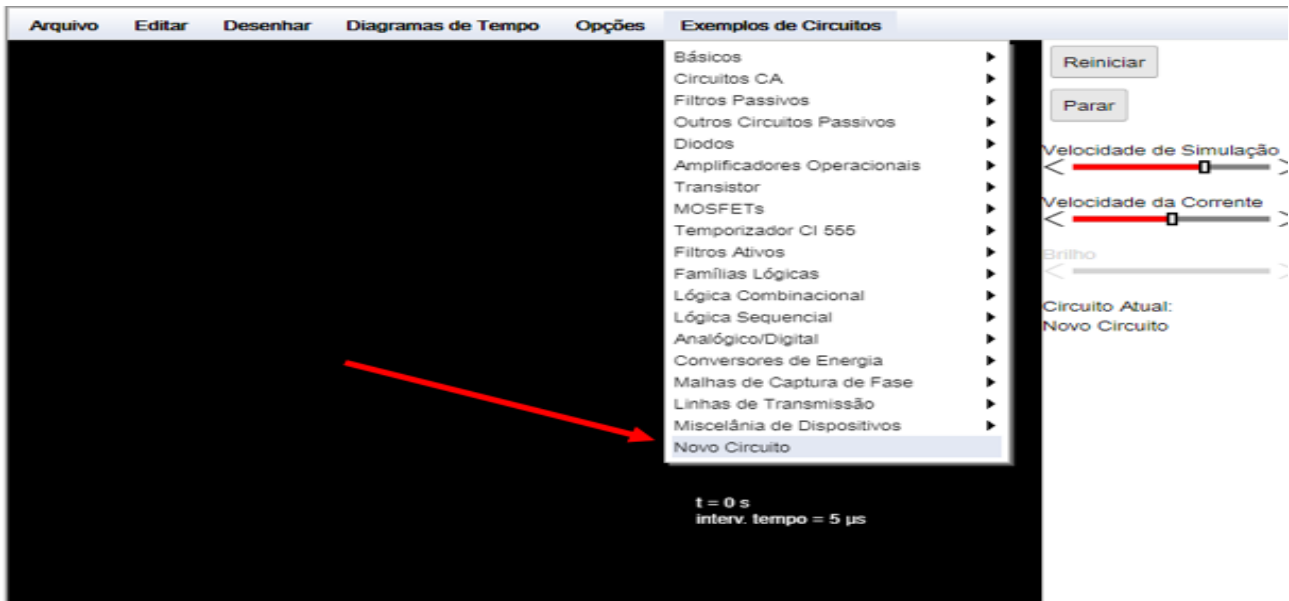
The image shows the Falstad circuit simulator interface. On the left, a cartoon character of an elderly man with glasses and a white lab coat points towards the simulator window. A red arrow points from a text box to the 'Exemplos de Circuitos' menu item in the top bar. The simulator window displays a circuit diagram with a voltage source, a 10 ohm resistor, a 1H inductor, a 15uF capacitor, and a 100 ohm resistor. Below the circuit, three waveforms are shown: a green sine wave for the inductor (Max=2.923 V), a yellow sine wave for the capacitor (Max=3.105 V), and a blue sine wave for the resistor (Max=109.79 mV). The bottom right corner shows simulation parameters: t = 329.375 ms, intervalo tempo = 5 µs, and fo = 41.094 Hz. On the right side of the window, there are control buttons: 'Reiniciar', 'Parar', and several sliders for 'Velocidade de Simulação', 'Velocidade da Corrente', 'Brilho', 'Capacitância', 'Indutância', and 'Resistência'. The top menu bar includes 'Arquivo', 'Editar', 'Desenhar', 'Diagramas de Tempo', 'Opções', and 'Exemplos de Circuitos'.

Essa é a tela inicial do simulador, para se dar inicio a simulação, clique na opção “Exemplos de Circuitos”

Fonte: Autor

Em seguida será exibido um conjunto de opções, no qual você deve clicar no item “novo circuito”, conforme mostra a Figura 34.

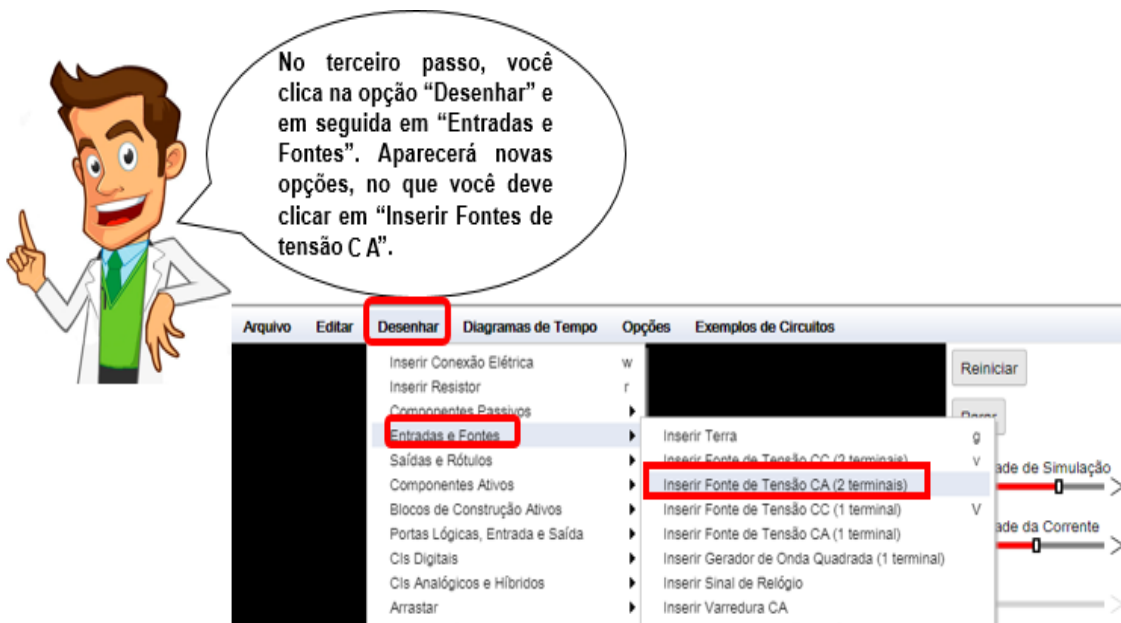
Figura – 34. Segundo Passo.



Fonte: Autor

A figura 35, ilustrará como inserir a fonte, e para desenhar *click* no botão esquerdo no *mouse* e arraste na direção que deseja colocar o componente.

Figura – 35. Terceiro Passo



Fonte: Autor.

A próxima etapa é adicionar o transformador no circuito retificador a diodo na simulação. Para adicionar ele, Click no comando “desenho”, em seguida “componentes passivos”, assim aparecerá novas opções que você selecionará em transformador, para assim desenhar na tela conforme a figura 36.

Figura – 36. Quarto Passo.<sup>3</sup>



Fonte: Autor.

O próximo passo é adicionar o diodo no circuito, segui o mesmo raciocínio, *Click* no comando “desenho”, em seguida “componentes ativos”, por fim *Click* em diodo, como mostra a figura 37. Quando for esboçar o diodo, já inicie o componente da primeira saída do transformador, como mostra o circuito na figura 40,

Figura – 37. Quinto Passo



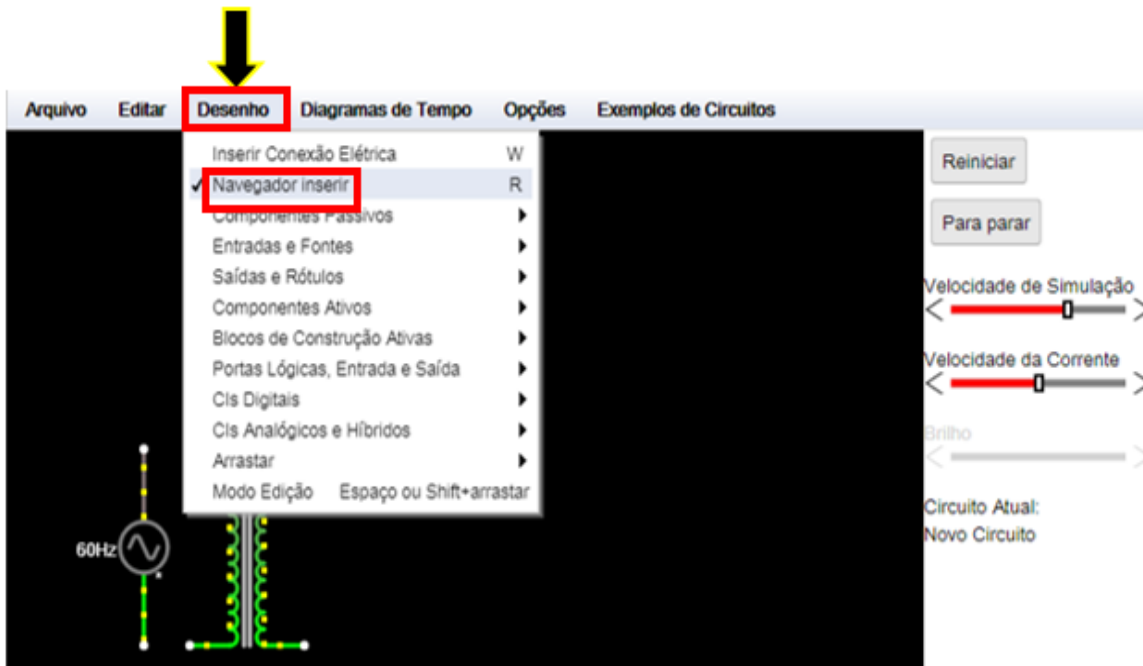
Fonte: Autor

Para concluir a montagem do circuito, adicionaremos o resistor, a figura 38 mostra como

<sup>3</sup> **Observação:** É recomendável que você desene os componentes em um mesmo tamanho para facilitar as ligações entre eles.

adicionar. Ressalto que o resistor deverá ser ligado no catodo do diodo, conforme a figura 40,

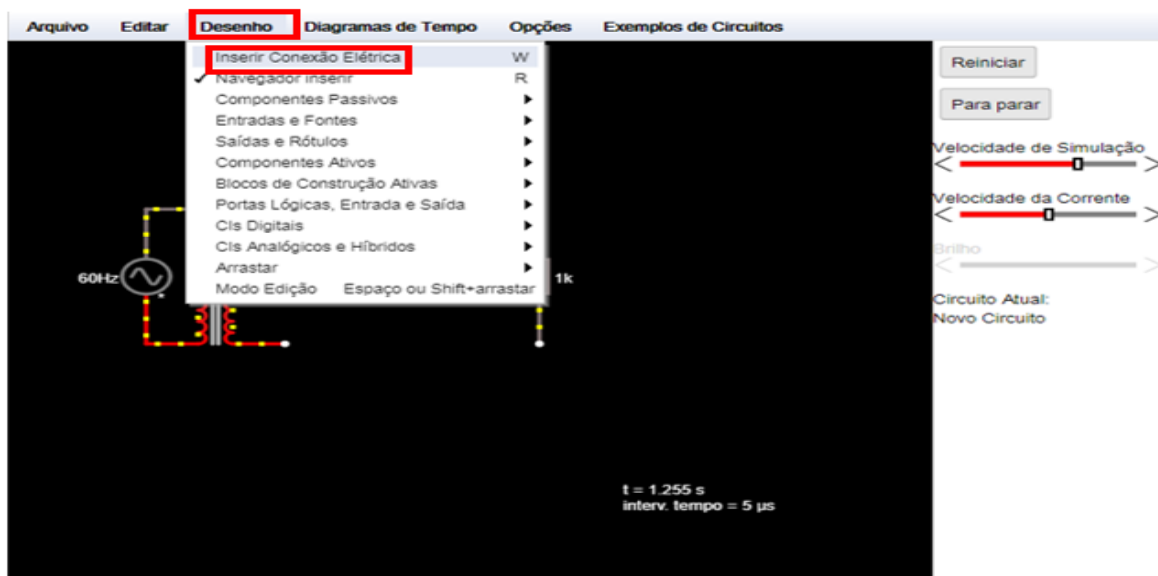
Figura – 38. Sexto Passo.



Fonte: Autor.

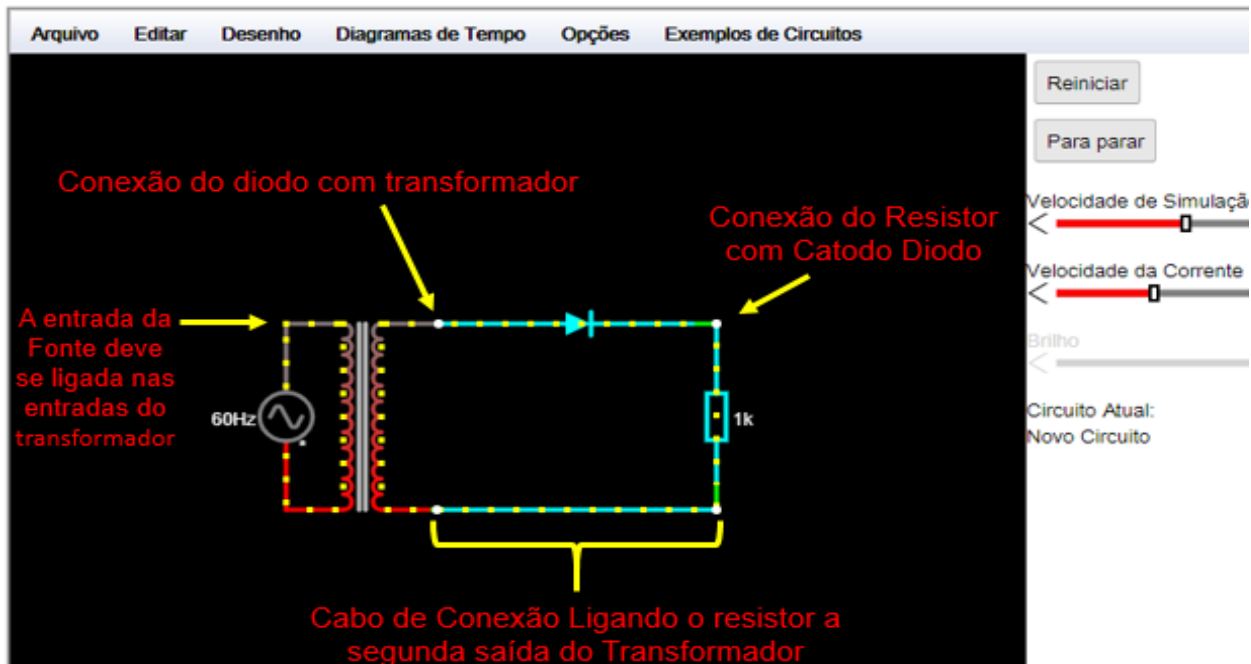
Para fechar o circuito, acrescenta o cabo de conexão a figura 39 ilustra como o adicionar. Ele será ligado na outra ponta do resistor ligando-se a segunda saída do transformador, como mostra a figura 40.

Figura – 39. Adicionando o cabo de conexão.



Fonte: Autor.

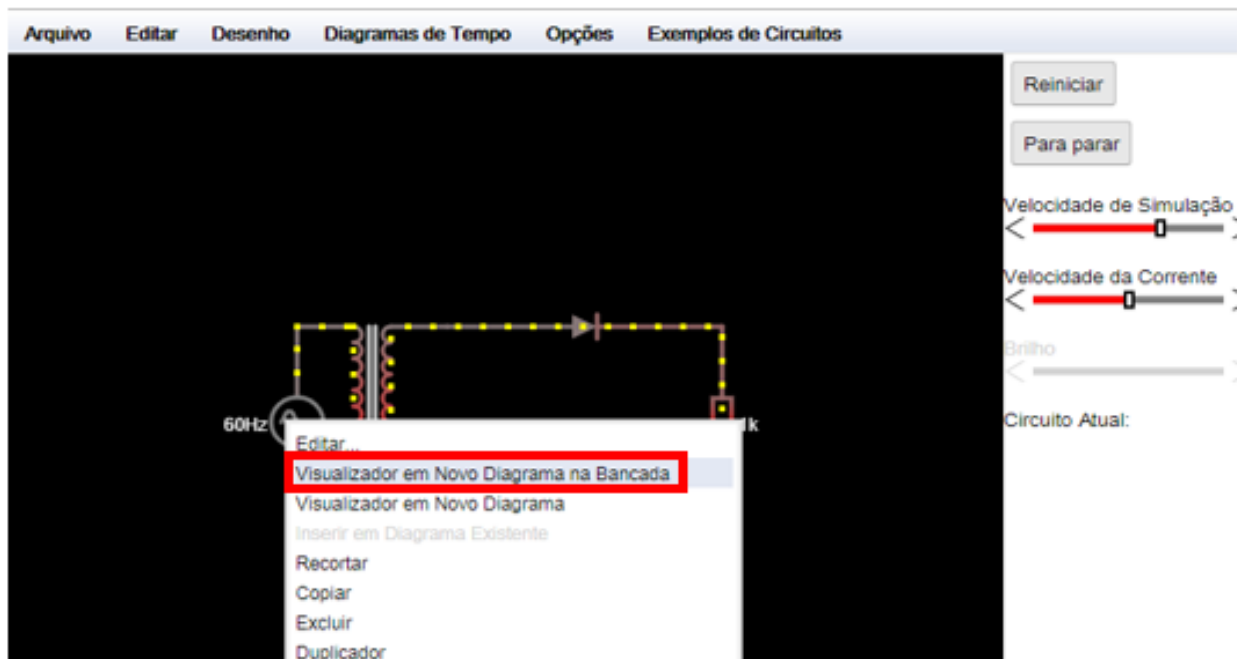
Figura – 40. Ligando os componentes



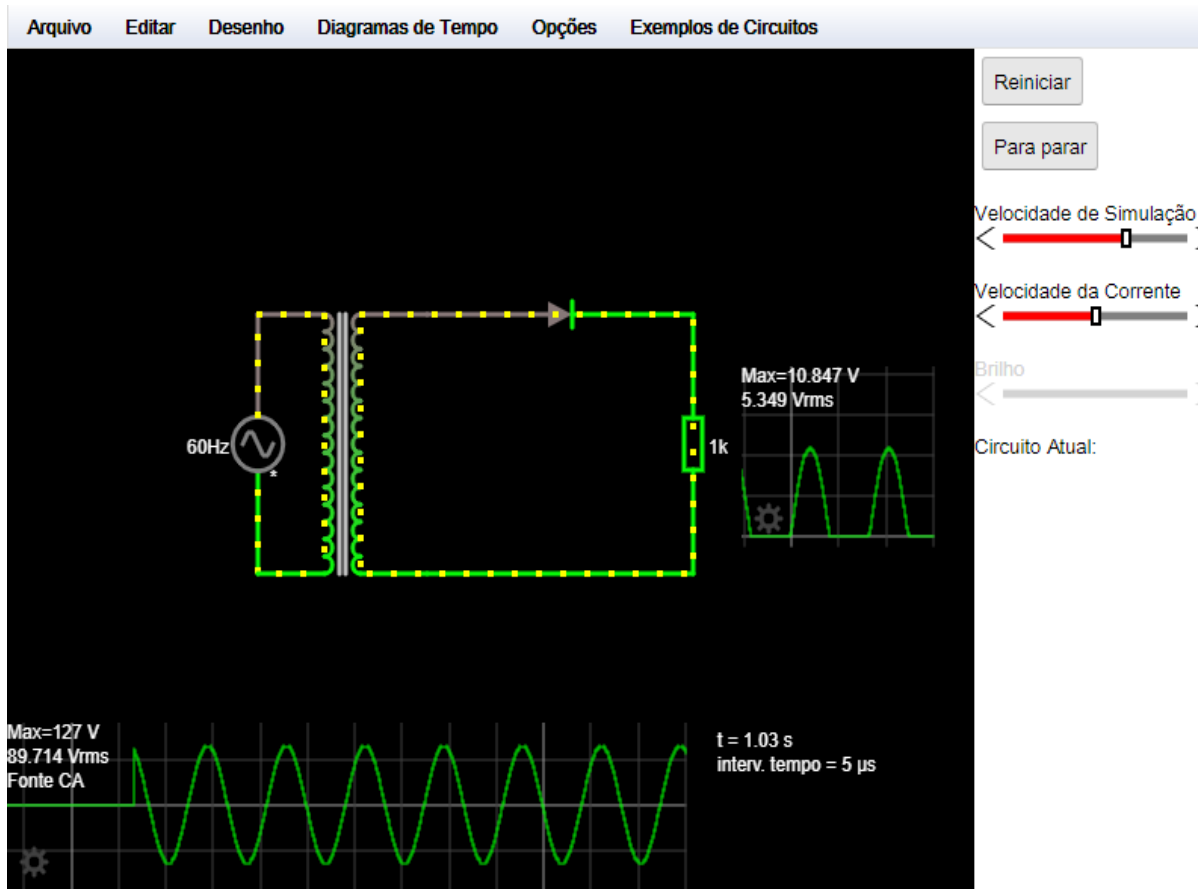
Fonte: Autor.

No simulador *Faldast*, se tem a opção de visualizar graficamente o processo. Portanto o próximo passo é incluir os gráficos, para isso deve-se clicar no botão direito em cima do componente “fonte de alimentação do circuito”, em seguida “visualizador em novo diagrama na bancada” como mostra a figura 41, repita o mesmo processo clicando no resistor. A figura 42 ilustra a simulação com os gráficos.

Figura - 41. Adicionando Gráfico na simulação



Fonte: Autor.  
Figura – 42. Simulador com os Gráficos



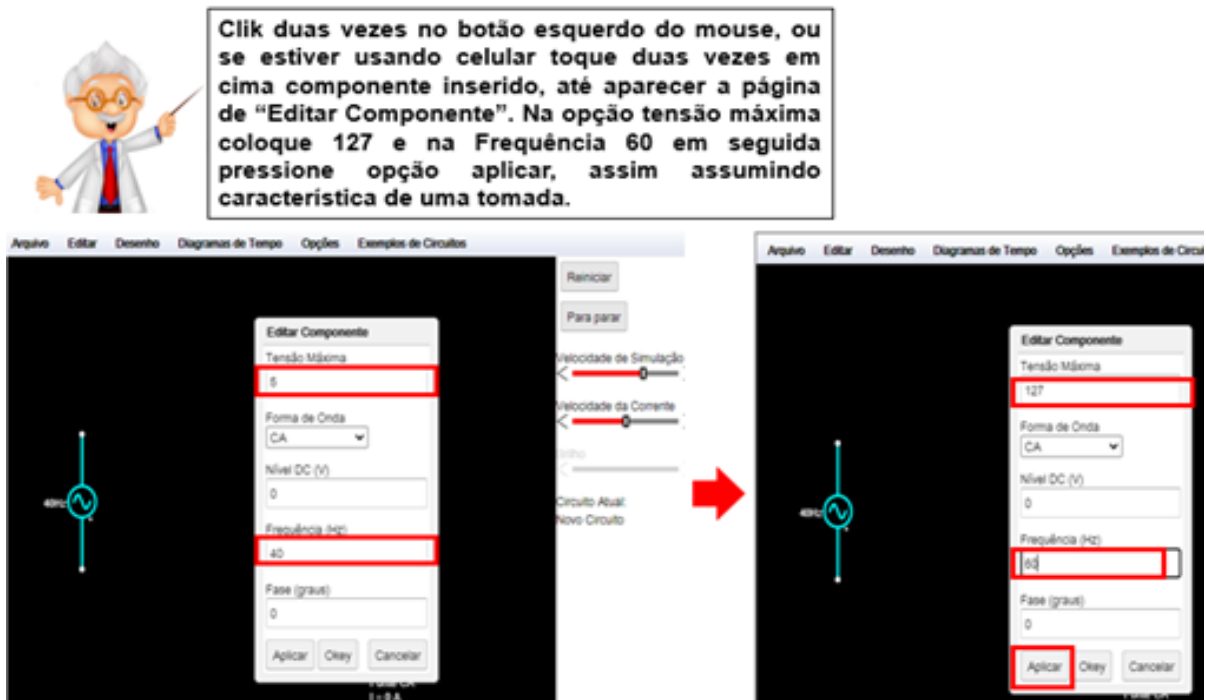
Fonte: Autor

### 3.5.2.1 Editando os componentes

Com o circuito finalizado, agora é preciso fazer algumas alterações para que a simulação seja o mais realista possível. Quando se adiciona a fonte na simulação, experimentalmente significa que ela é a tomada, no qual geralmente as tomadas possuem uma tensão de 127 V com uma frequência de 60 Hz, lembrando que essa informação pode ser consultada no site da empresa que distribui energia na sua região, ou você pode usar um multímetro para verificar essa condição. No estado do Pará a empresa equatorial<sup>4</sup>, disponibiliza para consumidor uma tensão de 127 V, essa informação pode ser acessada, em fornecimento de energia elétrica de baixa tensão através deste [site](#). Tendo em vista essa informação, na figura 43, mostrará como ajustar a fonte de alimentação do circuito para que tenham valores de tensão descritas acima.

<sup>4</sup> A Equatorial Energia Pará, é a única empresa de distribuição de energia elétrica autorizada pela ANEEL para atuar em toda a área de concessão do estado do Pará.

Figura – 43. Editando a Fonte.



Fonte: Autor.

Em comum o transformador é utilizado experimentalmente para reduzir a tensão de 127 V para 12 V, a tensão de saída do transformador é denominada no circuito como tensão secundária. Dando importância a essa explanação, ajustaremos o transformador para realizar essa função conforme a imagem 44.

**Figura – 44.** Editando o transformador<sup>5</sup>



Fonte: Autor.

### 3.5.2.2 Critérios para análise.

Feito essas alterações:

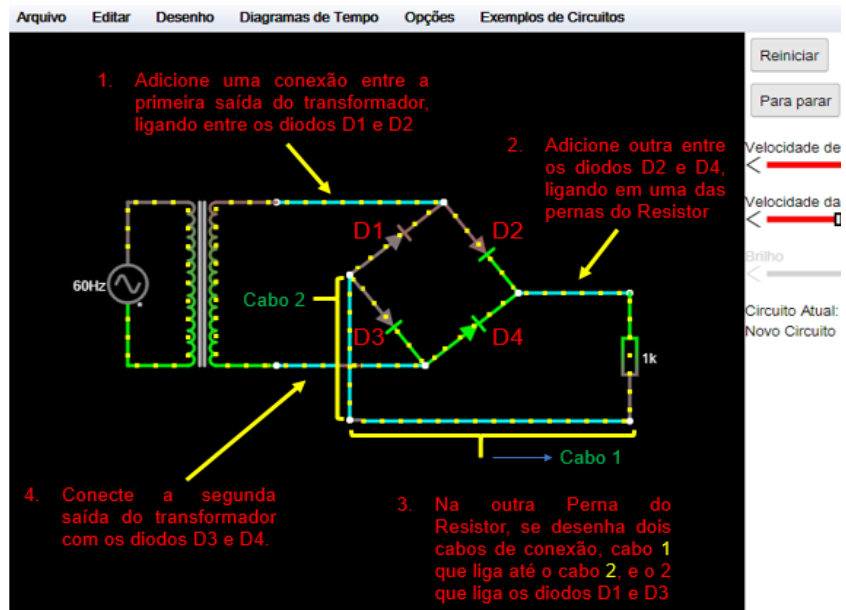
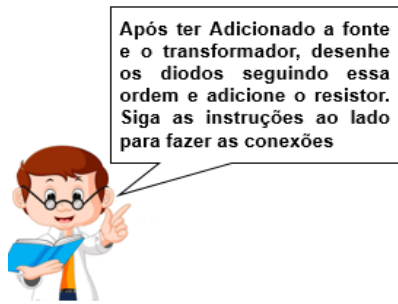
- Atenciosamente certifica-se quais valores os gráficos forneceram, se houve ou não alterações com as mudanças feitas,
- Observe o gráfico da Fonte e do Resistor e descreva quais as diferenças entre eles.
- Identifique os valores de tensões Obtidos pelos gráficos.

### 3.5.3 Circuito Retificador de Onda Completa em Ponte.

Como já foi conceituado o circuito, nessa seção primeiramente será demonstrado como esboçar os diodos em pontes, onde é feito conforme a figura 21, lembrando que para se adicionar os componentes e fazer suas alterações permanece os mesmos processos vistos na seção 3.2.2 e seus sub tópicos. Para se iniciar o desenho siga a mesma instrução da figura 33 e 34, e em seguida adicione a fonte e o transformador igual as figuras 35 e 36 ilustram. Depois de ser adicionados esses componentes, insira o diodo conforme a figura 8 e siga as instruções da figura 37. A figura 45 mostrará como desenhar o circuito.

<sup>5</sup> Observação: Esse valor da razão é obtido pela divisão da tensão primária pela tensão secundária, ou seja,  $\frac{12V}{127V} = 0.09$ , essa relação está diretamente ligada ao numero de espiras do transformador.

Figura – 45. Desenhando os Diodos em Pontes



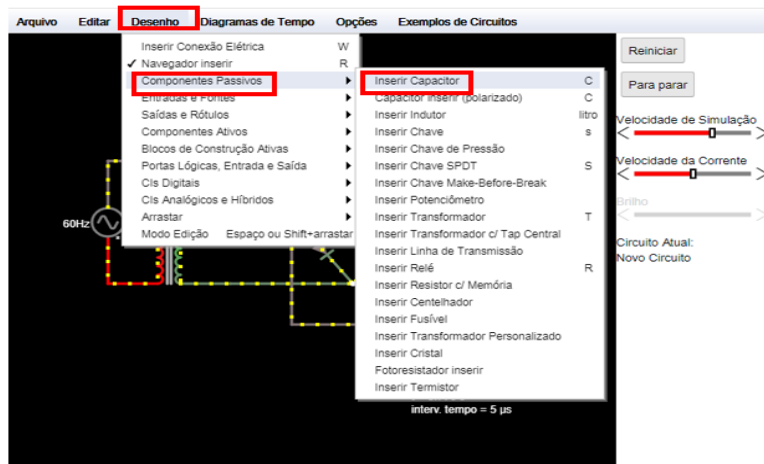
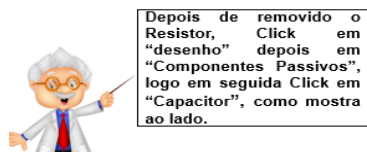
Fonte: Autor.

O próximo passo é incluir o gráfico, Clique em cima do “Resistor”, Clique no lado direito do mouse e aperte na opção “visualizador em novo diagrama na bancada”, como mostra a figura 41.

### 3.5.3.1 Adicionando Capacitor no Circuito.

Para termo de análise agora colocaremos um capacitor no circuito retificador em pontes, para conectar ele no circuito, basta clicar em cima do resistor e deletar o mesmo, e em seguida faça os passos da figura 46, lembrando que, na seção 2.4.2.1 explica porque adicionar ele no circuito.

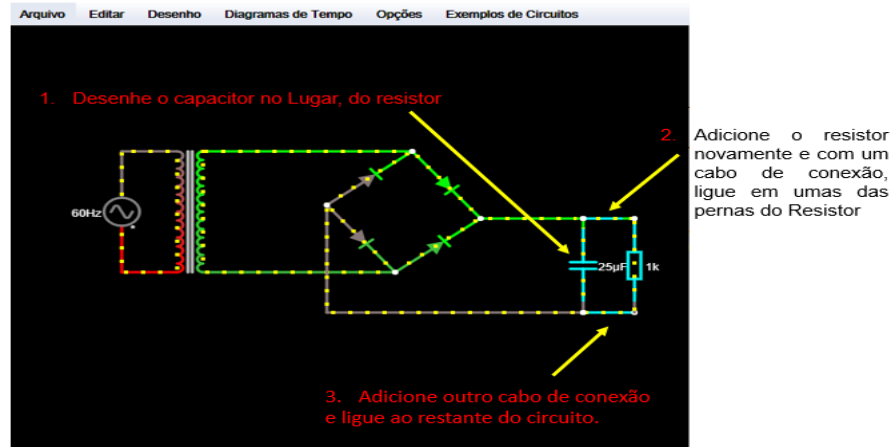
Figura – 46. Adicionando o Capacitor.



Fonte: Autor

A figura 47, ilustrará como adicionar o capacitor no circuito, desde já ressalto que ele deve ser adicionado antes do resistor e deve estar conectado paralelamente.

**Figura - 47.** Conectando o capacitor no Circuito



**Fonte:** Autor.

Para Finalizar, precisa-se adicionar o gráfico; para isso *Clik* no lado direito do mouse em cima do “Resistor”, e aperte na opção “visualizador em novo diagrama na bancada”, assim como é identificado na figura 41.

### 3.5.3.2 Adicionando Capacitor no Circuito.

- Atenciosamente certifica-se quais valores os gráficos forneceram, se houve ou não alterações com as mudanças feitas,
- Observe o gráfico da Fonte e do Resistor e analise as diferenças com os dados obtidos.
- Identifique os valores de tensões Obtidos pelos gráficos.

## Capítulo 4 - Resultados e discussões

Foram feitas comparações dos valores obtidos pelo simulador, com os que foram medidos e cálculos pelo roteiro experimental, no qual os valores eram esperados, quando se analisam os resultados de cada experimento, pode-se verificar que houve modificações nos valores de tensão, porém tanto experimentalmente, como na simulação é possível observar o comportamento do circuito, uma vez que a plataforma além de mostrar as medidas e variações das grandezas físicas de todos os componentes, mostra também gráficos na parte inferior da aplicação com informações precisas sobre o comportamento dos componentes, reforçando o entendimento para aluno. Os testes realizados com o experimento e a simulação mostraram ser uma ferramenta com uma boa precisão, onde os cálculos foram baseados na forma que é aplicado aos discentes, nessa seção são apresentadas as tabelas contendo valores de calculados e medições, e foram obtidos através das exigências feitas na seção 2.1.5 em diante, contribuindo para que as tabelas possuísem os valores calculados, simulados e medidos.

### 4.1 Resultados do Circuito Retificador de Meia Onda

#### 4.1.1 Medições e calculos obtidos experimentalmente.

Os valores medidos podem ser observados na tabela 1, e os calculados na tabela 2.

**Tabela 1 - Medições**

Medições	Resultados
Tensão Primária	127
Tensão do Resistor	5,42

Fonte: Autor.

**Tabela 2 - Meia onda a diodo – Cálculos.**

Cálculos	Resultados
Tensão de pico primária	179,6
Tensão de pico no resistor	17,54
Tensão Eficaz Primaria	126,9
Tensão Eficaz Secundaria	18,24
Tensão Media do Resistor	5,5

Fonte: Autor.

A tabela 1, mostra valores obtidos através do multímetro, onde a tensão da tomada foi de 127V e a Tensão do Resistor de 5,42V. Já os resultados indicados na tabela 2 são cálculos realizados por meio das equações da seção 3.3.3, onde a Tensão de Pico Primária, se obtém através da equação (02)

e é igual a 179,6V, e a Tensão de Pico do Resistor se coleta através da equação (03) que é 17,54. Os resultados das tensões eficazes se adquiriram por meio das respectivas equações (06) e (07), no qual a tensão Eficaz Primária foi correspondente a 126,9V e a tensão Eficaz Secundária a 18,24V. Por fim a tensão Média do Resistor, foi revelado pela equação (09).

#### 4.1.2 Resultados da Simulação

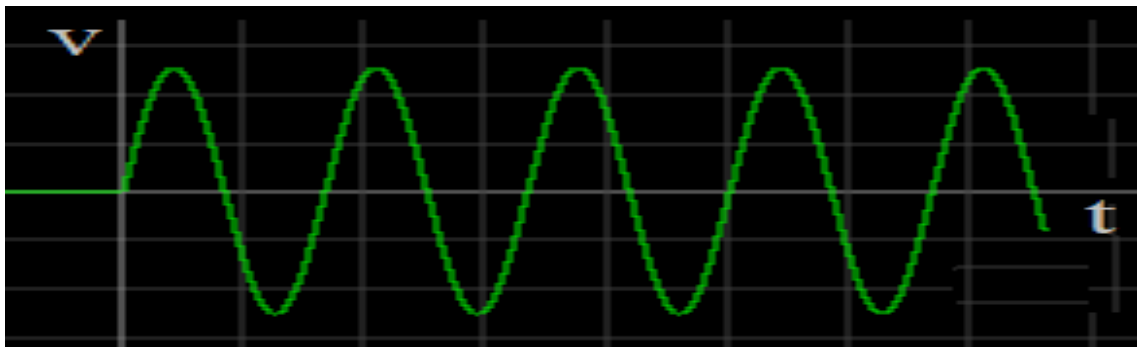
Os valores encontrados da simulação podem ser observados na tabela 3 e nas figuras 43 e 44.

**Tabela 3 - Meia onda a diodo – Medições**

Simulados	Resultados
Tensão Primária	127
Tensão de pico primária	127
Tensão Eficaz Primária	89,6
Tensão de pico no resistor	12,11
Tensão Média do Resistor	3,78

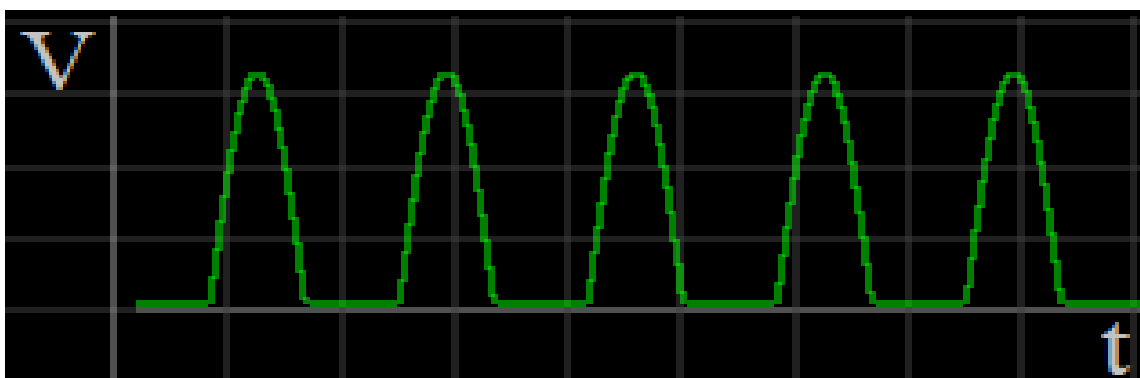
Fonte: Autor.

**Figura 43-** Gráfico da tensão Primária do Circuito Retificador a Diodo



Fonte: Autor.

**Figura 44 –** Gráfico da tensão do resistor



Fonte: autor.

A tabela 3 é composta pelos resultados dado pela plataforma, onde a Tensão primária e a tensão primária de pico deram igual a 127V, no entanto a tensão Eficaz Primária, a tensão do resistor

e a tensão média foram respectivamente iguais a 89.6V, 12.11V e 3.72V. A figura 43, ilustra o gráfico cedido pelo simulador, ele transmitiu o sinal da tensão primária e pode-se ver que é alternada, já na figura 44, mostra o gráfico da tensão do resistor, mostrando os pulsos de tensão de meia onda, fortalecendo o conceito visto na seção 2.4.1. Porém é bem notável a diferença dos valores de tensões do experimental para a simulação, isso aconteceu pelo fato de que no momento de editar a característica da fonte no simulador, deve-se adicionar o valor de tensão de pico na tensão máximo do simulador, visto na seção 3.2.2.1 na figura 43. Isso implica em dizer que o valor que deve ser informado para a plataforma, é o valor obtido pela equação (02). Feito essa alteração os resultados normalização.

## 4.2 Resultados do Circuito Retificador em Pontes

### 4.2.1 Medições e cálculos obtidos experimentalmente.

Nessa seção não será necessário medir e calcular os valores de picos da tensão primária e secundária, pois o transformador e a tensão de entrada, continuam com as mesmas características, assim como foi dito na seção 3.2.2. Os cálculos foram realizados através das respectivas equações (02) e (03), e a tabela 4, constará valores medidos com multímetro da tensão primária, a do resistor e a do resistor com o capacitor, que são respectivamente 127V, 10,28 V e 15,62 .

**Tabela 4** – Medições de Tensões Circuito Retificador em Pontes

Multímetro	Medições
Tensão primária (Tensão da Tomada)	127
Tensão no resistor	10,28
Tensão do Resistor com o Capacitor	15,62

Fonte: Autor

Na tabela 5, repara os valores calculados proposto na seção 2.1.5.2. A tensão de pico do Resistor se obtém pela equação (10) que é igual 16,84V, já a tensão média do Resistor pela equação (11), que é de 10,72V.

**Tabela – 5.** Valores de Cálculos Do Circuito Retificador em Pontes.

Cálculos	Resultados
Tensão de pico do resistor	16,84
Tensão média do Resistor	10,72

Fonte: Autor.

### 4.2.2 Resultados da Simulação

Os valores dados da simulação podem ser observados na tabela 6.

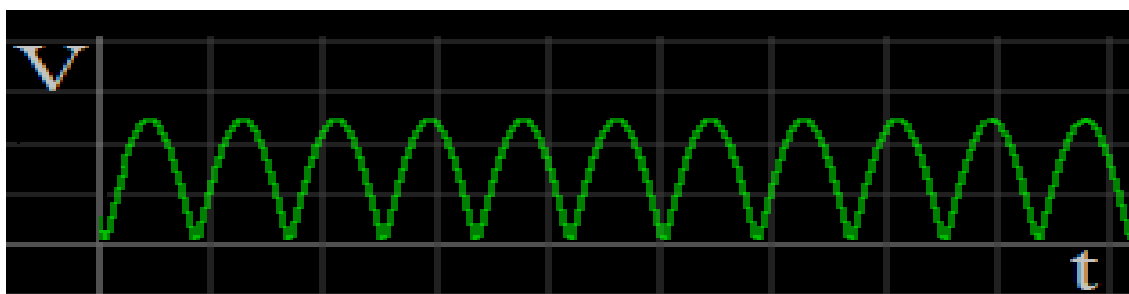
**Tabela – 6.** Resultados dados pelo Simulador no Circuito Retificador em Pontes.

<b>Simulados</b>	<b>Resultados</b>
Tensão Primária	127
Tensão de Pico Primária	127
Tensão no resistor	7,02
Tensão de pico no resistor	11,49
Tensão do Resistor com o Capacitor	10,78

**Fonte:** Autor.

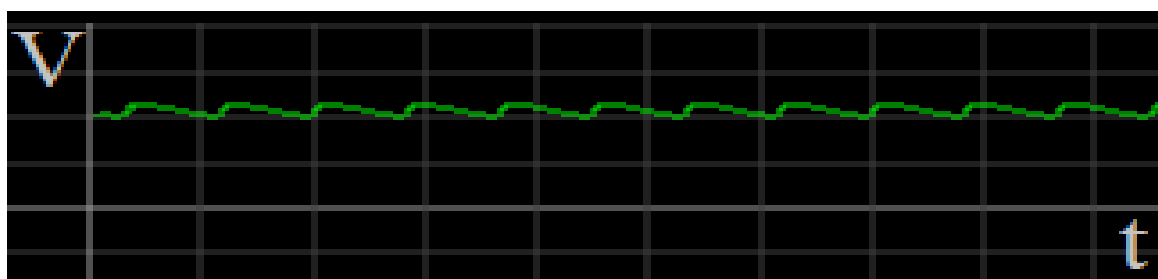
Ao compararmos os resultados da tabela 5 e 6, percebemos novamente uma grande diferença neles, o fato está ligado com o mesmo motivo visto na seção 4.1.2. É válido ressaltar, que nesse tópico não vamos analisar o gráfico da tensão Primária, pois ele já foi visto na seção 4.2.1, na figura 43, e neste tópico ela possui as mesmas características. Neste momento a Figura 45, revela os aspectos que um gráfico do Circuito Retificador em Pontes tem e consolidam os conceitos visto no tópico 2.4.2, já a Figura 46 exibi a o sinal da tensão do resistor e mostra a diferença quando se adiciona um capacitor no projeto, fortalecendo a temática abordado no subtópico 2.4.2.1.

**Figura – 45** Gráfico do Circuito Retificador em Pontes



**Fonte:** Autor.

**Figura – 46** Gráfico do Circuito Retificador com o Capacitor



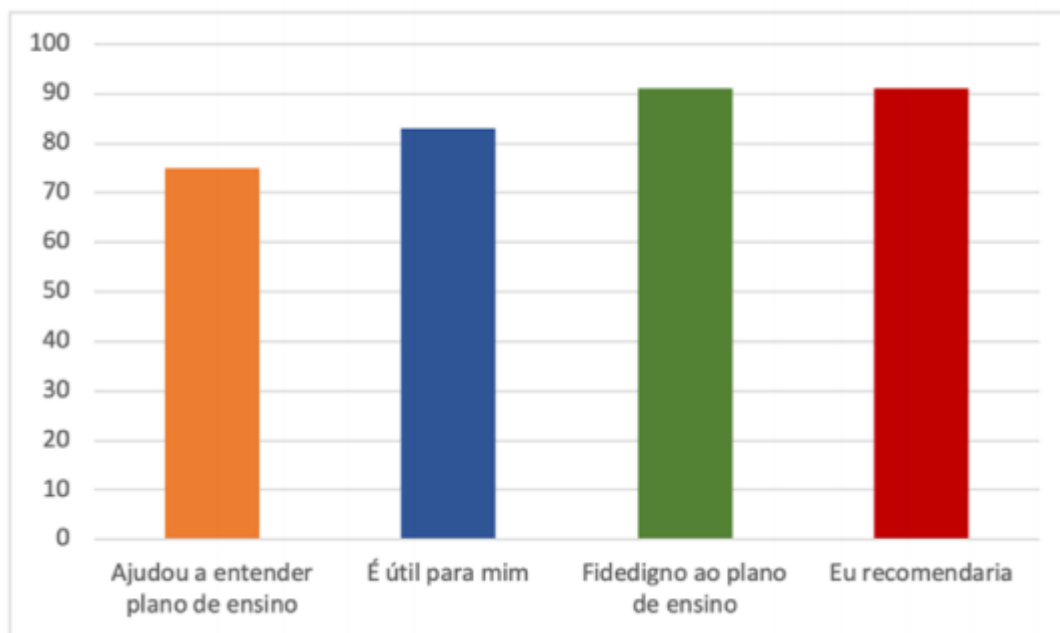
**Fonte:** Autor.

### 4.3 Explicação para a Diferença de Valores.

Com as Diferenças de Valores, faz com que o aluno seja estimulado a pensar em formas que solucione o problema, ou seja, o discente não vai só reproduzir o experimento, mas procurar entender e interpretar valores obtidos através da experimentação e da simulação. Além disso, o objetivo do

trabalho foi reforçar a importância de realizar atividades experimentais e simulações computacionais, pois essa junção permite uma maior eficiência no aprendizado dos alunos, e de acordo com Rocha et al, (2020), em sua pesquisa mostrou que 75% dos participantes, diz que usar uma ferramenta tecnológica ajuda a entender ou a analisar de forma rápida a relação existente entre os conceitos abordados de determinado assunto, como mostra a figura 47.

**Figura – 47.** Gráfico com aspectos da utilidade de Uso da TICs na Teoria de Aprendizagem Significativa.



**Fonte:** Rocha et al., 2020.

#### 4.4 Conclusão:

Com este trabalho, laboratório de eletrônica: uma proposta experimental e virtual como alternativa didática para circuitos elétricos do tipo retificador a diodo, concluímos que a eletrônica experimental presente no cotidiano do mundo tecnológico, podem ampliar diferentes aspectos da visão sobre a ciência, fazendo com que os indivíduos possam também propor soluções para problemas diários ou talvez ajudando a descobrir novas relações com o mundo do trabalho, o da ciência e da tecnologia.

Para isso é necessário que estes aspectos estejam inseridos nas escolas despertando maior interesse dos educandos em temas de física e mais especificamente em eletrônica, afim de superar os desafios que o tema propõe, deste modo propomos a realização de roteiros experimentais reais e virtuais para o laboratório de eletrônica.

Com os resultados obtidos pela simulação, destaco que seus benefícios são a simplicidade

para execução do experimento e seus comandos facilitam entendimento do programa. Os gráficos que a plataforma possui ajudam na visualização e a consolidar o conhecimento sobre processo de retificação. O modelo esquemático que a ferramenta mostra quando se construí o experimento é bem semelhante com os vistos nos projetos de eletrônica, contribuindo para familiarização do entendimento e da identificação dos componentes presentes em um esquema de circuito.

Já com os resultados experimental, apesar de ser um sistema complexo, descreve modelos que representam a realidade dos circuitos presentes na eletrônica, onde o aluno vai ter contato visual com os componentes, sabendo como eles são fisicamente e de como são conectados dentro dos aparelhos tecnológicos. Também saliento que por meio da realização da atividade experimental, o discente vai compreender melhor a função de cada um dos componentes presente no circuito, atribuindo para que o mesmo consiga ver outras possibilidades de emprega-los.

Para se desenvolver a simulação, se gasta um tempo de quinze minutos, já para atividade experimental se dobra o tempo, pois precisa realizar alguns cálculos, porém quando se realiza os dois procedimentos, proporciona para o aluno um aprendizado significativo, onde ele vivencia um sistema real e frequentemente muito confuso, com a simplificação que a simulação promove, uma vez que é bem próxima da realidade. O material pode ser aplicado para alunos do terceiro ano do Ensino Médio e de graduação, no qual sugiro que quando for utilizar esse material para iniciantes, introduza primeiro com circuitos mais simples, como por exemplo: Circuitos de corrente contínua e alternada, Circuitos em série e em paralelos; dessa forma o discente vai ter conhecimentos prévios sobre circuitos.

## REFERÊNCIA

- ARAÚJO, I. S. **Simulação e Modelagem Computacionais como Recursos Auxiliares no Ensino de Física Geral**. 228 f Tese de doutorado (Programa de Pós graduação em Física) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto alegre 2005.
- BOYLESTAD, R. L. **Dispositivos eletrônicos e teoria de circuitos**. 11. Ed. São Paulo, 2013.
- CASTILHO, W. S.; OLIVEIRA, D.L.; DUTRA, M.V.G. **O ensino de Física e a aprendizagem significativa: Um Kit experimental com Arduino para ensino de queda livre**. Experiência em ensino de ciências. V. 15. No.3, 2020.
- CIPELLI, A. M. V.; SANDRINI, W.J. **Teoria e Desenvolvimento de projetos de Circuitos Eletrônicos**. 6. Ed. São Paulo, 1982.
- CORREIA, E. S.; DANTAS J. M.; ANDRADE, J. E. **Considerações acerca dos conceitos de condutores, isolantes e semicondutores nos livros de Ensino Médio sob um olhar da teoria de bandas de energia**. Scientia Plena. V. 13. No.1, 2017.
- NUNES, J. C.; PINHEIRO, C. A. M.; SANTOS, D. D. B.; BARROS; MACEDO, E. R. **Simulações computacionais no ensino da física: o uso da ferramenta “Falstad - Circuit Simulator Applet” para o entendimento de circuitos elétricos**. III Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências. 2018.
- PEREIRA, T. A. **Compensation of the double-line frequency voltage ripple on single-phase two-stage photovoltaic microinverter**. 2018. 223 f Dissertação (Mestrado no programa de pós graduação em engenharia elétrica instituto de Eletrônica) Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2018.
- ROCHA, P. S.; LIMA, J. V.; GOMES, R. S.; JARDIM, R. R.; PEREIRA, D. S.; ROCHA, N. F. **Modelo visual baseado em blocos encaixáveis para realizar o planejamento de Trajetórias de Aprendizagem**. Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación. Pp 20 – 27, 2020.
- RODRIGUES, C. B.; SANTOS, M. L. B.; ANDRADE, C. V.; TORRES, K. S. **Programa educacional para cálculo de poligonais fechadas, enquadradas e abertas com programação em Java**. Congresso Internacional de Educação e Tecnologia. 2020.
- SANTOS, J. C.; GOMES D. **Experimentos reais e virtuais: proposta para o ensino de eletricidade no nível médio**. Revista Brasileira de Ensino de Física. V. 41. No. 1, 2019.
- SARAIVA, G. D.; VELOSO, M. S. S. O.; ARISTON, M. M.; AQUINO A. A.; CASTRO A. J. R.

**Abordagem investigativa sobre o uso de smartphones em simulações experimentais de Física.** 2020.

SENA, M. J.C.; SILAS, A.; SILVA, R. **Um Laboratório Didático Virtual de Física pela Amazônia.** Revista do Professor de Física. V. 2. No.1, 2018.

SOUSA, A.; FREITAS, P. A. R. **Levantamento histórico da eletrônica:** principais inventores e suas contribuições. Seminário de Pesquisa e Inovação Tecnológica, 2017.

