



**Universidade Federal de Campina Grande**

**Centro de Engenharia Elétrica e Informática**

Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

LÉLIA VAN DER LINDEN

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO**

Campina Grande, Paraíba  
Agosto de 2018

LÉLIA VAN DER LINDEN

## RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

*Relatório de Estágio Supervisionado submetido  
à Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica  
da Universidade Federal de Campina Grande  
como parte dos requisitos necessários para a  
obtenção do grau de Bacharel em Ciências no  
Domínio da Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Processamento da Informação

Orientador:

Professor Jalberth Fernandes de Araujo, D. Sc.

Campina Grande, Paraíba  
Agosto de 2018

LÉLIA VAN DER LINDEN

## RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

*Relatório de Estágio Supervisionado submetido à  
Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da  
Universidade Federal de Campina Grande como parte  
dos requisitos necessários para a obtenção do grau de  
Bacharel em Ciências no Domínio da Engenharia  
Elétrica.*

Área de Concentração: Processamento da Informação

Aprovado em        /        /

**Professor Avaliador**  
Universidade Federal de Campina Grande  
Avaliador

**Professor Jalberth Fernandes de Araujo, D. Sc.**  
Universidade Federal de Campina Grande  
Orientador, UFCG

Dedico este trabalho aos meus pais.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, em primeiro lugar, em especial meus pais que sempre sonharam com uma filha engenheira.

Agradeço também ao meu namorado, Guilherme Fagner Sales Cavalcante pelo apoio, companheirismo e compreensão durante a graduação.

Agradeço aos meus amigos do curso e fora dele.

Agradeço a equipe do LIMC que proporcionou toda a experiência de estágio mais leve com seus conhecimentos e atividades realizadas.

Agradeço aos coordenadores do LIMC pela oportunidade de estágio.

*a arte é longa,  
a vida é breve,  
a oportunidade passageira,  
a experiência enganosa,  
e o julgamento difícil.*  
Hipócrates.

## RESUMO

As dificuldades apresentadas por alunos e professores em atividades práticas no âmbito do ensino da Engenharia Elétrica em nível de graduação, devem ser analisadas continuamente com o objetivo de encontrar soluções eficazes para o desenvolvimento de um corpo discente determinado em alcançar êxito profissional e acadêmico. A disciplina de Laboratório de Dispositivos Eletrônicos é ministrada no curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande, e tem como objetivo capacitar o aluno com conhecimentos básicos sobre os seguintes dispositivos semicondutores: diodos de junção, transistor bipolar e transistores de efeito de campo, bem como na análise e síntese de circuitos com esses dispositivos. Dessa forma, este documento descreve as atividades desenvolvidas por Lélia van der Linden no Laboratório de Instrumentação e Metrologia Científicas de caráter estágio discente com uma carga horária de 180h. Tal estágio teve como objetivo de desenvolver um método de ensino e aprendizagem a partir da construção de um kit didático para auxiliar o aluno e o professor no experimento do Diodo Semicondutor da disciplina de Laboratório de Dispositivos Eletrônicos.

**Palavras-chave:** Estágio supervisionado, laboratório de dispositivos eletrônicos, experimentos com diodos semicondutores, placas de circuito impresso, melhoria do ensino e aprendizagem.

## ABSTRACT

The struggles shown by students in practical activities on the electrical engineering undergraduate level scope, must be continuously analyzed in order to find effective solutions for the development of a student body determined on reaching professional and academic success. The electronical devices laboratory class is taught during the undergraduate program of Electrical Engineering of Universidade Federal de Campina Grande, and has the purpose of capacitating the student with basic knowledge about the following semiconductive devices: junction diodes, bipolar transistors and field effect transistors, as well as in the analyses and synthesis of circuits containing these devices. Therefore, this document describes the activities developed by Lélia van der Linden at the Instrumentation and Scientific Metrology Laboratory in a student internship nature with 180h workload. Such internship goal was to develop a tutoring and apprenticeship method coming from the development of a didactical kit to aid students and the professor on the semiconductive diode experiment from The Electronical Devices Laboratory course.

**Keywords:** Supervised internship, electronical devices laboratory, semiconductor diodes experiment, printed circuit boards, tutorship enhancement.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - NI ELVIS III.....	16
Figura 2 – <i>Application Board</i> “Placa de Circuitos Eletrônicos” para o NI ELVIS .....	16
Figura 3 – <i>Electronics Explorer</i> da <i>Digilent Electronic</i> .....	17
Figura 4 - Corredor Principal com acesso às salas do LIMC .....	20
Figura 5 - Prototipadora Mecânica LPKF Protomat E34/E44 .....	21
Figura 6 – Dispositivos Disponíveis no LEA .....	22
Figura 7 – Representações do Circuito do Experimento 1: (a) Esquemático no <i>software Proteus</i> , (b) Representação na folha adesiva e (c) Foto da seção do experimento 1 no kit didático. ....	25
Figura 8 – Circuito do Experimento 2 (Primeira Forma). ....	26
Figura 9 - Representações do Circuito do Experimento 1: (a) Esquemático no software Proteus, (b) Foto da seção do experimento 2 no kit didático.....	27
Figura 10 – Esquemático no <i>software Proteus</i> do Circuito do Experimento 2 Gerador de Curva Automático. ....	28
Figura 11 – Curva Característica do Diodo 1N4148 a partir do Gerador de Curva I-V Automático do Kit Didático Desenvolvido. ....	29
Figura 12 – Gerador de Curva I-V (corrente-tensão) Automático no Kit Didático Confeccionado. ....	30
Figura 13 – (a) Esquemático no <i>software Proteus</i> do Circuito do Experimento 3 e.....	31
Figura 14 - (a) Esquemático no <i>software Proteus</i> do Circuito do Experimento 4 e .....	32
Figura 15 - Representações do Esquemático dos Circuitos do Experimento 5: (a) Circuito Dobrador de Tensão de Meia Onda, (b) Dobrador de Tensão de Onda Completa e (c) Triplicador de Tensão. ....	33
Figura 16 - Foto da Seção do Experimento 5 no Kit Didático.....	34
Figura 17 - Representações do Esquemático dos Circuitos do Experimento 6: (a) Circuito Retificador de Meia Onda sem Filtro (b) Circuito Retificador de Meia Onda com Filtro Capacitivo, (c) Circuito Retificador de Meia Onda com Filtro Capacitivo e (d) Circuito Retificador de Meia Onda com Filtro Capacitivo.....	35
Figura 18 - Representações do Esquemático dos Circuitos do Experimento 6: (a) Circuito Retificador de Onda Completa sem Filtro (b) Circuito Retificador de Onda Completa com Filtro Capacitivo.....	36
Figura 19 - Foto da Seção do Experimento 6 no Kit Didático sendo (a) Circuitos Retificador de Meia Ponte e (b) Circuitos Retificador de Onda Completa. ....	37
Figura 20 - Representações do Esquemático dos Circuitos do Experimento 7: (a) Circuito com entrada DC (b) Circuito com entrada AC. ....	38
Figura 21 - Foto da Seção do Experimento 7 no Kit Didático.....	38
Figura 22 - (a) Esquemático no <i>software Proteus</i> do Circuito do Experimento 8 e .....	39
Figura 23 - Representações do Esquemático dos Circuitos do Experimento 9: .....	40
Figura 24 - Foto da Seção do Experimento 9 no Kit Didático.....	40
Figura 25 – Kit Didático Desenvolvido.....	41
Figura 26 – Adesivo Colado no topo do kit didático para fins educativos. ....	42

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
DEE	Departamento de Engenharia Elétrica
EE	Explorer Board
ELVIS	Engineering Laboratory Virtual Instrumentation Suite
FPGA	Field Programmable Gate Array
IoT	Internet of Things
LIMC	Laboratório de Instrumentação e Metrologia Científicas
LEA	Laboratório de Eletrônica Analógica
LED	Light Emitting Diode
NI	National Instruments
UFCG	Universidade Federal de Campina Grande

# SUMÁRIO

Sumário .....	xi
1 Introdução.....	12
2 Kits Eletrônicos Didáticos Disponíveis no Mercado.....	15
2.1 NI ELVIS – National Instruments.....	15
2.2 Explorer Boards – Digilent Electronic.....	17
2.3 Kit Didático Desenvolvido no Estágio.....	18
3 Apresentação dos Laboratórios .....	20
3.1 Laboratório de Instrumentação e Metrologia Científicas (LIMC) .....	20
3.2 Laboratório de Eletrônica Analógica (LEA).....	21
4 Atividades Desenvolvidas .....	23
4.1 Experimentos Realizados no Guia de Diodos Semicondutores .....	23
4.1.1 Experimento 1: Identificando a Condição do Diodo .....	24
4.1.2 Experimento 2: Curva Característica do Diodo.....	25
4.1.3 Experimento 3: Comparador de Tensão e Portas Lógicas .....	30
4.1.4 Experimento 4: Circuito Grampeador.....	32
4.1.5 Experimento 5: Multiplicadores de Tensão .....	33
4.1.6 Experimento 6: Circuitos Retificadores.....	34
4.1.7 Experimento 7: Diodo Zener .....	37
4.1.8 Experimento 8: Resistência Dinâmica.....	39
4.1.9 Experimento 9: Diodo Emissores de Luz (LEDs) .....	40
4.2 Confecção do Kit Didático.....	41
5 Conclusão .....	43
Bibliografia.....	44

# 1 INTRODUÇÃO

O ensino como ferramenta para a educação é capaz de transformar pessoas e o mundo em que elas vivem. Este é um dos pensamentos adotados pelo Patrono da Educação Brasileira, Paulo Freire, um dos pedagogos mais notáveis da história. Freire defendia o desenvolvimento do pensamento crítico em sala de aula, no qual o ensino não era resumido em transmissão coercitiva de ideias, e sim, na possibilidade de criação e produção de conhecimento, com a intenção de inquietar o receptor sobre o assunto.

Entretanto, as vias e meios para a criação de uma aprendizagem crítica não são simples de serem criadas e abordadas no âmbito acadêmico. Para cada caso, ou disciplina, deve-se usar métodos de análise e pesquisa diferentes, que conduzem ao aprendizado e ensino eficiente. Nesse sentido, as instituições de ensino, em forma de seus educadores e colaboradores, estão em perpétuo compromisso para aplicar tais ações e alcançar níveis satisfatórios de conhecimento.

Assim, a aluna Lélia van der Linden, como estagiária no Laboratório de Instrumentação e Metrologias Científicas (LIMC) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) se propôs a desenvolver e confeccionar um kit eletrônico didático referente ao experimento do diodo semicondutor da disciplina de Laboratório de Dispositivos Eletrônicos do curso de Engenharia Elétrica da UFCG, com o objetivo de que ele possa ser usado durante as aulas para auxiliar no ensino e na aprendizagem de professores e alunos, atenuando as dificuldades encontradas durante a aula experimental.

O curso de graduação em Engenharia Elétrica na Universidade Federal de Campina Grande apresenta um currículo composto por aulas teóricas e práticas, esta última chamada de laboratórios. De 19 disciplinas obrigatórias dos Conteúdos Profissionais Essenciais, 16 possuem suas respectivas disciplinas de laboratórios. Isso corresponde a quase 20% da carga horária desse grupo de matérias e 8.21% de seu conjunto com os conteúdos básicos.

Vale salientar também que dessas 16 disciplinas laboratoriais obrigatórias disponibilizadas pelo Departamento de Engenharia Elétrica (DEE), 15 possuem a carga horária de 15h cada, incluindo o Laboratório de Dispositivos, e 1 (Laboratório de

Arquitetura e Sistemas Digitais) de 30h, o que corresponde, para o primeiro grupo, 1h semanal para o período escolar.

Em consonância com tais limitações, uma pesquisa de satisfação dos laboratórios foi realizada pelo Centro Acadêmico de Engenharia Elétrica (CAEE) em 21 de dezembro de 2017, na qual 94,3% dos estudantes entrevistados do curso de engenharia elétrica da UFCG concordaram que as disciplinas de laboratório são importantes para a formação profissional. Entretanto, 46% relataram que já participaram de uma aula prática sem que se tenha realizado alguma simulação ou ensaio e 42% relatam uma sincronia geral razoável, em que nem sempre o assunto do laboratório está em fase com o da teoria o que torna o ensino da engenharia desestabilizando, segundo eles.

Pela experiência da estagiária, muitas vezes o problema de sincronismo é causado pela falta de tempo em que as disciplinas de laboratório têm em relação a quantidade de requisitos necessários para realizar uma montagem ou experimento. Além disso, disciplinas laboratoriais sem experimentos práticos em suas aulas também são consequências do tempo limitado oferecido a elas, que como mencionado anteriormente, em sua grande maioria tem carga horária semanal de 1h.

O Laboratório de Dispositivos Eletrônicos é realizado no Laboratório de Eletrônica Analógica (LEA) situado na Central de Laboratórios do DEE e possui cinco turmas com 14 alunos cada, distribuídas em três dias da semana: terça-feira, quarta-feira e quinta-feira. Por ser uma disciplina prática, ela requer que o professor e o aluno consigam interligar os conhecimentos teóricos e práticos, e assim como outras do curso, devido a uma carga horária baixa, seu aproveitamento pode ser danificado em termos de eficiência de aprendizado em relação ao tempo.

Sob este ponto de vista, foi pensado em uma solução para auxiliar o ensino e a aprendizagem do Laboratório de Dispositivos Eletrônicos no sentido em que a aula prática não careça de dinâmica, e ao mesmo tempo, colabore para que o professor possa inicialmente explicitar o experimento de forma ágil e precisa ao passo em que o aluno entenda o que se deve esperar daquela prática e tirar suas dúvidas sempre que possível.

Um dos métodos mais utilizados em cursos de graduação de engenharia nas universidades em todo mundo, é a utilização de kits didáticos que permite a realização de práticas e ensaios de forma simples e eficiente a partir de um roteiro experimental. Um exemplo é o NI ELVIS da *National Instruments* e o *Explorer Board* da *Digilent Electronic*. Entretanto, nem todos os kits possuem as funcionalidades que o laboratório

requer em seus experimentos e o custo deles podem extrapolar o orçamento fornecido por serem importados e de elevado custo.

Assim, uma solução encontrada foi a confecção de um kit eletrônico didático de baixo custo e fácil manuseio, no qual todos os nove experimentos relacionados à prática de diodos semicondutores do Guia do Laboratório foram compactados em uma placa de circuito impresso, permitindo que o professor ganhe tempo ao explicitar e realizar os experimentos no kit em sua explicação inicial da aula, sem a necessidade de montar circuitos em protoboards, propensos a erros de montagem, desgaste material e conexões flutuantes. Além disso, o kit possui um gerador de curvas I-V (corrente-tensão) automático embutido, desabilitando a necessidade de repetir as várias medições requeridas do experimento 2. Outrossim, o kit desenvolvido apresenta vantagens para o aluno no segmento de aprendizado crítico, pois ele permite a visualização de um resultado prévio do experimento, fazendo com que o aluno saiba o que estará montando em seguida, e o desafiando, pois, um outro tipo de montagem - nos *protoboards* - será abordada.

Como benefício mútuo para o aluno e o professor, o kit didático proposto aumenta o aproveitando da carga horária da disciplina no sentido que ao utilizá-lo, o docente diminui seu tempo de explicação e facilita o entendimento do experimento para o discente. Além disso, é um kit de baixo custo, que o torna acessível para a implementação em outras disciplinas práticas com suas respectivas abordagens. Isso faz com que o laboratório seja mais proveitoso academicamente e atenua as suas dificuldades relacionadas à carga horária baixa.

Dessa forma, neste relatório são apresentadas as atividades desenvolvidas durante o Estágio Supervisionado realizado no Laboratório de Instrumentação e Metrologia Científicas como um requisito obrigatório para a conclusão do curso de graduação em Engenharia Elétrica. Assim, foi realizado o desenvolvimento de kit didático contendo circuitos referentes ao experimento de diodos semicondutores, como um estudo e aplicação direta no ensino da disciplina de Laboratório de Dispositivos Eletrônicos. Tal kit tem o objetivo de simplificar a experiência do aluno e do professor, tornando-a mais intuitiva, rápida e menos propensa a erros de montagem em protoboards, aprimorando o senso crítico do discente e proporcionando uma aquisição de conhecimento perdurável.

## 2 KITS ELETRÔNICOS DIDÁTICOS DISPONÍVEIS NO MERCADO

Com o avanço na instrumentação eletrônica, professores estão usando cada vez mais ferramentas que facilitam a aprendizagem de circuitos eletrônicos. Assim, o curso de Engenharia Elétrica proporciona uma grande demanda de dispositivos educativos que tornam viável o entendimento de matérias propostas ao aluno. Com isso, empresas especializadas em desenvolvimento de *software* que simulam circuitos elétricos, e de *hardware*, como equipamentos de teste automático, investem em kits didáticos que são aplicados no ensino de cursos de graduação em Engenharia em universidades em todo o mundo.

Alguns kits didáticos disponibilizados por estas empresas, e relevantes para o ensino da eletrônica, são discutidos a seguir com o objetivo de compará-los entre si e com o próprio kit didático desenvolvido por meio desse estágio.

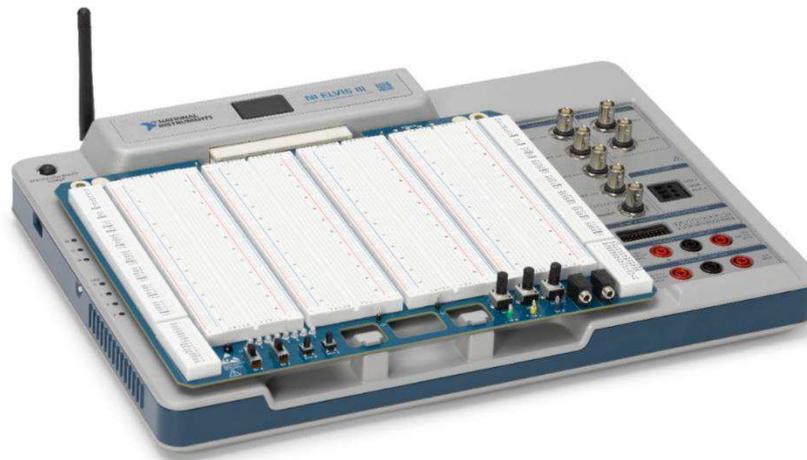
### 2.1 NI ELVIS – NATIONAL INSTRUMENTS

O NI ELVIS (*NI Engineering Laboratory Virtual Instrumentation Suite*) apresentado na Figura 1 é um módulo de laboratório desenvolvido pela *National Instruments* (NI) para o ensino de engenharia. Disponíveis em suas versões NI ELVIS, NI ELVIS II, NI ELVIS II+ e NI ELVIS III, ele é composto por um osciloscópio, multímetro digital, gerador de funções, fonte de alimentação variável, protoboard e outros instrumentos que são comumente utilizados em um laboratório de ensino à eletrônica.

Combinando instrumentação, design embarcado e conexão com a internet, ele promove o ensino de circuitos elétricos, mecatrônica, eletrônica de potência, instrumentação, comunicação digital, controle e outros temas, por meio de guias experimentais disponibilizados com a sua compra e a partir de *application boards*, como a placa de circuitos eletrônicos da Figura 2, que são vendidos separadamente. Além disso,

ele possui compatibilidade com demais serviços fornecidos pela NI, como o LabVIEW e o MultiSim.

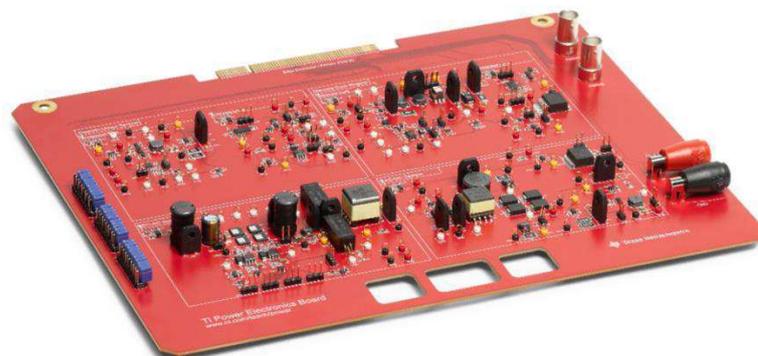
Figura 1 - NI ELVIS III



Fonte: ni.com (2018).

Os preços do módulo, *software* e *application boards*, que são vendidos separadamente, estão disponíveis apenas por solicitação à empresa. Porém, de acordo com Hansen, Delahoussaye e Guo (2012), os preços do NI ELVIS II+ na época de sua publicação, variam de USD 2.799 a USD 3.999 dependendo de qual *software* deseja-se adicionar na compra.

Figura 2 – *Application Board* “Placa de Circuitos Eletrônicos” para o NI ELVIS



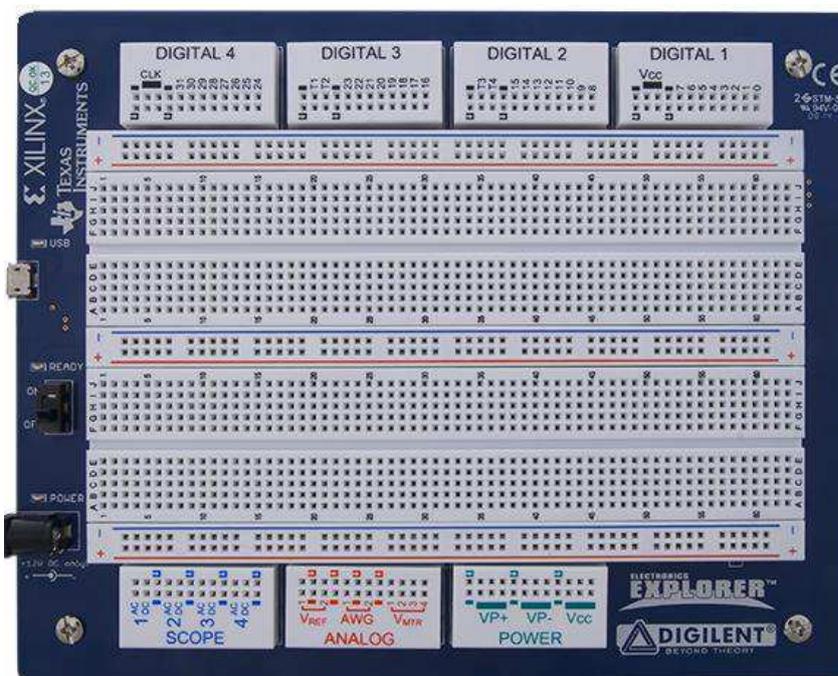
Fonte: ni.com (2018).

Assim, pode-se afirmar que o NI Elvis é uma ferramenta poderosa, porém de alto custo, podendo ter o seu preço atual em torno de R\$ 15.000 por módulo e *application boards* que custam em torno de R\$ 6.000 de acordo com o site brasileiro da NI. Além disso, possui alta complexidade por possuir extensa aplicação, o que necessita a capacitação de pessoas para fazer o seu uso.

## 2.2 EXPLORER BOARDS – DIGILENT ELECTRONIC

Uma outra empresa que fornece kits didáticos no âmbito de ensino de Engenharia Elétrica é a americana *Digilent Electronic*, especializada em fabricação de módulos e *softwares* com utilização em FPGAs e na *Internet of Things* (IoT). Em comparação com a NI, a *Digilent Electronic* é uma empresa mais nova e menos robusta, o que pode ser percebido em seus produtos.

Figura 3 – *Electronics Explorer* da *Digilent Electronic*



Fonte: digilentinc.com (2018).

Com isso, os kits didáticos da linha *Explorer* são menos robustos que o NI ELVIS, porém com qualidade especificações de alto nível, ideais para o ambiente de sala de aula.

Atualmente apenas o módulo “*Electronics Explorer: All-in-one USB Oscilloscope, Multimeter & Workstation*”, apresentado na Figura 3, está disponível para a compra diretamente em seu site ([store.digilentinc.com](http://store.digilentinc.com)).

O *Explorer Board* da *Digilent Electronic* (EE) possui uma estação de trabalho virtual para vários tipos de medições. Segundo Hansen, Delahoussaye e Guo (2012), o EE é utilizado no “*Multifunctional Electronic Materials and Devices Research Lab*” da Universidade do Texas em San Antonio para rastrear a saída elétrica de um dispositivo piezoelétrico a partir do seu osciloscópio virtual.

O EE é vendido no site da *Digilent Electronic* pelo valor de USD 399,00, um valor mais baixo comparado ao NI ELVIS, porém ainda considerado de alto custo por ser vendido em dólares e viável de frete e taxas de importação.

### 2.3 KIT DIDÁTICO DESENVOLVIDO NO ESTÁGIO

O kit didático objetivo desse estágio foi confeccionado seguindo o Guia de Experimento do Diodo Semicondutor da disciplina de Laboratório de Dispositivos Eletrônicos do curso de graduação em Engenharia Elétrica da UFCG.

O circuito impresso foi desenvolvido em uma placa de fenolite com medições de 27,9x21cm com dispositivos eletrônicos de baixo custo e um papel adesivo contendo a representação dos experimentos do guia.

Suas principais características são: baixo custo, fácil manuseio, aplicação direta no Laboratório de Dispositivos Eletrônicos e fácil de ser replicada para outros guias ou disciplinas. Os componentes e seus respectivos preços para o kit confeccionado são referenciados na Tabela 1.

Apesar da robustez e variedade em aplicações, o NI ELVIS e o *Explorer Board* apresentam a desvantagem de serem kits de alto custo e que necessitam de modificações e novos guias experimentais para serem utilizados nas disciplinas práticas de cursos de graduação. Assim, fica claro que o kit didático confeccionado nesse estágio é de grande importância e agrega uma alternativa simples e direta para o auxílio de ensino e aprendizagem de circuitos eletrônicos no âmbito da engenharia.

Tabela 1 - Componentes e Preços do Kit Didático Desenvolvido

<b>Componente</b>	<b>Preço</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Total</b>
<b>Placa de Fenolite</b>	R\$ 11,85	1	R\$ 11,85
<b>Diodo N4148</b>	R\$ 1,00	21	R\$ 21,00
<b>Diodo N4007</b>	R\$ 1,70	13	R\$ 22,10
<b>Barra de Pinos Macho</b>	R\$ 2,40	4	R\$ 9,60
<b>Chave de 6 conexões</b>	R\$ 2,00	4	R\$ 8,00
<b>Potenciômetro 10kOhm</b>	R\$ 2,00	1	R\$ 2,00
<b>PIC 16F628A</b>	R\$ 13,00	1	R\$ 13,00
<b>Conversor DAC08CN</b>	R\$ 3,00	1	R\$ 3,00
<b>Amp Op TL082CN</b>	R\$ 3,40	1	R\$ 3,40
<b>Cristal 4MHz</b>	R\$ 1,00	1	R\$ 1,00
<b>Regulador de Tensão 5V 78L05</b>	R\$ 5,75	1	R\$ 5,75
<b>LED vermelho</b>	R\$ 0,10	1	R\$ 0,10
<b>LED branco</b>	R\$ 0,20	1	R\$ 0,20
<b>DIP Switch de 16 terminais</b>	R\$ 4,00	1	R\$ 4,00
<b>Capacitor eletrolítico 1uF – 50V</b>	R\$ 0,10	9	R\$ 0,90
<b>Capacitor eletrolítico 10uF – 16V</b>	R\$ 0,10	2	R\$ 0,20
<b>Capacitor eletrolítico 22uF – 25V</b>	R\$ 0,10	2	R\$ 0,20
<b>Capacitor eletrolítico 100uF – 16V</b>	R\$ 0,10	1	R\$ 0,10
<b>Capacitor eletrolítico 220uF – 35V</b>	R\$ 0,10	2	R\$ 0,20
<b>Capacitor poliéster 10uF</b>	R\$ 5,00	1	R\$ 5,00
<b>Capacitor poliéster 100nF</b>	R\$ 0,40	1	R\$ 0,40
<b>Capacitor cerâmico 22pF</b>	R\$ 0,05	2	R\$ 0,10
<b>Resistores – valores variados</b>	R\$ 0,10	32	R\$ 3,20
<b>Papel Adesivo (A3)</b>	R\$ 6,00	1	R\$ 6,00
<b>TOTAL</b>	-	105	R\$ 121,30

Fonte: baudaeletronica.com.br (2018), mercadolibre.com.br (2018).

\*Valores comparados e aproximados para um preço médio.

### 3 APRESENTAÇÃO DOS LABORATÓRIOS

O estágio supervisionado foi realizado no Laboratório de Instrumentação e Metrologia Científicas da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) com o objetivo de confeccionar um kit didático a ser usado no Laboratório de Eletrônica Analógica durante a disciplina de Laboratório de Dispositivos Eletrônicos.

#### 3.1 LABORATÓRIO DE INSTRUMENTAÇÃO E METROLOGIA CIENTÍFICAS (LIMC)

O estágio foi realizado no Laboratório de Instrumentação e Metrologia Científicas (LIMC), que tem sede no campus de Campina Grande da Universidade Federal de Campina Grande, surgiu em 1997 por meio de um acordo internacional tipo CAPES/COFEPUC em parceria com a *Télécom ParisTech*, na época chamada de *Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications*.

Figura 4 - Corredor Principal com acesso às salas do LIMC



Fonte: [limc.dee.ufcg.edu.br](http://limc.dee.ufcg.edu.br) (2016).

Atualmente, o LIMC é coordenado pelo professor Raimundo Carlos Silvério Freire, que foi também supervisor deste estágio. Dentre as atividades desenvolvidas nas salas do laboratório vistas na Figura 1, destaca-se aquelas com ênfase em eletrônica e

presentes no escopo de iniciação científica, a nível de ensino médio, superior e pós-graduação. Suas principais linhas de pesquisa são as aplicações de sensores termorresistivos, concepção de circuitos integrados, instrumentação eletrônica, sensores RFID e sistemas inteligentes.

O ambiente do laboratório é formado por seis salas de estudo e equipamentos, uma copa e duas salas para cada um dos professores coordenadores. Assim, o estágio foi realizado em sua maior parte na sala 2, fazendo-se uso de seus materiais disponíveis como multímetro, protoboard, fontes de tensão, osciloscópio e demais componentes eletrônicos. Além disso, foi utilizada a prototipadora mecânica (fresa) PROTOMAT E34/E44 da *LPKF Laser & Electronics*, referenciada na Figura 2 e disponível na sala 5 com auxílio do *software Proteus Design Suite* para confeccionar a placa de circuito impresso de material fenolite cobreado referente ao kit didático, contendo os experimentos relacionados aos diodos semicondutores do Laboratório de Dispositivos Eletrônicos.

Figura 5 - Prototipadora Mecânica LPKF Protomat E34/E44



Fonte: [www.lpkf.com](http://www.lpkf.com) (2018).

### 3.2 LABORATÓRIO DE ELETRÔNICA ANALÓGICA (LEA)

O Laboratório de Eletrônica Analógica situa-se na central de laboratórios do Departamento de Engenharia Elétrica (DEE) da UFCG, no campus de Campina Grande. O espaço é utilizado no suporte às atividades de ensino, incluindo a realização das aulas

de Laboratório de Dispositivos Eletrônicos e Laboratório de Eletrônica, ambas disciplinas obrigatórias do curso de graduação.

A disciplina de Laboratório de Dispositivos Eletrônicos é atualmente ministrada pelos professores Jalberth Fernandes de Araujo e Gutemberg Gonçalves Júnior para alunos que estejam cursando como co-requisito a disciplina teórica de Dispositivos Eletrônicos.

Dessa forma, o kit didático objetivo deste estágio foi confeccionado levando-se em conta os dispositivos disponíveis no LEA, como multímetros, fontes de tensão, osciloscópio, gerador de sinais, entre outros. Alguns destes equipamentos são mostrados na Figura 3, como a fonte CC variável em (a), gerador de funções em (b), osciloscópio em (c) e fonte CC de +5V, +12V e -12V em (d). Vale ressaltar que as pontas de prova dos instrumentos de medição são do formato “jacarés”, por isso pinos condutores foram utilizados no kit confeccionado.

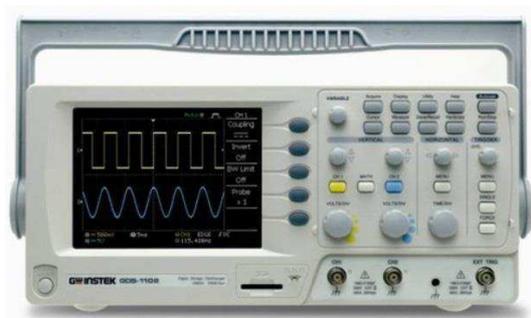
Figura 6 – Dispositivos Disponíveis no LEA



(a)



(b)



(c)



(d)

Fonte: (a) - mercadolibre.com.br (2018), (b) – amazon.com (2018), (c) – finaltest.com.mx (2018), (d) – autor(2018).

## 4 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

O estágio seguiu uma ordem de atividades que visaram percorrer etapas de um projeto de circuito impresso voltado para uma prática didática, podendo ser resumidas em:

- Avaliação do guia do experimento “Diodos Semicondutores” da disciplina de Laboratório de Dispositivos Eletrônicos;
- Elaboração de um circuito gerador automático de curvas I-V (corrente-tensão) do diodo semicondutor;
- Teste do circuito gerador automático de curvas I-V do diodo semicondutor em protoboard;
- Aprendizado do *software Proteus Design Suite*;
- Composição de Esquemático e *Layout* (representação de um circuito em termos de formas geométricas planares) do kit didático;
- Seleção de componentes eletrônicos para serem utilizados no kit;
- Produção de adesivo do kit;
- Prototipagem da placa de fenolite referente ao kit no PROTOMAT E34/E44;
- Distribuição dos componentes eletrônicos do kit na placa de fenolite;
- Adesivagem na placa de fenolite do kit;
- Solda da placa;
- Teste de funcionamento do kit didático.

### 4.1 EXPERIMENTOS REALIZADOS NO GUIA DE DIODOS

#### SEMICONDUCTORES

De posse do Guia de Diodos Semicondutores da disciplina de Laboratório de Dispositivos, foi analisado os circuitos de cada experimento e em seguida implementados no *software Proteus Design Suite* em forma de esquemático e *layout*, para que pudesse

então ser confeccionada a placa de fenolite referente ao kit, a montagem de componentes e da folha adesiva.

O guia de Diodos Semicondutores do Laboratório de Dispositivos é organizado nos seguintes 9 experimentos:

- Experimento 1: Identificando a Condição do Diodo
- Experimento 2: Curva Característica do Diodo
- Experimento 3: Comparador de Tensão e Portas Lógicas
- Experimento 4: Circuito Grampeador
- Experimento 5: Multiplicadores de Tensão
- Experimento 6: Circuitos Retificadores
- Experimento 7: Diodo Zener
- Experimento 8: Resistência Dinâmica
- Experimento 9: Diodos Emissores de Luz (LEDs)

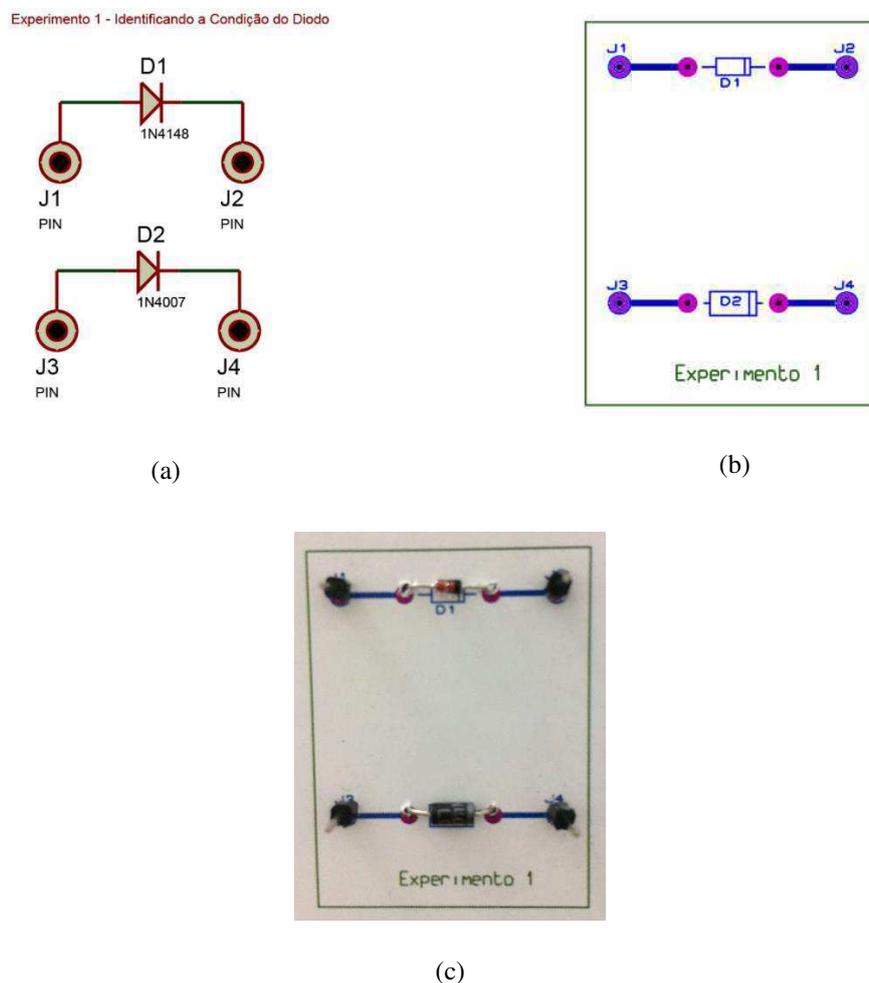
#### 4.1.1 EXPERIMENTO 1: IDENTIFICANDO A CONDIÇÃO DO DIODO

No primeiro experimento referente ao guia de Diodos Semicondutores, são identificados as condições e os terminais de um diodo N4148 e de um diodo N4007 a partir de um ohmímetro.

O experimento é realizado conectando os terminais de um ohmímetro com os terminais de cada diodo. Para um ohmímetro digital, o diodo estará diretamente polarizado quando o terminal positivo do ohmímetro for ligado ao ânodo e o terminal negativo ao cátodo, indicando um baixo valor de resistência no medidor. Para a condição de inversamente polarizado, o terminal positivo do ohmímetro deve estar ligado ao cátodo e o terminal negativo ligado ao ânodo, assim a bateria interna polarizará o diodo reversamente e o valor de resistência lida no medidor será elevada.

O esquemático do circuito feito no *software Proteus* é mostrado na Figura 8(a), onde J1, J2, J3 e J4 correspondem aos terminais dos diodos D1 (1N4148) e D2 (1N4007). O *layout* representativo da folha adesiva da Figura 8(b) caracteriza a representação geométrica do experimento 1. O resultado final de tal experimento produzido na placa de fenolite e folha adesiva do kit didático é mostrado na Figura 8(c).

Figura 7 – Representações do Circuito do Experimento 1: (a) Esquemático no *software Proteus*, (b) Representação na folha adesiva e (c) Foto da seção do experimento 1 no kit didático.



Fonte: Autor (2018).

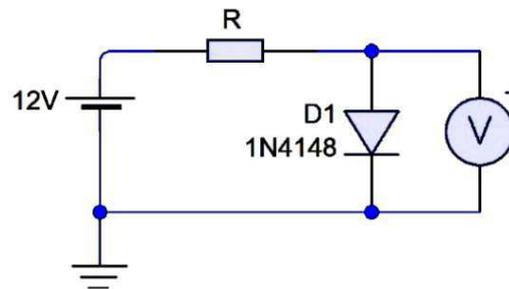
#### 4.1.2 EXPERIMENTO 2: CURVA CARACTERÍSTICA DO DIODO

Na análise experimental do diodo semicondutor, o levantamento de sua curva característica é de grande importância para o entendimento a respeito de seu funcionamento.

No kit didático confeccionado neste estágio, o experimento 2 foi projetado de duas formas. A primeira seguiu de acordo com o guia de experimento do diodo semicondutor, onde o circuito da Figura 8 com alimentação de 12V foi montado, e a partir de mudanças pré-estabelecidas no guia para o resistor R, a tensão no diodo D1 do tipo 1N4148 é medida pelo voltímetro V, anotada, e em seguida a corrente que passa pelo diodo D1 é calculada

pela Lei de Ohm e anotada. Por fim, as anotações servem para plotar manualmente a curva característica I-V (corrente-tensão) do diodo D1.

Figura 8 – Circuito do Experimento 2 (Primeira Forma).



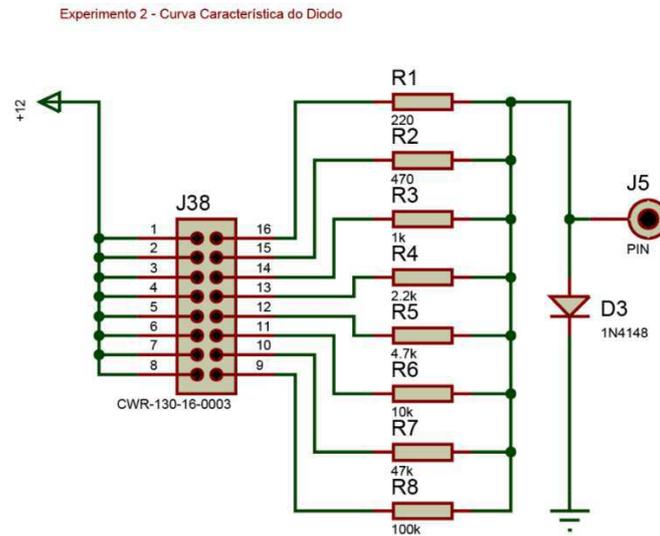
Fonte: Guia do Experimento de Diodos Semicondutores (2018)

Para a implementação desse circuito no kit didático, no qual valores diferentes de tensão e corrente são medidos a partir de escolhas de diferentes resistências, foi utilizada uma chave do tipo DIP com 16 terminais, esquematizada como J38 na Figura 9(a), alimentada por uma fonte DC de 12V, que proporciona a escolha dos resistores R1 a R8 conectados a ela com a finalidade de medir a tensão no pino J8 referente à tensão do diodo D3 (1N4148).

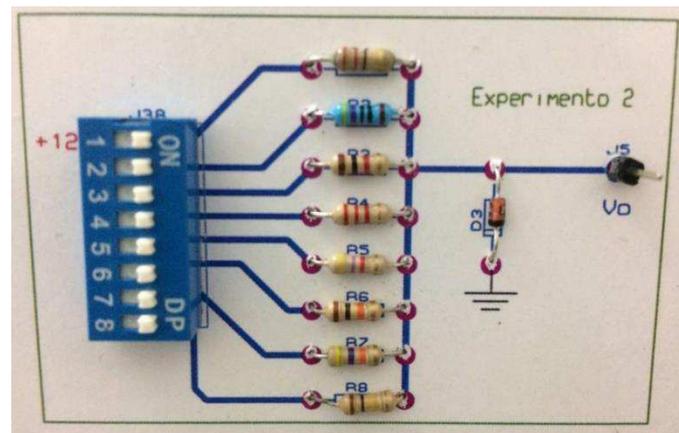
Já a implementação da segunda forma do experimento 2 foi desenvolvida com o objetivo de facilitar a visualização da curva I-V (corrente-tensão) do diodo em questão a partir de um gerador de curvas I-V automático, sem que seja necessária a troca/escolha de resistores, tornando a demonstração deste experimento rápida e eficaz.

Para a implementação do circuito gerador de curvas I-V automático mostrado no esquemático da Figura 10, foi necessário a inclusão de Circuitos Integrados (CI) referentes a um microcontrolador PIC 16F628A (U3), um conversor digital-analógico do tipo DAC-08CN(4) e um amplificador operacional TL082CN (U5).

Figura 9 - Representações do Circuito do Experimento 1: (a) Esquemático no software Proteus, (b) Foto da seção do experimento 2 no kit didático.



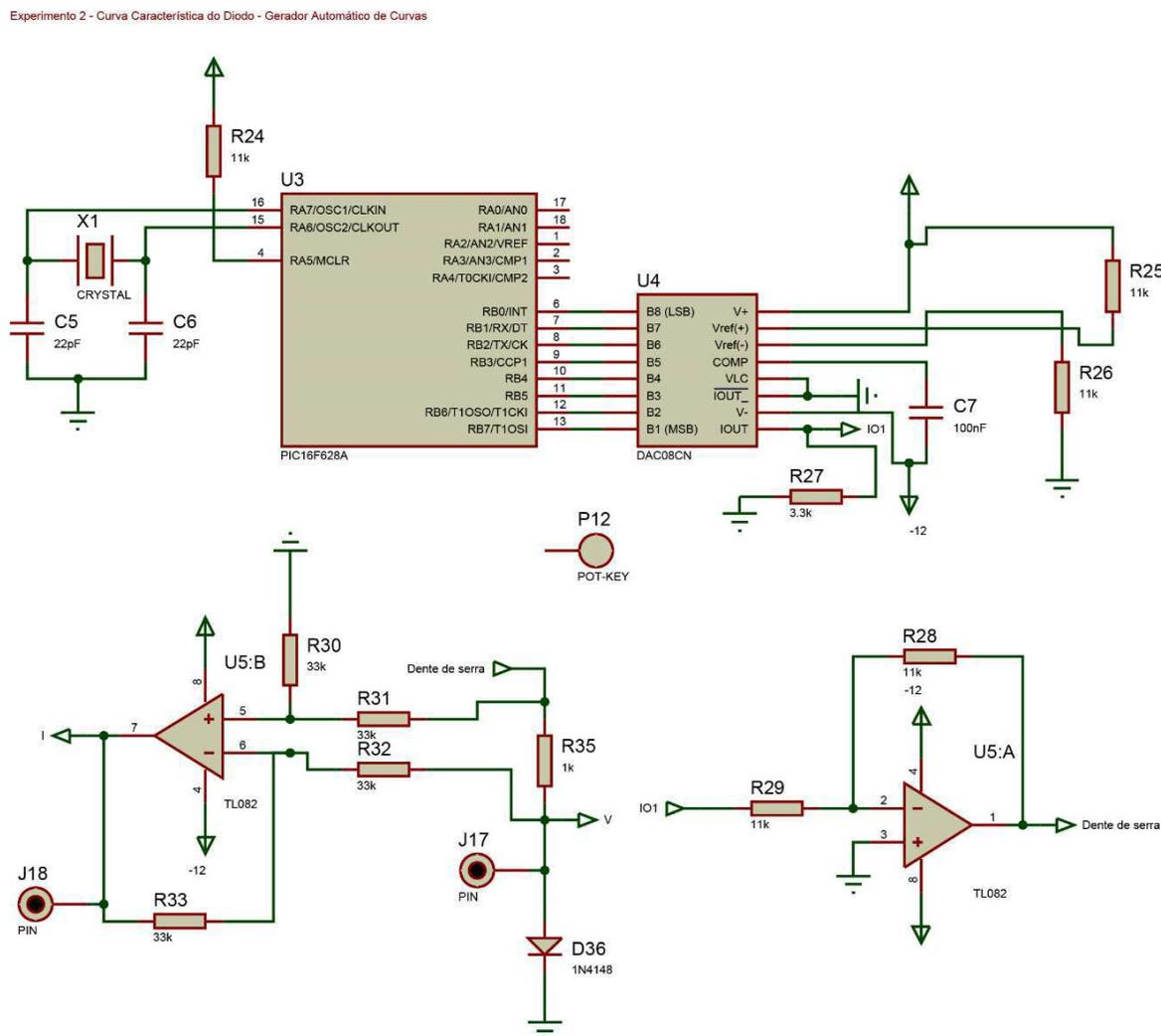
(a)



(c)

Fonte: Autor (2018).

Figura 10 – Esquemático no *software Proteus* do Circuito do Experimento 2 Gerador de Curva Automático.

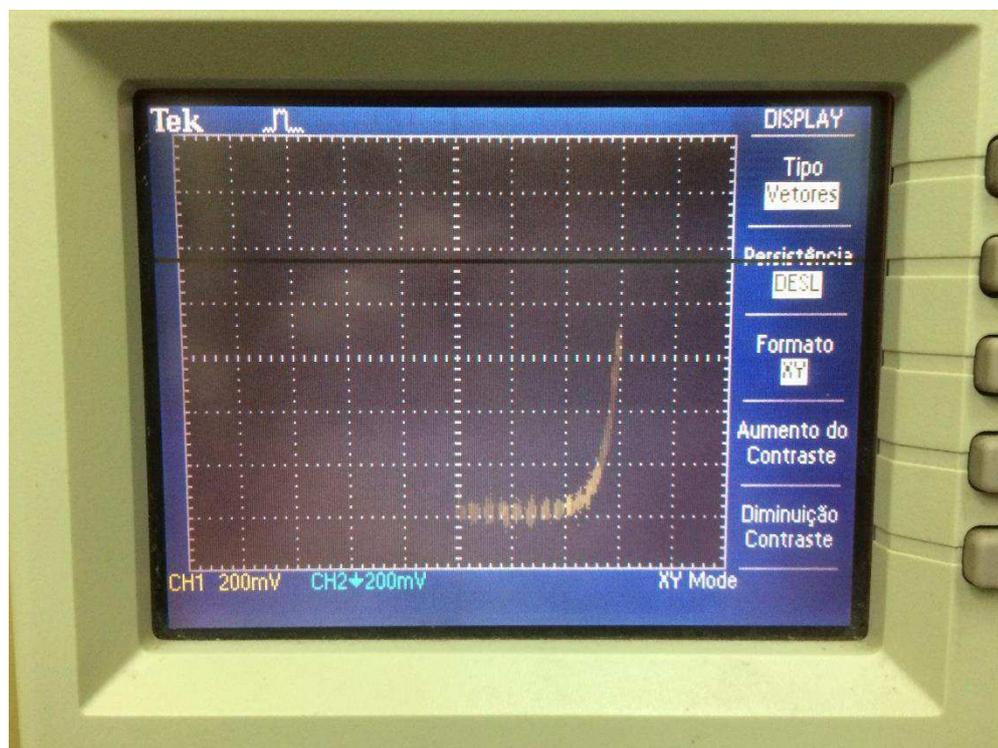


Fonte: Autor (2018).

O gerador de curva automático da Figura 10 é capaz de traçar a curva característica I-V (corrente-tensão) do diodo D36 com o auxílio de um osciloscópio operando no modo xy, dividindo-se seu funcionamento em 4 estágios. O primeiro é representado pela contagem de 0 até 255 realizada no PIC (U3), que a envia para o segundo estágio, o conversor digital-analógico (U4), transformando tal contagem em um sinal analógico dente de serra invertida e de baixa amplitude ( $\sim 0.3V$ ). Em seguida, um amplificador operacional referido por U5:A é utilizado para oferecer ganho e inverter o sinal obtido no conversor. Por fim, utiliza-se o outro amplificador operacional do CI U5 (U5:B), que está na forma de subtrator para obter uma diferença de tensão proporcional à corrente e tensão no diodo D36. Assim, ao utilizar o osciloscópio com as pontas de prova nos pontos V e

I, e utilizando sua opção XY, é possível visualizar a curva característica do diodo utilizado, é mostrado na Figura 11.

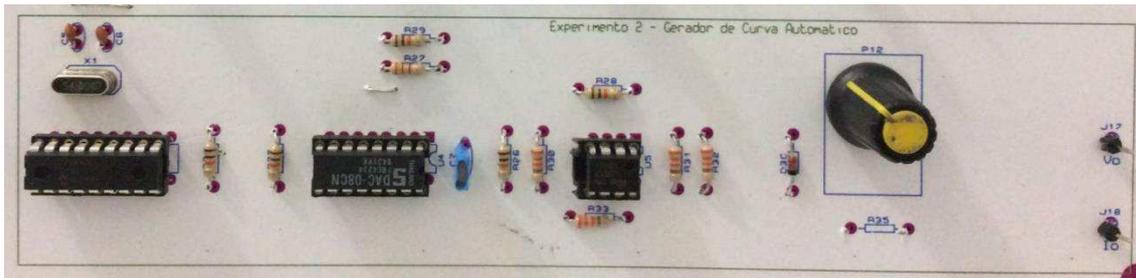
Figura 11 – Curva Característica do Diodo 1N4148 a partir do Gerador de Curva I-V Automático do Kit Didático Desenvolvido.



Fonte: Autor (2018).

Na Figura 12, é possível visualizar o circuito do gerador de curva automático referente ao experimento 2 do guia de diodos semicondutores no kit didático desenvolvido, onde o resistor R25 é a referência do potenciômetro que serve como um ajuste para a visualização da curva no osciloscópio. Além disso, os pinos J17 e J18 funcionam para a medição com um multímetro da tensão e corrente respectivamente no diodo D36.

Figura 12 – Gerador de Curva I-V (corrente-tensão) Automático no Kit Didático Confeccionado.



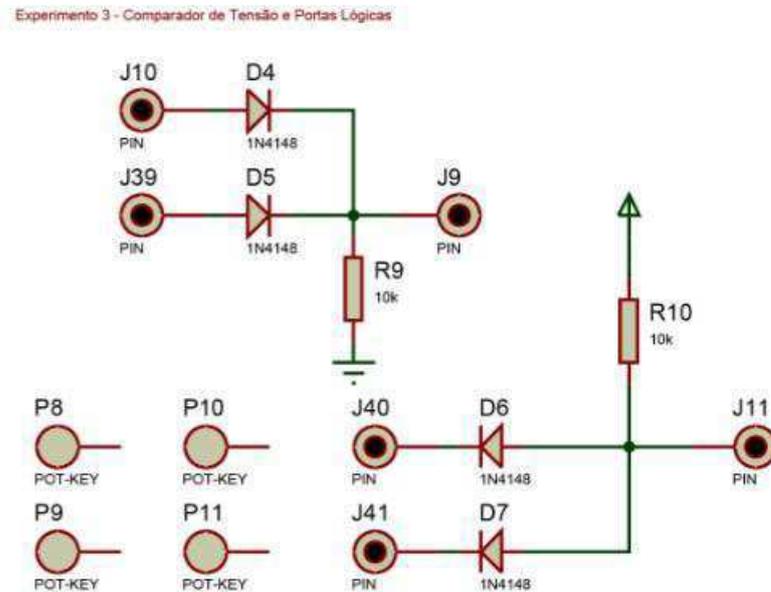
Fonte: Autor (2018).

#### 4.1.3 EXPERIMENTO 3: COMPARADOR DE TENSÃO E PORTAS LÓGICAS

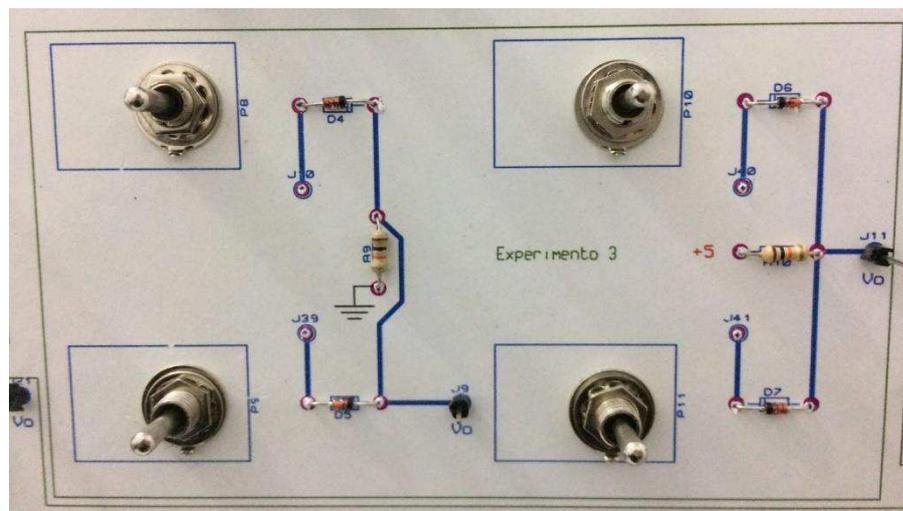
No esquemático da Figura 13(a), dois circuitos foram implementados de forma com que cada um pudesse representar uma porta lógica. Esses circuitos, denominados de comparador de tensão, utiliza o princípio de condução e bloqueio de um diodo. Assim, ao aplicar um sinal digital em cada um dos pinos de entrada J10, J39, J40 e J41, os diodos D4, D5, D6 e D7 (todos do tipo 1N4148) irão ficar diretamente polarizados, ou bloqueados, imprimindo então um nível lógico em seus pinos de saída J9 e J11, e formando uma função de porta lógica.

Assim, para inserir tensão contínua binária de 0V e 5V, e facilitar o uso e entendimento do experimento 3 no kit didático, foram utilizadas 4 chaves de 6 terminais e 3 níveis, mostradas na Figura 13(b), correspondendo às alimentações das quatro entradas dos dois circuitos comparadores de tensão. As chaves foram conectadas à referência (GND), +5V do regulador de tensão e à entrada de cada circuito. Com o auxílio de um multímetro, o usuário poderá medir a tensão  $V_o$  indicada nos pinos de saída J9 e J11, identificando qual função lógica cada circuito implementa.

Figura 13 – (a) Esquemático no *software Proteus* do Circuito do Experimento 3 e (b) Foto da seção do experimento 3 no kit didático.



(a)



(b)

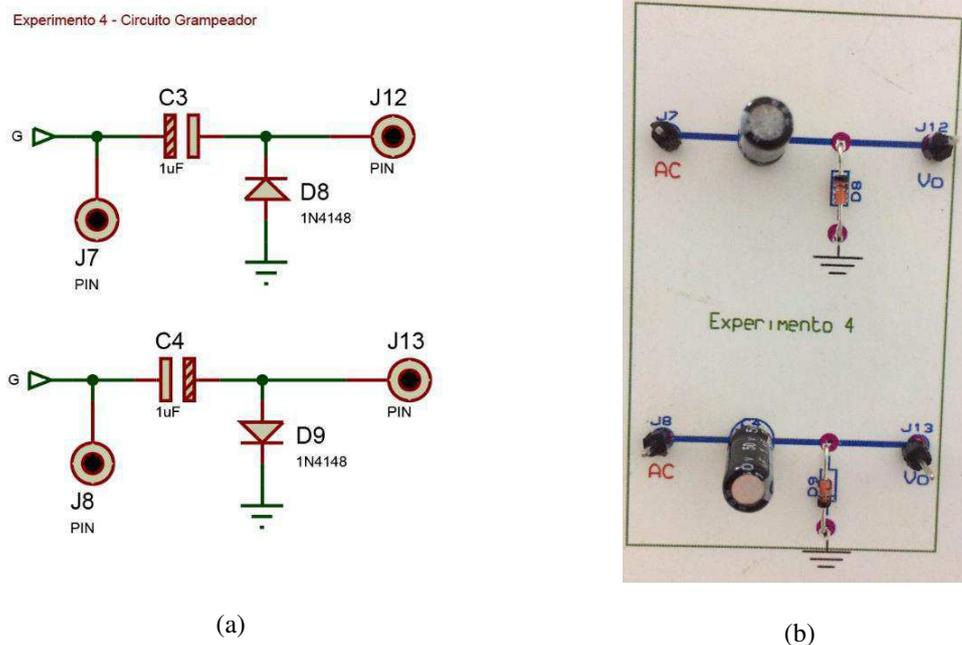
Fonte: Autor (2018).

#### 4.1.4 EXPERIMENTO 4: CIRCUITO GRAMPEADOR

Os circuitos grampeadores tem como função fornecer um nível de referência para o sinal analógico de entrada, possuindo vastas aplicações em circuitos eletrônicos.

Na Figura 14(a), dois circuitos grampeadores são esquematizados, sendo o primeiro grampeado em 0 e variando para valores positivos e o outro também grampeado em 0, mas variando para valores negativos. As entradas “G” nos pinos J7 e J8 são senoides de frequência 1kHz e tensão de pico de 5V, provenientes do gerador de função conectado na entrada AC do kit didático. A foto da Figura 14(b) representa tais circuitos implementados no kit, com dois capacitores eletrolíticos de 1uF, C3 e C4, e dois diodos 1N4148.

Figura 14 - (a) Esquemático no *software Proteus* do Circuito do Experimento 4 e (b) Foto da seção do experimento 4 no kit didático.

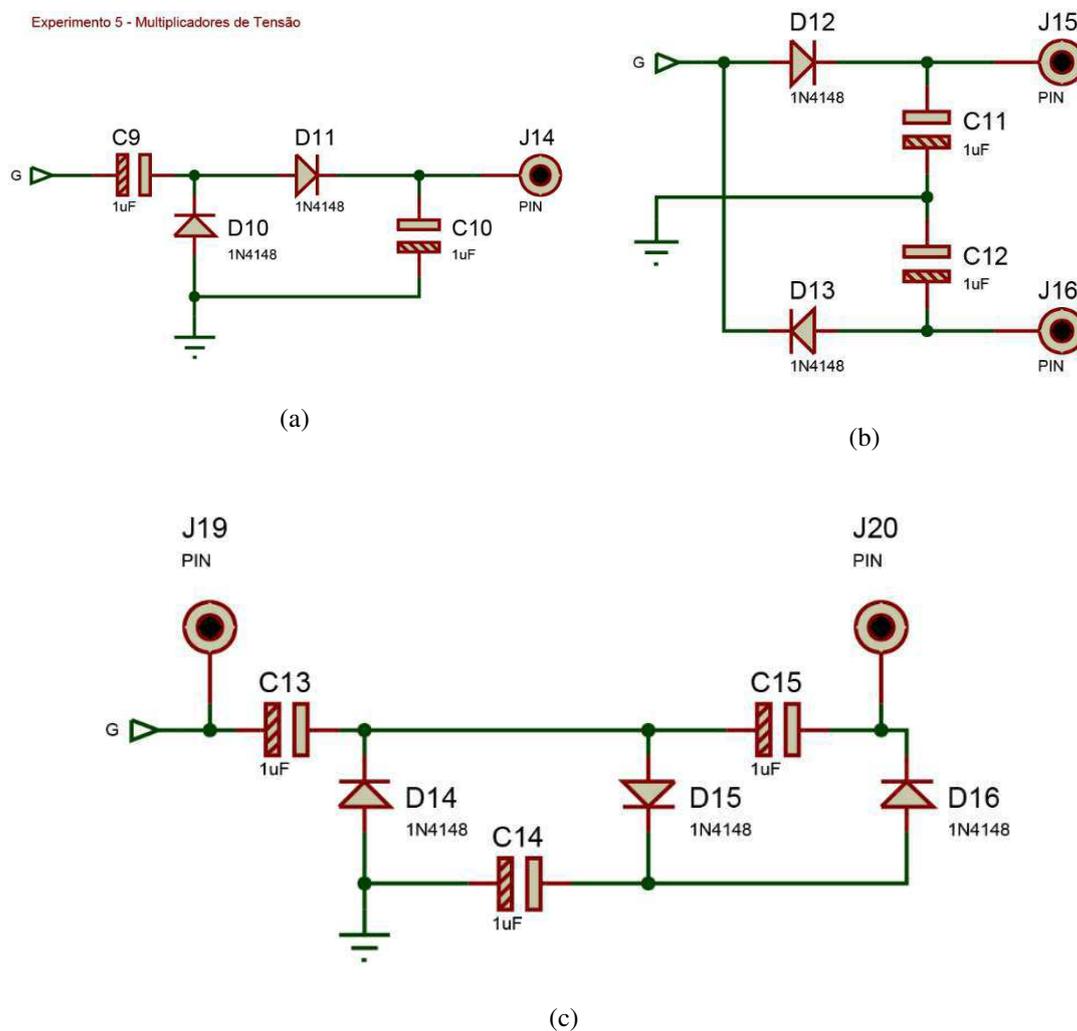


Fonte: Autor (2018).

#### 4.1.5 EXPERIMENTO 5: MULTIPLICADORES DE TENSÃO

Os circuitos multiplicadores de tensão são usados para obter valores de tensão cc proporcionais ao valor de tensão de sua alimentação, usando apenas capacitores e diodos. Na Figura 15, circuitos multiplicadores foram esquematizados no software Proteus e confeccionados no kit didático como indicado na Figura 16.

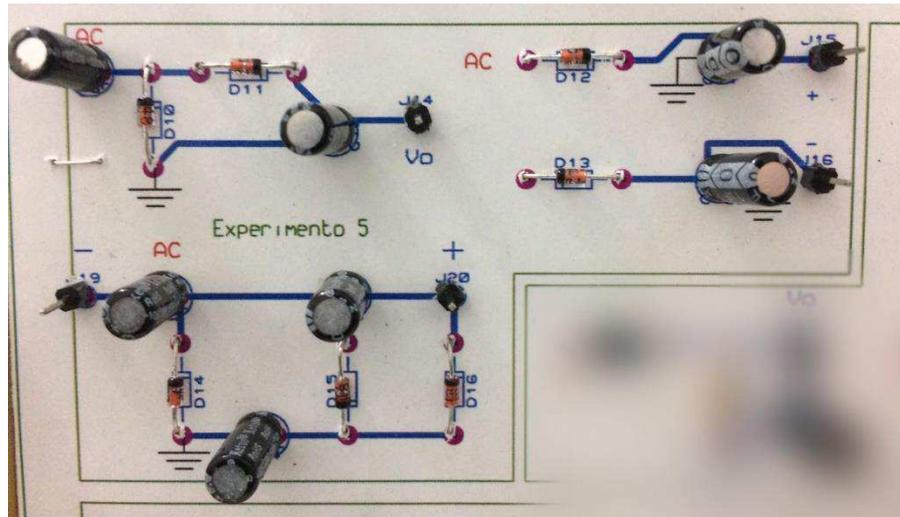
Figura 15 - Representações do Esquemático dos Circuitos do Experimento 5: (a) Circuito Dobrador de Tensão de Meia Onda, (b) Dobrador de Tensão de Onda Completa e (c) Triplicador de Tensão.



Fonte: Autor (2018).

Os capacitores C9, C10, C11, C12, C13, C14 e C15 utilizados foram do tipo eletrolítico com valor de 1uF. Os diodos D10, D11, D12, D13, D14, D15 e D16 são 1N4148 e os pinos J14, J15, J16, J19 e J20 são utilizados para visualizar a tensão nestes terminais com o auxílio de um multímetro.

Figura 16 - Foto da Seção do Experimento 5 no Kit Didático.

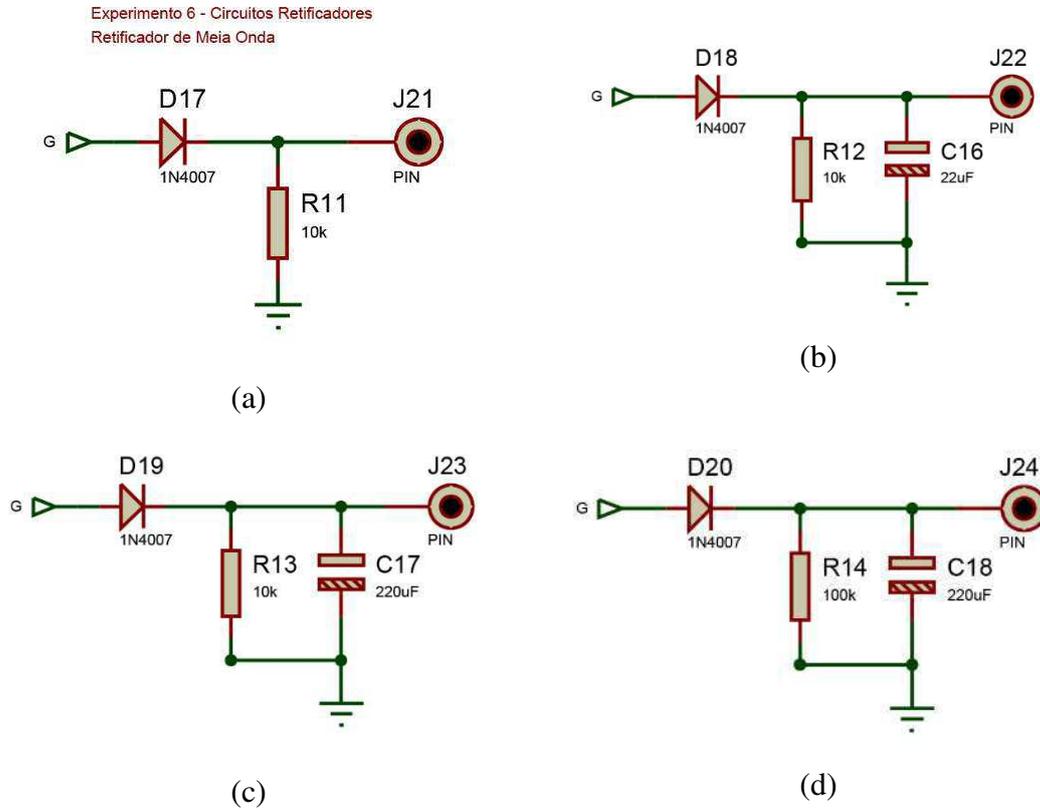


Fonte: Autor (2018).

#### 4.1.6 EXPERIMENTO 6: CIRCUITOS RETIFICADORES

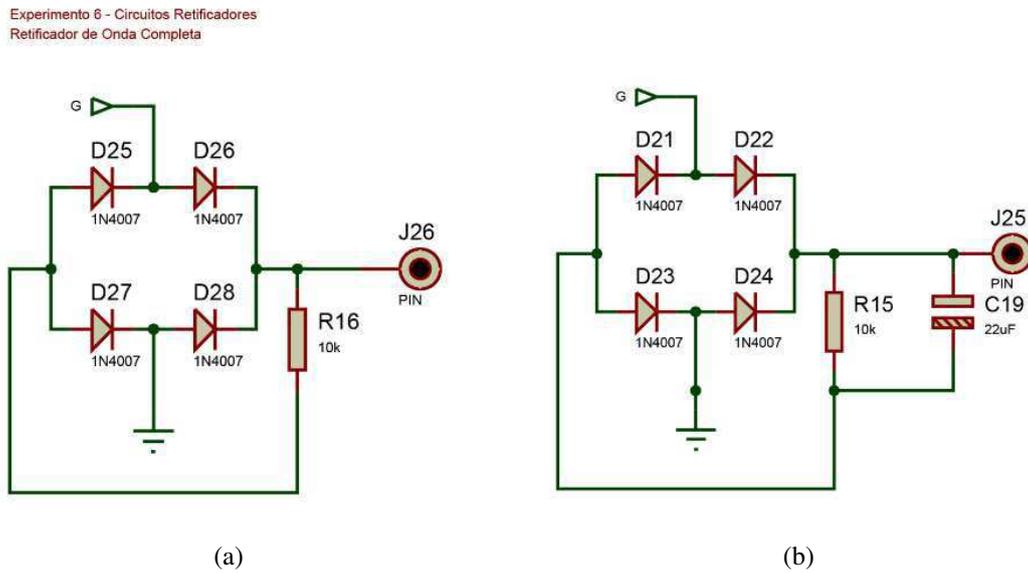
O circuito retificador é a principal aplicação de diodos em fontes de alimentação. O experimento 6 do guia de diodos semicondutores, propõe a análise de quatro circuitos retificadores de meia onda, com e sem filtros capacitivos, nos quais seus esquemáticos estão representados nas Figuras 17 (a), (b), (c) e (d), e de dois retificadores de onda completa, sendo um sem filtro capacitivo, com seu esquemático mostrado na Figura 18 (a) e com filtro capacitivo no esquemático na Figura 18 (b).

Figura 17 - Representações do Esquemático dos Circuitos do Experimento 6: (a) Circuito Retificador de Meia Onda sem Filtro (b) Circuito Retificador de Meia Onda com Filtro Capacitivo, (c) Circuito Retificador de Meia Onda com Filtro Capacitivo e (d) Circuito Retificador de Meia Onda com Filtro Capacitivo.



Fonte: Autor (2018).

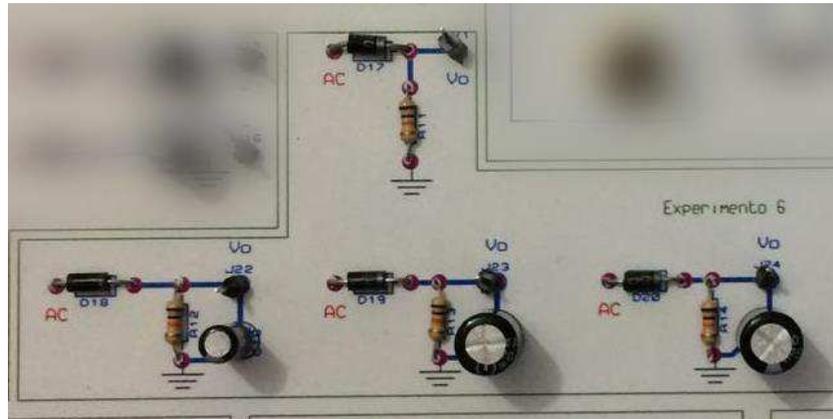
Figura 18 - Representações do Esquemático dos Circuitos do Experimento 6: (a) Circuito Retificador de Onda Completa sem Filtro (b) Circuito Retificador de Onda Completa com Filtro Capacitivo.



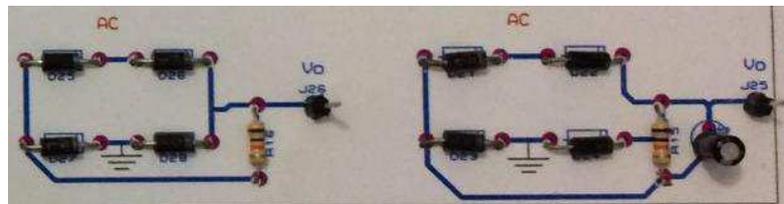
Fonte: Autor (2018).

Assim, os circuitos foram implementados no kit, como é mostrado na Figura 19, utilizando diodos 1N4007 em todos os circuitos retificadores, e filtros capacitivos com capacitâncias de 22uF, e 220uF.

Figura 19 - Foto da Seção do Experimento 6 no Kit Didático sendo (a) Circuitos Retificador de Meia Ponte e (b) Circuitos Retificador de Onda Completa.



(a)



(c)

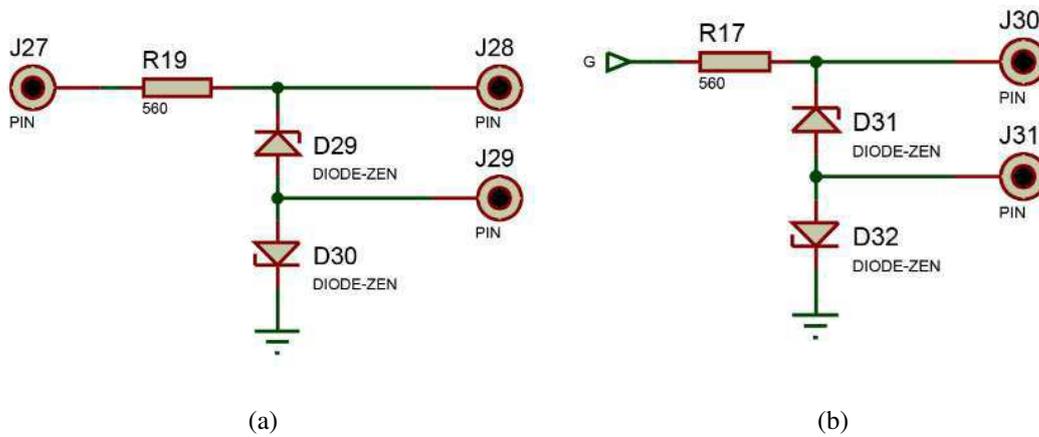
Fonte: Autor (2018).

#### 4.1.7 EXPERIMENTO 7: DIODO ZENER

Os diodos Zener são dispositivos semelhante a um diodo semicondutor, projetados para operarem no regime de ruptura e podem ser usados no projeto de reguladores de tensão e circuitos grampeadores.

Figura 20 - Representações do Esquemático dos Circuitos do Experimento 7: (a) Circuito com entrada DC (b) Circuito com entrada AC.

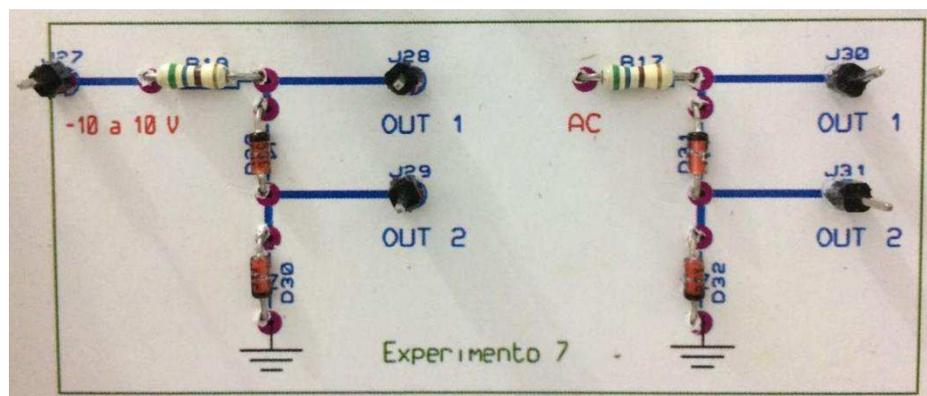
Experimento 7 - Diodo Zener



Fonte: Autor (2018).

Os circuitos dos esquemáticos da Figura 20 (a) e (b) foram implementados no kit didático (Figura 21) e tem como objetivo a medição das tensões de saída do circuito OUT 1, representadas pelos pinos J28 e J30, para entrada DC (Figura 20 (a)) e para entrada AC (Figura 20 (b)), bem como as tensões nos Zeners (1N4148) representado por OUT 2 nos pinos J29 e J31.

Figura 21 - Foto da Seção do Experimento 7 no Kit Didático.

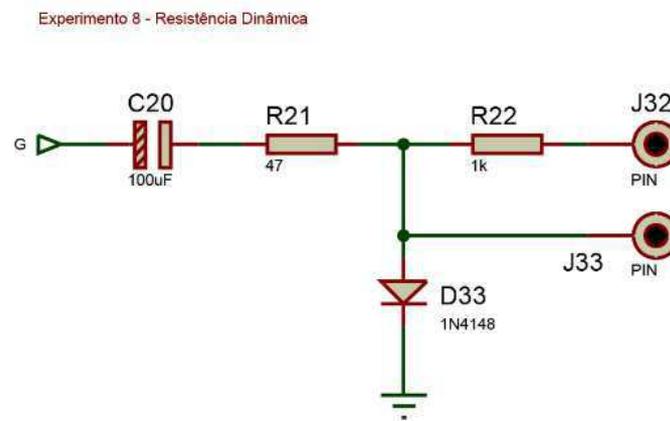


Fonte: Autor (2018).

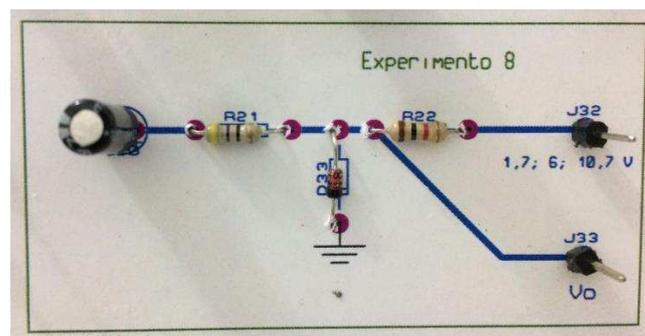
#### 4.1.8 EXPERIMENTO 8: RESISTÊNCIA DINÂMICA

Os diodos são elementos não lineares, porém, para uma pequena variação da tensão do diodo em um ponto de operação, pode-se aproxima a curva do diodo pela reta tangente ao modo de operação, aproximando a variação da corrente e assim pode-se utilizar técnicas de circuitos lineares para a sua solução. Ou seja, para pequenos sinais, pode-se analisar o diodo por uma resistência equivalente, chamada resistência dinâmica.

Figura 22 - (a) Esquemático no *software Proteus* do Circuito do Experimento 8 e (b) Foto da seção do experimento 8 no kit didático.



(a)



(b)

Fonte: Autor (2018).

O circuito do esquemático da Figura 22 (a) foi montado no kit didático (Figura 22(b)), onde os pinos J33 é utilizado para a medição da tensão no diodo D33 e o pino J32 utilizado para alimentação DC variável de 1,7V, 6V e 10,7V.

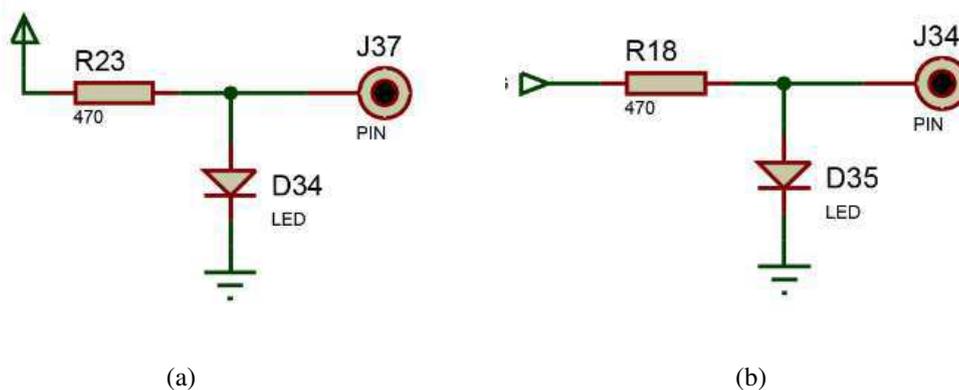
#### 4.1.9 EXPERIMENTO 9: DIODO EMISSORES DE LUZ (LEDs)

O último experimento do guia de diodos semicondutores do Laboratório de Dispositivos Eletrônicos se trata do estudo de LEDs, diodos semicondutor (junção P-N) que quando energizado emite luz visível.

O circuito do esquemático da Figura 23, alimentado por uma fonte CC de 5V, foi montado no kit didático (Figura 24), onde os pinos J37 e J34 são utilizados para a medição da tensão CC em cada LED, sendo o LED D34 da cor vermelha e o LED D35 da cor branca.

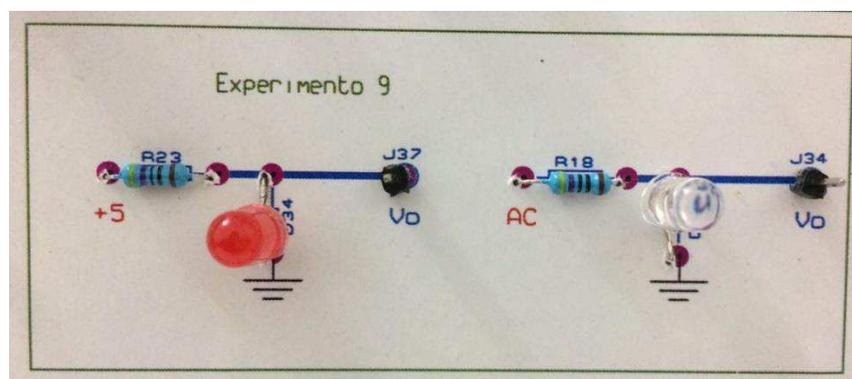
Figura 23 - Representações do Esquemático dos Circuitos do Experimento 9:  
(a) LED vermelho (b) LED branco.

Experimento 9 - Diodos Emissores de Luz (LEDs)



Fonte: Autor (2018).

Figura 24 - Foto da Seção do Experimento 9 no Kit Didático.

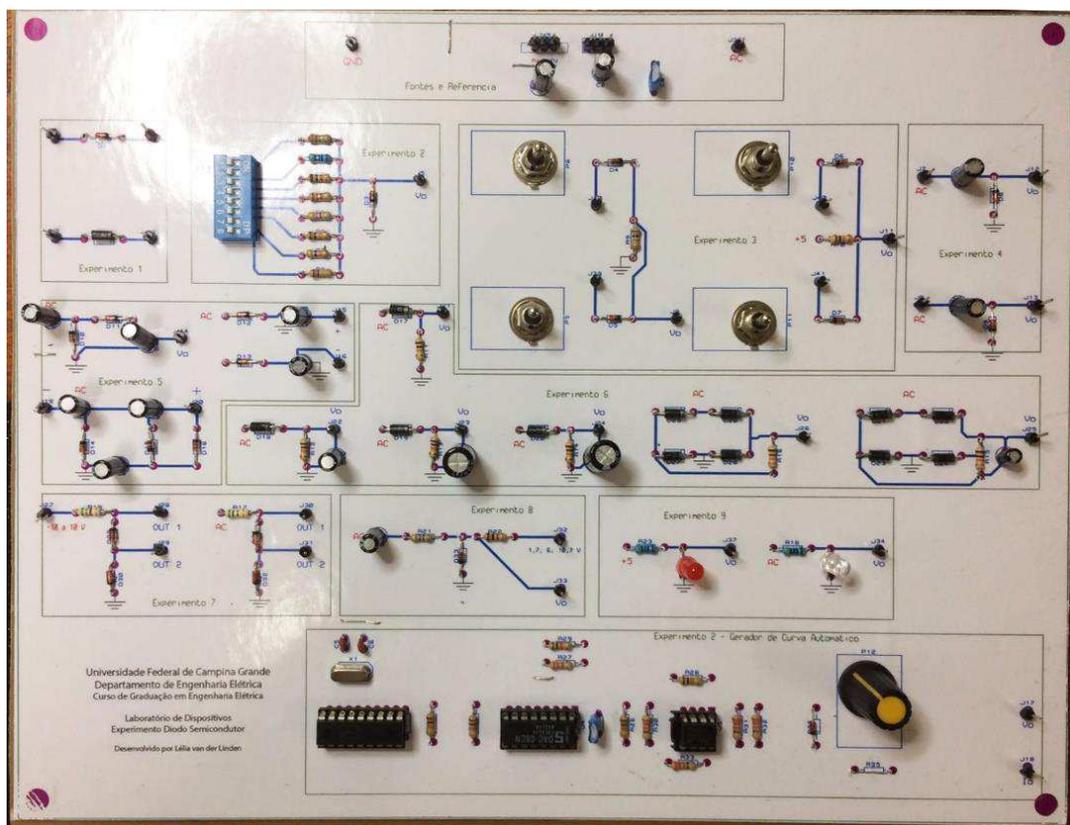


Fonte: Autor (2018).

## 4.2 CONFECÇÃO DO KIT DIDÁTICO

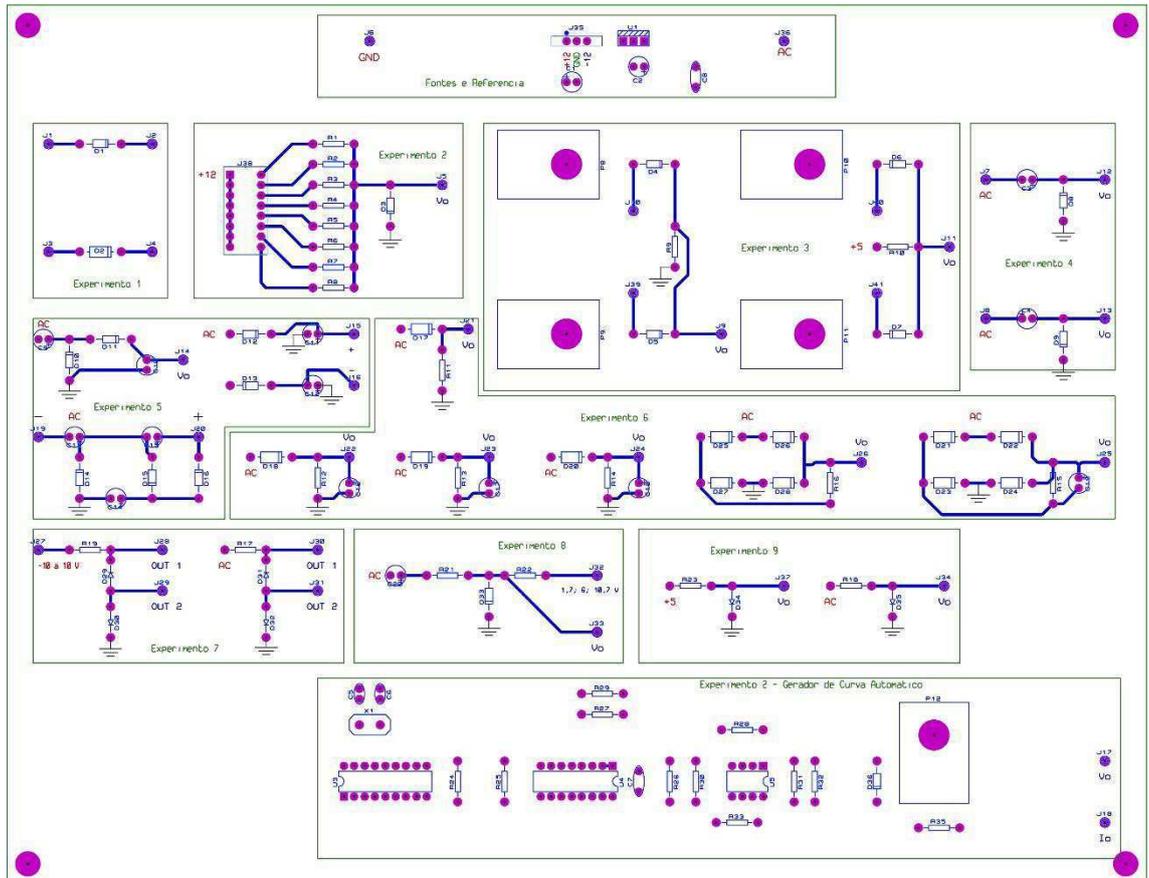
A partir dos *layouts* e esquemáticos apresentados na seção anterior, a placa foi fresada na Prototipadora Mecânica da Figura 5 com o auxílio de integrantes do LIMC e depois de receber seus acabamentos finais como lixar as laterais e limpeza com o objetivo de reduzir oxidação, foi confeccionado um adesivo (Figura 26) no *software Adobe Photoshop* com base nos *layouts* dos experimentos que foi colado no topo da placa com o objetivo de torná-la didática. Com isso, os componentes eletrônicos foram selecionados e distribuídos em sua superfície, seguido da solda de seus terminais e enfim a finalização do objetivo, mostrado na Figura 25.

Figura 25 – Kit Didático Desenvolvido.



Fonte: Autor (2018).

Figura 26 – Adesivo Colado no topo do kit didático para fins educativos.



Fonte: Autor (2018).

## 5 CONCLUSÃO

Neste relatório foi documentado as atividades realizadas durante o estágio supervisionado que teve como objetivo a confecção de um kit didático para o Laboratório de Dispositivos Eletrônicos. Tais práticas tiveram um peso significativo para o aprendizado da aluna estagiária, que foi capaz confeccionar e observar pela primeira vez uma placa de circuito impresso e o processo de sua fabricação, utilizando-se softwares novos como o *Proteus* e técnicas pouco praticadas anteriormente como a solda. Além disso, foi possível também verificar e analisar circuitos eletrônicos e manusear dispositivos de medição como osciloscópio e multímetro, bem como máquinas furadeiras usadas em alguns ajudes na placa de fenolite.

Dessa forma, é possível afirmar que além de ter adquirido novos conhecimentos, o aluno foi capaz de utilizar conhecimentos advindos de disciplinas da graduação do curso de Engenharia Elétrica, como o próprio Laboratório de Dispositivos Eletrônicos, além de outros que utilizam componentes e instrumentos de fonte e medição. Outrossim, foi possível estabelecer convívio rico com a equipe do LIMC, que se mostrou prestativa ao contribuir com seus conhecimentos para com o estágio. Assim, é possível concluir que os conhecimentos no curso foram ratificados com sucesso em conjunto com os saberes da equipe do laboratório durante a execução do estágio, tornando a experiência bastante engrandecedora para a estagiária que foi capaz de absorver assuntos importantes para a sua formação.

## BIBLIOGRAFIA

UFCG. "**Guia 01 - Diodos Semicondutores**". Laboratório de Dispositivos Eletrônicos. [S.l.]: 2018.

Razavi, B. "**Fundamentos de Microeletrônica**". LTC. 1ª edição. 2010.

Boylestad, Robert e Nashelsky, Louis. "**Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos**". Rio de Janeiro: Prentice-Hall do Brasil Ltda., 2001.

Malvino, Albert P. "**Eletrônica**". São Paulo: McGraw-Hill, 1995.

Hansen, Lars K., Delahoussaye, Keith Gerard e Guo, Ruyan. "**COMPARATIVE STUDY OF THE FUNCTIONALITY AND COST EFFECTIVENESS OF ELECTRONIC LABORATORY VIRTUAL INSTRUMENTATIONS**". American Society for Engineering Education, 2012.