



Universidade Federal de Goiás - Regional Catalão
Instituto de Física e Química
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física



Espedito Rodrigues

UMA PROPOSTA DE ENSINO DE SEMICONDUTORES
NO ENSINO MÉDIO

CATALÃO – GO

Fevereiro 2016

Espedito Rodrigues

UMA PROPOSTA DE ENSINO DE SEMICONDUTORES
NO ENSINO MÉDIO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:
Professor Dr. Denis Rezende de Jesus

CATALÃO – GO
Fevereiro 2016



Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão
Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física



Folha de Aprovação

*Assinatura dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a defesa de Dissertação de Mestrado do candidato **Espedito Rodrigues** realizada em 17 de fevereiro de 2016.*

Prof. Dr. Denis Rezende de Jesus

Prof. Dr. Marcelo Henrique Stoppa

Prof. Dr. Jalles Franco Ribeiro da Cunha

Prof. Dr. Marcionílio Teles de Oliveira Silva

Ficha catalográfica elaborada automaticamente
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a), sob orientação do Sibi/UFG.

Rodrigues, Espedito

Uma Proposta de Ensino de Semicondutores no Ensino Médio
[manuscrito] / Espedito Rodrigues. - 2016.
xiv, 99 f.: il.

Orientador: Prof. Denis Rezende de Jesus.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Regional
Catalão, Catalão, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física,
Catalão, 2016.

Bibliografia. Apêndice.

Inclui abreviaturas, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Semicondutores. 2. Metodologia. 3. Ensino Médio. I. Rezende de
Jesus, Denis, orient. II. Título.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente aos meus pais, Claudiomiro e Geralda, que por seu exemplo de vida colaboraram na formação de meu caráter. À minha esposa Iz e filhas Elis, Lais e Liliam que sempre me apoiaram nesta decisão. Aos colegas mestrandos pela ótima convivência, ao amigo Eliton que sempre esclarecia minhas dúvidas, ao meu orientador, professor Denis, pela paciência e apoio na elaboração deste trabalho, à SBF pela oportunidade de fazer um mestrado profissional em ensino de física, a Capes pelo apoio financeiro e, acima de tudo, a Deus nosso Pai que sempre nos fortalece e ampara em todas as boas decisões da vida.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Níveis de energia de ionização do Hidrogênio	8
Figura 1.2 – Retículos cristalinos dos materiais (a) Cúbico de Corpo Centrado (CCC), (b) Cúbico de Faces Centradas (CFC) e (c) Hexagonal Compacto (HC) de alguns elementos químicos	9
Figura 1.3 – Níveis de energia divididos em bandas de energia para (a) grandes espaçamentos Inter atômicos e (b) para pequenos espaçamentos Interatômicos ..	10
Figura 1.4 – Diodo SCR modelo TIC-1060 (a) em quatro camadas semicondutoras, (b) sua simbologia elétrica e (c) seu encapsulamento	13
Figura 1.5 – Diodo Chave Controlada de Silício (SCS); (a) construção básica e (b) símbolo gráfico	14
Figura 1.6 – Diodo Chave de desligamento de porta (GTO); (a) construção básica e (b) símbolo gráfico.....	14
Figura 1.7 – Diac; (a) curva característica; (b) símbolo gráfico e (c) construção básica.....	15
Figura 1.8 – Triac; (a) símbolo gráfico; (b) construção básica e (c) fotografia.....	16
Figura 2.1 – Alguns alunos do ensino médio com seu orientador	18
Figura 2.2 – Alunos do ensino médio identificando componentes em sucatas eletrônicas	20
Figura 2.3 – Exemplos de dispositivos para montagem em superfície tipo SMD..	21
Figura 2.4 – Vista parcial da placa de circuito impresso de um circuito de áudio que utiliza componentes para montagem por inserção (through hole)	22
Figura 2.5 – Componentes discretos tipos (a) diodo Led; (b) Resistores; (c) Transistor e (d) Diodos retificadores	22

Figura 2.6 – Dados do diodo semiconductor 1N4004	24
Figura 2.7 – Características elétricas e máximos valores suportados pelo diodo semiconductor 1N4004	25
Figura 2.8 – Foto do Regulador de tensão LM7812	25
Figura 2.9 – Características elétricas e valores mínimo, máximo e típicos do semiconductor LM7812	26
Figura 2.10 – Ligação covalente e elétrons de Valencia do átomo de Silício	27
Figura 2.11 – Impureza de (a) Antimônio (Sb) no material tipo <i>n</i> e (b) Boro (B) no material tipo <i>p</i>	28
Figura 2.12 – Material (a) tipo <i>n</i> e (b) material tipo <i>p</i>	29
Figura 2.13 – Efeito das impurezas doadoras na estrutura da banda de energia ...	29
Figura 2.14 – Junção <i>p-n</i> sem polarização externa	30
Figura 2.15 – Junção <i>p-n</i> polarizada reversamente	31
Figura 2.16 – Junção <i>p-n</i> polarizada diretamente	31
Figura 2.17 – Condições de polarização (a) direta e (b) reversa para um diodo semiconductor	32
Figura 2.18 – Curva característica do diodo semiconductor de silício	33
Figura 2.19 – Circuito fonte AC/DC em ponte retificadora	34
Figura 2.20 – Sugador de solda (a) e Ferro de solda (b), placa de contatos (protobard)	35
Figura 2.21 – Alunos usando (a) o Sugador de solda e (b) o Ferro de solda	36

Figura 2.22 – Cooler de 12 V usado com carga da fonte DC	37
Figura 2.23 – Componentes com um pequeno fio soldado em seus terminais	38
Figura 2.24 – Circuito da fonte DC montado em um protoboard	38
Figura 2.25 – Professor segurando um terminal de capacitor um osciloscópio ilustrando as formas de onda no circuito da fonte DC montado em um protoboard .	39
Figura A.1 – Exemplos de dispositivos para montagem em superfície tipo SMD..	59
Figura A.2 – Vista parcial da placa de circuito impresso de um circuito de áudio que utiliza componentes para montagem por inserção (through hole)	60
Figura A.3 – Componentes discretos tipos (a) diodo Led; (b) Resistores; (c) Transistor e (d) Diodos retificadores	60
Figura A.4 – Dados construtivos do diodo semiconductor 1N400X, bem com suas características elétricas e máximos valores suportados	64
Figura A.5 – Foto do Regulador de tensão LM7812	65
Figura A.6 – Características elétricas e valores mínimo, máximo e típicos do semiconductor LM7812	65
Figura A.7 – Ligação covalente e elétrons de Valencia do átomo de Silício	68
Figura A.8 – Impureza de (a) Antimônio (Sb) no material tipo <i>n</i> e (b) Boro (B) no material tipo <i>p</i>	69
Figura A.9 – Esquema de material (a) tipo <i>n</i> e (b) material tipo <i>p</i>	70
Figura A.10 – Efeito das impurezas doadoras na estrutura da banda de energia ...	70
Figura A.11 – Junção <i>p-n</i> sem polarização externa	71

Figura A.12 – Junção <i>p-n</i> polarizada reversamente	72
Figura A.13 – Junção <i>p-n</i> polarizada diretamente	73
Figura A.14 – Condições de polarização (a) direta e (b) reversa para um diodo semicondutor	73
Figura A.15 – Curva característica do diodo semicondutor de silício	75
Figura A.16 – Circuito fonte AC/DC em ponte retificadora	79
Figura A.17 – Sugador de solda (a) e Ferro de solda (b)	81
Figura A.18 – Alunos usando (a) o Sugador de solda e (b) o Ferro de solda	84
Figura A.19 – Circuito da fonte DC montado em um protoboard	86

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Lista de alguns componentes identificados nas sucatas	23
Tabela 2.2 – Lista dos componentes utilizados na montagem da fonte DC	35
Tabela 3.1 – Descrição das aulas com seus objetivos e atividades	44
Tabela A.1 – Quadro Sintético das Aulas	55

ABREVIATURAS

AC/DC – Conversão da corrente alternada em corrente contínua

BC - Banda de Condução

BV – Banda de Valência

DC – (direct current) – Corrente Contínua

DIAC - (Diode Alternative Current) – Diodo de Corrente Alternada

GTO - (Gate Turn-Off) - A chave de desligamento de porta

IHU - Instituto Humanista Unisinos

ITT CHIP – Instituto Tecnológico de Semicondutores Unisinos

LED - (Light Emitting Diode) - Diodo emissor de luz

PCNEM - Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio

PUCRS - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

RMS – (Root Mean Square) - Raiz do valor quadrático médio ou Valor Eficaz

SCR – (Silicon Controlled Rectifier) - Retificador Controlado de Silício

SMD (Surface Mount Device) - componentes de montagem em superfície

TRIAC- (Triode Alternative Current) – Tríodo de Corrente Alternada

RESUMO

UMA PROPOSTA DE ENSINO DE SEMICONDUTORES NO ENSINO MÉDIO

Espedito Rodrigues

Orientador: Prof. Dr. Denis Rezende de Jesus

Este trabalho apresenta uma proposta metodológica de ensino de semicondutores no ensino médio, utilizando sucata eletrônica, com o intuito de possibilitar ao aluno uma melhor compreensão das atuais tecnologias. Apesar deste assunto não constar explicitamente nos currículos escolares, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) do Ministério da Educação (MEC) o tratam como uma meta a ser atingida pelos alunos do ensino médio, quando de sua definição das habilidades e competências. Ainda que exista pouca ou quase nada de infraestrutura de laboratórios nas escolas públicas, este trabalho pode ser realizado dentro de uma sala de aula, com a participação dos alunos em grupos. Um planejamento didático de oito encontros de duas aulas cada, que destaca de forma clara as atividades e seus objetivos, orientando os professores para esta tarefa foi elaborado com acuidade necessária para seu sucesso. O trabalho foi realizado com quatro alunos do 3º Ano do ensino médio de uma escola pública da cidade de Uberlândia, MG, cujo objetivo foi a montagem de uma fonte de tensão contínua a partir de componentes retirados de equipamentos eletrônicos fora de uso.

Palavra chave: Semicondutores, proposta de metodologia e ensino médio.

ABSTRACT

A PROPOSAL FOR SEMICONDUCTORS TEACHING IN HIGH SCHOOL

Espedito Rodrigues

Advisor: Dr. Denis Rezende de Jesus

This paper presents a proposal of methodology about semiconductor's teaching in high school, using electronic scrap, which objective is allowing the students to have a better understanding about the current technologies. Instead of this issue isn't explicitly inserted in the school curriculum, the National Curriculum Parameters (NCP) of the Ministry of Education (MEC) treat it as a goal to be attained by high school students, when their definition of skills and competencies. Although there is little or no laboratories in public schools infrastructure, this project could be realized in a classroom, with the participation of students in groups. A didactic planning of eight meetings of two classes each, which highlights clearly the activities and its objectives, guiding teachers for this task was designed with accuracy necessary for your success. The project was conducted with four students of the 3rd year of the high school in a public school in the city of Uberlândia, MG, whose objective was the assembly of a source of DC voltage as from components removed out obsolete electronic equipment.

Key – words: Semiconductors, proposal of methodology and high school.

Sumário

Introdução	1
Capítulo 1 – Os Semicondutores e as novas Tecnologias	5
1.1 A Natureza Atômica	5
1.2 Teorias de Bandas de energia	9
1.3 Tecnologias relacionadas aos semicondutores	11
Capítulo 2 – Metodologia aplicada em alunos do Ensino Médio	18
2.1 Aplicação da Avaliação Diagnóstica	19
2.2 Procedimentos Didáticos	19
2.2.1 Identificar componentes discretos.....	20
2.2.2 A Pesquisa das características dos componentes.....	23
2.2.3 O processo de dopagem – Aula	26
2.2.4 O Circuito fonte	34
2.2.5 A retirada dos componentes	35
2.2.6 A montagem da fonte.....	37
Capítulo 3 – Considerações finais	41
Referências Bibliográficas	49
Apêndices	52
Apêndice A – Plano de Ensino	52
Apêndice B - Avaliação Diagnóstica	91
Apêndice C - Avaliação de Aprendizagem.....	96
Apêndice D - Quadro de identificação de resistores	99

INTRODUÇÃO

As teorias modernas da educação, segundo José Carlos Libâneo¹, apresentam-se em várias versões, variando das abordagens tradicionais às mais avançadas, conforme se situem em relação aos seus temas básicos, quais sejam:

- A natureza do ato educativo;
- A relação entre sociedade e educação;
- Os objetivos e conteúdos da formação;
- As formas institucionalizadas de ensino;
- A relação educativa.

De um modo esquemático, essas teorias apresentam como características em comum:

- Acentuação do poder da razão, isto é, da atividade racional, científica, tecnológica, enquanto objeto de conhecimento que leva as pessoas a pensarem com autonomia e objetividade contra todas as formas de ignorância e arbitrariedade.

- Conhecimentos e modos de ação, deduzidos de uma cultura universal objetiva, precisam ser comunicados às novas gerações e recriados em função da continuidade dessa cultura.

- Os seres humanos possuem uma natureza humana básica, postulando-se a partir daí direitos básicos universais.

- Os educadores são representantes legítimos dessa cultura e cabe-lhes ajudar os alunos a internalizarem valores universais, tais como racionalidade, autoconsciência, autonomia, liberdade, seja pela intervenção pedagógica direta seja pelo esclarecimento de valores em âmbito pessoal.

1- José Carlos Libâneo - As Teorias Pedagógicas Modernas Revisitadas pelo Debate Contemporâneo na Educação. Disponível em:
<http://www.ia.ufrj.br/ppgea/conteudo/T1SF/Akiko/03.pdf>

De acordo com Moreira (1999, p.104):

Por outro lado, embora Piaget defenda os métodos ativos e uma escola ativa, se o ensino for reversível isso não significa que a iniciativa seja exclusivamente do aluno: o professor deve ser tão ativo quanto o aluno. Aliás, Piaget condena o não-diretívismo puro e simples. Segundo ele, enquanto que o diretívismo puro leva ao conformismo, o não-diretívismo puro leva a desorganização, insegurança ou mera repetição (“reação circular”, repetição indefinida daquilo que o organismo já sabe). Se o ambiente é pobre em situações desequilibradoras, cabe ao educador produzi-las artificialmente (evitando, no entanto, desequilíbrios que não conduzam à equilíbrio majorante).

A interação do sujeito com o objeto basei-se no organismo. Para abordar a realidade, o indivíduo realiza assimilações mentais através de esquemas, por exemplo, quando se diz que uma grandeza física é vetorial, incorpora-se esta grandeza ao esquema “vetor”.

De acordo com o processo de ensino segundo Vygotsky temos um exemplo:

Por exemplo, na interação social que deve caracterizar o ensino, o professor é o participante que já internalizou significados socialmente compartilhados para os materiais educativos do currículo. Em um episódio de ensino, o professor, de alguma maneira, apresenta ao aluno significados socialmente aceitos, no contexto de matéria de ensino, para determinado signo - da Física, da Matemática, da Língua Portuguesa, da Geografia. O aluno deve, então, de alguma maneira, “devolver” ao professor o significado que captou. O professor, nesse processo é responsável por verificar se o significado que o aluno captou é aceito, compartilhado socialmente. A responsabilidade do aluno é verificar se os significados que captou são aqueles que o professor pretendia que ele captasse e se são aqueles compartilhados no contexto da área de conhecimentos em questão. O ensino se consuma quando aluno e professor compartilham significados. MOREIRA (1999, p.120).

E neste cenário observamos que a tecnologia da era digital a cada dia participa mais intensamente de nossas vidas. Além dos televisores com diversos recursos de multimídia, temos agora as geladeiras que informam além da necessidade de reposição de algum gênero alimentício, o tempo para consumo daqueles armazenados, traduzindo a todos os usuários uma interação dinâmica e on-line para o nosso bem estar. Veem-se em diversos ambientes pessoas conectadas com a internet pelos seus celulares, tablets ou outro tipo de equipamento.

Quantos destes usuários têm conhecimento do funcionamento das tecnologias que utilizam? Quantos relacionam o que estudam nas Ciências com

esta enorme gama de produtos? Certamente a minoria como acontece com quase todas as ciências.

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM) do Ministério da Educação (2015), os objetivos do Ensino Médio em cada área do conhecimento devem envolver, de forma combinada, o desenvolvimento de conhecimentos práticos, contextualizados, que respondam às necessidades da vida contemporânea, e o desenvolvimento de conhecimentos mais amplos e abstratos, que correspondam a uma cultura geral e a uma visão de mundo.

Estes parâmetros informam ainda que ao se denominar a área como sendo não só de Ciências e Matemática, mas também de suas Tecnologias, sinaliza-se claramente que, em cada uma de suas disciplinas, pretende-se promover competências e habilidades que sirvam para o exercício de intervenções e julgamentos práticos. Isto significa, por exemplo, o entendimento de equipamentos e de procedimentos técnicos, a obtenção e análise de informações, a avaliação de riscos e benefícios em processos tecnológicos, de um significado amplo para a cidadania e também para a vida profissional.

Como desenvolver competências e habilidade sem uma aprendizagem significativa? Segundo Moreira et al. (1997), a aprendizagem significativa é o processo através do qual uma nova informação (um novo conhecimento) se relaciona de maneira não arbitrária e substantiva (não literal) à estrutura cognitiva do aprendiz. É no curso da aprendizagem significativa que o significado lógico do material de aprendizagem se transforma em significado psicológico para o sujeito.

Moreira relata que a aprendizagem significativa é o mecanismo humano, por excelência, para adquirir e armazenar a vasta quantidade de ideias e informações representadas em qualquer campo de conhecimento.

Neste sentido, o presente trabalho apresenta uma opção de proposta pedagógica para o ensino de semicondutores, despertando o interesse dos estudantes pela física através de suas aplicações na tecnologia. Desta forma, encontra-se estruturado em três capítulos. No primeiro capítulo, trazemos uma ligeira abordagem da teoria de semicondutores, iniciando na natureza atômica, passando pelas teorias de níveis e bandas de energia, destacamos algumas tecnologias que utilizam os semicondutores. O capítulo 2 apresenta o trabalho realizado na escola com todas as etapas envolvidas para seu desenvolvimento, e

no capítulo 3, os resultados da proposta de ensino, as considerações finais e propostas para trabalhos futuros. O produto educacional é apresentado no apêndice A. O apêndice B mostra uma avaliação diagnóstica inicial com os estudantes e o apêndice C apresenta uma avaliação de aprendizagem feita após a realização do projeto. Finalmente, no apêndice D é apresentado um quadro de determinação de valores de resistores que pode auxiliar na execução do plano de ensino.

CAPÍTULO 1 - OS SEMICONDUTORES E AS NOVAS TECNOLOGIAS

Com o propósito de realçar as diferenças entre os materiais isolantes e condutores, com foco nos semicondutores, faz-se uma abordagem na estrutura de banda destes sólidos iniciando por uma revisão das propriedades básicas da matéria que levam aos níveis de energia discretos nos átomos.

1.1 A NATUREZA ATÔMICA

Em 1911, Rutherford descobriu que o átomo consiste em um núcleo de carga positiva, que contém aproximadamente toda massa do átomo; circundando este núcleo positivo estão os elétrons, carregados negativamente.

O átomo mais elementar da natureza, o Hidrogênio H, é composto de um próton no núcleo e um elétron na eletrosfera. Assumindo que este elétron apresente uma órbita circular em torno de seu núcleo supostamente fixo, uma força de atração de módulo F entre o núcleo e o elétron do átomo de Hidrogênio é dado por:

$$F = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 \cdot r^2} \quad (1)$$

Onde:

q – Carga eletrônica em Coulombs [C];

r – Distância entre as duas partículas em metros [m];

F – Módulo da força em Newtons [N];

ϵ_0 – Permissividade elétrica do espaço livre. $\epsilon_0 = 8.85418782 \cdot 10^{-12}$ [F/m].

A segunda lei de Newton do movimento faz da equação (1) igual ao produto da massa eletrônica m pelo módulo da aceleração v^2/r na direção do núcleo, onde v é o módulo da velocidade do elétron em sua trajetória circular em metros por segundo. Assim temos:

$$F = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0.r^2} = \frac{mv^2}{r} \quad (2)$$

A energia potencial do elétron a uma distância r do núcleo é dada por $-q^2/4\pi\epsilon_0.r$ e sua energia cinética é $mv^2/2$. Desta forma, pela Lei da Conservação de Energia, a energia total W é dada por:

$$W = \frac{mv^2}{2} - \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0.r} \quad [\text{Joules}] \quad (3)$$

Note que das equações 2 e 3, pode-se escrever:

$$W = -\frac{q^2}{8\pi\epsilon_0.r} \quad [\text{Joules}] \quad (4)$$

Aprofundando um pouco mais nesta análise, chega-se à conclusão que o elétron perde energia à medida que se aproxima do núcleo atômico, até eventualmente colidir com o mesmo. Tal conclusão é incompatível com as frequências bem definidas das linhas espectrais.

Millman-Halkias (1981, p.6) destacam o conceito do átomo de Bohr, que em 1913 postulou três leis fundamentais, a saber:

1. Nem todas as energias dadas pela Mecânica Clássica são permitidas, pois o átomo pode apresentar somente certas energias discretas. O elétron não emite radiação enquanto estiver em estados correspondentes a estes níveis discretos de energia; neste caso, dizemos que o elétron está em um estado estacionário ou não radiante.
2. Na transição de um estado estacionário correspondente a uma energia W_2 para outro estado estacionário com energia W_1 , haverá irradiação de energia. A frequência desta energia radiante é dada por

$$f = \frac{W_2 - W_1}{h} \text{ [Hz]} \quad (5)$$

Onde:

h - constante de Planck [J.s];

W - energia [J];

f - frequência [Hz].

3. Um estado estacionário é determinado pela condição de que o momento angular do elétron neste estado é quantizado e deve ser necessariamente um múltiplo inteiro de $h/2\pi$. Assim,

$$mvr = \frac{nh}{2\pi} \quad (6)$$

onde n é um número inteiro.

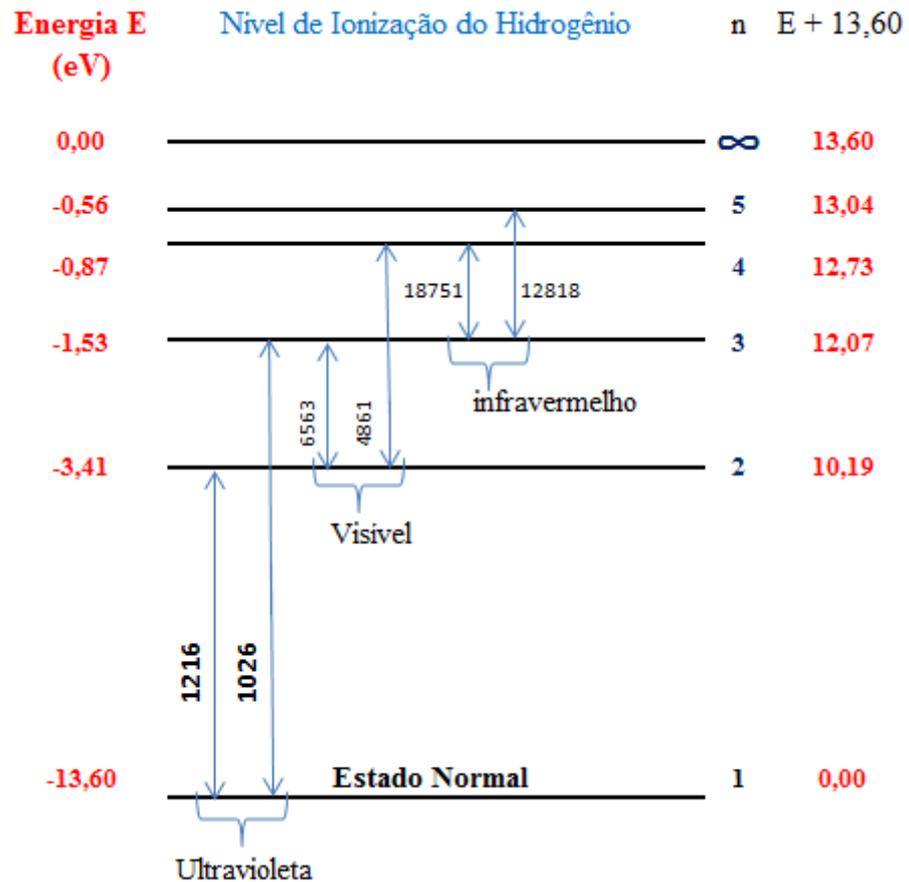
Combinando as equações 2 e 6 obtém-se o raio dos estados estacionários e, com a equação 4 o nível de energia em cada estado, dado por:

$$W_n = -\frac{mq^4}{8h^2\epsilon_0^2} \cdot \frac{1}{n^2} \quad [Joules] \quad (7)$$

Com este raciocínio, determina-se que a órbita mais baixa apresenta um diâmetro de 0,5 Å.

Os valores das energias W_n para os primeiros cinco valores de n , bem como seu valor quando n tende ao infinito, é apresentado na figura 1.1 que mostra a ionização do Hidrogênio. Destacam-se nesta figura as energias irradiadas correspondes ao infravermelho, ultravioleta e à luz visível.

Figura 1.1 – Níveis de energia de ionização do Hidrogênio.



Fonte: Millman-Halkias (1981, p.8)

O número associado às setas entre os estados estacionários corresponde ao comprimento de onda da radiação emitida, isto é 1216 \AA quando o átomo de hidrogênio passa de seu primeiro estado excitado, $n = 2$, para seu estado normal, $n = 1$.

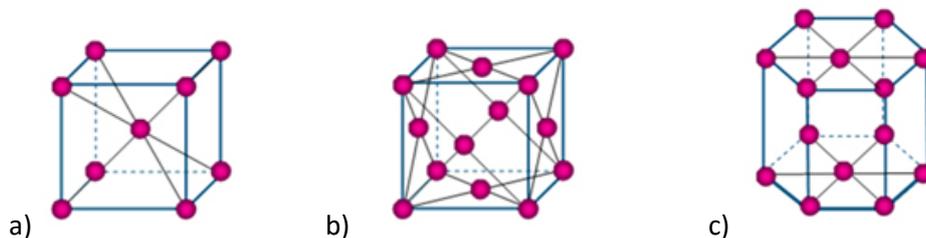
1.2 TEORIA DE BANDAS DE ENERGIAS

De acordo com Millman-Halkias (1981, p.13) informam:

A maioria dos metais e semicondutores possui uma estrutura cristalina, isto é um conjunto de átomos ou moléculas construído por uma repetição regular em três dimensões de alguma unidade estrutural unitária. Os níveis eletrônicos de energia discutidos para o átomo de Hidrogênio não se aplicam ao átomo no cristal, pois o potencial que caracteriza a estrutura cristalina é agora uma função periódica no espaço cujo valor em qualquer ponto é resultado das contribuições de todos os átomos.

A figura 1.2 mostra as estruturas cristalinas dos elementos Ferro (Fe), Nióbio (Nb), Cromo (Cr) em (a), Alumínio (Al), Níquel (Ni), Prata (Ag), Cobre (Cu) e Ouro (Au) em (b) e Títio (Ti), Zinco (Zn), Magnésio (Mg) e Cádmio (Cd) em (c).

Figura 1.2 – Esquema dos retículos cristalinos dos elementos: (a) Cúbico de Corpo Centrado (CCC) Fe, Nb, Cr, (b) Cúbico de Faces Centradas (CFC) Al, Ni, Ag, Cu e Au, e (c) Hexagonal Compacto (HC) Ti, Zn, Mg, e Cd.



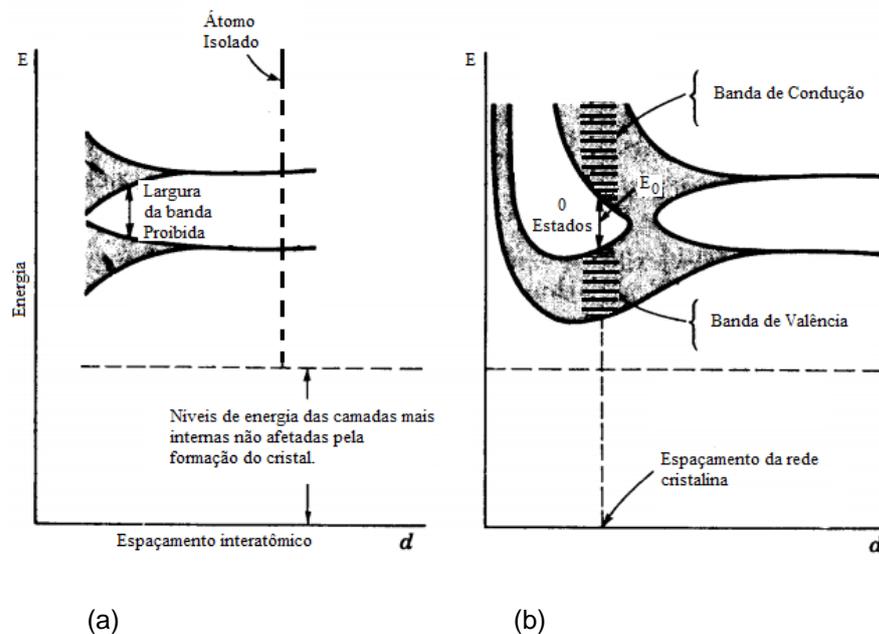
Fonte: Mundo educação (2015)

Nestas configurações cristalinas, os níveis de energia se apresentam em bandas de energia devido à aproximação dos átomos no cristal. O mesmo autor ainda informa que:

Quando o cristal é formado pelos átomos, os níveis de energia dos elétrons das camadas mais internas de cada átomo não são afetados apreciavelmente pela presença dos átomos vizinhos; entretanto, os níveis de energia dos elétrons da camada mais externa são afetados consideravelmente, visto que estes elétrons são compartilhados por mais de um átomo do cristal. A Mecânica Quântica consegue determinar os novos níveis de energia dos elétrons mais externos e sabe-se que o acoplamento entre os elétrons da camada mais externa dos átomos resulta em uma banda de estados de energia muito próximos, ao invés de níveis de energia muito separados do átomo isolado. (MILLMAN-HALKIAS - 1981, p.14).

A figura 1.3 apresenta como os níveis de energia são divididos em bandas de energia, quando estes átomos são aproximados para formar o cristal.

Figura 1.3 - Níveis de energia divididos em bandas de energia para (a) grandes espaçamentos Interatômicos e (b) para pequenos espaçamentos Interatômicos



Fonte: Millman-Halkias (1981, p.14).

A teoria das bandas de energia explica não só a condutividade dos metais que são bons condutores de eletricidade, mas também as propriedades dos semicondutores e dos isolantes. Enquanto nos metais as bandas de condução BC e de Valência BV se interagem tornando nula a energia de gap E_G , nos isolantes esta energia E_G é grande o suficiente para dificultar a passagem de corrente elétrica. Nos semicondutores, ela

se apresenta com um valor intermediário variando conforme o tipo do semicondutor.

Os cristais de Silício e Germânio, quando puros, são conhecidos como semicondutores intrínsecos. Nestes, a ausência de um elétron na banda de Valência é representada por um pequeno círculo chamado de lacuna. A expressão “lacunas em um semicondutor” se refere a uma banda de Valencia preenchida.

A importância da lacuna é que ela é útil como portadora de eletricidade, comparável em eficiência ao elétron livre.

O processo de dopagem dos semicondutores para a obtenção dos cristais tipo *p*, que apresentam excesso de lacunas, ou do tipo *n* com excesso de elétrons, será visto na seção 2.1.3 como uma aula aos estudantes do ensino médio.

1.3 TECNOLOGIAS RELACIONADAS AOS SEMICONDUTORES

O uso de semicondutores no desenvolvimento de novas tecnologias cresce a cada dia. Diversos laboratórios e empresas de pesquisas científicas constantemente procuram soluções para diversos problemas da humanidade ou para melhorar nossa qualidade de vida. Citemos alguns trabalhos cujo cunho principal é o uso dos semicondutores.

Lima (2011, f.21), afirma que:

Os dispositivos semicondutores constituem os principais componentes dos equipamentos eletrônicos atuais. Esses dispositivos podem ser sensores infravermelhos, fotodiodos, díodos emissores de luz, transistores e circuitos integrados. Com o avanço da ciência dos materiais muitos tipos de dispositivos semicondutores foram pesquisados e desenvolvidos, dentre esses dispositivos o fotodiodo (junção p-n) apresenta importantes aplicações tecnológicas, especialmente na faixa do infravermelho. O semicondutor intermetálico antimônio de índio (InSb) é um dos materiais usados na fabricação de fotodiodos, para essa faixa de comprimentos de onda. O InSb apresenta uma alta performance como sensor de radiação infravermelha, para uso, por exemplo, em máquinas fotográficas térmicas da imagem latente, ou seja, imagem de contornos de temperaturas diferentes. Neste tipo de imagem não é possível a identificação de um indivíduo, por exemplo, mas o contorno mostra claramente que a imagem é formada por

uma pessoa. Além disso, o InSb é usado na astronomia infravermelha, em sensoriamento remoto, medicina e outras áreas industriais.

Leal (2011) em sua tese de doutorado em Engenharia Nuclear, intitulada Procedimentos para dosimetria in vivo com TLD-100 e diodos semicondutores em tratamento de câncer na região pélvica com feixes externos de fótons, diz que no Brasil, o câncer é a segunda maior causa de morte, pois possui um nível bastante sofisticado de pesquisas na área oncológica. A ferramenta utilizada para assegurar a qualidade do tratamento da radioterapia é a dosimetria in vivo, que utiliza dosímetros termoluminescentes e diodos semicondutores.

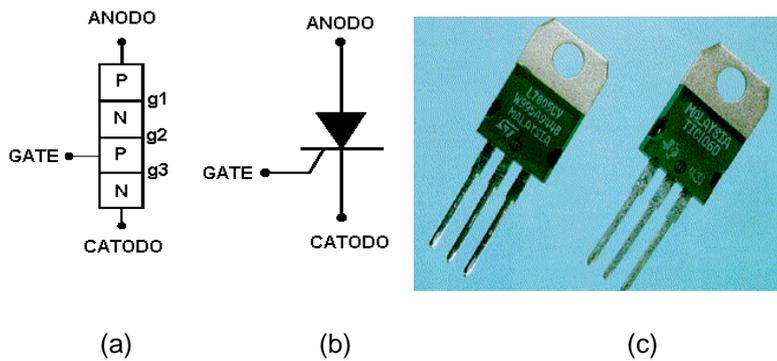
Coutinho (2011, f.19) em sua dissertação sobre um Estudo e caracterização de dispositivos fotovoltaicos orgânicos (OPV) baseados em heterojunção de volume, nos fala que:

Um dos grandes desafios do século XXI está na produção de energia limpa e renovável, já que a demanda mundial por energia continuará crescendo, assim como a necessidade de despoluir o planeta e de diminuir a emissão dos gases do efeito estufa. Nesse contexto, a conversão de energia solar em elétrica coloca-se como uma excelente alternativa, e com isso a dos dispositivos fotovoltaicos. A tecnologia fotovoltaica baseada no silício e em outros semicondutores orgânicos encontra-se em estágio relativamente avançado, porém o custo de produção e de manutenção a proíbe em uso de grande escala. Mais recentemente, iniciaram-se pesquisas com filmes de semicondutores orgânicos, e a rápida melhora no desempenho dessas células solares a coloca como promissora ao mercado fotovoltaico.

Além do diodo semicondutor de duas camadas há os de três, quatro e até cinco camadas. Podemos citar os diodos Retificadores Controlado de Silício (Silicon Controlled Rectifier - SCR) cuja área mais comum de aplicação inclui os controles de relés, circuitos com retardo de tempo, fontes de potência reguladas, chaves estáticas, controles de motor, choppers, inversores, ciclo-conversores, carregadores de bateria, circuitos de proteção, controles de aquecedores e controles de fase.

A figura 1.4 mostra um esquema do diodo SCR TIC-1060 em quatro camadas (a), sua simbologia (b) bem como seu encapsulamento (c).

Figura 1.4 – Diodo SCR modelo TIC-1060 (a) em quatro camadas semicondutoras, (b) sua simbologia elétrica e (c) seu encapsulamento(c).

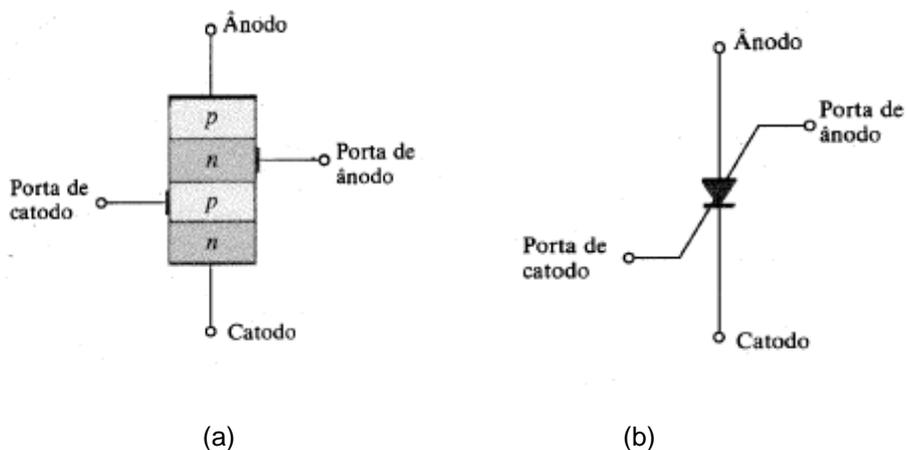


Fonte: Geocities WS (2015).

Outro dispositivo semicondutor importante é a Chave Controlada de Silício (SCS). Composto de quatro camadas, é um dispositivo com quatro terminais: Anodo, Catodo, Porta de Catodo e Porta de Anodo.

As características do SCS são essencialmente as mesmas do SCR, a não ser por uma condição inversa entre corrente na porta anodo e a tensão anodo-catodo para ligar o dispositivo. A figura 1.5 mostra um esquema da construção básica e a simbologia gráfica de uma chave controlada de silício.

Figura 1.5 – Diodo Chave Controlada de Silício (SCS); (a) construção básica; (b) símbolo gráfico.

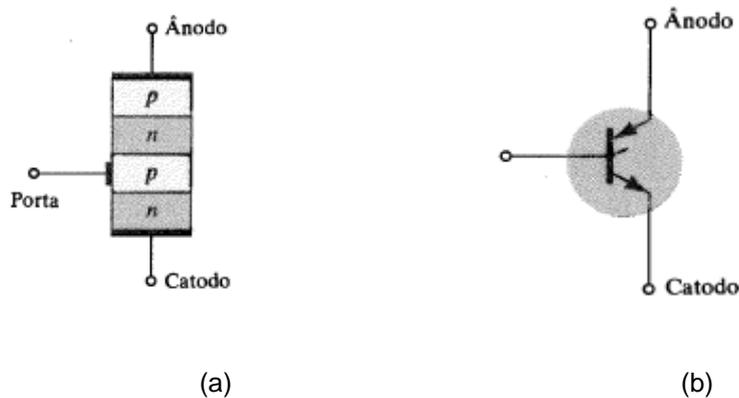


Fonte: Geocities WS (2015).

A chave de desligamento de porta (Gate Turn-Off - GTO) é outro exemplo de componente semicondutor bem semelhante ao SCR por apresentar apenas três terminais. Sua vantagem é o fato de ele poder ser ligado ou desligado, aplicando-se um pulso apropriado na porta catodo.

Como visto na figura 1.6, sua construção básica em muito se assemelha ao SCR, porém com uma simbologia gráfica totalmente diferente.

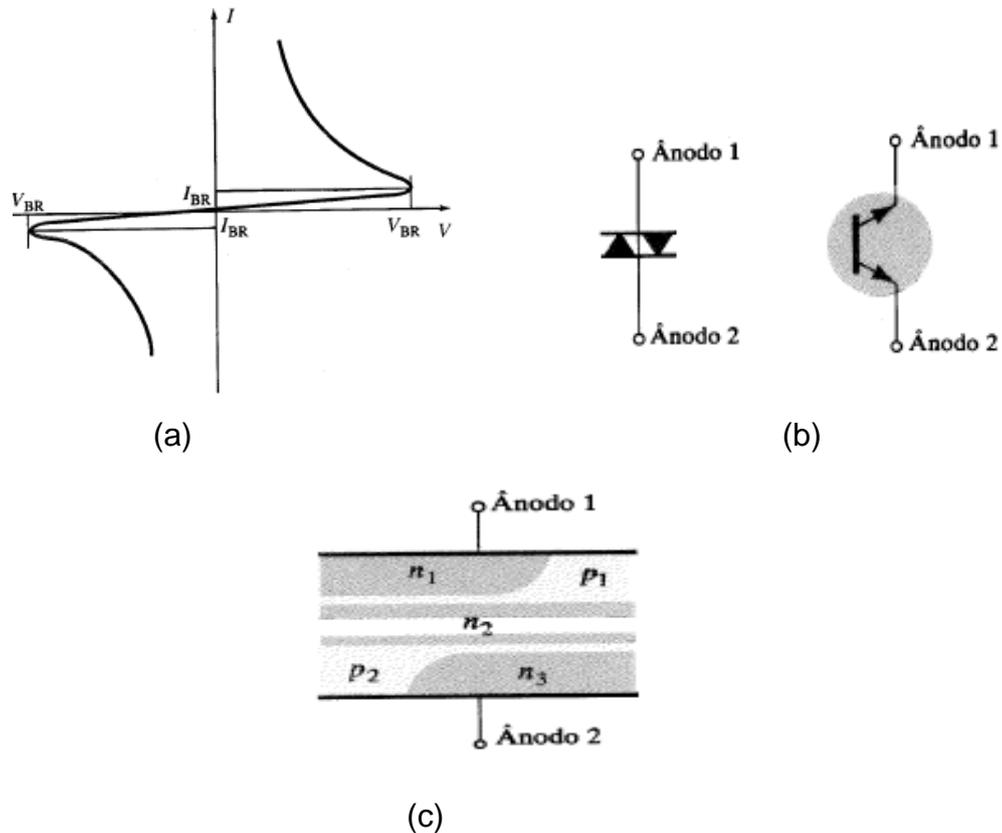
Figura 1.6 – Diodo Chave de desligamento de porta (GTO); (a) construção básica; (b) símbolo gráfico.



Fonte: Geocities WS (2015).

Há ainda o DIAC (*Diode Alternative Current*), que é basicamente uma combinação paralela inversa de camadas semicondutoras com dois terminais, que permite o disparo em qualquer direção. Sua curva característica, ilustrada na figura 1.7, demonstra claramente que há tensão de ruptura em ambas as direções. Nesta mesma figura 1.7, vê-se ainda sua simbologia e construção básica.

Figura 1.7 – DIAC; (a) curva característica; (b) símbolo gráfico; (c) construção básica.

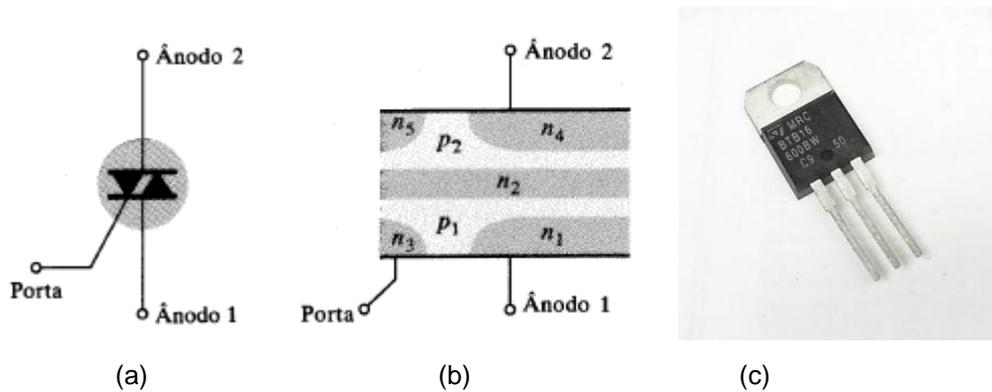


Fonte: Geocities WS (2015).

Dentre outros semicondutores importantes tanto em instrumentos quanto em equipamentos e nas indústrias, finalizamos este tópico citando o TRIAC (*Triode Alternative Current*) que é fundamentalmente um Diac com terminal de porta para controlar as condições de condução do dispositivo bilateral em qualquer direção.

A figura 1.8 abaixo ilustra respectivamente o símbolo do triac, sua construção básica e a foto do triac BTB16 de fabricação stmicroeletronics.

Figura 1.8 – TRIAC; (a) símbolo gráfico; (b) construção básica e (c) fotografia.



Fonte: Geocities WS (2015).

Conforme entrevista publicada na Revista do Instituto Humanista Unisinos – IHU intitulada “Semicondutores: a grande revolução das últimas décadas”², o Professor Celso Renato Peter, graduado em Engenharia Elétrica pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul – PUCRS, e uma das poucas pessoas que fabricou chips no Brasil e na Unisinos, o responsável pela construção do ITT CHIP – Instituto Tecnológico de Semicondutores Unisinos, quando questionado se “Os semicondutores promoveram grandes mudanças em nossa sociedade”, responde:

“Os semicondutores provocaram a grande revolução das últimas décadas. São os responsáveis diretos por estarmos na era da informação. Sem os semicondutores não haveria satélites, computadores e internet. Os semicondutores estão em toda a parte. Nem percebemos, mas utilizamos, em média, 50 microprocessadores diferentes por dia. Os semicondutores também são responsáveis por um grande aumento na produtividade em praticamente todos os setores da indústria através da automação e melhorias na capacidade de controle dos processos fabris. Os semicondutores permitem a automação, que permitem o aumento de volume, de escala de produção, que reduzem os custos e permitem o acesso de um número maior de consumidores a bens mais sofisticados como, por exemplo, automóveis, televisores e celulares”.

2- Revista do Instituto Humanista Unisinos, 2015. Disponível em: <http://www.ihuonline.unisinos.br/index.php?option=com_content&view=article&id=5000&secao=419>. Acesso em: 16 out 2015.

Visto a importância dos semicondutores nas tecnologias do mundo atual, segue quão imprescindível é para os jovens o seu estudo. A existência de uma sólida formação de base permitirá a eles que exerçam, sem nenhum qualificativo de incultura, qualquer profissão, bem como estar preparados para qualquer atividade econômica que necessite de mão de obra basicamente qualificada.

Desta forma, apresentamos no próximo capítulo uma sugestão de metodologia do ensino de semicondutores para ser aplicada em aulas de física do Ensino Médio.

CAPÍTULO 2 – METODOLOGIA APLICADA EM ALUNOS DO ENSINO MÉDIO

Este capítulo descreve o trabalho desenvolvido por um grupo de estudantes, por mim orientados (figura 2.1), pertencentes ao terceiro ano do Ensino Médio de uma escola pública na cidade de Uberlândia MG.

Uma das dificuldades a ser superada foi a escolha do local para a o desenvolvimento do projeto, pois a maioria das escolas públicas não possui laboratório de física e as que possuem não apresentam o mínimo de infraestrutura necessária para treinamentos. Para contornar este problema, as atividades foram desenvolvidas no laboratório de eletrônica de uma Faculdade particular da cidade.

Inicialmente, os alunos foram convidados para participar do projeto. Neste momento, já foram informados que o trabalho envolveria manuseio de sucatas eletrônicas, a retirada de componentes e a posterior montagem de novos circuitos utilizando o que foi retirado. Foram informados, também, que haveria uma aula teórica sobre semicondutores para auxiliarem na compreensão do funcionamento dos aparelhos eletrônicos modernos.

Figura 2.1 – Alguns alunos do ensino médio com seu orientador.



Fonte: O próprio autor.

2.1 APLICAÇÃO DA AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA

Após definido o grupo de alunos, realizou-se uma avaliação diagnóstica prévia (Apêndice B), dividida em três módulos. No módulo I, foi perguntado sobre a motivação em participar do projeto. Foi observado que todos eles se mostraram realmente muito dispostos a aprender sobre semicondutores, pois o tema está muito ligado à eletrônica, que é um assunto que chama a atenção de jovens.

No módulo II, foram feitas perguntas sobre o uso de equipamentos eletrônicos modernos. As respostas mostraram, como já era esperado, que todos eles fazem uso contínuo de celular com internet, televisores digitais de tela plana e *notebooks*. Já o *tablet* é usado por apenas dois estudantes. Percebe-se que todos tem bastante familiaridade no uso de equipamentos eletrônicos, principalmente o celular que é mais usado para aplicativos de mensagens instantâneas.

O módulo III da avaliação diagnóstica, mostrou que, apesar do uso cotidiano de equipamentos eletrônicos, nenhum deles soube dizer o que é um semicondutor e nem para que é utilizado, tampouco conhecia uma propriedade dele. Também não conhecem o transistor, nenhum tipo de circuito integrado e nem sequer uma fonte de tensão. Vale a pena lembrar que estes elementos estão presentes em todos os equipamentos eletrônicos e, por isto, acreditamos na necessidade de uma maior inserção destes temas no Ensino Médio. Assim sendo, este trabalho tem como objetivo auxiliar alunos e professores nesta tarefa, utilizando uma proposta de metodologia teórico-prática, constrói-se uma fonte DC com o uso de sucata eletrônica. O projeto foi realizado durante 16 horas/aula, com duas horas/aula semanais, como veremos a seguir.

2.2 PROCEDIMENTOS DIDÁTICOS

A primeira tarefa foi reunir placas eletrônicas retiradas de aparelhos sem uso, tais como fontes de computadores, televisores antigos, aparelhos telefônicos e outros. Os estudantes levaram algumas peças, mas a maioria

foi proveniente do Departamento de Física da Universidade Federal de Goiás – UFG, Regional Catalão.

Na sequência, foram realizadas as seguintes atividades, de acordo com um plano de ensino (Apêndice A):

- i- Aula de identificação dos componentes das placas;
- ii- Pesquisa das especificações dos componentes das placas;
- iii- Aula sobre processos de dopagem;
- iv- Pesquisa de modelos de circuitos para fonte DC;
- v- Retirada dos componentes das placas.
- vi- Montagem do circuito fonte DC.

Estas atividades serão detalhadas nas subseções 2.2.1 a 2.2.6, a seguir.

2.2.1 IDENTIFICAÇÃO DOS COMPONENTES DISCRETOS

Com as placas em mãos, os estudantes, com a orientação do professor, realizaram a identificação dos componentes discretos (figura 2.2).

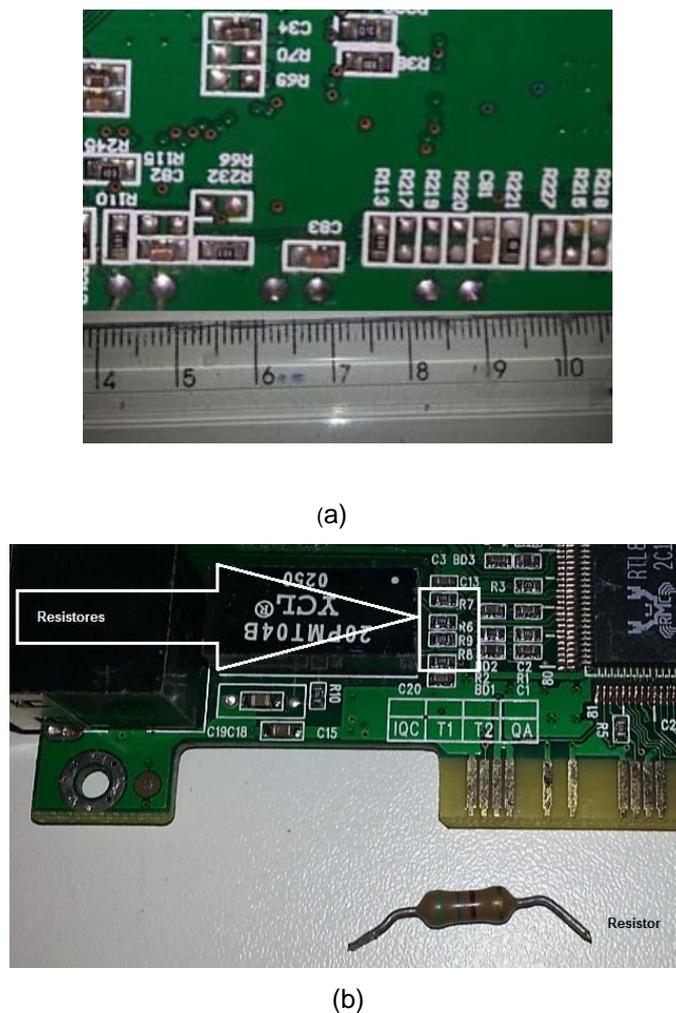
Figura 2.2 – Alunos do ensino médio identificando componentes em sucatas eletrônicas.



Fonte: O próprio autor.

Grande parte das placas sucateadas apresenta a maioria dos componentes no formato SMD (*Surface Mount Device*) ou componentes de montagem em superfície. Isto é devido ao seu tamanho reduzido comparado aos componentes convencionais, que proporciona uma diminuição no espaço ocupado pelo dispositivo, uma redução no consumo e um custo mais acessível do produto final. Veja na figura 2.3 uma placa com escala milimetrada ilustrando as dimensões dos componentes SMD em (a); em (b), tem-se o comparativo entre as dimensões de um resistor discreto e resistores SMD.

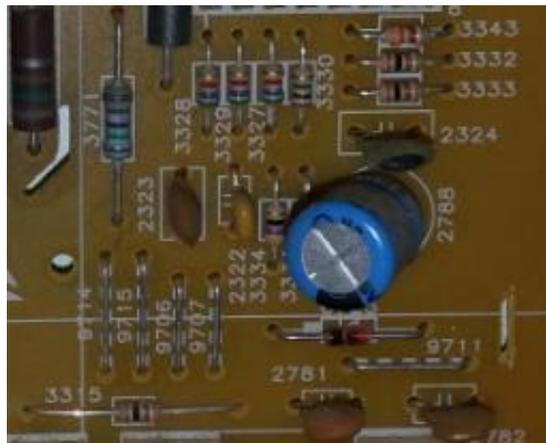
Figura 2.3- Exemplos de dispositivos para montagem em superfície (SMD). (a) Por uma escala milimetrada na parte inferior da placa mostra sua pequena dimensão; (b) Tamanho real de um resistor comparado com os resistores SMD.



Fonte: O próprio autor

As placas que continham estes componentes não foram utilizadas, pois necessitavam de ferramentas específicas como uma estação de solda de bancada, não disponível no laboratório. A figura 2.4 a seguir mostra um circuito cujos componentes são de fácil identificação. Note que sua dimensão facilita o manuseio e retirada da placa.

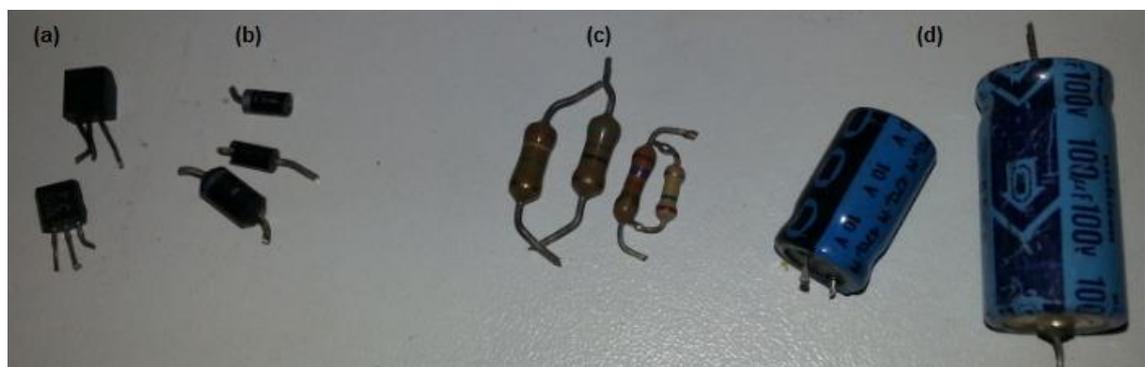
Figura 2.4 - Vista parcial da placa de circuito impresso (PCB) que utiliza componentes para montagem por inserção (through hole).



Fonte: O próprio autor

Foram identificados nas placas e anotados os códigos dos seguintes componentes: Transistores, diodos retificadores, LED, reguladores de tensão, resistores e capacitores. A figura 2.5 ilustra alguns destes componentes.

Figura 2.5 – Componentes identificados pelos estudantes na aula. (a) transistores, (b) diodos retificadores, (c) resistores e (d) capacitores.



Fonte: O próprio autor.

Os códigos retirados de alguns componentes são mostrados na tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Lista de alguns componentes identificados nas sucatas.

COMPONENTES					
Transistores	Diodo Retificador	Diodo Led	Resistores	Reguladores	Capacitores
2SC4343	1N 4004	Vermelho	47 K Ω	LM 7805	1000 μ F x 16V
2SC2705	1N 4005	Amarelo	100 K Ω	LM 7808	470 μ F x 10V
BC548A	1N 4006	Verde	330 Ω	LM 7812	100 μ F x 100V

Fonte: O próprio autor.

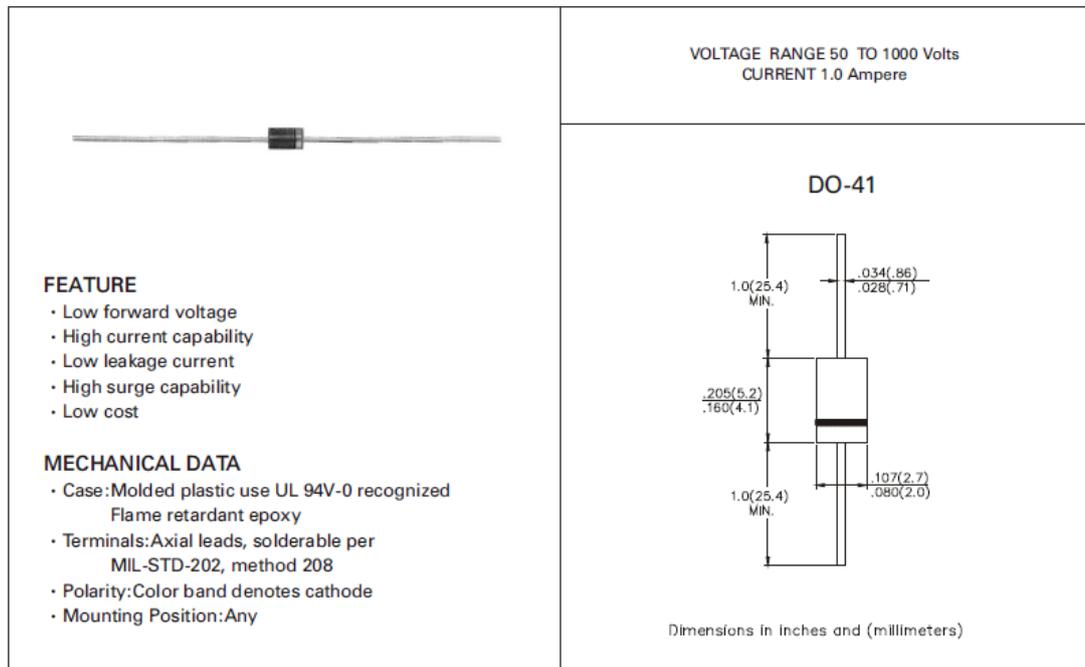
Os dados da tabela 2.1, especificamente os semicondutores Diodo Retificador 1N 4004 e o regulador LM 7812, foram usados na pesquisa especificação de componentes, apresentada no próximo tópico.

2.2.2 PESQUISA DAS CARACTERÍSTICAS DOS COMPONENTES

A pesquisa na internet foi orientada à procura das especificações dos componentes semicondutores, tais como a capacidade de corrente elétrica que o elemento suporta, a potência máxima de trabalho e a tensão nominal de cada um para que tais informações pudessem nortear o dimensionamento das possíveis aplicações.

No site <http://www.alldatasheet.com/>, encontrou-se alguns dados do diodo 1N4004, como mostra a figura 2.6, que destaca, além da foto do componente, a faixa de tensão de 50 a 1000 Volts para uma corrente de 1 Ampère, as funções, os dados mecânicos do dispositivo, bem como as dimensões em milímetros do corpo e dos condutores do diodo.

Figura 2.6 – Dados do diodo semiconductor 1N4004.



Fonte: Alldatasheet (2015).

Com mais detalhes, a figura 2.7 apresenta os valores máximos de toda a família de diodos 1N 4001 a 1N 4007, na qual destaca-se os dados do diodo retificador 1N 4004:

- Tensão reversa máxima (400V);
- Máxima tensão RMS (280V);
- Máxima tensão DC de bloqueio (400V);
- Máxima corrente retificada (1A);
- Pico de corrente retificada durante 8.3ms (50A);
- Máxima tensão em 1.0 Ampère DC (1,1V);
- Máxima corrente reversa (30 μ A);
- Capacitância Típica de junção (30pF);
- Faixa de temperatura de funcionamento (-65°C a +175°C).

Figura 2.7 – Características elétricas e máximos valores suportados pelo diodo semicondutor 1N4004.

MAXIMUM RATINGS AND ELECTRICAL CHARACTERISTICS								
Single-phase, half-wave, 60Hz, resistive or inductive load								
	IN4001	IN4002	IN4003	IN4004	IN4005	IN4006	IN4007	UNITS
Maximum Recurrent Peak Reverse Voltage	50	100	200	400	600	800	1000	V
Maximum RMS Voltage	35	70	140	280	420	560	700	V
Maximum DC Blocking Voltage	50	100	200	400	600	800	1000	V
Maximum Average Forward Rectified Current 3/8 Lead Length at $T_A = 75^\circ\text{C}$	1.0							A
Maximum Overload Surge 8.3 ms single half sine-wave	50							A
Maximum Forward Voltage at 1.0A AC and 25°C	1.1							V
Maximum Full Load Reverse Current, Full Cycle Average at 75°C Ambient	30							μA
Maximum DC Reverse Current at 25°C at Rated DC Blocking Voltage at 75°C	5.0							μA
	50.0							μA
Typical Junction Capacitance (Note 1)	30							pF
Operating and Storage Temperature Range	-65 to +175							$^\circ\text{C}$

Notes : 1. Measured at 1.0MHz and applied reverse voltage of 4.0 VDC.
* JEDEC Registered Value.

Fonte: Alldatasheet (2015).

Outro semicondutor utilizado na pesquisa foi o LM7812 de fabricação da Fairchild como mostra a figura 2.8, que é um regulador de tensão para 12 volts.

A figura 2.9 por sua vez mostra os valores máximos, mínimos e típicos de algumas características elétricas deste regulador tais como tensão de saída, faixa de regulação, correntes nominais e outros.

Figura 2.8 – Foto do Regulador de tensão LM7812.



Fonte: Fairchild (2015).

Figura 2.9 – Características elétricas e valores mínimo, máximo e típicos do semicondutor.

Electrical Characteristics (LM7812)						
Refer to the test circuit, $-40^{\circ}\text{C} < T_J < 125^{\circ}\text{C}$, $I_O = 500\text{ mA}$, $V_I = 19\text{ V}$, $C_I = 0.33\text{ }\mu\text{F}$, $C_O = 0.1\text{ }\mu\text{F}$, unless otherwise specified.						
Symbol	Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_O	Output Voltage	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	11.5	12.0	12.5	V
		$I_O = 5\text{ mA to }1\text{ A}$, $P_O \leq 15\text{ W}$, $V_I = 14.5\text{ V to }27\text{ V}$	11.4	12.0	12.6	
Regline	Line Regulation ⁽¹²⁾	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$V_I = 14.5\text{ V to }30\text{ V}$	10	240	mV
			$V_I = 16\text{ V to }22\text{ V}$	3	120	
Regload	Load Regulation ⁽¹²⁾	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$I_O = 5\text{ mA to }1.5\text{ A}$	11	240	mV
			$I_O = 250\text{ mA to }750\text{ mA}$	5	120	
I_Q	Quiescent Current	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$		5.1	8.0	mA
ΔI_Q	Quiescent Current Change	$I_O = 5\text{ mA to }1\text{ A}$ $V_I = 14.5\text{ V to }30\text{ V}$		0.1	0.5	mA
				0.5	1.0	
$\Delta V_O/\Delta T$	Output Voltage Drift ⁽¹³⁾	$I_O = 5\text{ mA}$		-1		mV/ $^{\circ}\text{C}$
V_N	Output Noise Voltage	$f = 10\text{ Hz to }100\text{ kHz}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$		76		μV
RR	Ripple Rejection ⁽¹³⁾	$f = 120\text{ Hz}$, $V_I = 15\text{ V to }25\text{ V}$	55	71		dB
V_{DROP}	Dropout Voltage	$I_O = 1\text{ A}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$		2		V
R_O	Output Resistance ⁽¹³⁾	$f = 1\text{ kHz}$		18		m Ω
I_{SC}	Short-Circuit Current	$V_I = 35\text{ V}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$		230		mA
I_{PK}	Peak Current ⁽¹³⁾	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$		2.2		A

Notes:
12. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.
13. These parameters, although guaranteed, are not 100% tested in production.

© 2006 Fairchild Semiconductor Corporation
LM78XX / LM78XXA Rev. 1.3.1

www.fairchildsemi.com

Fonte: Fairchild (2015).

Após a pesquisa que destaca algumas características dos componentes semicondutores, conhecer o princípio de funcionamento do diodo se torna uma questão eminente, pois permitirá compreender a operação de alguns equipamentos. Desta forma, uma aula sobre o processo de dopagem é apresentado a seguir.

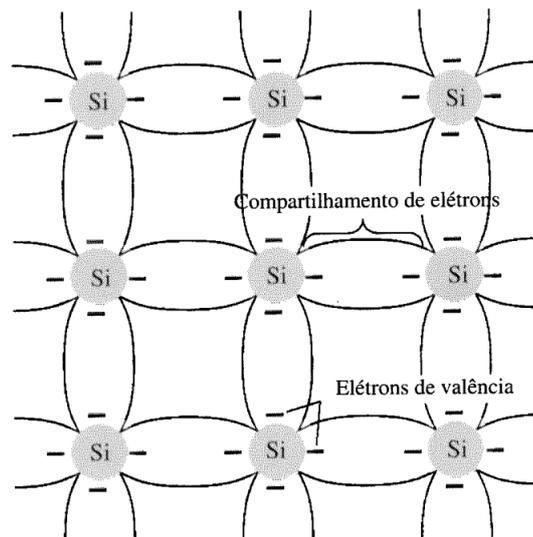
2.2.3 O PROCESSO DE DOPAGEM - AULA

A aula sobre o processo de dopagem de semicondutores, Silício (Si) e o Germânio (Ge), por exemplo, teve início apresentando a tabela periódica, relembrando as informações contidas de cada elemento tais como número atômico e massa atômica, e a identificação dos elementos semicondutores.

Após discorrer sobre as características destes elementos, apresentou-se um esquema do cristal intrínseco do Silício como mostra a figura 2.10

que destaca o compartilhamento de elétrons nas quatro ligações covalentes.

Figura 2.10 – Ligação covalente e elétrons de Valencia do átomo de Silício



Fonte: Boylestad, Nashelsky (1998, p. 4).

Foi mostrado que as características do cristal intrínseco de Silício, por exemplo, podem ser alteradas significativamente pela adição de certos átomos de impurezas. Segundo Boylestad e Nashelsky (1998), estas impurezas, embora adicionadas na razão de apenas uma parte em 10 milhões, podem alterar suficientemente a estrutura de banda e modificar totalmente as propriedades elétricas do material.

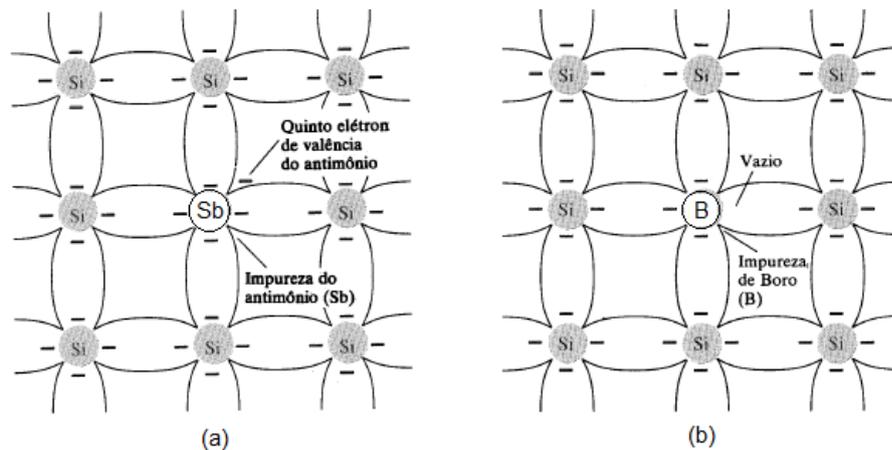
A esta adição de impurezas nos semicondutores de Silício (Si) ou Germânio (Ge) chamamos de dopagem. O material passa a ser chamado de material extrínseco.

Exemplos de dopantes são os elementos químicos Antimônio (Sb) e Boro (B) que são, respectivamente, pentavalente e trivalente, isto é, apresentam 5 e 3 elétrons na última camada. Os átomos pentavalente, quando estão no material extrínseco, são chamados de átomos doadores, pois disponibilizam um elétron para outras ligações covalentes. Como o elétron tem carga negativa, diz-se que este semiconductor dopado é um material tipo *n*. Os átomos trivalentes são chamados de aceitadores, pois

disponibilizam lacunas que permitem receber um elétron na ligação covalente e, de forma análoga ao pentavalente, considerando a lacuna como uma carga positiva, diz-se que este semiconductor dopado é um material tipo **p**. Note na figura 2.11 que o Antimônio (Sb) possui um elétron a mais e o Boro (B) um elétron a menos na camada de valência.

Segundo Chiesse (1999), para que o processo acima ocorra, as duas substâncias, o Silício e o elemento pentavalente ou trivalente, enquanto matéria prima, devem passar por um tratamento adequado para a purificação e para que ocorra uma combinação adequada entre os dois materiais.

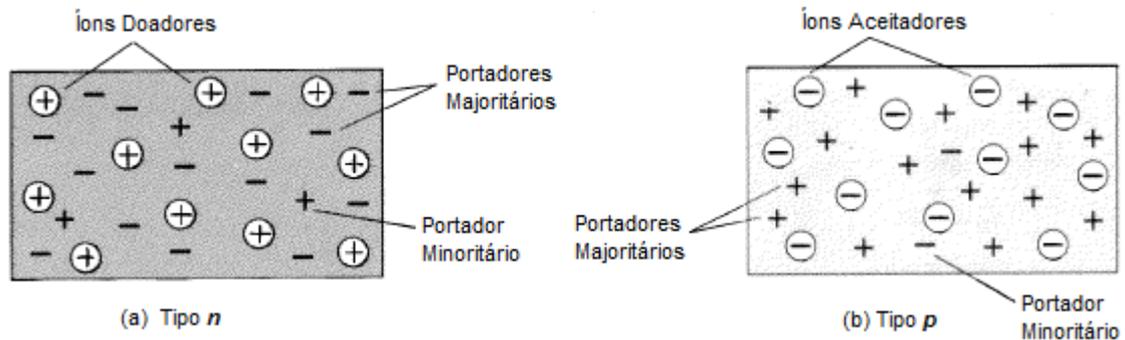
Figura 2.11 – Impureza de (a) Antimônio (Sb) no material tipo **n** e (b) Boro (B) no material tipo **p**



Fonte: Boylestad, Nashelsky (1998, p. 6).

É importante salientar que mesmo com um grande número de elétrons “livres” no material tipo **n** e com um grande número de lacunas “livres” no material tipo **p**, o material extrínseco ainda é eletricamente neutro uma vez que a quantidade de prótons continua igual à de elétrons. A figura 2.12 mostra um esquema de materiais tipo **n**, cujos portadores majoritários são os elétrons e os minoritários as lacunas, e tipo **p** cujos portadores majoritários são as lacunas e os minoritários os elétrons.

Figura 2.12– Esquema do material (a) tipo n e (b) material tipo p , mostrando os portadores de cargas.

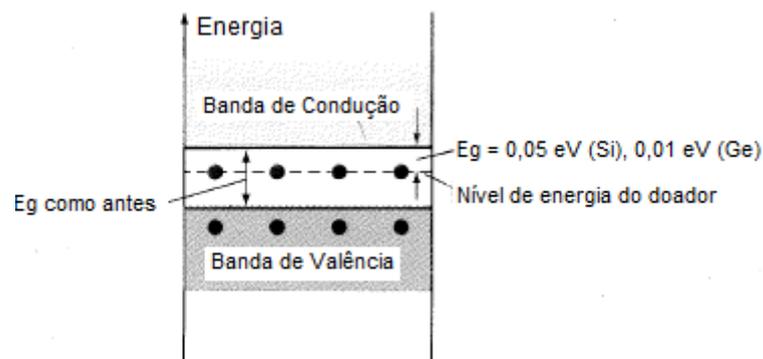


Fonte: Boylestad, Nashelsky (1998, p. 7).

O efeito na condutividade relativa pode ser melhor compreendido com o uso do diagrama de banda de energia visto na figura 2.13.

De acordo com Boylestad e Nashelsky (1998, p. 6), um nível de energia discreto (chamado nível doador) aparece na banda proibida com uma Energia de Gap, E_g , significativamente menor do que o do material intrínseco. Desta forma, os elétrons “livres”, devido à impureza adicionada, situam-se neste nível de energia e tem menos dificuldade de absorver uma medida suficiente de energia térmica a fim de mover-se para a banda de condução na temperatura ambiente. Com isso, a condutividade do material aumenta significativamente.

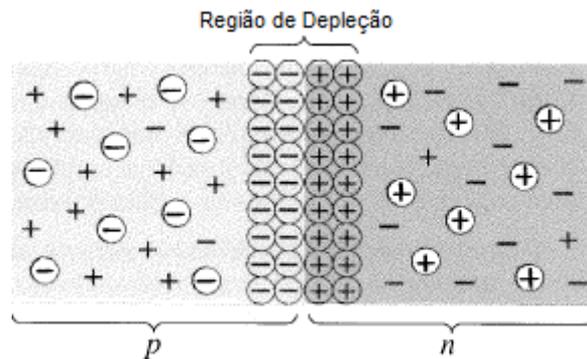
Figura 2.13 – Efeito das impurezas doadoras na estrutura da banda de energia. As impurezas alteram o gap de energia.



Fonte: Boylestad, Nashelsky (1998, p. 6).

Reunindo os dois cristais tipo **p** e tipo **n**, como visto na figura 2.14, sem nenhuma polarização externa, nota-se que os elétrons “livres” do material tipo **n** que se encontram próximos da junção, se recombinam com as “lacunas” próximas à junção no material tipo **p** compondo uma região de depleção, devida à falta de portadores na junção, composta com os íons ânions (\ominus) no lado **p** e cátions (\oplus) no lado **n**. Esta região de depleção, devidamente polarizada, estabelece uma barreira de potencial na junção que cessa o fluxo de cargas do lado **p** para o **n** e vice versa.

Figura 2.14 – Junção **p-n** sem polarização externa.



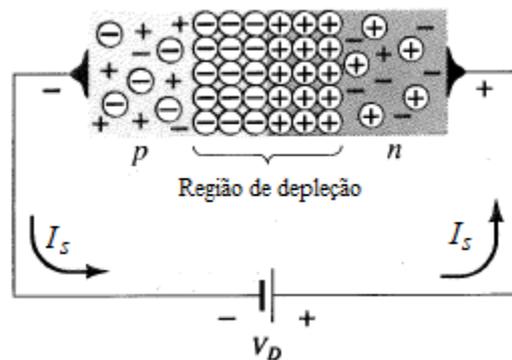
Fonte: Boylestad, Nashelsky (1998, p. 8).

Consideremos agora a existência de uma polarização externa V_D com o positivo da bateria conectado no cristal do tipo **n** e o negativo no cristal do tipo **p**, como mostra a figura 2.15.

Nesta configuração, a fonte alimentará negativamente o lado **p** e permitirá a fluidez dos elétrons “livres” do lado **n** para seu polo positivo.

Desta forma, observa-se um aumento da região de depleção. A corrente que circula é conhecida como corrente de saturação reversa I_S , cujo valor raramente é maior que poucos microampères. Como a corrente é muito baixa, dizemos que o dispositivo não conduz nesta configuração. Esta polarização é chamada de polarização reversa.

Figura 2.15 – Junção **p-n** polarizada reversamente.

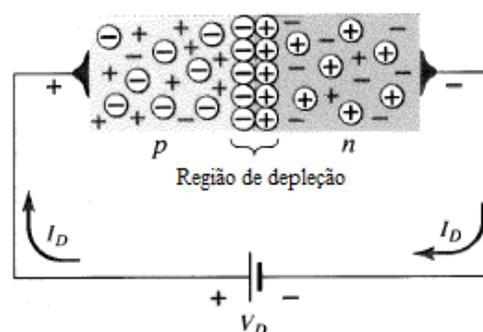


Fonte: Boylestad, Nashelsky (1998, p. 8).

Inverte-se agora a polaridade da fonte externa V_D com o negativo da bateria conectado no cristal do tipo **n** e o positivo no cristal do tipo **p**, como na figura 2.16. Nesta configuração, a fonte força os elétrons no material tipo **n** e as lacunas no material tipo **p** a recombinarem-se com os íons próximos da junção, reduzindo assim a largura da região de depleção.

Com a diminuição da região de depleção, a corrente passa a circular e é conhecida como corrente direta I_D , cujo crescimento ocorre de forma exponencial, mas limitado pelo valor da fonte V_D . Esta configuração é conhecida como polarização direta.

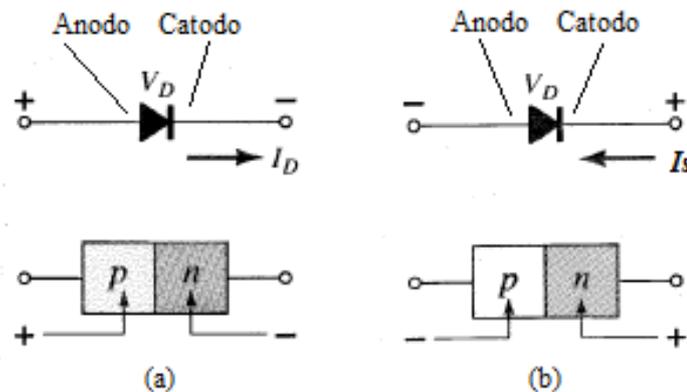
Figura 2.16 – Junção **p-n** polarizada diretamente.



Fonte: Boylestad, Nashelsky (1998, p. 9).

O componente eletrônico formado pela união dos cristais tipo *p* e tipo *n* acima descritos, recebe o nome de Diodo Semicondutor cuja representação esquemática é vista na figura 2.17 bem como o nome de seus terminais, a saber, o Anodo e o Catodo.

Figura 2.17 – Condições de polarização (a) direta e (b) reversa para um diodo semicondutor.

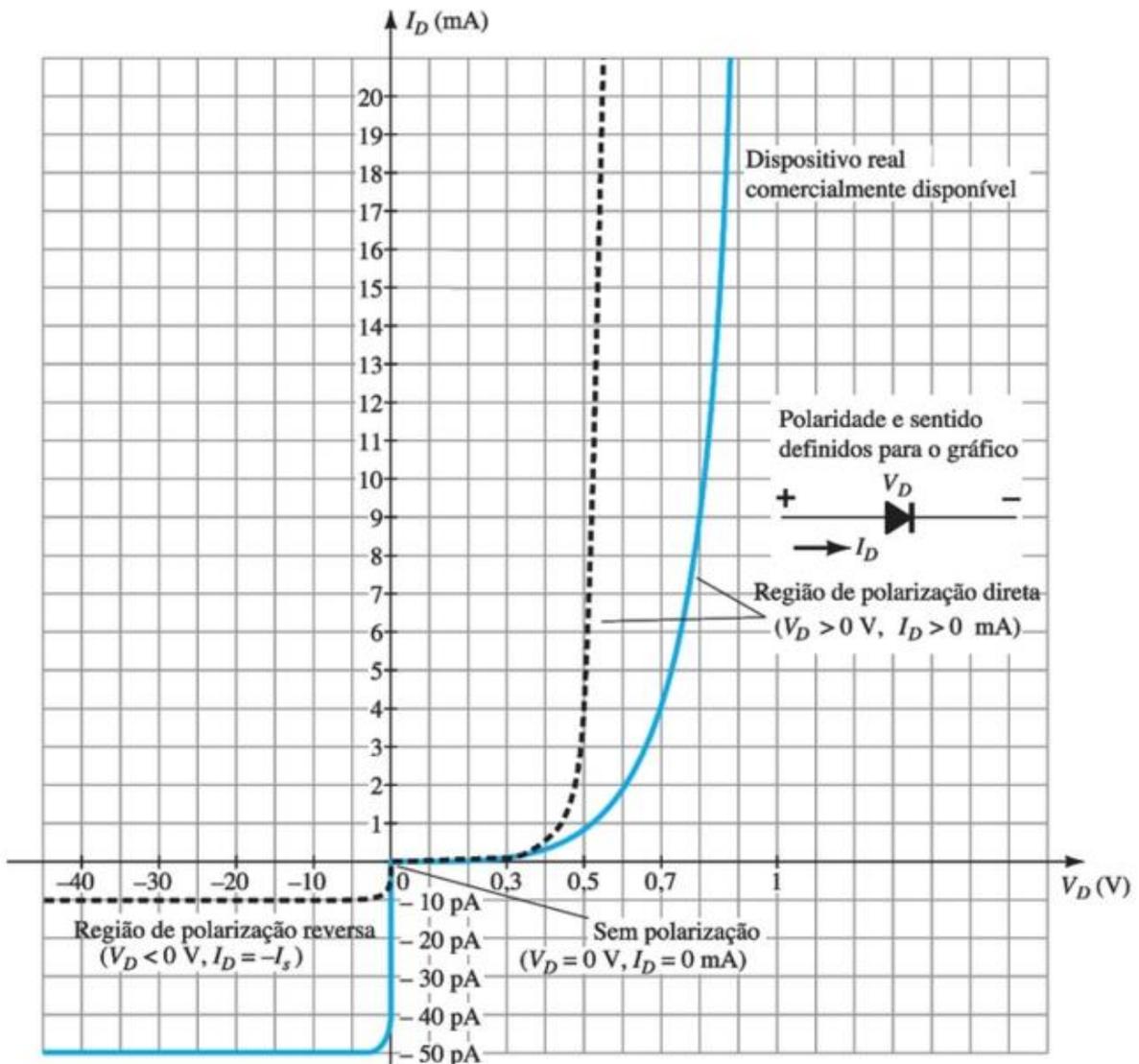


Fonte: Boylestad, Nashelsky (1998, p. 9).

O comportamento do diodo semicondutor de Silício em termos de condutividade de corrente elétrica, quando a tensão externa V_D varia de um grande valor negativo a um valor típico positivo, é mostrado no gráfico da figura 2.18, conhecido como Curva Característica do diodo semicondutor. É o comportamento da corrente no diodo, quando a tensão sobre ele varia, que ilustra as regiões de polarização direta, reversa e sem polarização. Note que a corrente de polarização reversa é bem pequena, na casa de microampères.

O gráfico da figura 2.18 mostra também que os valores da tensão V_D maiores que zero ($V_D > 0$) apresentam uma graduação de décimos de volt, ao passo que para V_D menor que zero ($V_D < 0$) a graduação apresentada é de dezenas de volts. Isto se deve ao fato de que na polarização direta, o diodo conduz com facilidade e, portanto, a tensão V_D sobre ele é pequena. Já na polarização reversa, a condução é dificultada pela barreira de potencial alongada na junção do diodo, fazendo com que o diodo suporte uma maior tensão V_D negativa.

Figura 2.18 – Curva característica do diodo semicondutor de Silício. Comportamento da corrente no diodo com a variação da tensão V_D .



Fonte: Boylestad, Nashelsky (1998, p. 10).

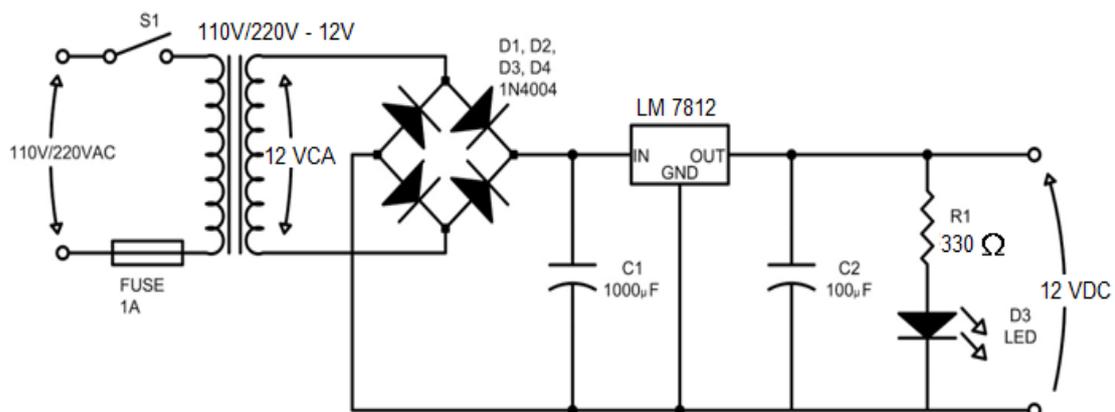
O diodo semicondutor aqui apresentado possui uma enorme gama de aplicação tais como os circuitos retificadores (AC/DC), que são circuitos responsáveis pela conversão de corrente alternada (AC) para corrente contínua (DC), circuitos ceifadores, que são circuitos responsáveis para eliminar partes de um sinal, circuitos grampeadores, que são responsáveis por manter a tensão em um determinado valor fixo, além de outras modalidades de diodos, tais como o diodo Zener ou de avalanche, usados em proteção e estabilização de sinais, o diodo emissor de luz (LED) entre

outros. Após as explicações acima, os estudantes estão mais aptos a compreender o funcionamento dos circuitos, bem como sua montagem, como o circuito fonte na subseção abaixo.

2.2.4 O CIRCUITO FONTE

Como as fontes de tensão em geral apresentam valores relativamente pequenos, tais como 3, 5, 9 ou 12 Volts, utiliza-se um transformador redutor 110/220 V para 12+12 V para a construção do circuito fonte DC. Este circuito foi implementado com quatro diodos semicondutores (1N4004), um regulador de tensão LM7812 e alguns capacitores como filtros, como mostra a figura 2.19. Note que o transformador redutor acima descrito não foi localizado na sucata em uso. Por ter um baixo custo, foi adquirido pelo orientador. O uso do diodo Led na saída da fonte serve para indicar a existência de tensão de saída; o resistor R_1 em série com este led tem com função limitar a corrente que circula pelo diodo para protegê-lo.

Figura 2.19 – Esquema de circuito proposto para fonte AC/DC em ponte retificadora.



Fonte: Avante eletrônica (2014).

A tabela 2.2 destaca os componentes usados na montagem da fonte DC.

Tabela 2.2 – Lista dos componentes utilizados na montagem da fonte DC.

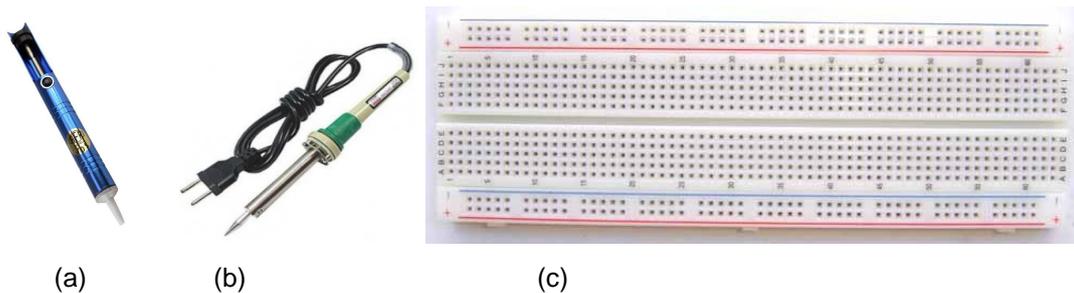
	COMPONENTES					
	Diodo Retificador	Diodo Led	Resistor	Regulador	Capacitor	Capacitor
ESPECIFICAÇÃO	1N 4004	Vermelho	330 Ω	LM 7812	1000 μ F x 16V	100 μ F x 100V
QUANTIDADES	4	1	1	1	1	1

Fonte: O próprio autor

2.2.5 A RETIRADA DOS COMPONENTES.

Com as placas de sucatas em mãos, iniciou-se o processo de retirada dos componentes de interesse. Para tal, foram utilizadas ferramentas como o ferro de solda, o sugador de solda e a placa de contatos, mostrados na figura 2.20. Estas ferramentas pertencem ao laboratório da faculdade em uso, mas são de baixo custo, podendo ser adquirido pela escola.

Figura 2.20 – Sugador de solda (a); Ferro de solda (b); (c) Placa de contatos (*protoboard*).



Fonte: O próprio autor.

Um ferro de solda com sugador e uma placa de contatos (*protoboard*) ilustrados na figura 2.20, em média custam R\$40,00, valor este que pode ser rateado entre os alunos de cada grupo ou adquirido pela escola através de verbas de projetos.

As fotos da figura 2.21 mostram os estudantes retirando os componentes das placas sucatas. É sempre bom lembrar-se dos cuidados no manuseio do ferro de soldar, pois é ligado na tensão 110 V ou 220 V e aquece o suficiente para derreter o estanho da solda dos componentes.

Diversos componentes foram retirados pelos alunos, primeiro para treinar a operar o ferro de solda e o sugador, depois para retirar os componentes necessários para montagem da fonte.

Figura 2.21 – Alunos usando (a) o Sugador de solda e (b) o Ferro de solda.



Fonte: O próprio autor.

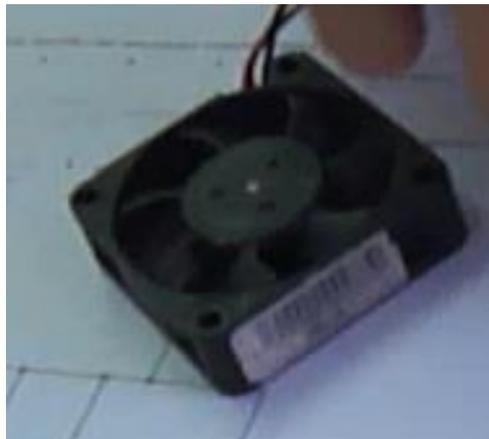
Uma vez retirado os componentes discretos das sucatas, necessários ao trabalho, iniciamos a montagem do circuito da fonte DC.

2.2.6 A MONTAGEM DA FONTE

Para esta montagem, usou-se a placa de contatos (*proto-board*), pois esta placa permite a interligação dos componentes sem a necessidade de solda. Ela serve para testes e experimentos diversos na área da elétrica e eletrônica.

Para a verificação do funcionamento da fonte, os estudantes escolheram como carga DC um cooler também extraído da sucata, como visto na figura 2.22.

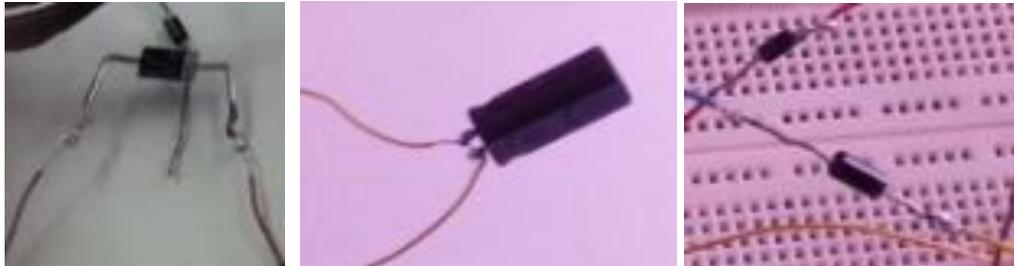
Figura 2.22 – Cooler de 12 V usado como carga da fonte DC.



Fonte: o próprio autor.

Deve-se observar que quando da retirada dos componentes das placas, a maioria deles apresenta uma redução no tamanho de seus terminais de contato. Desta forma, para realizar o encaixe na placa de contatos, faz-se necessário soldar um pedaço de fio nos terminais destes componentes, como visto na figura 2.23.

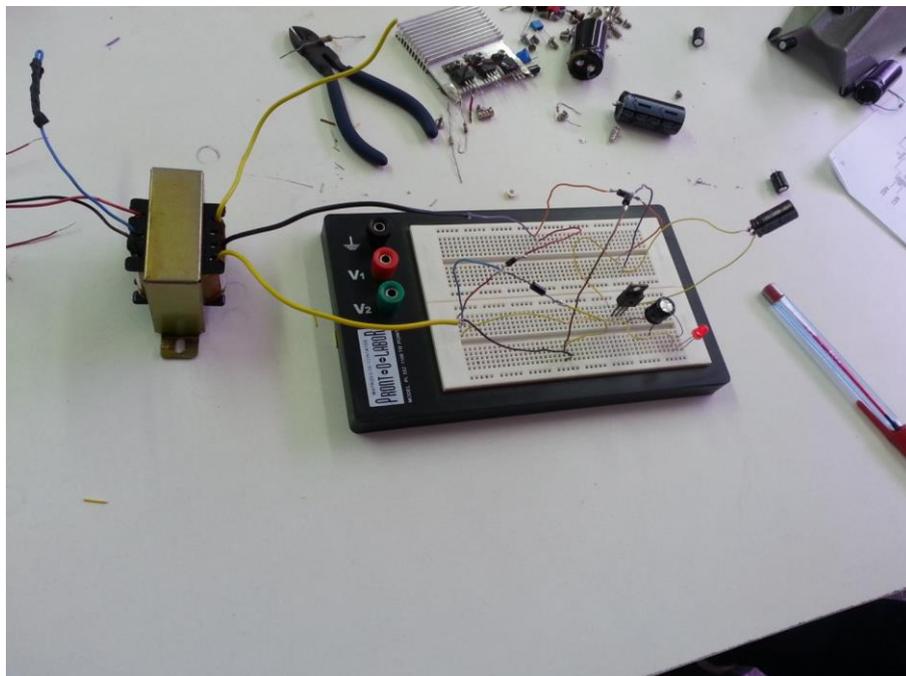
Figura 2.23 – Componentes com um pequeno fio soldado em seus terminais.



Fonte: o próprio autor.

Com tudo preparado montou-se a fonte no protoboard, como mostra a figura 2.24. Quando o led acendeu e o cooler começou a funcionar, os alunos esboçaram satisfação com o resultado obtido, e utilizaram o cooler como se fosse um ventilador portátil a refrescá-los.

Figura 2.24 – Circuito da fonte DC montado em um protoboard.



Fonte: o próprio autor.

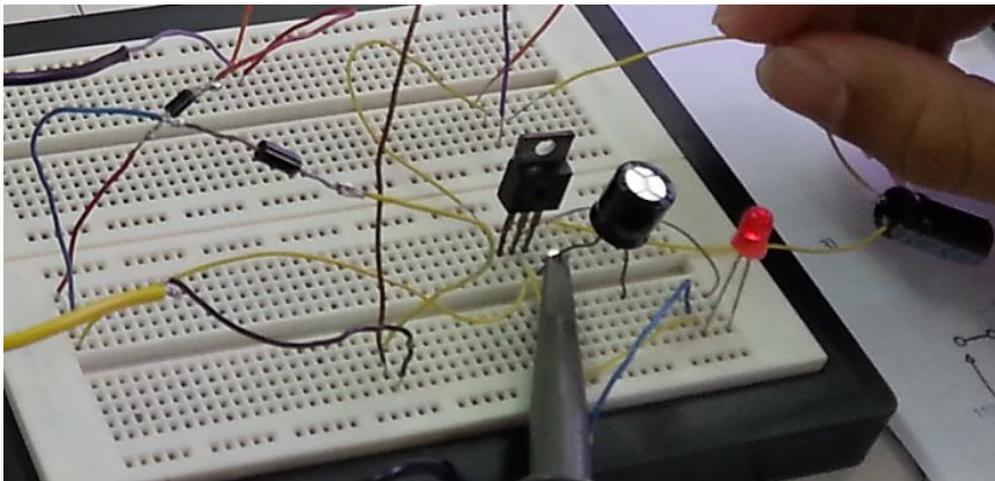
Para uma melhor compreensão do processo de filtragem com o uso de capacitores em circuitos retificadores, foi utilizado um instrumento de medição chamado Osciloscópio. Através deste instrumento, foi possível

visualizar as formas de onda da tensão na saída do circuito com e sem o capacitor C_1 , como ilustra a figura 2.25.

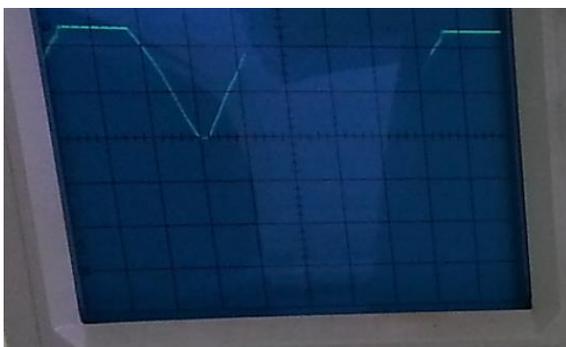
A figura 2.25-a mostra o professor segurando o fio do terminal do capacitor C_1 para facilitar sua conexão e desconexão do protoboard, bem como os detalhes dos encaixes dos componentes na placa. Note que o led aceso dá a indicação de que a fonte está em funcionamento.

Na figura 2.25-b temos a forma de onda pulsada da tensão de saída mostrada na tela do osciloscópio e na figura 2.25-c temos a forma de onda da tensão contínua, sem oscilação mostrada na tela.

Figura 2.25 – (a) Professor segurando o terminal do capacitor; (b) Tela do osciloscópio ilustrando a forma de onda pulsada sem o capacitor C_1 ; (c) Forma de onda da tensão contínua do circuito da fonte DC montado no protoboard.



(a)



(b)



(c)

Fonte: o próprio autor.

Na figura 2.25-a acima, pode ser observado a simplicidade do circuito pelo pequeno espaço que ocupa na placa de conexões.

Ao final desta etapa, foram gravados quatro vídeos: o primeiro mostra como operar as ferramentas, tais como o ferro de solda e o sugador. No segundo, destaca-se como realizar a retirada dos componentes. O terceiro vídeo apresenta o objetivo do trabalho, que é montar a fonte e quais componentes são envolvidos no trabalho; Por fim, o quarto vídeo apresenta o funcionamento do circuito fonte DC.

CAPÍTULO 3 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apresentar uma forma de inserir o conteúdo de semicondutores na disciplina de Física significa dar ao aluno conhecimentos da área de eletrônica, ampliando seu interesse no desenvolvimento e aplicações dos circuitos, bem como o despertar de uma natural curiosidade para compreender, intervir e participar da realidade.

De acordo com algumas Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais, a Física deve vir a ser reconhecida como um processo cuja construção ocorreu ao longo da história da humanidade, impregnada de contribuições culturais, econômicas e sociais, que vem resultando no desenvolvimento de diferentes tecnologias e, por sua vez, por elas impulsionado.

Segundo estas mesmas orientações, as competências em Física para a vida se constroem em um presente contextualizado, em articulação com competências de outras áreas, impregnadas de outros conhecimentos e que elas passam a ganhar sentido somente quando colocadas lado a lado, e de forma integrada, com as demais competências desejadas para a realidade desses jovens. Em outras palavras, a realidade educacional e os projetos pedagógicos das escolas, que expressam os objetivos formativos mais amplos a serem alcançados, é que devem direcionar o trabalho de construção do conhecimento físico a ser empreendido.

Mas como inserir o conteúdo de semicondutores no Ensino Médio, tendo como realidade a pequena carga horária destinada a todo o conteúdo de Física, salas de aula com quase quarenta alunos e Escolas com pouca ou quase nada de infraestrutura de laboratórios de física ou qualquer outra disciplina? Sem contar a baixa estima de boa parte dos professores com e sem licenciatura com relação à valorização em queda deste profissional.

O desafio é hercúleo quando se olha para este painel desolador, tanto para os alunos como para os profissionais da educação. Mas, se ao contrário desta visão, notarmos a grande necessidade que todos temos de crescer, tanto moralmente quanto intelectualmente, de participar de forma ativa dos problemas que vivem nossa sociedade, procurando sempre

melhores soluções, tanto em tecnologia quanto em preservação do meio ambiente, e que temos hoje uma grande oportunidade, se não direta, a temos de forma indireta de dar nossa colaboração para o engrandecimento de nosso futuro pela forma de ministrar nossas aulas, aí sim veremos quão prazeroso será encarar esta empreitada.

Há na atualidade uma enorme preocupação quanto aos dejetos eletrônicos, isto é, com o lixo eletrônico que é formado por equipamentos que são descartados. Esse tipo de lixo contém metais, tais como o ouro, cobre alumínio e outros materiais e vem causando grandes preocupações em relação à poluição, bem como com a preservação do meio ambiente.

Novaes e Zanta (2011), afirmam que:

“O aumento do uso dos computadores pessoais e corporativos tem aumentado nos últimos anos trazendo a preocupação de qual destino dar aos mesmos quando se tornarem resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE). O reuso de REEE é uma das possibilidades de valorização de resíduos que permite estender a vida útil do computador reduzindo possíveis impactos negativos ao meio ambiente. Este artigo discute os aspectos técnicos, econômicos, ambientais e sociais pertinentes ao reuso de computadores pós-consumo, possibilitando identificar desafios e oportunidades desta atividade de valorização”.

As sucatas eletrônicas são um problema a ser solucionado pelos órgãos competentes. Como então tratar este assunto no contexto do ensino de física para os alunos do ensino médio?

Conforme as “ORIENTAÇÕES CURRICULARES PARA O ENSINO MÉDIO” (MEC - 2006), alguns temas estruturadores que articulam competências e conteúdos e apontam para novas práticas pedagógicas são:

Tema 4: Equipamentos elétricos e telecomunicações

Unidades temáticas: aparelhos elétricos, motores elétricos, geradores, emissores e receptores.

Tema 5: Matéria e radiação

Unidades temáticas: matéria e suas propriedades, radiações e suas interações, energia nuclear e radioatividade, eletrônica e informática.

Nesta nova abordagem,

“Para se conduzir um ensino de forma compatível com uma promoção das competências gerais, é importante tomar como ponto de partida situações mais próximas da realidade do aluno. O primeiro passo de um aprendizado contextualizado pode vir da escolha de fenômenos, objetos e coisas do universo vivencial. Problemas do mundo real tendem a propiciar, frequentemente, soluções mais criativas e são presumivelmente mais significativos e motivadores que problemas artificiais. É interessante, para os alunos, poderem trazer o mundo abstrato da Física para o mundo construído diariamente em suas experiências. Parece, entretanto, pouco razoável esperar algum interesse em compreender os conceitos físicos no universo particular desse domínio partindo do estudo de ondas eletromagnéticas e suas interações, da maneira usualmente apresentada nos livros (e na maioria das classes de Física), que é pouco significativa para os alunos. A maioria dos adolescentes já deve ter se perguntado por que o céu é azul? Como as informações são transportadas pelas ondas de rádio? Por que as coisas possuem cores diferentes? Como se forma o arco-íris? Buscar respostas a essas perguntas contribui para o aprendizado em diversos aspectos. Ao trazer fenômenos do cotidiano dos alunos, o professor pode suscitar suas concepções de mundo sobre o assunto. Essas concepções, em geral construídas fora do espaço escolar, constituem verdadeiros obstáculos à instrução científica”. ORIENTAÇÕES CURRICULARES PARA O ENSINO MÉDIO (MEC - 2006).

Diante deste propósito, sugere-se que o estudo dos semicondutores seja introduzido na terceira série do ensino médio como forma de trabalho em grupo de alunos, utilizando sucatas levadas por eles. É muito importante que eles já tenham visto o conteúdo da Lei de Ohm, pois farão

identificação de resistores nas sucatas. Devido à falta de laboratório nas escolas estaduais, as tarefas poderão ser realizadas em sala de aula ou em outro ambiente com mesas maiores e mais espaço.

O professor deverá providenciar uma extensão elétrica para cada grupo e sempre ficar atento aos quesitos de segurança, uma vez que brincadeiras indevidas com o ferro de solda podem provocar queimaduras graves. Recomendações iniciais, antes do início deste projeto, deverão ser repassadas aos alunos e, se for o caso, até aos pais destes alunos, pois em toda atividade experimental individual ou coletiva, a segurança deve sempre estar em destaque.

Este projeto foi desenvolvido com aproximadamente 16 aulas de 50 minutos, mas ao longo de sua realização, nota-se que pode ser em menos tempo. Sugerimos ao professor destinar oito encontros de 2 horas/aula cada um, distribuídos de acordo com as orientações da tabela 3.1.

Tabela 3.1 - Descrição das aulas com seus objetivos e atividades.

Síntese do planejamento didático			
Encontros	Conteúdos	Atividades	Objetivo da aula/atividade
1	Componentes discretos	Mostrar aos alunos o que são componentes discretos, pedindo a eles que os identifiquem nas sucatas e anotem no caderno os códigos de cada um.	Reconhecer fisicamente os componentes elétricos tais como resistores, diodos, capacitores, etc., bem como seu nome e identificação.

2	Pesquisa na Internet	Com os códigos de cada componente, os grupos deverão consultar na internet as possíveis aplicações para estes elementos elétricos.	Identificar na rede as diversas opções de circuitos para montagem, valores dos componentes elétricos, bem como a diversidade de modelos e capacidades dos mesmos.
3	Dopagem dos Semicondutores	Conhecendo as características físicas dos diodos semicondutores, o professor dará uma aula sobre o processo de dopagem dos mesmos, isto é como obter os cristais tipo N e tipo P que juntos formam uma enorme variedade de outros componentes eletrônicos.	Compreender a importância dos semicondutores que constam do Quadro Periódico de Elementos da Química, bem como a criação dos cristais dopados tipo N e P, através da inserção de elementos químicos doadores e aceitadores.
4	Identificação do circuito a ser montado e início da retirada dos componentes.	O professor distribui para cada grupo o circuito a ser montado na placa de conexões e dá-se o início à identificação e retirada dos componentes das placas de sucatas.	Integração dos grupos, pois pode acontecer de um grupo ter mais sucatas que outro e encontrar um ou mais componentes que outros grupos precisarão.

5	Retirada dos componentes - final	O processo da retirada dos componentes deve acontecer em dois encontros, pois devido à falta de prática dos alunos no manuseio do ferro de solda, ele é mais lento. A retirada deve ser realizada com acuidade para não ferir o componente.	Integração entre os membros do grupo, pois pode acontecer de um deles ter mais habilidade que outro na execução da tarefa. O professor deve observar e solicitar que todos os membros atuem em auxiliar na retirada dos mesmos.
6	Montagem dos circuitos	De posse dos componentes, os grupos começarão o processo de montagem dos circuitos. O professor deve ficar atento para explicar os componentes que tem ou não polarização.	Conhecer a forma serial ou paralela que os componentes serão ligados em cada circuito, para garantir o bom funcionamento dos mesmos.
7	Testes dos circuitos	Alimentar o circuito elétrico de forma adequada para que ele possa funcionar corretamente.	Comprovação prática da teoria de circuitos série e paralelo, com a inserção de diodos semicondutores.

8	Apresentação dos trabalhos	Cada grupo deve estudar o funcionamento de seu circuito e de sua aplicação, apresentando-o de forma rápida aos outros grupos.	Treinar exposição de trabalhos em eventos, reconhecendo o esforço do grupo e o trabalho coletivo de todos os alunos.
---	----------------------------	---	--

Fonte: o próprio autor.

Um detalhe importante a ser destacado é o fato de que nem sempre o professor possui habilidades no trato com ferramentas e componentes eletrônicos. Isto pode ser um obstáculo àquele que não se dispuser ao desafio do novo, da forma diferente de ensinar algo que está na vida de todos e, principalmente, na vida de nossos alunos.

Mas se o professor encarar o trabalhar com afinco, verá que para ele também será uma grande oportunidade de aprendizado e quem sabe novos desafios surgirão, pois a escola deve ser um local de criatividade dos professores para que os alunos se sintam inspirados a crescer e evoluir.

Para a realização deste projeto, três escolas estaduais foram consultadas. A primeira apresentou recusa por parte dos alunos pelo fato dos encontros acontecerem aos sábados. Na segunda escola, o diretor destacou a necessidade de um Termo de Compromisso com a Universidade Federal de Goiás. A Secretária do Departamento de Física da UFG encaminhou toda a documentação necessária. Depois do envio dos documentos, mesmo sendo procurada, a direção não mais se pronunciou a respeito. Foram três meses de atraso. Apenas com a terceira escola foi possível a sua concretização. Outro fato relevante refere-se à ausência de um local adequado para realização das tarefas. Por não fazer parte do corpo docente, não foi possível utilizar as instalações da escola. Com o auxílio de uma Faculdade particular na cidade, as tarefas puderam ser implementadas. Destaca-se ainda o pouco interesse dos pais no projeto, pois, mesmo tendo assinado o termo de concordância de participação, nunca entraram em contato para mais informações.

Com as atividades aqui propostas, o professor poderá trabalhar os conceitos de tensão e corrente elétrica, auxiliando os alunos a compreender a diferença entre os mesmos, mostrar na prática as características de circuitos em série e em paralelo, explicar o funcionamento do laser, dar embasamento ao aluno quanto ao funcionamento de equipamentos da área médica, telecomunicações e outros.

Com isto, acredita-se estimular o retorno das antigas feiras de ciências dentro das escolas e entre as escolas que permitem aos alunos exporem suas criatividade e vocações.

O projeto é finalizado com uma Avaliação de Aprendizagem (Apêndice C) que descreve as experiências individuais com relação ao método usado no projeto, visão social dos amigos e familiares, bem como a sua opinião quanto à implantação destas atividades no currículo de física de sua escola.

Apesar das poucas respostas fornecidas, percebe-se um ligeiro ar de satisfação em participar das tarefas, a aprovação dos seus socialmente envolvidos, com destaque à boa aceitação da inclusão deste projeto no ensino de física da escola.

Finalizando este trabalho, salientamos que este planejamento tem como objetivo levar aos alunos de diferentes níveis sociais o entendimento de algumas tecnologias, bem como demonstrar que a física está muito além das páginas do caderno ou do livro didático.

Mesmo com poucas referências sobre o assunto, acredita-se ser interessante e compensador ver os resultados do esforço de alunos estampados em seus rostos querendo dizer; “eu consegui”. Quando isto acontece, podemos dizer que o processo ensino/aprendizagem foi efetivado com sucesso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alldatasheet, 2015. Disponível em:
 <<http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/14621/PANJIT/1N4004.html>> Acesso em: 17 jul. 2015.

Avante eletrônica. Disponível em:
<http://avantieletronica.blogspot.com.br/2014/05/circuito-fonte-5v.html>.
 Acesso em: 06 jul. 2014.

Baú da Eletrônica – Componentes eletrônicos, 2014. Disponível em:
 <www.baudaeletronica.com.br> Acesso em: 10 Jul. 2015.

Boylestad, R L; Nashelsky, L. **Dispositivos Eletrônicos e Teoria dos Circuitos**, LTC Editora, SP – 1998. 649 p.

Chiesse, S. L. M.; **Eletrônica Básica** – Cefet/PR – Cornélio Procópio.1999..

Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias / Secretaria de Educação Básica. – Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006. 135 p. (**Orientações curriculares para o ensino médio**; volume 2)

Coutinho, Douglas Jose. **Estudo e caracterização de dispositivos fotovoltaicos orgânicos (opv) baseados em heterojunção de volume**. 2011. 99f. Mestrado acadêmico em física. Universidade de São Paulo. São Carlos. SP.

Fairchild. Disponível em: <<https://www.fairchildsemi.com>> Acesso em: 20 jul. 2015.

Geocities WS, 2001. Disponível em:
<http://www.geocities.ws/jirc_79/electronica/fundamentos/semicondutores/semicondutores.htm> Acesso em: 06 out. 2015.

Leal, Marcela Andrade. **Procedimentos para dosimetria in vivo com tld-100 e diodos semicondutores em tratamento de câncer na região pélvica com feixes externos de fótons**. 2011. 181 f. Doutorado em engenharia nuclear. Universidade Federal do Rio de Janeiro. RJ.

Libâneo, J. C. **As Teorias Pedagógicas Modernas Revisitadas pelo Debate Contemporâneo na Educação**. Disponível em:
<<http://www.ia.ufrj.br/ppgea/conteudo/T1SF/Akiko/03.pdf>>.

Lima, Joaquim Tavares de. **Sensores de radiação infravermelha obtidos, pela difusão de cádmio em antimoneto de índio, em um sistema Ipe modificado**. 2011. 84f. Doutorado em engenharia mecânica. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Guaratinguetá – SP.

Millman, J.; Halkias, C.C. **Eletrônica: Dispositivos e circuitos** - volume 1; Editora McGraw-Hill, 1981. 412 p.

Moreira, M.A., Caballero, M.C. e Rodríguez, M.L. (orgs.) (1997). **Actas del Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo**. Burgos, España. pp. 19-44.

Moreira, M.A., **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999. 195p.

Mundo Educação, 2015. Disponível em:
<<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/ligacoes-metalicas-as-propriedades-dos-metais.htm>> Acesso em: 08 out. 2015.

Novaes, M, P; Zanta, V. M. **O REUSO DE COMPUTADORES PÓS-CONSUMO: DESAFIOS E OPORTUNIDADES.** XXXI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUCAO. BH. 2011.

Peter, C. R.. Semicondutores: a grande revolução das últimas décadas. Revista do Instituto Humanista Unisinos, São Leopoldo – RS, Edição 419, Ano XIII, 20-Maio-2013.

Portal da Educação. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM).** Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>> Acesso em: 17 fev. 2015.

Timi Áudio, 2014. Disponível em: <<http://www.timiaudio.com.br/fmt/smd.htm>> Acesso em: 06 jul. 2015.

APÊNDICE A

PLANO DE ENSINO TEMA: UMA PROPOSTA DE ENSINO DE SEMICONDUTORES NO ENSINO MÉDIO

INTRODUÇÃO

Este trabalho é destinado aos Supervisores, Coordenadores e Professores de Física do Ensino Médio que queiram inserir o conteúdo de semicondutores na grade curricular da sua instituição de ensino.

Consiste no produto educacional desenvolvido juntamente com a Dissertação de Mestrado “Uma Proposta de ensino de semicondutores no Ensino Médio” de Espedito Rodrigues, pelo Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), na Universidade Federal de Goiás (UFG) - Regional Catalão, com orientação do Professor Dr. Denis Rezende de Jesus.

As atividades foram desenvolvidas no formato de plano de aula, objetivando facilitar a interação entre professores e alunos, com uma sequência didática bem definida.

Inserir o conteúdo de semicondutores na disciplina de Física significa dar ao aluno conhecimentos da área de eletrônica, ampliando seu interesse no desenvolvimento e aplicações dos circuitos, bem como o despertar de uma natural curiosidade para compreender, intervir e participar da realidade.

De acordo com algumas Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais, a Física deve vir a ser reconhecida como um processo cuja construção ocorreu ao longo da história da humanidade, repleto de contribuições culturais, econômicas e sociais, que vem resultando no desenvolvimento de diferentes tecnologias e, por sua vez, por elas impulsionado.

Segundo estas mesmas orientações, as competências em Física para a vida se constroem em um presente contextualizado, em articulação com competências de outras áreas, impregnadas de outros

conhecimentos e que elas passam a ganhar sentido somente quando colocadas lado a lado, e de forma integrada, com as demais competências desejadas para a realidade desses jovens.

Em outras palavras, a realidade educacional e os projetos pedagógicos das escolas, que expressam os objetivos formativos mais amplos a serem alcançados, é que devem direcionar o trabalho de construção do conhecimento físico a ser empreendido.

OBJETIVOS

- Reconhecer a forma física de alguns componentes elétricos tais como resistores, diodos, capacitores, etc., bem como seu nome e simbologia;
- Identificar na internet as diversas opções de circuitos para montagem, valores dos componentes elétricos bem, como a diversidade de modelos e capacidades dos mesmos;
- Compreender a importância dos semicondutores que constam do Quadro Periódico de Elementos da Química, bem como a criação dos cristais dopados tipo N e P, através da inserção de elementos químicos doadores e aceitadores;
- Integrar os grupos pela necessidade de troca de componentes/sucata para atendimento dos trabalhos, bem como entre os membros do grupo, pela habilidade de alguns na execução das tarefas;
- Conhecer a forma serial e paralela em que os componentes serão ligados em cada circuito, para garantir o bom funcionamento dos mesmos;
- Comprovar na prática a teoria de circuitos série e paralelo, com a inserção dos diodos semicondutores;
- Treinar exposição de trabalhos em eventos, reconhecendo o esforço do grupo e o trabalho coletivo dos alunos.

PÚBLICO ALVO

Alunos da terceira série do Ensino Médio regular, que já tenham estudado fontes de tensão, Leis de Ohm e as características de potência, tensão, corrente e resistência nos circuitos série e paralelo.

RECOMENDAÇÕES INICIAIS AOS ALUNOS

Antes do início deste trabalho, o professor deverá repassar algumas recomendações aos alunos:

- Cuidado e atenção no manuseio de circuitos elétricos, pois em toda atividade experimental individual ou coletiva, a segurança deve sempre estar em destaque;
- Aquisição de equipamentos como o ferro de solda, o sugador e a placa de contatos (protoboard), de custo total médio R\$40,00, valor este que pode ser rateado entre os alunos de cada grupo ou adquirido pela escola através de verbas de projetos;
- No primeiro encontro, todos os grupos devem estar com suas sucatas eletrônicas.

RECOMENDAÇÕES INICIAIS AO PROFESSOR

Caso o professor não possua habilidades suficientes no manuseio dos equipamentos e componentes eletrônicos, é necessário um treinamento prévio. Como sugestão de leitura, indicamos o livro “Dicas sobre Componentes Eletrônicos e Técnicas de Soldagem”³, do Professor Teodiano Freire Bastos Filho, ou o tutorial no site <https://www.youtube.com/watch?v=8tmHKKIMHw4>, que orienta como realizar esta tarefa e outras correlacionadas.

3- Prof. Teodiano Freire Bastos Filho Departamento de Engenharia Elétrica Universidade Federal do Espírito Santo
URL: <http://www2.ele.ufes.br/~tfbastos>

NÚMERO DE AULAS

São propostos oito encontros com duração de duas horas/aula cada, mesclados com teoria e alguns experimentos a serem realizados pelos alunos.

O quadro abaixo sintetiza as atividades, qualificação dos momentos, bem como o tempo destinado à realização das mesmas.

Tabela A-1: Quadro Sintético das Aulas.

Atividades	Momentos	Tempo
1- Mostrar aos alunos o que são componentes discretos, pedindo a eles que os identifiquem nas sucatas e anotem no caderno os códigos de cada um.	No laboratório de Física ou em sala de aula, em grupos definidos, manuseando as placas de sucatas.	Duas aulas
2- Com os códigos de cada componente, os grupos deverão consultar na internet as possíveis aplicações para estes elementos elétricos.	A consulta na internet pode ocorrer no laboratório de informática da escola ou fora da escola. O professor pode decidir com o grupo a melhor opção.	Duas aulas
3- Conhecendo as características dos componentes diodos semicondutores, o professor fará uma exposição de como é realizado o processo de dopagem dos mesmos, isto é como obter os cristais tipo N e tipo P que juntos formam uma enorme variedade de outros componentes eletrônicos.	Em sala de aula, usando os recursos do Datashow, explicar os processos de dopagem para a formação dos cristais tipo N e tipo P. Uma vez conhecidos, o professor deve apresentar o funcionamento da junção quando em polarização direta e inversa, mostrando o comportamento da corrente em cada caso.	Duas aulas

<p>4- O professor distribui para cada grupo o circuito a ser montado na placa de conexões e dá-se o início à identificação e retirada dos componentes das placas de sucatas.</p>	<p>No laboratório de Física ou em sala de aula devidamente preparada com fios de extensão elétrica para ligar os ferros de solda, depois de identificado os componentes, começa sua retirada da placa com o uso do sugador e do ferro de solda.</p>	<p>Duas aulas</p>
<p>5- O processo da retirada dos componentes deve acontecer em dois encontros, pois devido à falta de prática dos alunos no manuseio do ferro de solda, ele é mais lento. A retirada deve ser realizada com acuidade para não ferir o componente.</p>	<p>No mesmo ambiente do encontro anterior, procura-se neste finalizar a retirada dos componentes das placas de sucata. Nesta etapa pode ocorrer a troca de componentes entre grupos.</p>	<p>Duas aulas</p>
<p>6- De posse dos componentes, os grupos começarão o processo de montagem dos circuitos. O professor deve ficar atento para explicar os componentes que tem ou não polarização.</p>	<p>No laboratório de Física ou em sala de aula, lançando mão da teoria de circuitos em série e paralelo.</p>	<p>Duas aulas</p>
<p>7- Após o professor verificar a montagem, alimentar o circuito elétrico de forma adequada para que ele possa funcionar corretamente.</p>	<p>No laboratório de Física ou em sala de aula, fazendo as ativações grupo a grupo, solicitando atenção, pois o circuito encontra-se devidamente energizado.</p>	<p>Duas aulas</p>
<p>8- Cada grupo deve estudar o funcionamento de seu circuito e de sua aplicação, apresentando-o de forma rápida aos outros grupos.</p>	<p>Em sala de aula, de forma descontraída, cada grupo compartilha a experiência com os demais.</p>	<p>Duas aulas</p>

Fonte: O próprio autor.

DESCRIÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

As atividades deverão seguir as sequências abaixo destacadas, podendo, no entanto, ser modificadas a critério do professor para adequar à realidade de sua escola.

Destaca-se que a participação integral dos alunos, bem como a devida dedicação e orientação do professor, serão ferramentas importantes para o sucesso do trabalho.

Cada atividade é composta de duas horas/aula e são apresentadas como abaixo.

PRIMEIRA ATIVIDADE

Mostrar aos alunos o que são componentes discretos, pedindo a eles que os identifiquem nas sucatas e anotem no caderno os códigos de cada um.

PRIMEIRA E SEGUNDA AULA

OBJETIVO

Reconhecer fisicamente os componentes elétricos discretos tais como resistores, diodos, capacitores, etc., bem como seu nome e sua especificação.

RECURSOS INSTRUCIONAIS

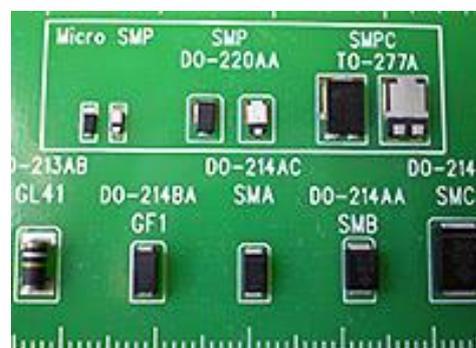
Quadro e pincel/giz e placas de sucatas.

DINÂMICA DA AULA

O professor deve mostrar aos alunos o que são os componentes discretos e não discretos, pois grande parte das placas sucateadas apresenta a maioria dos componentes no formato de componentes SMD (Superficial Monting Device) ou componentes de montagem em superfície.

Orientar os alunos que pelo fato de apresentarem um tamanho reduzido, como mostra a figura A.1, proporcionam uma diminuição no espaço ocupado pelo circuito, tendo como consequência uma redução no consumo e um custo mais acessível do produto final.

Figura A.1- Exemplos de dispositivos para montagem em superfície (SMD).



Fonte: Timi Audio.

As placas de sucatas com estes componentes não devem ser utilizadas, pois necessitam de ferramentas específicas como soldador de bancada de custo muito elevado.

As placas, no entanto cujos componentes se apresentarem como na figura A.2, circuito com componentes discretos, serão utilizadas, pois o tamanho de seus componentes facilitam o manuseio e sua retirada.

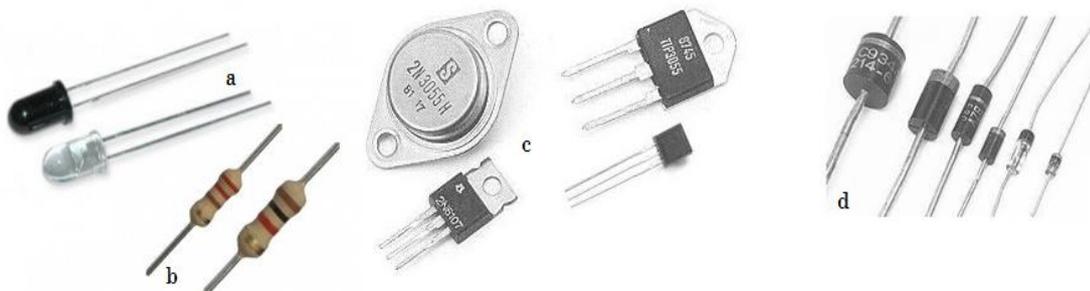
Figura A.2 - Vista parcial da placa de circuito impresso (PCB) de um circuito de áudio que utiliza componentes para montagem por inserção (through hole).



Fonte: Timi Audio.

Os componentes mais comuns a serem identificados são os do tipo ilustrados na figura A.3, respectivamente, os (a) diodos led, (b) resistores, (c) transistores e (d) diodos retificadores.

Figura A.3 – Componentes discretos tipos (a) diodo Led; (b) Resistores; (c) Transistor e (d) Diodos retificadores.



Fonte: Timi Audio.

Realizada a identificação das placas que contenham os componentes discretos, o professor deve solicitar aos alunos que registrem seus nomes no caderno para a realização da pesquisa de identificação e de especificação de cada elemento elétrico.

SEGUNDA ATIVIDADE

Com os códigos de cada componente, os grupos deverão consultar na internet as possíveis aplicações para estes elementos elétricos.

TERCEIRA E QUARTA AULA

OBJETIVO

Identificar na internet as diversas opções de circuitos para montagem que apresentem os valores dos componentes elétricos, bem como a diversidade de modelos e capacidades dos mesmos.

RECURSOS INSTRUCIONAIS

Laboratório de informática que tenha acesso à internet.

DINÂMICA DA AULA

O professor deve indicar alguns sites de componentes para que a pesquisa possa ser realizada como mais eficaz. Sugerimos os seguintes sites:

- <http://www.alldatasheet.com/>
- <http://www.datasheetcatalog.com/>
- <https://www.baudaeletronica.com.br/>
- <http://proesi.com.br/>

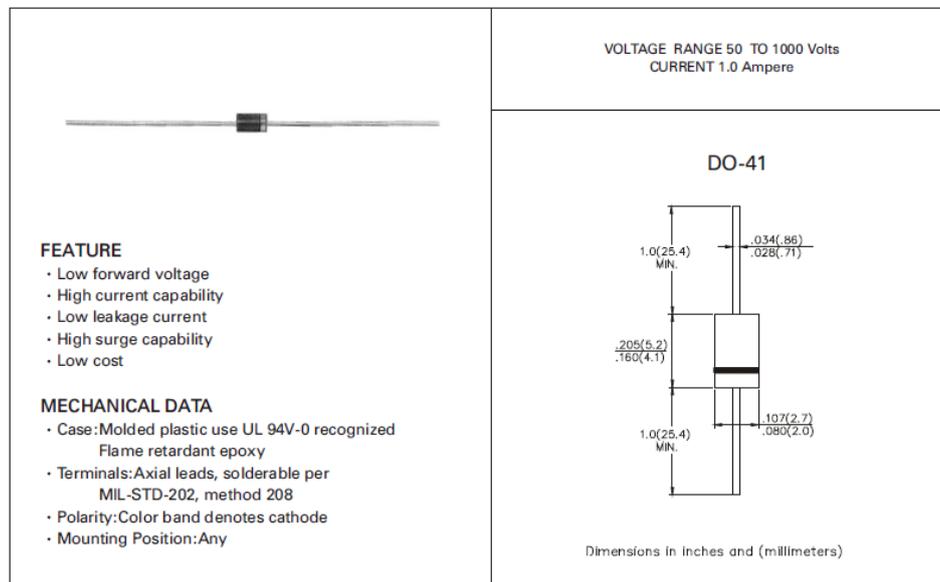
A busca deve ser orientada para procurar alguma especificação dos componentes tais como as características da capacidade de corrente, potência máxima de trabalho e tensão nominal dos componentes, para que tais informações possam nortear o dimensionamento das possíveis aplicações dos mesmos.

Como exemplo, vê-se no site <http://www.alldatasheet.com/> alguns dados do diodo 1N4004, como mostra a figura A.4, que destaca, além da foto o valor da faixa de tensão de 50 a 1000 Volts para uma corrente de 1 Ampère, as funções e dados mecânicos do dispositivo e os valores máximos de:

- Tensão reversa máxima e Máxima tensão RMS;

- Máxima DC tensão de bloqueio e Máxima corrente retificada;
- Pico de corrente retificada durante 8.3ms e Máxima tensão em 1.0 Ampère DC;
- Máxima corrente reversa e Resistência Térmica típica;
- Capacitância Típica de junção e Máxima temperatura na tensão de bloqueio;
- Faixa de temperatura de funcionamento e armazenamento para a família dos diodos semicondutores de 1N4001 a 1N4007.

Figura A.4 – Dados do diodo semicondutor 1N4004.

**MAXIMUM RATINGS AND ELECTRICAL CHARACTERISTICS**

Single-phase, half-wave, 60Hz, resistive or inductive load

	1N4001	1N4002	1N4003	1N4004	1N4005	1N4006	1N4007	UNITS
Maximum Recurrent Peak Reverse Voltage	50	100	200	400	600	800	1000	V
Maximum RMS Voltage	35	70	140	280	420	560	700	V
Maximum DC Blocking Voltage	50	100	200	400	600	800	1000	V
Maximum Average Forward Rectified Current 3/8 Lead Length at $T_A = 75^\circ\text{C}$	1.0							A
Maximum Overload Surge 8.3 ms single half sine-wave	50							A
Maximum Forward Voltage at 1.0A AC and 25°C	1.1							V
Maximum Full Load Reverse Current, Full Cycle Average at 75°C Ambient	30							μA
Maximum DC Reverse Current at 25°C at Rated DC Blocking Voltage at 75°C	5.0							μA
	50.0							μA
Typical Junction Capacitance (Note 1)	30							pF
Operating and Storage Temperature Range	-65 to +175							$^\circ\text{C}$

Notes : 1. Measured at 1.0MHz and applied reverse voltage of 4.0 VDC.

* JEDEC Registered Value.

Outro exemplo de pesquisa é o do semiconductor LM7812 de fabricação da Fairchild, como mostra a figura A.5, que é um regulador de tensão para 12 volts. Note na Figura A.6 os valores máximo, mínimo e típico de algumas características elétricas do circuito, bem como a tensão de saída, faixa de regulação, correntes quiescentes e outros.

Figura A.5 – Foto do Regulador de tensão LM7812.



Fonte: Fairchild

Figura A.6 – Características elétricas e valores mínimo, máximo e típico do semiconductor LM7812.

Electrical Characteristics (LM7812)						
Refer to the test circuit, $-40^{\circ}\text{C} < T_J < 125^{\circ}\text{C}$, $I_O = 500\text{ mA}$, $V_I = 19\text{ V}$, $C_I = 0.33\text{ }\mu\text{F}$, $C_O = 0.1\text{ }\mu\text{F}$, unless otherwise specified.						
Symbol	Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_O	Output Voltage	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	11.5	12.0	12.5	V
		$I_O = 5\text{ mA to }1\text{ A}$, $P_O \leq 15\text{ W}$, $V_I = 14.5\text{ V to }27\text{ V}$	11.4	12.0	12.6	
Regline	Line Regulation ⁽¹²⁾	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$V_I = 14.5\text{ V to }30\text{ V}$	10	240	mV
			$V_I = 16\text{ V to }22\text{ V}$	3	120	
Regload	Load Regulation ⁽¹²⁾	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$	$I_O = 5\text{ mA to }1.5\text{ A}$	11	240	mV
			$I_O = 250\text{ mA to }750\text{ mA}$	5	120	
I_Q	Quiescent Current	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$		5.1	8.0	mA
ΔI_Q	Quiescent Current Change	$I_O = 5\text{ mA to }1\text{ A}$ $V_I = 14.5\text{ V to }30\text{ V}$		0.1	0.5	mA
				0.5	1.0	
$\Delta V_O/\Delta T$	Output Voltage Drift ⁽¹³⁾	$I_O = 5\text{ mA}$		-1		mV/ $^{\circ}\text{C}$
V_N	Output Noise Voltage	$f = 10\text{ Hz to }100\text{ kHz}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$		76		μV
RR	Ripple Rejection ⁽¹³⁾	$f = 120\text{ Hz}$, $V_I = 15\text{ V to }25\text{ V}$	55	71		dB
V_{DROP}	Dropout Voltage	$I_O = 1\text{ A}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$		2		V
R_O	Output Resistance ⁽¹³⁾	$f = 1\text{ kHz}$		18		m Ω
I_{SC}	Short-Circuit Current	$V_I = 35\text{ V}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$		230		mA
I_{PK}	Peak Current ⁽¹³⁾	$T_J = +25^{\circ}\text{C}$		2.2		A

Notes:
 12. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.
 13. These parameters, although guaranteed, are not 100% tested in production.

© 2006 Fairchild Semiconductor Corporation
 LM78XX / LM78XXA Rev. 1.3.1

www.fairchildsemi.com

Fonte: Fairchild

TERCEIRA ATIVIDADE

Conhecendo as características físicas dos componentes diodos semicondutores, o professor fará uma exposição de como é realizado o processo de dopagem dos mesmos, isto é como obter os cristais tipo N e tipo P que juntos formam uma enorme variedade de outros componentes eletrônicos.

QUINTA E SEXTA AULA

OBJETIVO

Compreender a importância dos elementos semicondutores que constam do Quadro Periódico de Elementos da Química, bem como a criação dos cristais dopados tipo N e P, através da inserção de elementos químicos doadores e aceitadores.

RECURSOS INSTRUCIONAIS

Laboratório de física ou sala de aula de preferência com multimídia.

DINÂMICA DA AULA

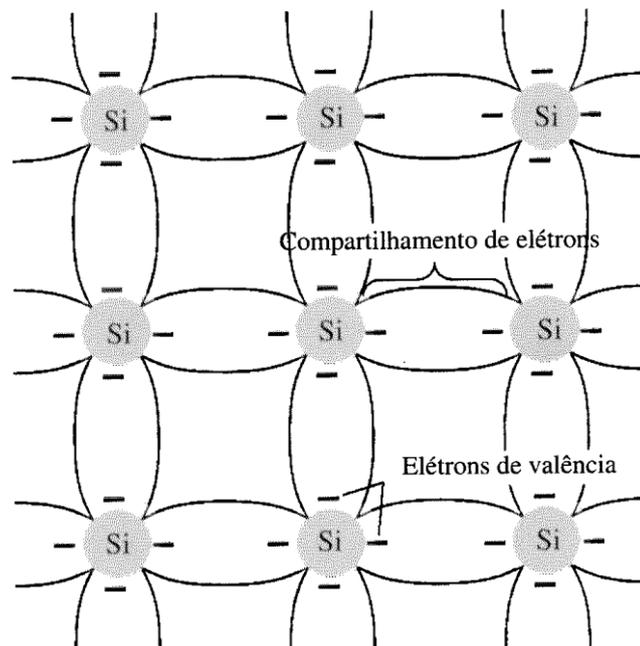
Cristais intrínsecos

Nesta etapa o professor deve ministrar um treinamento básico sobre o processo de dopagem de semicondutores como o Silício (Si) e o Germânio (Ge).

Inicia-se apresentando a tabela periódica dos elementos, lembrando as informações ali contidas, tais como número atômico e massa atômica, bem como a identificação dos elementos semicondutores.

Em seguida, o professor desenha ou mostra a estrutura de um cristal intrínseco do Silício como na figura A.7, que destaca o compartilhamento de elétrons nas quatro ligações covalentes.

Figura A.7 – Ligação covalente e elétrons de Valencia do átomo de Silício.



Fonte: Boylestad, Nashelsky (1998, p. 4).

A dopagem

Informar que as características do cristal intrínseco de Silício, por exemplo, podem ser alteradas significativamente pela adição de certos átomos de impurezas. Estas impurezas, embora adicionadas na razão de apenas uma parte em 10 milhões, podem alterar suficientemente a estrutura de banda e modificar totalmente as propriedades elétricas do material.

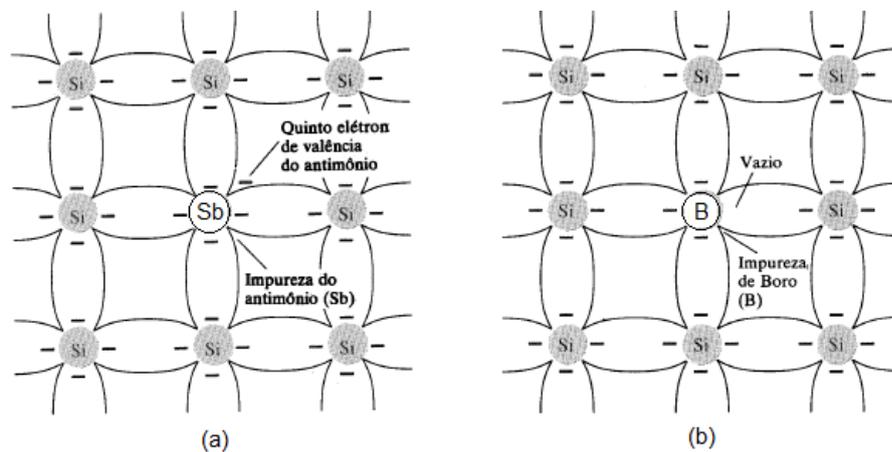
A esta adição de impurezas nos semicondutor de Silício (Si) ou Germânio (Ge) dá-se o nome de dopagem e o material passa a ser chamado de material extrínseco do tipo **p** e do tipo **n**.

Neste momento, o professor deve voltar à tabela dos elementos químicos e destacar o Antimônio (Sb) e Boro (B) que são, respectivamente, pentavalente e trivalente, ou seja, eles têm 5 e 3 elétrons na última camada. São também, respectivamente, chamados de átomos doadores, pois doam um elétron para a configuração e aceitadores, pois aceitam a inclusão de

um elétron na configuração. Quando, por processos industriais, estes elementos são inseridos no cristal intrínseco do semiconductor geram os materiais tipo *n* e tipo *p* como mostra a figura A.8.

O professor deve salientar que, para que o processo acima ocorra, as duas substâncias, o Silício e o elemento pentavalente ou trivalente, enquanto matéria prima, deve passar por um tratamento adequado para a purificação e para que ocorra uma combinação adequada entre os dois materiais.

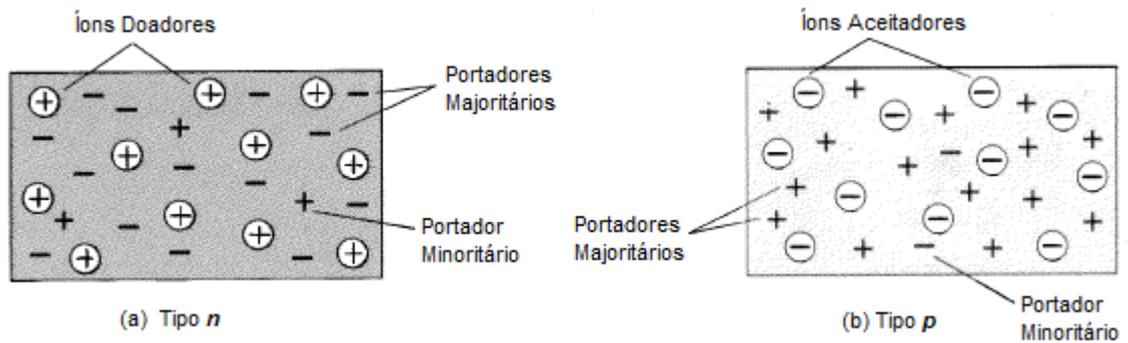
Figura A.8 – Impureza de (a) Antimônio (Sb) no material tipo *n* e (b) Boro (B) no material tipo *p*.



Fonte: Boylestad, Nashelsky (1998, p. 6).

É importante destacar que mesmo com um grande número de elétrons “livres” no material tipo *n* e com um grande número de lacunas “livres” no material tipo *p*, o material extrínseco ainda é eletricamente neutro uma vez que a quantidade de prótons continua igual à de elétrons como visto na figura A.9.

Figura A.9 – Esquema de material (a) tipo *n*; (b) material tipo *p*



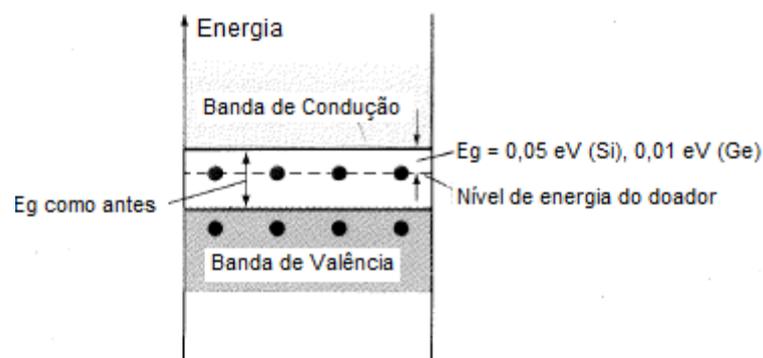
Fonte: Boylestad, Nashelsky (1998, p. 7).

Para melhor compreensão do aluno, o professor deve explicar o efeito na condutividade relativa usando o diagrama de banda de energia visto na figura A.10.

Um nível de energia discreto (chamado nível doador) aparece na banda proibida com uma Energia de Gap, E_g , significativamente menor do que o do material intrínseco.

Desta forma, os elétrons “livres”, devido à impureza adicionada, situam-se neste nível de energia e tem menos dificuldade de absorver uma medida suficiente de energia térmica a fim de mover-se para a banda de condução na temperatura ambiente. Com isso, a condutividade do material aumenta significativamente.

Figura A.10 – Efeito das impurezas doadoras na estrutura da banda de energia



Fonte: Boylestad, Nashelsky (1998, p. 6).

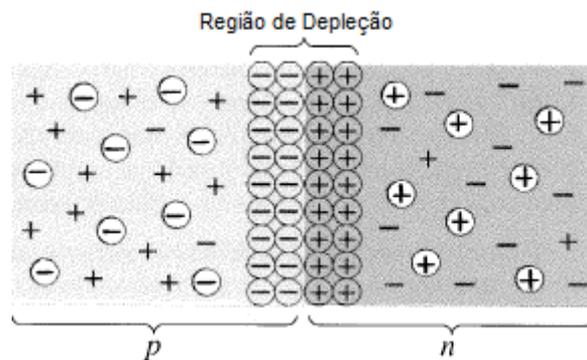
A barreira de potencial

Uma vez compreendido o processo de dopagem, o professor deve explicar o comportamento das cargas elétricas quando se uni os dois cristais tipo **p** e tipo **n** como visto na figura A.11, sem nenhuma polarização externa.

Note que os elétrons “livres” do material **n**, que se encontram próximos da junção, se recombinam com as “lacunas” próximas à junção no material tipo **p**, compondo uma região de depleção devida à falta de portadores na junção, formando íons ânions no lado **p** e cátions no lado **n**.

A presença destes íons estabelece uma barreira de potencial na junção que cessa o fluxo de cargas do lado **p** para o **n** e vice versa.

Figura A.11 – Junção **p-n** sem polarização externa.



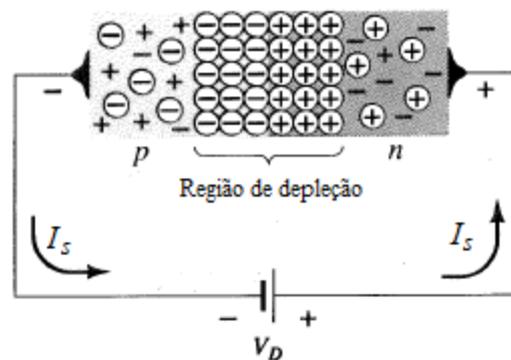
Fonte: Boylestad, Nashelsky (1998, p. 8).

As polarizações externas

Neste momento, o professor deve considerar a existência de uma polarização externa V_D com o positivo (+) da bateria conectado no cristal do tipo **n** e o negativo (-) no cristal do tipo **p**, como mostra a figura A.12. Nesta configuração, que é chamada de polarização reversa, a fonte alimentará negativamente o lado **p** e permitirá a fluidez dos elétrons “livres” do lado **n** para seu polo positivo.

Desta forma, observa-se um aumento da região de depleção e a corrente que circula é conhecida como corrente de saturação reversa I_S cujo valor raramente é maior que poucos microampères. Como a corrente é muito baixa dizemos que o dispositivo não conduz nesta configuração.

Figura A.12 – Junção $p-n$ polarizada reversamente.

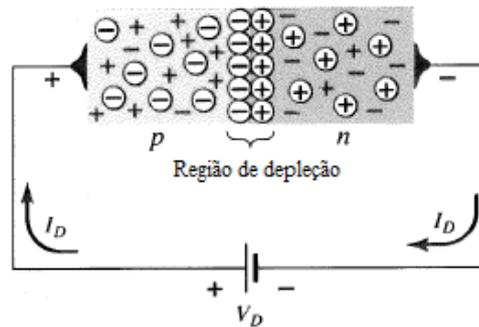


Fonte: Boylestad, Nashelsky (1998, p. 8).

Inverte-se, agora a polaridade da fonte externa V_D com o negativo (-) da bateria conectado no cristal do tipo n e o positivo (+) no cristal do tipo p , como na figura A.13. Nesta configuração, a fonte força os elétrons no material tipo n e as lacunas no material tipo p a recombinarem-se com os íons próximos da junção, reduzindo assim a largura da região de depleção.

Com a diminuição da região de depleção, a corrente que circula é conhecida como corrente direta I_D e seu crescimento ocorre de forma exponencial, limitado pelo valor da fonte externa V_D . Esta configuração é conhecida como polarização direta.

Figura A.13 – Junção **p-n** polarizada diretamente.

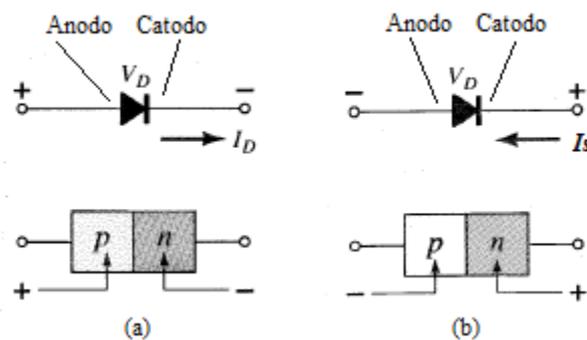


Fonte: Boylestad, Nashelsky (1998, p. 9).

O diodo

O componente eletrônico formado pela união dos cristais tipo **p** e tipo **n** acima descritos, recebe o nome de Diodo Semicondutor, cuja representação esquemática é vista na figura A.14, bem como o nome de seus terminais, a saber, o Anodo e o Catodo.

Figura A.14 – Condições de polarização (a) direta e (b) reversa para um diodo semicondutor.



Fonte: Boylestad, Nashelsky (1998, p. 9).

Curva característica

O comportamento do diodo semicondutor de Silício em termos de condutividade de corrente elétrica, quando a tensão externa V_D varia de um grande valor negativo a um valor típico positivo, é mostrado no gráfico da figura A.15, conhecido como Curva Característica do diodo semicondutor. Ilustra as regiões de polarização direta, reversa e sem polarização. Note-se que a corrente de polarização reversa é pequena, na casa de microampères.

O gráfico mostra também que os valores da tensão V_D maiores que zero ($V_D > 0$) apresentam uma graduação de décimos de volt, ao passo que para V_D menor que zero ($V_D < 0$) a graduação apresentada é de dezenas de volts. Isto se deve ao fato de que na polarização direta ($V_D > 0$), o diodo conduz com facilidade e apresenta um crescimento exponencial para a corrente e, portanto, a tensão V_D sobre ele é pequena.

Já na polarização reversa ($V_D < 0$), a condução da corrente é dificultada pela barreira de potencial alongada na junção do diodo, fazendo com que este suporte uma maior tensão V_D negativa.

A física do estado sólido mostra que as características gerais do diodo semicondutor, para as regiões de polarização direta e reversa, são definidas pela seguinte equação:

$$I_D = I_S \left(e^{K \cdot V_D / T_k} - 1 \right) \quad (8)$$

Onde:

I_S = corrente de saturação reversa;

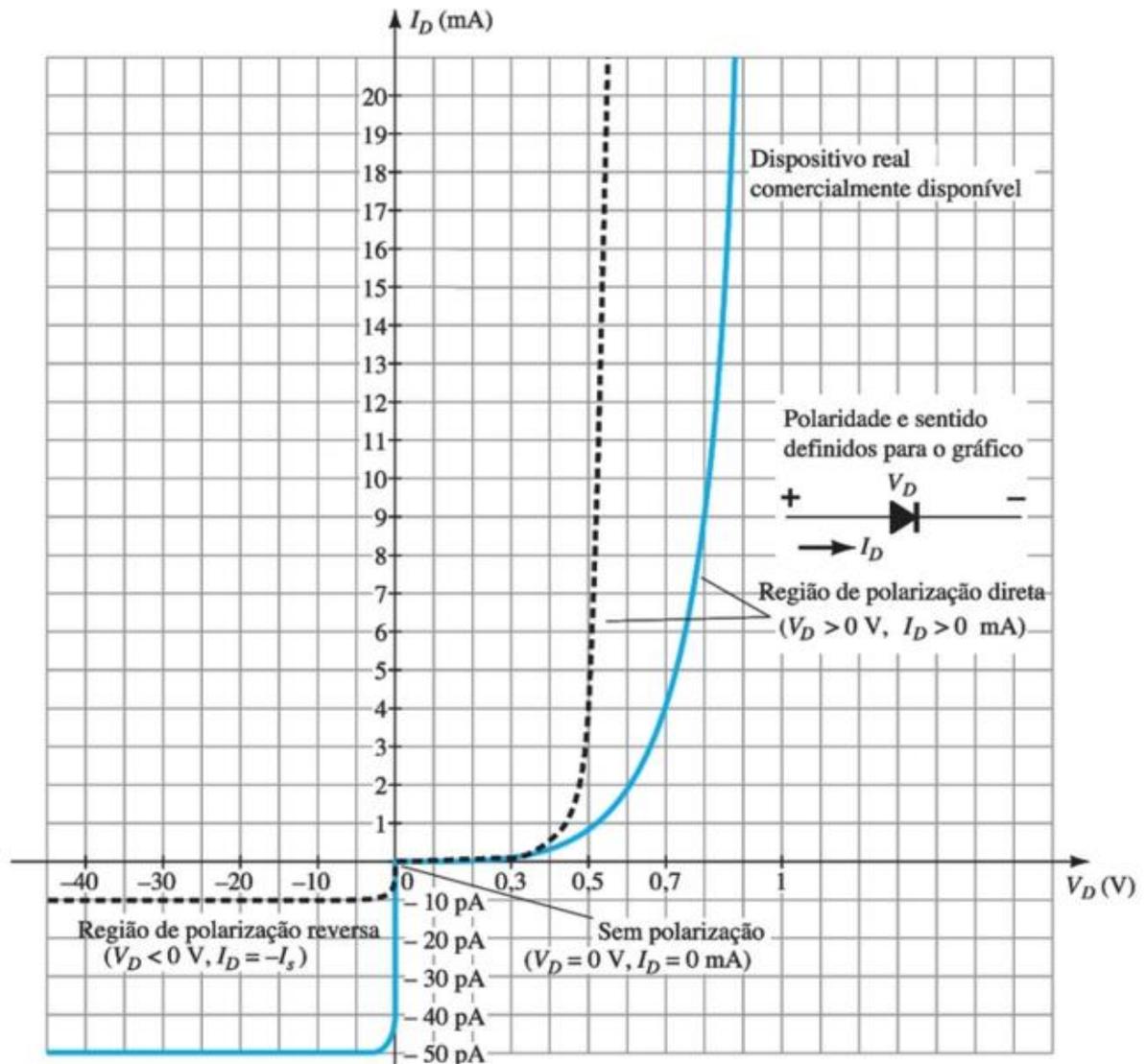
$T_k = T_C + 273^\circ$;

$k = 11600/\eta$.

Os valores de η na constante k acima são definidos: Em níveis relativamente baixos de corrente de diodo, $\eta = 1$ para Si e $\eta = 2$ para Ge.

Em níveis maiores de corrente de diodo, $\eta = 1$ para Si e para Ge.

Figura A.15 – Curva característica do diodo semiconductor de silício.



Fonte: Boylestad, Nashelsky (1998, p. 10).

Aplicações

O professor deve destacar que o diodo semiconductor aqui apresentado possui uma enorme gama de aplicação, tais como:

- *Circuitos retificadores (AC/DC)*, responsáveis pela conversão da tensão alternada em tensão contínua que alimenta todos os circuitos eletrônicos;
- *Circuitos ceifadores*, também conhecidos como limitadores de tensão, seletores de amplitude, possuem a característica de

“ceifar” uma porção do sinal de entrada sem distorcer o restante da forma de onda alternada;

- *Circuitos grampeadores* são os que “grampeiam” ou fixam o sinal de tensão em um nível DC diferente;
- *Lâmpada Led*, composta pelos diodos emissores de luz (LED).

Além de outras modalidades de diodos, tais como o diodo *Zener*, entre outros.

QUARTA ATIVIDADE

O professor distribui para cada grupo o circuito a ser montado na placa de conexões. Dá-se início à identificação e a retirada dos componentes das placas de sucatas.

SÉTIMA E OITAVA AULA

OBJETIVO

Incentivar o trabalho em grupo, visto que existe uma necessidade de compartilhamento de componentes das sucatas, bem como a interação entre os membros de cada grupo, visando uma melhor distribuição das tarefas de acordo com as habilidades de cada um.

RECURSOS INSTRUCIONAIS

Laboratório de física ou sala de aula com mesas, extensões elétricas e sugador de solda.

DINÂMICA DA AULA

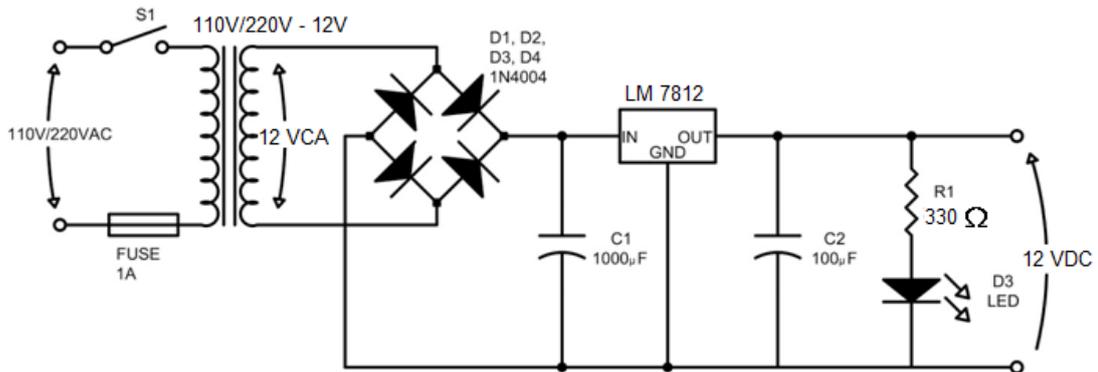
O professor deve escolher circuitos simples como as fontes de tensão que em geral apresentam valores relativamente pequenos de tensão tais como 3, 5, 9 ou 12 Volts. Esta preocupação traz mais segurança aos alunos no manuseio e operação dos circuitos.

Estes circuitos necessitam de um transformador redutor de tensão 110/220 para 12+12 volts ou outro valor.

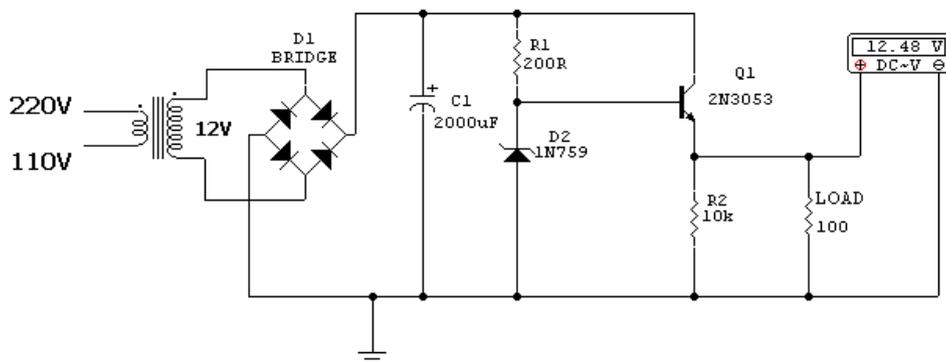
Caberá ao professor e aos alunos a decisão de como adquirir este componente bem como os aparelhos de solda e o sugador. São equipamentos de baixo custo e basta um ou dois por grupo.

A figura A.16 apresenta cinco sugestões de circuitos fontes para serem montados pelos grupos, mas o professor pode encontrar outros mais interessantes. No site <http://www.newtoncbraga.com.br/> há muitas opções.

Figura A.16 (a) Circuito fonte AC/DC em ponte retificadora; (b) Circuito fonte AC/DC estabilizada com diodo Zener; (c) Circuito fonte AC/DC estabilizada com regulador de tensão; (d) Circuito fonte AC/DC estabilizada com regulador de tensão; (e) Circuito fonte AC/DC estabilizada com regulador de tensão em duas saídas.



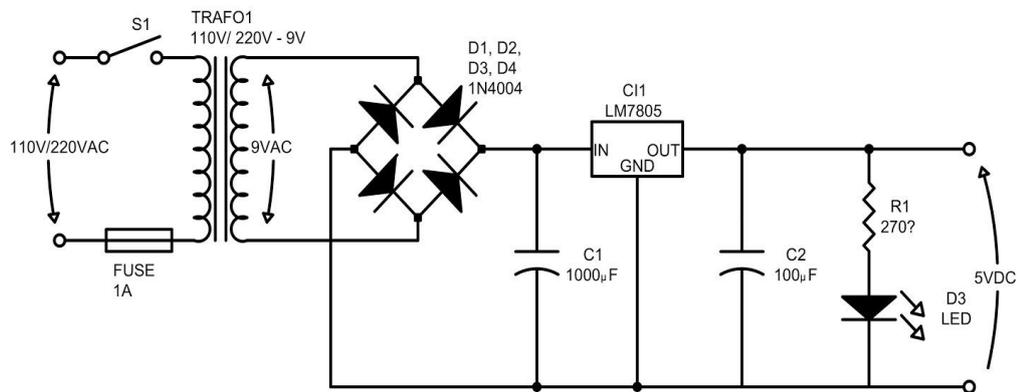
(a)



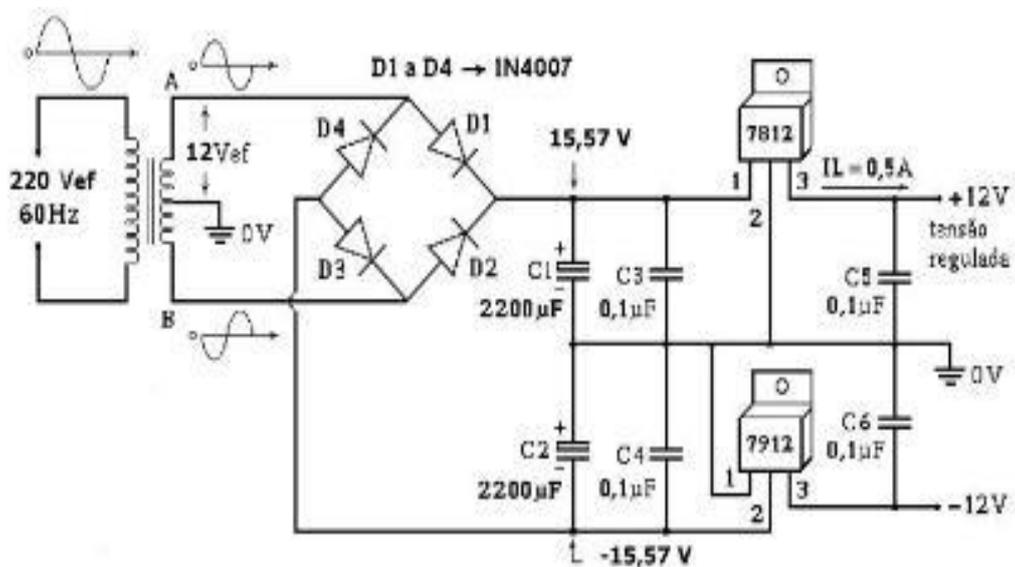
(b)



(c)



(d)



(e)

Fonte: Avante eletrônica (2014).

A figura A.17 apresenta as fotos do sugador e do ferro de solda que devem ser adquiridos para o projeto. A observação que se faz é atentar para o valor da tensão (110 ou 220 V) do ferro de solda.

Figura A.17 – (a) Sugador de solda e (b) Ferro de solda.



(a)



(b)

Fonte: O próprio autor.

QUINTA ATIVIDADE

O processo da retirada dos componentes deve acontecer em dois encontros, pois, devido à falta de prática dos alunos no manuseio do ferro de solda, ele é mais lento. A retirada deve ser realizada com acuidade para não danificar o componente.

NONA E DÉCIMA AULA

OBJETIVO

Integrar os grupos pelo trabalho coletivo de possível troca de componentes das sucatas que seja usado em outros circuitos, bem como entre os membros do grupo, pela habilidade de alguns na execução das tarefas;

RECURSOS INSTRUCIONAIS

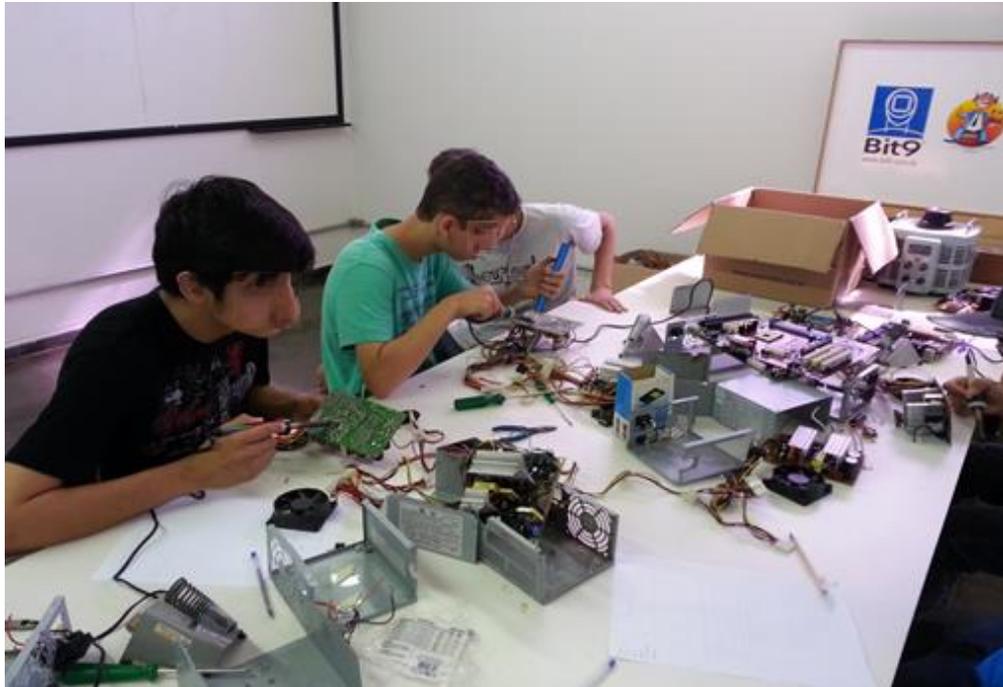
Laboratório de física ou sala de aula com mesas, extensões elétricas e sugador de solda.

DINÂMICA DA AULA

Com as placas de sucatas em mãos e com a definição do circuito de cada grupo, o professor autoriza os alunos o início do processo de retirada dos componentes de interesse. Para tal, devem ser utilizadas ferramentas como o ferro de solda e o sugador de solda como visto na etapa anterior.

As fotos da figura A.18 mostram os estudantes retirando os componentes das placas sucatas. É sempre bom lembrar-se dos cuidados no manuseio do ferro de soldar, pois é ligado na tensão 110 ou 220 volts e aquece o suficiente para derreter o estanho da solda dos componentes.

Figura A.18 – Estudantes usando: (a) o Sugador de solda e (b) o Ferro de solda.



a)



b)

Fonte: O próprio autor

SEXTA ATIVIDADE

De posse dos componentes, os grupos começarão o processo de montagem dos circuitos. O professor deve ficar atento quanto aos componentes que têm ou não polarização.

DÉCIMA PRIMEIRA E DÉCIMA SEGUNDA AULA

OBJETIVO

Conhecer a forma serial ou paralela que os componentes serão ligados em cada circuito, para garantir o bom funcionamento dos mesmos.

RECURSOS INSTRUCIONAIS

Laboratório de física ou sala de aula com mesas, extensões elétricas.

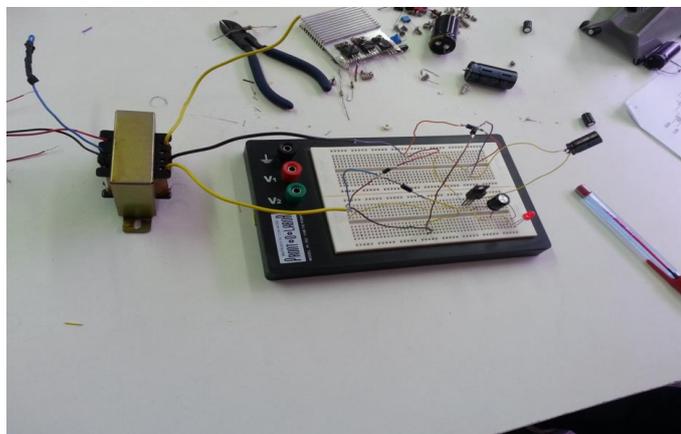
DINÂMICA DA AULA

Uma vez retirado os componentes discretos das sucatas, o professor solicita aos grupos que confirmem se todos os componentes elétricos estão disponíveis para início da montagem. Se afirmativo, a montagem é iniciada.

Esta montagem ocorre na placa de contatos (protoboard), como visto na figura A.19, que permite a interligação dos componentes sem a necessidade de solda entre os mesmos. Ela serve, também, para testes e experimentos diversos na área da elétrica e eletrônica.

Para a confirmação do funcionamento da fonte, os estudantes escolheram como carga DC um cooler também extraído da sucata.

Figura A.19 – Circuito da fonte DC montado em um protoboard.



Fonte: O próprio autor

SÉTIMA ATIVIDADE

Alimentar o circuito elétrico de forma adequada para que ele possa funcionar corretamente

DÉCIMA TERCEIRA E DÉCIMA QUARTA AULA

OBJETIVO

Verificar na prática a teoria de circuitos série e paralelo, devidamente compartilhados com os diodos semicondutores.

RECURSOS INSTRUCIONAIS

Laboratório de física ou sala de aula com mesas, extensões elétricas.

DINÂMICA DA AULA

Nesta atividade, o professor deve ter a acuidade na verificação da montagem dos circuitos, pois uma ligação errada pode danificar os componentes elétricos não permitindo seu funcionamento. Como cada circuito tem sua finalidade, depois de verificar a correta conexão dos elementos elétricos, basta ligá-los na energia 110 ou 220 V e analisar os resultados do mesmo.

Neste momento, o professor, sabendo da finalidade do circuito montado, precisa explicar aos alunos o que está acontecendo e mostrar que os objetivos da proposta da montagem foram atendidos.

O grupo deve então fazer suas anotações no caderno para as devidas apresentações aos demais colegas do outro grupo.

OITAVA ATIVIDADE

Cada grupo deve estudar o funcionamento de seu circuito e de sua aplicação, apresentando-o de forma rápida aos outros grupos.

DÉCIMA QUINTA E DÉCIMA SEXTA AULA

OBJETIVO

Treinar exposição de trabalhos em eventos, reconhecendo o esforço do grupo e o trabalho coletivo de todos os alunos.

RECURSOS INSTRUCIONAIS

Laboratório de física ou sala de aula com mesas, extensões elétricas.

DINÂMICA DA AULA

Esta é a atividade de fechamento do projeto. Ela permite aos alunos apresentarem seus trabalhos aos colegas de forma profissional e em grande estilo.

O professor deve orientar os alunos quanto à forma correta de apresentação em público, fazendo deste momento uma confraternização, devidamente autorizado pela escola.

Sugerimos aqui a elaboração de um certificado de participação aos alunos pelo envolvimento e comprometimento nas tarefas executadas.

AVALIAÇÃO

Como avaliação o professor deverá solicitar aos alunos um relatório de todas as atividades envolvidas pelo grupo.

APÊNDICE B

AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA

Avaliação aplicada aos alunos do projeto, para medir a expectativa de cada um em participar do mesmo, bem como destacar seu envolvimento e conhecimento das atuais tecnologias.

1- Descreva de forma sucinta o seu interesse em participar deste projeto. (Máximo de cinco linhas)

Respostas dos alunos:

A₁- Expandir meus conhecimentos;

A₂- Quero expandir meus conhecimentos nessa área e espero que o projeto seja ótimo;

A₃- Projeto interessante que era ajudar a entender mais sobre circuitos elétricos;

A₄- Aprender mais técnicas na área de produtos eletrônicos;

A₅- Aumentar minhas capacidades e conhecimentos eletrônicos para me tornar um técnico de computação mais experiente.

GRUPO I

1- Você conhece um amplificador de potência para sistema de som? Qual o modelo e o valor de sua potência?

Respostas dos alunos:

A₁- Não;

A₂- Não;

A₃- Sim, Pioneer 1200 watts;

A₄- Não;

A₅- Não.

2- Você tem celular? Caso afirmativo, ele tem acesso à internet?
Que aplicativo mais usa?

Respostas dos alunos:

A₁- Sim, Whatsapp;

A₂- Sim, Whatsapp;

A₃- Sim, Whatsapp;

A₄- Sim, music player; (musicas).

A₅- Sim, clash of clans; (game).

3- Quantas pessoas de sua família possui celular?

Respostas dos alunos:

A₁- Todos;

A₂- Todos;

A₃- Todos os quatro;

A₄- Sem resposta;

A₅- Todos.

4- A televisão de sua casa é tela plana e digital? Qual o modelo e o tamanho?

Respostas dos alunos:

A₁- Sony 52';

A₂- Toshiba 42';

A₃- Samsung 46';

A₄- Sim é digital, Samsung Led full HD 40';

A₅- Sim, 42'.

5- Você tem computador em sua casa? Caso afirmativo, em que quantidade? Eles têm acesso à internet?

Respostas dos alunos:

A₁- Sim temos 2 notebooks com acesso à internet;

A₂- Sim temos 2 notebooks com acesso à internet;

A₃- Sim temos 2 notebooks com acesso à internet;

A₄- Sim temos 2 notebooks com acesso à internet;

A₅- Sim.

6- Você tem Tablet? Seu uso é diário ou apenas em alguma atividade familiar?

Respostas dos alunos:

A₁- Sim e seu uso é em apenas algumas atividades;

A₂- Sim diário;

A₃- Não;

A₄- Não;

A₅- Não.

7- Você conhece alguma tecnologia de transmissão de dados em celular ou Tablet?

Respostas dos alunos:

A₁- Bluetooth;

A₂- Bluetooth;

A₃- Bluetooth;

A₄- Sem resposta;

A₅- Sim.

GRUPO II

1- Você conhece algum semicondutor? Se afirmativo, qual?

Respostas dos alunos:

A₁- Não;

A₂- Não;

A₃- Não;

A₄- Não;

A₅- Não.

2- Para que serve um semicondutor?

Respostas dos alunos:

A₁- Sem resposta;

A₂- Sem resposta;

A₃- Sem resposta;

A₄- Distribuição de energia;

A₅- Distribuição de energia.

3- Cite algumas características de um semicondutor.

Respostas dos alunos:

A₁- Sem resposta;

A₂- Sem resposta;

A₃- Sem resposta;

A₄- Sem resposta;

A₅- Controle de energia.

4- Você saberia explicar o funcionamento do touch screen?

Respostas dos alunos:

A₁- Toque para funcionar;

A₂- Toque para funcionar;

A₃- Toque para funcionar;

A₄- Tela sensível ao toque;

A₅- Tocando na tela para ativar o sensor.

5- Você conhece e sabe como funciona um transistor?

Respostas dos alunos:

A₁- Não;

A₂- Não;

A₃- Não;

A₄- Não;

A₅- Não.

6- Você já conhece algum tipo de Circuito Integrado? Sabe para que serve?

Respostas dos alunos:

A₁- Não;

A₂- Não;

A₃- Não;

A₄- Não;

A₅- Não.

7- Você já utilizou algum tipo de fonte de tensão? Em que momento?

Respostas dos alunos:

A₁- Sem resposta;

A₂- Não;

A₃- Não;

A₄- Não;

A₅- Não.

APÊNDICE C

AVALIAÇÃO DE APRENDIZAGEM

1- Você e seu grupo retiraram alguns componentes das sucatas eletrônicas e com eles vocês montaram uma fonte de tensão contínua. Em sua opinião, esta experiência foi importante para você? Em que ela contribuiu ou contribuiu na sua vida escolar do ensino médio?

Respostas dos alunos:

A₁- É uma experiência bastante interessante, elas nos possibilita entender melhor como funciona as correntes elétricas ajuda a conhecer melhor a parte física dos componentes, tais como fontes, etc.

A₂- Foi muito importante para mim, me ajudou compreender a matéria do Ensino Médio.

2- Fora de seu grupo de trabalho, você comentou a respeito deste projeto com seus familiares e amigos? O que eles acharam?

Respostas dos alunos:

A₁- Comentei com meus familiares, eles acharam bem legal a ideia de fazer esse curso.

A₂- Comentei apenas com meus familiares, eles acharam muito importante para meu histórico escolar e eles acharam muito interessantes.

3- Com o uso do ferro de solda e do sugador vários componentes foram sacados das placas. Você saberia dizer o nome de alguns destes componentes e para que servem? Se afirmativo, favor citá-los.

Respostas dos alunos:

A₁- O resistor é um dispositivo elétrico, cuja principal característica é *oferecer certa resistência na passagem da corrente elétrica, seja para aproveitar o calor gerado por essa resistência ou para reduzir a corrente elétrica em algum ponto do circuito.*

O capacitor é um componente que tem como característica o *armazenamento de carga elétrica.*

O diodo é um componente elétrico que tem por função *permitir a passagem de corrente somente numa direção, impedindo no sentido contrário.*

O transistor é um diodo com a *possibilidade de controlar a passagem de corrente.*

A₂- *Capacitor, Transistor, Resistor, Diodo.*

4- Durante o projeto houve um minicurso sobre dopagem de semicondutores. Você saberia dizer o que é dopar um semicondutor para obtenção de um diodo? Caso afirmativo, explique com suas palavras.

Respostas dos alunos:

A₁- *Dopagem eletrônica consiste num procedimento de adição de impurezas químicas a um elemento semicondutor para transformá-lo num elemento mais condutor, porém, de forma controlada.*

A₂- *Espedito eu não me lembro sobre essa parte do curso, pois estava doente e não pude comparecer.*

5- Se a disciplina de física de sua escola estadual tivesse uma parte como este projeto, o que você diria quanto ao grau de interesse e participação dos colegas?

Respostas dos alunos:

A₁- É uma forma de aprendizado que seria mais interessante e seria uma forma bem melhor de se compreender a matéria, visando que é uma forma prática.

A₂- O grau de interesse seria o máximo possível, e tenho certeza que todas iriam realizar todas as tarefas propostas.

6- Sabe-se que a disciplina de física apresenta baixo nível de interesse entre os alunos. Em sua opinião, caso sua escola adote este projeto dentro da disciplina de física, poderia melhorar a curiosidade dos colegas, aumentando o interesse pela disciplina de física?

Respostas dos alunos:

A₁- Isso tornaria a matéria de física mais interessante e menos odiada pelos alunos.

A₂- Iria aumentar o interesse se os professores fizesse todas as partes praticas do projeto, fazendo com que os alunos se interessasse e assim aprendendo mais sobre a matéria.

7- De algumas sugestões que possa melhorar este projeto.

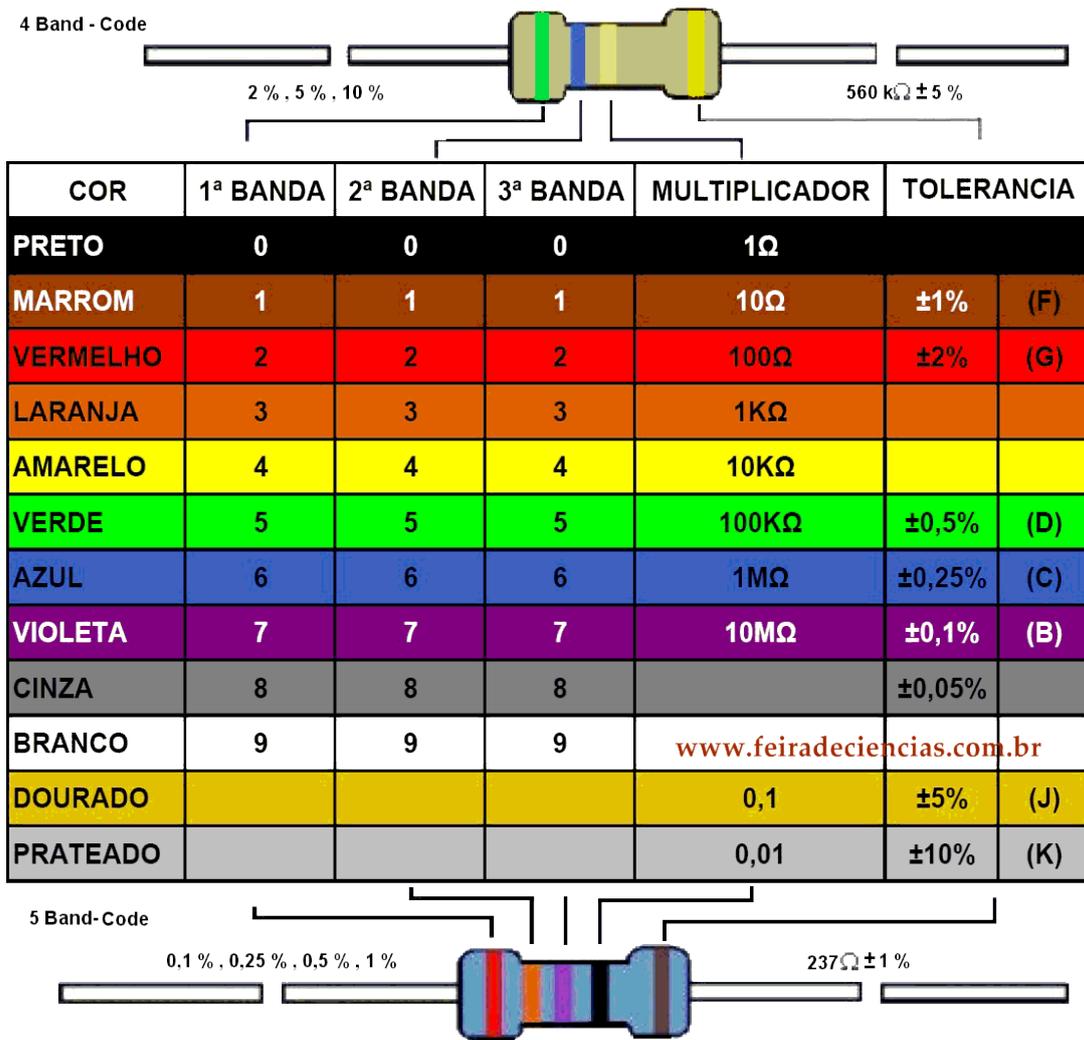
Respostas dos alunos:

A₁- O projeto está bem elaborado e bem interessante.

A₂- Projeto Excelente, o que me fez se interessar ainda mais sobre o assunto.

APÊNDICE D

QUADRO DE VALORES DE RESISTORES



Fonte: Baú da eletrônica – 2015.