



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



PRODUTO EDUCACIONAL

PLANO DE ENSINO

METODOLOGIA DE ENSINO DE SEMICONDUTORES
NO ENSINO MÉDIO

Espedito Rodrigues

Produto Educacional associado à Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão no Curso de Mestrado Nacional Profissional de 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
Dezembro 2015

PLANO DE ENSINO
TEMA: METODOLOGIA 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 “Metodologia 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 os professores e alunos, com uma sequencia 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.

Algumas Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais informam que a Física deve vir a ser reconhecida como um processo cuja construção ocorreu ao longo da história da humanidade, impregnado 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” do Professor Teodiano Freire Bastos Filho³, 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 E-mail: teodiano.bastos@ele.ufes.br 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 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 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.	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

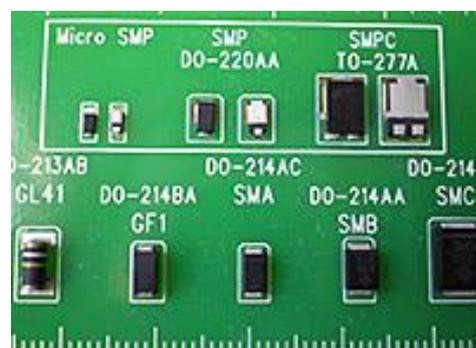
Quadro e pincel/giz e placas de sucatas.

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

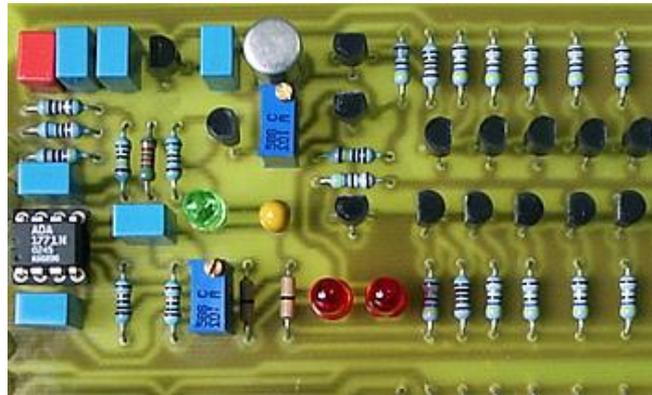


Fonte: Timi Audio.

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 2, circuito com componentes discretos, serão utilizadas, pois o tamanho de seus componentes facilita o manuseio e sua retirada.

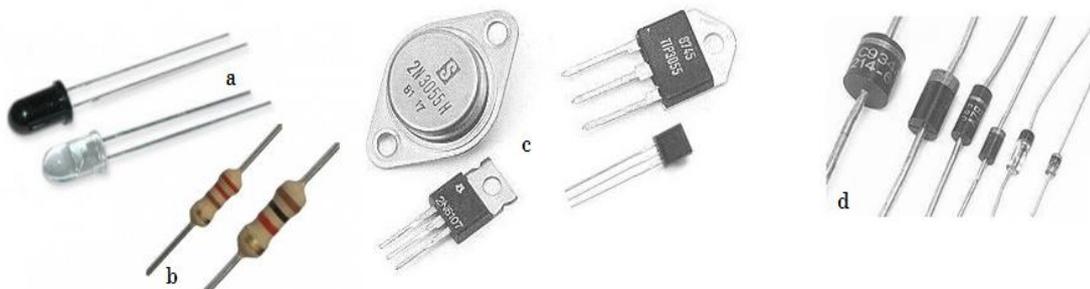
Figura 2 - Vista parcial da placa de circuito impresso (PCB) de um circuito de áudio que utiliza componentes para montagem por inserção (through hole).



Fonte: Timi Audio.

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

Figura 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/>

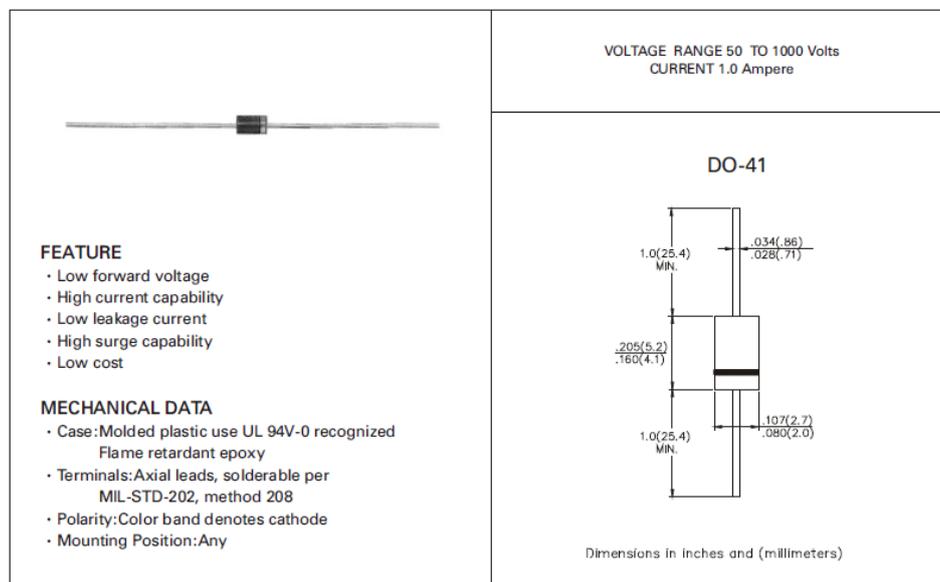
A busca deve ser orientada para procurar alguma especificação dos componentes tais como as características da capacidade de corrente, potência máxima de trabalho e tensão nominal dos componentes, para que tais informações possam nortear o dimensionamento das possíveis aplicações dos mesmos.

Como exemplo, vê-se no site <http://www.alldatasheet.com/> alguns dados do diodo 1N4004 como mostra a figura 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 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.

Fonte: Alldatasheet.

Outro exemplo de pesquisa é o do semiconductor LM7812 de fabricação da Fairchild, como mostra a figura 5, que é um regulador de tensão para 12 volts. Note na Figura 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 5 – Foto do Regulador de tensão LM7812.



Fonte: Fairchild

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

Electrical Characteristics (LM7812)						
Refer to the test circuit, $-40^{\circ}\text{C} < T_J < 125^{\circ}\text{C}$, $I_O = 500 \text{ mA}$, $V_I = 19 \text{ V}$, $C_I = 0.33 \mu\text{F}$, $C_O = 0.1 \mu\text{F}$, 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 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

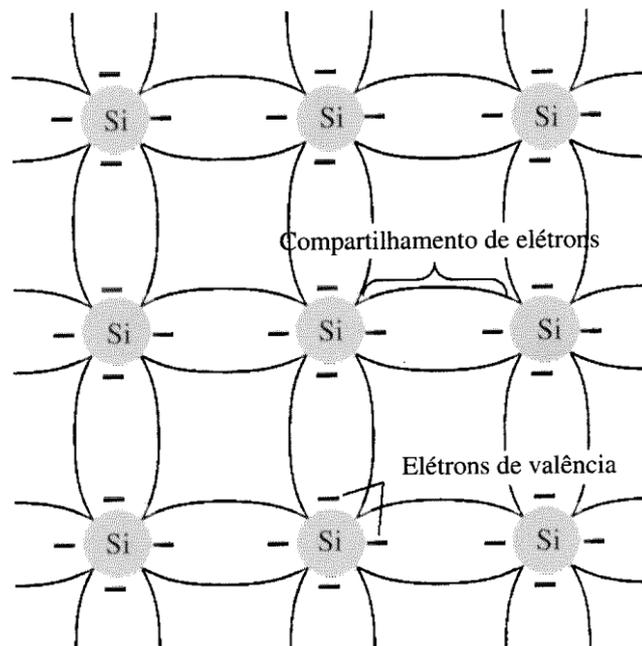
Cristais intrínsecos

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 7 que destaca o compartilhamento de elétrons nas quatro ligações covalentes.

Figura 7 – Ligação covalente e elétrons de Valência 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.

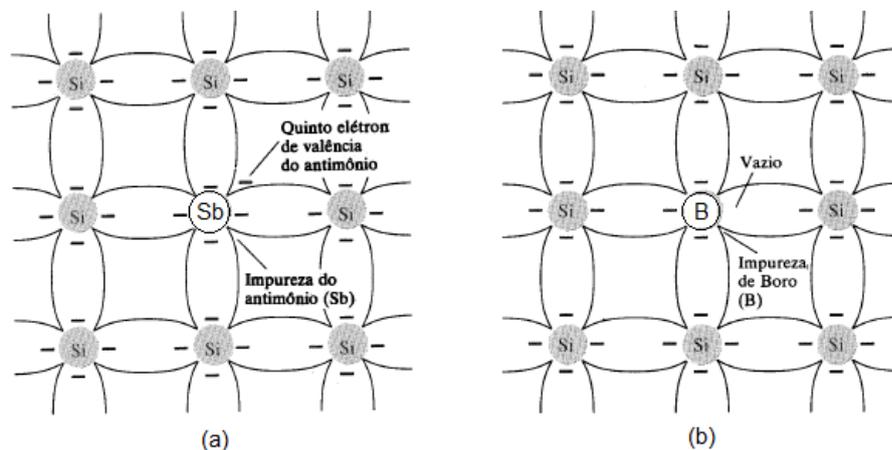
A esta adição de impurezas nos semicondutor de silício (Si) ou germânio (Ge) dá-se o nome de dopagem e o material passa a ser chamado de material extrínseco do tipo **p** e do tipo **n**.

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 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.

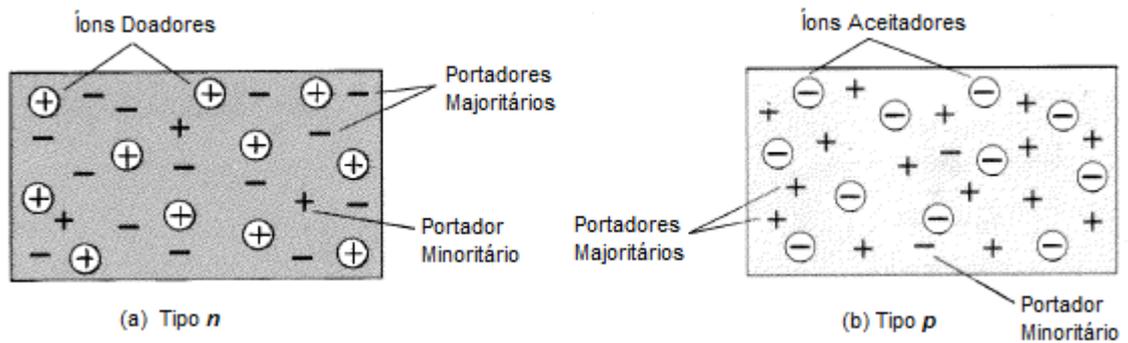
Figura 8 – Impureza de (a) Antimônio (Sb) no material tipo *n* e (b) Boro (B) no material tipo *p*.



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 9.

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



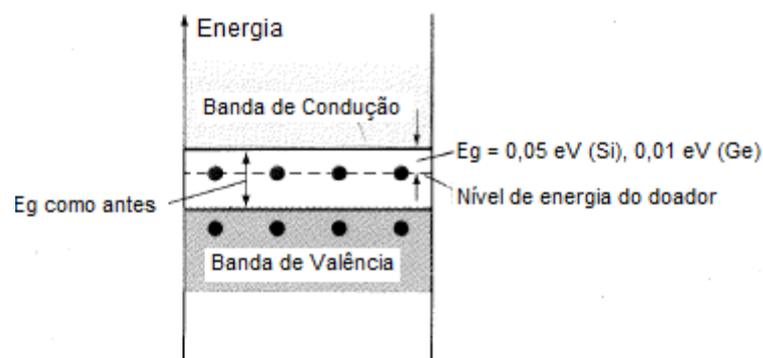
Fonte: Boylestad, Nashelsky (1998, p. 7).

Para melhor compreensão do aluno, o professor deve explicar o efeito na condutividade relativa usando o diagrama de banda de energia visto na figura 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 10 – Efeito das impurezas doadoras na estrutura da banda de energia



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

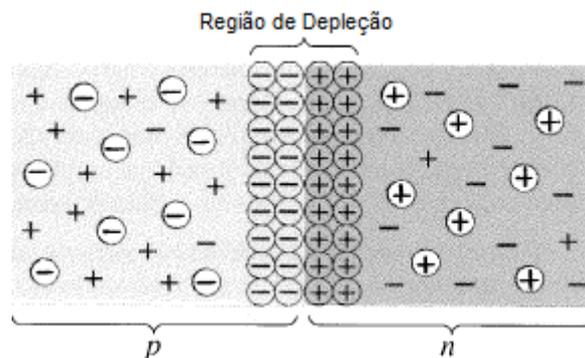
A barreira de potencial

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



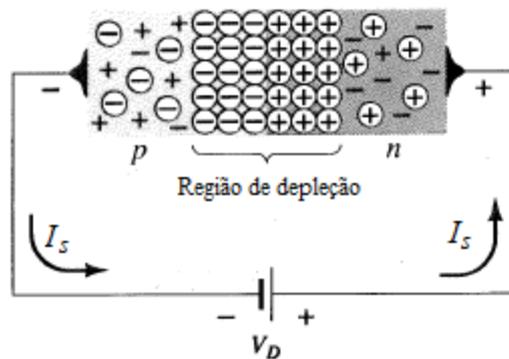
Fonte: Boylestad, Nashelsky (1998, p. 8).

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 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 12 – Junção **p-n** polarizada reversamente.

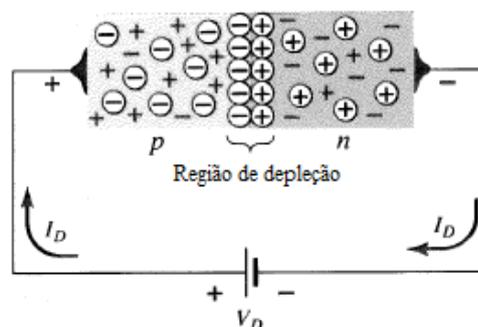


Fonte: Boylestad, Nashelsky (1998, p. 8).

Vamos agora inverter 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 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 e é limitado pelo valor da fonte externa V_D . Esta configuração é conhecida como polarização direta.

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

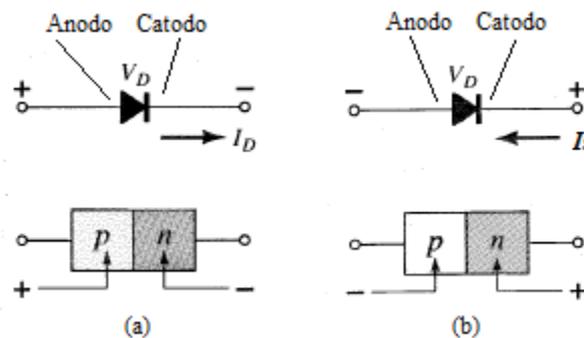


Fonte: Boylestad, Nashelsky (1998, p. 9).

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 14 bem como o nome de seus terminais, a saber, o Anodo e o Catodo.

Figura 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 15, conhecido como Curva Característica do diodo semicondutor, e 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 semiconductor para as regiões de polarização direta e reversa, são definidas pela seguinte equação:

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

Onde I_S = corrente de saturação reversa;

$$k = 11600/\eta$$

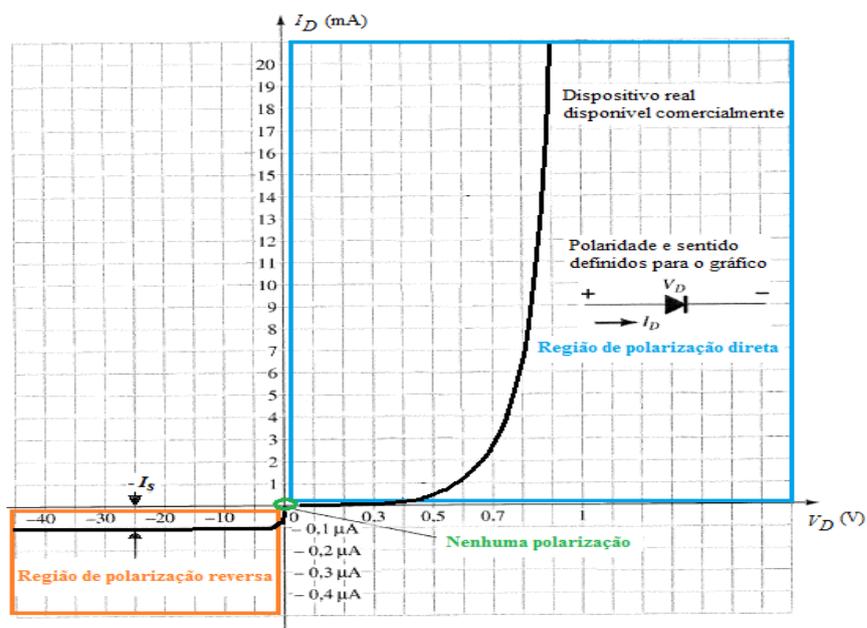
$$T_k = T_C + 273^\circ$$



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 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;
- *Lâmpadas 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 e dá-se o início à identificação e 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

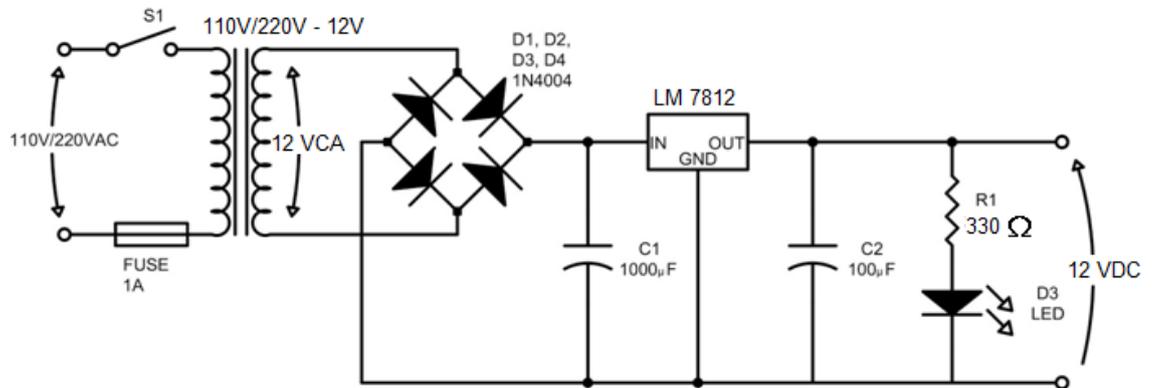
O professor deve escolher circuitos simples como as fontes de tensão que em geral apresentam valores relativamente pequenos de tensão tais como 3, 5, 9 ou 12 Volts. Esta preocupação traz mais segurança aos alunos no manuseio e operação dos circuitos.

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

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

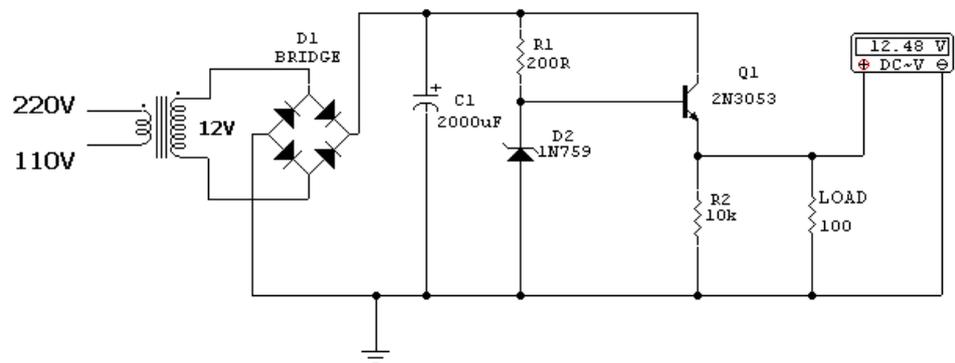
A figura 16 apresenta cinco sugestões de circuitos fontes para serem montados pelos grupos, mas o professor pode encontrar outros mais interessantes. No site <http://www.newtoncbraga.com.br/> há muitas opções.

Figura 16 (a) – Circuito fonte AC/DC em ponte retificadora.



Fonte: Avante eletrônica (2014).

Figura 16 (b) – Circuito fonte AC/DC estabilizada com diodo Zener.



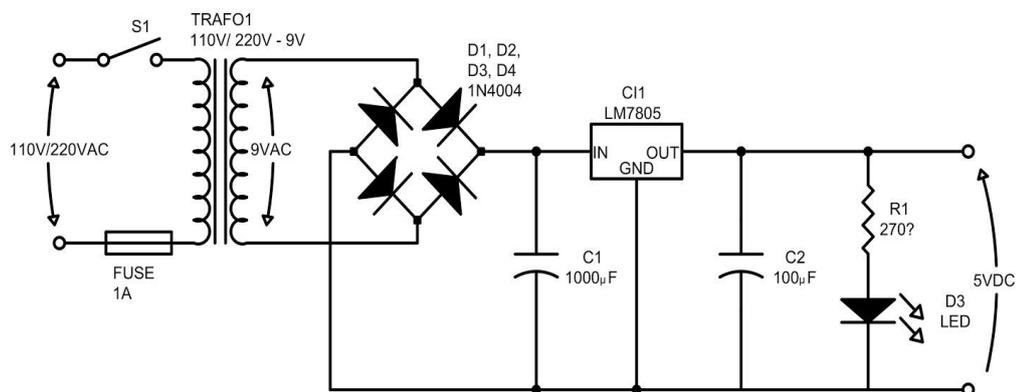
Fonte: Avante eletrônica (2014).

Figura 16 (c) – Circuito fonte AC/DC estabilizada com regulador de tensão.



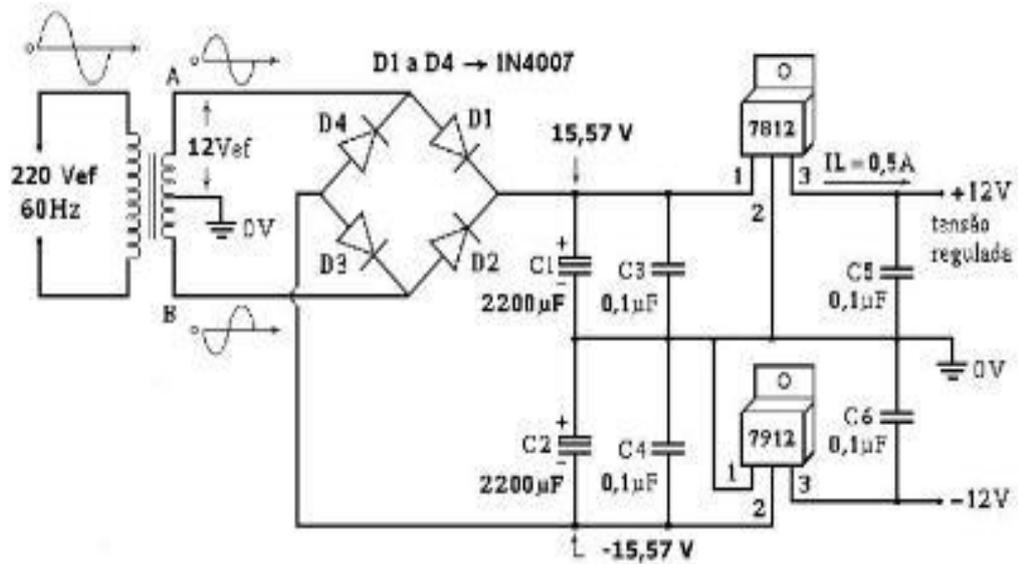
Fonte: Avante eletrônica (2014).

Figura 16 (d) – Circuito fonte AC/DC estabilizada com regulador de tensão.



Fonte: Avante eletrônica (2014).

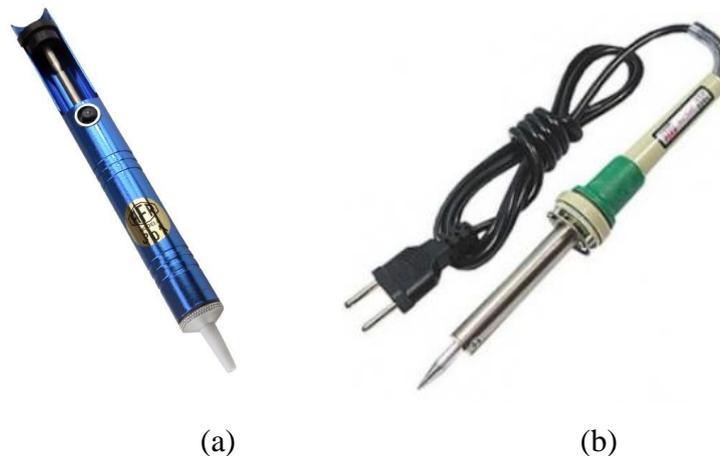
Figura 16 (e) – Circuito fonte AC/DC estabilizada com regulador de tensão em duas saídas.



Fonte: Avante eletrônica (2014).

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

Figura 17 – Sugador de solda (a) e Ferro de solda (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 ferir 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 sugador de solda como visto na etapa anterior.

Nas fotos da figura 18 pode ser visto 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 e aquece o suficiente para derreter o estanho da solda dos componentes.

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



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 para explicar os componentes que tem 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.

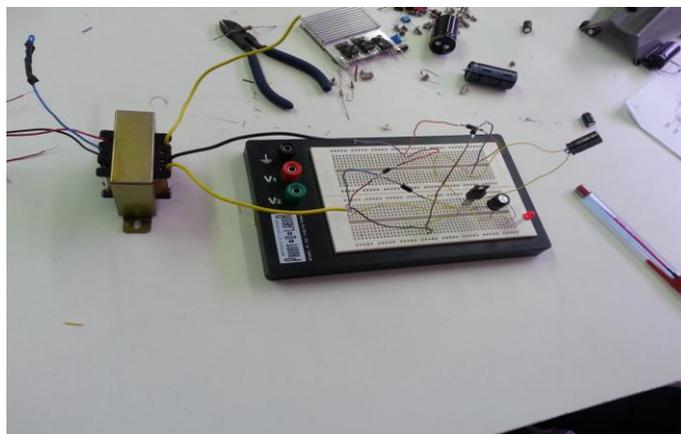
DINÂMICA DA AULA

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 19, que permite a interligação dos componentes sem a necessidade solda entre os mesmos e serve 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 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 compartilhado 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 aos alunos a forma correta de apresentação em público fazendo deste momento uma festa com direito até de lanche especial, 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 e uma conclusão final.

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.

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

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