

Universidade Federal de Juiz de Fora
Instituto de Ciências Exatas
Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

Ciro Lino Bellan

KITS DIDÁTICOS PARA O ENSINO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS FEITOS
COM MATERIAIS DE FÁCIL ACESSO E DE BAIXO CUSTO

Juiz de Fora
2017



KITS DIDÁTICOS PARA O ENSINO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS FEITOS COM
MATERIAIS DE FÁCIL ACESSO E DE BAIXO CUSTO

Ciro Lino Bellan

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

Orientador:
Júlio Akashi Hernandez

Co-orientador:
André Koch Torres Assis

Juiz de Fora
Fevereiro de 2017

KITS DIDÁTICOS PARA O ENSINO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS FEITOS COM
MATERIAIS DE FÁCIL ACESSO E DE BAIXO CUSTO

Ciro Lino Bellan

Orientador:
Júlio Akashi Hernandes

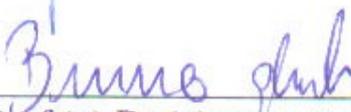
Co-orientador:
André Koch Torres Assis

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da
Universidade Federal de Juiz de Fora no Curso de Mestrado Profissional de
Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção
do título de Mestre em Ensino de Física

Aprovada em 13 de fevereiro de 2017 por:



Prof.(a) Dr.(a) Júlio Akashi Hernandes



Prof.(a) Dr.(a) Bruno Gonçalves



Prof.(a) Dr.(a) Rickson Coelho Mesquita

Juiz de Fora
Fevereiro de 2017

FICHA CATALOGRÁFICA

Bellan, Ciro Lino .

Kits didáticos para o ensino de circuitos elétricos feitos com materiais de fácil acesso e de baixo custo / Ciro Lino Bellan. -- 2017.

126 p.

Orientador: Júlio Akashi Hernandes

Coorientador: André Koch Torres Assis

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais, ICE/IFSEMG. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2017.

1. Ensino de física. 2. Circuitos elétricos. 3. Laboratório de física.
I. Hernandes, Júlio Akashi, orient. II. Assis, André Koch Torres, coorient. III. Título.

Dedico esta dissertação à minha mãe, Maria da Penha Lino Rocha.

Agradecimentos

Agradeço a todos que me apoiaram em minha trajetória acadêmica e profissional até aqui. Destaco meu orientador, Professor Doutor Júlio Akashi Hernandez, pela dedicação, ensinamentos e conselhos, que outrora não recebi de outros professores. Não tenho dúvidas que foi o melhor mestre que já tive, seus ensinamentos me fizeram enxergar novas possibilidades de trabalho e de aprendizado, me fizeram ver uma Física até então desconhecida por mim. Agradeço meu Co-orientador, Professor Doutor André Koch Torres Assis pela paciência e boa vontade em corrigir meus erros e me orientar no desenvolvimento deste trabalho, além dos ensinamentos que guardarei pelo resto de minha vida. Agradeço ainda à coordenadora do mestrado profissional em ensino de física deste polo, Professora Doutora Giovana Trevisan, principalmente por sua dedicação a este mestrado e particularmente, aos conselhos e apoio que me foram prestados, sem seu apoio teria sido muito mais difícil concluir este mestrado. Agradeço aos meus amigos e à minha namorada Karine, por me apoiarem nos momentos difíceis, nos momentos em que pensei em desistir desta caminhada. Por último e não menos importante, agradeço à minha mãe, Maria da Penha Lino e ao meu padrasto, Juarez dias da Silva, por sempre acreditarem em mim, por estarem sempre ao meu lado, por me ajudarem a ter mais esta conquista. Muito obrigado a todos.

RESUMO

KITS DIDÁTICOS PARA O ENSINO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS FEITOS COM MATERIAIS DE FÁCIL ACESSO E DE BAIXO CUSTO

Ciro Lino Bellan

Orientador:
Júlio Akashi Hernandez

Co-orientador:
André Koch Torres Assis

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Juiz de Fora no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

O presente trabalho tem como premissa que a atividade prática/experimental se constitui no elo entre o mundo abstrato dos pensamentos e ideias e o mundo concreto das realidades físicas. Essas atividades têm vital importância no processo de ensino/aprendizagem, pois são as mesmas que conectam a teoria e a prática, a ciência e o cotidiano do aluno. Acreditamos que não basta apenas elaborar uma nova proposta de atividade de ensino, é necessário que tal proposta seja viável para a grande maioria dos professores de física do país. É necessário fornecer suporte aos professores através de um material de apoio, para que possam maximizar e incrementar suas práticas pedagógicas relacionadas à experimentação.

Neste contexto surge a ideia de desenvolver circuitos elétricos didáticos utilizando materiais que possam ser encontrados facilmente pela maioria dos professores de física do país e que sejam de baixo custo. A ideia é que o próprio professor e os alunos montem os seus kits, sem gastar muito dinheiro e tempo. Assim, tanto professores quanto alunos terão a oportunidade de entender melhor a física do seu dia a dia e terão a oportunidade de vivenciar fenômenos físicos, até então deixados de lado ou não estudados com a devida atenção e importância.

O objetivo deste trabalho é desenvolver um kit para o ensino de circuitos simples, que seja funcional, de baixo custo e de grande acessibilidade. Além disso,

vamos desenvolver um material de apoio para os professores, para que possam utilizar os kits de maneira apropriada, promovendo satisfatoriamente o processo de ensino-aprendizagem.

Pretende-se mostrar como complementar as atividades didáticas no ensino de eletricidade, tanto em nível de ensino médio como de graduação, sem a necessidade de grandes investimentos financeiros e sem alterar o conteúdo programático de física.

Palavras-chave: Ensino de Física, Circuitos Elétricos, Laboratório de Física.

ABSTRACT

EDUCATIONAL KITS FOR THE TEACHING OF ELECTRIC CIRCUITS MADE WITH EASILY ACCESSIBLE AND LOW COST MATERIALS

Ciro Lino Bellan

Supervisor(s):

Júlio Akashi Hernandez

André Koch Torres Assis

Master's thesis submitted to the Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Juiz de Fora no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

Abstract: This work's premise is that the practical and experimental activity constitutes the link between the abstract world of thoughts and ideas and the concrete world of physical realities. These activities are of vital importance in the process of teaching and learning, they connect theory and practice, science and everyday life for the student. We believe that beyond preparing a new proposal for educational activity, it is necessary that such a proposal be feasible for the vast majority of the physics teachers. It must provide support for the teachers through additional material, so that they can maximize and enhance their teaching practices related to experimentation.

In this context we had the idea of developing educational kits of electric circuits using materials that can be easily found by the majority of the physics teachers of the country at a low cost. The idea is that teachers themselves and the students assemble their kits without spending much money and time. Thus, both teachers and students will have the opportunity to better understand everyday physics and will have the opportunity to experience physical phenomena that until now were left out or were not studied with due attention and importance.

The objective of this work is to develop a kit for the teaching of simple circuits that is functional, low-cost and of high accessibility. We also developed a supporting material for teachers, so that they can use the kits properly, promoting successfully the teaching-learning process.

The goal of this work is to show that it is possible to increase the educational activities in the teaching of electricity, both in high school and undergraduate levels without the need for large financial investment and without changing the physics syllabus.

Keywords: Physics education, Electric circuits, Physics laboratory.

Juiz de Fora
Dezembro de 2016

Sumário

Capítulo 1	Introdução.....	13
Capítulo 2	Referencial Teórico.....	15
2.1	A teoria Cognitiva Sociocultural de Vygotsky.....	15
Capítulo 3	Laboratórios de Ensino.....	20
Capítulo 4	Circuitos Elétricos Simples.....	26
4.1	Uma Breve História do Eletromagnetismo.....	26
4.2	Potencial Elétrico e Diferença de Potencial.....	31
4.3	Campo Elétrico e Diferença de Potencial.....	32
4.4	Corrente Elétrica.....	33
4.5	Conservação de Carga e Equação da Continuidade.....	35
4.6	Lei de Ohm.....	37
4.7	Energias nos Circuitos Elétricos.....	39
4.8	Força Eletromotriz e Baterias.....	41
4.8.1	A força Eletromotriz.....	41
4.9	Associação de Resistores.....	43
4.9.1	Resistores em Série.....	43
4.9.2	Resistores em Paralelo.....	44
4.10	Circuitos de Corrente Contínua.....	46
4.10.1	Lei das Malhas de Kirchhoff.....	46
4.10.2	Lei das Correntes de Kirchhoff.....	47
4.10.2	Exemplo: Ponte de Wheatstone.....	48
Capítulo 5	Kit Didático.....	50
5.1	Nossas Experiências Anteriores.....	51
5.2	Kits Comerciais Disponíveis.....	53
5.3	Desenvolvimento do Kit.....	55
5.3.1	O Protótipo.....	59
5.4	Aplicação do Primeiro Protótipo.....	60
5.5	Desenvolvimento do Material de Apoio ao Kit.....	62
5.5.1	O Manual do Professor.....	62

5.5.2 O Roteiro do Aluno.....	63
5.5.3 Inventário de Conceitos de Circuitos Elétricos Simples.....	63
5.2.4 Outras Possibilidades de Circuitos.....	64
Capítulo 6 Aplicação do Produto.....	65
6.1 Metodologia	65
6.2 Primeira Aplicação do Kit.....	66
6.3 Segunda Aplicação do Kit.....	69
Capítulo 7 Discussão.....	73
Capítulo 8 Conclusão.....	77
Apêndice I Manual do Professor Para Aplicação do Kit de Eletricidade.....	79
Apêndice II Roteiro Para a Atividade Experimental de Circuitos Elétricos Simples.....	93
Apêndice III Inventário de Conceitos de Circuitos Elétricos Simples.....	96
Apêndice IV O Multímetro.....	104
Apêndice V LEDs.....	116
Referências Bibliográficas.....	129

Capítulo 01

Introdução

A produção de material didático-pedagógico para a educação básica constitui-se sempre em tema relevante no contexto escolar. Este fato decorre tanto da multiplicidade de olhares com a qual os temas disciplinares precisam ser tratados, quanto pela renovação necessária de temas e metodologias, especialmente quando se focaliza o Ensino de Ciências e agora, mais recentemente, os temas transversais como a Educação Ambiental.

Quando se pensa na construção do conhecimento escolar para as áreas das ciências, nos deparamos com a necessidade de recursos educativos e pedagógicos que circunscrevam temas e metodologias. Assim, a produção de cartilhas, jogos, instalações, cd-roms, painéis e experimentos, sobre temáticas relacionadas a essas áreas configura-se de importância para intervenções educativas no contexto escolar da Educação Básica. Este nível de ensino, tem com foco a formação de cidadãos com uma percepção diferenciada do meio, com consciência da importância da relação entre ciência, natureza e o homem a fim de buscar soluções concretas para seus problemas.

A realização de atividades educativas junto aos alunos das escolas que levem à produção do material didático também se configura de importância no contexto atual. Esta prática de produzir material educativo no interior do próprio processo de ensino-aprendizagem contribui para a contextualização do conhecimento e para diferentes formas de abordá-lo. Envolver o público-alvo no processo de elaboração e produção do conhecimento garante que essa implantação fundamente-se em um dos mais importantes princípios da educação que é a continuidade das ações educativas no ambiente escolar.

Podemos notar que vários professores, ano após ano, buscam alternativas ao ensino teórico e prático de circuitos elétricos, ou seja, ao tradicional método de aulas expositivas no quadro-negro, com eventuais apresentações multimídias (uso de data show). Estratégias que visam alternar o estilo das aulas teóricas e expositivas, com outras modalidades de ensino, para que o aluno não fique em uma posição passiva

e para tirá-lo da sua zona de acomodação, devem ser pesquisadas e cada vez mais incorporadas às aulas de física, a fim de instigar um verdadeiro espírito científico no aluno. Em outras palavras, se o aluno é apenas ouvinte da aula e interage pouco com o professor, ou com os demais colegas discentes, ele está apenas exercitando as suas habilidades lógico-matemáticas e, talvez de forma muito discreta, as suas habilidades espaciais (se ele tiver uma capacidade de abstração bem desenvolvida). Neste caso, as habilidades interpessoais, corporal cinestésica e linguística não vão ser estimuladas.

Acreditamos que a experiência prática seja de vital importância na formação do aluno, na construção da sua visão de mundo e na sua formação como um cidadão ativo na sociedade contemporânea.

É neste contexto que desenvolvemos um kit de circuitos elétricos utilizando materiais de baixo custo que sejam de fácil utilização e mais importante ainda, que sejam funcionais, para que o aluno aprenda de modo mais significativo os conceitos da física. Buscamos com isso contribuir para um melhor entendimento dos conceitos e fenômenos físicos relacionados com a eletricidade, além de fornecer aos professores subsídios para que possam, de maneira simples, abordar conceitos de eletricidade em sala de aula. Procuramos de maneira objetiva e sucinta apresentar a montagem e utilização de experimentos com materiais de fácil aquisição, abordando conceitos de eletricidade, discutindo estratégias de implementação para experimentos através de um manual que servirá de apoio para qualquer professor conseguir montar e utilizar os seus próprios circuitos.

Capítulo 2

Referencial Teórico

2.1 A Teoria Cognitiva Sociocultural de Vygotsky

Lev Vygotsky nasceu em 1896 na Bielo-Rússia, de família judia. No ano de 1918 formou-se em Direito pela Universidade de Moscou. Casou-se aos 28 anos e teve duas filhas. Faleceu em 1934, vítima de tuberculose, doença com que conviveu durante quatorze anos.

Iniciou sua carreira aos 21 anos, após a Revolução Russa e já nesta época preocupava-se também com questões ligadas a Pedagogia. Em 1922 publicou um estudo sobre os métodos de ensino da literatura nas escolas secundárias. Demonstrou grande interesse pela psicologia acadêmica a partir de trabalhos envolvendo problemas de crianças com defeitos congênitos, tais como: cegueira, retardo mental severo, surdez entre outras nos quais dedicaria anos de estudos buscando oportunidades de compreensão dos processos mentais humanos, sendo este o centro do seu projeto de pesquisa [Coelho e Pisoni, 2012].

Vygotsky inicia suas teorias no final da revolução russa quando o país se torna socialista criando assim um pensamento marxista, pois segundo Marx: “tudo é histórico, fruto de um processo e, que são as mudanças históricas na sociedade e na vida material que modificam a natureza humana em sua consciência e comportamento”[Coelho e Pisoni, 2012 p.145]. Influenciado por estas ideias Vygotsky se dizia marxista e desenvolveu sua teoria sobre funções psicológicas superiores, e como a linguagem e o pensamento estão fortemente conectados.

A teoria cognitiva sociocultural de Vygotsky se baseia na ideia de que o cérebro humano possui uma estrutura básica sobre a qual se constroem as demais estruturas mentais de origem sócio-histórica. É o ensino do conceito que desencadeia a formação das estruturas mentais necessárias à sua aprendizagem [Gaspar, 2014].

O aprendizado ou aprendizagem, é um processo pelo qual o indivíduo adquire informações, habilidades, atitudes, valores, etc. Ocorre a partir de seu contato com a realidade, com o meio ambiente e com as outras pessoas. É um processo que se diferencia dos fatores inatos, ou seja, que já nascem com o indivíduo, como a capacidade de digestão e dos processos de maturação do organismo independentes do ambiente como a maturação sexual. Vygotsky inclui a interdependência dos indivíduos envolvidos nos processos nesta definição de aprendizado, nos mostrando a importância do social na formação e desenvolvimento do indivíduo [Koll, 2010 p. 59].

Vygotsky nos chama a atenção para a ideia de que a aprendizagem é um processo contínuo e que na educação é caracterizada por saltos qualitativos de um nível de aprendizagem a outro. Vem deste fato, a relevância das relações sociais, pois são de vital importância para este processo. Segundo Vygotsky, há dois tipos de desenvolvimento, o real e o potencial. O desenvolvimento real, se refere aquelas conquistas que já estão consolidadas na criança. Ela pode realizar por exemplo, uma tarefa sem auxílio de outro indivíduo. Já o desenvolvimento potencial, se refere ao que a criança só pode realizar com o auxílio de outro indivíduo. Vygotsky dá o nome de zona de desenvolvimento proximal à distância entre estes dois níveis de desenvolvimento, que corresponde a um período em que a criança precisa de uma ajuda, até que seja capaz de realizar sozinha a atividade [Vygotsky, 1984, p. 98].

“A zona de desenvolvimento proximal define aquelas funções que ainda não amadureceram, mas que estão em processo de maturação, funções que amadurecerão, mas que estão presentes em estado embrionário. Essas funções poderiam ser chamadas de “brotos” ou “flores” do desenvolvimento, ao invés de frutos do desenvolvimento.” [VYGOTSKY, 1984, p. 97]

O papel crucial do mediador é de ajudar a criança a concretizar o que ainda necessita de auxílio, ou seja, transformar o desenvolvimento proximal em desenvolvimento real. Para que o aluno possa internalizar algo novo com a

colaboração de um mediador ou parceiro mais capaz, é necessário que este novo conceito esteja na zona de desenvolvimento do aluno. O aprendizado não é imediato, é necessário tempo para que o cérebro construa as estruturas mentais capazes de internalizar o novo conceito. Para que ocorra a efetiva internalização do conhecimento adquirido, é preciso que novos conceitos sejam apresentados, discutidos, trabalhados de forma reiterada e numa interação social em que o professor é o mediador. A interação social é de suma importância para o processo, mas ela não se dá apenas por uma conversa ou qualquer discussão, deve haver pelo menos um parceiro mais capaz em relação aos conceitos apresentados que possa mediar o processo.

Um dos conceitos centrais da teoria de Vygotsky é o de atividade, que é a unidade de construção da consciência; um sistema de transformação do meio com ajuda de instrumentos e signos como ponderam Ostermann e Cavalcanti [Ostermann, 2010]. A mediação é uma atividade realizada por um parceiro mais capaz ou professor a fim de transpor a zona de desenvolvimento proximal do indivíduo.

A relação do homem com o mundo não é uma relação direta, é uma relação mediada, sendo os sistemas simbólicos (signos) os elementos intermediários entre o sujeito e o mundo.

A invenção e uso de signos como meios auxiliares para solucionar um dado problema psicológico (lembrar, comprar coisas, relatar, escolher, etc.), é análoga à invenção e uso de instrumentos, só que agora no campo psicológico. O signo age como um instrumento da atividade psicológica de uma maneira análoga ao papel de um instrumento de trabalho. [VYGOTSKY, 1984, P. 59-60].

A linguagem é um signo mediador por excelência, por isso Vygotsky lhe confere um papel de destaque no processo de pensamento. Segundo Vygotsky é na atividade prática, ou seja, na coletividade que a pessoa se aproveita da linguagem e dos objetos físicos disponíveis em sua cultura promovendo assim seu desenvolvimento [Coelho e Picini, 2012].

Acreditamos que se houver uma valorização do desenvolvimento proximal do aluno, levando-se em conta seus conhecimentos prévios e que se a partir deles pudermos estimular suas potencialidades dando a oportunidade dele superar suas capacidades através de uma mediação consciente do professor, ocorrerá de maneira natural um aprendizado significativo e duradouro.

A figura do professor como elemento-chave nas interações sociais do aluno é fundamental no processo de ensino/aprendizagem. Todo o arsenal de signos, linguagens e diagramas que o professor utiliza tem um papel destacado na teoria de Vygotsky, pois segundo ele a aprendizagem depende da riqueza do sistema de signos e de como são utilizados no processo de ensino/aprendizagem, com um objetivo geral de desenvolvimento da consciência construída culturalmente. Para Vygotsky não é o desenvolvimento cognitivo que possibilita ou viabiliza o aprendizado, mas a aprendizagem que torna possível ou promove o desenvolvimento cognitivo [Marques, 2013, p. 21.]. As estruturas mentais necessárias para a internalização de um novo conceito só começam a se formar na mente quando esse conceito é aprendido. A construção de uma nova estrutura mental se inicia quando ela é exigida, é o que se espera do ensino formal.

Assim, a figura do professor e a própria escola, encarados como motores no desenvolvimento do aluno, tem vital importância no processo. Para Vygotsky:

“...o aprendizado adequadamente organizado resulta em desenvolvimento mental e põe em movimento vários processos que, de outra forma, seriam impossíveis de acontecer. Assim, o aprendizado é um aspecto necessário e universal do processo de desenvolvimento das funções psicológicas culturalmente organizadas e especificamente humanas.” [Vygotsky, 2001].

A imitação tem lugar de destaque no processo, pois o ser humano só imita o que quer e pode compreender, segundo Vygotsky. A imitação – refazer consciente – pode levar o aluno a compreender o experimento e as ideias relacionadas. Para Vygotsky, a reformulação de uma concepção incorreta é mais fácil e viável do que a

criação de uma estrutura mental totalmente nova. O aluno não redescobre, e sim se apropria do conhecimento do mediador.

Nas práticas docentes, percebemos que as atividades experimentais em aulas de laboratório ou apenas demonstrações em sala de aula, propiciam uma melhor aproximação dos estudantes com os fenômenos físicos, viabilizando também novas formas de discutir os modelos físicos e suas representações conceituais, contribuindo de forma acentuada para uma melhor compreensão dos conceitos e fenômenos relacionados a esta área do conhecimento. O presente trabalho aqui exposto, se alicerça na teoria da aprendizagem sociocultural de Vygotsky. Assim como ocorre na essência dos fundamentos dessa teoria, acreditamos que o conhecimento vai do social para o individual por meios de relações sociais. Segundo Vygotsky a formação de conceitos ocorre na busca de soluções para problemas propostos. Em nosso trabalho os problemas são de cunho experimental e os conceitos são os relacionados a circuitos elétricos simples.

Capítulo 3

Laboratórios de ensino de física

A maioria dos professores de física entende que a dificuldade encontrada por quem ensina esta disciplina e por quem aprende, se dá na maior parte das vezes pela maneira com a qual a física é abordada pelos próprios professores. Observamos que em geral as aulas de física são ministradas valendo-se apenas de atividades voltadas para a explicação de conceitos, fórmulas etc., desarticuladas e distanciadas do cotidiano do aluno. O ensino deveria priorizar também o processo evolutivo e histórico da ciência, a dimensão cultural e social do conhecimento assim como o ensino experimental.

Acreditamos que o ensino experimental seja um viés necessário e fundamental para o ensino de física, como cita Pinho Alves:

“Se para fazer física é preciso laboratório, então, para aprender física ele também é necessário.” [Pinho Alves, 2000, p. 174].

Brodin (1978) destaca que o laboratório:

“... é o elo que falta entre o mundo abstrato dos pensamentos e ideias e o mundo concreto das realidades físicas. O papel do laboratório é portanto, o de conectar dois mundos, o da teoria e o da prática” [Brodin, 1978, p.10].

Docentes acenam para a importância do laboratório, contudo não o utilizam em sua prática pedagógica mesmo estando à sua disposição todo o aparato experimental necessário [Rosa, 2003 p. 15]. O que tem dificultado a inserção destas atividades na ação docente não está relacionado com a sua validade no processo de construção do conhecimento, nem mesmo pode ser identificada com questões de ordem epistemológicas do professor, pois tais questões parecem ser consenso entre

os professores, como afirma Pinho Alves:

“A aceitação tácita do laboratório didático no ensino de Física é quase um dogma, pois dificilmente encontramos um professor de Física que negue a necessidade do laboratório” [Pinho Alves, 2000 p.175).

Pinho Alves (2000), nos chama a atenção para o fato de que a discordância entre a importância dada pelos docentes às atividades experimentais e a pouca realização destas atividades na prática pedagógica pode ser associada a falta de clareza que se tem hoje quanto ao papel do laboratório no processo ensino-aprendizagem. É fato que para os docentes a validade do laboratório é inquestionável, mas o seu uso metodológico parece apresentar divergência entre eles, mostrando que não há de fato um consenso entre o que se ensina e como se ensina no laboratório didático.

Além dos fatos já mencionados, devemos destacar aqui que a atividade experimental é recomendada pelos parâmetros curriculares nacionais (PCNs) que apregoam:

“Em ciências naturais são procedimentos fundamentais aqueles que permitem a investigação, a comunicação e o debate de fatos e ideias. A observação, a experimentação, a comparação, o estabelecimento de relações entre fatos ou fenômenos e ideias...” [PCNs, 1997 p. 29].

Mais especificamente, os parâmetros curriculares nacionais, ao tratarem da disciplina de física deixam claro a importância de se fazer um elo entre os conteúdos trabalhados em sala de aula e o cotidiano do aluno:

“A Física deve apresentar-se, portanto, como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do universo distante, a partir de princípios, leis e modelos por ela construídos” [PCN+ 2002].

Esta problemática aponta para a necessidade de pesquisas que orientem no delineamento de regras específicas para a utilização do laboratório e toda a prática pedagógica envolvida, ou correremos o risco de a atividade experimental no laboratório não colaborar de forma significativa para o processo de ensino/aprendizagem já iniciado em sala de aula, como bem discute Rosa (2003).

Rosa (2003) ainda pondera que é na possibilidade da observação, da análise e da interpretação dos fenômenos, característica fundamental da experimentação, que a aprendizagem e o desenvolvimento podem se sustentar, sendo que a exclusão da experimentação do processo de ensino/aprendizagem poderá acarretar numa lacuna no aprendizado.

Uma prática experimental no Laboratório didático deverá prezar por atividades que provoquem uma discussão entre os alunos e permita uma relação direta com o professor que, se devidamente mediada, proporcionará uma aproximação dos conceitos prévios e o conhecimento científico que se pretende ensinar. Pesquisas apontam para um consenso na importância de práticas experimentais, entretanto esse consenso não existe quando se analisa quem e como de fato se utiliza o laboratório na prática pedagógica. Também não está claro o porque da realização de atividades experimentais em física para a maioria dos professores que lecionam esta disciplina, daí a importância de sistematizarmos nosso estudo e entendimento acerca de laboratórios didáticos de ensino.

Segundo Abib e Araujo (2003) poucos trabalhos na área de experimentação, menos de 10 por cento dos trabalhos publicados sobre experimentação, são sobre a construção de equipamentos e dentre os poucos que lidam com este tema, somente alguns são sobre eletricidade, objeto do presente trabalho.

Pinho Alves (2002) enfoca que os laboratórios didáticos devem ser um elemento mediador para ensinar os conteúdos de física e não para ensinar o método experimental. Devemos entender que a atividade experimental é um objeto didático utilizado para aproximar os conceitos ensinados teoricamente aos alunos e o mundo real, dos fenômenos físicos. Devemos abandonar portanto, a ideia de que o objeto de estudo é o próprio laboratório.

Pinho Alves (2002) classifica as categorias das atividades experimentais, não

importando se ela é realizada em sala de aula ou em espaço próprio. Estas categorias são as seguintes:

1. Atividade experimental histórica

Visa fazer elos entre a história de como foi desenvolvido um conceito com a teoria estudada em sala de aula pelo aluno. Segundo Pinho Alves a história da ciência deve inspirar um cenário próprio para uma recontextualização epistemológica, caso contrário não tem sentido como atividade didática.

2. Atividade experimental de compartilhamento

Tem por objetivo fazer com que todos os alunos interpretem o conceito da mesma forma, não adquirindo uma ideia deturpada do conteúdo estudado, permitindo também acentuar as variáveis envolvidas em um fenômeno para que possam ser bastante explícitas aos olhos do aluno.

3. Atividade experimental modelizadora

Objetiva mudar a concepção espontânea dos alunos de que o modelo físico estudado é real, interpretando que a natureza funciona sem atrito, sem resistência do ar e etc. Esta prática deve ser motivada por uma unidade de ensino que promova a modelização de variáveis em casos em que o conteúdo ministrado apresenta um modelo teórico e um modelo empírico.

4. Atividade experimental conflitiva

Este tipo de atividade coloca frente a frente as concepções prévias do aluno sobre o fenômeno e a explicação científica do mesmo fenômeno.

5. Atividade experimental crítica

Próxima da categoria conflitiva, mas aplicada em contexto diferente. Deve ser utilizada em casos em que temos conceitos sutilmente diferentes como, por exemplo, calor e temperatura, a fim de deixar bem claro para o aluno, as diferenças entre os conceitos apresentados. A mediação do professor é importante para o

andamento do diálogo construtivista, fazendo com que os alunos ao observarem o fenômeno demonstrado, sejam levados a criticar os conceitos e ponham em xeque suas ideias prévias sobre o assunto.

6. Atividade experimental de comprovação

Bem próxima do Laboratório tradicional, visa comprovar leis físicas, verificar previsões teóricas e pôr em prática o método científico. O aluno deve se comportar como um cientista resolvendo seus problemas, coletando e analisando dados e, por fim, fazendo conclusões.

7. Atividade experimental de simulação

Neste tipo de atividade são utilizadas mídias como computadores e vídeos, visando fornecer uma interpretação prática para um modelo teórico ou apenas validá-lo. Essas atividades dão condições de criação de modelos e de testar hipóteses, que podem ou não estar de acordo com os resultados experimentais convencionais, pelo fato de que na prática não apresentam simplificações ou idealizações. Em casos em que a atividade experimental requer muitos instrumentos e aparelhos ou ofereça algum risco para o aluno, a simulação computacional é uma alternativa muito útil se bem planejada e executada.

Ao usar os processos de simulações, é de extrema importância que tanto o professor quanto o aluno estejam conscientes de que elas são um modelo simplificado da realidade, sob risco de assimilar uma ideia errada do fenômeno em estudo [Heckler, 2007].

Com intuito de buscar um delineamento e norteamento para o desenvolvimento do nosso aparato pedagógico, fizemos este estudo sobre laboratórios didáticos e chegamos a concretização de nossos objetivos enquanto trabalho prático. Chegamos portanto, à enumeração de nossos objetivos, baseando-nos em todos os trabalhos expostos acima, como também no trabalho de Borges (2002), que nos orienta quanto a objetivação da atividade experimental: Verificar/comprovar leis e teorias físicas, ensinar o método científico, facilitar a aprendizagem e compreensão de conceitos, além de ensinar habilidades práticas.

Acrescentamos ainda dois objetivos que seriam o de promover uma interação entre os alunos a nível afetivo e cooperativo, além de estimular e motivar o estudo da física.

Capítulo 4

Circuitos elétricos simples

Apresentamos neste Capítulo uma breve explicação dos conceitos físicos necessários para a compreensão do funcionamento de circuitos elétricos simples. O texto foi baseado nos livros: Física [Halliday e Resnick, 1981], Física para Cientistas e Engenheiros [Tipler, 1995], Eletrodinâmica [Griffiths, 2011], Física [Alonso e Finn, 1999], Física Básica [Nussenzveig, 2002], além do site do instituto federal de educação da UFRGS [if-ufrg 2016].

4.1 Uma Breve História do Eletromagnetismo

A observação dos fenômenos elétricos e sua categorização remontam à Grécia antiga. Talvez o primeiro pensador a estudar os fenômenos eletromagnéticos tenha sido Tales de Mileto (640-550 a.C.), astrônomo e pensador grego, que realizou algumas observações elementares sobre eletrização ao friccionar o âmbar (uma resina fossilizada de pinheiros pré-históricos) com uma pele de animal. Ele observou que o âmbar (elèktron, em grego), adquiria o poder de atrair pequenos objetos próximos, como pedacinhos de palha, por exemplo. Além disso, Tales também relata as propriedades de atração e repulsão entre pedaços de um óxido de ferro, chamado de magnetita (Fe_3SO_4 , cujo nome deriva provavelmente da região de origem do material – Magnésia – na Ásia Menor).

Somente a partir do século XVIII, é que temos o início do desenvolvimento da teoria eletromagnética atual, com vários pensadores e cientista contribuindo para tal. Em 1731, o inglês Stephen Gray (1679-1736) demonstrou a condução elétrica nos corpos, classificando-os como condutores e não-condutores (isolantes). Lançou a ideia de associar a eletricidade a um fluido elétrico, universal e imponderável, capaz de depositar-se entre os poros e interstícios dos corpos materiais.

Charles Du Fay (1698-1739) realizou suas próprias observações, deixando

de lado as interpretações metafísicas e o sensacionalismo das exposições nas cortes. Chegou à conclusão de que todos os corpos são eletrizáveis, ou seja, de que toda a matéria possui a propriedade que por séculos havia sido peculiar ao âmbar ou a um pequeno grupo de substâncias ditas elétricas. Notou também que todos os objetos eletrizados por meio de um mesmo bastão de vidro, repeliam-se mutuamente, mas atraíam objetos que haviam sido eletrizados por meio de âmbar. Concluiu, então, que deveriam haver dois tipos de eletricidade, que denominou vítrea e resinosa. De acordo com Du Fay, os corpos neutros continham a mesma quantidade dos dois fluidos.

Ewald Georg Von Kleist (1700?-1748) em 1745 teve a ideia usar uma garrafa de vidro tapada com uma tampa de cortiça com um prego atravessado para tentar armazenar o fluido elétrico. Pôs o prego em contato com um gerador eletrostático e, segurando a garrafa com uma mão e tocando no prego com a outra, levou um choque considerável, bem mais intenso do que aqueles que se sentia em contato com corpos comuns eletrizados. Repetindo a experiência com a garrafa cheia de água, o choque foi ainda maior. Cunhou, então, o termo condensador para a garrafa, o primeiro capacitor construído pelo homem.

Van Musschenbroek (1692-1761), físico e matemático, repetiu as experiências de Kleist, levando o mérito da descoberta, e o condensador ficou conhecido como garrafa de Leiden.

O norte-americano Benjamin FRANKLIN (1707-1790), interessou-se pela eletricidade após uma demonstração pública em Boston, em 1746. Entre 1747 e 1754, Franklin realizou uma série de experimentos. Elaborou sua própria teoria para a eletricidade, contrária à então aceita teoria dos dois fluidos elétricos de Du Fay. Para ele, havia apenas um fluido elétrico, o qual todo corpo não-eletrizado conteria em certa quantidade, e que era um elemento comum a todos eles. Se um corpo o possuísse em excesso, era chamado de positivo. Se o possuísse de menos, era negativo. Em 1759 essa teoria foi definitivamente rejeitada, com base experimental, pelo inglês Robert Symmer (1707 - 1763). Entretanto, a teoria do fluido único teve o mérito de introduzir o conceito da conservação do fluido elétrico. Outro mérito de Franklin foi o de estabelecer a natureza elétrica dos relâmpagos (1752), com a

invenção do para-raios, ao empinar uma pandorga (brinquedo também conhecido como pipa ou papagaio) durante uma tempestade.

Em 1785, Charles Augustin de Coulomb (1736-1806), um engenheiro civil militar aposentado, realizou experiências com uma balança de torção e enunciou a famosa lei que hoje leva seu nome “a força entre duas cargas é diretamente proporcional a carga em cada uma delas e inversamente proporcional ao quadrado da distância que as separa”. Em 1786, Coulomb relatou que um condutor também blindava seu interior (ele desconhecia os relatos de Cavendish), e viu nisto também uma indicação para a lei de força enunciada.

Um médico italiano, Luigi Galvani (1737-1798), por volta de 1770 investigou a natureza e os efeitos da eletricidade em tecidos animais e na estimulação da musculatura por meios elétricos. Em 1792 foi capaz de contrair os músculos de uma perna de rã pela simples aplicação a eles de uma espira constituída de dois metais diferentes. Galvani supôs, que estas eram manifestações de eletricidade animal, já conhecida dos peixes elétricos.

Estudando este assunto, Volta, em 1796, eliminou completamente a necessidade de um elemento biológico para o fenômeno e estabeleceu que uma condição essencial para a circulação elétrica num circuito condutor era que este fosse constituído de dois (ou mais) condutores de “primeira” classe e um de “segunda” classe. Os discos de metais utilizados por Volta em sua pilha, foram denominados por ele de condutores secos ou de primeira classe, enquanto que a solução de salmoura que envolvia os discos foi denominada condutor úmido ou de segunda classe. Ele criou estas ideias, bem como o conceito de corrente elétrica constante. Sobre estas bases construiu, em 1800, a pilha voltaica, a precursora das baterias galvânicas.

Em 1811, Humphry Davy (1778-1829) construiu o arco carbônico com uma bateria de 2000 elementos, que serviu como fonte de luz elétrica até que Thomas Alva EDISON (1847-1931) inventasse a lâmpada incandescente em 1880.

Também em 1811, Siméon Denis Poisson (1781-1849) fez progressos com a lei de Coulomb, trabalhando na teoria do potencial, que tinha sido inicialmente desenvolvida para a gravitação. Ele mostrou que toda a eletrostática, não

considerando a presença dos dielétricos, pode ser explicada pela lei de Coulomb ou, equivalentemente, pela equação diferencial de Laplace-Poisson.

No desenvolvimento do magnetismo, Hans Christian Oersted (1777-1851), em 1820 publicou suas descobertas sobre a deflexão da agulha de uma bússola por uma corrente elétrica. Além disso, descobriu o torque correspondente de um ímã sobre um circuito elétrico que podia girar em torno de um eixo.

Nesta mesma época Jean Baptiste Biot (1774-1862) e Félix Savart (1791-1841) formularam, a partir de observações experimentais, a lei que leva seus nomes e que permite o cálculo de campos magnéticos produzidos por correntes elétricas. O primeiro eletroímã foi descoberto em 1822 por Dominique François Jean Arago (1786-1853) e por Joseph Louis Gay-Lussac (1778-1850) quando verificaram que uma barra de ferro fica magnetizada se enrolada por um fio conduzindo uma corrente elétrica.

Neste mesmo ano, André Marie Ampère (1775-1836), ao ter conhecimento das descobertas de Oersted, dedicou-se ao assunto e descobriu que circuitos paralelos com correntes na mesma direção se atraem, e se repelem quando as correntes são contrárias, e que solenoides atuam com ímãs em barra. Seu trabalho principal foi chegar a uma lei de força entre elementos de corrente com a qual conseguiu explicar os fenômenos eletrodinâmicos de força e torque entre circuitos elétricos. Supôs ainda a existência de correntes elétricas microscópicas fluindo ao redor das partículas de substâncias imantadas ou magnetizadas. Vale salientar como curiosidade que, mesmo a conhecida “lei circuital de Ampère,” não foi obtida pelo próprio Ampère, mas sim por Maxwell em 1856, 20 anos após a morte de Ampère (Assis, 2010).

Em 1826, Georg Simon Ohm (1789-1854) usou estes fatos para separar os conceitos de força eletromotriz, gradiente de potencial e de intensidade de corrente elétrica e derivou a lei que leva seu nome e que estabelece a proporcionalidade entre a diferença de potencial em um condutor e a corrente elétrica produzida. O fator de proporcionalidade representa a resistência do material. Provou também que a resistência de um fio é diretamente proporcional ao seu comprimento e inversamente proporcional a sua seção reta, criando assim a base para o conceito

de condutividade dos materiais.

George Green (1793-1841) em 1828 estendeu o trabalho de Poisson para obter um método de solução geral para o potencial.

A complementação deste trabalho foi obra de Karl Friedrich Gauss (1777-1855), que publicou seu famoso trabalho em 1839. Sua teoria tornou-se mais abrangente, pois serviu de modelo para muitos outros campos da física matemática. A contribuição de Gauss deu-se não apenas na definição de quantidade de eletricidade a partir da lei de Coulomb, como também forneceu a primeira medida absoluta do momento de dipolo magnético de ímãs e da intensidade do campo magnético terrestre, dando continuidade ao trabalho de Gilbert.

Trabalhando com Gauss, Wilhelm Eduard Weber (1804-1891), físico alemão, investigou o magnetismo terrestre em 1833. Uma de suas maiores contribuições foi o desenvolvimento do telégrafo eletromagnético.

Joseph HENRY (1799-1878) em 1830 observou o fenômeno da indução eletromagnética, mas como não publicou seus resultados, não recebeu o mérito por isto. Entretanto, recebeu distinção pela descoberta do fenômeno da autoindução. Michael Faraday (1791-1867) considerado o maior físico experimental em eletricidade e magnetismo do século XIX, em 1831 enrolou duas espiras de fio em torno de um anel de ferro. A primeira espira podia ser ligada a uma bateria, enquanto que a segunda espira estava ligada a um galvanômetro. Quando ele criou uma corrente elétrica na primeira espira ao ligá-la à bateria, um pulso de corrente surgiu na segunda espira no instante em que o circuito foi fechado, e novamente quando o circuito foi aberto, porém no sentido contrário. Assim ele descobriu a indução eletromagnética. Alguns problemas com a direção da corrente induzida foram esclarecidos em 1833 por Heinrich Friedrich Emil Lenz (1804-1865), com sua conhecida lei (lei de Lenz). Em 1837, Faraday descobriu a influência dos dielétricos nos fenômenos eletrostáticos, posteriormente descobriu os efeitos do magnetismo sobre a luz.

Kirchhoff (1824-1887) em 1845, com apenas 21 anos enunciou as leis que permitiam o cálculo de correntes, tensões e resistências para circuitos ramificados. Em 1846, Weber criou um segundo sistema de unidades, absoluto e consistente

para a eletricidade independente da lei de Coulomb. Os dois sistemas relacionam-se por uma constante com dimensão de velocidade. Weber, em 1855-1857, mediu este valor chegando a um resultado igual à velocidade da luz, 3×10^{10} cm/s.

James Clerk Maxwell (1831-1879) em um trabalho em 1855, forneceu a base matemática adequada para as linhas de força idealizadas por Faraday. Em 1862 ele adicionou a corrente de deslocamento à corrente de condução na lei de Ampère, que ocorre em todos os dielétricos com campos elétricos variáveis, completando o trabalho de Ampère. Em 1873 publicou seu “Tratado sobre eletricidade e magnetismo”. Em 1865 mostrou que as ondas eletromagnéticas possuem a velocidade da luz, a qual ele recalculou com precisão, concordando com o resultado de Weber.

Em 1884, Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894) deduziu as equações de Maxwell através de um novo método, colocando-as na forma atual. Além disso, foi o primeiro a emitir e receber ondas de rádio.

As bases da atual teoria eletromagnética estavam assim postas. Nova contribuição adicional surgiu em 1884, quando John Henry Poynting (1852-1914), um dos estudantes de Maxwell, mostrou que o fluxo de energia de uma onda eletromagnética podia ser expresso numa simples forma, usando-se os campos elétrico e magnético.

4.2 Potencial Elétrico e Diferença de Potencial

Quando uma força conservativa \vec{F} atua sobre uma partícula que sofre um deslocamento $d\vec{l}$, em geral a variação da função energia potencial du se dá por:

$$du = -\vec{F} \cdot d\vec{l}$$

O trabalho efetuado por uma força conservativa diminui a energia potencial. A força exercida por um campo elétrico \vec{E} sobre uma carga puntiforme q_0 é:

$$\vec{F} = q_0 \cdot \vec{E}$$

Ao sofrer um deslocamento $d\vec{l}$, a variação da energia potencial elétrica nesta região de campo elétrico será:

$$du = -q_0 \cdot \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

Se deslocarmos a carga de um ponto a inicial até um ponto b final, a variação de sua energia potencial elétrica será:

$$\Delta U = U_b - U_a = \int_a^b du = - \int_a^b q_0 \cdot \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

A variação de energia potencial por unidade de carga é a chamada ddp, ou diferença de potencial elétrico $d\Phi$, dada por:

$$d\Phi = \frac{du}{q_0} = -\vec{E} \cdot d\vec{l}$$

No deslocamento do ponto a ao ponto b temos:

$$\Delta\Phi = \Phi_b - \Phi_a = \frac{\Delta U}{q_0} = - \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

Podemos perceber na equação acima que a diferença de potencial $(\Phi_b - \Phi_a)$ é o negativo do trabalho por unidade de carga, efetuado pelo campo elétrico sobre uma carga positiva ao se deslocar do ponto a para o ponto b .

Uma vez que o potencial elétrico é energia por unidade de carga, a sua unidade no sistema internacional é joules por coulomb, a qual denominamos volt (V).

$$1V = \frac{J}{C}$$

4.3 Campo Elétrico e Diferença de Potencial Elétrico

Sabemos que as linhas do campo elétrico se orientam no sentido dos potenciais decrescentes. Assim se o potencial for conhecido é possível calcular o campo elétrico através do potencial. Para um pequeno deslocamento dl em um

campo elétrico E , a variação do potencial é:

$$dV = -\vec{E} \cdot d\vec{l} = -E_l \cdot dl$$

onde E_l é a componente de \vec{E} paralela ao deslocamento. Dividindo por dl :

$$E_l = -\frac{d\Phi}{dl}$$

Veja que, se o deslocamento $d\vec{l}$ for perpendicular ao campo elétrico, o potencial não se altera, então a maior variação do potencial ocorre quando $d\vec{l}$ é paralelo ou antiparalelo ao campo elétrico. Um vetor que estiver orientado na direção da maior variação de uma função escalar, e tiver o módulo igual à derivada da função em relação à distância, nesta direção é o gradiente da função. Concluímos então que o campo elétrico é o negativo do gradiente do potencial $d\vec{l}$. Em notação vetorial temos:

$$\vec{E} = -\nabla\Phi$$

onde ∇ é o operador del ou nabla. Em coordenadas cartesianas temos:

$$\vec{E} = -\nabla\Phi = -\left(\frac{\partial V}{\partial x}\hat{i} + \frac{\partial V}{\partial y}\hat{j} + \frac{\partial V}{\partial z}\hat{k}\right)$$

4.4 Corrente Elétrica

Se ligarmos uma lâmpada por meio de fios metálicos a uma fonte de ddp, não pode haver equilíbrio eletrostático, pois as extremidades da lâmpada estão com potenciais diferentes, que são os potenciais da fonte de tensão. Surge neste pequeno circuito uma corrente elétrica passando através dos fios e da lâmpada e retornando à fonte de tensão. Essa corrente é o resultado do movimento de elétrons livres, que se deslocam em função do campo elétrico gerado no circuito por causa da ddp aplicada pela fonte de tensão. Por razões históricas, convencionou-se definir como sentido da corrente aquele correspondente aos deslocamento de cargas positivas (oposto ao sentido dos elétrons livres).

A intensidade da corrente através de uma dada seção do fio condutor é definida como a quantidade de carga que atravessa essa seção por unidade de

tempo:

$$i = \frac{dq}{dt}$$

A unidade de corrente no SI é coulomb por segundo (C/s) que é definida por ampère (A).

$$1 A = \frac{C}{s}$$

O movimento real dos elétrons livres num condutor metálico é bastante complexo. Quando não há campo elétrico no condutor, ou seja, quando ele não está submetido a uma diferença de potencial, os elétrons se movem em direções aleatórias, com velocidades relativamente grandes em virtude da energia térmica. Como os vetores velocidade dos elétrons estão orientados ao acaso, a velocidade média devida a essa agitação térmica é nula. Quando aplicamos uma ddp ao condutor, ligando-o por exemplo aos terminais de uma bateria, é estabelecida uma ddp ao longo dele, gerando assim um campo elétrico que por sua vez gera uma força em cada partícula, o que gera uma aceleração momentânea devida a essa força dada por $\vec{F} = e\vec{E}$.

Os elétrons adquirem então uma pequena velocidade no sentido oposto ao campo elétrico, mas a energia cinética assim adquirida se dissipa rapidamente pelas colisões entre os elétrons e os íons fixos na rede cristalina do condutor. Os elétrons são, então, novamente acelerados pelo campo, e assim por diante. O resultado final é que os elétrons adquirem uma pequena velocidade de migração oposta ao sentido do campo elétrico e que se superpõe às velocidades térmicas aleatórias e de grande módulo.

Consideremos uma seção oblíqua de um fio com orientação qualquer. Consideremos também um elemento de área ds , cujo versor da normal é \hat{n} , que define essa orientação. Temos então que, a corrente di que o atravessa pode ser considerada como o fluxo através de ds de um vetor \vec{J} :

$$di = \vec{J} \cdot \hat{n} ds,$$

onde \vec{J} é a densidade de corrente ou corrente por unidade de área, e que tem a direção e o sentido que correspondem ao movimento de cargas positivas.

Lembre-se que os portadores de corrente podem ser de vários tipos, como por exemplo, em um metal são os elétrons, num tubo de descarga gasosa (lâmpada fluorescente) são elétrons e íons positivos que se deslocam em sentidos opostos. Num eletrólito, com uma solução de HCl em água, os portadores são íons H^+ e Cl^- .

Suponhamos que os portadores sejam todos do mesmo tipo e se desloquem com a mesma velocidade \vec{v} . A carga total que atravessa o elemento de área ds durante um intervalo de tempo dt , é a carga contida num cilindro de base ds e geratrizes vdt , cujo volume infinitesimal é:

$$dV = \vec{v} dt \cdot \hat{n} ds$$

Se ρ é a densidade volumétrica de carga associada aos portadores, a carga total contida em dV é $dq = \rho dV$, logo:

$$di = \rho \vec{v} \cdot \hat{n} ds$$

E conseqüentemente:

$$\vec{J} = \rho \vec{v}$$

Sendo q a carga dos portadores e n o número de portadores por unidade de volume, temos:

$$\rho = nq$$

e

$$\vec{J} = nq \cdot \vec{v}$$

Podemos generalizar para diferentes grupos de portadores com diferentes velocidades:

$$\vec{J} = \sum_i n_i q_i \vec{v}_i$$

4.5 Conservação de Carga e Equação da Continuidade

Um princípio geral que até hoje não se encontrou nenhuma violação é o da conservação de carga elétrica:

A carga total (soma algébrica das cargas) de um sistema isolado nunca se altera.

Consideremos um volume arbitrário v limitado por uma superfície fechada S e \hat{n} o versor normal que aponta para fora de S em cada ponto.

O fluxo $\oint_S \vec{J} \cdot \hat{n} ds$ representa a quantidade total de cargas que sai de V por unidade de tempo através de S , num dado instante. A quantidade dq que sai durante um intervalo dt é:

$$dt \oint_S \vec{J} \cdot \hat{n} ds$$

Pelo princípio de conservação de cargas, ao sair uma quantidade dq , deve entrar a mesma quantidade dq , ou seja:

$$\oint_S \vec{J} \cdot \hat{n} ds = -\frac{dq}{dt},$$

onde $q = \int_V \rho dV$ é a carga total em V .

Para um V fixo:

$$\frac{dq}{dt} = \int_V \frac{\partial \rho}{\partial t} dV.$$

Pelo teorema da divergência:

$$\oint_S \vec{J} \cdot \hat{n} ds = \iiint_V \nabla \cdot \vec{J} dV.$$

Assim, para qualquer V temos:

$$\nabla \cdot \vec{J} = -\frac{\partial \rho}{\partial t},$$

que é a equação da continuidade.

Diz-se que uma distribuição de correntes é estacionária quando ela não varia com o tempo. Não se usa a expressão estática porque correntes estão associadas a cargas em movimento. É o regime de escoamento que é estacionário.

Se uma corrente é estacionária devemos ter $\frac{\partial \rho}{\partial t} = 0$ logo a equação da continuidade fica:

$$\nabla \cdot \vec{J} = 0$$

Isto implica que as linhas de campo do vetor \vec{J} não têm fontes e nem sorvedouros – são fechadas. A forma integral da equação de continuidade tem a

seguinte forma:

$$\int_s \vec{J} \cdot \hat{n} ds = 0$$

Para correntes estacionárias o fluxo total de correntes através da superfície fechada é zero. Essa é a origem da lei dos nós de Kirchhoff para circuitos elétricos.

4.6 Lei de Ohm

Em eletrostática, o campo elétrico no interior de um condutor em equilíbrio eletrostático é nulo. Se não fosse assim, as cargas livres do condutor se deslocariam, e o condutor não estaria em equilíbrio.

Ao aplicarmos uma diferença de potencial elétrico em um condutor, surge neste condutor um campo elétrico \vec{E} que provoca uma força sobre as cargas livres e as põe em movimento, gerando assim a corrente elétrica. A corrente dentro de um meio material resulta da resposta das partículas carregadas deste meio às forças aplicadas sobre elas, em nosso caso em resposta ao campo elétrico.

Parece então natural supor que a intensidade da corrente elétrica deva estar relacionada com a intensidade do campo elétrico aplicado. De fato, há uma relação entre \vec{J} e \vec{E} , que depende da natureza do meio material. Esta relação entre \vec{J} e \vec{E} , é conhecida como lei de Ohm, foi obtida pela primeira vez por George Ohm (1787-1854), e estabelece que para um condutor a temperatura constante, a razão entre a diferença de potencial entre dois pontos do condutor e a corrente elétrica que o atravessa é constante. Essa constante é designada resistência elétrica R do condutor entre os pontos onde se aplica a diferença de potencial.

$$\frac{V}{i} = R$$

Onde:

V = ddp (diferença de potencial elétrico). No SI é dada em Volts (v)

R = resistência elétrica. No SI é dada em Ohm (Ω)

i = corrente elétrica. No SI é dada em Amperes (A)

OBS: Note que a partir da seção 4.6, usamos a letra V para denotar diferença de potencial elétrico.

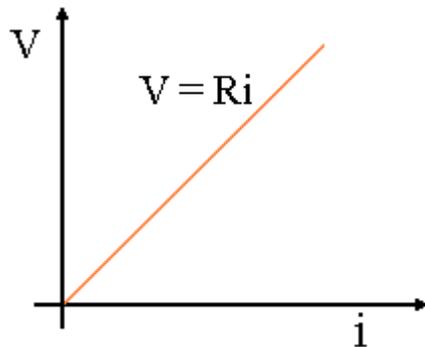


Figura 4.1: curva $V \times I$, para um resistor Ôhmico

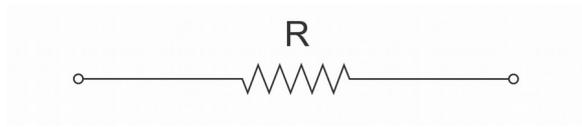


Figura 4.2: representação esquemática de um resistor

De modo mais geral, temos que:

$$\vec{J} = \sigma \cdot \vec{E} \quad ,$$

onde σ é a condutividade elétrica do condutor.

A relação entre o campo elétrico no condutor e a ddp aplicada no comprimento l do circuito pode ser dado por:

$$E = \frac{V}{l} \quad \text{ou} \quad V = E \cdot l$$

Podemos igualar:

$$E \cdot l = R \cdot J \cdot S$$

ou

$$J = \left(\frac{l}{R \cdot S} \right) \cdot E$$

Comparando as equações anteriores, chegamos a:

$$\sigma = \frac{l}{R \cdot S}$$

onde σ é a condutividade elétrica do material condutor, expressa em $\Omega^{-1}.m^{-1}$.

Essa característica do condutor chamada de condutividade, é o inverso da resistividade elétrica ρ , que comumente aparece nos livros de ensino médio.

Isolando R temos:

$$R = \frac{l}{\sigma \cdot S} = \rho \frac{l}{S}$$

Essa última expressão é conhecida nos livros de ensino médio como segunda Lei de Ohm.

Para uma ampla gama de substâncias, é um fato experimental que a resistividade ρ varia com boa aproximação, linearmente com a temperatura, dentro de uma larga faixa de temperaturas.

$$\rho = \rho_0 [1 + \alpha \cdot (T - T_0)] ,$$

onde:

ρ é a resistividade à temperatura T

ρ_0 é a resistividade à temperatura T_0

A constante α chama-se coeficiente de temperatura da resistividade, geralmente é positiva para metais (ρ aumenta com a temperatura), mas assume valores negativos para materiais semicondutores (ρ diminui com o aumento de temperatura).

No caso de temperaturas bem mais baixas, podem ocorrer efeitos novos tais como a supercondutividade, que é o desaparecimento da resistência abaixo de uma certa temperatura específica, conhecida como temperatura crítica.

4.7 Energia nos Circuitos Elétricos

Para manter uma corrente elétrica é necessário uma certa energia, porque as cargas são aceleradas pelo campo elétrico, o qual lhes atribui um excesso de energia cinética, porém, este excesso de energia é rapidamente transferido pelas colisões entre os elétrons e os íons da rede cristalina, para a energia térmica do condutor. Assim, embora os elétrons estejam continuamente recebendo energia do campo elétrico, esta energia é transformada em energia térmica do condutor, e os elétrons mantêm uma velocidade de migração constante.

Quando uma carga positiva passa por um condutor, ela se move de um ponto de potencial elevado para outro de potencial mais baixo, no sentido do campo elétrico (os elétrons movem-se no sentido oposto). A carga perde então energia potencial. A perda de energia potencial aparece momentaneamente como energia cinética dos portadores de carga, mas é transferida para o material condutor pelas colisões com os íons fixos. A perda de energia potencial, portanto, se transforma em acréscimo de energia térmica do condutor.

Para transportar uma carga dq através de uma diferença de potencial ΔV (por exemplo de um eletrodo ao outro de uma bateria) é preciso fornecer uma energia ($dq \cdot \Delta V$). Logo para manter uma corrente $i = \frac{dq}{dt}$ durante um tempo dt , através do volume v , é preciso fornecer uma energia:

$$d\varepsilon = (i \cdot dt) \cdot v$$

O que corresponde a uma potência (que é energia por unidade de tempo);

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = P = i \cdot \Delta V$$

Para a corrente dada em amperes, a ddp dada em volts, resulta na potência dada em watts (W).

Essa potência é a medida da taxa de transferência de energia da fonte de tensão para os condutores na forma de calor como, por exemplo, em chuveiro elétrico, podendo também produzir radiação térmica visível, como no aquecimento ao rubro da resistência de um aquecedor ou forno elétrico. Essa conversão de energia elétrica em calor é conhecida como efeito Joule.

Para condutores ôhmicos, ou seja, que obedecem a lei de Ohm $\Delta V = R \cdot i$, a equação $P = \Delta V \cdot i$ pode ser escrita de forma alternativa:

$$P = \frac{\Delta V^2}{R} \quad \text{ou} \quad P = R \cdot i^2$$

Mesmo para condutores que não obedecem a lei de Ohm, a equação $P = \Delta V \cdot i$, continua sendo válida.

4.8 Força Eletromotriz e Baterias

4.8.1 A Força Eletromotriz

A fim de manter uma corrente elétrica constante num condutor, devemos ter uma fonte de fornecimento de energia elétrica também constante. Um dispositivo que fornece energia elétrica é uma fonte de força eletromotriz (fem). Esta fonte de força eletromotriz pode ser, por exemplo, uma bateria, que transforma energia química em energia elétrica. Também pode ser um gerador, que transforma energia mecânica em energia elétrica.

Se pensarmos em um circuito elétrico típico, como por exemplo, uma lâmpada incandescente ligada por fios a uma bateria, surge uma questão fundamental: a corrente elétrica é a mesma no circuito inteiro, a qualquer momento; por que isso acontece se a única força motriz óbvia está dentro da bateria? Poderíamos esperar que isso gerasse uma grande corrente na bateria e nenhuma na lâmpada. Quem está empurrando os portadores de carga no restante do circuito e como é que esse alguém empurra de uma forma exata que resulta na mesma corrente em cada segmento do circuito? E mais: dado que as cargas em um fio típico movem-se com velocidades muito pequenas, por que não leva meia hora ou mais para a corrente chegar até a lâmpada? Como todas as cargas movimentam-se no mesmo instante?

Bem, comecemos imaginando que a corrente não é a mesma na volta do circuito todo. No primeiro instante em que o circuito é fechado, então a carga está se acumulando em algum lugar e o campo elétrico dessa carga que se acumula está em uma direção tal que regulariza o fluxo de cargas. Suponha, por exemplo, que a corrente que entra na curva de um fio é maior do que a que sai. A carga então acumula-se no “cotovelo” da curva, e isso cria um campo elétrico que aponta na direção contrária ao “cotovelo”. Esse campo se opõe à corrente que está entrando, desacelerando-a e estimula a corrente que está saindo, acelerando-a, até que essas correntes se igualem, ponto no qual não há mais acúmulo de cargas e o equilíbrio se estabelece no circuito. A rapidez com que isso ocorre é tão grande que, na prática, podemos afirmar com segurança que a corrente é a mesma em todos os pontos à

volta do circuito, mesmo nos sistemas que oscilam com frequência de rádio (kHz ou MHz, por exemplo).

Existem duas forças envolvidas na movimentação de uma corrente por um circuito: a força da fonte \vec{f}_s , que está associada à bateria ou gerador, e a força eletrostática \vec{f}_E , que serve para normalizar o fluxo e comunicar a influência da fonte às partes distantes do circuito.

$$\vec{f} = \vec{f}_s + \vec{f}_E$$

O agente físico responsável por \vec{f}_s pode ser de várias origens: em uma bateria é a força química, em um cristal piezoelétrico é a pressão mecânica; em um termopar é o gradiente de temperatura; em uma célula fotovoltaica é a luz, e em um gerador de Van de Graaff é o atrito na esteira rolante. Seja qual for o mecanismo, seu efeito é determinado pela integral de linha de \vec{f} em volta do circuito:

$$\varepsilon \equiv \oint \vec{f} \cdot d\vec{l} = \oint \vec{f}_s \cdot d\vec{l}$$

com:

$$\vec{f}_E = \vec{E} \cdot q$$

e

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0$$

onde ε é a força eletromotriz, ou a fem do circuito.

Veja que fem não se trata de uma força, mas é a integral de uma força por unidade de carga, podendo ser interpretada como o trabalho feito por unidade de carga, pela fonte.

Em uma fonte ideal de fem, que não possui resistência elétrica interna, a força líquida sobre as cargas é nula, de forma que $\vec{f}_E = -\vec{f}_s$. A diferença de potencial entre os terminais (a e b) é, portanto,

$$\Delta V = - \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{l} = \int_a^b \vec{f}_s \cdot d\vec{l} = \oint \vec{f}_s \cdot d\vec{l} = \varepsilon$$

As baterias reais, possuem uma certa resistência interna, r , e a diferença

de potencial entre seus terminais é:

$$\Delta V = \varepsilon - Ir$$

Quando tem-se a corrente i estabelecida no circuito.

4.9 Associação de Resistores

4.9.1 Resistores em Série

A fim de simplificação, como não vamos mais precisar usar o conceito de potencial elétrico puramente, mas sim o de diferença de potencial elétrico (ddp), a partir de agora em vez de ΔV para ddp, usaremos apenas V .

Dois resistores ligados de modo que a carga elétrica que passa por um deles seja a mesma que passa pelo outro, estão ligados em série.

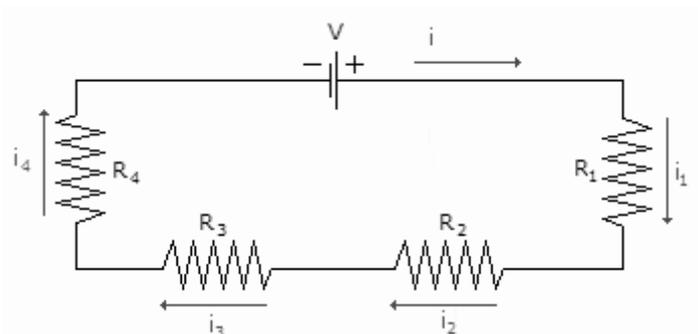


Figura 4.3: Representação esquemática de uma associação de resistores em série

Na figura 4.3 acima, os resistores R_1 , R_2 , R_2 , R_3 e R_4 , estão ligados em série. Uma vez que não há acúmulo de cargas em nenhum ponto de um condutor no qual flui uma corrente constante, como já discutido, se uma carga ΔQ passar por R_1 , num certo intervalo de tempo, não há outro caminho para ela seguir senão passar por R_2 e consequentemente passar pelo R_3 e assim sucessivamente, no mesmo intervalo de tempo. Os resistores então conduzem a mesma corrente i .

Podemos simplificar a análise do circuito com resistores em série substituindo-o por um único resistor, com uma resistência elétrica equivalente R_{eq} ,

que provoca a mesma queda de tensão V ao conduzir a mesma corrente i .

Como a queda de tensão total será a soma das quedas de tensão em cada resistor, temos:

$$V = i \cdot R_1 + i \cdot R_2 + i \cdot R_3 + i \cdot R_4 = i \cdot (R_1 + R_2 + R_3 + R_4)$$
$$i \cdot R_{eq} = i \cdot (R_1 + R_2 + R_3 + R_4)$$

Concluimos que para uma associação em série de resistores, a resistência equivalente é igual a soma das resistências de cada resistor individualmente.

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$$

4.9.2 Resistores em Paralelo

Dois ou mais resistores estão ligados em paralelo, quando causam a mesma queda de potencial, veja a figura 4.4.

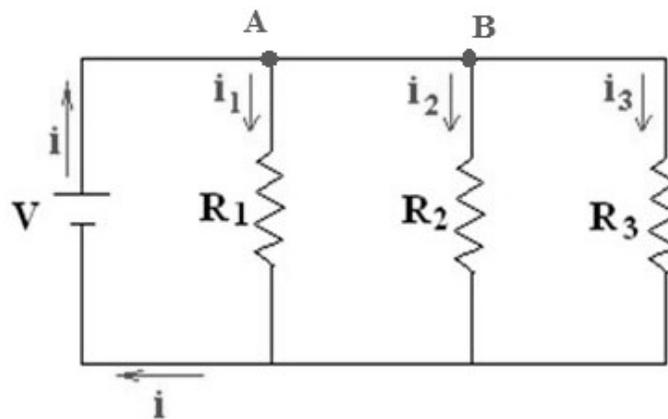


Figura 4.4: Representação esquemática de uma associação de resistores em paralelo.

Observe que os resistores estão ligados nas extremidades por fios de resistência desprezível.

Veja que a corrente que sai da fonte de tensão, ao chegar no ponto A se divide e ao chegar no ponto B se divide novamente, concluimos então que a corrente total do circuito, a que saiu da fonte de tensão, é a soma das correntes individuais de cada resistor associado em paralelo.

$$i_{total} = i_1 + i_2 + i_3$$

Como todos os resistores associados em paralelo têm uma de suas extremidades conectada por um fio de resistência desprezível ao terminal (+) da fonte de tensão e a outra extremidade conectada através de fios de resistência elétrica também desprezível ao terminal (-) da fonte de tensão, concluímos assim que a queda de tensão (V) em cada resistor tem mesmo valor e igual à queda de tensão da fonte.

Como:

$$i_{total} = i_1 + i_2 + i_3$$

Temos que

$$i = \frac{V}{R}$$

Substituindo obtemos:

$$\frac{V}{R_{eq}} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3}$$

Como visto acima, as quedas de tensão são as mesmas em cada resistor, ficando então a expressão para o cálculo da resistência equivalente de uma associação em série de resistores:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

4.10 Circuitos de Corrente Contínua

4.10.1 Lei das malhas de Kirchhoff

A Lei das malhas de Kirchhoff estabelece que é nulo o somatório das quedas e elevações de tensão ao longo de um caminho fechado de um circuito elétrico.

$$\sum V = 0$$

Nos circuitos representados na Figura 4.1 existem os seguintes caminhos fechados: o caminho ao longo dos nós (a, b, c, d, e, f, a) , em 4.5.a, e os caminhos ao longo dos nós (a, b, c, d, e, a) , (b, c, d, e, b) e (a, b, e, a) em 4.5.b.

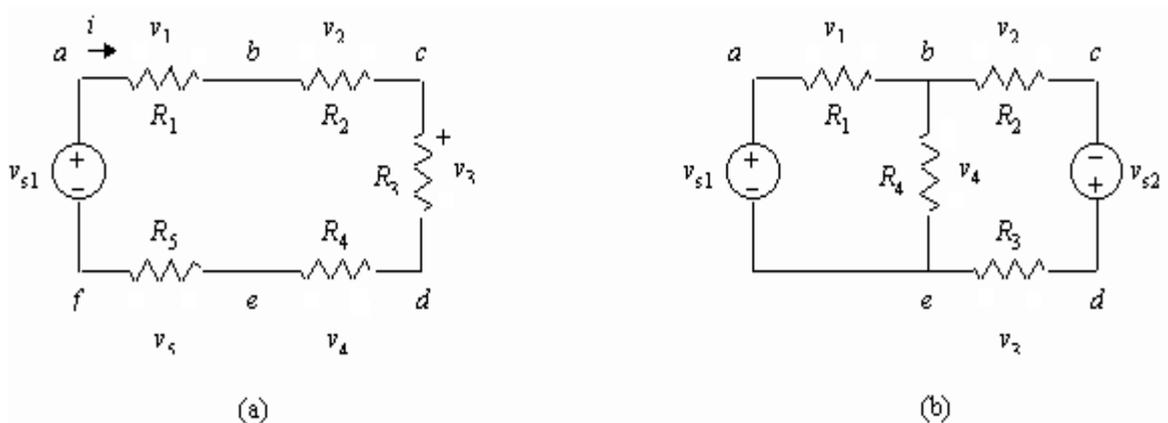


Figura 4.5: Lei das malhas de Kirchhoff

Por exemplo, para o caminho (a, b, c, d, e, a) é válida a igualdade:

$$V_1 + V_2 - V_{s2} + V_3 - V_{s1} = 0$$

Ou então:

$$V_{s2} + V_{s1} = V_1 + V_2 - V_3$$

A relação indica que são iguais os somatórios das quedas e das elevações de tensão ao longo de um caminho fechado.

4.10.2 Lei de Kirchhoff das Correntes

A Lei de Kirchhoff dos nós ou das correntes estabelece que é nulo o somatório das correntes incidentes em qualquer nó de um circuito elétrico (Figura 4.6.a)

$$4.6.a) \sum i = 0$$

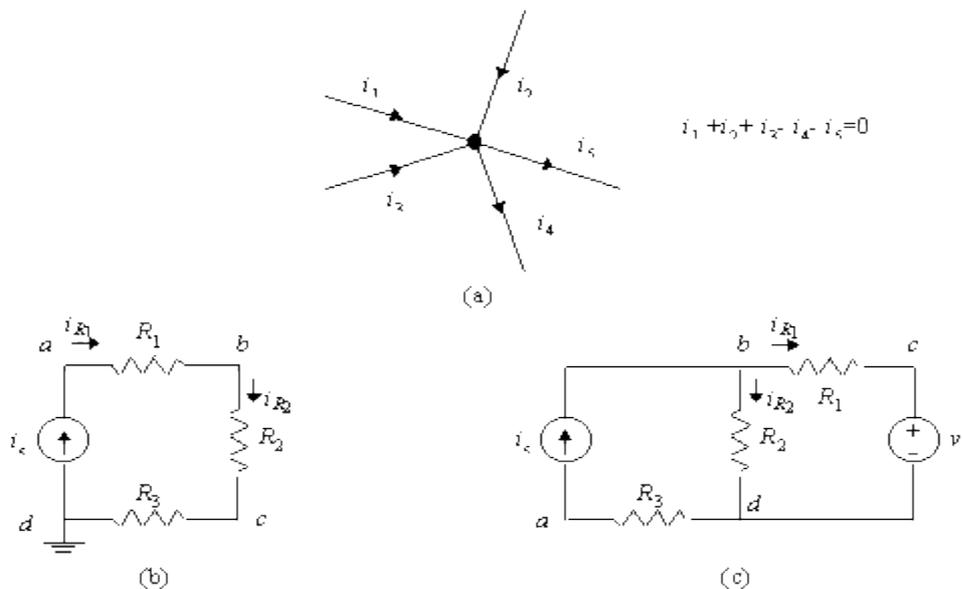


Figura 4.6: Lei de Kirchhoff dos nós ou das correntes.

Um nó é um ponto de união entre dois ou mais componentes de um circuito, ou entre um componente e a malha. Nos circuitos representados na Figura 4.6 (b) e (c) existem os seguintes nós: nós *a*, *b*, *c*. A aplicação da lei das correntes ao nó *b* do circuito da figura 4.6 (c) conduz à igualdade:

$$i_s - i_{R1} - i_{R2} = 0$$

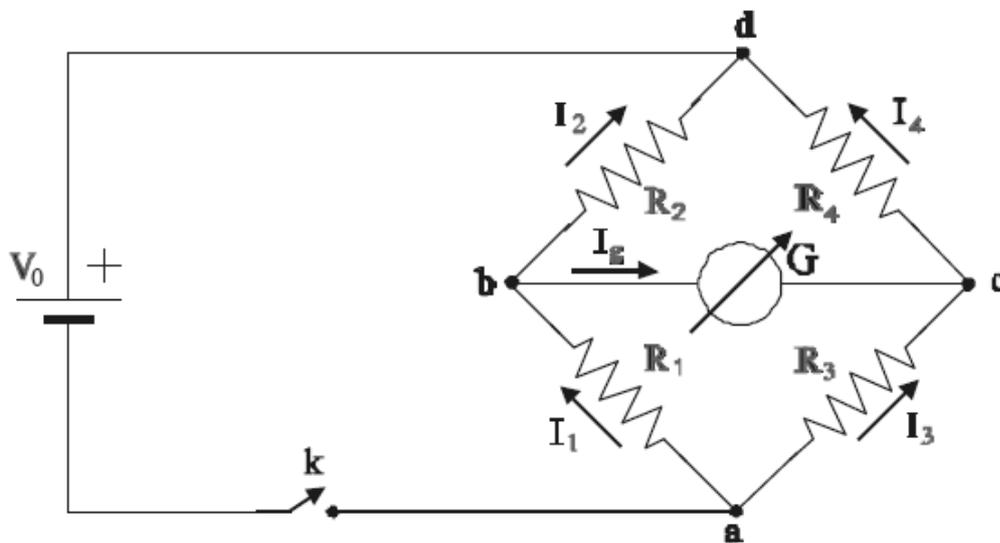
ou então,

$$i_s = i_{R1} + i_{R2}$$

A relação acima, indica que em qualquer nó de um circuito são idênticos os somatórios das correntes incidentes e divergentes.

4.10.3 Exemplo: Ponte de Wheatstone

A ponte de Wheatstone inventada por Samuel Henrique Christie (1784 – 1865), em 1833 e popularizada por Charles Wheatstone (1802 - 1875) consiste basicamente de dois circuitos em paralelo através dos quais se divide uma corrente. Esses circuitos são formados por quatro resistores, montados de modo a formar um quadrilátero. Três dos quais são conhecidos e o quarto desconhecido (R_4),



Suponhamos que não passe corrente pelo galvanômetro, $i_g=0$; ou seja, não exista diferença de potencial entre os pontos b e c. Teremos então as seguintes equações:

$$V_b - V_c = 0$$

ou seja

$$V_b = V_c$$

$$V_b - V_a = R_1 \cdot i_1$$

$$V_d - V_b = R_2 \cdot i_2 \quad (1)$$

$$V_c - V_a = R_3 \cdot i_3$$

$$V_d - V_c = R_4 \cdot i_4$$

Como $i_1=i_2$ e $i_3=i_4$, pois fizemos a hipótese de que não havia passagem de corrente pelo galvanômetro, podemos escrever:

$$V_b - V_a = R_1 \cdot i_1 \quad (2)$$

$$V_d - V_b = R_2 \cdot i_1 \quad (3)$$

$$V_c - V_a = R_3 \cdot i_3 \quad (4)$$

$$V_d - V_c = R_4 \cdot i_3 \quad (5)$$

Das equações (2) e (4), notando que no equilíbrio $V_b = V_c$ ficamos com:

$$R_1 \cdot i_1 = R_3 \cdot i_3 \quad (6)$$

De maneira análoga das equações (3) e (5), obtemos:

$$R_2 \cdot i_1 = R_4 \cdot i_3 \quad (7)$$

Dividindo membro a membro a equação (6) pela equação (7) teremos:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} \quad (8)$$

Assim, no equilíbrio (corrente no galvanômetro zero) a relação (8) acima deverá ser satisfeita.

Capítulo 5

Kit Didático

O ensino de Física no país e no mundo está passando por uma série de mudanças bem perceptíveis, haja vista o crescente número de trabalhos desenvolvidos com o intuito de proporcionar um melhor entendimento da física aos alunos de várias faixas etárias. Infelizmente ainda faltam recursos pedagógicos e práticos para que tal objetivo seja alcançado. Mais precisamente na área de eletricidade, a experiência do autor, de 15 anos lecionando física, sugere haver necessidade de novos recursos para conseguir que os alunos relacionem a prática com os conceitos físicos, principalmente no que concerne a física do dia a dia.

Acreditamos que não basta apenas fazer uma proposta de nova atividade de ensino. A proposta tem de ser viável para a grande maioria dos professores de física do país.

Neste contexto surge a proposta de desenvolver circuitos elétricos didáticos utilizando componentes eletrônicos reciclados, facilmente encontrados em tvs e monitores velhos, reatores de lâmpadas fluorescentes queimados, placas de computador inutilizadas, e uma variedade de outras fontes de componentes, que estejam à disposição do professor e dos alunos. O intuito deste trabalho é que o próprio professor e os alunos montem os circuitos, sem gastar muito dinheiro ou sem gastar nada. Assim, tanto professores quanto alunos terão a oportunidade de entender melhor a física do seu dia a dia e terão a oportunidade de vivenciar fenômenos físicos, até então deixados de lado ou não estudados com a devida atenção e importância.

Pretende-se mostrar que é possível complementar as atividades didáticas no ensino de eletricidade, tanto em nível de ensino médio como de graduação, sem precisar fazer grandes investimentos financeiros e sem alterar o conteúdo programático de física.

5.1 Nossas Experiências Anteriores

O autor desta dissertação, já havia idealizado vários experimentos práticos com base em sua experiência e de colegas professores de física. Um desses projetos foi o de circuitos elétricos simples, utilizando lâmpadas incandescentes, placa de MDF (Medium Density Fiberboard) e fios condutores de cobre. Esse aparato experimental fez bastante sucesso entre os alunos, seus testemunhos após as aulas eram sempre acerca de melhor visualizar como ocorrem as ligações elétricas e o funcionamento do circuito elétrico. Os alunos comentavam que imaginavam um curto circuito como sendo algo que causa explosões e, com aquela demonstração podiam ver o que é na prática um curto circuito.



Figura 5.1: Aparato experimental para ensinar associação de resistores em série e em paralelo. [https://www.youtube.com/watch?v=7Di6xrl2J0s&t=28s]

Haviam sido feitos alguns vídeos com demonstração da utilização deste aparato experimental para um site de aulas a distância [Associação de Resistores]. Creio que um dos indícios da necessidade que os alunos têm de ver a aplicação da física no cotidiano seja o elevado número de visualizações destes vídeos, mais de seis mil acessos.

Este aparato experimental tinha alguns inconvenientes que nos forçaram a não mais utilizá-lo. Ele era grande demais, por isso transportá-lo era sempre problemático. As lâmpadas queimavam com frequência e cada vez mais é difícil

encontrar lâmpadas incandescentes no mercado. Além disso havia sempre o risco de se tomar choques, uma vez que o circuito era ligado diretamente na rede doméstica e as lâmpadas ficavam sujeitas à tensão da rede, nos obrigando a fazer apenas uma atividade prática de demonstração.

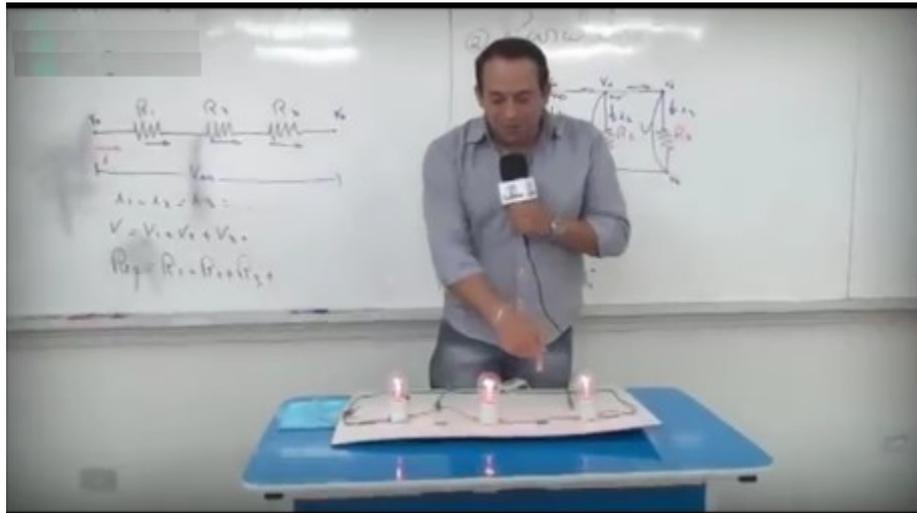


Figura 5.2: Atividade de Demonstração: Curto Circuito Numa Associação de Resistores em Série. [<https://www.youtube.com/watch?v=7Di6xrl2J0s&t=28s>]

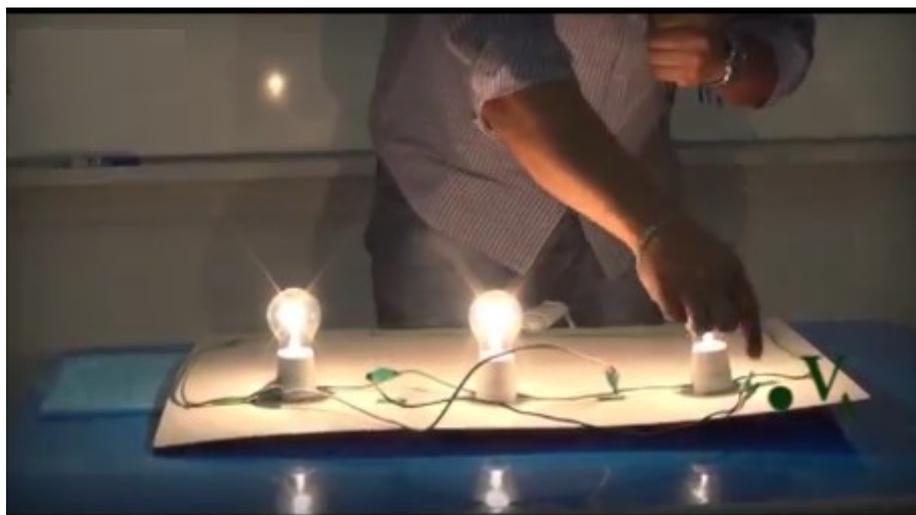


Figura 5.3: Atividade de Demonstração: Associação de Resistores em Paralelo. [<https://www.youtube.com/watch?v=7Di6xrl2J0s&t=28s>]

Todos esses fatores contribuíram para que abandonássemos o projeto utilizando lâmpadas incandescentes e procurássemos novas formas de ensinar circuitos elétricos simples, mas tendo em mente as lições aprendidas, os novos circuitos não deveriam oferecer riscos aos alunos, deveriam ser de fácil utilização e transporte, além da necessidade de que os seus componentes deveriam ser de fácil acesso e baratos.

5.2 Kits Comerciais Disponíveis

O autor deste trabalho, em sua prática docente, sentiu a necessidade de novas metodologias e materiais para ensinar circuitos elétricos aos seus alunos. Este mestrando foi incumbido de montar um laboratório de física no colégio em que trabalha, da rede particular de Juiz de Fora. Em sua procura por kits prontos deparou-se com os seguintes problemas ao entrar em contato com empresas do ramo e outros professores mais experientes:

- Os kits eram muito caros, sendo o custo de cada kit variando de R\$ 1000,00 a R\$ 3500,00 reais.
- Em sua grande maioria eram difíceis de montar
- Os que eram fáceis de montar eram apenas de “encaixar”, não exigindo muito do aluno, parecendo uma caixa preta.
- Não havia muitas opções de kits no mercado, todos muito parecidos.

Neste contexto, surgiu a ideia de desenvolver e aprimorar um kit funcional para ensinar circuitos elétricos, primando por praticidade, ludicidade e baixo custo, ao mesmo tempo visando dar um sentido prático aos conceitos estudados em sala de aula, fazendo elos entre o cotidiano do aluno e o conhecimento formal encontrado nos livros didáticos.

5.3 Desenvolvimento do Kit

Descrevemos em escala cronológica neste capítulo, como foram feitas as pesquisas e o desenvolvimento do nosso kit didático para ensino de circuitos elétricos simples.

O propósito deste trabalho não é de apenas desenvolver um kit didático para ensinar circuitos elétricos, mas também fornecer subsídios ao professor para utilizá-lo de forma adequada para promover o processo de ensino-aprendizagem, enriquecendo substancialmente suas aulas em termos de conteúdo, exemplificação e interesse pelos alunos.

Fizemos um estudo sobre eletrônica, não incluído nesta dissertação, a fim de nos familiarizarmos com os componentes eletrônicos, ferramentas e técnicas utilizadas na eletrônica básica. Estudamos fontes de tensão, circuitos divisores de corrente, transformadores, diodos, transistores, capacitores, osciloscópios, pontes de diodos, LDRs, NTCs e Peltier e alguns circuitos integrados simples, tais como o NE555.

Passada a fase de estudo e familiarização com eletrônica, começamos a pensar na produção do kit de eletricidade, nos preocupando em fazer um trabalho bem estruturado, concomitantemente, pesquisando um referencial teórico a fim de fornecer subsídio pedagógico ao nosso trabalho. Pesquisamos também os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) com o intuito de nortear o desenvolvimento do trabalho. Pesquisamos quais os circuitos elétricos mais comuns nos livros didáticos de física que são utilizados nas redes pública e particular da cidade de Juiz de Fora. Os livros analisados foram os seguintes: Os Fundamentos da Física [Ramalho 2015]; Física – Volume Único [Gaspar, 2003]; Tópicos de Física, [Biscuola, 2013]; Física Básica [Ferraro, 2009]; Física para o Ensino Médio [Yamamoto, 2013]; Física – Contexto e Aplicação [Luz e Alvarenga, 2011]; As Faces da Física [Carron, 2002].

De posse desses dados, começamos a especular quais os circuitos deveriam fazer parte do kit e como deveríamos idealizar as atividades práticas/experimentais. A princípio, optamos por desenvolver a montagem de quatro circuitos básicos:

- LEDs associados em série;
- LEDs associados em paralelo;
- Ponte de Wheatstone;
- Three way ou triway.

Estas práticas experimentais foram idealizadas com o intuito de os alunos participarem ativamente das mesmas, sendo instigados a pensar sobre o experimento, inclusive, aprendendo e discutindo com os demais colegas.

Ao idealizarmos os circuitos, priorizamos a segurança do professor e dos alunos, assim como a praticidade na utilização dos componentes, bem como a acessibilidade em achar todos os materiais e componentes do kit.

Atentos à necessidade de desenvolver um kit que despertasse o interesse dos alunos, procuramos selecionar componentes adequados à finalidade proposta. Tentamos utilizar lâmpadas incandescentes de lanternas e de faróis de carro, as quais não se mostraram funcionais, pois queimavam facilmente e, sobretudo, não são encontradas com facilidade no mercado, sendo seu preço bastante elevado, o que dificultaria a sua reposição. Utilizamos então, LEDs brancos, que são facilmente encontrados em qualquer loja de eletrônica, além disso, são duráveis e de preço bem acessível (variando de R\$0,40 a R\$0,70), obtivemos bons resultados com a utilização desses LEDs, principalmente no que concerne à praticidade, durabilidade e ludicidade.

Pesquisamos qual fonte de tensão melhor se adequaria ao nosso kit, tendo em vista as finalidades propostas. A fonte de tensão deveria ser de fácil acesso no mercado e não oferecer riscos à integridade física dos alunos e do professor. Testamos fontes de tensão de cinco volts (5V), utilizadas para recarregar baterias de celular. Apesar da abundância dessas fontes e baixo custo no mercado, elas não forneciam a voltagem que precisávamos para montar todos os circuitos propostos, pois 2 ou 3 LEDs em série não acenderiam. A fonte de nove volts (9V) utilizada em roteadores mostrou-se bastante eficaz, porém, não é encontrada com facilidade no mercado.

A fonte de doze volts (12V) é a mais comum nas lojas de eletrônica da cidade de Juiz de Fora, ela atendeu a todos os nossos objetivos, apenas tivemos que

conectar em um de seus terminais um resistor de mil ohms (1000Ω) para não queimar os LEDs ao serem conectados isoladamente à fonte. Quando conectamos a fonte assim preparada a um LED branco, este fica submetido a uma ddp (diferença de potencial elétrico) de 3,1v e uma corrente de 9,1mA, sendo ideal para utilização no kit.

Consta no kit um multímetro que é vital para a proposta da atividade experimental construtivista. Há vários modelos e marcas no mercado. Pudemos constatar que o mais barato e que fornecia uma boa precisão nas medidas era o da marca Hikari HM-1000, o qual segundo os gerentes das lojas é o mais fácil de ser encontrado no mercado. Seu custo varia de R\$18,00 a R\$22,00.

A próxima etapa foi o desenvolvimento da protoboard, em que tivemos as seguintes questões: Qual material utilizar? Como fazer os pontos de conexão para os elementos? Quantos pontos seriam necessários? Qual o tamanho ideal do protoboard?

De início, pensamos em utilizar uma placa acrílica a fim de que o aluno pudesse ver todos os fios de ligação e que fosse de fácil manuseio. O acrílico se mostrou não funcional por causa do seu alto preço, uma vez que objetivávamos um kit de baixo custo. Além disso, era problemática a feitura dos pontos de ligação, que deixaria o kit como os tradicionais já existentes no mercado, apenas para encaixe de elementos.

Pensamos, então, em utilizar compensado, do tipo encontrado na parte traseira de móveis, mas este se mostrou de baixa resistência mecânica, quebrando facilmente e sendo difícil fazer furos para os pontos de conexão.

Chegamos, então ao MDF (Medium Density Fiberboard) que é muito comum no mercado. É encontrado em várias espessuras e tamanhos, em lojas de artesanato e naquelas específicas do ramo moveleiro.

Utilizamos uma placa de MDF de 5 mm de espessura, pois foi a mais comum que achamos, se mostrando bastante resistente e apresentável.

Faltava agora, fazer os pontos de conexão, nos quais iríamos montar os circuitos. Primeiramente, pesquisamos a utilização de plugs bananas, mas se mostraram ruins pelo fato de que o circuito se tornaria apenas de encaixe, não

fornecendo possibilidades a muitas configurações diferentes, além de não serem muito baratos. Pensamos na utilização de tarugos de metais, mas eram difíceis de cortar exigindo ferramentas apropriadas e ao seu alto preço.

Por fim chegamos à ideia de utilizar um parafuso com uma porca e uma arruela em sua extremidade como ponto de conexão encontrando uma solução ideal para o que precisávamos.

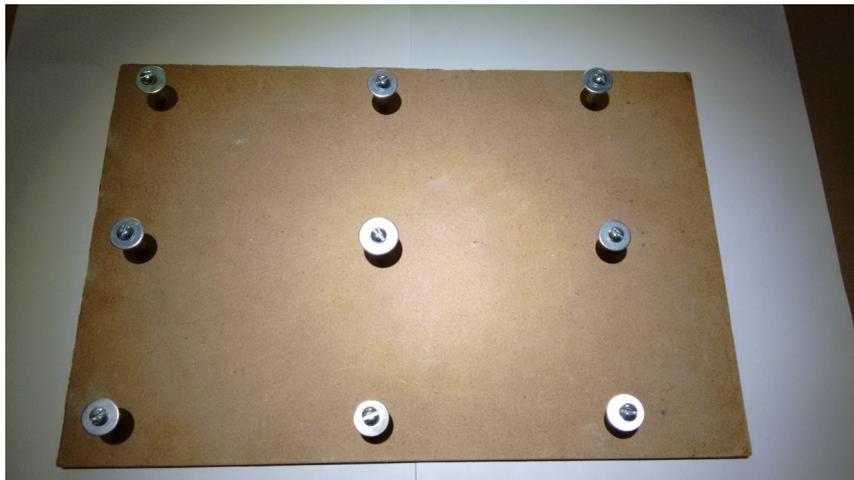


Figura 5.7: protótipo do protoboard feito em MDF e pontos de ligação feitos com parafusos, porcas e arruelas.

O ponto de conexão assim feito possibilitou montar uma série de configurações diferentes de circuitos, quase tantos quanto quiséssemos, utilizando nos terminais dos elementos de circuito garras jacaré soldadas.

Para os elementos de circuito utilizamos uma pequena placa retangular de 4 cm por 1,5 cm, feitas com o mesmo MDF da protoboard, sobre as quais colocamos os componentes eletrônicos. Através de dois furos passamos os terminais dos componentes e soldamos as garras jacaré, formando, assim, módulos com os elementos (LEDs, resistores, interruptores).

Com base na pesquisa dos circuitos elétricos que aparecem nos livros didáticos e em nossa demanda chegamos à conclusão que a protoboard deveria ser de 20 cm de largura por 30 cm de comprimento, comportando nove pontos de conexão, sendo suficiente para montarmos os circuitos propostos e ainda possibilitando a montagem de vários outros circuitos. Além disso, colocamos dois

novos pontos de ligação, para evidenciar a conexão dos terminais da fonte de tensão, deixando os outros nove pontos para montagem do circuito elétrico. Entretanto estes dois pontos se mostraram redundantes, e poderiam ser suprimidos.

5.3.1. O Protótipo

Com a configuração justificada acima: protoboard, fonte de tensão, multímetro e elementos de circuito, surge nosso primeiro protótipo do kit didático para ensinar circuitos elétricos.

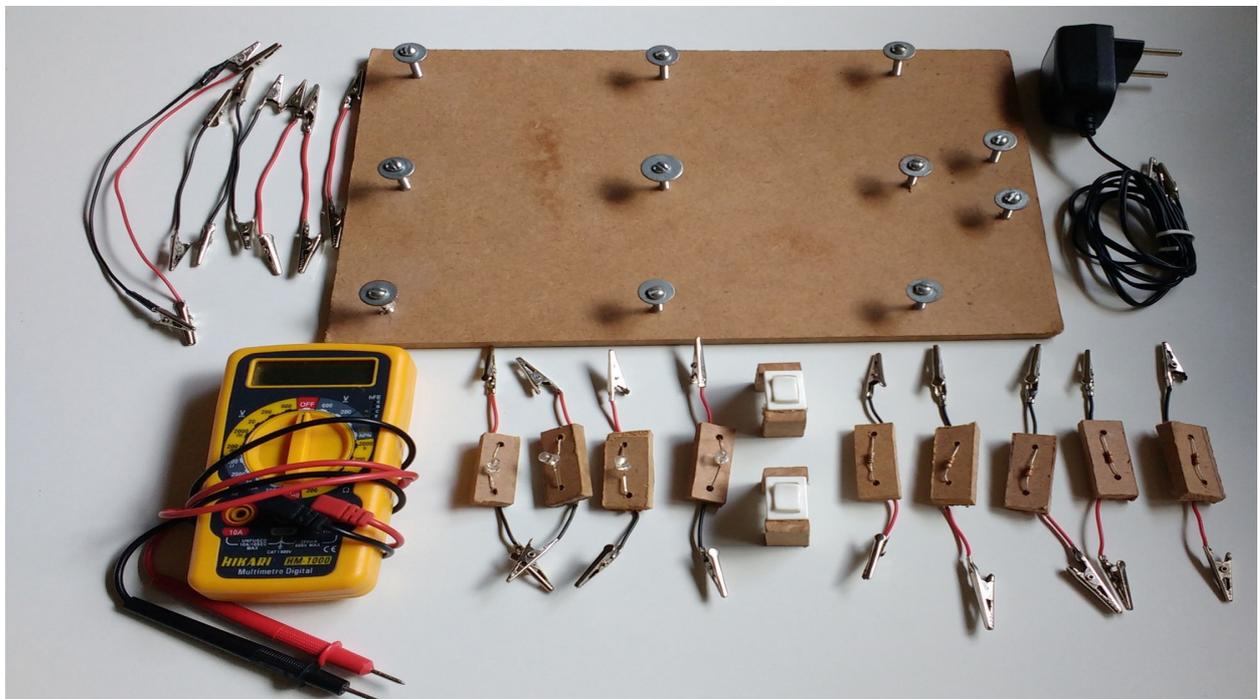


Figura 5.8: Primeiro protótipo para o ensino de circuitos elétricos simples.

Este protótipo consiste de:

- Fonte de tensão de 12 volts;
- Protoboard de MDF com 09 pontos de conexão de parafusos, porcas e arruelas;
- 4 módulos LED brancos;
- 4 módulos resistores de 330 Ω ;
- 1 módulo resistor de 1000 Ω ;
- 2 módulos interruptores;

- 8 fios de ligação com garras jacaré em suas extremidades.

Além disso, cada componente (LEDs, resistores e interruptores) também tiveram garras jacaré soldadas aos seus terminais, veja a figura acima. As garras jacarés nos terminais dos componentes, se mostraram extremamente funcionais, possibilitando ligar vários componentes ao mesmo tempo em um ponto de ligação (arruela) e ainda, de várias maneiras.

O custo deste protótipo em valores atuais varia de R\$56,00 a R\$78,00. O tempo total gasto para confeccionar o mesmo foi entorno de 5 horas. O próprio autor confeccionou o kit, mostrando que ele pode ser confeccionado sem muita demanda de tempo e grandes recursos financeiros. Mesmo assim, sabemos que os professores não dispõem de tempo e interesse para fazer trabalho a mais. Este kit pode ser confeccionado por qualquer funcionário do colégio com alguma destreza em ferramentas elétricas manuais como furadeira, solda etc.

Outro ponto importante que deve ser destacado sobre o kit é que ele pode ser confeccionado pelos próprios alunos com a ajuda do professor, estreitando assim a mediação e promovendo uma situação que propicie o aprendizado do aluno.

5.4 Aplicação do Primeiro Protótipo

Este protótipo foi utilizado em uma prática/experimental em um colégio de Juiz de Fora, em uma turma do terceiro ano do ensino regular médio, com alunos em sua maioria com 17 anos de idade. A prática/experimental se mostrou muito promissora, na qual pudemos perceber indícios da alta durabilidade do kit, do seu fácil manuseio e da grande aceitação pelos alunos.

Um ponto que achamos muito positivo sobre a utilização do kit foi a motivação dos alunos. Pudemos constatar que os alunos participaram ativamente da atividade prática, se prontificando a montar os circuitos e analisar os fenômenos observados. Todos os alunos sem exceção, até os que “detestam” física, participaram e para a surpresa do professor, pediram pra fazer a atividade com os kits novamente.



Figura 5.9: Utilização do primeiro protótipo: alunos montando um circuito de LEDs em série.



Figura 5.9: Utilização do primeiro protótipo: alunos comemorando ao conseguirem ligar o three-way.

Alguns pontos deficientes deste protótipo devem ser mencionados aqui: durante a sua utilização na atividade prática mencionada acima, um módulo LED não funcionou, sendo detectado, posteriormente, uma falha na solda de um dos seus terminais. O professor deverá estar preparado para situações como esta, para que não atrapalhe no processo de construção do conhecimento, por exemplo, ter material de reposição ao alcance, como módulos LEDs extras, ou ter um aparelho de solda à disposição, para consertar os elementos que forem necessários.



Figura 5.10: Utilização do primeiro protótipo: alunos aplaudindo a atividade prática, queriam mais aulas assim.

Devido ao grande êxito na utilização do protótipo, não foram feitas grandes modificações em sua configuração, ficando a versão final do kit muito semelhante ao confeccionado inicialmente.

5.5 Desenvolvimento do Material de Apoio ao Kit

Uma vez que o nosso protótipo estava pronto e havia sido utilizado em sala de aula, passamos a desenvolver o manual do professor, o roteiro do aluno, os apêndices sobre LEDs e multímetros e o vídeo que dará suporte ao professor que se interessar em produzir e utilizar o seu próprio kit em sala de aula, com base nos dados coletados na aplicação no kit.

5.5.1 O Manual do Professor

O Manual do Professor foi desenvolvido com o objetivo de fornecer suporte ao professor que for utilizar o kit de eletricidade que o acompanha. Este manual, foi fortemente inspirado no livro “Experiências de Ciências” de Alberto Gaspar [Gaspar, 2014], o qual acreditamos ser uma ótima referencia de ensino de laboratório dentro

da filosofia construtivista do conhecimento. Além disso, nos valem da estratégia de Aberto Gaspar de conduzir a prática experimental construtivista através de tópicos sugestivos tais como: O que se usa? Como se faz? Como se explica? O que pode dar errado?

Visando dar suporte aos professores que utilizarão o kit, no manual do professor fizemos recomendações quanto ao uso de cada parte do kit, assim como cuidados com segurança na utilização e manuseio do mesmo. Os tópicos de cada experimento apresentam um breve texto, com orientações de como preparar a experiência, os detalhes mais importantes a serem observados; uma breve explicação dos conceitos físicos envolvidos e, com base na experiência prática de fabricação e aplicação em sala de aula dos autores, eventuais problemas que possam aparecer e suas soluções, fornecendo assim subsídio para que o professor possa proporcionar aos seus alunos uma aula experimental que contribua de maneira significativa para o processo de ensino / aprendizagem.

5.5.2. O Roteiro do Aluno

O roteiro do aluno foi desenvolvido visando proporcionar uma atividade prática experimental, dentro de uma óptica construtivista, na qual o aluno não obterá nada pronto e acabado, mas será instigado a pensar, solucionar problemas e aprender com os próprios erros.

No anexo II, consta esse roteiro que poderá ser analisado e se necessário, revisto pelo professor que porventura venha a utilizá-lo.

5.5.3. Inventário de Conceitos de Circuitos Elétricos Simples

Selecionamos algumas questões, discursivas e objetivas, de diversas fontes, como livros-texto de Física do ensino médio, Enem e vestibulares. Acreditamos que o professor possa utilizar este inventário para medir quantitativamente e qualitativamente, se houve ganho de aprendizado pelos alunos, ou se conseguiram entender melhor os conceitos físicos relacionados a circuitos elétricos.

Infelizmente não houve tempo hábil para fazermos uma análise quantitativa do ganho de aprendizado dos alunos, mas fizemos uma análise qualitativa que será discutida no capítulo seguinte.

Este inventário encontra-se no apêndice III deste trabalho.

5.5.4. Outras Possibilidades de Circuitos

Pesquisamos a montagem de outros circuitos e sua utilização no ensino de física. Entre vários outros circuitos analisamos os que utilizam elementos como transistores, potenciômetros, circuitos integrados, LDRs, como por exemplo, circuito detector de corrente, circuito detector de toque, circuito para determinação da constante de Planck, circuito regulador de tensão. Esses e outros circuitos poderão fazer parte do kit futuramente, e não estão descritos neste trabalho.

Capítulo 6

Aplicação do Produto

6.1 Metodologia

Para Aplicar este kit em sala de aula, primeiramente preparamos os alunos no que concerne ao conteúdo programático de física inerente ao assunto proposto no kit, que é o de eletricidade e mais precisamente circuitos elétricos simples. Foram ministradas aulas teóricas dos conteúdos de eletrostática e eletrodinâmica até o tópico de circuitos elétricos simples, como já citado anteriormente neste trabalho.

Foram programadas duas aplicações do kit em sala de aula: a primeira em setembro de 2015, em uma escola da rede de ensino particular da cidade de Juiz de Fora, em uma turma de 38 alunos, com o intuito de testar o primeiro protótipo do kit e de fazer observações quanto à sua eficácia e utilização. A segunda em junho de 2016, na mesma escola da primeira aplicação, na qual o próprio mestrando trabalha como professor da matéria de Física. Esta turma constava de 34 alunos e a aplicação foi com o intuito de coletar dados para a finalização desta dissertação.

Para cada uma das aplicações, foram reservadas cinco aulas de cinquenta minutos cada. A primeira aula foi para explicar o funcionamento e utilização do multímetro bem como a constituição e funcionamento dos LEDs. Na segunda aula foi aplicado um teste com questões discursivas e objetivas a respeito de circuitos elétricos simples, com o intuito de avaliar os conhecimentos dos alunos. Na terceira e quarta aulas, foi feita a aplicação do kit em laboratório e na quinta e última aula foi aplicado um inventário de conceitos de circuitos elétricos, o qual consta nos apêndices deste trabalho, a fim de testar quantitativamente a eficácia do kit e da metodologia de aplicação. Veja que são necessárias então 5 aulas de 50 minutos para a concretização da aplicação deste trabalho.

A aplicação do kit em laboratório em ambos os casos, deu-se dividindo-se as turmas em quatro grupos grandes, para compor as bancadas existentes, nas quais eram expostos os kits, e os roteiros para os alunos fazerem os experimentos propostos.

6.2 Primeira Aplicação do Kit

Após 12 meses do início do projeto, estávamos com um protótipo do kit finalizado. Fizemos então uma aplicação do produto em uma turma do terceiro ano do ensino médio de um colégio particular da cidade de Juiz de Fora. Esta aplicação teve como objetivo coletar dados sobre o kit, sobre sua utilização, motivação dos alunos, praticidade de uso do kit, sua durabilidade, o que poderia dar errado durante a prática e funcionalidade do roteiro do aluno. Ou seja, obter informações para desenvolver e melhorar o kit, assim como confeccionar o manual do professor, o qual fornecerá suporte a qualquer docente que queira utilizar os kits em sala de aula.

Antes de haver a aula prática/experimental, os alunos tiveram aulas teóricas de todo o conteúdo de eletrostática e o conteúdo de eletrodinâmica seguindo o livro texto “Os Fundamentos da Física” [Ramalho 2015] até o tópico “receptores elétricos”. A teoria foi dada antes da atividade prática, pois acreditamos que a atividade prática/experimental se constitui em um elo entre uma teoria um tanto quanto abstrata, vista em sala de aula, e o cotidiano do aluno, se devidamente preparada e mediada.

A turma de 38 alunos foi dividida em 4 grupos para compor as bancadas no laboratório de ciências do colégio. A divisão dos grupos foi deixada para os próprios alunos se organizarem. Foi colocado em cada bancada um kit composto por:

- 1 Roteiro de atividades práticas.
- 1 fonte de tensão de 12 volts associada em série com um resistor de 1k Ω .
- 1 protoboard.
- 4 módulos resistores de 330 Ohms.
- 1 módulo resistor de 1000 Ohms.
- 2 módulos interruptores.
- 1 multímetro.
- 8 cabos para conexão.

Foi deixado livre aos alunos montarem os circuitos e testarem os mesmos, cabendo ao professor apenas interferir quando solicitado, porém não intervindo no experimento, nem não dando respostas diretas ou montando o experimento para o

aluno, apenas estimulando o processo com perguntas direcionadas à prática.

Durante a atividade prática, pudemos fazer uma série de observações quanto a funcionalidade do kit. Uma situação observada foi que, mesmo não solicitado aos alunos que anotassem dados nem o roteiro pedindo isso, observamos que os próprios alunos sentiram necessidade de anotar tudo o que acontecia durante a atividade prática/experimental.



Figura 6.1: Primeira Utilização do kit: Alunos montando uma associação de LEDs em série.



Figura 6.2: Primeira utilização do kit: Alunos medindo tensão nos LEDs em série e fazendo anotações.

Outra observação interessante foi em relação à precisão das medidas, dois grupos ao montarem o circuito com LEDs em paralelo, deveriam medir as diferenças de potenciais nos três LEDs associados, como pedia o roteiro, obtendo dados como os listados a seguir:

3,06 V.

3,05 V.

3,03 V.

Os alunos então questionaram o professor se haviam montado o circuito errado ou se estavam executando as medições erroneamente, pois não estavam encontrando os mesmos valores de tensão como esperado segundo a teoria vista em sala de aula. O professor então interveio explicando que o experimento estava correto, as diferenças nos dados obtidos eram devidas a resistência dos fios, arruelas e conectores, além do próprio erro experimental de observação, incluindo funcionamento do multímetro, posicionamento dos seus terminais, etc.

Observamos que apenas dois componentes estragaram, sendo que nos dois casos a falha foi devida a soldas mal feitas, mostrando que o kit apresenta boa durabilidade. Observamos também e registramos as perguntas que os alunos faziam ao professor e entre eles dentro do grupo. Registramos também situações em que o experimento falhou ou não funcionava direito. Estes dados foram utilizados para o desenvolvimento do manual do professor, no qual consta uma seção intitulada por “O que pode dar errado”, visando dar total suporte ao professor que porventura use o kit em suas aulas.

A situação que mais nos chamou a atenção durante esta aplicação foi relacionada à motivação dos alunos, todos participaram ativamente de toda a atividade prática/experimental, sendo que especificamente dois alunos foram os que mais participaram. Contudo estes dois alunos, segundo o professor, eram os mais desinteressados, não gostavam assumidamente de Física, tirando notas ruins e por vezes atrapalhando a aula. Pudemos observar os seus comportamentos totalmente sintonizados com os outros alunos, dedicando-se ativamente à realização da atividade proposta. Um comentário de um desses alunos que me deixou bastante entusiasmado com o projeto: “Então é assim que funciona o interruptor de luz de

casa?”. Isto nos mostra que a atividade prática/experimental pode servir de elemento motivador ao estudo da física.

6.3 Segunda Aplicação do Kit

A segunda aplicação do produto ocorreu com 20 meses após o início do projeto, na mesma escola da primeira aplicação, porém nesta aplicação o orientador do projeto, professor Júlio Akashi Hernandez, estava presente para acompanhar a atividade prática/experimental.

A turma de trinta e quatro alunos foi dividida novamente aleatoriamente em quatro grupos para compor as bancadas, que já se encontravam devidamente preparadas com os roteiros e os kits. Os kits foram os mesmos da primeira aplicação, contando apenas com um novo roteiro, melhor estruturado.



Figura 6.3:2ª aplicação do kit: alunos medindo a ddp da fonte de tensão.

As observações durante a prática/experimental foram muito parecidas com a primeira ocasião. Notamos nitidamente que os alunos ficam extremamente motivados em executar a atividade, em relacionar aquele objeto de conhecimento com elementos do seu cotidiano. Algumas frases que pudemos registrar evidenciam tal fato: “todas as aulas deveriam ser assim”, “eu achava que curto circuito tinha que

dar fogo”, “vou fazer um Three-Way lá em casa”, “dá um kit desses pra mim”, “podemos fazer um kit desses para a feira de ciências?”.



Figura 6.4: 2ª aplicação do kit: aluna pedindo um kit de presente para o professor após fazer um curto circuito em dois LEDs numa associação em série.

Outras reações interessantes dos alunos ocorriam quando algum grupo conseguiu montar e fazer funcionar um circuito. Por exemplo, quando um LED acendia o grupo vibrava, os alunos comemoravam como se tivessem feito ou descoberto algo fantástico, o que não deixa de ser verdade.

Mais uma vez, pudemos registrar que os alunos mais “problemáticos” foram os que mais se interessaram e participaram da atividade prática/experimental. Eu, como professor da turma, percebia que estes alunos não participavam das aulas, tiravam notas ruins, não se interessavam pelo estudo da física. Não vamos falar aqui que a vida escolar desses alunos mudou completamente, mas pude constatar que, pelo menos, eles têm feito mais perguntas durante as aulas.

Acreditamos que a fácil utilização do kit e sua praticidade, aliada à forma como é conduzida a atividade prática/experimental, são uma boa alternativa para motivar os alunos, incentivando-os ao estudo da física e os ajudando a fazer conexões entre a teoria aprendida em sala de aula e o seu cotidiano.



Figura 6.5: 2ª aplicação do Kit: alunos medindo a tensão na ponte de Wheatstone.



Figura 6.6: 2ª aplicação do Kit: alunos discutindo porque a tensão nos LEDs estava “dando” valores diferentes.

Acreditamos que a aplicação do kit em sala de aula não deva onerar o professor nem a escola, não deva trazer transtornos em relação ao cumprimento do conteúdo programático de física, mas ajudar ao professor a ensinar os conceitos ou pelos menos estimular o estudo desta ciência. Para não causar atrasos na execução do programa, estas aplicações poderiam ser feitas no contra-turno, dependendo da disponibilidade da escola e do professor. O professor poderia também em vez de ministrar algumas aulas de exercícios, pedir para os alunos fazerem os exercícios em casa e aplicar o kit. Outra possibilidade seria trocar as aulas teóricas de circuitos elétricos pela atividade utilizando os kits. Outras possibilidades surgirão de acordo com os recursos disponíveis, disponibilidade, necessidade e boa vontade do professor em incrementar suas aulas de física.

Capítulo 7

Discussão

Embora várias escolas e faculdades desenvolvam atividades práticas em laboratórios ou de demonstração em sala de aula, os alunos apenas seguem mecanicamente roteiros, na maior parte das vezes, sem questionamentos ou reflexão sobre a tarefa proposta. Não há surpresas ou descobertas, provavelmente tudo o que será obtido já é familiar e está previsto no roteiro [Gaspar, 2014]. Isto não é de todo ruim, dependendo como foi preparado o material prático, como foi mediada a atividade pelo professor. Ainda assim pode haver grande ganho de aprendizagem pelos alunos.

Se o nosso interesse é ensinar circuitos elétricos simples através de um kit didático, em uma atividade prática/experimental e adotamos a teoria sócio-histórica de Vygotsky como fundamentação teórica, devemos nos questionar se nossa atividade está em confluência com tal filosofia e se nossos resultados estão dentro do esperado por esta teoria.

Segundo Gaspar 2014 (p. 26), adotando-se a teoria de Vygotsky, uma atividade experimental deve primar por: estar ao alcance da zona de desenvolvimento imediato do aluno; garantir que um parceiro ou companheiro mais capaz participe da atividade; garantir o compartilhamento das perguntas propostas e das respostas pretendidas; garantir o compartilhamento da linguagem utilizada, como desenhos, gráficos, esquemas. Podemos esperar então que, uma atividade prática/experimental que proporcione essas condições será eficiente no processo de ensino/aprendizagem.

De acordo com alguns indícios, que poderão ser comprovados ou não com futuras pesquisas, acreditamos que nosso kit didático seja bastante eficiente para o que foi proposto, que é ensinar circuitos elétricos simples, levando o aluno a aprender “fazendo”. Acreditamos que seu conteúdo esteja ao alcance da zona de desenvolvimento imediato do aluno, assim como todos os conceitos acerca dos

experimentos. Como a atividade é feita em grupo e norteada por um roteiro devidamente concebido de modo a instigar o pensamento e reflexão do aluno, um parceiro mais capaz poderá ajudar seus colegas na concretização do experimento e a internalizar os conceitos inerentes ao mesmo. Junto a isto temos a mediação do professor, que ao provocar discussão dentro do grupo de alunos e entre os grupos, contribui para que todos adquiram a mesma compreensão da atividade ou compreensões semelhantes.

Para se utilizar este kit de eletricidade não são necessárias muitas mudanças nas aulas do professor. Pode-se aplicar a atividade prática num sábado letivo, inclusive como forma de atrair os alunos para a escola no sábado. Pode-se substituir, por exemplo, uma aula de exercícios pela atividade prática com o kit, pedindo os alunos para fazer os exercícios em casa, ou como trabalho em grupo extraclasse. Há várias maneiras de se inserir as atividades práticas em sala de aula sem no entanto, prejudicar o planejamento do professor.

As habilidades acerca de atividades práticas não são cobradas com frequência pelos professores e em provas como o exame nacional do ensino médio (ENEM). Tem-se grande dificuldade de fazer com que os professores façam demonstrações práticas ou aulas de laboratório [Rosa 2003, p.19]. Mesmo assim percebemos que alguns professores são otimistas quanto à utilização de tais recursos práticos.

Acreditamos com base em nossa experiência em desenvolver e utilizar atividades prática/experimentais em sala de aula, que se o professor começar a fazer tais atividades com seus alunos, não vai parar mais. Perceberá no mínimo, seus alunos mais motivados a assistirem as aulas de física.

Temos como exemplo interessante de aplicação do kit, o da professora que chamaremos de professora “A”, que ao ver a apresentação do kit didático, tema desta dissertação, durante um Workshop no Instituto Federal de Educação do Sudeste Mineiro (IFSudeste-MG), em Juiz de Fora, nos pediu para utilizar o kit em suas aulas em um colégio particular da mesma cidade. Esta professora queria mostrar na prática para seus alunos como eram feitas as ligações em série e paralelo, segundo seus próprios relatos. Emprestamos um kit a ela e depois de

alguns dias nos relatou que havia realizado uma atividade simples de demonstração em sala de aula utilizando o kit, e que fora muito proveitosa. A professora “A” nos relatou que os alunos demonstraram grande interesse em “mexer” no kit, todos queriam ligar os LEDs, vê-los acender. Durante a apresentação um módulo LED não funcionou, mas havia um extra no kit, não havendo mais infortúnios. Segundo a professora, o que chamou mais sua atenção e o que a faria utilizar o kit novamente foi a motivação dos alunos, perguntaram bastante e pediram para terem mais aulas como aquela. Esta professora nos disse que gostou muito de utilizar o kit, pois ele era prático, fácil de montar e muito lúdico: “o aluno realmente vê o circuito sendo montado”.

Uma segunda professora que chamaremos de professora “B”, que também estava presente no workshop em agosto de 2016, pediu para usar um kit em uma turma do colégio público em que trabalha. Segundo a professora “B”, os alunos se interessaram muito quando ela começou a fazer a demonstração, fazendo várias perguntas como por exemplo “Assim que funciona as lâmpadas da minha casa?”. A professora nos relatou que foi fácil montar os circuitos, e que seus alunos gostaram muito, mostrando que a motivação é um dos pontos fortes deste kit. Esta prática de demonstração ocorreu durante apenas uma aula de cinquenta minutos.

Ao serem indagadas sobre a utilização do manual do professor, as duas professoras disseram que não o utilizaram. Em nosso entendimento, isto não se configura em um fato totalmente negativo, tendo em vista que ambas não desenvolveram uma atividade em grupo com seus alunos, na qual surgiriam mais situações problemáticas e que o manual forneceria suporte.

Tanto a professora “A” quanto a professora “B”, manifestaram a intenção de utilizar os kits em suas aulas no próximo ano letivo, e nos encomendaram dois kits completos.

Durante as aplicações dos kits em sala de aula que fizemos, pudemos perceber que a mediação do professor é de extrema importância, principalmente no que concerne a estimular os alunos a pensar e refletir sobre o experimento, não dando respostas prontas. Percebemos também que a discussão entre os alunos durante a atividade prática, estimulada pelo roteiro do aluno e pela mediação do

professor, contribuíram de forma significativa para que todos os alunos chegassem as mesmas conclusões ou conclusões semelhantes acerca do funcionamento dos circuitos elétricos simples que foram propostos. Obtivemos conclusões semelhantes ao fazermos uma análise qualitativa dos questionários, ou melhor, inventário de conceitos sobre circuitos elétricos que os alunos responderam, antes e após a aplicação do kit. Não fizemos aqui uma análise quantitativa deste material, pois demandaria muito mais tempo do que nos foi proposto neste mestrado, ficando esta mesma análise pendente para trabalhos futuros.

Um caso interessante que deve ser citado aqui, é o de três alunos, dois meninos e uma menina, que se mostraram totalmente desinteressados em física durante todo o ano letivo. Estes alunos não faziam perguntas, não faziam os trabalhos propostos, sendo um tanto quanto apáticos nas aulas de física. Após a atividade prática/experimental com o kit de eletricidade, foi proposto aos alunos que fizessem um trabalho prático para uma feira de ciências que ocorreria no final do ano. Surpreendentemente, esses três alunos fizeram um trabalho prático de grande qualidade sobre circuitos elétricos residenciais. Fizeram uma maquete de uma cidade e ligaram LEDs em todas as casas e postes de luz, explicando como são feitas as ligações das lâmpadas numa residência. Não seremos prepotentes em dizer que a atividade prática/experimental com o kit mudou a vida desses alunos, no que concerne ao estudo da física, mas pelos menos os estimulou a aprender um pouco mais desta disciplina. Fez com que percebessem, pelo menos um pouco, que os conceitos físicos estão presentes no seu dia a dia e não apenas em fórmulas e palavras em um livro.

Capítulo 8

Conclusão

Estamos em meio a um processo de compreensão do verdadeiro processo da atividade experimental em sala de aula, sendo portanto um exagero tirar conclusões precipitadas com este trabalho, haja vista a necessidade de mais estudos para entender melhor tal processo.

Dentre os diversos aspectos que merecem ser salientados, destaca-se o fato de que a aplicação do kit, seja como atividade de demonstração, seja em aula de laboratório em grupos, possibilita ilustrar vários conceitos e ideias relacionadas aos circuitos elétricos simples, podendo contribuir de forma significativa para a compreensão de fenômenos físicos e situações cotidianas relacionadas a eletricidade.

Em geral a atividade prática/experimental utilizando o kit didático, demanda um pequeno tempo de preparo e realização e pode ser facilmente integrada a uma aula com ênfase expositiva, sendo utilizada para o fechamento de conteúdo ou como ponto de partida, procurando despertar o interesse do aluno para o tema que é circuitos elétricos.

A eficiência do processo de ensino-aprendizagem, utilizando os kits didáticos de eletricidade, está na condução da atividade dentro da filosofia construtivista do aprendizado, de modo a permitir o questionamento por parte dos alunos, incentivando-os a buscar explicações para os fenômenos observados, além de permitir que tenham a ajuda durante toda a atividade de um companheiro mais capaz, seja um de seus colegas, seja o professor, propiciando o desenvolvimento de sua capacidade de abstração e de aprendizagem.

“Aprender Fazendo”, é uma expressão adequada ao se referir ao laboratório didático de física. Vemos nesta expressão uma conotação construtivista, que considera que o conhecimento deve ser construído pelo aprendiz, por meio da interação com o objeto de estudo, e não somente transmitida pelo professor.

Pudemos verificar qualitativamente com este trabalho, que a atividade prática/experimental construtivista, propicia um desenvolvimento de habilidades desejáveis aos alunos, tais como refletir sobre o papel da física no seu dia a dia, reconhecer circuitos elétricos e seus componentes mais simples, verificar algumas leis físicas inerentes a eletricidade, reconhecer associação em série e em paralelo de LEDs e resistores, fazer medidas de grandezas elétricas utilizando um multímetro, além do desenvolvimento de habilidades sociais e de trabalho em equipe.

Tendo em vista os resultados promissores deste trabalho, estamos desenvolvendo outros kits para atividades práticas/experimentais, dentro da mesma perspectiva pedagógica, inclusive pensando em formas de se trabalhar os kits com alunos do nono ano do ensino fundamental. Já estamos com protótipos de kits para o ensino de leis de Newton, equilíbrio dos corpos extensos e dinâmica dos movimentos rotacionais. Mas um grande problema acerca da utilização destes kits seria o de como convencer o professor a utilizá-lo em sala de aula. Tentamos dar aqui um suporte bem elaborado para o professor, mas convencê-lo a confeccionar e utilizar os kits em sala de aula, seria um desafio ainda maior para nós, em virtude de vários aspectos inerentes ao professor e a escola dos dias de hoje. Porém, talvez a alternativa mais rápida e de maior alcance seria de fazer-se trabalhos de extensão através de algumas instituições fomentadoras ou fundações ligadas às universidades, de modo a levar aos professores, sem nenhum custo os kits e fornecer suporte para sua utilização.

APÊNDICE I

Manual do Professor Para Aplicação do Kit de Eletricidade

1. INTRODUÇÃO

Este manual tem por objetivo fornecer suporte ao professor que for utilizar o kit de eletricidade que o acompanha.

Os tópicos de cada experimento apresentam um breve texto, com orientações de como preparar a experiência, os detalhes mais importantes a serem observados; uma breve explicação dos conceitos físicos envolvidos e, com base na experiência prática de fabricação e aplicação em sala de aula dos autores, eventuais problemas que possam aparecer e suas soluções, fornecendo assim subsídio para que o professor possa proporcionar aos seus alunos uma aula experimental que contribua de maneira significativa para o processo de ensino – aprendizagem.

Como nos experimentos há a necessidade de se usar o multímetro, no Apêndice IV o leitor encontrará um manual que, se preciso for, o guiará na utilização deste aparelho. Há ainda o apêndice V que trata dos LEDs: o que é o LED, como funciona e alguns detalhes de sua utilização e aplicações.

Esperamos que este manual acompanhado do kit de eletricidade, sejam de grande valia nas aulas de eletricidade, principalmente no que concerne à motivação dos alunos ao estudo da física.

2. O KIT

O kit que acompanha este manual, tem por objetivo fornecer mais uma opção para ensinar circuitos elétricos simples, visando incentivar o estudo da física e mostrar aplicações práticas dos conceitos aprendidos em sala de aula, propiciando assim dentro de uma prática construtivista, contribuir de forma significativa para o processo de ensino-aprendizagem.

2.1 O que consta no Kit?

- 1 Roteiro de atividades práticas.
- 1 fonte de tensão de 12 volts associada com um resistor de $1k\Omega$ em série.
- 1 protoboard.
- 4 módulos LED brancos.
- 4 módulos resistores de 330 ohms.
- 1 módulo resistor de 1000 ohms.
- 2 módulos interruptores.
- 1 multímetro.
- 8 cabos para conexão: 6 de 12 cm e 2 de 18 cm.

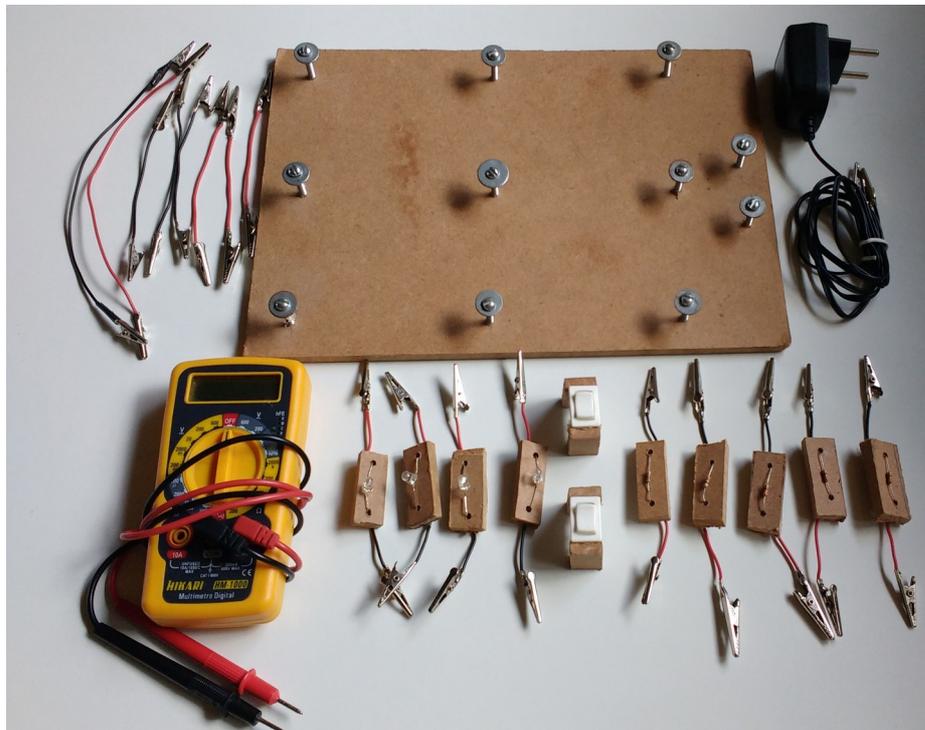


Figura I.1: Kit completo para ensino de circuito elétricos simples.

2.2 Quais os experimentos podem ser feitos?

Este kit foi desenvolvido de forma a comportar vários circuitos elétricos diferentes, ficando a cargo do professor decidir quais circuitos sejam interessantes montar e mostrar a seus alunos. A grande vantagem deste kit é que ele não é limitado às experiências sugeridas, ele oferece margem para a criatividade do professor, sendo possível a criação de novos experimentos sem muito custo e sem dispende muito tempo.

Oferecemos aqui suporte para montagem e mediação de quatro (4) experimentos distintos:

Experimento 01 – Associação em série de resistores ou LEDs.

Experimento 02 – Associação em paralelo de resistores ou LEDs.

Experimento 03 – Ponte de Wheatstone.

Experimento 04 – Triway.

3. EXPERIMENTO 01: ASSOCIAÇÃO DE LEDS EM SÉRIE

3.1 Objetivo

O objetivo desta prática é verificar as características de uma ligação em série de LEDs e por analogia a associação em série de resistores. Mostrar um curto circuito em um LED e medir algumas grandezas físicas e analisá-las qualitativamente. Além disso, discutir erros experimentais de medição.

3.2 O que se usa?

Protoboard (placa).

3 módulos LEDs brancos.

Fios de conexão.

Fonte de tensão com resistor de $1k\Omega$ em série.

Multímetro.

3.3 Procedimento

Conecte os LEDs nos pontos de ligação do protoboard conforme a figura I.2 abaixo. Observe a polaridade do LED (Apêndice III) - (fio preto – menor potencial (-), fio vermelho – maior potencial(+)).

Conecte a fonte de tensão ao circuito, os LEDs deverão acender.

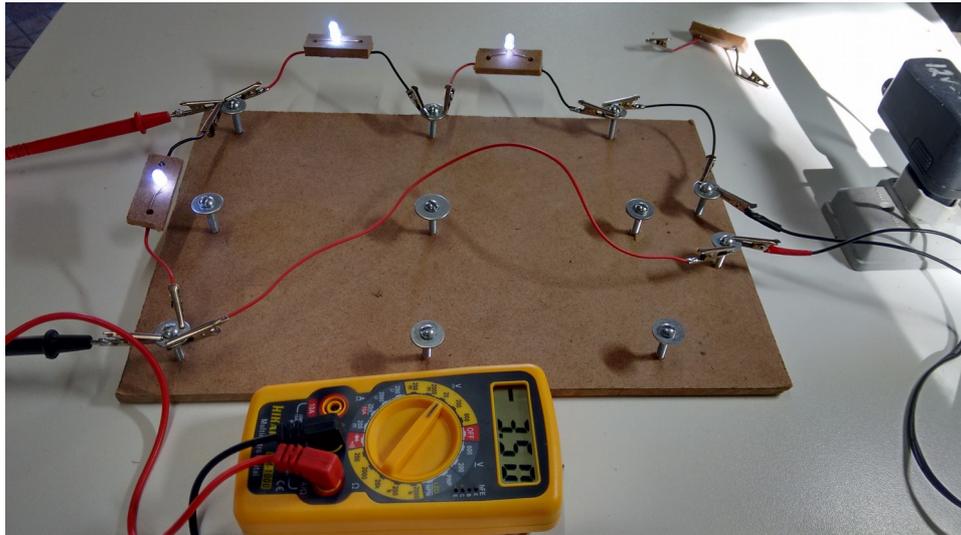


Figura I.2: Associação de 3 LEDs em Série- Multímetro registrando a ddp em um dos LEDs.

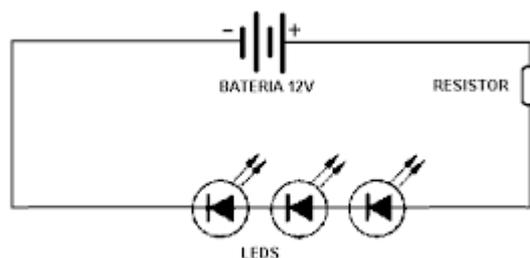


Figura I.3: esquema de uma associação de 3 LEDs em série.

3.4 O que observar?

Medindo-se as ddps (diferença de potencial ou tensão) em cada LED e a ddp da fonte de tensão, deverá ser observado que a soma das ddps dos LEDs é igual a ddp da fonte.

Desconectando um dos LEDs, os outros deverão se apagar, pois o circuito está aberto, ou seja, não há passagem de corrente elétrica no circuito.

Colocando um dos LEDs em curto circuito (ver a figura I.4), os outros dois LEDs deverão brilhar mais intensamente, já que a ddp neles aumenta. As novas ddps nos LEDs devem ser medidas.

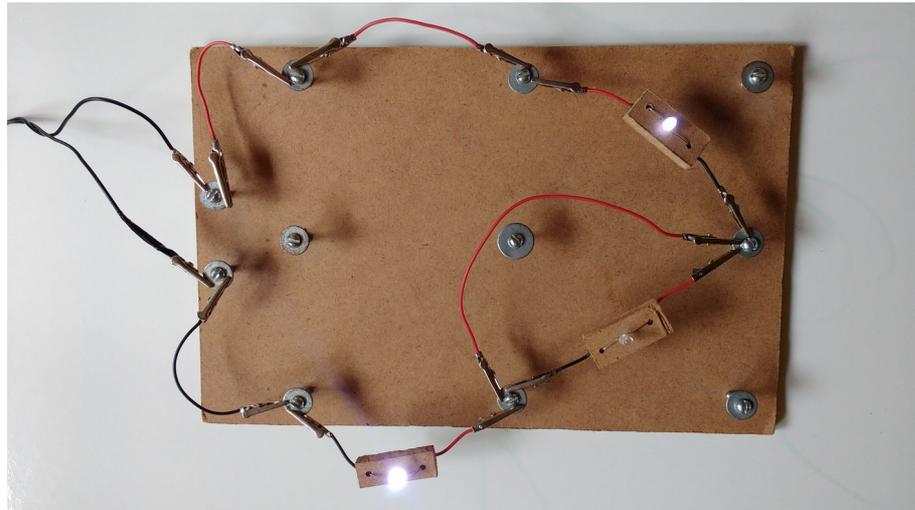


Figura I.4: Associação de LEDs em série: LED colocado em curto circuito.

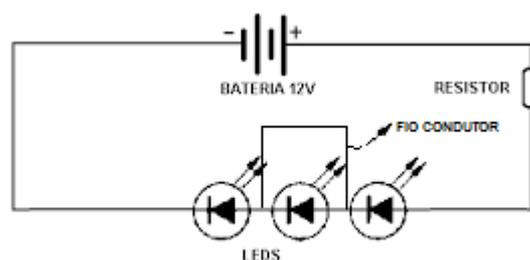


Figura I.5: Esquema de um curto circuito em um led numa associação em série.

3.5 Como explicar?

Numa associação em série, só há um caminho para a corrente elétrica passar: todos os elementos que estão conectados em série, ou seja, a corrente em todos os elementos têm o mesmo valor. Como consequência, a ddp da fonte se divide entre os elementos, não necessariamente por igual. Ao se fazer um curto

circuito em um LED, ele se apaga, pois a ddp nele será nula, como indica a lei de Ohm $V=R.i$, considerando-se R como a resistência equivalente de um LED com um fio em paralelo (de resistência praticamente nula).

3.6 O que pode dar errado?

3.6.1 Os LEDs não acenderam

Verifique a polaridade dos LEDs, se está ligado fio preto de um no fio vermelho do outro, inclusive na fonte de tensão.

Verifique as conexões dos LEDs, se não estão soltas ou bambas.

Verifique se os LED não estão queimados. Ver apêndice.

Verifique se a fonte está conectada corretamente.

3.6.2 Não há leitura no voltímetro.

Verifique se o multímetro está com o marcador na posição voltagem

Verifique o fundo de escala (20 volts).

3.6.3 A soma das ddps dos LEDs não é igual à ddp da fonte

Verifique se os terminais do voltímetro estão conectados corretamente. Ver o apêndice.

Ocorrem erros de medição devido a vários fatores, um deles está relacionado com a posição que se coloca os terminais do multímetro para se fazer a leitura, pois as arruelas e os fios de ligação não são ideais, possuem resistência elétrica.

4. EXPERIMENTO 02: ASSOCIAÇÃO DE LEDS EM PARALELO

4.1 Objetivo

O objetivo desta prática é verificar as características de uma ligação em paralelo de LEDs e por analogia a associação em paralelo de resistores. Verificar que os valores de ddp nos LEDs em paralelo são iguais. Discutir erros experimentais

de medições.

4.2 O que se usa?

Protoboard (placa).

3 módulos LEDs brancos.

Fios de conexão.

Fonte de tensão associada em série com resistor de $1k\Omega$.

Multímetro.

4.3 Procedimento

Conecte os LEDs nos pontos de ligação do protoboard conforme a figura I.6 abaixo. Observe a polaridade do LED (fio preto – menor potencial (-), fio vermelho – maior potencial (+)). Ver apêndice V.

Conecte a fonte de tensão ao circuito, os LEDs deverão acender.

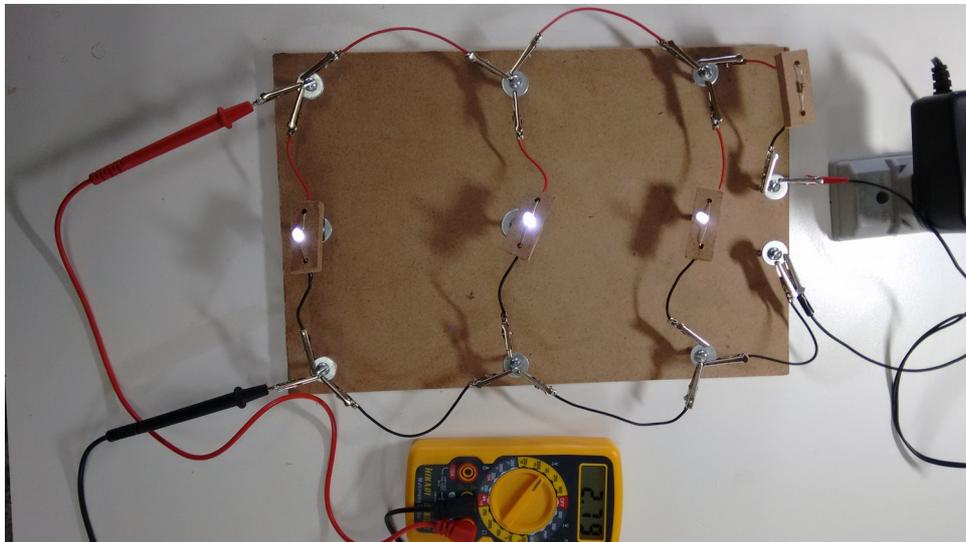


Figura I.6: Associação de 3 LEDs em paralelo.

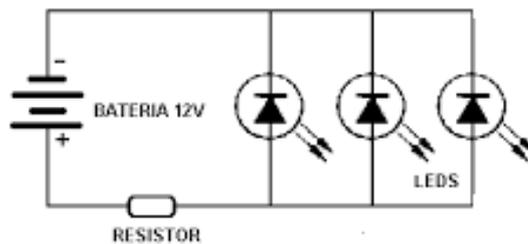


Figura I.7: esquema de uma associação de 3 LEDs em paralelo.

4.4 O que observar?

Com o auxílio do multímetro deve-se verificar que a tensão em cada LED possui o mesmo valor. Além disso, este valor deve ser igual ao da fonte de tensão.

Desconectando-se um dos LEDs do circuito, deverá ser observado que os outros LEDs continuam funcionando normalmente.

4.5 Como explicar?

Numa ligação em paralelo a tensão em cada um dos elementos possui o mesmo valor. Quando se desconecta um dos LEDs, cada um dos elementos restantes ainda estão submetidos à mesma ddp. Além disso, como continuam com suas mesmas características, no caso de resistores a sua resistência, a potência dissipada e conseqüentemente o brilho continuam os mesmos.

4.6 O que pode dar errado?

4.6.1 O LED não acenderam

Verifique a polaridade do LED e se você conectou corretamente os seus terminais;

Verifique se os fios de conexão não estão partidos;

Verifique se a fonte está devidamente conectada e ligada.

4.6.2 Os valores medidos de ddp não coincidem:

Ocorrem erros de medição devido a vários fatores, um deles está relacionado com a posição que se coloca os terminais do multímetro para se fazer a leitura, pois as arruelas e os fios de ligação não são ideais, possuem resistência elétrica;

O erro possivelmente será na segunda casa decimal, com fundo de escala em 20 v.

Ex: 3,06 V;

3,08 V;

3,03 V.

5. EXPERIMENTO 03: PONTE DE WHEATSTONE

5.1 Objetivo

Esse experimento tem por objetivo mostrar o funcionamento de uma ponte de Wheatstone. Mostrar como variam a ddp e a corrente elétrica nos resistores, quando a ponte está em equilíbrio ou em desequilíbrio.

5.2 O que se usa?

Protoboard.

04 módulos resistores de 330 Ω .

01 módulo LED.

Fios de conexão.

01 módulo resistor de 1 k Ω .

Fonte de tensão de 12 V com resistor de 1k Ω em série.

5.3 Procedimento

Utilizando a protoboard e o material listado acima, monte o circuito da figura I.8 abaixo, utilizando os quatro resistores idênticos.

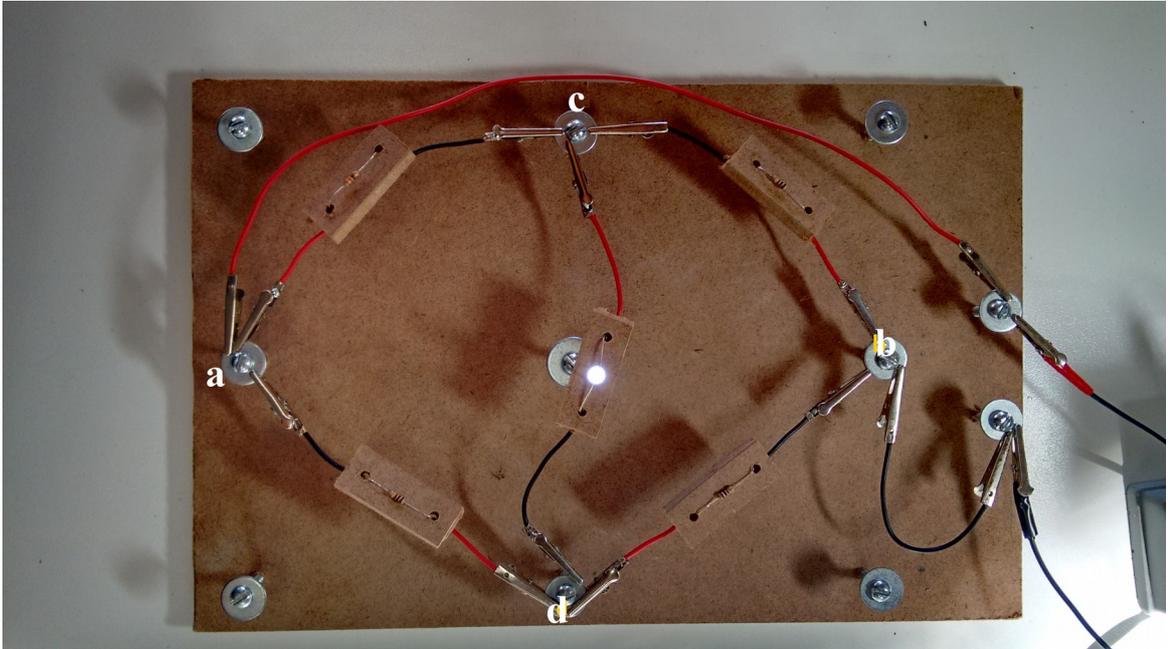


Figura I.8: PONTE DE WHEATSTONE.

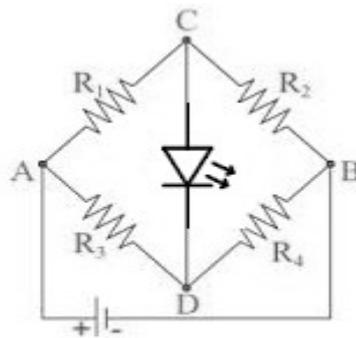


Figura I.9: representação esquemática da ponte de Wheatstone.

Com esses quatro resistores idênticos, a ponte fica em equilíbrio fazendo com que o LED não acenda.

5.4 O que observar?

Primeiramente medindo a ddp entre os pontos “a” e “b” indicados na figura acima, obteremos o mesmo valor de ddp da fonte. Medindo em seguida a ddp entre os pontos “c” e “d”, obteremos o valor 0 (zero), pois a ponte encontra-se em equilíbrio.

Ao trocar um dos resistores pelo resistor de 1 k Ω , a ponte ficará em desequilíbrio o que acarretará no acendimento do LED.

5.5 Como explicar?

Uma ponte em regime estacionário possui a propriedade de multiplicarmos os resistores cruzados e obtermos o mesmo valor ($R_1 \times R_4 = R_2 \times R_3$). Ao aplicarmos as leis das malhas obtemos para os pontos “c” e “d” o mesmo valor de potencial elétrico. Como V_c e V_d são iguais, a ddp entre estes pontos é nula. Pela lei de Ohm, $V = R \times I$, não haverá corrente elétrica fluindo pelo LED, conseqüentemente, ele não acenderá.

Ao trocarmos um dos resistores por outro de valor diferente, causamos um desequilíbrio na ponte, fazendo com que os potenciais V_c e V_d não sejam mais iguais o que se traduz numa ddp entre os pontos “c” e “d” e o acendimento do LED.

5.6 O que pode dar errado?

5.6.1 Com os quatro resistores idênticos o LED não acende.

Ao montar a ponte com 4 resistores idênticos, é isto mesmo que se espera: que o LED não acenda, uma vez que a ddp nele é nula.

5.6.2 Com 3 resistores idênticos e um diferente o LED não acende

Uma vez que a ponte não está mais no equilíbrio, é de se esperar que o LED acenda.

Verifique as ligações dos resistores, algum não deve estar devidamente conectado;

Verifique com o auxílio do multímetro se não há resistores queimados.

5.6.3 Com a ponte em desequilíbrio, o LED não acende.

Verifique a polaridade do LED, experimente inverter os seus terminais (virá-lo). Veja o Apêndice V.

6. EXPERIMENTO 04: THREE – WAY

6.1 Objetivo

Este experimento visa mostrar como funciona um three-way utilizados nas residências, procurando estabelecer uma relação entre os conhecimentos aprendidos em sala de aula com o cotidiano do aluno.

O three-way consiste em dois interruptores que são colocados em lugares opostos. Ao acendermos uma lâmpada em um, conseguimos apagá-la no outro interruptor e vice-versa.

6.2 O que se usa?

02 interruptores.

01 módulo LED branco.

Fios de ligação.

Fonte de tensão 12 V com um resistor de 1k Ω em série.

6.3 Procedimento

Conecte os elementos listados acima como representado na figura I.10 abaixo, observe a polaridade do LED para o mesmo funcionar corretamente.

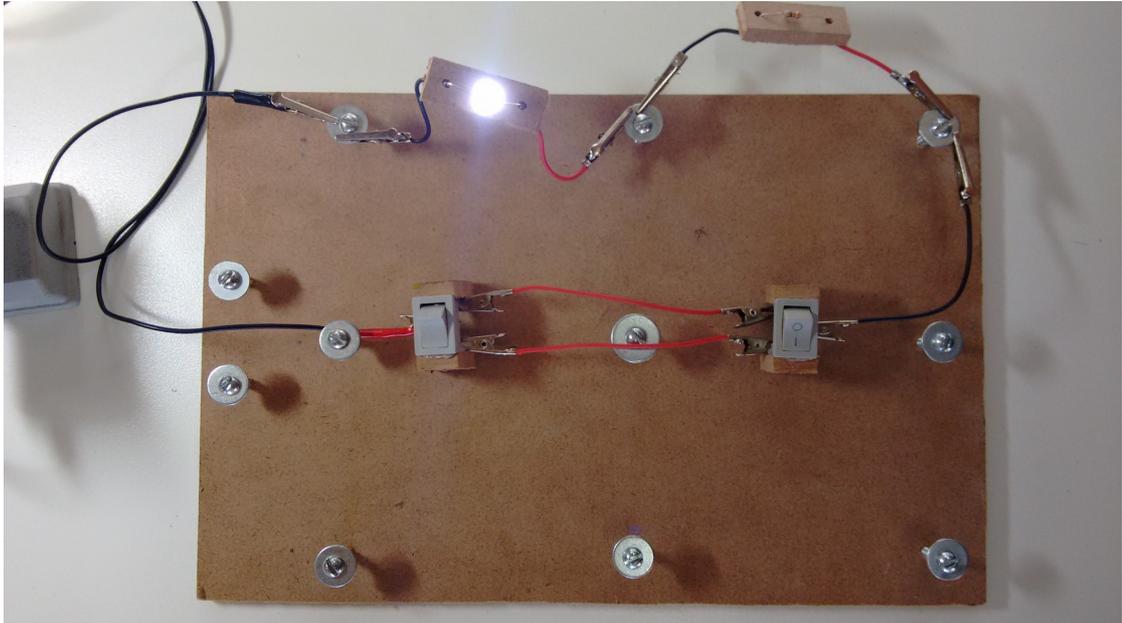


Figura I.10: circuito para acendimento de um LED em Three-way.

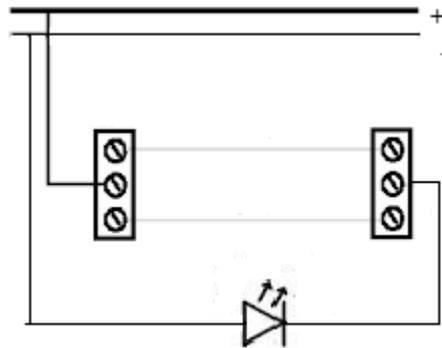


Figura I.11: representação esquemática de um Triway.

6.4 O que observar?

Conectando-se os elementos corretamente como na figura 5 acima, acionando-se um dos interruptores o LED deverá acender e ao acionar o outro interruptor, ele deverá apagar e vice-versa.

6.5 Como explicar?

Um circuito elétrico para funcionar deve estar “fechado”, ou seja, deve haver pelo menos um caminho contínuo para a corrente elétrica sair da fonte e retornar à

fonte de tensão. No Three-way, damos a opção de dois caminhos diferentes para a corrente passar, que são os dois fios que conectam os interruptores, por isso em determinado momento um interruptor “fecha” o circuito e o outro interruptor “abre” o circuito, alternando entre si a sua função quando acionados.

6.6 O que pode dar errado?

6.6.1 Os LEDs não acenderam.

Verifique a polaridade dos LEDs, se está ligado fio preto de um no fio vermelho do outro, inclusive na fonte de tensão.

Verifique as conexões dos LEDs, se não estão soltas ou bambas.

Com um multímetro verifique se os LED não estão queimados. Ver apêndice IV.

Verifique se a fonte está conectada corretamente.

6.6.2 Não há leitura no voltímetro.

Verifique se o multímetro está com o marcador está na posição voltagem.

Verifique o fundo de escala (20 volts).

Verifique se os terminais do voltímetro estão conectados corretamente, veja Apêndice IV.

APÊNDICE II

Roteiro Para a Atividade Experimental de Circuitos Elétricos Simples

Experimento 01 – Associação em série.

Monte um circuito com 3 LEDs em série.

Nota: observe a polarização dos LEDs ao ligá-los.

- A) Utilizando o multímetro, meça a ddp em cada LED.

- B) Utilizando o multímetro, meça a ddp na fonte.

- C) Utilizando o multímetro, coloque o LED do meio da associação em curto circuito.
 - observe o que ocorre com os outros LEDs.
 - meça a ddp nos outros dois LEDs .

- D) desconecte um dos LEDs e observe o que ocorre com os outros.

Experimento 02 – Associação em paralelo.

Monte uma associação em paralelo com 3 LEDs.

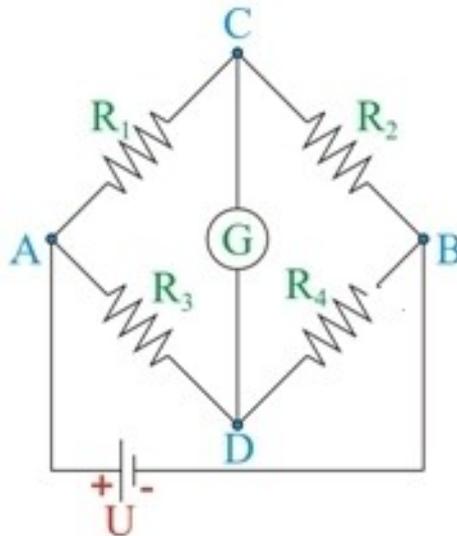
- A) Utilizando o multímetro, meça a ddp na fonte de tensão.

- B) Utilizando o multímetro, meça a ddp em cada um dos LEDs.

- C) Desconecte um dos LEDs e observe o que acontece com os demais.

Experimento 03 – Ponte de Wheatstone

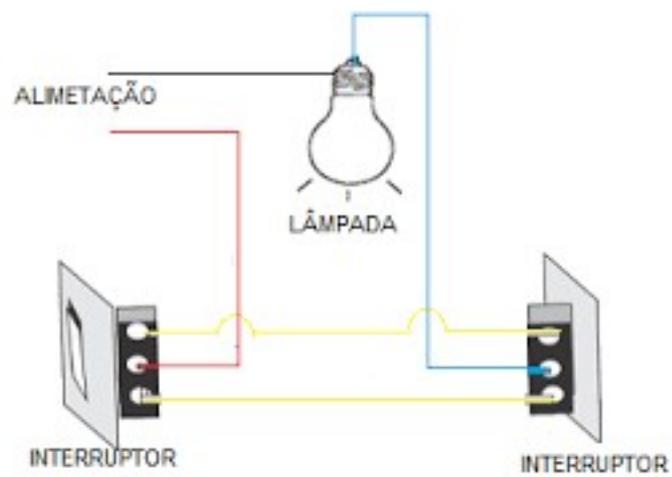
Monte uma ponte com 4 resistores idênticos (de 330Ω ou 470Ω) e um led, como representado na figura abaixo:



- A) Meça a ddp entre os pontos “a” e “b” mostrados na figura.
- B) Meça a ddp entre os pontos “c” e “d” mostrados na figura.
- C) Responda: porque o LED não acende?
- D) Troque o resistor R1 ou R2 por um resistor de $1\text{ k}\Omega$ o que aconteceu? Porque aconteceu?

Experimento 04 – Triway

Monte o circuito esquematizado abaixo, utilizando um led, dois interruptores, fios de ligação e a fonte de 12 v.



Explique porque podemos acender o LED em um interruptor e apagá-lo no outro e vice-versa.

APÊNDICE III

Inventário De Conceitos De Circuitos Elétricos

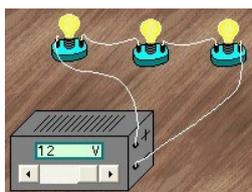
ALUNO _____

Nº _____

DATA ___/___/_____

RESPONDA ÀS QUESTOES ABAIXO COM BASE NOS CONCEITOS DE ELETRICIDADE ESTUDADOS EM SALA DE AULA E EM SUA VIDA COTIDIANA.

1. Um circuito é formado por três lâmpadas idênticas, em série, ligadas a uma bateria de 12 V, conforme a figura. Analise a situação e responda:



(a) Se a corrente elétrica na lâmpada da direita for de 2 A, qual será a corrente elétrica nas outras lâmpadas? Justifique sua resposta

RESPOSTA:.....
.....

(b) Qual será a voltagem nos terminais de cada uma das lâmpadas?

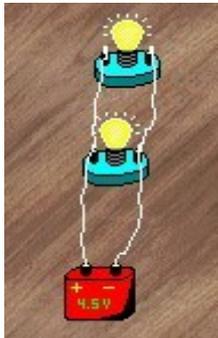
RESPOSTA:.....
.....

(c) Se aumentarmos a voltagem da fonte, o que acontecerá com o brilho das lâmpadas? RESPOSTA:.....
.....

(d) Se a lâmpada do meio queimar, o que acontecerá com o brilho das outras? Por quê? RESPOSTA:

.....
.....

02. No circuito representado abaixo, duas lâmpadas idênticas estão ligadas a uma bateria de 4,5 V. Observe a figura, faça a representação do circuito, usando os símbolos e responda as seguintes perguntas:



(a) Qual é a voltagem aplicada a cada uma das lâmpadas?

RESPOSTA:.....

(b) Se a intensidade da corrente elétrica em uma das lâmpadas é de 0,4 A, qual será a intensidade da corrente elétrica na outra lâmpada?

RESPOSTA:.....

(c) Qual é a intensidade da corrente elétrica total fornecida pela bateria?

RESPOSTA:.....

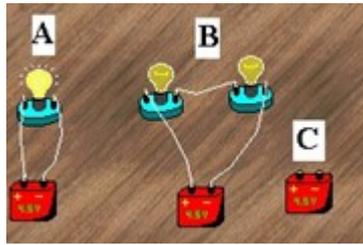
(d) Qual é a resistência elétrica de cada uma das lâmpadas?

RESPOSTA:.....

(e) Qual é a resistência total das duas lâmpadas?

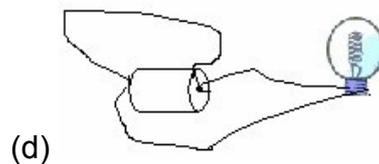
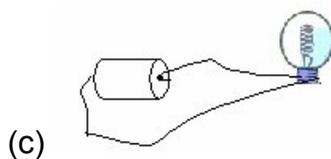
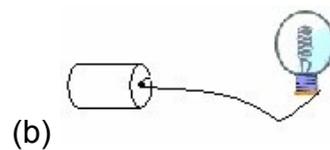
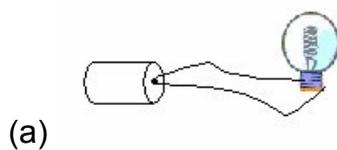
RESPOSTA.....

03. A bateria da figura abaixo possui uma força eletromotriz igual a 4,5 V e uma resistência interna de 1Ω . As lâmpadas são idênticas e possuem resistência elétrica igual a 2Ω . Observe a figura e responda as questões:

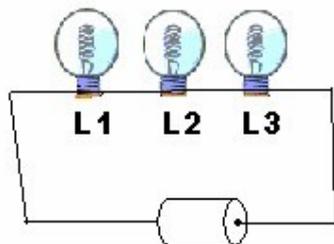


- (a) Qual é a voltagem entre os pólos da bateria quando ela se encontra em circuito aberto, como em C?.....
- (b) Qual é a intensidade da corrente elétrica que passa pela lâmpada no circuito A?
.....
- (c) Qual é a voltagem nos pólos da bateria, nesse caso?
.....
- (d) Compare o brilho das lâmpadas nos circuitos A e B. Explique
.....
- (e) Qual é a intensidade da corrente elétrica que passa por cada uma das lâmpadas no circuito B?.....
- (f) Qual é a voltagem entre os pólos da bateria no circuito B?
.....

04. Nos circuitos representados neste teste, considere as lâmpadas idênticas, ligadas à mesma fonte de tensão. Indique em qual ou em quais situações abaixo a lâmpada acenderá:

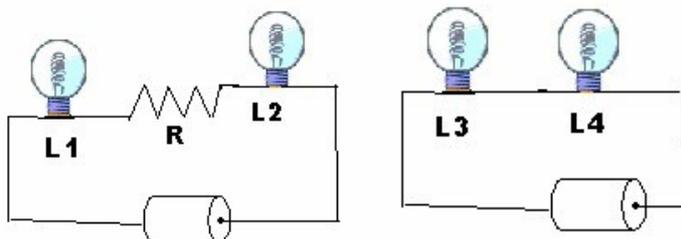


05. No circuito abaixo:



- (a) L_1 brilha mais do que L_2 .
- (b) L_2 brilha mais do que L_1 e L_3 .
- (c) L_3 brilha mais do que L_1 e L_2 .
- (d) As três lâmpadas têm o mesmo brilho.

06. Nas figuras abaixo, L_1 , L_2 , L_3 e L_4 são lâmpadas de mesma potência e R é um resistor. Marque a afirmativa correta:

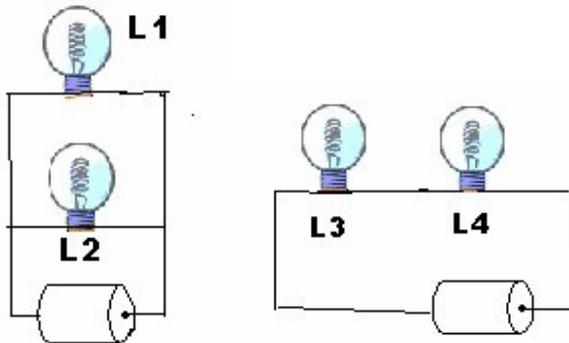


- a) L_1 brilha mais do que L_2 .
- b) L_1 brilha mais do que L_3 .
- (c) L_4 brilha mais do que L_2 .
- (d) As quatro lâmpadas têm o mesmo brilho.

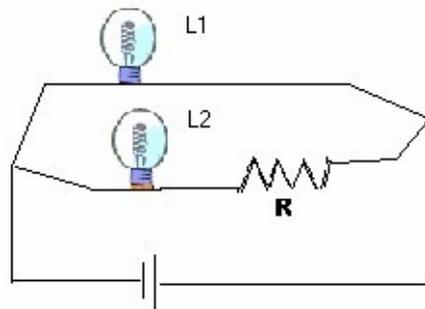
07. Nos circuitos a seguir:

- (a) L_1 , L_2 , L_3 e L_4 têm o mesmo brilho.
- (b) L_1 e L_2 brilham mais do que L_3 e L_4 .
- (c) L_3 e L_4 brilham mais do que L_1 e L_2 .
- (d) L_2 brilha mais do que L_1 .

(e) L_1 brilha mais do que L_2 .

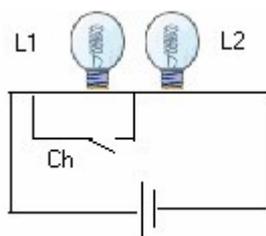


08. Na situação apresentada abaixo podemos afirmar que:



- (a) L_1 brilha mais do que L_2
- (b) L_2 brilha mais do que L_1
- (c) L_1 brilha tanto quanto L_2 .
- (d) L_1 não acende, independente do valor da resistência R . (e) L_2 não acende, independente do valor da resistência R .
- (e) O brilho é o mesmo

09. Na figura seguinte, **Ch** é uma chave ou interruptor e está aberto. Ao fechar a chave:

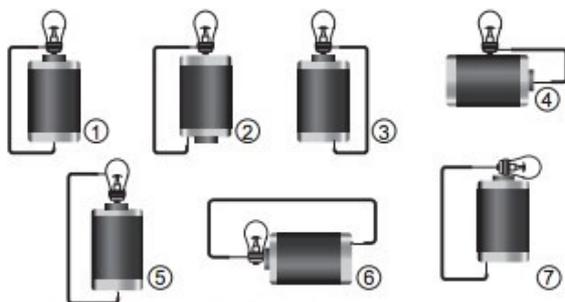


- (a) Aumentará o brilho de L_1 .
- (b) Aumentará o brilho de L_2 .
- (c) O brilho de L_1 permanecerá o mesmo.
- (d) O brilho de L_2 permanecerá o mesmo.
- (e) Diminuirá o brilho de L_2 .

10. Uma lâmpada de tensão nominal 110 V é instalada num local onde a tensão é de 127 V. Este procedimento fará com que a lâmpada tenha:

	Brilho	Durabilidade
(a)	maior	maior
(b)	igual	igual
(c)	menor	maior
(d)	menor	menor
(e)	maior	menor

11. - ENEM - Um curioso estudante, empolgado com a aula de circuito elétrico que assistiu na escola, resolve desmontar sua lanterna. Utilizando-se da lâmpada e da pilha, retiradas do equipamento, e de um fio com as extremidades descascadas, faz as seguintes ligações com a intenção de acender a lâmpada:



GONÇALVES FILHO, A.; BAROLLI, E. *Instalação Elétrica: investigando e aprendendo*. São Paulo: Scipione, 1997 (adaptado).

Tendo por base os esquemas mostrados, em quais casos a lâmpada acendeu?

- A)** (1), (3), (6)
- B)** (3), (4), (5)

C) (1), (3), (5)

D) (1), (3), (7)

E) (1), (2), (5)

12. - ENEM 2012 (adaptado). - A eficiência das lâmpadas pode ser comparada utilizando a razão, considerada linear, entre a quantidade de luz produzida e o consumo. A quantidade de luz é medida pelo fluxo luminoso, cuja unidade é o lúmen (lm). O consumo está relacionado à potência elétrica da lâmpada que é medida em watt (W). Por exemplo, uma lâmpada incandescente de 40 W emite cerca de 600 lm, enquanto uma lâmpada fluorescente de 40 W emite cerca de 3 000 lm.

Disponível em: <http://tecnologia.terra.com.br>. Acesso em: 29 fev.

A) A eficiência de uma lâmpada incandescente de 40 W é maior que a de uma lâmpada fluorescente de 8 W, que produz menor quantidade de luz.

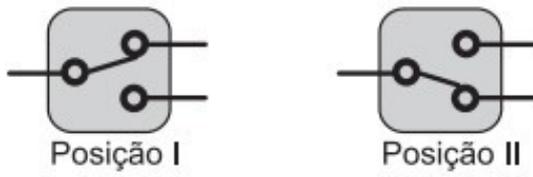
B) É maior que a de uma lâmpada fluorescente de 40 W, que produz menor quantidade de luz.

C) É menor que a de uma lâmpada fluorescente de 8 W, que produz a mesma quantidade de luz.

D) É menor que a de uma lâmpada fluorescente de 40 W, pois consome maior quantidade de energia.

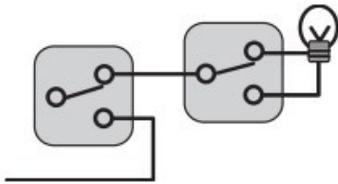
E) É igual à de uma lâmpada fluorescente de 40 W, que consome a mesma quantidade de energia.

13 – ENEM – Para ligar ou desligar uma mesma lâmpada a partir de dois interruptores, conectam-se os interruptores para que a mudança de posição de um deles faça ligar ou desligar a lâmpada, não importando qual a posição do outro. Esta ligação é conhecida como interruptores paralelos. Este interruptor é uma chave de duas posições constituída por um polo e dois terminais, conforme mostrado nas figuras de um mesmo interruptor. Na Posição I a chave conecta o polo ao terminal superior, e na Posição II a chave o conecta ao terminal inferior.

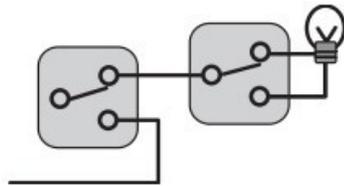


O circuito que cumpre a finalidade de funcionamento descrita no texto é:

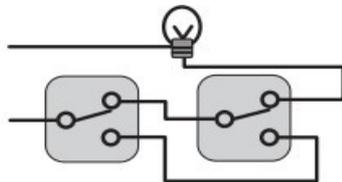
a)



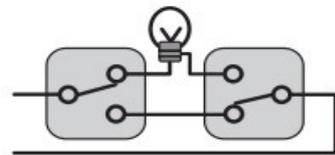
b)



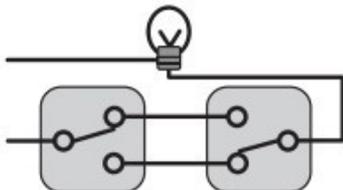
c)



d)



e)



Apêndice IV

O MULTÍMETRO

1. INTRODUÇÃO

Um Multímetro é um aparelho para testes e medição de grandezas elétricas, extremamente popular entre técnicos e engenheiros eletrônicos devido à sua grande utilidade. Permite, mesmo nos modelos mais simples, efetuar a medição de Corrente Elétrica, Tensão e Resistência Elétricas. Alguns modelos mais sofisticados permitem realizar medições adicionais, como Capacitância, Frequência, Temperatura, Indutância e outras grandezas físicas. Os multímetros podem ser classificados como de Bancada, que geralmente possuem várias funções extras, mais alcance de escala e maior precisão, e portáteis (de mão), muito úteis para carregar em uma maleta de ferramentas ou bolsa.



Figura IV.1: Multímetros digitais portáteis [Fonte: > www.paulobrites.com.br]



Figura IV.2: Multímetros analógicos [fonte: <http://www.eletronicadigital.com/site/instrumentos-medicao/6-multimetro-analogico.html>]

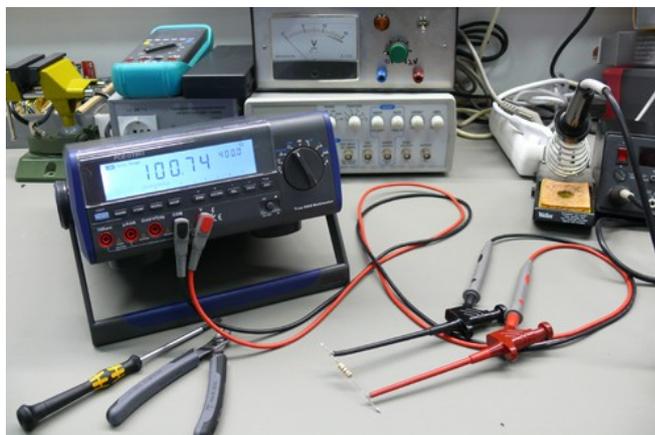


Figura IV.3: Multímetros de bancada [Fonte: <http://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/instrumento-de-electricidad/multimetro-pce-ut803.htm>]

Vamos utilizar neste trabalho um Multímetro Digital, pois é o tipo mais amplamente usado hoje em dia, em larga escala. Mais precisamente utilizaremos o multímetro digital da marca HIKARI modelo HM1000. Ver Figuras IV.1 e IV.2.

2. PREPARAÇÃO

Para usar o multímetro são necessários alguns cuidados. A chave seletora precisa estar posicionada na função correta e ela não pode ser alterada enquanto ainda estiver em contato com um circuito energizado.

O aparelho aqui usado tem apenas dois bornes de entrada, suficientes para fazer medições residenciais. No entanto, há equipamentos com mais bornes. Em geral, apenas o cabo vermelho deve ser mudado de posição para uso das demais escalas. O fio preto permanece sempre conectado à porta COM. Troque as pontas de prova sempre que apresentarem sinais de desgaste.

Se o valor a ser medido já é conhecido, selecione a escala correspondente. No entanto, se há dúvidas sobre se, por exemplo, uma instalação é 110 V ou 220 V, selecione uma escala mais alta para não queimar o aparelho.

3. CUIDADOS COM SEGURANÇA

Trabalhar com eletricidade exige alguns cuidados, como não ficar em contato direto com o solo, preferir botas com sola de borracha e não ter contato com estruturas que não estejam aterradas.

Em tensões alternadas acima de 30 V e contínuas acima de 60 V, o choque causado pode ser muito forte. No entanto, mesmo as correntes muito baixas podem provocar a desagradável sensação do choque elétrico. Acima de 20 mA pode ocorrer até mesmo parada cardiorrespiratória.

A mesa ou bancada deve estar limpa e organizada, de modo a evitar acidentes ou situações que propiciem perigo para o professor e para os alunos, assim como influenciar nas medições.

4. PARTES DE UM MULTÍMETRO

Um multímetro possui três partes principais:

- Display (Visor).
- Botão de Seleção (Chave Seletora).
- Bornes onde são conectadas as Pontas de Prova (Ponteiras).

O Visor é onde os resultados das medições são exibidos. Dependendo do modelo do multímetro, pode ter 3 ou mais dígitos, e um dígito adicional para representar o sinal de negativo.

O botão de seleção é um botão rotativo, de múltiplas posições, que usamos para selecionar a função que desejamos medir, e a precisão da escala de medição. Também é usado para desligar o multímetro quando não em uso, para economizar sua bateria, que geralmente é uma bateria de 9 V.

As ponteiras são conectadas em bornes específicos presentes no multímetro, sendo uma ponteira geralmente na cor vermelha para representar a polaridade positiva, e outra ponteira na cor preta, para representar a polaridade negativa. Comumente, um multímetro possui mais de dois bornes de conexão para as

ponteiras, os quais permitem a medição de outras grandezas quando as ponteiras são trocadas de conector.

Nas figuras IV.4 e IV.5 abaixo, podemos ver exemplos de dois multímetros típicos: um HIKARI HM-1000 e um HX DT 830D.



Figura IV.4: Multímetro HIKARI HM-1000.



Figura IV.5: Multímetro HX DT830D.

Neste trabalho utilizamos o modelo HIKARI pois foi o mais barato que encontramos e mais facilmente encontrado no mercado. O HX DT 830D também é encontrado com facilidade no mercado, porém é um pouco mais caro que o HIKARI HM-1000 (de R\$ 3,00 a 8R\$ 8,00 reais mais caro).

O multímetro HIKARI HM-1000, nos permite realizar medições de tensão alternada e contínua, resistência, corrente elétrica (contínua apenas), e testar o ganho (hFE) de transistores NPN e PNP, além de realizar teste de continuidade. A figura IV.6 abaixo mostra o botão de seleção, onde selecionamos as funções na escala do multímetro.

Para efetuar medições, é necessário conectar as pontas de prova nos bornes corretos. A figura IV.7 mostra as funções que são medidas em cada borne, lembrando que a ponteira preta sempre deve ser conectada ao borne COM, e a vermelha, ao demais bornes, conforme o teste que se deseja realizar.

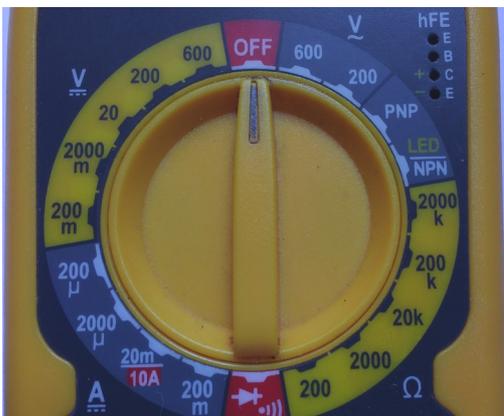


Figura IV.6: Botão para selecionar funções.



Figura IV.7: BORNES DE ENTRADA.

5. EFETUANDO MEDIÇÕES

Para efetuarmos medições, a primeira coisa a se fazer é determinar a grandeza a ser mensurada. Vamos começar efetuando medição de Tensão Elétrica. Para isso, vamos conectar as pontas de prova nos bornes conforme segue:

- Ponteira vermelha no borne V/mA/Ω.
- Ponteira preta no borne COM.



Figura IV.8: PONTEIRAS CONECTADAS AOS BORNES.

Agora, precisamos determinar que tipo de tensão elétrica vamos medir: Contínua (\underline{V}) ou Alternada (\sim).

Exemplo: medição da ddp de uma pilha do tipo AA, dessas utilizadas em

brinquedos e alguns controles remotos, que fornece Tensão Contínua. Para isso, precisamos localizar no Multímetro a escala de tensão contínua, e ajustar sua precisão para acomodar o valor que pretendemos medir, que é de aproximadamente 1,5 V. Para isso, escolhemos na escala o valor que for mais próximo e acima do valor esperado na medição, para evitar danos ao multímetro. Se estiver com dúvida com relação ao valor da tensão que será medida, coloque a chave de seleção no valor mais elevado e depois vá baixando, para aumentar a precisão, até o valor máximo ainda seguro para a medição.

Em nossa medição, o valor do fundo de escala mais próximo e acima de 1,5 V é o de 20 DCV (tensão contínua), que permite medir valores de 0 até 19,99 V. Veja a escala selecionada na figura IV.9 abaixo:



Figura IV.9: Fundo de escala 20 v DCV selecionado.

Vamos à medição. Após selecionar a escala correta no aparelho girando a chave seletora, conecte as pontas de prova aos polos da bateria, com firmeza, e verifique no visor do multímetro o valor medido. Caso você inverta a polaridade das pontas, não haverá problema, pois o multímetro mede a tensão em relação ao ponto comum (COM). Neste caso, a única diferença que você verá é que o sinal aparecerá com o sinal de negativo no visor.

Veja a medição realizada na figura IV.10 abaixo:

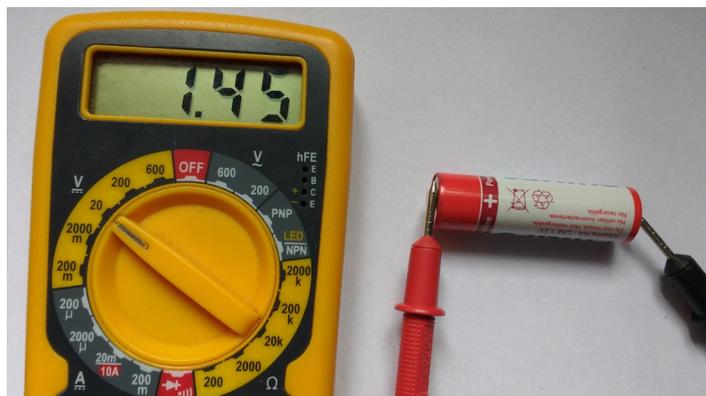


Figura IV.10: Medição da ddp em uma pilha do tipo AA.

Note que o valor medido 1,45 V, é um pouco abaixo do esperado para esta pilha, que é de 1,5 V. Isso pode se dar por conta de ajustes de calibração do multímetro ou por conta de variações na tensão na pilha em si por diversos fatores que não discutiremos aqui.

6. Medindo Tensão Alternada: Rede Elétrica

Vamos medir agora a tensão da rede elétrica, em uma tomada de 110 V. Essa tensão é alternada, portanto vamos ter de alterar a posição da chave seletora para ACV, escolhendo a escala de 200 V (neste caso sabemos o valor que será medido; caso não soubéssemos se a tomada é de 110 V ou de 220 V, deveríamos colocar a chave seletora na posição 750 V para não danificar o multímetro). Veja a medição na figura IV.11 a seguir:



Figura IV.11: Medida da tensão elétrica da rede doméstica.

O valor medido foi de 125,7 V, dentro da normalidade para a rede elétrica convencional. Lembre-se de que se for medir uma tomada de 220 V, ou se não souber a tensão da tomada, coloque o multímetro na escala de 750 ACV (ou a mais alta que seu multímetro possuir) para evitar acidentes.

7. MEDINDO RESISTÊNCIA ELÉTRICA

Vamos efetuar agora a medição de resistência elétrica de um resistor. O resistor possui a marcação de sua resistência em seu corpo, mas vamos supor que não houvesse tal marcação, ou que ela fora apagada. Neste caso, vamos começar colocando a chave seletora na escala de medição de resistência (Ω), no valor mais alto presente no multímetro, que é a posição 2000k Ω (2000 quilo ohms). Não precisamos nos preocupar com a polaridade para esta medição, e é importante notar que o componente deve estar desconectado de qualquer circuito. Portanto, se você quiser medir um resistor que esteja soldado a uma placa, será necessário soltar (dessoldar) ao menos um de seus terminais, de modo que a medição não sofra influência dos demais componentes conectados ao circuito.

Veja a medição inicial na figura IV.12 a seguir:

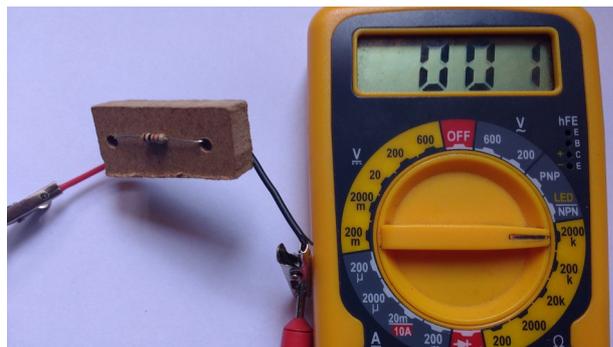


Figura IV.12: Medida da resistência elétrica de um resistor de 1 k com fundo de escala de 2000 k Ω .

Na posição 2000 k Ω (que mede até 2.000.000 Ω), o multímetro mostra o valor 1k Ω . A precisão do valor mostrado é muito baixa, e isso nos indica que a faixa da escala escolhida está muito elevada. Vamos alterar a posição da chave seletora para

200 k (200 k Ω) para conseguirmos maior precisão nessa medição, veja a figura IV.13 a seguir:

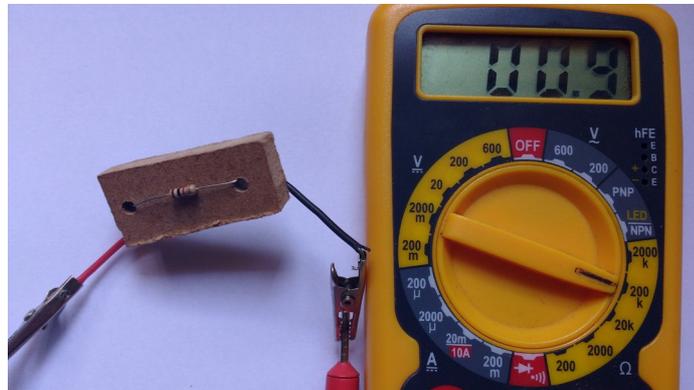


Figura IV.13: Medida feita com fundo de escala de 200 k Ω

Note que agora o valor mostrado é de 0,9 k Ω , ainda no limite de precisão da escala. Vamos mudar novamente a posição da chave seletora, abaixando um nível da escala, para 20k Ω (que equivale a 20000 Ω):

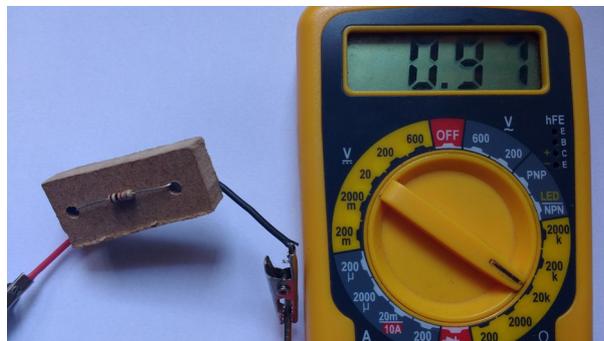


Figura IV.14: Medida feita com fundo de escala de 20 k Ω

Na posição 20k temos uma precisão melhor. Veja que o multímetro agora mostra o valor 0,97, e como a escala está em k Ω , isso indica que a resistência do resistor é de 0,97 k Ω ou 970 Ohms. Podemos obter maior precisão nessa medição alterando novamente a escala, para 2000 Ω .

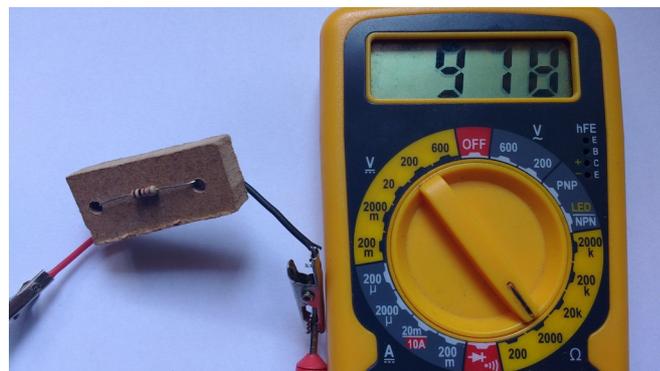


Figura IV.15: Medida feita com fundo de escala em 2000 Ω

Conseguimos a melhor precisão possível para essa medição: 978 na posição 2000K, o que significa que a resistência medida é de 978 Ω . Esse resistor é, na verdade, um resistor de 1 k Ω (1000 Ω), e o valor apresentado (um pouco abaixo) se deve à tolerância na fabricação da resistência, que é de 10%.

O que acontece se tentarmos medir esse resistor em uma escala mais abaixo? Vamos medi-lo agora alterando a posição da chave seletora para 20 k Ω :

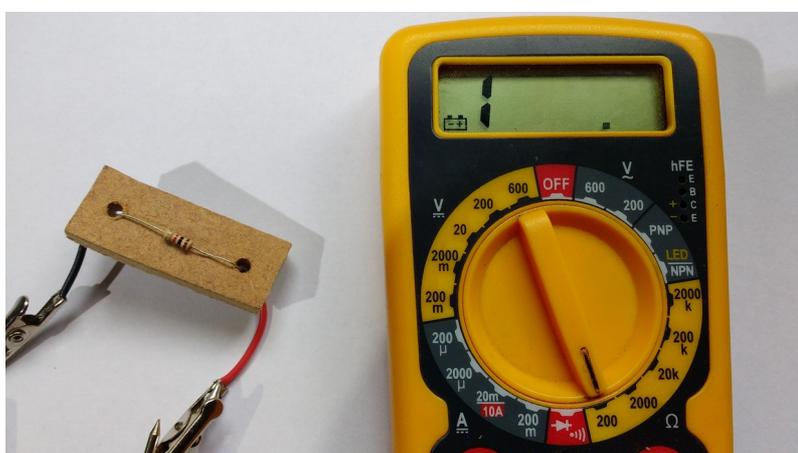


Figura IV.16: Medida feita com fundo de escala de 200 k Ω - não há leitura

Veja que agora o multímetro não mostrou nenhum valor de resistência, e em vez disso, mostrou o valor "1". Interpretamos esse valor com sendo "Infinito", ou seja, o valor medido está além do valor máximo que pode ser medido nessa posição da

escala (veja a figura IV.16 acima). Neste caso, basta alterar a chave seletora para uma posição acima, ou até que um valor concreto seja mostrado no visor.

8. Teste da Continuidade

O teste de Continuidade permite verificar a continuidade das ligações de condutores e também ser usado na verificação circuitos elétricos e eletrônico.

Podemos usar o teste de Continuidade para verificar se condutores se encontram corretamente conectados e se existe continuidade ao longo de todo o seu percurso. (isso pode ser em qualquer lugar, fiação, cabos, trilhas de circuito impresso, membranas etc..).

Com ele também pode se verificar se os equipamentos e acessórios se encontram corretamente conectados e ligados aos condutores, via cabos, conectores, pinos, jumps, etc..O teste de Continuidade verifica se todas as ligações garantem bom contato sem muita resistência.

A medição pode ser feita em um multímetro comum, na escala ohms, ou mesmo, nos multímetros mais modernos na opção de “continuidade”.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS.

O multímetro é um aparelho muito útil em laboratório de física, na verdade indispensável quando pensamos em eletricidade. Para não obtermos surpresas na sua utilização, seja cauteloso, treine utilizá-lo em casa primeiramente e não o utilize fora das especificações recomendadas.

10. REFERÊNCIAS

<http://www.bosontreinamentos.com.br/tag/eletronica>

<http://www.cursodeeletronicadigital.com/2012/03/como-usar-o-multimetro.html>

<http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/53/como-usar-multimetroaprenda-a-medir-com-seguranca-tensao-272038-1.aspx>

Apêndice V

LEDs

1. INTRODUÇÃO

Os LEDs (do inglês light emitting diode ou “diodo emissor de luz”) são dispositivos semicondutores que emitem luz visível ou invisível, quando devidamente polarizados (Boylestad, 2013 p.36), desde a região ultravioleta até o infravermelho próximo, quando uma tensão é aplicada sobre os seus terminais.

A tecnologia empregada na fabricação dos LEDs é mesma utilizada nos chips dos computadores, que tem a propriedade de transformar energia elétrica em luz. Tal transformação é diferente da encontrada nas lâmpadas convencionais que utilizam filamentos metálicos, radiação ultravioleta e descarga de gases, dentre outras para gerar luz. Os LEDs são utilizados em produtos de microeletrônica como sinalizador de avisos. Também podem ser encontrado em tamanho maior, como em alguns modelos de semáforos. Também é muito utilizado em painéis de LED, cortinas de LED, pistas de LED e postes de iluminação pública, permitindo uma redução significativa no consumo de eletricidade em relação a lâmpadas de gás e incandescentes.



Figura V.1: LEDs comuns encontrados no mercado[FONTE:<http://www.menoswattios.com/tipos-de-led.html>]

Devido à tecnologia utilizada no processo de fabricação, os LEDs emitem radiação em uma faixa espectral (intervalo de comprimentos de onda) cujo pico determina a frequência predominante na emissão (comprimento de onda de máxima emissão), definindo a cor do LED, e cuja largura pode conter algumas dezenas de nanômetros. Devido à largura relativamente estreita em torno do pico de emissão, podemos considerar que a radiação emitida é aproximadamente monocromática (ou seja, em um único comprimento de onda).

2. PARTES DE UM LED

O LED é um componente do tipo bipolar, ou seja, tem um terminal chamado anodo e outro, chamado catodo. Dependendo de como for polarizado, permite ou não a passagem de corrente elétrica e, conseqüentemente, a geração ou não de luz.

Abaixo, na figura V.2, temos a representação simbólica e esquemática de um LED.

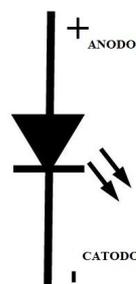


Figura V.2: Representação de um LED – os sinais representam a polaridade de ddp a ser aplicada nos terminais do LED.

O componente mais importante de um LED é o chip semicondutor responsável pela geração de luz. Este chip tem dimensões muito reduzidas, como pode ser verificado na Figura V.3, onde apresentamos um LED convencional e seus componentes.

Uma observação importante precisa ser feita em relação ao LED. Esse componente não é uma lâmpada, que pode ser ligada aos terminais positivo e

negativo da fonte de tensão em qualquer ordem. O LED apresenta polaridade, ou seja, tem um polo positivo chamado de “Anodo” e um polo negativo chamado de “Catodo”.

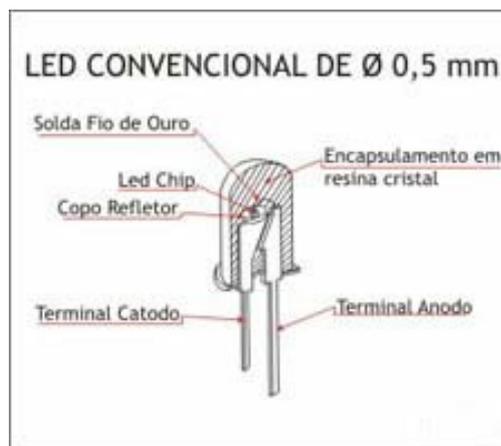


Figura V.3: Componentes de um LED convencional de 5mm [Fonte: <http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/dicasemail/led/dica36.htm>].

O Anodo deve ser ligado ao terminal negativo da fonte de tensão, já o catodo do LED deve ser conectado ao terminal positivo da fonte de tensão. Se trocarmos esta ordem de conexão, o LED não funcionará, podendo inclusive queimar.

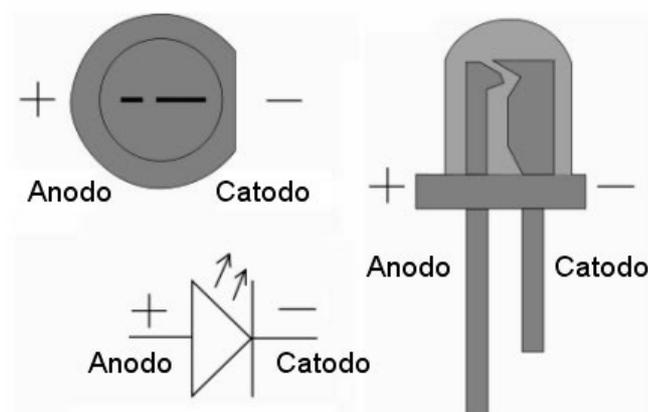


Figura V.4: Como identificar os terminais positivo e negativo do LED [Fonte: <http://forum.Clubedohardware.com.br/topic/562010-como-fazer-esse-tipo-de-lanterna-led/>].

Como demonstrado na figura, o LED apresenta um "corte" ou chanfro no corpo, o qual indica o terminal negativo ou catodo do mesmo.

Na Figura V.5 abaixo, apenas a título de exemplo, apresentamos um LED de potência, em que podemos observar a maior complexidade nos componentes, a fim de garantir uma melhor performance em aplicações que exigem maior confiabilidade e eficiência.

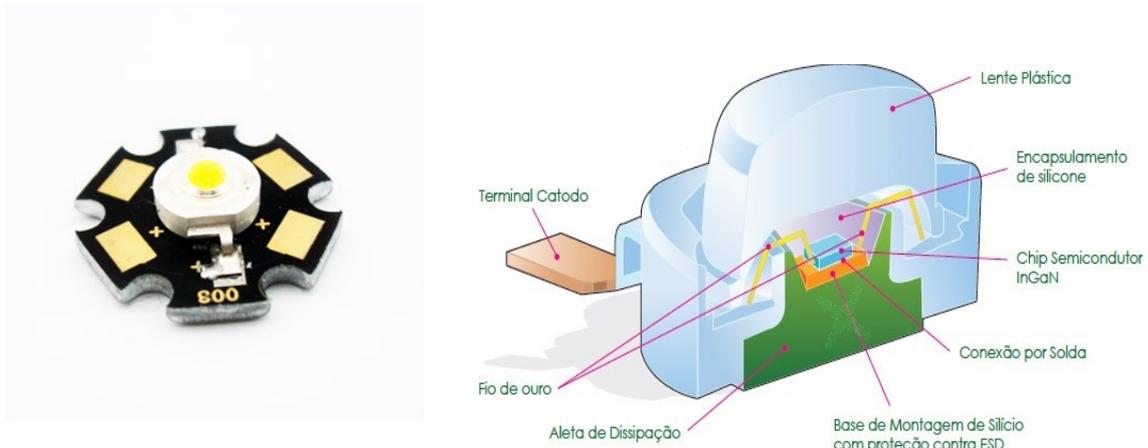


Figura V.5: LED de Potência e seus componentes [Fonte: <http://fabiolaib.blogspot.com.br/2013/05/led-pequenino-encantador-de-multidoes.html>]

Encontramos vários tipos de LEDs no mercado, quanto a cor, tamanho e formatos, sendo inúmeras as aplicações.

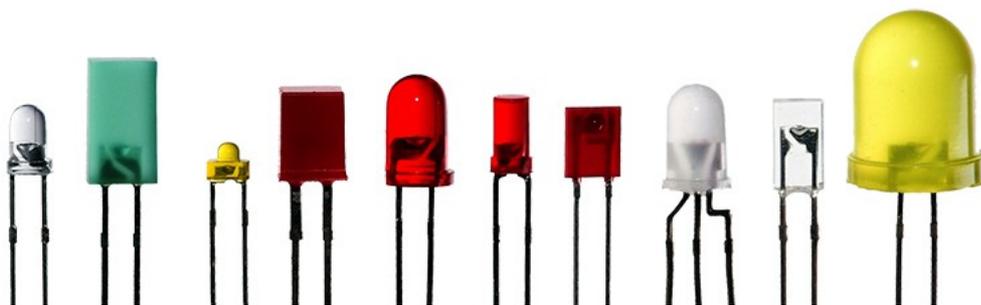


Figura V.6: Alguns Tipos de LEDs encontrados no mercado. [Fonte: <http://acquaticos.blogspot.com.br/10/06/iluminacao-led.html>].

3. LUZ EMITIDA PELOS LEDs

Os LEDs são cristais semicondutores. Dependendo da composição dos componentes de cristal, eles emitem luz nas cores vermelha, verde, amarela e azul, quando a corrente flui através deles. Um método de produção de luz branca consiste da mistura dos diodos de emissão de luz vermelhos, verdes e azul (RBGs). Isso é usado especialmente quando a prioridade não é gerar luz branca, mas outros efeitos decorativos com diversas cores vivas.



Figura V.7: cores mais comuns de LEDs encontrados no mercado. [Fonte: <http://www.mostracasadesign.com/single-post/2015/10/07/Casa-Design-JF-%C3%A9-a-%C3%Banica-mostra-sustent%C3%A1vel-com-ilumina%C3%A7%C3%A3o-100-LED-no-brasil>]

Hoje em dia, temos LEDs que atingem a marca de 120 lumens de fluxo luminoso, e com potência de 1,0 – 3,0 e 5,0 watts, disponíveis em várias cores, responsáveis pelo aumento considerável na substituição de alguns tipos de lâmpadas em várias aplicações de iluminação. Para comparação, uma lâmpada LED de 9 w, uma lâmpada CFL de 15 w e uma lâmpada incandescente de 60 w, produzem o mesmo brilho, em torno de 700 lumens cada [bluelux.com].

A luz emitida pelos LEDs é fria devido a não presença de infravermelho no feixe luminoso. Entretanto, os LEDs liberam a potência dissipada em forma de calor e este é um fator que deve ser levado em consideração quando do projeto de um dispositivo com LEDs, pois a não observância deste fato poderá levar o LED a uma degradação acentuada do seu fluxo luminoso, bem como redução da sua vida útil.

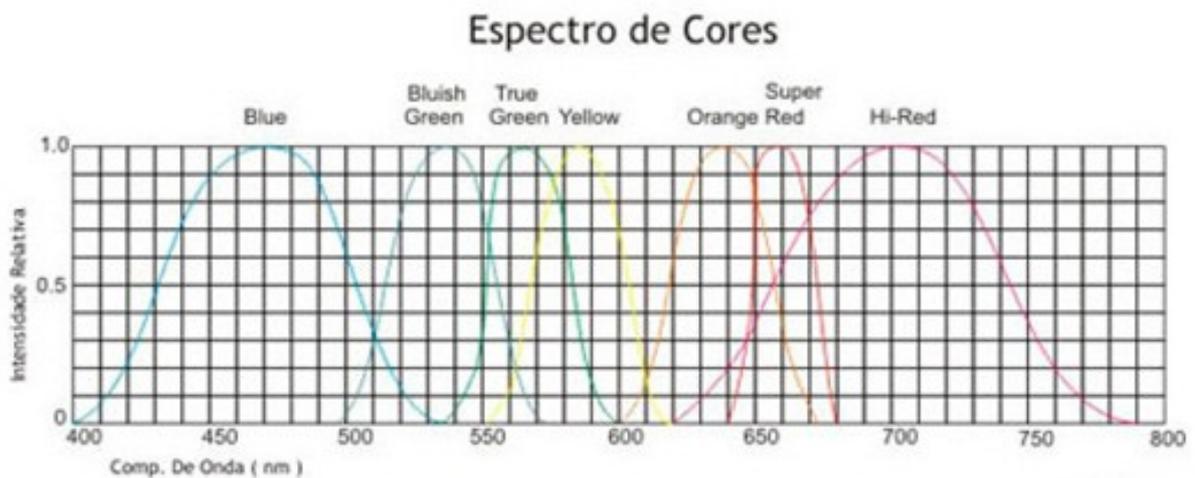


Figura V.8: espectro de emissão dos LEDs. Fonte: <http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/dicasemail/led/dica36.htm>

Boa parte da potência aplicada ao LED é transformada em forma de calor e a utilização de dissipadores térmicos deverá ser considerada a fim de que o calor gerado seja dissipado adequadamente ao ambiente, permitindo que a temperatura de junção do semicondutor (T_J) esteja dentro dos limites especificados pelo fabricante.

4. COMO FUNCIONAM OS LEDs?

Para entender bem como funciona um LED devemos compará-lo com outra fonte de luz bem conhecida, que é a lâmpada incandescente. As lâmpadas incandescentes funcionam quando um filamento de metal colocado no seu interior se aquece pela passagem de uma corrente. Os átomos têm seu grau de agitação de tal forma aumentado que ocorre a emissão de luz. Para que o metal não se queime com o oxigênio atmosférico, o filamento é encerrado num bulbo de vidro dentro do qual o ar atmosférico ou é retirado ou substituído por uma mistura de gases inertes, conforme mostra a figura V.9.

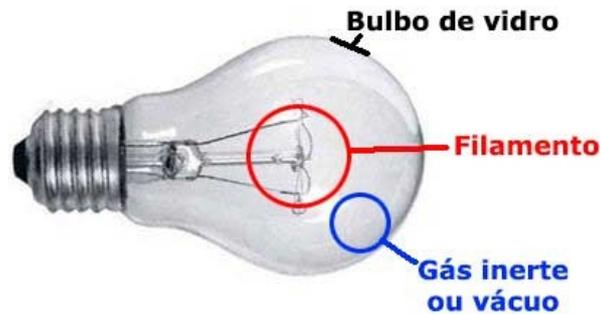


Figura V.9: Estrutura de uma lâmpada incandescente comum. [Fonte: <http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/733-como-funcionam-os-leds-art096>].

Entretanto, conforme mostra a figura V.10, uma lâmpada incandescente é como um transmissor de rádio sem sintonia, um transmissor de ruído. Os comprimentos de onda da luz que ela emite se espalham por todo o espectro.

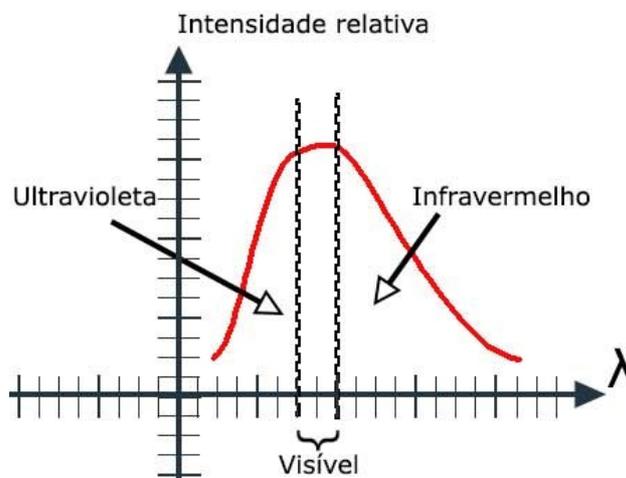


Figura V.10: Espectro de emissão de uma lâmpada incandescente comum [Fonte: <http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/733-como-funcionam-os-leds-art096>]

Dependendo da tensão aplicada à lâmpada, teremos predominância de certos comprimentos de onda e a luz emitida poderá ser amarelada, branca ou mesmo tender para o azulado. Além disso, a maior parte da energia gasta é dissipada na forma de calor.

A luz emitida por um LED não é monocromática (como em um laser), mas consiste de uma banda espectral relativamente estreita e é produzida pelas interações energéticas do elétron. O processo de emissão de luz pela aplicação de uma fonte elétrica de energia é chamado eletroluminescência.

Em qualquer junção P-N polarizada diretamente, dentro da estrutura, próximo à junção, ocorrem recombinações de lacunas e elétrons. Essa recombinação exige que a energia possuída pelos elétrons seja liberada, o que ocorre na forma de calor ou fótons de luz.

Nesta estrutura temos uma junção PN, na qual quando uma corrente a atravessa, o processo de recombinação dos portadores de carga faz com que ocorra um estímulo e emissão que se concentra principalmente na faixa do infravermelho.

Uma característica importante observada nessa radiação é que, em lugar de sua frequência ser aleatória, como no caso da lâmpada incandescente que se espalha pelo espectro, ela tem uma frequência muito bem definida, que depende do tipo de material usado no semicondutor, conforme mostra a figura V.12.



Figura V.11: Esquema da emissão de luz pela junção P-N. [Fonte:<http://www.facta.art.br/ciencia-do-apocalipse/gambiarras-com-leds/>]

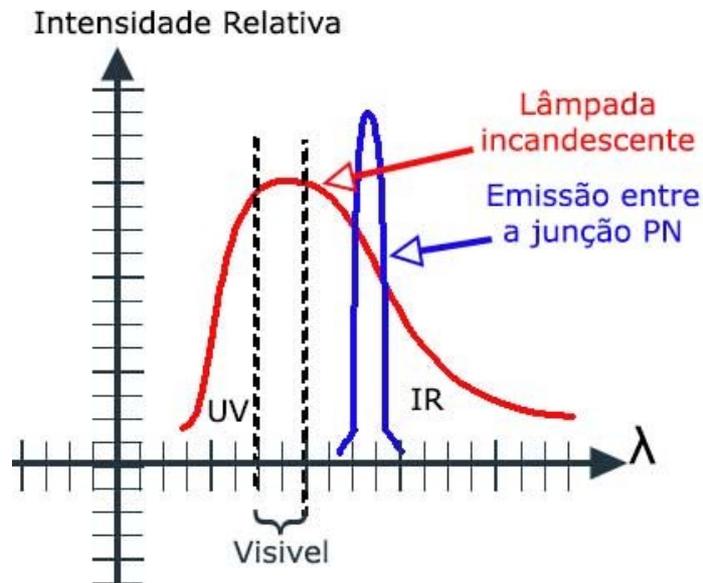


Figura V.12: Espectro estreito de uma junção PN de um LED que emite em infravermelho. [Fonte:<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/733-como-funcionam-os-leds-art096>]

Para os diodos comuns de silício, onde foi descoberto o fenômeno, a intensidade de radiação emitida é muito pequena e praticamente não há utilidade para ela. No entanto, descobriu-se também que se fossem usados outros materiais semicondutores e ainda fossem acrescentados dopantes especiais era possível emitir luz com maior intensidade e em diversas faixas do espectro. Os primeiros diodos emissores de luz criados foram então de um material denominado Arseneto de Gálio e Arseneto de Gálio com Índio (GaAs e GaAsI) emitindo radiação principalmente na faixa dos raios infravermelhos. O passo seguinte foi a criação de materiais capazes de emitir radiação com comprimentos de onda cada vez menores até cair na parte do espectro visível. Surgiram então os primeiros LEDs capazes de emitir luz no espectro visível, na região do vermelho.

Observe que a cor da luz do LED não vem do plástico que o envolve. A cor da luz depende da pastilha do material semiconductor usado. Se um LED usa plástico vermelho, é porque este plástico tem a mesma cor da luz emitida e não é ele que determina essa radiação. LEDs com plástico transparente ou branco podem emitir luz de diversas cores.

O passo seguinte consistiu no desenvolvimento de LEDs que passaram a ter cores com comprimentos de onda cada vez menores dentro do espectro visível, conforme mostra a figura V.13.

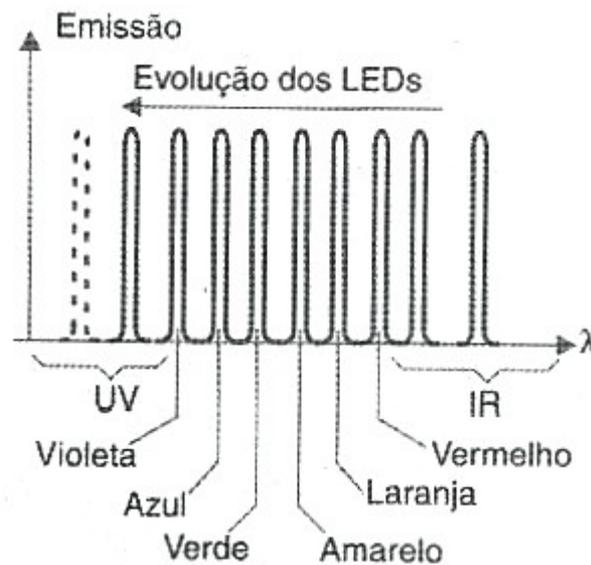


Figura V.13: Evolução na emissão de radiação pelos LEDs. [Fonte: <http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/733-como-funcionam-os-leds-art096>]

Hoje já é possível obter LEDs capazes de emitir luz azul e mesmo violeta. Os LEDs com emissão ultravioleta estão prestes a serem lançados. Uma das principais vantagens dos LEDs em relação às lâmpadas quando são usados como fontes de luz é o seu rendimento. Um LED comum pode ter rendimento superior a 80% enquanto que existem tipos de alto rendimento e alto-brilho que vão muito além. Uma lâmpada comum incandescente, por outro lado, desperdiça a maior parte da energia que aplicamos na forma de calor. Apenas 20 a 25% da energia consumida por uma lâmpada incandescente é luz. O restante é calor. Já uma lâmpada fluorescente tem um rendimento bem maior, em que 60% da energia é convertida em luz, aproximadamente.

5. CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS

Os LEDs se comportam como diodos enquanto que as lâmpadas incandescentes representam cargas resistivas não lineares. Podemos comparar as curvas características dos três dispositivos (lâmpada, resistor e LED) através do gráfico mostrado na figura V.14.

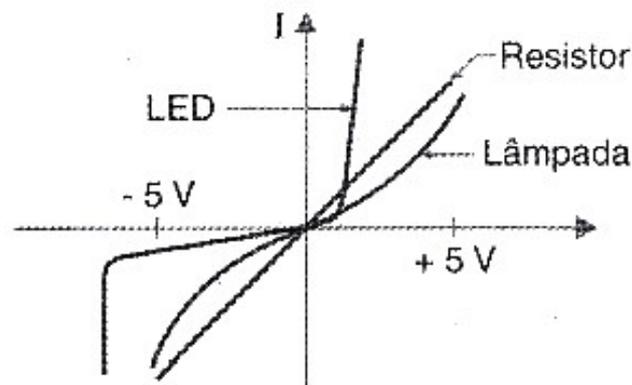


Figura 5.14: Curvas características dos LEDs, resistores e lâmpadas comparadas. [Fonte: <http://www.newtonbraga.com.br/index.php/como-funciona/733-como-funcionam-os-leds-art096>]

Ampliando as características dos LEDs de diferentes cores, vemos que o ponto em que eles começam a conduzir pode variar conforme sua cor. A figura V.15 mostra isso.

Em geral, os LEDs operam com nível de tensão de 1,6 a 3,3 V, sendo compatíveis com os circuitos de estado sólido. É interessante notar que a tensão é dependente do comprimento da onda emitida. Assim, os LEDs infravermelhos geralmente funcionam com menos de 1,5 V, os vermelhos com 1,7 V, os amarelos com 1,7 V ou 2,0V, os verdes entre 2,0V e 3,0V, enquanto os LEDs azuis, violeta e ultravioleta geralmente precisam de mais de 3V. A potência necessária está na faixa típica de 10 a 150mW, com um tempo de vida útil de 100.000 ou mais horas.

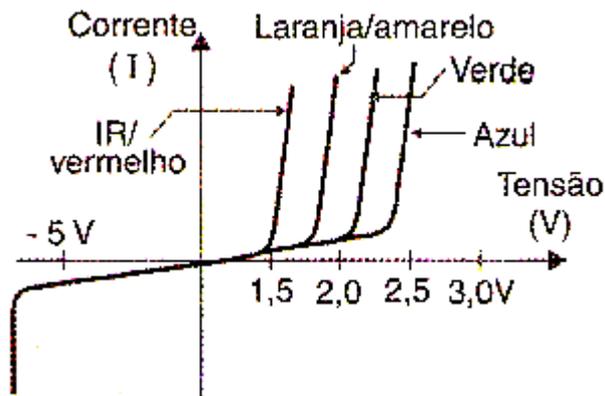


Figura V.15: Curvas dos diversos tipos de LEDs. Observe as tensões de condução. [Fonte: <http://www.newtonbraga.com.br/index.php/como-funciona/733-como-funcionam-os-leds-art096>]

6. PORQUE USAR LEDs?

Enumeraremos aqui algumas características desejáveis encontradas nos LEDs que os tornam uma ótima opção para utilização no cotidiano.

Dependendo da aplicação, a vida útil do equipamento é longa, sem necessidade de troca. Considera-se como vida útil uma manutenção mínima de luz igual a 70%, após 50.000 horas de uso.

Em função de sua longa vida útil, a manutenção é bem menor, representando menores custos.

Apresentam maior eficiência que as Lâmpadas incandescentes e halógenas e, hoje, muito próximo da eficiência das fluorescentes (em torno de 50 lumens / Watt) mas este número tende a aumentar no futuro.

Ao serem queimados ou quebrados, não representam perigo para as pessoas que estiverem perto, pois não liberam substâncias ou gases tóxicos.

Utiliza tecnologia de estado sólido, portanto, sem filamentos, vidros, etc, aumentando a sua robustez.

Com a utilização adequada, pode-se obter um espectro variado de cores, incluindo várias tonalidades de branco, permitindo um ajuste perfeito da temperatura de cor desejada.

Seu fluxo luminoso é variável em função da variação da corrente elétrica aplicada a ele, possibilitando, com isto, um ajuste preciso da intensidade de luz da luminária.

Apesar de ainda não ser a fonte luminosa mais eficiente, pode-se obter luminárias com alta eficiência, em função da possibilidade de direcionamento da luz emitida pelo LED.

Não emitem radiação ultravioleta sendo ideais para aplicações onde este tipo de radiação é indesejada. Ex.: Quadros – obras de arte etc.

Também não emitem radiação infravermelho (salvo os LEDs infravermelhos, projetados para emitir apenas radiação infravermelha, fazendo com que o feixe luminoso seja frio).

Ao contrário das lâmpadas fluorescentes que têm um maior desgaste da sua vida útil no momento em que são ligadas, nos LEDs é possível o acendimento e apagamento rapidamente possibilitando o efeito “flash”, sem detrimento da vida útil.

7. REFERÊNCIAS

NUSSENZVEIG, H. M. Curso de Física Básica. 7. ed. São Paulo: Blucher, 2009. v. 3.

<http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/dicasemail/led/dica36.htm>. Acesso em Setembro de 2016.

<http://utiluz.com/pt>. Acesso em Setembro de 2016.

http://www.osram.com.br/osram_br/noticias-e-conhecimento/pagina-de-led. Acesso em Setembro de 2016.

<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/instrumentacao/107-testando-componentes/982-como-testar-leds-ins029>. Acesso em Setembro de 2016.

<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/733-como-funcionam-os-leds-art096>. Acesso em Setembro de 2016.

Referências

[Abib e Araujo, 2003] Mauro Sérgio Teixeira de Araujo; Maria Lúcia Vital dos Santos Abib. Atividades Experimentais no Ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 176-194, jun. 2003.

[Alonso e Finn, 1999] Marcelo Alonso e Edward J. Finn – Física. Addison Wesley Longman, São Paulo, 1999.

[Assis, 2010] André Koch Torres Assis. Os Fundamentos Experimentais e Históricos da Eletricidade. Apeiron, Montreal, 2010. Disponível em <http://www.ifi.unicamp.br/~assis/>.

[Associação de Resistores] <https://www.youtube.com/watch?v=7Di6xrl2J0s&t=28s>. Acesso em Outubro de 2016.

[Biscuola, 2013] Gualter José Biscuola, Newton Villas Boas, Ricardo Helou Doca. Física 3 - 2ª ed. São Paulo: Saraiva, 2013.

[Borges, 2002] Tarciso Borges A. Novos Rumos Para o Laboratório de Ciências. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 19, n. 3, dez. 2002.

[Boylestad, 2013] Robert L. Boylestad, Louis Nashelsky. Dispositivos Eletrônicos e Teoria dos Circuitos - 11. ed. - São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2013.

[Brodin, 1978] BRODIN, G. The role of the laboratory in the education of industrial physicists and electrical engineers. [S.l.s.n.] 1978.

[Carron, 2002] Wilson Carron, Oswaldo Guimarães. As Faces da Física: volume único - 2. ed. - São Paulo: Moderna, 2002.

[Coelho e Pisoni, 2012] Luana Coelho, Silene Pisoni. Vygotsky: sua teoria e a influência na educação. Revista e-Ped - v.2 – FACOS/CNEC, 2012.

[Ferraro, 2009] Nicolau Gilberto Ferraro, Paulo Antônio de Toledo Soares, Ronaldo Fogo. Física Básica : volume único - 3. ed. - São Paulo : Atual, 2009.

[Gaspar, 2003] Alberto Gaspar. Física: volume único - 1. ed. - São Paulo: Ática, 2003.

[Gaspar, 2014] Alberto Gaspar, Experiências de ciências – ed. 2. - São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.

[Griffiths, 2011] David J. Griffiths, Eletrodinâmica – 3 ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2011.

[Halliday e Resnick, 1981] David Halliday e Robert Resnick. Física – 3 ed. Livros Técnicos e Científicos Editora: Rio de Janeiro, 1981.

[Heckler, 2007] Heckler, V.; Saraiva, M. F. O.; Filho, K. S. O. Uso de simuladores, imagens e animações como ferramentas auxiliares no ensino/aprendizagem de óptica. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 2, p. 267-273, 2007.

[if-ufrg 2016] História do Eletromagnetismo. Disponível em <<http://www.if.ufrgs.br/fis/EMVirtual/crono/crono.htm#dufay>>. Acesso em junho de 2016.

[Koll,2010] Marta de Oliveira Koll. Vygotsky: Aprendizado e desenvolvimento: um processo sócio-histórico. São Paulo: Scipione, 2010.

[Marques, 2013] Nelson Luiz Reyes Marques. Teorias de Aprendizagem. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul – Rio Grandense, Campus CAVG. Pelotas, 2013.

[Máximo e Alvarenga, 2011] Antônio Máximo Ribeiro da Luz, Beatriz Alvarenga. Contexto & Aplicações - 1. ed. - São Paulo: Scipione, 2011.

[Nussenzveig, 2002] H. Moysés Nussenzveig. Curso de Física Básica – 4ª ed. vol. 3 São Paulo: Blucher, 2002.

[Ostermann, 2010] Fernanda Ostermann e Cláudio José de Holanda Cavalcanti. Teorias de Aprendizagem – Texto Introdutório. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRS. Instituto de Física, 2010.

[PCNs, 1997] Brasil. Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros curriculares nacionais: ciências naturais / Secretaria de Educação Fundamental. – Brasília: MEC/SEF, 1997.

[PCN+, 2002] Brasil, PCN + Ensino Médio. Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. MEC – SEMTEC, Brasília, 2002.

[Pinho Alves, 2000] José de Pinho Alves Filho. Atividades experimentais: do método à prática construtivista. Tese de doutorado em educação: ensino de ciências naturais. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis, 2000.

[Pinho Alves, 2002] José de Pinho Alves Filho, Atividade Experimental: Uma alternativa na concepção construtivista In: VIII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2002, Águas de Lindóia. Atas do VIII EPEF. São Paulo: SBF, 2002.

[Ramalho, 2015] Francisco Ramalho Junior, Nicolau Gilberto Ferraro, Paulo Antônio de Toledo Soares. Os Fundamentos da Física - 11. ed. - São Paulo: Moderna, 2015.

[Rosa, 2003] Cleci Werner da Rosa. Concepções Teórico-metodológicas no Laboratório Didático de Física na Universidade de Passo Fundo. Revista Ensaio, vol 5 – nº 2, out. 2003.

[Tipler, 1995] Tipler, Paul A. Física - Eletricidade e Magnetismo. 3ª ed, vol 3. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2001

[Vygotsky, 1984] Vygotsky, L. S. A Formação Social da Mente. São Paulo: Martins Fontes, 1984.

[Vygotsky, 2001] Lev S. Vygotsky, Pensamento e linguagem. Editora Ridendo Castigat Mores, 2001.

[Yamamoto, 2013] Física para o Ensino Médio 3 – Kazuhito Yamamoto, Luiz Felipe Fuke. - 3. ed. - São Paulo: Saraiva, 2013.