

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

RENATO DALZOTTO

ELABORAÇÃO DE UM CADERNO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS PARA
O ESTUDO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS DE CORRENTE CONTÍNUA

PONTA GROSSA
2016

RENATO DALZOTTO

ELABORAÇÃO DE UM CADERNO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS PARA
O ESTUDO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS DE CORRENTE CONTÍNUA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino da Universidade Estadual de Ponta Grossa, Polo 35 do MNPEF, 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:
Prof. Dr. Sérgio da Costa Saab

Coorientador:
Prof. Dr. André Maurício Brinatti

PONTA GROSSA
2016

Dalzotto, Renato

D153 Elaboração de um caderno de atividades experimentais para o estudo de circuitos elétricos de corrente contínua/ Renato Dalzotto. Ponta Grossa, 2016. 199f.

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física - Área de Concentração: Física na Educação Básica), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio da Costa Saab.

Coorientador: Prof. Dr. André Maurício Brinatti.

1. Ensino de física. 2. Aprendizagem significativa. 3. Paineis didáticos. I. Saab, Sérgio da Costa. II. Brinatti, André Maurício. III. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Mestrado Profissional em Ensino de Física. IV. T.

CDD: 530

TERMO DE APROVAÇÃO

**ELABORAÇÃO DE UM CADERNO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS
PARA O ESTUDO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS DE CORRENTE
CONTÍNUA.**

MESTRANDO RENATO DALZOTO

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física da Universidade Estadual de Ponta Grossa, Polo 35 do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, pela seguinte banca examinadora:



Professor Dr. Sérgio da Costa Saab (orientador)
Departamento de Física – UEPG/PR



Professor Dr. José Ricardo Galvão
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)



Professor Dr. Luiz Américo Alves Pereira
Departamento de Física – UEPG/PR

Ponta Grossa, 08 de setembro de 2016

Dedico esta dissertação a todos os meus familiares, pelo apoio prestado em todos os momentos da minha vida.

Agradecimentos

A Deus, por todas as conquistas que tem me possibilitado alcançar.

Aos meus professores orientadores, Sérgio da Costa Saab e André Maurício Brinatti, pelas orientações prestadas, desde o curso de graduação até esse momento.

A todos os professores do Departamento de Física da Universidade Estadual de Ponta Grossa, que a vários anos vem mostrando grande dedicação ao ensino da Física.

A todos os colaboradores e alunos do SENAI em Ponta Grossa, por abrir as portas para que esse trabalho pudesse ter sido realizado.

Aos meus familiares, pelo apoio e compreensão durante a fase de elaboração desse projeto.

RESUMO

ELABORAÇÃO DE UM CADERNO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS PARA O ESTUDO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS DE CORRENTE CONTÍNUA

Renato Dalzotto

Orientador: Prof. Dr. Sérgio da Costa Saab
Coorientador: Prof. Dr. André Maurício Brinatti

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino da Universidade Estadual de Ponta Grossa, Polo 35 do MNPEF, 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 funcionamento de circuitos elétricos básicos é um tema importante para o ensino da Física, pois grande parte da tecnologia atual está baseada no funcionamento desses circuitos. Esse trabalho tem o objetivo de propor atividades práticas para o estudo de circuitos elétricos de corrente contínua. As atividades foram aplicadas com alunos de uma escola de educação profissional, visando o desenvolvimento de capacidades básicas, tais como: interpretação de diagramas elétricos, utilização do multímetro digital, reconhecimento de componentes e a compreensão do funcionamento dos circuitos. Nem sempre existe nas escolas um laboratório adequado para a realização dessas atividades. Pensando nisso, esse trabalho propõe a construção de um painel didático que possa ser utilizado em sala de aula. Nesse painel, foram fixados uma fonte de tensão e componentes diversos. Para a fonte de tensão, foi proposto o reaproveitamento de fontes de computador. Atualmente, há muitos computadores que já estão fora de uso ou obsoletos, o reaproveitamento dessas fontes pode ser uma alternativa de baixo custo para a construção de materiais didáticos. O planejamento das tarefas teve como objetivo favorecer a aprendizagem significativa, para isso, foi adotada como referência a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel. Todas as tarefas e instruções foram reunidas em um caderno de atividades que ficará à disposição para uso dos professores.

Palavras-chave: Ensino de Física, Aprendizagem Significativa, Painel Didático.

Ponta Grossa
Setembro de 2016

ABSTRACT

PREPARATION OF A BOOK OF EXPERIMENTAL EXERCISES FOR THE STUDY OF ELECTRICAL CIRCUITS OF DIRECT CURRENT

Renato Dalzotto

Supervisor(s):
Sérgio da Costa Saab
André Maurício Brinatti

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação em Ensino da Universidade Estadual de Ponta Grossa, Polo 35 do MNPEF, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

The operation of basic electrical circuits is an important issue for the teaching of physics, as much of the current technology is based on the operation of these circuits. This project aims to propose practical activities for the study of electrical circuits of direct current. The activities were applied with students from a vocational education school, for the development of basic skills, such as electric diagrams interpretation, use of digital multimeter, components recognition and circuits operation understanding. Not always available in schools a suitable laboratory to perform these activities. Thinking about it, this paper proposes the construction of a didactic panel that can be used in the classroom. In this panel, was set a voltage source and components. For the supply voltage was proposed the reuse of computer sources. Currently, there are many computers that are already out of use or obsolete, the reuse of these sources can be a low cost alternative for teaching materials construction. The planning of tasks aimed to foster meaningful learning, for that, the Theory of Meaningful Learning of David Ausubel was adopted as reference. All tasks and instructions were gathered in an activity book that will be available for teachers use.

Keywords: Physics education, meaningful Learning, teaching Panel

Ponta Grossa
Setembro de 2016

Sumário

Capítulo 1 - Introdução.....	8
Capítulo 2 – Descrição do problema	10
Capítulo 3 - Referencial Teórico	14
3.1 Teoria da Aprendizagem Significativa	14
3.2 Produção de material didático para o estudo de circuitos elétricos.....	22
3.3 Circuitos elétricos	27
3.3.1 Equação dos geradores	27
3.3.2 Resistência equivalente das associações de resistores.....	28
Resistores em série	29
Resistores em paralelo	30
Diodos (noções básicas):	32
Diodo com polarização direta.....	36
Diodo com polarização reversa	36
Capacitores	37
Capacitores em série.....	40
Capacitores em paralelo.....	42
Tempo de carga e descarga dos capacitores	43
Capítulo 4 – Materiais e Métodos	47
4.1 Descrição do local onde o projeto foi desenvolvido.....	47
4.2 Planejamento das atividades	49
4.3 Montagem do painel didático	51
4.4 Uso da fonte de computador como fonte didática	57
Capítulo 5 - Resultados e discussões	60
5.1 Associação de resistores	60
5.1.1 Associação de lâmpadas em série.....	60
5.1.2 Associação de lâmpadas em paralelo	67
5.1.3 Associação de lâmpadas no circuito misto	71
5.2 Conceito da resistência elétrica	75
5.3 Resistência Equivalente.....	76
5.3.1 Resistência equivalente da associação em série	77
5.3.2 Resistência equivalente da associação em paralelo	79
5.4 Conhecendo o diodo	81
5.4.1 Introdução ao diodo	81
5.4.2 Comportamento do diodo ao variar a tensão	84
5.5 Capacitores	88
5.5.1 Introdução ao capacitor	89
5.5.2 Noção de capacitância	91
5.5.3 Associação de capacitores	94
5.6 Localizar os erros.....	96
Capítulo 6 – Conclusões	99
Referências Bibliográficas.....	102
Apêndice A – Lista de componentes	106
Apêndice B – Simbologia.....	108
Apêndice C – “Layout” do painel didático	109
Apêndice D – Medidas do painel didático	110
Anexo A – Caderno de atividades	112

Capítulo 1 - Introdução

Um circuito elétrico é formado cada vez que um equipamento elétrico é conectado em uma tomada ou bateria. Dentro dos equipamentos eletrônicos também existem muitos circuitos elétricos, sabendo disso, é possível concluir que a maioria das pessoas utilizam os circuitos elétricos do início ao fim do dia. Por exemplo, uma pessoa é despertada pelo relógio do telefone celular, em seguida acende a luz e liga a cafeteira elétrica para fazer café, durante o dia, realiza outras atividades, tais como: ligar a televisão, utilizar o computador, acionar a chave de ignição do automóvel, usar o chuveiro, e outras. Assim, podemos facilmente constatar que o uso da energia elétrica está incorporada na rotina da maioria das pessoas.

Para compreender corretamente o funcionamento dos circuitos elétricos é necessário conhecer as grandezas elétricas e suas unidades de medida, esse conhecimento pode ser útil em várias situações do dia a dia. Por exemplo, no momento de comprar um aparelho elétrico, a pessoa precisa saber se a tensão elétrica deve ser de 127 ou 220 volts, ou ainda, se esse equipamento precisará de uma tomada com capacidade de corrente de 10 ou 20 ampères. O conhecimento básico sobre os circuitos elétricos também pode ajudar a evitar os perigos causados pelo uso errado da energia elétrica. Devido a isso, o estudo dos circuitos elétricos é um tema bastante importante no ensino da Física. Em cursos de formação profissional, o estudo dos circuitos elétricos se torna ainda mais importante, pois é a base para a formação de muitos profissionais, tais como: engenheiros, físicos, eletrotécnicos, técnicos em eletrônica, e outros.

O uso frequente dos equipamentos eletroeletrônicos não é suficiente para que as pessoas estejam familiarizadas com os conceitos envolvidos. Ao estudar os circuitos elétricos, os estudantes se deparam com algumas dificuldades, é comum a confusão entre as unidades de medida, como *volts e watts*, ou ainda confusão entre as grandezas tensão e corrente elétrica. Na escola, se o ensino for excessivamente abstrato, os estudantes podem ficar desmotivados ou não conseguem estabelecer relações do tema em estudo com seus conhecimentos prévios. Quando o tema circuitos elétricos é estudado somente na teoria, os alunos não tem a oportunidade de conhecer os componentes e observar o funcionamento dos circuitos. Nesse caso, os educandos recebem várias informações, mas

não utilizam essas informações para analisar um circuito elétrico real. A experimentação é algo que deveria fazer parte do processo de ensino-aprendizagem.

É indispensável que a experimentação esteja sempre presente ao longo de todo o processo de desenvolvimento das competências em Física, privilegiando-se o fazer, manusear, operar, agir, em diferentes formas e níveis. É dessa forma que se pode garantir a construção do conhecimento pelo próprio aluno, desenvolvendo sua curiosidade e o hábito de sempre indagar, evitando a aquisição do conhecimento científico como uma verdade estabelecida e inquestionável. (SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA, 2002, p. 37).

Ao propor atividades práticas com circuitos elétricos, os professores poderão encontrar algumas dificuldades, uma delas é a falta de tempo, pois algumas atividades demandam um tempo maior do que os cinquenta minutos previstos para uma aula de Física. Outro problema é que nem sempre os professores tem a sua disposição os recursos necessários, tais como: fonte de alimentação, componentes, *protoboard*, e outros. Uma maneira de amenizar esse problema é fazer o uso dos simuladores computacionais. Existem excelentes programas de computador que simulam os circuitos elétricos, conforme foi relatado no trabalho de Moreira L.; Moreira M. e dos Santos (2014), e também no trabalho de Moraes e Teixeira (2005). Para a montagem de circuitos reais, uma prática bastante comum é o uso de painéis didáticos, essa pratica é bastante comum em cursos de formação profissional e também foi a estratégia adotada pelos autores: Moreira L.; Moreira M. e dos Santos (2014), Moraes e Teixeira (2005), Silva (2011) e também Chiquito e et al. (2006).

Conforme Moreira M.A. (2015): “A Física hoje é teoria, experimentação e computação”. Sendo assim, é necessário oferecer subsídios para o planejamento de aulas em que os alunos possam montar, ligar e testar os circuitos básicos, para que a partir da experiência, os educandos possam atribuir significado aos conceitos que estão estudando. Com esse projeto, a intenção é oferecer mais uma opção para as atividades práticas com circuitos elétricos, também serão relatados algumas experiências realizadas em turmas de cursos técnicos. Como alternativa de material didático, será proposto a construção de um painel didático, para fornecer tensão aos circuitos, será proposto o reaproveitamento de fontes de computadores em desuso.

Nesse trabalho, também serão destacados alguns conceitos da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel.

Capítulo 2 – Descrição do problema

Ao trabalhar na escola com o tema “circuitos elétricos”, o processo de ensino-aprendizagem deve possibilitar que o aluno seja capaz de: compreender o funcionamento dos circuitos, reconhecer as funções de cada componente no circuito, identificar e calcular o valor das grandezas envolvidas. Nos cursos de formação profissional, o educando deve adquirir algumas capacidades específicas, como exemplos: realizar medidas com o multímetro, efetuar ligações seguindo diagramas, identificar defeitos e projetar circuitos. Devido a experiência pessoal na educação profissional, foi possível perceber que surgem muitas dúvidas e dificuldades durante o processo de ensino-aprendizagem. Por exemplo, há estudantes que apresentam dificuldade em conceituar as grandezas elétricas, em alguns casos há confusão entre os conceitos, principalmente tensão e corrente elétrica. Essas dificuldades também são relatadas por Moreira L.P. (2014a):

Trabalhando muitos anos como professor de Física e, em especial, com o conteúdo de Eletromagnetismo, foi possível perceber as dificuldades que os alunos encontram em entender e articular os conceitos envolvidos nesse conteúdo disciplinar. A confusão na percepção de diferenças principalmente entre tensão e corrente elétrica é muito grande. As concepções que os alunos carregam dificultam novos entendimentos e eles acabam “vendo o que pensam e não o que deve ser visto”. Pode-se dizer também que a linguagem do dia a dia não colabora para a aquisição de novos conceitos científicos. (MOREIRA, L.P., 2014a, p. 19).

Durante as aulas práticas também ocorrem dúvidas na interpretação da simbologia e dos diagramas. Aqui será relatado um caso como exemplo, os discentes estavam utilizando um circuito integrado (CI) para efetuar a montagem de um circuito eletrônico digital. Ao efetuar as ligações, os estudantes ligaram entre si todos os terminais, ou seja, colocaram em curto-circuito todos os pinos do circuito integrado. Foi questionado os alunos se aquelas ligações estavam corretas, e todos eles afirmaram que não havia erro. Na verdade, havia uma falha que certamente comprometeria todo o circuito. Nesse caso, ficou evidente que os alunos ainda não haviam compreendido como era o funcionamento do circuito e também não estava interpretando corretamente a simbologia. Dificuldades na interpretação da simbologia também são relatadas por Moreira L.P. (2014a):

O item que mais chamou a atenção foi à utilização do símbolo de interruptor, que teve de ser trocado por uma simulação. Os estudantes inicialmente não entendiam o símbolo estático e não percebiam que a simbologia também poderia representar o dispositivo na posição fechada. Isso foi algo que se

mostrou da mesma forma durante todas as etapas. (MOREIRA, L.P., 2014a, p. 55).

Para a formação profissional é de grande importância o uso correto do multímetro para fazer medidas elétricas e analisar o funcionamento dos circuitos. Durante a experiência pessoal com educação profissional, foi possível perceber algumas dúvidas que os estudantes apresentam ao utilizar o multímetro. Frequentemente eles fazem confusão entre corrente contínua e corrente alternada, selecionam a escala de forma incorreta, inserem as pontas de prova na posição errada, etc. Uma dificuldade comum ocorre no momento de medir a corrente elétrica, alguns alunos não lembram que o amperímetro deve ser conectado em série com os componentes do circuito e colocam o amperímetro em paralelo ocasionando curto circuito.

Quando o aprendiz não aprende corretamente os conceitos e procedimentos básicos, todo o aprendizado fica comprometido. Na formação profissional há um sério agravante, as atividades feitas de forma errada podem causar acidentes com choque e arco elétrico. Por isso, é importante pensar nas possíveis causas para os problemas apresentados. Alguns problemas de aprendizagem podem ser causados quando o processo de ensino ocorre de maneira excessivamente abstrata.

O estudo da eletricidade é repleto de conceitos abstratos e de difícil compreensão, tais como: campo elétrico, diferença de potencial, corrente elétrica, entre outros. Um longo caminho é trilhado até que os estudantes tenham conhecimento suficiente para entender o funcionamento dos circuitos elétricos básicos, compostos de resistores associados em série, paralelo ou em associação mista. O conteúdo é extenso e seu estudo é árduo, provocando desinteresse de muitos alunos. (SILVA, 2011, p. 16).

Durante experiência profissional ministrando aulas de Física para o ensino médio, foi possível perceber que nem sempre os alunos tem a oportunidade de conhecer os componentes e os circuitos na sua forma real. Por exemplo: o estudante precisa calcular um valor de capacitância, mas nunca viu um capacitor, outras vezes ele calcula a resistência equivalente de uma associação de resistores, mas não conhece o aspecto físico de um resistor. É necessário planejar situações em que o aprendiz possa identificar os componentes, montar e testar o funcionamento dos circuitos elétricos. Assim, o aluno terá condições de comparar a teoria com o circuito real.

Via de regra, os estudantes do Ensino Médio somente conseguem verificar experimentalmente algumas leis físicas básicas quando ingressam na universidade ou se fazem parte de um colégio/curso técnico. Por exemplo, é familiar à maioria dos estudantes das últimas séries do Ensino Médio a expressão $U = RI$, a famosa Lei de Ohm. Mas quantos deles já verificaram a existência desta proporcionalidade entre corrente e voltagem para sistemas ditos ôhmicos ou lineares? (CHIQUITO et.al., 2006, p. 76).

Na tabela 01 mostrada a seguir, há um resumo das principais dificuldades apontadas nesse capítulo.

Temas de estudo	Dificuldades no processo de ensino-aprendizagem
Grandezas elétricas	Os estudantes fazem confusão entre as grandezas elétricas e suas unidades de medida.
Componentes de um circuito elétrico	Os alunos não conhecem os componentes na sua forma real.
Simbologia	Falhas na interpretação da simbologia.
Diagramas elétricos	Erros ao efetuar as ligações seguindo diagrama elétrico.
Medidas elétricas	Uso incorreto do multímetro para efetuar medidas elétricas.

Tabela 1. Dificuldades no processo de ensino-aprendizagem de circuitos elétricos.

Para superar as dificuldades relacionadas na tabela 1, percebe-se que as atividades práticas desempenham um papel muito importante. Muitas das capacidades somente serão desenvolvidas se o educando tiver oportunidade de: montar, ligar, testar, aprender com os erros, ver a teoria sendo colocada em prática.

A experimentação, no ensino de Física, é importante metodologia de ensino que contribui para formular e estabelecer relações entre conceitos, proporcionando melhor interação entre professor e estudantes, e isso propicia o desenvolvimento cognitivo e social no ambiente escolar; (PARANÁ, 2008, p. 56).

Mas, é conhecido o fato de que muitas escolas não possuem recursos e ambientes adequados para promover atividades práticas. Como superar essas dificuldades? De que forma o professor poderá favorecer o aprendizado dos alunos? Como planejar uma

atividade prática de maneira segura e que possa ser realizada na sala de aula? Como adequar as atividades ao tempo disponível? Na tentativa de responder a essas inquietações, algumas referências foram estudadas para dar embasamento a esse projeto. Essas referências serão apresentadas sucintamente no capítulo a seguir.

Capítulo 3 - Referencial Teórico

Desde o início desse projeto, foi percebido que as atividades práticas desempenham uma função importante durante o estudo de circuitos elétricos. Para o planejamento dessas atividades, alguns trabalhos de outros autores foram adotados como exemplos. Nesses trabalhos, que serão apresentados nesse capítulo, os autores propõem a construção de kits didáticos e também o uso de simuladores para o estudo de circuitos elétricos.

As atividades práticas devem criar um contexto favorável para que os alunos compreendam corretamente os conceitos envolvidos. É importante evitar aquela tarefa que o aluno apenas siga o roteiro sem pensar no que está fazendo. Pensando nisso, foi adotado como referência a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel. Essa teoria de aprendizagem será apresentada sucintamente a seguir.

3.1 Teoria da Aprendizagem Significativa

A teoria da Aprendizagem Significativa foi desenvolvida inicialmente pelo norte americano David Paul Ausubel (1918 – 2008) que foi um médico especializado em psiquiatria. Mais tarde, outros autores também contribuíram para o desenvolvimento dessa teoria, com destaque para Joseph Novak, que foi um dos colaboradores de Ausubel. No Brasil, o grande divulgador dessa teoria é o físico Dr. Marco Antônio Moreira que é professor da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

A Teoria desenvolvida por Ausubel se enquadra como uma teoria cognitivista. De acordo com Moreira e Ostermann (1999, p. 8) a linha cognitivista “trata principalmente dos processos mentais, se ocupa da atribuição de significados, da compreensão, transformação, armazenamento e uso da informação envolvida na cognição”. A teoria da Aprendizagem Significativa tenta explicar como ocorre o aprendizado do aluno, ou seja, quais são os processos mentais envolvidos. Entre os conceitos essenciais estão: aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica, conhecimentos prévios (subsunoeres), estrutura cognitiva, organizador prévio e material potencialmente significativo. A seguir, serão explicados sucintamente cada um desses conceitos.

Aprendizagem Significativa e Aprendizagem Mecânica

Para compreender melhor o conceito de aprendizagem mecânica, um exemplo seria o caso de um estudante que decora enunciados de leis, equações e macetes para resolver problemas na prova. Mas, não entende o real significado dos conceitos e não consegue aplicar esse conhecimento em outros problemas semelhantes. Nesse exemplo, há uma evidência de **aprendizagem mecânica**.

Contrastando com a aprendizagem significativa, Ausubel define aprendizagem mecânica, ou automática, como sendo a aprendizagem de novas informações com pouca ou nenhuma interação com conceitos ou proposições relevantes existentes na estrutura cognitiva. Neste caso, a nova informação é armazenada de maneira literal e arbitrária. (MOREIRA; OSTERMANN, 1999, p. 62).

Quando acontece somente aprendizagem mecânica, o conteúdo estudado não produz mudanças significativas no conjunto de conhecimentos do aluno. Pouca coisa se aproveita e o sujeito esquece facilmente aquilo que estudou. Para evitar que isso aconteça, o processo de ensino-aprendizagem deve ser planejado para promover uma **aprendizagem significativa**, que é o conceito central da teoria de Ausubel.

É importante reiterar que a aprendizagem significativa se caracteriza pela interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos, e que essa interação é não-literal e não-arbitrária. Nesse processo, os novos conhecimentos adquirem significado para o sujeito e os conhecimentos prévios adquirem novos significados ou maior estabilidade cognitiva. (MOREIRA, M.A., 2012, p. 6).

A aprendizagem significativa acontece quando o estudante adquire uma informação nova e consegue relacionar essa informação com seus conhecimentos prévios. Ou seja, a nova informação será “ancorada” a outros conceitos que o aluno já teria aprendido anteriormente. Esse conhecimento prévio do sujeito é chamado de **subsunçor** ou **ideia âncora**.

O subsunçor é, portanto, um conhecimento estabelecido na estrutura cognitiva do sujeito que aprende e que permite, por interação, dar significado a outros conhecimentos. Não é conveniente “coisificá-lo”, “materializá-lo” como um conceito, por exemplo. O subsunçor pode ser também uma concepção, um construto, uma proposição, uma representação, um modelo, enfim um conhecimento prévio especificamente relevante para a aprendizagem significativa de determinados novos conhecimentos. (MOREIRA, M.A., 2012, p. 8).

Um exemplo de aprendizagem significativa poderia acontecer da seguinte maneira: suponha que uma turma compreendeu corretamente a definição de corrente elétrica, esse seria um conhecimento prévio, ou seja, um *subsunçor*. Em uma outra aula, o professor relembra esse conceito junto com os alunos e mostra em um simulador que a corrente elétrica pode ser contínua ou alternada. Nesse exemplo, o conhecimento prévio que os alunos tinham a respeito da corrente elétrica, serviu como “âncora” para os conceitos de corrente contínua e corrente alternada. Dessa maneira, teria ocorrido uma interação do conhecimento novo com o conhecimento prévio. Observe que a aprendizagem significativa promove mudança também nos conhecimentos prévios dos estudantes, nesse exemplo, o *subsunçor* corrente elétrica passou a ser um conceito mais bem elaborado, diferenciando-se do conceito que os estudantes tinham anteriormente.

A importância dos conhecimentos prévios (ou *subsunçores*)

A Teoria da Aprendizagem Significativa coloca em destaque a importância dos conhecimentos prévios dos alunos para a aprendizagem de novos conceitos. De acordo com Ausubel (1978) citado por Moreira e Ostermann (1999, p. 45): “Se tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um só princípio, diria o seguinte: o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Averigue isso e ensine-o de acordo”.

O conhecimento prévio é, na visão de Ausubel, a variável isolada mais importante para a aprendizagem significativa de novos conhecimentos. Isto é, se fosse possível isolar uma única variável como sendo a que mais influencia novas aprendizagens, esta variável seria o conhecimento prévio, os *subsunçores* já existentes na estrutura cognitiva do sujeito que aprende. (MOREIRA, M.A., 2012, p. 10-11).

O conjunto de conhecimentos que o indivíduo possui e a maneira como esses conhecimentos estão organizados fazem parte da **estrutura cognitiva** desse indivíduo. Essa estrutura poderá servir como ponto de partida para aquisição de novos conhecimentos.

[...] ao falar em “aquilo que o aprendiz já sabe” Ausubel está se referindo à “estrutura cognitiva”, ou seja, ao conteúdo total e organização das ideias do indivíduo, ou, no contexto da aprendizagem de um determinado assunto, o conteúdo e organização de suas ideias nessa área particular de conhecimentos. (MOREIRA; OSTERMANN, 1999, p. 45).

Condições para a Aprendizagem Significativa

Se o estudante não tiver *subsunçores* adequados, as novas informações recebidas poderão não fazer sentido algum, levando-o a uma aprendizagem mecânica. Como exemplo poderia ser imaginada a seguinte situação: uma pessoa que não tem conhecimentos básicos de eletrônica se inscreve para fazer um curso de eletrônica avançada. Já na primeira aula, o professor começa a falar palavras como: multiplexador, demultiplexador, tiristor, diodo, transistor, etc. Esse aluno teria uma dificuldade enorme para compreender o assunto, pois não teria os conhecimentos prévios adequados, a sua estrutura cognitiva não estaria preparada para o conhecimento avançado de eletrônica. Nesse exemplo, pode se afirmar que o conteúdo de “eletrônica avançada” não seria um **material potencialmente significativo** para o estudante.

A Teoria de Ausubel destaca duas condições essenciais para possibilitar a aprendizagem significativa, conforme informa Moreira M.A. (2012, p. 11): “1) o material de aprendizagem deve ser potencialmente significativo e 2) o aprendiz deve apresentar uma predisposição para aprender”.

Mas, **o que é um material potencialmente significativo?** É um material de aprendizagem (livros, aulas, vídeos, palestras, aplicativos, ...), que pode ser relacionável aos conhecimentos prévios do aluno. Isso significa que o conteúdo ministrado precisa ter uma sequência lógica. De acordo com Moreira M.A. (2012, p. 11 - 12), “o material deve ser relacionável à estrutura cognitiva e o aprendiz deve ter o conhecimento prévio necessário para fazer esse relacionamento de forma não-arbitrária e não- literal”.

E quando o estudante ainda não possui os conhecimentos prévios necessários, o que o professor pode fazer? Nesse caso, é recomendável o uso dos organizadores prévios. Um **organizador prévio** é um material introdutório que deve servir de “ponte” entre o que o aluno já sabe e o que ele deverá saber.

Organizador prévio é um recurso instrucional apresentado em um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade em relação ao material de aprendizagem. Não é uma visão geral, um sumário ou um resumo que geralmente estão no mesmo nível de abstração do material a ser aprendido. Pode ser um enunciado, uma pergunta, uma situação-problema, uma demonstração, um filme, uma leitura introdutória, uma simulação. Pode ser

também uma aula que precede um conjunto de outras aulas. As possibilidades são muitas, mas a condição é que preceda a apresentação do material de aprendizagem e que seja mais abrangente, mais geral e inclusivo do que este. (MOREIRA, M.A., 2012, p. 14)

Um **organizador prévio** fornece informações que servirão para construir conhecimentos prévios (*subsunçores*) adequados para a “ancoragem” de novos conceitos. Por exemplo, informações coletadas em uma aula prática poderiam ser utilizadas como organizadores prévios. Supondo que o aluno liga três lâmpadas em série e observa que as essas lâmpadas apresentaram um brilho menos intenso do que as mesmas lâmpadas ligadas em paralelo. O aluno verifica também que na ligação em série, se retirar uma lâmpada, as outras lâmpadas param de funcionar. Essas observações ajudam a construir conhecimentos prévios para que o educando tenha condições de posteriormente se aprofundar no estudo teórico das associações em série. Ou seja, o aprendiz terá informações prévias para organizar as novas ideias. A seguir, mais alguns exemplos de organizadores prévios:

Por exemplo, antes de introduzir o conceito de campo eletromagnético, o professor deve retomar o conceito de campo em um nível mais alto de abstração e inclusividade e, também, “resgatar” o conceito de campo gravitacional anteriormente aprendido. Outros exemplos: antes de trabalhar o conceito de emulsão, pode-se discutir com os alunos a maneira de preparar maionese; antes de falar em taxonomia, pode-se classificar de várias maneiras um conjunto de botões de diferentes cores, tamanhos, materiais, finalidades. (MOREIRA, M.A., 2012, p. 15).

Ao trabalhar com organizadores prévios, pode ocorrer uma *diferenciação progressiva* dos conceitos estudados, ou seja, o aluno adquire uma visão do todo e depois vai compreendendo os detalhes. O princípio da *diferenciação progressiva* também foi abordado por Moreira M.A. (2009a):

Segundo esse princípio, proposto por David Ausubel, em 1968, na obra *Educational psychology: A cognitive view*, é mais fácil para o ser humano aprender um corpo organizado de conhecimentos se tiver uma visão inicial do todo, isto é, dos principais conceitos, proposições (leis, por exemplo), modelos, equações (se for o caso) desse corpo de conhecimentos. Ou seja, uma visão inicial do todo antes de passar às partes. Essa visão inicial, introdutória, não é completa, não entra em detalhes, não usa representações complicadas. É algo para ser progressivamente diferenciado, elaborado, tornado significativo, através de exemplos, aplicações, novas formas de representação, sempre tendo o todo como referência. (MOREIRA, M.A., 2009a, p. 7).

Como avaliar se houve Aprendizagem Significativa?

Nem sempre é fácil avaliar se a aprendizagem foi significativa ou mecânica. É importante que fique claro para o professor alguns aspectos que podem gerar interpretações equivocadas. Em primeiro lugar, **aprendizagem significativa não é aquela que o estudante nunca esquece**. Por exemplo, uma pessoa poderia lembrar durante toda a vida de um macete ensinado no cursinho pré-vestibular, e isso não seria necessariamente um exemplo de aprendizagem significativa. Quando ocorre aprendizagem significativa, a pessoa também poderá esquecer, mas fica um “resíduo” desse conhecimento que facilitará uma futura “reaprendizagem”.

Quando não usamos um conhecimento por muito tempo, se a aprendizagem foi significativa temos a sensação (boa, tranquilizante) de que, se necessário, podemos reaprender esse conhecimento sem grandes dificuldades, em um tempo relativamente curto. Se a aprendizagem foi mecânica a sensação (ruim, de perda de tempo no passado) é a de que esse conhecimento nunca foi aprendido, e não tem sentido falar em reaprendizagem. (MOREIRA, M.A. 2012, p. 20).

Outro aspecto importante é que não se pode afirmar que uma aprendizagem foi mecânica apenas porque houve memorização. Na verdade, a memorização também faz parte do processo de aprendizagem significativa, pois é necessário memorizar informações básicas, tais como: o nome de unidades de medida, o nome das grandezas físicas, as letras do alfabeto. A memorização é necessária em muitas situações, até para contar de um a cem é preciso acessar informações na memória, ou seja, sem memorizar alguma informação, a aprendizagem significativa também seria inviabilizada.

Mas, **quais são os aspectos essenciais de uma aprendizagem significativa?** Conforme Moreira M.A., (2012, p. 6), “é importante reiterar que a aprendizagem significativa se caracteriza pela interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos, e que essa interação é não-literal e não-arbitrária”. Portanto, o professor deve **verificar se houve interação dos conhecimentos novos com os conhecimentos prévios do aluno**.

Para exemplificar, pode ser imaginada a seguinte situação: um professor pede que os alunos expliquem pelo menos uma característica de uma associação de lâmpadas em série. Um dos alunos responde exatamente como está no livro, nesse caso, não tem como

afirmar se realmente houve aprendizagem significativa. Outro aluno, responde de maneira diferente do que está no livro e faz uma comparação com a associação em paralelo estudada em aulas anteriores: *“Na associação em série, eu percebi que uma lâmpada depende da outra, mas na aula passada, eu lembro que isso não acontecia na associação em paralelo, naquele circuito as lâmpadas funcionavam de maneira independente”*. Nesse exemplo hipotético, o conhecimento novo (associação em série) interagiu como o conhecimento prévio (associação em paralelo). A partir daí, o conhecimento prévio do aluno teria ficado mais complexo, teria ocorrido uma mudança na estrutura cognitiva do educando.

Outra estratégia para identificar a aprendizagem significativa, é o **planejamento de situações de aprendizagem em que o estudante seja exposto a contextos diferentes**. Dessa forma pode ser verificado se o aprendiz consegue transferir o conhecimento para uma situação nova, pois na aprendizagem exclusivamente mecânica, o aluno consegue resolver apenas problemas já conhecidos.

No início, a vantagem da aprendizagem significativa sobre a mecânica é a compreensão, o significado, a capacidade de transferência a situações novas (na aprendizagem mecânica o sujeito é capaz de lidar apenas com situações conhecidas, rotineiras). Mais tarde, a vantagem está na maior retenção e na possibilidade de reaprendizagem (que praticamente não existe quando a aprendizagem é mecânica) em muito menos tempo do que a aprendizagem original. (MOREIRA, M.A., 2012, p. 20)

Nesse contexto, percebe-se que é indispensável a criatividade por parte do professor. É necessário formular questões com enunciados diferentes, propor a solução de situações-problema, criar novas situações de aprendizagem evitando a “simulação da aprendizagem significativa”.

“[...] ao se procurar evidências de compreensão significativa, a melhor maneira de evitar a “simulação da aprendizagem significativa” é formular questões e problemas de uma maneira nova e não familiar, que requeira máxima transformação do conhecimento adquirido”. “Testes de compreensão devem no mínimo, ser escritos de maneira diferente e apresentados em um contexto, de certa forma, diferente daquele originalmente encontrado no material instrucional”. (MOREIRA; OSTERMANN, 1999, p. 52)

Cabe destacar também que **aprendizagem significativa nem sempre é sinônimo de aprendizagem correta**. Uma pessoa pode apresentar erros conceituais e isso pode ser significativo para o sujeito. Por exemplo, uma criança tem o conhecimento prévio que no

verão os dias são mais quentes que durante o inverno. Supondo que outra pessoa repasse uma informação errada: durante o inverno a Terra estaria mais longe do Sol. A criança poderia concluir: “no inverno faz frio porque a Terra está mais longe do Sol”. Ou seja, teria ocorrido interação entre a informação nova (errada) com o conhecimento prévio da criança, seria um exemplo de aprendizagem significativa, porém teria levado a criança a um erro conceitual. Percebe-se também que um conhecimento prévio equivocado pode ser um bloqueio para a aprendizagem correta de novos conceitos.

As conhecidas concepções alternativas, tão pesquisadas na área de ensino de ciências, geralmente são aprendizagens significativas (e, por isso, tão resistentes à mudança conceitual). Por exemplo, se uma pessoa acredita que no verão estamos mais próximos do sol e no inverno mais distante, explicando assim as estações do ano, isso pode ser significativo para ela embora não seja a explicação cientificamente aceita. (MOREIRA, M.A., 2012, p. 11).

A aprendizagem puramente mecânica dificulta muito o desenvolvimento de atividades importantes para a humanidade, como exemplos: a criação artística, as descobertas científicas, as inovações tecnológicas, solução de problemas do dia a dia, etc. Com isso, se perde grande parte do valioso conhecimento disponibilizado pela escola.

Muitas vezes, a aprendizagem mecânica leva a uma grande perda de tempo. Por isso, é de grande importância a constante busca de novas estratégias para que os alunos realmente possam entender aquilo que estão estudando. Somente dessa maneira é que a escola estará contribuindo para a formação de cidadãos mais criativos e capazes de promover seu próprio desenvolvimento e ajudar na construção de um país melhor. Esse trabalho tem o objetivo de contribuir nesse sentido, mas de forma alguma tem a pretensão de ensinar tudo a respeito dessa Teoria. Há muitos outros conceitos a respeito da Teoria da Aprendizagem Significativa que fogem do escopo desse projeto, mas o leitor poderá encontrar mais informações na lista de referências desse trabalho.

3.2 Produção de material didático para o estudo de circuitos elétricos

Para fazer experiências com circuitos elétricos são necessários diversos recursos, tais como: fios condutores, fonte de alimentação, multímetro, ferramentas diversas e componentes (resistores, capacitores, chaves, e outros). Ao pensar nisso, imediatamente surgem algumas dúvidas: como adquirir esses materiais? Qual é o custo? É seguro utilizar esses recursos com os alunos? Como viabilizar essas atividades nas aulas de Física? A seguir, serão apresentados alguns exemplos de materiais didáticos que outros autores já produziram para o estudo dos circuitos elétricos.

Há empresas especializadas em produtos educacionais que comercializam painéis didáticos para o estudo de circuitos elétricos e eletrônicos. Nesses painéis, os componentes são montados em uma placa, geralmente de acrílico, metal ou de madeira, e as conexões são feitas de maneira rápida utilizando conectores tipo pino banana. Dessa maneira, não é necessário cortar os condutores e as conexões podem ser feitas sem a necessidade de ferramentas. Esse recurso é largamente utilizado em cursos de formação profissional. Um exemplo pode ser visualizado na foto da figura 01.



Figura 1: Foto de um painel didático do SENAI (PR). Fonte: O autor.

Esse painel didático foi montado por alunos e professores do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) em Ponta Grossa (PR), e é utilizado em aulas práticas de eletricidade industrial nos cursos técnicos e profissionalizantes. No lado esquerdo da foto são mostrados os componentes elétricos de uso industrial, o lado direito da foto mostra a placa de acrílico com terminais tipo plugue banana (conector fêmea). Com o uso desses terminais, as conexões são realizadas rapidamente sem a necessidade de ferramentas e os condutores elétricos são reaproveitados evitando desperdício de material.

Hipermídia para o estudo de Circuitos Elétricos

Esse painéis didáticos não são utilizados exclusivamente para educação profissional, existem propostas semelhantes para aplicação em aulas de Física no ensino médio. Um exemplo pode ser encontrado no trabalho de Moreira L.; Moreira M. e dos Santos (2014), disponível no endereço eletrônico http://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/n33_Moreira/index2.html. Nesse trabalho há um roteiro com treze atividades para o estudo de circuitos série, paralelo e misto. As atividades foram organizadas em ordem crescente de dificuldade, começando pelo circuito simples e avançando para circuitos mais complexos. As tarefas foram planejadas para que os alunos utilizem os seguintes recursos: *software Modellus*, *software PhET* e o painel de circuitos. Dessa maneira, foram intercaladas atividades de simulação com atividades práticas, possibilitando que os estudantes montem circuitos virtuais e verifiquem o funcionamento em uma situação real.

O material instrucional contemplando o estudo de circuitos elétricos apresentado a seguir pretende fornecer ferramentas para que os estudantes visualizem e entendam de forma prática todas as grandezas que estão envolvidas neste estudo. Esse material pretende auxiliar o aluno na compreensão dos fenômenos dessa área, buscando que os conceitos sejam compreendidos a partir da interação com softwares como o Modellus e o PhET e ainda do manuseio de componentes, em um painel especialmente construído para este estudo. (MOREIRA, L.; MOREIRA, M.; DOS SANTOS, 2014).

Para as atividades práticas, os autores utilizaram nesse trabalho um “painel de circuitos” contendo os seguintes componentes: multímetro, fonte de alimentação, interruptor e diversos conectores tipo plugue banana para fixar e ligar os componentes. Além do roteiro de atividades, também foram disponibilizados “*online*” a foto do painel

de circuitos, uma lista de problemas e os arquivos e links para instalação dos softwares Modellus e PhET.

Uma proposta para o ensino de eletrodinâmica no nível médio

Outra proposta semelhante pode ser encontrada no trabalho de Moraes e Teixeira (2005) que resultou em um “texto de apoio ao professor de Física” disponibilizado no endereço eletrônico http://www.if.ufrgs.br/tapf/v17n1_Moraes_Teixeira.pdf. Nesse trabalho, as autoras propõem que as atividades com simulador sejam complementadas com atividades práticas. Primeiramente os estudantes devem utilizar o simulador e depois montar os circuitos na prática. O simulador utilizado foi o Edison AC/DC (*Design Software – Educare Informática*). No decorrer das experiências, os alunos foram estimulados a comparar os resultados no simulador com os resultados da atividade prática.

Compare os resultados obtidos nas simulações com os resultados dos experimentos reais equivalentes. Os resultados foram todos semelhantes? Se houve alguma diferença explique os motivos.

Compare a prática virtual, através de um software de simulação, com a prática através de experimentos reais, para o estudo dos circuitos elétricos. Comente sobre as vantagens e as desvantagens de cada um dos dois tipos de atividade. (MORAES; TEIXEIRA, 2006, p. 58).

Para as atividades práticas, os componentes foram montados em pequenas caixas e as conexões eram feitas por meio de cabos com plugues tipo banana. A autora informa que os materiais foram adquiridos e montados pelos próprios alunos (MORAES, 2005, p. 55). O kit didático favoreceu a compreensão dos fenômenos físicos envolvidos. Entretanto, foram relatadas algumas dificuldades por causa da queima de lâmpadas e devido ao multímetro que foi danificado e não pode ser prontamente substituído, (MORAES, 2005, p. 56). Nesse mesmo trabalho, foram disponibilizados diversos exercícios, testes, questões de vestibulares e textos, o que resultou em um guia completo para o estudo da eletrodinâmica.

Entendendo o funcionamento dos circuitos elétricos

Montar componentes em um painel para realizar experiências com circuitos elétricos é uma estratégia que foi utilizada também por Silva (2011) em um trabalho disponível em

<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol12/Num1/circuitos.pdf> e intitulado como “**Quais lâmpadas acendem? Entendendo o funcionamento dos circuitos elétricos.**” O autor propôs a construção de um painel utilizando uma placa perfurada feita com fibra de madeira (Eucatex). Nesse painel foram fixados os seguintes componentes: lâmpadas incandescentes, interruptor simples, tomadas de sobrepor, um disjuntor monopolar, e os fios de ligação (Silva, 2011, p. 17).

Nessa proposta, inicialmente os alunos fazem o estudo teórico dos conceitos da eletrodinâmica e depois utilizam o painel para aplicar os conhecimentos adquiridos com a teoria. Na primeira atividade os discentes fazem uma experiência com a associação em paralelo utilizando lâmpadas com diferentes valores de potências. De acordo com Silva (2001, p. 17) foram utilizadas três lâmpadas com potências respectivamente iguais a 7 W, 15 W e 60 W. Nesse momento o aprendiz comprova que as lâmpadas de maior potência emitem luz com mais intensidade e também verificam que as lâmpadas funcionam de maneira independente.

Nas atividades experimentais que serão propostas, as lâmpadas incandescentes farão o papel dos resistores, e a intensidade de luz emitida dará a percepção visual da potência dissipada em cada lâmpada. Com isso, será possível rever e comprovar os conteúdos previamente ensinados. (SILVA, 2011, p. 16).

Ao ligar as lâmpadas em série, os estudantes poderão ter uma surpresa, as lâmpadas de maior potência passam a emitir menos luz do que as lâmpadas com potência mais baixa. Esse fato proporciona a oportunidade para que o professor faça questionamentos, os aprendizes terão que recorrer a teoria para explicar o fenômeno. O que ocorre é que a corrente elétrica será a mesma para todas as lâmpadas, sendo limitada pela resistência equivalente do circuito, e as lâmpadas de potência maior passam a funcionar com corrente inferior ao normal. Pode até acontecer que uma das lâmpadas não emita luz. Na associação mista, há um caráter lúdico, antes de energizar o circuito, os estudantes tem o desafio de prever quais lâmpadas deverão acender.

Esse é o foco central dos experimentos: motivar os alunos para que, de forma lúdica, semelhante a um jogo, eles utilizem seus conhecimentos teóricos para determinarem, antecipadamente, quais lâmpadas acenderão numa determinada ligação mista. (SILVA, 2011, p. 17).

Essas experiências criam um contexto bem interessante para que o professor possa relembrar a teoria e fazer questionamentos. A partir de algo visível, (o brilho das lâmpadas), o aluno terá a oportunidade de tirar conclusões a respeito do funcionamento do circuito. De acordo com Silva (2011, p. 16): “O objetivo dessa atividade é dar aos estudantes alguma percepção concreta, embora indireta, dos conceitos físicos sobre eletricidade, tais como: corrente; potencial; e resistência”.

Um Sistema Simples para a verificação da Lei de Ohm

Para comprovar a Lei de Ohm, a montagem do circuito em um painel de madeira foi a estratégia adotada por Chiquito e et al. (2006, p. 76 - 78) no trabalho publicado na Revista Física na Escola e disponível em <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol7/Num2/v13a15.pdf>. No painel de madeira foram fixados os seguintes componentes: dois multímetros, uma bateria de 9V, um potenciômetro, um interruptor e um par de cliques que serviram como suporte para conectar os resistores que seriam testados.

Para obter uma fonte de tensão variável, os autores utilizaram uma bateria de 9 V ligada a um potenciômetro que atuava como um divisor resistivo de tensão. Para que os estudantes pudessem visualizar ao mesmo tempo os valores de tensão e corrente, foi proposto o uso simultâneo de dois multímetros analógicos. Enquanto um deles estava funcionando como voltímetro, o outro atuava na função de amperímetro. Foi bastante criativa a proposta para fixar os resistores a serem testados. A sugestão dos autores é o uso de cliques para prender os resistores, foram utilizados percevejos para prender os cliques no painel de madeira, (Chiquito e et al., 2006, p. 76 - 78). Para fazer o experimento, além dos resistores, foi sugerido também o uso de diodos, pedaços de plásticos e canudinhos de refrigerante.

Deve-se pedir aos estudantes que variem a voltagem para cada um destes elementos, anotando a voltagem e a corrente em uma tabela. A partir desta tabela pode-se verificar a proporcionalidade entre I e U (que é a própria resistência $R = U/I$) ponto a ponto, ou a não-linearidade no caso do plástico e do diodo. Melhor ainda é colocar os dados em uma folha de papel milimetrado com eixos de corrente e voltagem e verificar que $U = RI$ é uma função linear ou de primeiro grau [...]. (Chiquito e et al., 2006, p. 77)

Com esse kit didático bastante simples, vários conceitos podem ser trabalhados, tais como: condutores e isolantes, resistores, associação de resistores, resistores com comportamento não linear, estudo do diodo e outros. A proposta possibilita também a coleta de dados para a plotagem de gráficos e uma análise mais detalhada sobre o comportamento das grandezas tensão, corrente e resistência elétrica.

Analisando as referências citadas até aqui, percebe-se que nas propostas desses autores, os estudantes tiveram a oportunidade de conhecer os componentes, interpretar a simbologia, realizar medidas, montar e testar os circuitos. Assim, o conteúdo não foi trabalhado apenas de maneira abstrata, os alunos puderam comprovar a teoria mediante a experimentação. Com o uso dessas estratégias, as aulas se tornam mais dinâmicas, e os estudantes tem a oportunidade de participar ativamente das aulas.

3.3 Circuitos elétricos

Para esse projeto, foram propostas atividades práticas com associação de resistores, capacitores, diodo e LED. A seguir serão apresentados os conceitos básicos que deram suporte as atividades. Esses textos foram incluídos no caderno de atividades como textos de apoio.

3.3.1 Equação dos geradores

A diferença de potencial entre os terminais de uma pilha ou bateria pode variar dependendo da intensidade da corrente elétrica fornecida ao circuito, isso acontece devido as perdas que ocorrem no interior da pilha ou bateria. O gerador eletroquímico pode ser representado pelo esquema da figura 2:

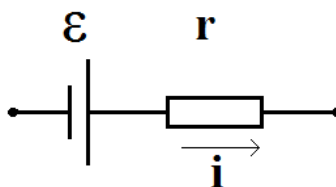


Figura 2: Representação de um gerador (adaptado de SAAB et. al., 2006, p. 17). Fonte: O autor.

Esse gerador converte energia química em energia elétrica produzindo uma força eletromotriz “ \mathcal{E} ”. Porém, no interior do gerador ocorrem perdas devido a sua resistência interna (r). A diferença de potencial elétrico (V) entre os terminais externos do gerador será igual a:

$$V = \mathcal{E} - ir \quad (01)$$

As perdas internas são calculadas por “ ir ”. A resistência interna aumenta à medida que a pilha ou bateria vai chegando ao fim de sua vida útil.

Durante a vida de uma pilha, a força eletromotriz permanece praticamente inalterada, ao passo que sua resistência interna cresce. Pilhas velhas e inúteis são reconhecidas não por sua força eletromotriz (que pode ainda ser praticamente a mesma de uma nova), mas pela redução na corrente de curto-circuito, causada pelo crescimento da sua resistência interna. (SILVEIRA, AXT, 2003, p. 398).

Essas perdas internas também podem ocorrer com fontes eletrônicas de baixa qualidade. Para verificar se realmente a fonte está em boas condições, a diferença de potencial deverá ser medida quando a fonte estiver fornecendo corrente a um circuito. Se não houver fluxo de corrente, não ocorrerá perdas na resistência interna e, somente nesse caso, a força eletromotriz e a diferença de potencial terão o mesmo valor.

Apesar de força eletromotriz e diferença de potencial terem a mesma unidade de medida, na verdade são conceitos diferentes, conforme informa Lang e Axt (2003, p. 392 – 393), “[...] a diferença de potencial elétrico expressa o trabalho por unidade de carga realizado por um campo eletrostático, enquanto a força eletromotriz exprime o trabalho por unidade de carga realizado por um campo não-eletrostático [...]”.

3.3.2 Resistência equivalente das associações de resistores

As equações para associação de resistores estão descritas em inúmeros livros de Física do ensino superior e do ensino médio. As demonstrações a seguir, foram baseadas na obra de Sears; Zemansky e Young (1894, p. 620 – 623) e também no trabalho de Markus (2011, p. 54 - 57).

Resistores em série

Uma associação com dois resistores ligados em série está sendo representada na figura 3.

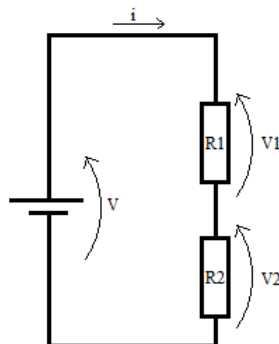


Figura 3: Representação de um circuito com resistores em série. Fonte: O autor.

Na associação em série, a corrente (i) é a mesma em todo o circuito. A tensão total (V) fornecida pela fonte é igual à soma das quedas de tensão ao longo do circuito.

$$V = V_1 + V_2 \quad (02)$$

Aplicando a Lei de Ohm para calcular as tensões, a equação fica como:

$$R_{eq}i = R_1i + R_2i \quad (03)$$

Colocamos i em evidência:

$$R_{eq}i = i(R_1 + R_2) \quad (04)$$

Dividindo ambos os membros da equação por “ i ”, chegamos à conclusão que:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 \quad (05)$$

Essa equação pode ser aplicada para qualquer quantidade de resistores na associação em série, assumindo a forma geral:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n \quad (06)$$

Resistores em paralelo

Na figura 4 está sendo representado uma associação com três resistores ligados em paralelo.

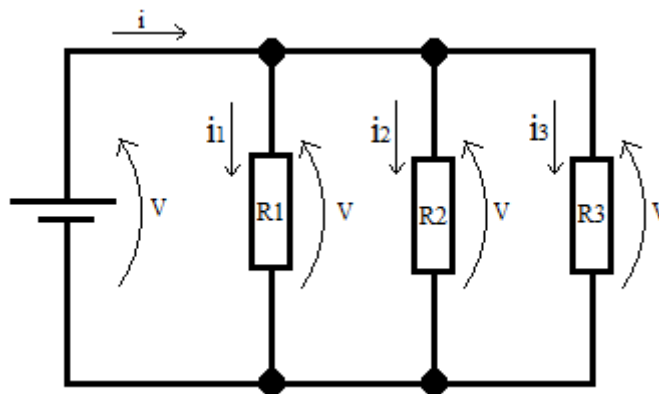


Figura 4: Circuito com resistores associados em paralelo. Fonte: O autor.

Equação Geral

Em uma associação de resistores em paralelo, a diferença de potencial é a mesma para todos os resistores. A corrente total (i) que entra na associação é a soma das correntes em cada resistor, (MARKUS, 2011, p. 56):

$$i = i_1 + i_2 + i_3 \quad (07)$$

Aplicando a Lei de Ohm para calcular cada uma das correntes, a equação assumirá a forma:

$$\frac{V}{R_{eq}} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} \quad (08)$$

Colocando V em evidência, temos:

$$\frac{V}{R_{eq}} = V \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \quad (09)$$

Dividindo os dois membros por V , temos:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad (10)$$

Para dois ou mais resistores associados em paralelo, a equação assume a forma geral:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad (11)$$

Equação para resistores com o mesmo valor de resistência

Se a associação for formada somente por resistores com o mesmo valor de resistência (R), essa equação poderá ser simplificada. Supondo que há três resistores, R_1 , R_2 e R_3 com o mesmo valor, vamos substituir os valores por “ R ”. Fica como:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{R} \quad (12)$$

Frações de mesmo denominador podem ser somadas diretamente:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{3}{R} \quad (13)$$

Isolando R_{eq} na equação, temos:

$$R_{eq} = \frac{R}{3} \quad (14)$$

Para quaisquer número de resistores, chegaremos ao resultado:

$$R_{eq} = \frac{R}{n} \quad (15)$$

Onde, “ n ” é a quantidade de resistores de resistência “ R ” na associação.

Equação para dois resistores com valores diferentes de resistência

Para uma associação de resistores em paralelo, formada por dois resistores de resistências diferentes, a equação também poderá ser simplificada. Tomando como ponto de partida a equação geral:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad (16)$$

No segundo membro da equação, devemos extrair o mínimo múltiplo comum entre os denominadores e fazer a soma das frações, assim temos:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{R_2 + R_1}{R_1 R_2} \quad (17)$$

Isolando R_{eq} , podemos concluir que:

$$R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad (18)$$

Diodos (noções básicas):

Os diodos são dispositivos semicondutores que tem seu funcionamento explicado pela mecânica quântica. É possível encontrar informações básicas a respeito desses componentes em livros técnicos de eletrônica e de formação profissional. As informações sobre os diodos que serão repassadas a seguir, estão baseadas principalmente na leitura dos trabalhos de Halliday; Resnick e Walker (1983, p. 227 – 240) e também de Marques; Cruz e Choueri (1998). A figura 05 mostra o aspecto real e o símbolo do diodo.



Figura 5: (a) Foto de um diodo retificador. (b) Simbologia. Fonte: o autor.

Os diodos permitem o fluxo de elétrons em apenas um sentido. Uma das aplicações desse dispositivo ocorre no processo de conversão de corrente alternada para corrente contínua nas fontes eletrônicas, nesse caso, o dispositivo recebe o nome de diodo retificador. A maioria dos diodos retificadores são fabricados com silício (Si), mas também existem diodos fabricados com germânio (Ge), a seguir será apresentado uma breve explicação sobre a estrutura dos semicondutores de silício que são os mais utilizados. Nos cristais de silício, os átomos formam ligações covalentes, nesse tipo de ligação ocorre o compartilhamento de elétrons da camada de valência. A figura 06 mostra uma representação bidimensional da estrutura cristalina do silício. Para facilitar o entendimento, foi representada somente a camada de valência dos átomos, sendo omitida as camadas anteriores. Cada elétron da camada de valência está ligado a dois átomos, dessa maneira não há elétrons livres para a condução de corrente elétrica.

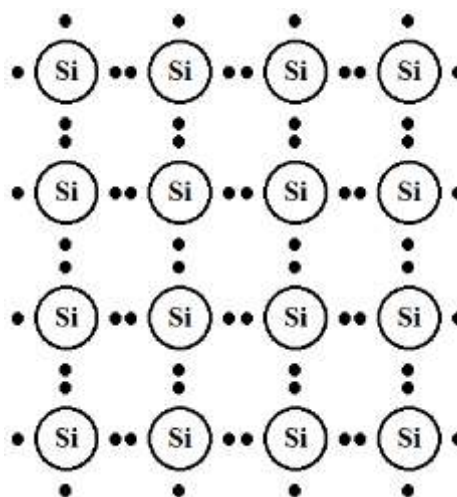


Figura 6: Estrutura cristalina do silício. Fonte: adaptado de Cruz e Choueri, 2008, p. 20.

Para que esses materiais possam adquirir algumas características especiais, são introduzidos no seu interior outros elementos, chamados de “impurezas”. Esse processo de acrescentar “impurezas” no material é chamado de “dopagem” e pode formar semicondutores tipo N ou tipo P.

- **Semicondutor tipo N:**

Esse material possui elétrons livres em sua estrutura, devido a isso tende a ser um doador de elétrons. Para formar o material tipo N, a estrutura cristalina do silício recebe

outros átomos que possuem cinco elétrons na camada de valência, por exemplo: átomos de fósforo. Um desses elétrons não encontra um átomo vizinho para se ligar e se torna um elétron livre que poderá se movimentar pelo interior do material. A figura 07 mostra uma representação bidimensional da estrutura cristalina do material tipo N. Para facilitar o entendimento, foi representada somente a camada de valência dos átomos, sendo omitida as camadas anteriores.

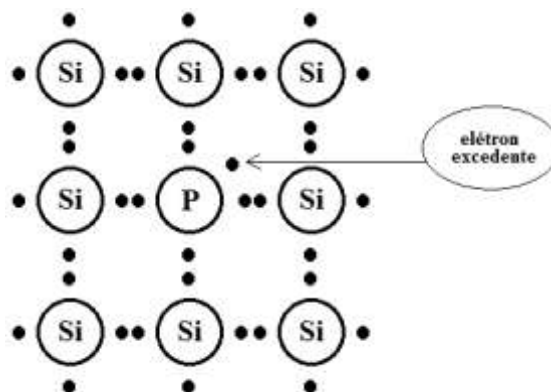


Figura 7: Estrutura cristalina do semicondutor tipo N. Fonte: adaptado de Cruz e Choueri, 2008, p. 22.

- **Semicondutor tipo P:**

Para formar o material tipo P, a estrutura cristalina do silício recebe outros átomos que possuem três elétrons na camada de valência, por exemplo: átomos de alumínio. Assim, fica faltando um elétron para completar as ligações químicas entre o alumínio e o silício. Essa falta do elétron gera uma *lacuna* no interior do material, por isso, o semicondutor tipo P tende a ser um receptor de elétrons. A figura 08 mostra uma representação bidimensional da estrutura cristalina de um material tipo P. Para facilitar o entendimento, está sendo representada somente a camada de valência dos átomos, sendo omitida as camadas anteriores.

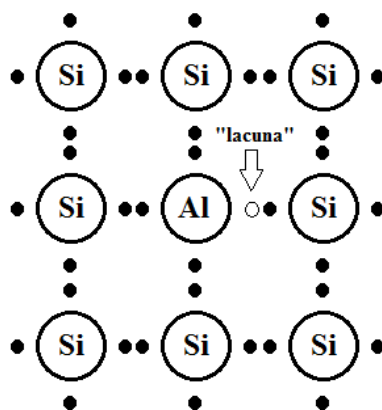


Figura 8: Estrutura cristalina do semicondutor tipo P. Fonte: adaptado de Cruz e Choueri, 2008, p. 21.

Os diodos são formados por uma junção de duas camadas de material semicondutor: uma camada tipo N e outra tipo P. O terminal anodo é ligado a uma camada tipo P e o terminal catodo é ligado a uma camada tipo N.

Entre as características do diodo, podemos destacar:

Corrente Direta Máxima ($I_{Fmáx}$): é o valor máximo de corrente que o diodo pode conduzir continuamente, acima desse valor, o diodo pode sofrer danos por aquecimento excessivo.

Tensão reversa máxima ($V_{Rmáx}$): é o valor máximo de tensão que o diodo pode suportar quando está na polarização reversa.

Diodo Emissor de Luz (LED)

O diodo emissor de luz é um tipo especial de diodo, também é conhecido como LED que é a sigla que vem do idioma inglês, cujo significado é *Light Emitting Diode*. Na sua fabricação são usados elementos como o gálio (Ga), arsênio (As) e o fósforo (P). Durante a condução de corrente, uma certa quantidade de elétrons passa para um nível mais baixo de energia, e libera energia na forma de fótons. No diodo retificador, essa energia é liberada principalmente na forma de calor.

Diodo com polarização direta

Nesse texto, não serão abordados os processos que ocorrem no interior do componente, serão analisados somente o comportamento do diodo nos circuitos elétricos. Na figura 9, está sendo representado um circuito com o diodo na polarização direta.

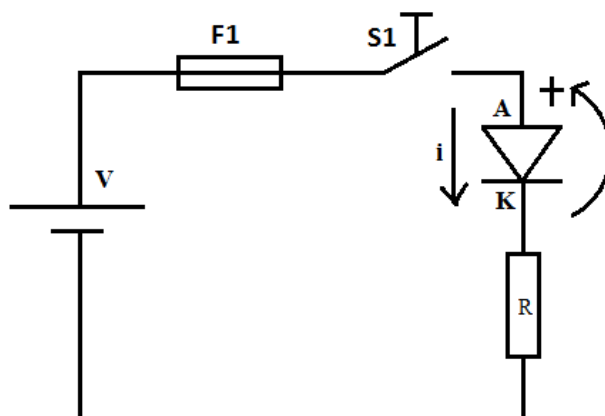


Figura 9: circuito elétrico mostrando um diodo com polarização direta. Fonte: O autor.

O diodo está diretamente polarizado quando seu terminal anodo (A) tem potencial mais positivo do que o terminal catodo (K). Na polarização direta, o comportamento é semelhante a uma chave fechada, ou seja, a corrente elétrica fluirá normalmente. Observe que a seta no símbolo do diodo coincide com o sentido convencional da corrente elétrica. Os diodos em condução causam uma pequena queda de tensão, que é de aproximadamente 0,7 V nos diodos de silício e 0,3 V nos diodos de Germânio. Uma característica interessante é que essa diferença de potencial se mantém praticamente constante dentro da faixa de funcionamento desse componente.

Diodo com polarização reversa

Na figura 10, está sendo representado um circuito com o diodo na polarização reversa. A polarização reversa ocorre quando o terminal catodo (K) tem potencial mais positivo do que o terminal anodo (A). Nesse caso, o diodo tem comportamento semelhante a um interruptor aberto, ou seja, impede a passagem da corrente elétrica. Na prática, existirá uma corrente de fuga cujo valor tem influência da temperatura. Em circuitos eletrônicos mais sensíveis, a corrente de fuga pode ter algum efeito, mas na

maioria das aplicações, a corrente de fuga é desprezível ficando na faixa dos microampères.

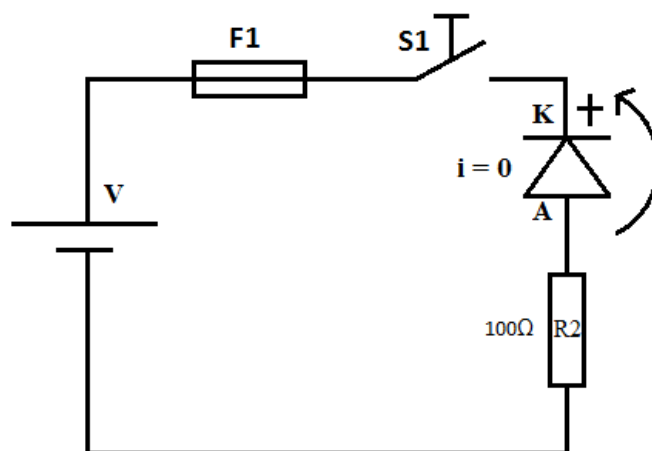


Figura 10: circuito elétrico mostrando um diodo com polarização reversa. Fonte: O autor.

Capacitores

O capacitor é constituído por placas condutoras separadas por um material isolante (dielétrico), conforme representado na figura 11.

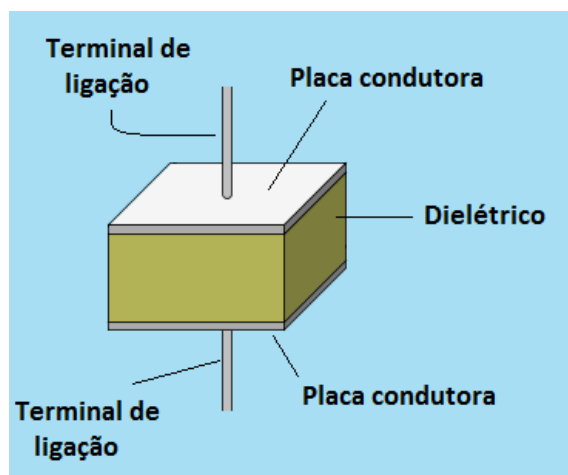


Figura 11: Representação de um capacitor de placas paralelas. Fonte: adaptado de University of Colorado Boulder (PhET Interactive Simulations).

Ao ligarmos o capacitor a uma fonte de tensão contínua, uma das placas do capacitor adquire um potencial positivo e a outra placa fica com potencial negativo, essa representação está na figura 12. O processo de carga ocorre devido a retirada de elétrons

da placa ligada ao terminal positivo da bateria e ao fornecimento de elétrons a placa conectada ao terminal negativo da bateria. Como resultado, a placa superior (figura 12) carrega positivamente e a placa inferior carrega negativamente. O processo ocorre até o momento que a tensão entre as placas se iguale a tensão na bateria. Nesse instante, cada placa terá as mesmas quantidades de cargas elétricas, mas com sinais contrários.

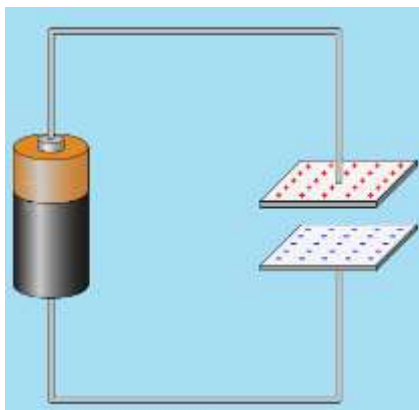


Figura 12: Representação de um capacitor carregado. Fonte: adaptado de University of Colorado Boulder (PhET Interactive Simulations).

Entre as placas do capacitor, forma-se um campo elétrico que é representado utilizando linhas de força como pode ser visto na figura 13. As linhas de força são representadas saindo da placa positiva e entrando na placa negativa. A diferença de potencial entre as placas se mantém mesmo após o capacitor ter sido desligado da fonte. Isso ocorre porque os elétrons na placa negativa ficam “presos” devido à presença desse campo elétrico, dessa forma há armazenamento de energia eletrostática no capacitor.

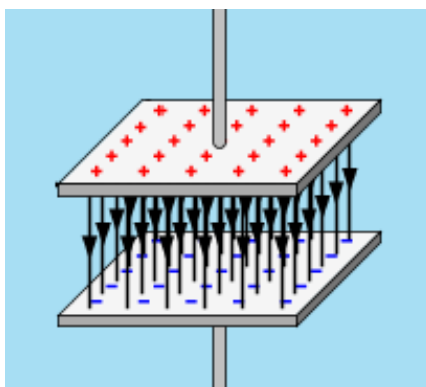


Figura 13: Representação do campo elétrico do capacitor de placas paralelas. Fonte: adaptado de University of Colorado Boulder (PhET Interactive Simulations).

A capacidade que o dispositivo possui de armazenar cargas elétricas é definida pela sua **capacitância**. No Sistema Internacional de Unidades, a unidade de medida de capacitância é o *farad* (F). Quanto maior for à capacitância, maior será a capacidade do capacitor armazenar cargas. A capacitância de um capacitor pode ser calculada pela seguinte equação:

$$C = \frac{Q}{V} \quad (19)$$

Onde C é a capacitância em *farad* (F), Q é a carga acumulada em *coulomb* (C), e V é a diferença de potencial em *volts* (V). Portanto, 01 *farad* corresponde a 01 *coulomb* por *volt*. A capacitância depende de alguns aspectos construtivos do capacitor: área das placas, distância entre as placas e do tipo do dielétrico utilizado para isolar uma placa da outra. Placas com áreas maiores terão mais espaço para armazenar cargas, então, se aumentarmos a **área das placas**, conseqüentemente aumentamos a capacitância. Quanto maior for à capacidade de isolamento do **material dielétrico**, maior será a capacitância, pois as fugas de corrente serão reduzidas. Outro fator importante será a **distância entre as placas**, observa-se que para placas mais próximas, a capacitância é maior do que para placas mais distantes.

Tensão de trabalho

A tensão de trabalho é a tensão máxima que o capacitor pode suportar entre seus terminais. Nunca se deve ultrapassar esse valor, pois o capacitor poderá ser danificado ou entrar em curto circuito.

Simbologia:

Para representar alguns tipos de capacitores, podem ser utilizados os símbolos da figura 14.

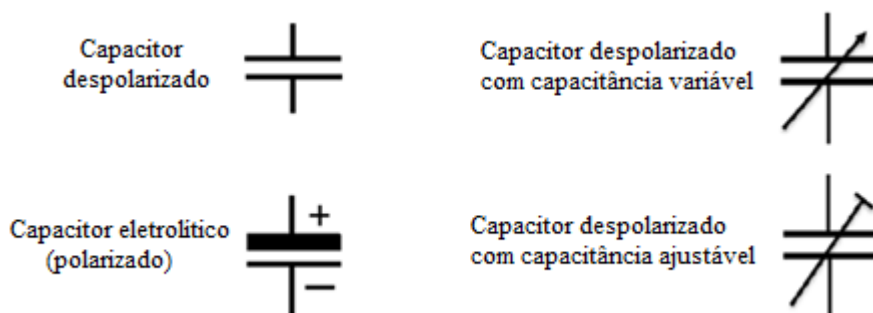


Figura 14: Simbologia para capacitores. Fonte: o autor.

Os **capacitores fixos** são aqueles que apresentam um valor fixo de capacitância. Os **capacitores ajustáveis** permitem mudanças no seu valor de capacitância, são instalados em pontos de calibração de circuitos eletrônicos, com acesso somente durante a manutenção do equipamento. Os **capacitores variáveis** permitem a variação de capacitância pelo usuário do equipamento eletrônico. Um exemplo do uso de capacitores variáveis são os aparelhos de rádio antigos, onde esses capacitores serviam para fazer a sintonia das estações transmissoras.

Os **capacitores polarizados** possuem um terminal que deve ser ligado ao potencial positivo da fonte e outro terminal que deve ser conectado ao potencial negativo. Se ocorrer uma ligação errada, o capacitor pode ser danificado ou até mesmo estourar, trazendo riscos às pessoas. Um exemplo de capacitor polarizado é o **capacitor eletrolítico**, muito utilizado em fontes de alimentação. Os **capacitores despolarizados** não possuem polaridade fixa, ou seja, qualquer um dos seus terminais pode ser ligado ao positivo ou ao negativo da fonte de alimentação.

Capacitores em série

Assim como no caso dos resistores, as equações para associação de capacitores também já estão descritas em inúmeros livros de Física do ensino superior e do ensino médio. As demonstrações a seguir, foram baseadas na obra de Sears; Zemansky e Young (1894, p. 573 – 578) e também no trabalho de Markus (2011, p. 91 - 102). Na figura 15, está sendo representado um circuito com dois capacitores associados em série.

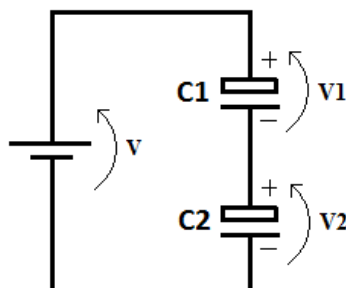


Figura 15: circuito elétrico contendo dois capacitores em série. Fonte: O autor.

A placa positiva de C_2 e a placa negativa de C_1 possuem a mesma quantidade de carga elétrica porque estão ligadas entre si. Mas, como já foi visto anteriormente, em cada

capacitor as placas tem a mesma quantidade de carga, mas com sinais trocados. Portanto, podemos concluir que na associação em série, todas as placas terão a mesma quantidade de carga (em módulo).

A capacitância equivalente da associação pode ser determinada pela equação:

$$C_{eq} = \frac{Q}{V} \quad (20)$$

Os capacitores possuem capacitâncias C_1 e C_2 , respectivamente iguais a:

$$C_1 = \frac{Q}{V_1} \quad (21)$$

$$C_2 = \frac{Q}{V_2} \quad (22)$$

Em cada uma dessas equações, isolamos “V” para calcular a diferença de potencial em cada um dos componentes do circuito e chegamos as seguintes equações:

$$V = \frac{Q}{C_{eq}} \quad (23)$$

$$V_1 = \frac{Q}{C_1} \quad (24)$$

$$V_2 = \frac{Q}{C_2} \quad (25)$$

Como se trata de uma associação em série, a tensão da fonte é distribuída entre os capacitores, de modo que:

$$V = V_1 + V_2 \quad (26)$$

Substituindo V , V_1 e V_2 , respectivamente pelas equações 23, 24 e 25, fica:

$$\frac{Q}{C_{eq}} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} \quad (27)$$

Dividindo os dois membros da equação por Q, chegamos à conclusão de que:

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \quad (28)$$

Para associação de vários capacitores em série, a equação ficará como:

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n} \quad (29)$$

Capacitores em paralelo

Na figura 16 está sendo representado um circuito com dois capacitores ligados em paralelo.

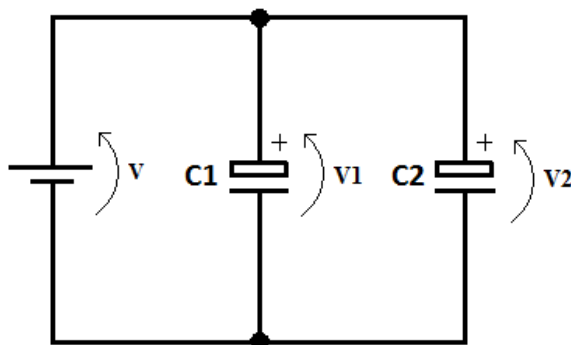


Figura 16: capacitores em paralelo. Fonte: O autor.

Para capacitores em paralelo, a diferença de potencial será a mesma em todos os elementos da associação.

$$V = V_1 = V_2 \quad (30)$$

A carga total “q” da associação é a soma das cargas em cada capacitor:

$$q = q_1 + q_2 \quad (31)$$

Isolando “q” na equação da capacitância (equação 19), verificamos que a carga “q” de um capacitor deve ser igual a:

$$q = CV \quad (32)$$

Substituindo a equação 32 na equação 31, fica:

$$C_{eq}V = C_1V + C_2V \quad (33)$$

Dividindo por “V” os dois membros da equação 33, podemos concluir que:

$$C_{eq} = C_1 + C_2 \quad (34)$$

Para associação de vários capacitores em paralelo, a equação ficará como:

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n \quad (35)$$

Tempo de carga e descarga dos capacitores

A figura 17 representa um circuito contendo um capacitor ligado em série com um resistor, ao fechar a chave S1, tem início o processo de carga do capacitor.

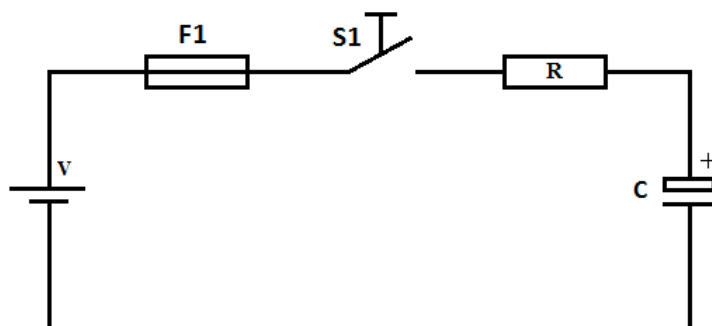


Figura 17: Circuito RC em corrente contínua. Fonte: O autor.

Suponha que inicialmente o capacitor está descarregado e a tensão nas suas placas é igual a zero. No instante que a chave for fechada, a diferença de potencial no resistor será igual a diferença de potencial disponível na fonte. Nesse momento inicial, o capacitor

se comporta como se fosse um curto circuito absorvendo a máxima corrente possível. A corrente nesse momento é dada por:

$$i = \frac{V}{R} \quad (36)$$

Mas, à medida que o capacitor vai sendo carregado, a diferença de potencial entre suas placas vai aumentando até ficar igual a tensão fornecida pela fonte, nesse momento cessa o fluxo de corrente. É possível concluir que no instante inicial o capacitor se comporta como se fosse uma chave fechada, e depois de totalmente carregado, o capacitor se comporta como uma chave aberta. O tempo que o capacitor demora para carregar depende da capacitância e também do resistor que está sendo utilizado.

Fazendo a multiplicação RC , obtém-se uma constante de tempo, representada pela letra grega τ (tau).

$$\tau = RC \quad (37)$$

Durante o processo de carga do capacitor, observa-se que depois de cinco constantes de tempo, o capacitor estará 99% carregado (Markus, 2011, p. 100). Se utilizarmos o mesmo resistor para descarregar o capacitor, conforme esquema da figura 18, observaremos que o tempo de carga é igual ao tempo de descarga.

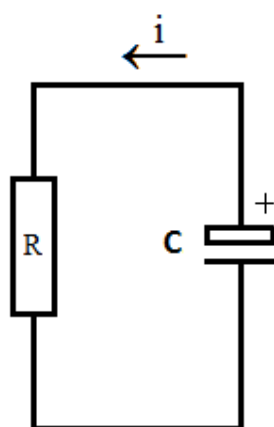


Figura 18: circuito de descarga do capacitor. Fonte: O autor.

Portanto, podemos calcular o tempo aproximado de carga e descarga do capacitor pela equação 38:

$$t = 5RC \quad (38)$$

Onde:

t = tempo de carga e descarga, em segundos (s);

R = resistência do resistor em ohm (Ω);

C = capacitância em farad (F).

Durante o processo de carga do capacitor, a diferença de potencial entre os terminais do mesmo tem uma variação exponencial, conforme mostra o gráfico da figura 19 a seguir:

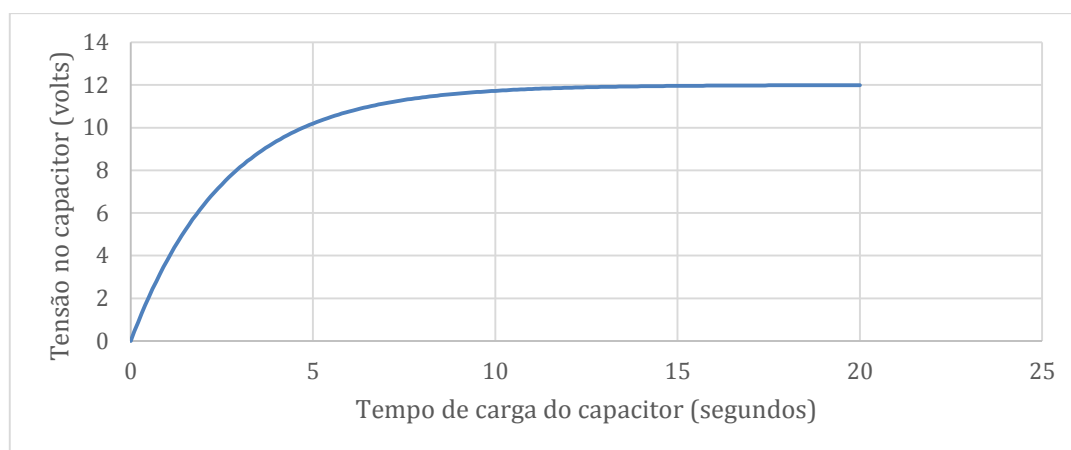


Figura 19: Processo de carga de um capacitor. Fonte: O autor.

Esse gráfico foi gerado considerando um circuito com um capacitor de 0,0022F ligado em série com um resistor de 1200 Ω . É possível verificar que nos primeiros instantes o processo de carga é mais rápido, e depois se torna mais lento. Em cada instante de tempo, a diferença de potencial nos terminais do capacitor pode ser calculada pela equação 39 a seguir:

$$V_c(t) = E(1 - e^{-t/\tau}) \quad (39)$$

Onde:

V_c(t) → Diferença de potencial entre terminais do capacitor no instante de tempo “t”.

E → Diferença de potencial entre os terminais da fonte de alimentação (em *volts*).

e → algarismo neperiano, aproximadamente 2,72.

t → instante de tempo em segundos.

τ → constante de tempo, ($\tau = RC$).

Durante o processo de **descarga** do capacitor, a diferença de potencial também apresenta uma variação exponencial, conforme mostra o gráfico da figura 20 a seguir:

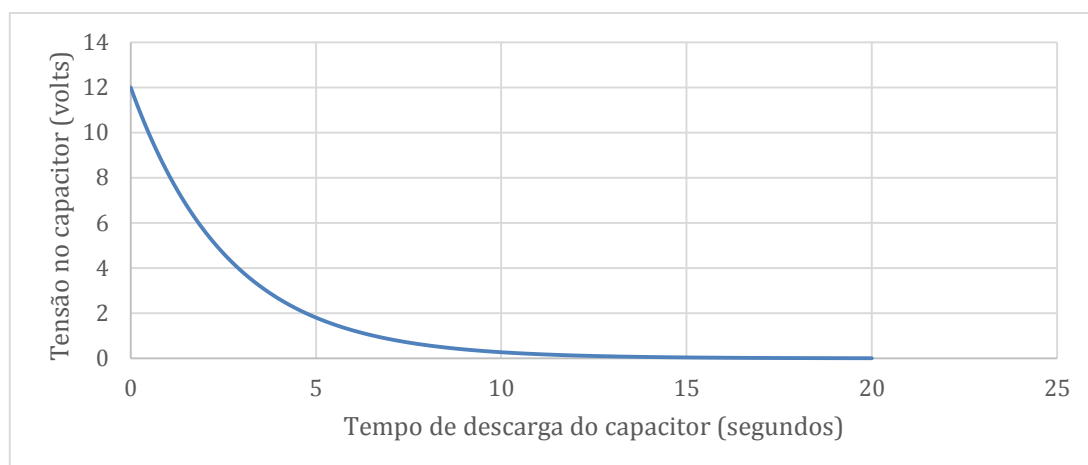


Figura 20: processo de descarga do capacitor. Fonte: O autor.

É possível verificar que nos primeiros instantes, o processo de descarga é mais rápido e depois se torna mais lento. Em cada instante de tempo, a diferença de potencial nos terminais do capacitor pode ser calculada pela equação 40 a seguir:

$$V_c(t) = E e^{-t/\tau} \quad (40)$$

Maiores detalhes podem ser encontrados nas obras de Sears; Zemansky e Young (1984, p. 573 – 578) e também no trabalho de Markus (2011, p. 91 - 102).

Capítulo 4 – Materiais e Métodos

Após a identificação dos problemas vivenciados ao trabalhar com o tema “circuitos elétricos”, foi feito o planejamento de atividades práticas para aplicação com os estudantes. Para viabilizar a aplicação dessas atividades, foi necessário montar cinco painéis didáticos contendo componentes diversos. Todas as atividades foram desenvolvidas para o estudo de circuitos de corrente contínua. Para alimentar os circuitos, foram utilizadas fontes de computador que haviam sido retiradas de computadores obsoletos ou que já estavam danificados.

Durante a aplicação das atividades, foi realizado um estudo qualitativo dos resultados com a intenção de identificar as dificuldades dos alunos e também as oportunidades de melhoria. O objetivo principal não foi fazer o uso de estatísticas, mas um trabalho descritivo e interpretativo. A interpretação dos dados foi realizada com base na observação do comportamento dos educandos e também de seus desempenhos ao resolver as atividades propostas.

O pesquisador qualitativo também transforma dados e eventualmente faz uso de sumários, classificações e tabelas, mas a estatística que usa é predominantemente descritiva. Ele não está preocupado em fazer inferências estatísticas, seu enfoque é descritivo e interpretativo ao invés de explanatório ou preditivo. Interpretação dos dados é o aspecto crucial do domínio metodológico da pesquisa qualitativa. Interpretação do ponto de vista de significados. Significados do pesquisador e significados dos sujeitos. (MOREIRA, M.A., 2009b, p. 27).

4.1 Descrição do local onde o projeto foi desenvolvido

O projeto foi desenvolvido e aplicado em uma escola do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) no município de Ponta Grossa, estado do Paraná. Os conceitos da Física estão inseridos nos planos de curso da maioria dos cursos técnicos, pois a tecnologia atual está fortemente relacionada com a Física. Os circuitos elétricos básicos são estudados especialmente nos seguintes cursos técnicos: Eletrotécnica, Automação Industrial, Eletromecânica e Manutenção Automotiva.

As tarefas relacionadas e esse projeto foram aplicadas em quatro turmas diferentes. Participaram das atividades as seguintes turmas:

- Curso Técnico em Automação Industrial: Terceiro período vespertino, primeiro período vespertino e primeiro período noturno.
- Curso Técnico em Manutenção Automotiva: primeiro período noturno.

Considerando as quatro turmas, um total de setenta e quatro estudantes participaram das atividades. A faixa etária é ampla, estavam presentes adolescentes e alunos adultos. Nas turmas da noite havia uma grande concentração de adultos que frequentam os cursos buscando uma promoção em seus empregos, ou uma recolocação no mercado de trabalho. Os alunos adolescentes estavam em maior quantidade no turno da tarde, mas também estavam presentes nos cursos noturnos. Entre os adolescentes, existiam alunos oriundos da rede pública e também do Colégio SESI.

As aulas foram ministradas nos laboratórios de eletrônica da escola. Nesses ambientes existiam vários recursos disponíveis, tais como: multímetros, fontes de alimentação, *protoboards*¹, ferramentas e diversos componentes. Normalmente, os circuitos eletrônicos são montados em *protoboard*, mas nesse projeto foi utilizado o painel de circuitos que será descrito a seguir. Os ambientes da escola proporcionaram um excelente local para que as atividades transcorressem da melhor maneira possível. A foto da figura 21, mostra o laboratório onde foram ministradas a maioria das aulas.



Figura 21: Local de realização das atividades. Fonte: O autor.

¹ O *protoboard* também é conhecido como placa de ensaio ou matriz de contato. Essa placa possui vários furos pequenos onde são encaixados os componentes eletrônicos. O *protoboard* é frequentemente utilizado para fins didáticos, pois permite a montagem de circuitos eletrônicos para testes.

4.2 Planejamento das atividades

A experiência profissional mostrou que todo o aprendizado fica comprometido quando o estudante não entende os conceitos e procedimentos básicos. Devido a isso, **as atividades ficaram mais focadas nos conceitos e procedimentos básicos envolvendo circuitos elétricos de corrente contínua.** As atividades foram idealizadas para alguns temas específicos, tais como; associação em série, associação em paralelo, capacitores, diodo, LED, multímetro, etc. O planejamento das tarefas foi motivado pelas dificuldades vivenciadas ao trabalhar com circuitos elétricos em outras turmas anteriores. Essas dificuldades já foram apontadas na tabela 01 desse trabalho e serão citadas novamente na tabela 02 (a seguir), junto com as atividades propostas para resolver o problema.

Dificuldades no processo de ensino-aprendizagem	Atividades propostas
Os alunos não conhecem os componentes na sua forma real.	Propor atividades para que os estudantes tenham que trabalhar com os componentes reais, efetuando ligações, fazendo leitura dos valores nominais, efetuando testes, etc.
Falhas na interpretação da simbologia. Erros ao efetuar as ligações seguindo o diagrama elétrico.	Solicitar que os estudantes utilizem a simbologia padronizada para fazer desenhos representando os circuitos elétricos. Fixar junto aos componentes uma etiqueta com o respectivo símbolo para que o educando possa associar o símbolo ao componente. Planejar diversas situações para que os aprendizes façam ligações de acordo com o diagrama.

Os estudantes fazem confusão entre as grandezas elétricas e suas unidades de medida.	Orientar os estudantes para que sempre indiquem as unidades de medida junto aos resultados de cálculos ou medições.
Uso incorreto do multímetro para efetuar medidas elétricas.	<p>Propor atividades solicitando medições de tensão e corrente em circuitos elétricos.</p> <p>Propor atividades solicitando a medição da resistência elétrica em resistores e outros componentes.</p> <p>Planejar atividades específicas para o estudo do multímetro.</p>

Tabela 2: Possíveis soluções para as dificuldades relacionadas aos circuitos elétricos.

Ao fazer o planejamento, um dos critérios foi o de evitar aquela atitude de professor narrador, conforme Moreira M.A. (2015): “O modelo da narrativa é aquele no qual o professor repete (no quadro de giz ou com slides Power Point) o que está no livro, o aluno anota tudo o que pode (ou pede os arquivos eletrônicos), decora e repete nas provas”. Para evitar esse tipo de aula, houve **um planejamento focado nas atividades dos alunos** e não em slides Power Point ou textos a serem repassados para os alunos. O objetivo foi dar a oportunidade para que os educandos pudessem realizar aquelas atividades que são fundamentais para os profissionais que interagem com os circuitos elétricos, tais como: fazer medidas com o multímetro, efetuar ligações interpretando a simbologia, testar e explicar o funcionamento de circuitos elétricos básicos, encontrar defeitos, interagir com os colegas, etc.

O planejamento foi feito para que a maior parte do tempo fosse ocupado pelas atividades dos alunos, evitando aquele tipo de aula em que o educando fica apenas ouvindo e copiando os conteúdos. As atividades foram planejadas para ter a seguinte sequência: no início havia uma breve introdução feita pelo professor, logo em seguida os alunos realizavam atividades em grupo, e no final havia a correção dessas atividades. Em algumas ocasiões foi solicitado que cada grupo apresentasse os resultados a toda turma.

As estratégias utilizadas no planejamento estavam parecidas com a proposta de Moreira, M.A. (2015):

[...] O aluno deve participar ativamente, aprender ativamente (*active learning*). O professor deve dar aulas curtas, miniaulas, e, logo após, propor tarefas (problemas, questões, mapas conceituais, atividades computacionais, ...) a serem resolvidas em pequenos grupos (três ou quatro alunos; mínimo dois) e cujos resultados são apresentados ao grande grupo ou apenas ao professor que os revisa, devolve com comentários e permite que sejam refeitos. À segunda versão o docente pode atribuir uma nota ou conceito que será computado para fins de avaliação formativa. (MOREIRA, M.A., 2015).

Outro objetivo das atividades propostas foi o favorecimento do trabalho em grupo e a interação entre alunos e dos alunos com o professor. Esperava-se também que os experimentos criassem um contexto favorável para as explicações posteriores do professor. Ou seja, o objetivo é que o experimento fosse o ponto de partida para o aprofundamento teórico dos conceitos. As informações que o aluno obtém na atividade prática deveriam servir para ajudá-lo a organizar melhor suas ideias. Para viabilizar a aplicação das atividades propostas, foi necessário construir um painel didático que será apresentado a seguir.

Para organizar a sequência das atividades, foi tomado com referência à Teoria da Aprendizagem Significativa. Sabendo que o conhecimento prévio do aluno tem grande influência na aprendizagem, foi elaborado uma sequência para que cada atividade fornecesse os conhecimentos prévios para a atividade subsequente. A intenção era que a explicação do professor tivesse como ponto de partida a análise das atividades e as dúvidas dos alunos.

4.3 Montagem do painel didático

A ideia original era montar um painel didático que pudesse ser utilizado no laboratório, mas também em salas de aula, inclusive no ensino médio. Pensando nisso, a opção foi construir um painel que pudesse ser facilmente transportado de um local para outro. Para a montagem do painel foram utilizadas placas de MDF² com espessura de 9mm. Para garantir um bom acabamento, as placas foram recortadas com uma ferramenta

² MDF é uma placa feita de fibra de madeira que é utilizada na fabricação de móveis, a sigla MDF significa *Medium Density Fiberboard* que em tradução livre fica como placa de fibra de media densidade.

elétrica conhecida como “serra tico-tico”. Uma outra ferramenta conhecida como serra copo foi utilizada para fazer os furos. Como não havia naquele momento essas ferramentas especiais, foi necessário pedir ajuda de um marceneiro. Nessa etapa não houve a participação dos alunos. Os painéis já prontos são apresentados na foto da figura 22.



Figura 22: Etapas da construção do painel de circuitos. Fonte: O autor.

Em seguida, foi preparado um painel para servir como modelo. Esse painel é apresentado na foto da figura 23. Foram fixados no painel os seguintes componentes: fusível, interruptor, lâmpadas automotivas, resistores diversos, capacitores eletrolíticos, diodo retificador e diodo emissor de luz (LED). No apêndice A desse trabalho, o leitor poderá encontrar a lista completa dos componentes. É perfeitamente possível abaixar o custo desse projeto, pode ser utilizado uma placa perfurada ou compensado no lugar do MDF, também é possível utilizar lâmpadas de menor potência e componentes mais baratos. O *layout* do painel está disponível no apêndice C desse trabalho, e as medidas para a montagem e fixação dos componentes estão no anexo D.



Figura 23: Painel didático (modelo). Fonte: O autor.

Ao transportar e manusear componentes pequenos, existe o risco de perder ou danificar esses componentes. Para evitar esse problema, os componentes foram fixados no painel. Outra vantagem de fixar os componentes no painel é que assim evita-se perda de tempo ao fazer as atividades. Isso é importante, especialmente quando o professor tem aulas de 50 minutos, onde uma perda de tempo pode comprometer o andamento das atividades. Os componentes foram soldados aos terminais de ligação conforme mostra a foto da figura 24.



Figura 24: detalhe da fixação dos componentes. Fonte: O autor.

Na figura 24 é possível notar que os conectores utilizados no painel possibilitam o uso de cabos com plugue tipo banana. Assim, as conexões entre os dispositivos do painel podem ser feitas sem o uso de ferramentas, não sendo necessário cortar os condutores. Isso é uma grande vantagem, porque os cabos podem ser reutilizados

evitando gastos desnecessários. Um dos cabos que foi utilizado pode ser visto na foto da figura 25.



Figura 25: cabos com plugue tipo pino banana. Fonte: O autor.

As lâmpadas utilizadas são do tipo automotiva, com tensão nominal de 12 V e potência de 10 W. Essa lâmpada deve ser encaixada em um soquete (receptáculo) especial conforme a foto da figura 26. As lâmpadas foram utilizadas nas atividades principalmente para o estudo de associação de resistores.



Figura 26: Lâmpada automotiva e receptáculo. Fonte: O autor.

Todo circuito elétrico deve possuir um elemento de proteção contra curto circuito e sobrecarga, o disjuntor é o elemento de proteção mais utilizado nas instalações elétricas prediais. Os fusíveis são frequentemente utilizados para proteção interna de equipamentos eletrônicos e também nas instalações elétricas automotivas. Por isso, um fusível foi

incluído no kit didático para que desde o início os estudantes compreendam a sua importância. O fusível utilizado nesse projeto é conhecido como fusível de vidro e requer uma base para sua instalação no circuito. Para comprar esse componente, é necessário especificar a corrente elétrica nominal e também o tamanho da peça. Os fusíveis de vidro são vendidos em dois tamanhos diferentes, o fusível de vidro pequeno tem dimensões de aproximadamente 5 mm x 20 mm, e o fusível de vidro “grande” possui dimensões de aproximadamente 6 mm x 30 mm. No kit didático foi usado o fusível de vidro pequeno que aparece na foto da figura 27.



Figura 27: Porta fusível e fusível de vidro. Fonte: O autor.

Após a conclusão de um painel como modelo, os alunos ficaram responsáveis por fazer mais quatro kits didáticos. Esse trabalho foi realizado com os estudantes do terceiro período do curso técnico em automação industrial. Para fixar os componentes, foram utilizadas ferramentas como alicates, chaves de fenda, ferro de solda, sugador de solda. Essa etapa possibilitou um excelente aprendizado para os discentes. Foi dada uma atenção especial com a segurança, pois o uso incorreto dessas ferramentas pode causar acidentes, algumas ferramentas podem causar cortes e o ferro de solda pode ocasionar queimaduras. Por isso, a montagem desse painel em sala de aula, requer uma atenção especial por parte do professor que deverá orientar os alunos para que usem as ferramentas de forma correta. Na figura 28, podem ser vistos os painéis didáticos montados com a ajuda dos alunos.



Figura 28: Painéis didáticos para o estudo dos circuitos elétricos. Fonte: O autor.

A interpretação correta da simbologia é muito importante para o estudo dos circuitos elétricos. Pensando nisso, próximo a cada componente foi colada uma etiqueta com o respectivo símbolo, conforme mostrado na figura 29. No apêndice B está a lista com o simbologia utilizada. Dessa maneira, cada vez que o aprendiz efetua uma ligação, ele associa o símbolo ao componente.

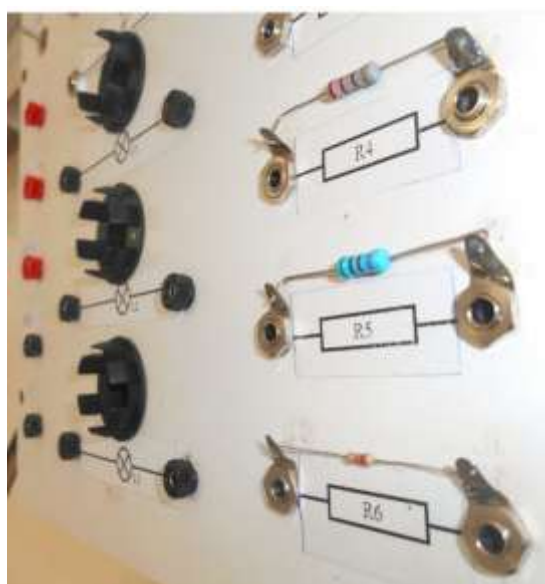


Figura 29: Simbologia utilizada no painel didático. Fonte: O autor.

Com os componentes desse kit, é possível fazer muitas experiências. Porém, ainda estava faltando algo essencial: a fonte de alimentação. A seguir será apresentada uma alternativa para que o painel didático fique completo.

4.4 Uso da fonte de computador como fonte didática

Para fins didáticos, é perfeitamente possível utilizar baterias ou associação de pilhas para alimentar os circuitos elétricos. Entretanto, as pilhas e baterias tem uma vida útil curta, e a troca desses componentes acrescenta um custo razoável ao projeto. Outro problema é que devido a sua resistência interna, a tensão de saída não se mantém constante quando a pilha ou bateria fornece corrente ao circuito. Outra alternativa é comprar fontes eletrônicas, mas as fontes de qualidade apresentam um custo elevado, então essa alternativa nem sempre é viável.

A alternativa proposta nesse projeto é o reaproveitamento das fontes de alimentação das CPUs³ de computadores que estão fora de uso. Devido ao rápido avanço da tecnologia, muitos computadores já se tornaram obsoletos. Nesses equipamentos há diversos componentes que podem ser utilizados para fins didáticos. Além da fonte de alimentação, podem ser reaproveitados outros componentes, tais como: imãs, o cooler de resfriamento do processador, pequenos motores elétricos, cabos, dissipadores de calor, e outros. É um grande desperdício jogar no lixo esse tipo de equipamento, o reaproveitamento dessas fontes além de reduzir custos também é algo muito positivo para o meio ambiente! Na foto da figura 30, pode ser visto a CPU já aberta para a retirada da fonte.



Figura 30: Imagem da CPU de computador com destaque para a fonte ATX. Fonte: O autor.

³ CPU: É a sigla para *Central Processing Unit*, que na tradução livre fica como Unidade Central de Processamento.

A fonte da CPU é conhecida como fonte ATX, existem muitos vídeos na Internet com sugestões para o uso dessa fonte, um exemplo é o vídeo “Monte uma fonte com várias tensões gastando pouco!”, esse vídeo foi publicado no canal Mundo da Elétrica e disponibilizado no endereço eletrônico <https://www.youtube.com/watch?v=IK1F5AB2FXA>. Também é possível encontrar informações sobre essa fonte em páginas especializadas em eletrônica e informática, como exemplo, na página Clube do Hardware, disponível em: <http://www.clubedohardware.com.br/artigos/anatomia-das-fontes-de-alimentacao-chaveadas/1218>. A foto a seguir (figura 31) mostra a fonte que foi retirada de uma CPU que não estava mais sendo utilizada.



Figura 31: Fonte ATX. Fonte: O autor.

Esse tipo de fonte recebe a tensão alternada disponível nas tomadas e transfere para a saída diversos valores de tensão contínua. Vários fios coloridos são disponibilizados na saída da fonte. Para cada cor, há uma tensão diferente conforme mostrado na tabela 3, esses diferentes valores de tensão foram utilizados posteriormente nas atividades práticas.

Cor	Tensão
Preto	GND (0V)
Alaranjado	+ 3,3 V
Vermelho	+ 5,0 V
Amarelo	+ 12,0 V
Branco	- 5,0 V
Azul	-12,0 V

Tabela 3: Tensões de saída da Fonte Modelo ATX.

A fonte ATX é uma fonte do tipo chaveada tendo seu funcionamento baseado em circuitos eletrônicos, uma de suas vantagens é o fato de ser mais leve do que as fontes comuns (UAB, 2012). No uso dessa fonte, alguns cuidados devem ser tomados. **Q manuseio incorreto da fonte pode ocasionar choque elétrico.** Os componentes internos são capazes de armazenar energia mesmo com a fonte já desligada da tomada. Portanto, recomenda-se nunca abrir a fonte. Caso seja necessário abrir, deve ser solicitado ajuda de um profissional experiente em manutenção de equipamentos eletrônicos.

Antes de ligar a fonte, é necessário ajustar a tensão de entrada de acordo com a tensão disponível no local, na parte traseira da fonte tem uma chave onde pode ser selecionado as tensões de 110 V ou 220 V. Os fabricantes informam em uma etiqueta colada na fonte os valores de potência e corrente de saída. Esses valores devem ser respeitados para que o equipamento funcione adequadamente. Todas essas informações foram repassadas aos estudantes do terceiro período do curso Técnico em Automação. Em uma tarde, eles retiram as fontes de algumas CPUs disponibilizadas pela escola e testaram para verificar se estava funcionando. Em seguida, os discentes instalaram a fonte no kit didático. Não foi necessário abrir a fonte, os fios coloridos foram conectados diretamente aos terminais disponíveis no painel didático de acordo com a foto a seguir (figura 32).

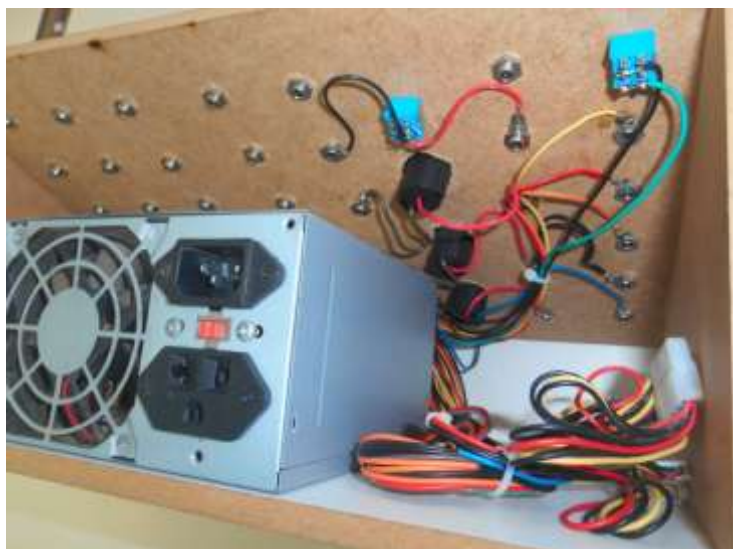


Figura 32: Foto da fonte ATX instalada no painel de circuitos. Fonte: O autor.

Essa fonte junto com o painel didático viabilizou a execução das atividades que serão analisadas no capítulo 05.

Capítulo 5 - Resultados e discussões

Os resultados desse trabalho serão apresentados por meio da análise das principais atividades que foram realizadas. Nessas análises serão apresentadas tabelas com os índices de acerto para algumas das tarefas. Porém, é importante deixar claro que o objetivo é apresentar uma **análise qualitativa** do trabalho realizado.

Foram desenvolvidas atividades com um total de 74 alunos em quatro turmas diferentes. Para um melhor aproveitamento, algumas turmas foram separadas, (turma A e turma B). Não foram realizadas as mesmas atividades em todas as turmas. Por exemplo, as atividades com o diodo foram aplicadas somente em uma turmas. Para resolver os exercícios, os estudantes se organizaram em grupos que variavam de três a cinco alunos. As atividades consistiram basicamente em montar, testar e entender o funcionamento de circuitos.

Na maioria das turmas, foi realizada uma introdução teórica antes da aula prática. A exceção foi nas atividades com o diodo e o LED que os alunos ainda não conheciam esses dispositivos. Eles também não conheciam o capacitor na sua forma real, mas já tinham recebido algumas informações teóricas a respeito desse componente.

5.1 Associação de resistores

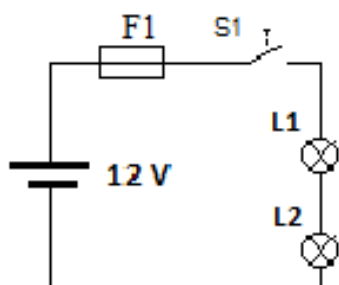
Para o iniciar o estudo das associações de resistores, primeiramente os alunos realizaram atividades práticas com lâmpadas. Essa escolha foi feita porque com as lâmpadas fica mais fácil demonstrar as diferenças entre associação em série e associação em paralelo. Para se familiarizar com o material, todas as turmas fizeram como primeira atividade a montagem de um circuito simples no painel e em seguida realizaram a montagem do circuito representado na figura 33.

5.1.1 Associação de lâmpadas em série

- Objetivos dos alunos: identificar as principais características de uma associação em série.
- Quantidade de alunos: 74 (atividade aplicada em cinco turmas).

Como é o funcionamento de uma associação em série?

Para analisar o funcionamento de uma associação em série, você deverá efetuar as ligações conforme esquema abaixo e em seguida fazer os testes que serão solicitados:



a) Se uma única lâmpada for retirada do seu receptáculo, será que a outra permanecerá funcionando? Faça o teste e explique abaixo o que aconteceu:

Figura 33: Associação de lâmpadas em série. Fonte: O autor.

Nessa questão os alunos perceberam que na associação em série uma lâmpada depende da outra para funcionar. Logo após o teste do circuito, foi solicitado que os estudantes completassem a resposta explicando porque uma lâmpada depende da outra para funcionar. Foi considerado a resposta como incompleta para aqueles que responderam apenas que a outra lâmpada apagou sem explicar o motivo. Do total de alunos, 88,9% apresentaram uma resposta considerada satisfatória conforme apresentado na tabela 4.

Resultados					
Se uma única lâmpada for retirada do seu receptáculo, será que a outra continuará funcionando? Faça o teste e explique o que aconteceu.					
	Automação vespertino 3A 17/11/2015	Automotiva noturno 1A 22/02/106	Automotiva noturno 1B 23/02/2016	Automação noturno 1A 12/04/2016	Automação noturno 1B 14/04/2016
Total de alunos	12	18	14	12	18
Respostas corretas	10	16	14	10	16
Respostas corretas (%)	83,3%	88,9%	100%	83,3%	88,9%
Respostas incompletas	2	2	0	0	1
Respostas erradas ou em branco	0	0	0	2	1

Tabela 4: Associação de lâmpadas em série. Resultados da atividade (a).

Segue algumas das respostas que foram consideradas corretas:

“Não, pois como estão ligados em série se uma lâmpada é retirada é como se cortasse o fio”.

“Não funcionarão porque como o circuito é em série, todas devem estar interligadas para uma funcionar”.

Na resposta a seguir, o estudante percebeu que na associação em série as lâmpadas emitiram luz com menor intensidade.

*“Ao fazer a ligação **as luzes ficaram baixas**, ao retirar uma das lâmpadas o caminho em que os elétrons percorrem é interrompido e não há como ligar a outra lâmpada”.*

A estrutura atômica é um conhecimento prévio (*subsunçor*) importante para a correta compreensão dos fenômenos elétricos. Porém, na resposta a seguir há uma evidência que esse *subsunçor* ainda não estava bem desenvolvido na “estrutura cognitiva” do aluno, pois aparentemente ele confundiu elétron com átomo:

*“Não, pois as duas lâmpadas estão em série e assim como uma serie desligada a outra será desligada também e assim os **átomos** não passam para a outra”.*

Na atividade seguinte, os discentes usaram o multímetro digital para medir a tensão elétrica em diferentes pontos do circuito.

b) Como que a tensão elétrica da fonte ficará distribuída entre os componentes da associação em série? Realize as medições a seguir para análise.

- Tensão ente os polos da fonte de alimentação: _____.
- Tensão entre os terminais da lâmpada L1: _____.
- Tensão entre os terminais da lâmpada L2: _____.

A fonte era de 12 V e cada lâmpada recebeu aproximadamente 6 volts porque eram lâmpadas com as mesmas especificações. No momento de efetuar as medidas, naturalmente apareceram pequenas diferenças que não foram considerados erros.

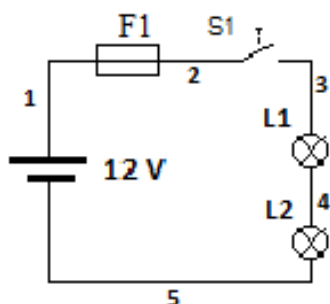
Considerando todos os estudantes, o índice de acerto foi de 94,1%. As repostas erradas ou em branco são referentes a alunos que naquele momento não souberam utilizar o multímetro de forma adequada. Durante a execução dessa tarefa, foi possível identificar as dificuldades dos alunos ao usar o multímetro para medir tensão, tais como: confundir tensão contínua com tensão alternada, não saber selecionar a escala correta, errar a posição das pontas de prova, etc. Os resultados são apresentados na tabela 5.

Resultados					
Medidas de Tensão elétrica nas lâmpadas e na fonte:					
	Automação vespertino 3A 17/11/2015	Automotiva noturno 1A 22/02/106	Automotiva noturno 1B 23/02/2016	Automação noturno 1A 12/04/2016	Automação noturno 1B 14/04/2016
Total de alunos	12	18	14	12	18
Respostas corretas	10	18	13	12	17
Respostas corretas (%)	83,3%	100%	92,9%	100%	94,4%
Respostas erradas ou em branco	2	0	1	0	1

Tabela 5: Associação de lâmpadas em série. Resultados da atividade (b).

Na terceira questão, os alunos utilizaram o multímetro para medir a intensidade de corrente elétrica em cada ponto do circuito representado na figura 34, conforme o enunciado abaixo:

c) **Como é o comportamento da corrente elétrica em uma associação em série?** Realize as medições a seguir para análise:



Corrente elétrica medida no condutor 1 = _____.

Corrente elétrica medida no condutor 2 = _____.

Corrente elétrica medida no condutor 3 = _____.

Corrente elétrica medida no condutor 4 = _____.

Corrente elétrica medida no condutor 5 = _____.

Figura 34: Associação em série. Fonte: O autor.

Como se trata de uma associação em série, a corrente elétrica tem a mesma intensidade em todos os pontos do circuito. Pequenas diferenças não foram considerados erros. As respostas parcialmente corretas foram aquelas em que os alunos não acertaram todas as medidas ou inverteram as unidades de medida. Considerando todos os estudantes, o índice de acerto foi de 89,12%. Durante a execução dessa tarefa, foi possível identificar as dificuldades dos alunos ao usar o multímetro para medir corrente elétrica, tais como: confundir corrente contínua com corrente alternada, inserir equivocadamente o amperímetro em paralelo com o componente, não saber selecionar a escala correta, errar a posição das pontas de prova, etc. Ficou evidente que é importante proporcionar mais oportunidades para que os estudantes utilizem o multímetro e possam superar as dificuldades apresentadas. Os resultados são apresentados na tabela 6.

Resultados					
Medidas de corrente elétrica nos pontos solicitados.					
	Automação vespertino 3A 17/11/2015	Automotiva noturno 1A 22/02/106	Automotiva noturno 1B 23/02/2016	Automação noturno 1A 12/04/2016	Automação noturno 1B 14/04/2016
Total de alunos	12	18	14	12	18
Respostas corretas	7	18	13	12	17
Respostas corretas (%)	58,3%	100%	92,9%	100%	94,4%
Respostas parcialmente corretas	0	0	1	0	0
Respostas erradas ou em branco	5	0	0	0	1

Tabela 6: Associação de lâmpadas em série. Resultados da atividade (c).

Na próxima questão foi solicitado para que os estudantes fizessem uma análise das experiências realizadas e tentassem apontar pelo menos três características de uma associação de resistores em série. Considerando todos os estudantes, 74,38% conseguiram apontar corretamente pelo menos três características de uma associação em série. Os resultados são apresentados na tabela 7.

d) Analisando as experiências que você acabou de fazer, cite três características de uma associação em série:

Resultados					
Analisando as experiências que você acabou de fazer, cite três características de uma associação em série.					
	Automação vespertino 3A 17/11/2015	Automotiva noturno 1A 22/02/106	Automotiva noturno 1B 23/02/2016	Automação noturno 1A 12/04/2016	Automação noturno 1B 14/04/2016
Total de alunos	12	18	14	12	18
Respostas corretas	5	12	12	12	14
Respostas corretas (%)	41,7%	66,7%	85,7%	100%	77,8%
Respostas parcialmente corretas	5	6	2	0	3
Respostas erradas ou em branco	2	0	0	0	1

Tabela 7: Associação de lâmpadas em série. Resultados da atividade (c).

Foram consideradas corretas as respostas que apresentaram pelo menos três características de uma associação em série. Foram consideradas parcialmente corretas as respostas em que o aluno apontou apenas uma ou duas características. Um exemplo de resposta considerada correta foi transcrita a seguir:

“A corrente é a mesma em qualquer lugar do circuito. Se interromper uma ligação o circuito não funcionará. A tensão se divide conforme o número de lâmpadas”.

Houve algumas respostas confusas, alguns estudantes perceberam o que aconteceu, mas, ao escrever não conseguiram se expressar corretamente. Além dos erros técnicos, também ocorreram erros na escrita. Ficou evidente a importância de planejar mais situações de aprendizagem que proporcione aos discentes a oportunidade de ler, interpretar textos e se expressar de diferentes maneiras. Segue algumas das respostas consideradas “confusas”:

“A lâmpada L2 não tem força para ligar n. o L1 não conter. A corrente que é 12 V passa e divide-se em duas e elas não são iguais. E a corrente é a mesma em todos os condutores”.

*“Se uma lâmpada foi retirada do seu receptáculo em circuito de duas lâmpadas, ela não continuarão funcionando, a corrente não chega integralmente não chega **intera** porque as lâmpadas os divide, em todos os condutores a corrente é a mesma”.*

*“[...] as **frequências** são diferentes entre duas lâmpadas.”*

Nessas respostas, ficou claro que alguns desses educandos ainda não tinham os conhecimentos prévios (subsunçores) adequados, apesar de já terem estudado esse assunto anteriormente. Houve confusão entre tensão e corrente e também entre tensão e frequência. Alguns alunos confundem o conceito de circuito aberto e circuito fechado, um exemplo disso está na resposta a seguir:

*“A corrente será a mesma, se **tirar a lâmpada vai fechar o circuito** e a tensão da fonte sempre será a mesma e a tensão das lâmpadas é a metade da tensão da fonte de alimentação e retornando o fusível e interrompendo o circuito.”*

Curiosamente, as maiores dificuldades ocorreram na turma do terceiro período que deveria estar mais adiantada. Nessa turma, apenas 41,7% dos estudantes conseguiram explicar satisfatoriamente três características de uma associação em série. Apareceram erros ao indicar as unidades de medida e cinco alunos não souberam medir corrente. Esses aprendizes já tinham visto esse assunto no ano anterior, mas pelas dificuldades apresentadas ficou evidente que tiveram aprendizagem predominantemente mecânica. Na foto da figura 35, ficou registrado um dos momentos da atividade com as lâmpadas.

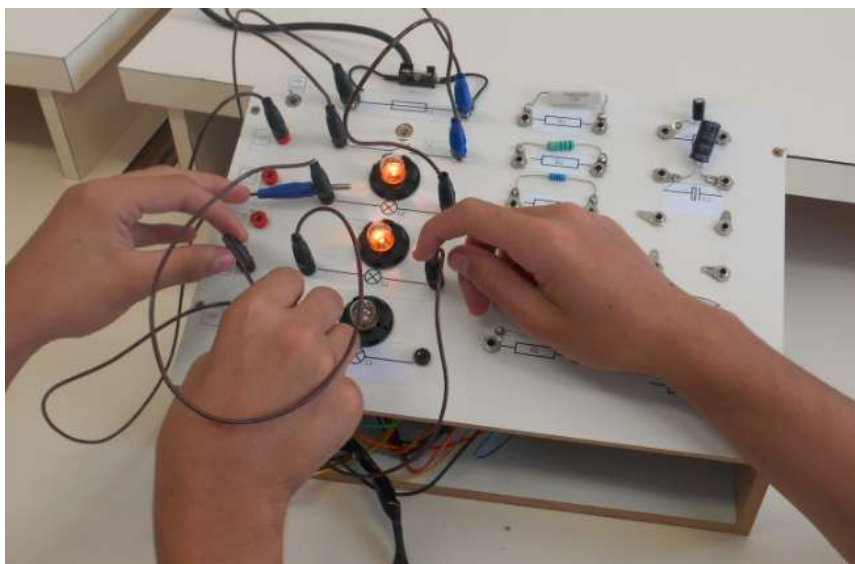


Figura 35: Foto da atividade com lâmpadas associadas em série. Fonte: O autor.

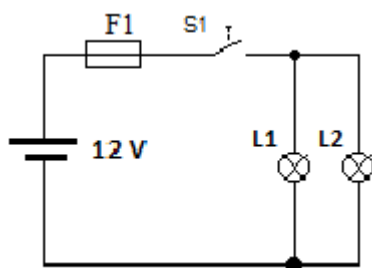
5.1.2 Associação de lâmpadas em paralelo

- Objetivos dos alunos: identificar as principais características de uma associação em paralelo.
- Quantidade de alunos: 41 (atividade aplicada em três turmas).

Depois que os discentes observaram o funcionamento das lâmpadas em série, eles fizeram atividades com lâmpadas ligadas em paralelo, de acordo com o esquema da figura 36. O objetivo era que eles percebessem as diferenças entre os dois circuitos.

a) Como é o funcionamento de uma associação em paralelo?

Para analisar o funcionamento de uma associação em paralelo, você deverá efetuar as ligações conforme esquema abaixo e em seguida fazer os testes que serão solicitados:



a) **Se uma única lâmpada for retirada do seu receptáculo, será que a outra permanecerá funcionando?** Faça o teste e explique abaixo o que aconteceu:

Figura 36: Associação de lâmpadas em paralelo. Fonte: o autor.

Nessa questão os estudantes perceberam que na associação em paralelo as lâmpadas funcionam de maneira independente. Logo após o teste do circuito, foi solicitado que os alunos completassem a resposta explicando porque as lâmpadas funcionam de maneira independente. Do total de alunos, 90,8% apresentaram uma resposta satisfatória. Os resultados são apresentados na tabela 08.

Resultados			
Se uma única lâmpada for retirada do seu receptáculo, será que a outra permanecerá funcionando? Faça o teste e explique abaixo o que aconteceu:			
	Automotiva noturno 1B 23/02/2016	Automação noturno 1A 12/04/2016	Automação noturno 1B 14/04/2016
Total de alunos	14	12	15
Respostas corretas	12	12	13
Respostas corretas (%)	85,7%	100%	86,7%
Respostas parcialmente corretas	1	0	0
Respostas erradas ou em branco	1	0	0

Tabela 8: Associação de lâmpadas em paralelo. Resultados da atividade (a).

Algumas das respostas foram transcritas a seguir:

“Sim, porque a corrente se divide.”

“Sim, porque uma funciona de forma independente da outra”.

“A outra lâmpada funciona porque o circuito não é interrompido apenas uma parte.”

Na atividade seguinte, os discentes usaram o multímetro digital para medir a tensão elétrica em diferentes elementos do circuito.

b) Como que a tensão elétrica da fonte fica distribuída entre os componentes da associação em paralelo? Realize as medições a seguir para análise.

- Tensão ente os polos da fonte de alimentação: _____.
- Tensão entre os terminais da lâmpada L1: _____.
- Tensão entre os terminais da lâmpada L2: _____.

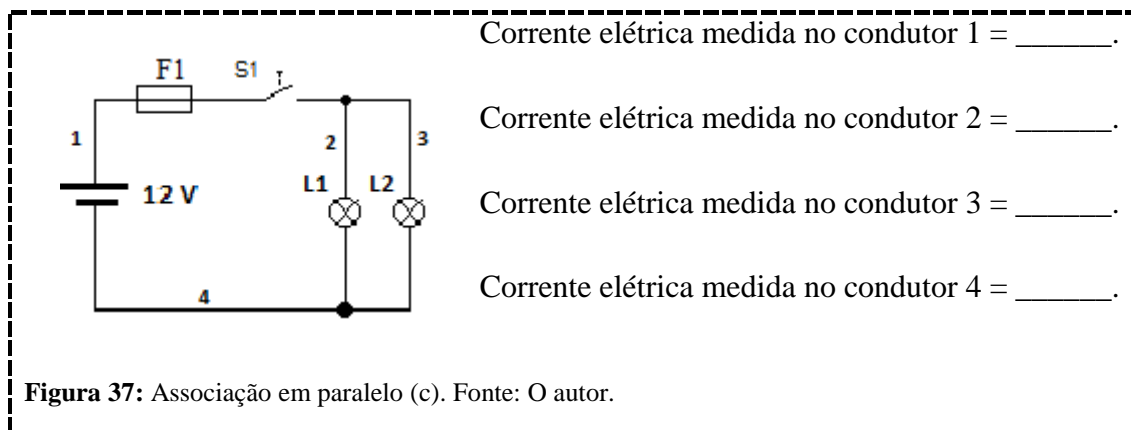
Sendo uma associação em paralelo, todas as lâmpadas ficaram com mesma tensão da fonte. Pequenas diferenças não foram considerados erros, o índice de acerto foi de 100%. Quando os estudantes mediram tensão na associação em série, o índice de acerto foi de 94,1%, esses resultados (tabela 09) mostraram que houve evolução de uma atividade para outra.

Resultados			
Como que a tensão elétrica da fonte fica distribuída entre os componentes da associação em paralelo? Realize as medições a seguir para análise.			
	Automotiva noturno 1B 23/02/2016	Automação noturno 1A 12/04/2016	Automação noturno 1B 14/04/2016
Total de alunos	14	12	15
Respostas corretas	14	12	15
Respostas corretas (%)	100%	100%	100%
Respostas parcialmente corretas	0	0	0
Respostas erradas ou em branco	0	0	0

Tabela 9: Associação de lâmpadas em paralelo. Resultados da atividade (b).

Na próxima questão foi solicitado para que os estudantes medissem a corrente em cada ponto do circuito. A intenção dessa tarefa foi mostrar que na associação em paralelo a corrente se divide entre os componentes do circuito. Foram inseridos números no diagrama (figura 37), para mostrar os pontos onde deveriam ser realizadas as medições de corrente elétrica.

c) **Como é o comportamento da corrente elétrica em uma associação em paralelo?** Realize as medições a seguir para análise:



Nesse circuito a corrente em cada lâmpada era de aproximadamente 0,7A e a soma das correntes era de aproximadamente 1,4A, pequenas diferenças não foram considerados erros. Nessa etapa o índice de acerto foi de 100%, conforme mostrado na tabela 10. Nessas atividades percebe-se evolução com o uso do multímetro, entretanto, foi necessário o acompanhamento do professor para evitar danos ao multímetro.

Resultados			
Como é o comportamento da corrente elétrica em uma associação em paralelo? Realize as medições a seguir para análise:			
	Automotiva noturno 1B 23/02/2016	Automação noturno 1A 12/04/2016	Automação noturno 1B 14/04/2016
Total de alunos	14	12	15
Respostas corretas	14	12	15
Respostas corretas (%)	100%	100%	100%
Respostas erradas ou em branco	0	0	0

Tabela 10: Associação de lâmpadas em paralelo. Resultados da atividade (c).

Na próxima questão foi solicitado que os estudantes fizessem uma análise das experiências realizadas e tentassem apontar pelo menos três características de uma associação de resistores em paralelo. Os resultados estão na tabela 11.

d) Analisando as experiências que você acabou de fazer, cite três características de uma associação em paralelo:

Resultados			
Analisando as experiências que você acabou de fazer, cite três características de uma associação em paralelo:			
	Automotiva noturno 1B 23/02/2016	Automação noturno 1A 12/04/2016	Automação noturno 1B 14/04/2016
Total de alunos	14	12	15
Respostas corretas	14	7	8
Respostas corretas (%)	100%	58,3%	53,3%
Respostas parcialmente corretas	0	5	7
Respostas erradas ou em branco	0	0	0

Tabela 11: Associação de lâmpadas em paralelo. Resultados da atividade (d).

Foram consideradas corretas as respostas em que os estudantes conseguiram citar pelo menos três características de uma associação em paralelo. Nas respostas parcialmente corretas, os alunos apontaram somente uma ou duas características da associação em paralelo. Algumas das respostas foram transcritas a seguir.

“A tensão é a mesma, a corrente se divide retirando-se um dos circuitos em um paralelo o outro ainda funciona”.

“A corrente se divide ao meio em cada nó e se restaura ao terminar. A tensão continua a mesma. Quando um componente é retirado o circuito continua funcionando”.

“A tensão (V) se mantém. A corrente (I) pode mudar. Se uma das lâmpadas queimar em paralelo, as outras irão continuar acesas, pois elas são independentes.”

5.1.3 Associação de lâmpadas no circuito misto

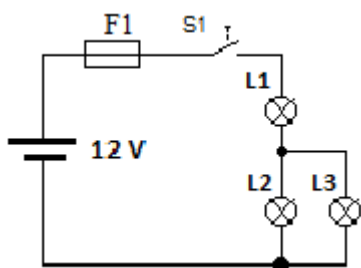
- Objetivos dos alunos: identificar as principais características de um circuito misto.
- Quantidade de alunos: 25 (atividade aplicada em duas turmas)

Os alunos associaram lâmpadas em um circuito misto, de acordo com o diagrama da figura 38, e fizeram testes para verificar de que forma uma lâmpada interfere no

funcionamento das outras. A primeira atividade foi realizada conforme enunciado a seguir:

Como é o funcionamento de uma associação mista?

Para analisar o funcionamento de uma associação mista, você deverá efetuar as ligações conforme esquema abaixo e em seguida fazer os testes que serão solicitados:



a) **Se uma única lâmpada for retirada do seu receptáculo, será que as outras permanecerão funcionando?** Primeiro observe o circuito funcionando com todas as lâmpadas. Em seguida retire cada uma das lâmpadas do seu receptáculo e explique o que acontece com as outras lâmpadas. Anote se as demais lâmpadas apagaram ou tiveram variação no brilho.

Figura 38: Circuito misto (a). Fonte: O autor.

Na foto a seguir (figura 39), ficou registrado um dos momentos da realização dessa atividade.



Figura 39: Atividade com circuito misto. Fonte: O autor.

Algumas das respostas foram transcritas a seguir:

“Ao retirar L1 todas as lâmpadas apagam.”

“Ao retirar L1, o circuito não funciona pois L2 e L3, são dependentes de L1”.

“Ao retirar L2, o circuito se torna série”.

“Ao retirar L3, o circuito passa a ser série”.

Alguns alunos também perceberam que ao retirar L2 ou L3, o brilho das demais lâmpadas passa a ser de mesma intensidade.

“Ao retirar L2: L1 e L3 a intensidade se igualam (brilho da lâmpada)”.

“Ao retirar L3: L1 e L2 se igualam a intensidade”.

Na atividade seguinte, os discentes mediram a tensão das lâmpadas com o circuito em funcionamento.

b) Como que a tensão elétrica da fonte fica distribuída entre os componentes da associação mista? Realize as medições a seguir para análise.

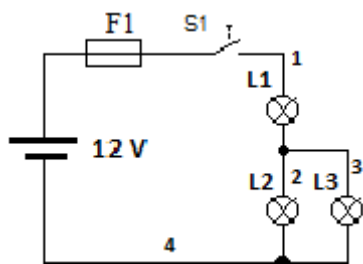
- Tensão ente os polos da fonte de alimentação: _____.
- Tensão entre os terminais da lâmpada L1: _____.
- Tensão entre os terminais da lâmpada L2: _____.
- Tensão entre os terminais da lâmpada L3: _____.

A seguir, está o resultado de uma das medições realizadas:

- *Tensão entre os polos da fonte de alimentação: 11,57 V*
- *Tensão entre os terminais da lâmpada L1: 9,44 V*
- *Tensão entre os terminais da lâmpada L2: 2,02 V*
- *Tensão entre os terminais da lâmpada L3: 2,01 V*

Na atividade seguinte, os aprendizes mediram a intensidade de corrente em cada ponto do circuito. Foram acrescentados números no diagrama da figura 40, para orientar os estudantes em quais pontos seriam feitas as medições de corrente elétrica.

c) Como é o comportamento da corrente elétrica em uma associação mista? Realize as medições a seguir para análise:



Corrente elétrica medida no condutor 1 = ____.

Corrente elétrica medida no condutor 2 = ____.

Corrente elétrica medida no condutor 3 = ____.

Corrente elétrica medida no condutor 4 = ____.

Figura 40: Circuito misto (c). Fonte: O autor.

A seguir, está o resultado de uma das medições realizadas:

- Corrente elétrica medida no condutor 1: 0,62 A
- Corrente elétrica medida no condutor 2: 0,31 A
- Corrente elétrica medida no condutor 3: 0,31 A
- Corrente elétrica medida no condutor 4: 0,62 A

Pequenas diferenças em relação ao valor esperado não foram considerados como erros. Em seguida, os estudantes responderam as seguintes perguntas:

- d) Qual das lâmpadas está suportando a corrente total do circuito?
 e) Qual das lâmpadas está ligada em série com as demais?
 f) Quais lâmpadas estão ligadas em paralelo entre si?

Todas as equipes identificaram corretamente que a Lâmpada L1 estava ligada em série com as demais e que as lâmpadas L2 e L3 estavam em paralelo entre si. Essa atividade permitiu a cada aluno verificar que ambas associações (série e paralelo), fazem parte do circuito misto. Ficou evidente nessa atividade que os conhecimentos prévios dos alunos serviram de “*âncora*” para a compreensão dos conceitos relacionados ao circuito misto.

5.2 Conceito da resistência elétrica

- Objetivos dos alunos: adquirir as primeiras noções de resistência elétrica.
- Quantidade de alunos: 22 alunos.

Essa atividade foi aplicada no primeiro período do curso técnico em Automação Industrial. Participaram 22 alunos no total. Para que os estudantes compreendessem melhor o conceito da resistência elétrica, foi realizado a montagem do circuito conforme figura 41, e realizado a seguinte experiência:

Descubra qual é o resistor que permite que a lâmpada acenda:

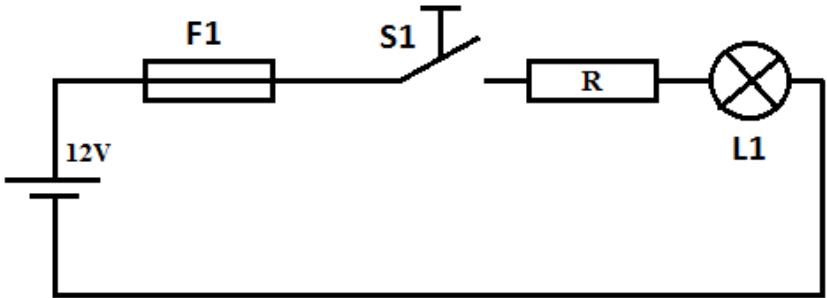


Figura 41: Atividade com resistor. Fonte: O autor.

a) Dos resistores que estão à sua disposição, qual deve ser usado no circuito para que a lâmpada tenha o maior brilho possível? Monte o circuito e faça o teste com cada um dos resistores.

b) Explique porque a lâmpada acendeu somente com o resistor _____ ou com os resistores _____.

Os estudantes tinham a sua disposição resistores com diferentes valores de resistência elétrica: 10Ω , 100Ω , 220Ω , 500Ω e 1200Ω . Usando um resistor de cada vez, foi ligado cada resistor em série com uma lâmpada automotiva ($12V/10W$). A lâmpada emitiu luz somente quando foi utilizado o resistor (R_1) de 10Ω . Os educandos tentaram explicar porque a lâmpada acendeu somente com o resistor de 10Ω . Algumas das respostas foram transcritas a seguir:

“Acendeu apenas com R1, pois ele é o que apresenta menor resistência, fazendo com que a corrente passe com maior facilidade”.

“Por que resistores mais fortes não permitem a energia chegar a lâmpada”.

“Tem menos resistência e mais corrente, por isso foi o único que acendeu a lâmpada”.

“Por que o resistor R1 tem a menor resistência”.

“Por que o resistor 1 oferece resistência muito baixa, já os resistores 2, 3, 4, 5 e 6 oferecem maior resistência, o que impossibilita o funcionamento da lâmpada.”

“Por que apresenta uma menor resistência em relação aos outros.”

Pelas respostas, percebe-se que os educandos conseguiram compreender as primeiras noções a respeito da resistência elétrica. Essa primeira noção de resistência elétrica poderá ser utilizada para a “ancoragem” de novos conhecimentos. A montagem do circuito no painel didático está sendo mostrada na foto da figura 42.

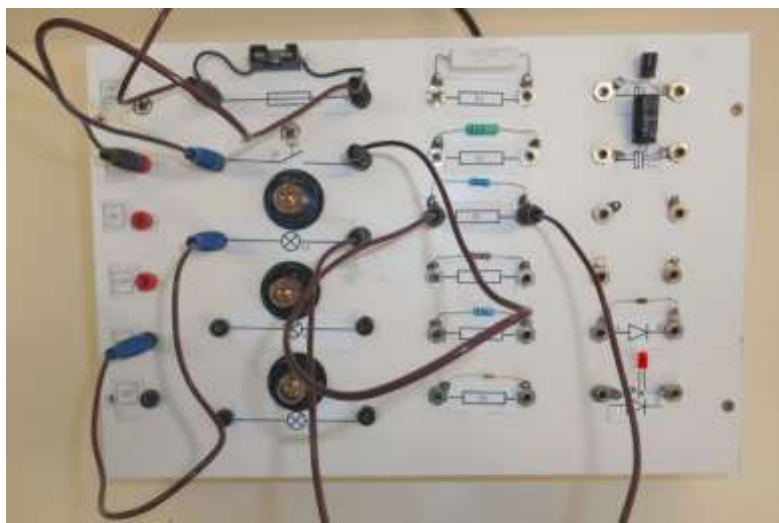


Figura 42: Atividade (conceito da resistência). Fonte: O autor.

5.3 Resistência Equivalente

- Objetivos dos alunos: Medir e calcular a resistência equivalente de associações de resistores.
- Quantidade de alunos: 22 alunos.

Essas atividades foram aplicadas no primeiro período do curso técnico em Automação Industrial. Participaram 22 alunos no total. A resistência equivalente foi determinada de duas maneiras, primeiro foi medido a resistência da associação com um multímetro digital. Em seguida, os educandos realizaram cálculos para confirmar os resultados, nesse momento, foram lembradas quais são as equações que podem ser utilizadas.

5.3.1 Resistência equivalente da associação em série

Selecione seis resistores e realize a medida das resistências anotando o resultado na tabela a seguir:

R₁	R₂	R₃	R₄	R₅	R₆

Na primeira atividade as equipes mediram a resistência de cada um dos resistores do painel de circuitos. Essa informação foi necessária para a atividade seguinte e também foi uma maneira de fazer os estudantes resgatarem seus conhecimentos prévios a respeito do uso do multímetro para medir resistência. Na tabela 12 que está seguir, segue o resultado de uma das equipes.

	R1	R2	R3	R4	R5	R6
Valor nominal	10 Ω	100 Ω	100 Ω	220 Ω	500 Ω	1,2 kΩ
Valor medido	11,7 Ω	100,7 Ω	101,8 Ω	227 Ω	516 Ω	1176 Ω

Tabela 12: Medição de resistência elétrica.

Ao medir resistência elétrica houve oportunidade de repassar informações importantes aos educandos: nunca medir resistência em componentes energizados, não tocar com as mãos nas pontas de prova para não interferir no resultado, selecionar a escala que resulte em uma maior precisão na medida. No geral, os estudantes conseguiram medir adequadamente a resistência elétrica de cada resistor.

Em seguida, os discentes montaram uma associação em série seguindo o diagrama da figura 43 e de acordo com o enunciado a seguir:

Utilizando os resistores que você selecionou, monte o circuito da figura ao lado.

Com o multímetro, determine a resistência equivalente entre os pontos solicitados:

a) $R_{AB} =$ _____
 b) $R_{AC} =$ _____
 c) $R_{AD} =$ _____
 d) $R_{AE} =$ _____
 e) $R_{AF} =$ _____
 f) $R_{AG} =$ _____

Figura 43: Associação de resistores em série. Fonte: O autor.

Em seguida foi solicitado cálculos para confirmar as medidas conforme enunciado a seguir:

Vamos confirmar os resultados. Para isso é necessário calcular o valor teórico das resistências equivalentes. Descubra qual é a equação para cada caso. A primeira equação foi dada como exemplo:

a) $R_{AC} = R_1 + R_2 =$ _____
 b) $R_{AD} =$ _____
 c) $R_{AE} =$ _____
 d) $R_{AF} =$ _____
 e) $R_{AG} =$ _____
 f) $R_{AB} =$ _____

Os alunos não encontram dificuldades para lembrar as equações e fazer os cálculos. A foto a seguir (figura 44) foi registrada no momento da realização da atividade.

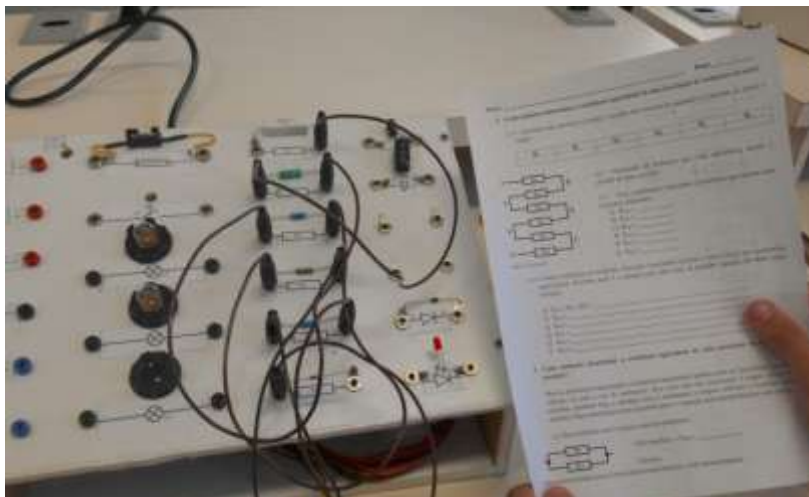


Figura 44: Foto atividade com resistores.

5.3.2 Resistência equivalente da associação em paralelo

Foi utilizado a mesma sequência para o estudo das associações em paralelo: montar o circuito, medir a resistência equivalente com o multímetro e depois fazer cálculos para confirmar as medidas. Na foto a seguir (figura 45) pode ser verificado o procedimento para uma das medições.



Figura 45: Medição de resistência equivalente. Fonte: O autor.

Não foram dadas as equações, foi proposto que os alunos relembassem ou fizessem uma pesquisa para obter a equação mais apropriada para cada circuito, conforme o enunciado a seguir:

Como podemos determinar a resistência equivalente de uma associação de resistores em paralelo?

Para as associações em paralelo, a resistência equivalente também pode ser determinada por meio de cálculos ou com o uso do multímetro. Para cada uma das associações a seguir, utilize os dois métodos, primeiro faça a medição com o multímetro, e depois confirme o resultado utilizando cálculos. Faça uma pesquisa para descobrir qual é a equação mais apropriada para cada circuito.

A primeira associação foi montada com dois resistores de mesmo valor ($100\ \Omega$) de acordo com o diagrama da figura 46.

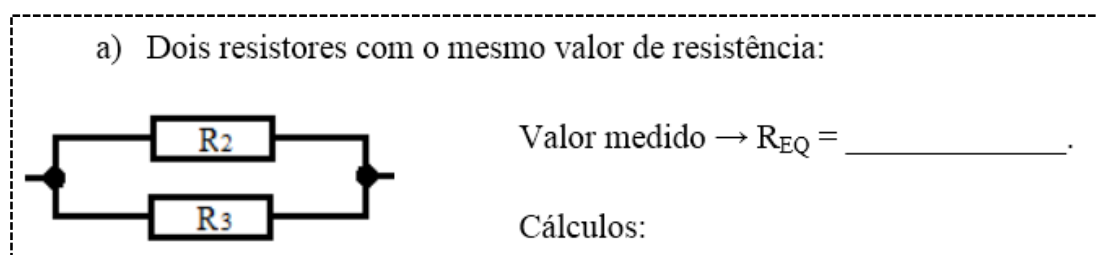


Figura 46: Resistência equivalente associação em paralelo (a).

Todas as equipes conseguiram medir e calcular corretamente a resistência equivalente dessa associação, porém os discentes conheciam somente uma equação:

$$R_{eq} = \frac{R_2 \times R_3}{R_2 + R_3} \quad (41)$$

Foi aproveitado a oportunidade e demonstrado para os estudantes a outra equação alternativa, já definida na equação 15 desse trabalho.

Nos exercícios seguintes, foi realizado o mesmo procedimento, os alunos mediram com o multímetro a resistência equivalente e em seguida deveriam descobrir qual é a equação mais apropriada para cada circuito da figura 47.

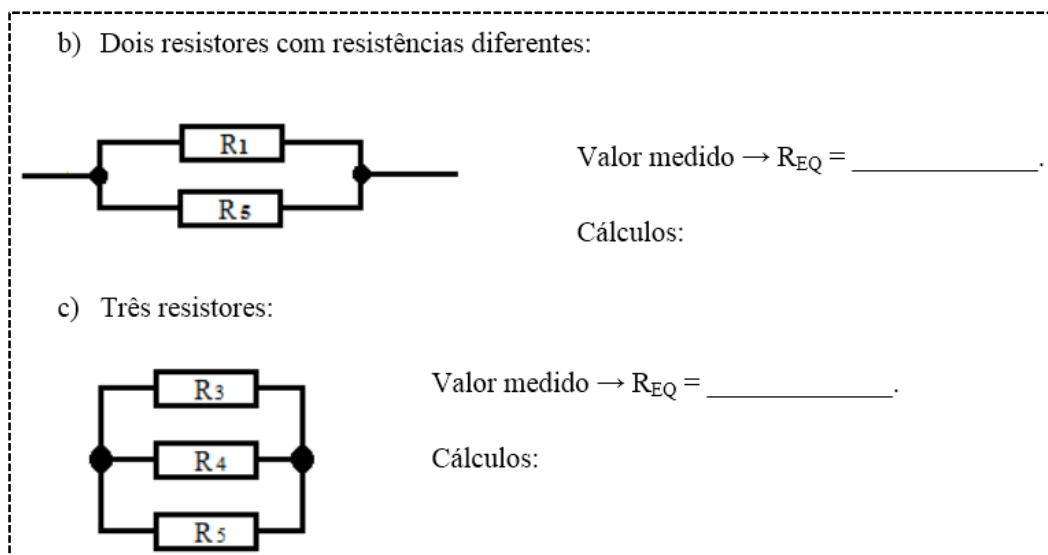


Figura 47: Resistência equivalente associação em paralelo (b) e (c).

Todas as equipes conseguiram medir e calcular corretamente o valor da resistência equivalente de cada associação. Em cada uma dessas associações, foi demonstrado para os alunos a equação mais apropriada para cada caso. Essa tarefa permitiu a comparação dos valores medidos com os valores calculados. Também possibilitou a visualização do circuito na sua forma real dando aos educandos a oportunidade de reconhecer os componentes. O equacionamento teve como ponto de partida a tarefa prática realizada pelos grupos, ou seja, para o estudo teórico foi possível tomar como ponto de partida os *subsunçores* adquiridos durante a experiência prática.

5.4 Conhecendo o diodo

As atividades a seguir foram aplicadas no primeiro período do curso técnico em automação industrial. Os executantes da tarefa ainda não conheciam o diodo, foi a primeira atividade deles com esse componente.

5.4.1 Introdução ao diodo

- Objetivos dos alunos: verificar o comportamento do diodo com polarização direta e com polarização reversa.
- Quantidade de alunos: 23 (atividade aplicada em uma turma).

No primeiro momento da aula foi feita uma breve introdução. Foi utilizada a figura 48 para mostrar o aspecto físico do diodo, o símbolo e o nome dos seus terminais.



Figura 48: Atividade com diodo (introdução)

Em seguida, os estudantes montaram o circuito representado na figura 49 e realizaram as seguintes atividades:

Diodo com polarização direta.

- Acrescente no desenho ao lado uma seta indicando qual seria o sentido convencional da corrente elétrica na lâmpada.
- Monte o circuito e faça o teste verificando se a lâmpada acende.

Figura 49: Circuito com diodo. Fonte: O autor.

Nessa primeira atividade, os estudantes montaram o circuito e verificaram que a lâmpada acendeu normalmente (figura 50a). Em seguida, eles inverteram a posição do diodo (figura 50b e 51).

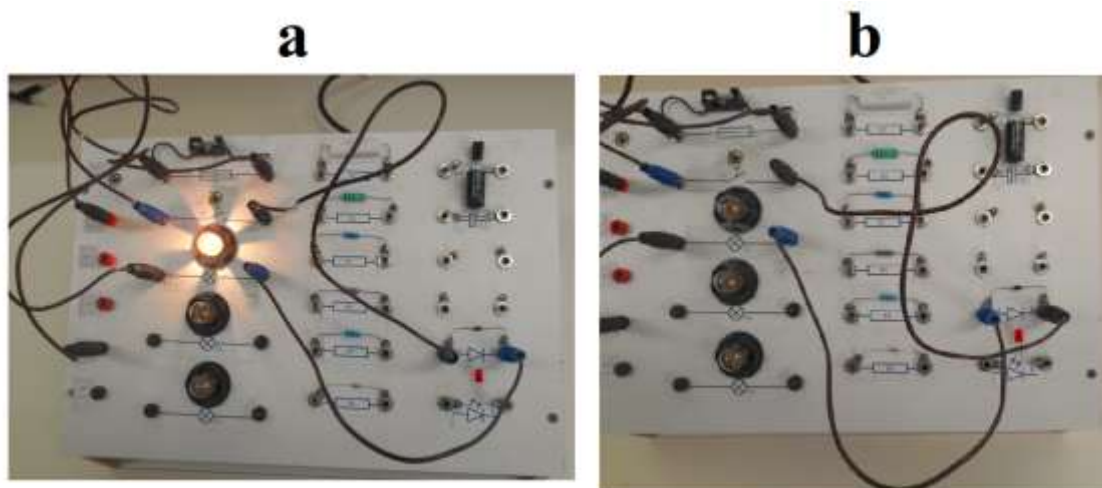


Figura 50: (a) Diodo com polarização direta. (b) Diodo com polarização reversa. Fonte: O autor.

Diodo com polarização reversa

a) Acrescente no desenho ao lado uma seta indicando qual seria o sentido convencional da corrente elétrica na lâmpada.

b) Monte o circuito e faça o teste verificando se a lâmpada acende.

Figura 51: Diodo com polarização reversa. Fonte: O autor.

Nesse momento, foi verificado que a lâmpada não acendeu quando o diodo foi ligado “invertido”. Em seguida, os educandos responderam as seguintes perguntas:

Suas conclusões:

a) Qual foi o comportamento do diodo na polarização direta?

b) Qual foi o comportamento do diodo na polarização reversa?

c) Há algo em comum entre o símbolo do diodo e o sentido convencional da corrente elétrica?

Todos os executantes da atividade notaram que a lâmpada não funcionou com o diodo na polarização reversa. Também perceberam que a seta no símbolo do diodo coincide com o sentido convencional da corrente elétrica quando o diodo está em condução. Algumas das respostas foram:

“O triângulo do símbolo deve se encontrar no sentido da corrente.”

“Corrente entra pelo anodo e sai pelo catodo, caso contrário, não passará”.

“Para onde seus polos estão direcionados vai ser o sentido da corrente”.

“Sim, estão no mesmo sentido quando é possível a passagem da corrente. Quando estão opostos a corrente não passa”.

Somente dois estudantes deixaram em branco a última questão. Ficou evidente que observando o comportamento do diodo, os discentes conseguiram entender bem que o diodo permite o fluxo de corrente em apenas um sentido. Também conseguiram atribuir um significado ao símbolo desse componente.

5.4.2 Comportamento do diodo ao variar a tensão

- Objetivos dos alunos: explicar o comportamento do diodo durante as variações de tensão no circuito.
- Quantidade de alunos: 23 (atividade aplicada em uma turma).

Nessa atividade foi necessário medir a tensão no diodo e no resistor, por isso, a primeira questão foi planejada para que os estudantes resgatassem seus conhecimentos prévios de como efetuar a ligação do voltímetro e sua simbologia. Baseando-se no diagrama da figura 52, foi solicitado a seguinte tarefa:

No desenho abaixo, acrescente um voltímetro V1 que deverá indicar a tensão entre os terminais do diodo. Represente também um voltímetro V2 que mostrará a tensão entre os terminais do resistor.

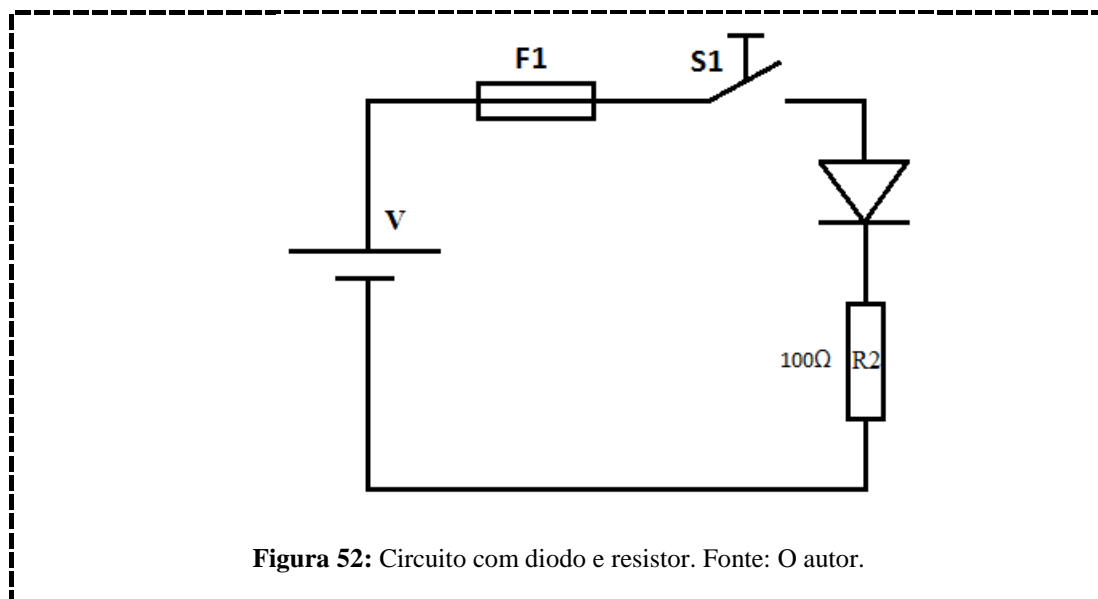


Figura 52: Circuito com diodo e resistor. Fonte: O autor.

No geral, a turma demonstrou dificuldade em representar corretamente as ligações dos voltímetros conforme indicam os resultados na tabela 13 a seguir:

Resultados	
No desenho abaixo, acrescente um voltímetro V1 que deverá indicar a tensão entre os terminais do diodo. Represente também um voltímetro V2 que mostrará a tensão entre os terminais do resistor.	
Automação vespertino 1A e 1B 05/05/2016	
Total de respostas entregues	11
Respostas em branco	05
Faltou representar os pontos de ligação	04
Símbolo incorreto	02
Desenho 100% correto	0

Tabela 13: Resultados da representação dos voltímetros no circuito.

Esses resultados mostraram que nessa turma seria necessário trabalhar novamente com a simbologia e representação de circuitos elétricos. Na segunda questão, o objetivo foi medir as tensões no diodo (ver figura 53) e no resistor com diferentes tensões de alimentação.

Vamos verificar qual é o comportamento do diodo ao variar a tensão de alimentação. No lugar dos voltímetros V1 e V2, utilize o multímetro devidamente preparado para medir tensão. Faça as medições usando as saídas da fonte de: (3,3 V), (5 V) e (12 V). Anote os resultados na tabela a seguir:

Tensão de alimentação (V)	Tensão no diodo (V1)	Tensão no Resistor (V2)

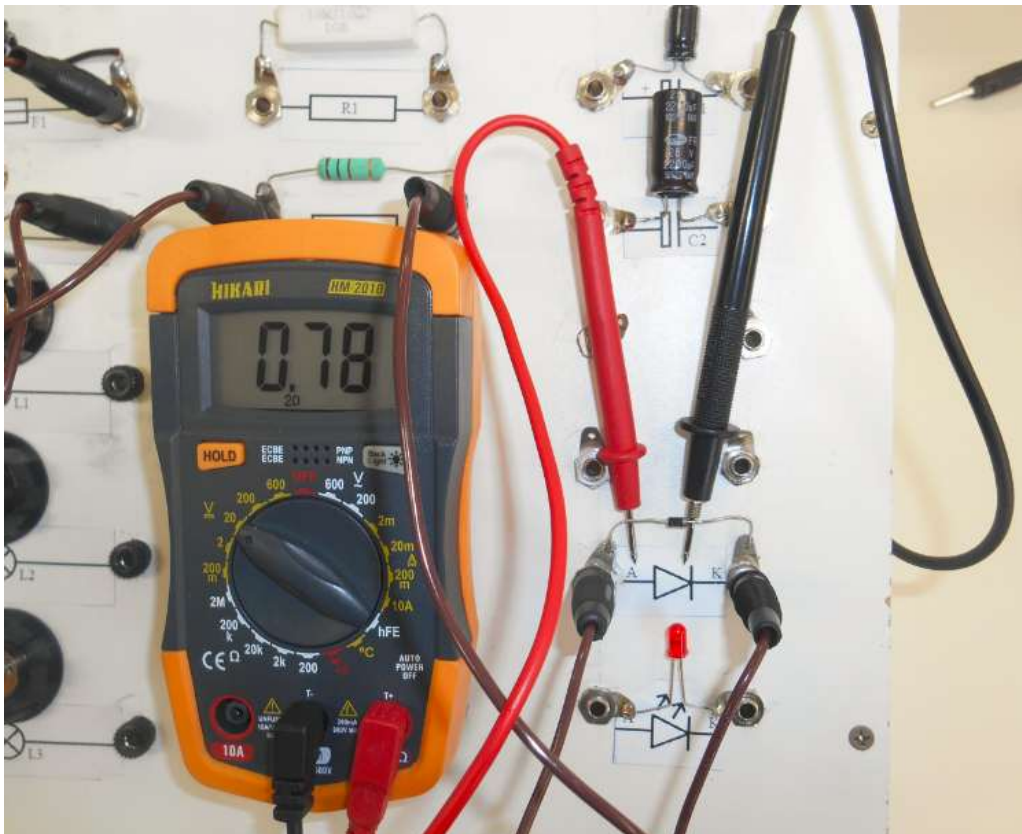


Figura 53: Medindo a tensão no diodo. Fonte: O autor.

As equipes conseguiram realizar corretamente as medições. Na tabela 14 estão os resultados de uma das equipes:

Tensão de alimentação	Tensão no diodo (V1)	Tensão no Resistor (V2)
11,62 V	0,78 V	10,76 V
5,06 V	0,74 V	4,28 V
3,22 V	0,72 V	2,47 V

Tabela 14: Tensões medidas no circuito com diodo e resistor.

Nessa tabela é possível verificar que no diodo a tensão apresentou uma pequena variação permanecendo próximo a 0,7 V, essa é uma das características do diodo em condução. Já no resistor, a tensão variou proporcionalmente com a tensão da fonte. Esses resultados foram utilizados para que os estudantes respondessem a seguinte questão:

Compare as tensões no diodo com as tensões no resistor. Explique como foi o comportamento desses componentes ao variar a tensão de alimentação.

Todas as equipes responderam de maneira satisfatória. Algumas das respostas foram transcritas a seguir:

“A tensão no diodo houve uma pequena variação, já no resistor a variação foi maior”.

“O diodo praticamente não alterou sua tensão, porém o resistor “segurou” a maior parte dela”.

“A tensão no diodo sempre permanece a mesma, independente da tensão de alimentação, já no resistor a tensão se altera proporcionalmente com a tensão de alimentação”.

A próxima pergunta, teve o objetivo de fazer uma síntese identificando pelo menos duas características do diodo com base em todas nas atividades realizadas.

Analise as experiências realizadas nessa atividade e cite abaixo pelo menos duas características do diodo:

O objetivo esperado era que os estudantes identificassem o diodo como um componente que permite o fluxo de corrente em apenas um sentido e que mantém aproximadamente constante a tensão entre seus terminais dentro da sua faixa de

utilização. Algumas das respostas foram transcritas a seguir. Ficou evidente que os discentes adquiriram conhecimentos prévios (*subsunçores*) que servirão de base para os estudos posteriores dos circuitos com diodo.

“O diodo tem dois terminais e, se invertido, serve para conter energia”.

“O diodo colocado do contrário segura a energia, existe o catodo e o anodo que fazem parte do diodo.”

Das onze respostas entregues, somente quatro foram consideradas completas, conforme mostrado na tabela 15. Cabe lembrar que os estudantes estavam utilizando o diodo pela primeira vez. Os educandos observam os fenômenos, mas no momento de escrever a resposta nem sempre conseguem explicar corretamente. Mas, o objetivo da tarefa é ajudar o aluno no processo de aprendizagem, as respostas dos alunos foram utilizadas como ponto de partida para as intervenções do professor.

Analise as experiências realizadas nessa atividade e cite abaixo pelo menos duas características do diodo:	
Automação vespertino 1A e 1B 05/05/2016	
Total de respostas entregues	11
Respostas em branco	01
Identificaram corretamente uma característica do diodo.	06
Identificaram corretamente duas características do diodo.	04

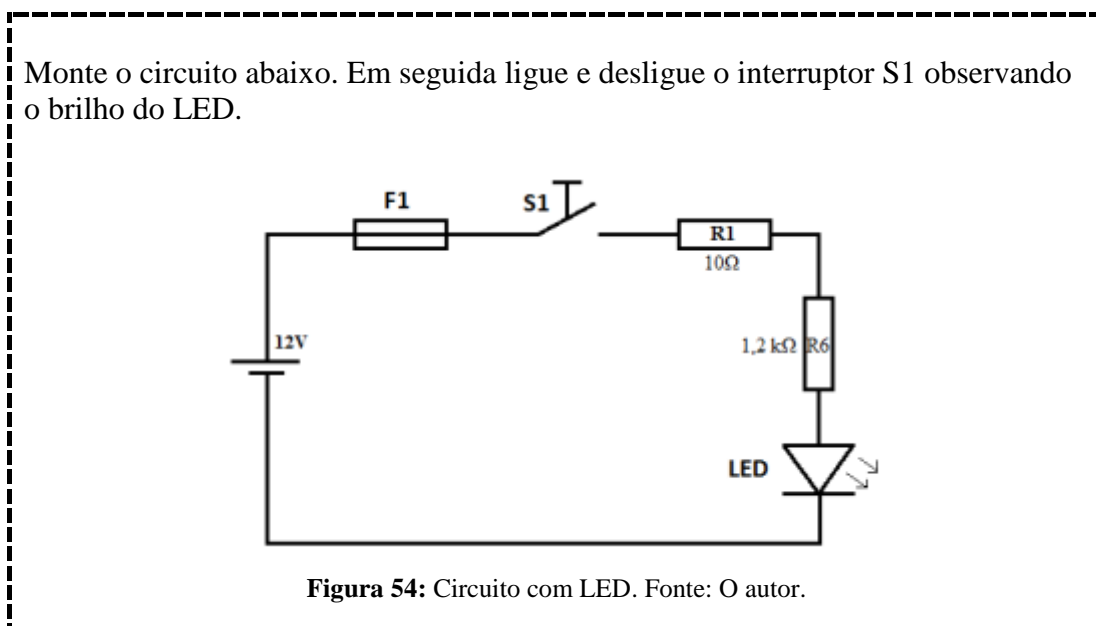
Tabela 15: Resultados da atividade com o diodo.

5.5 Capacitores

- Objetivos dos alunos: Reconhecer o capacitor como um componente capaz de armazenar energia. Compreender o conceito da capacitância. Compreender as diferenças da associação em série e associação em paralelo.
- Quantidade de alunos: 23 (uma turma)

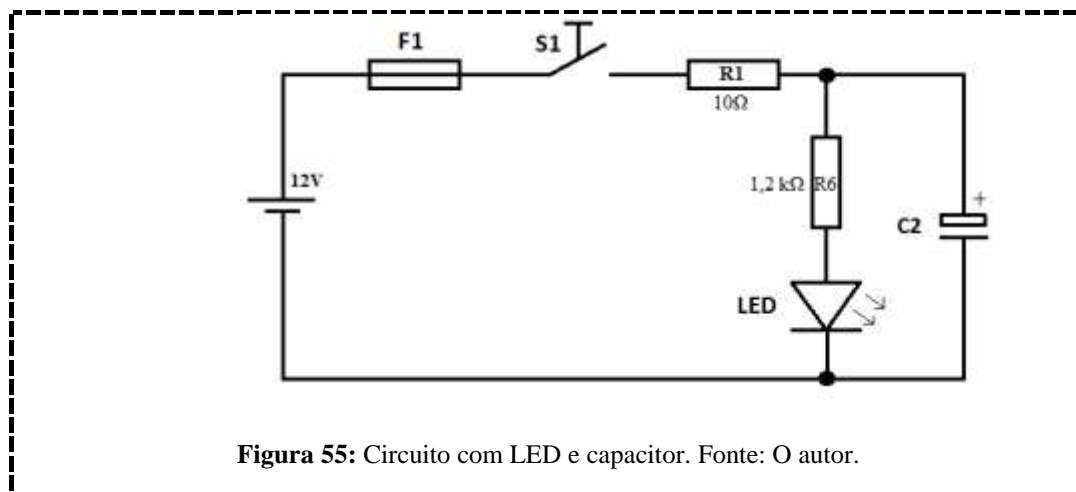
5.5.1 Introdução ao capacitor

Foi a primeira vez que os alunos realizaram atividades práticas com capacitores, antes disso eles tiveram apenas uma aula teórica sobre capacitores com outro professor. Essa atividade foi planejada para que os estudantes percebessem que o capacitor é capaz de armazenar cargas elétricas. Os alunos fizeram uma comparação entre dois circuitos. Primeiro eles ligaram um circuito simples com LED (figura 54) e observaram o funcionamento conforme o enunciado a seguir.



Em seguida os discentes incluíram um capacitor no circuito (figura 55) e repetiram o teste. Com o capacitor, o LED permanecia aceso por alguns segundos após o desligamento do interruptor.

Agora, vamos acrescentar ao circuito o capacitor C2. **ATENÇÃO:** Esse capacitor possui polaridade, cuidado para não inverter os terminais positivo (+) e negativo (-).



Observação: Foi incluído um resistor ($R1$) de 10Ω para evitar um pico de corrente ao acionar a chave $S1$. Sem esse resistor, a fonte estava desligando por sobrecarga, o motivo é que nos instantes iniciais o capacitor descarregado se comporta como um curto circuito. Isso ocorre em um intervalo de tempo muito curto, mas já era suficiente para atuar a proteção da fonte.

Após acrescentar o capacitor ao circuito, os educandos receberam as seguintes orientações:

- Ligue a chave $S1$ e aguarde 10 segundos.
- Desligue a chave $S1$ e fique observando o brilho do LED.
- Compare o funcionamento do circuito 01 com o circuito 02. Qual foi a mudança que o capacitor provocou no circuito?

Os aprendizes observaram que no circuito 2 o LED permaneceu aceso um tempo após o desligamento da chave. Algumas das respostas dos alunos foram copiadas a seguir:

“O LED ficou aceso por alguns segundos depois de abrir a chave com o capacitor”.

“O LED demorou para apagar quando desligamos a chave porque o capacitor segurou a tensão e foi liberando lentamente”.

“O capacitor mantém o LED ligado mesmo após desligar o circuito, graças ao fato de armazenar energia temporariamente”.

Somente uma das equipes respondeu de maneira equivocada, responderam que o LED seria o responsável por “guardar” a tensão. Isso mostra que o estudante pode ter uma interpretação equivocada do fenômeno, nesse caso, cabe ao professor fazer perguntas para ajudar o aluno corrigir a resposta. As perguntas que poderiam ser realizadas pelo professor: O LED é capaz de armazenar energia? Por que no circuito 01 o LED não “guardou” a tensão? Qual seria a influência do capacitor? O capacitor é capaz de armazenar energia? Na foto a seguir (figura 56), é possível ver um dos momentos da atividade proposta.

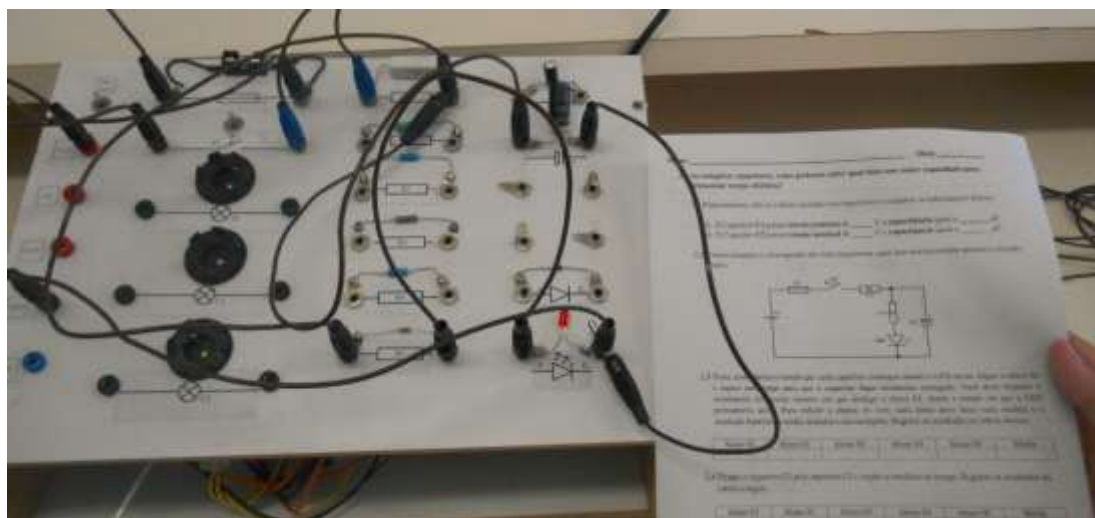


Figura 56: Foto da atividade com capacitores. Fonte: O autor.

5.5.2 Noção de capacitância

Essa atividade foi planejada para que os estudantes tivessem as primeiras noções sobre o significado da capacitância. Na primeira questão, os discentes fizeram a leitura dos valores marcados no encapsulamento do capacitor conforme enunciado a seguir:

Primeiramente, leia os valores anotados nos capacitores e complete as informações abaixo:

- a) O Capacitor **C1** possui **tensão nominal** de _____ V e **capacitância** igual a _____ μF .

b) O Capacitor **C2** possui **tensão nominal** de _____ V e **capacitância** igual a _____ μF .

Em seguida, as equipes montaram um circuito e cronometraram o tempo que cada capacitor foi capaz de manter um LED aceso. Para cronometrar os tempos, os estudantes utilizaram o cronômetro disponível nos seus aparelhos de telefone celular. O diagrama da figura 57 representa o circuito utilizado para fazer a experiência.

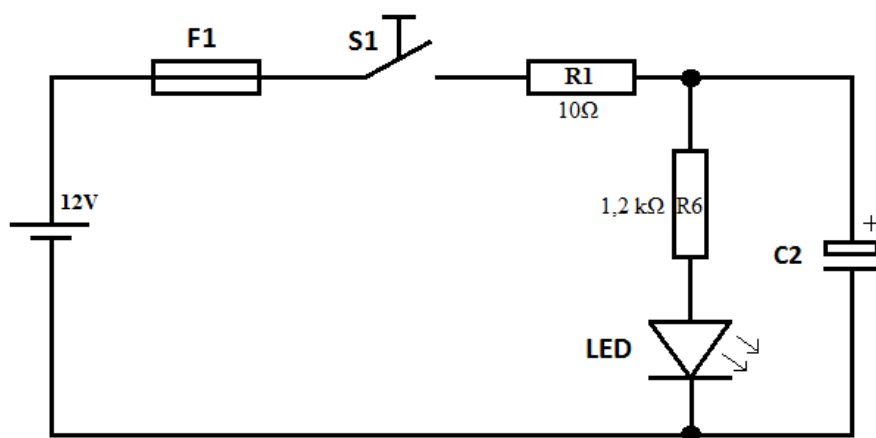


Figura 57: Circuito para comparação dos capacitores. Fonte: O autor.

Ao cronometrar o tempo, ocorrem diferenças nos resultados de cada aluno, porque cada um demora um certo tempo para acionar o cronômetro. Na tentativa de diminuir a chance de erro, foi solicitado que cada estudante realizasse uma medida e considerassem como resultado a média aritmética das medidas. As orientações foram repassadas conforme enunciado a seguir:

Tente cronometrar o tempo que cada capacitor consegue manter o LED aceso. Ligue a chave S1 e espere um tempo para que o capacitor fique totalmente carregado. Você deve disparar o cronômetro no mesmo instante em que desligar a chave S1. Anote o tempo em que o LED permaneceu aceso. Para reduzir a chance de erro, cada aluno deve fazer uma medida e o resultado final será a média aritmética das medições. Registre os resultados na tabela abaixo:

Aluno 01	Aluno 02	Aluno 03	Aluno 04	Aluno 05	Média

Segue como exemplo os resultados de uma das equipes (tabela 16):

Capacitor C1: 470 uF					
Aluno 01	Aluno 02	Aluno 03	Aluno 04	Aluno 05	Média
3,31 s	2,65 s	2,88 s	3,20 s	2,83 s	2,97
Capacitor C2: 2200 uF					
Aluno 01	Aluno 02	Aluno 03	Aluno 04	Aluno 05	Média
12,28 s	11,97 s	10,38 s	11,30 s	14,74 s	12,13 s

Tabela 16: tempos de descarga dos capacitores.

Ao término dessa atividade, os discentes responderam a seguinte pergunta na folha de exercícios: **“Compare os resultados [...] e explique de que maneira a capacitância interfere no tempo de descarga do capacitor”**. Algumas das respostas foram transcritas a seguir:

“Quanto maior o valor da capacitância, maior o tempo que irá demorar para apagar”.

“O capacitor de maior capacitância armazena mais energia e faz com que o LED permaneça aceso por mais tempo”.

“Quanto maior a capacitância, mais energia o capacitor irá armazenar, o que resulta em um desligamento mais lento do LED”.

A próxima pergunta que os estudantes responderam foi: **“Com base nessa experiência, tente explicar o que você entendeu a respeito da capacitância”**. Algumas das respostas foram reproduzidas a seguir:

“Que quanto maior a capacitância, mais tarde que a tensão irá zerar quando a chave desligar.”

“Capacitância é a capacidade de armazenar energia”.

“Quanto maior o farad do capacitor, mais energia vai armazenar e mais tempo demora para apagar o LED.”

Verificando as respostas, ficou evidente que os estudantes conseguiram obter conhecimentos prévios (*subsunçores*) que poderão ser utilizados como ponto de partida

para novos conhecimentos. Espera-se que ao utilizar equações que envolvam capacitância, os discentes possam compreender o significado do que estão fazendo.

5.5.3 Associação de capacitores

Para comparar uma associação de capacitores em série (figura 59) com uma associação em paralelo (figura 58), os educandos mediram o tempo de descarga de cada uma das associações. Eles ainda não tinham estudado esse assunto. No início da aula, foi feita a seguinte pergunta: Ao associar capacitores em série ou em paralelo, o que acontece com o valor total da capacitância do circuito? Para realizar a experiência, as equipes montaram os circuitos a seguir.

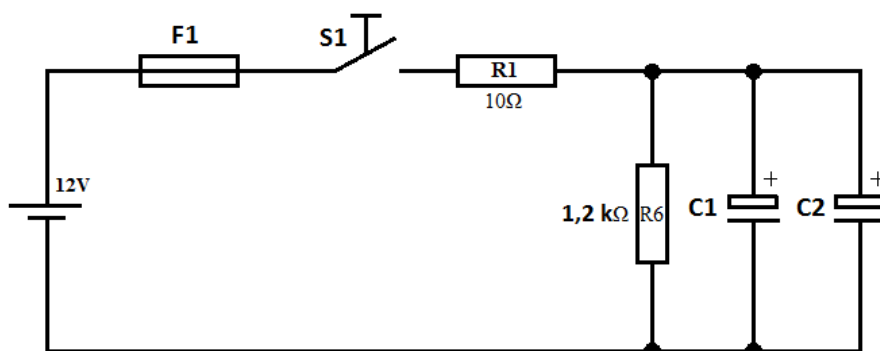


Figura 58: Associação de capacitores em paralelo. Fonte: O autor.

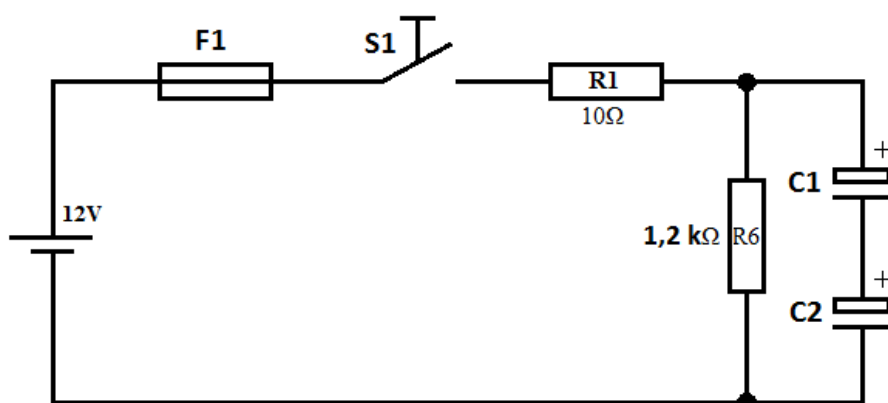


Figura 59: Associação de capacitores em série.

Para cronometrar os tempos de descarga de cada associação, foi utilizado o cronômetro disponível nos aparelhos de telefone celular dos alunos. Segue como exemplo o resultado de uma das equipes (tabela 17):

Associação em paralelo					
Aluno 01	Aluno 02	Aluno 03	Aluno 04	Aluno 05	Média
17,58 s	18,07 s	16,83 s	16,56 s	-----	17,26 s
Associação em série					
Aluno 01	Aluno 02	Aluno 03	Aluno 04	Aluno 05	Média
03,21 s	03,21 s	2,88 s	2,89 s	-----	3,04 s

Tabela 17: tempos de descarga das associações de capacitores.

Para finalizar a experiência, foi feita a seguinte pergunta: **Qual associação apresenta o maior valor de capacitância?** Algumas das respostas foram copiadas a seguir:

“Na paralela, pois soma as capacitâncias segurando por mais tempo a tensão”.

“Paralelo, pois armazena mais energia por mais tempo”.

“Associação em paralelo.”

Verificando as respostas, ficou evidente que os estudantes conseguiram obter conhecimentos prévios (*subsunçores*) que poderão ser utilizados como ponto de partida para novos estudos com associação de capacitores. Também foi possível verificar que as experiências ajudaram aos alunos na compreensão dos conceitos. Na foto a seguir (figura 60), ficou registrado um dos momentos dessa atividade.

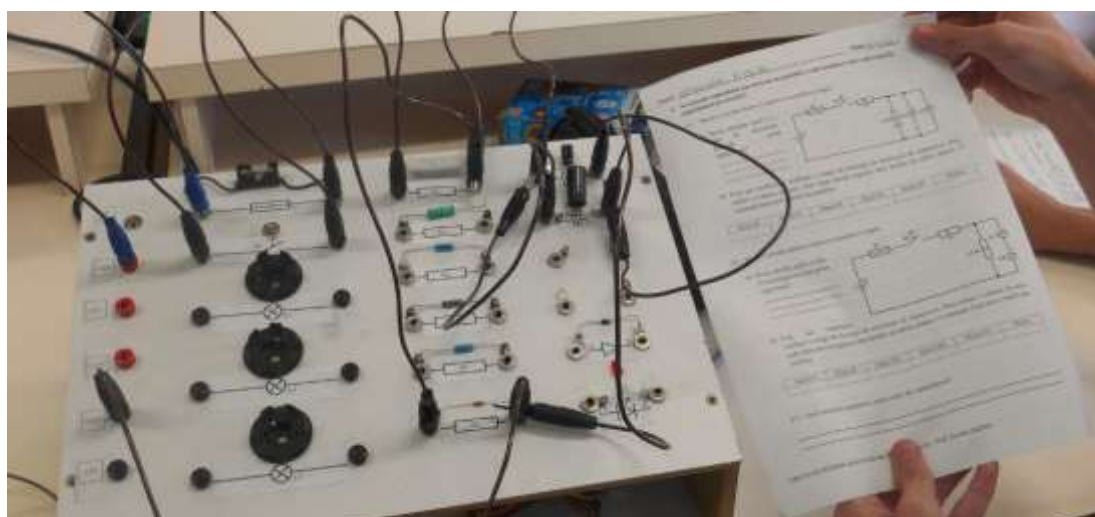


Figura 60: Foto da atividade com associação de capacitores. Fonte: O autor.

5.6 Localizar os erros

- Objetivos dos alunos: identificar erros em circuitos elétricos.
- Quantidade de alunos: 22 alunos.

Essa atividade foi aplicada no primeiro período do curso técnico em Automação Industrial. Participaram 22 alunos no total. Foi passado para as equipes uma situação-problema com o seguinte enunciado:

“Um estudante realizou uma experiência associando lâmpadas em circuitos série, paralelo e misto. Porém, ele cometeu alguns erros nos circuitos representados a seguir. Monte cada um desses circuitos, teste e identifique o erro (se houver). Em cada associação, todas as lâmpadas deveriam acender, nem sempre as lâmpadas apresentarão o mesmo brilho”.

O primeiro erro que deveria ser identificado está na figura 61:

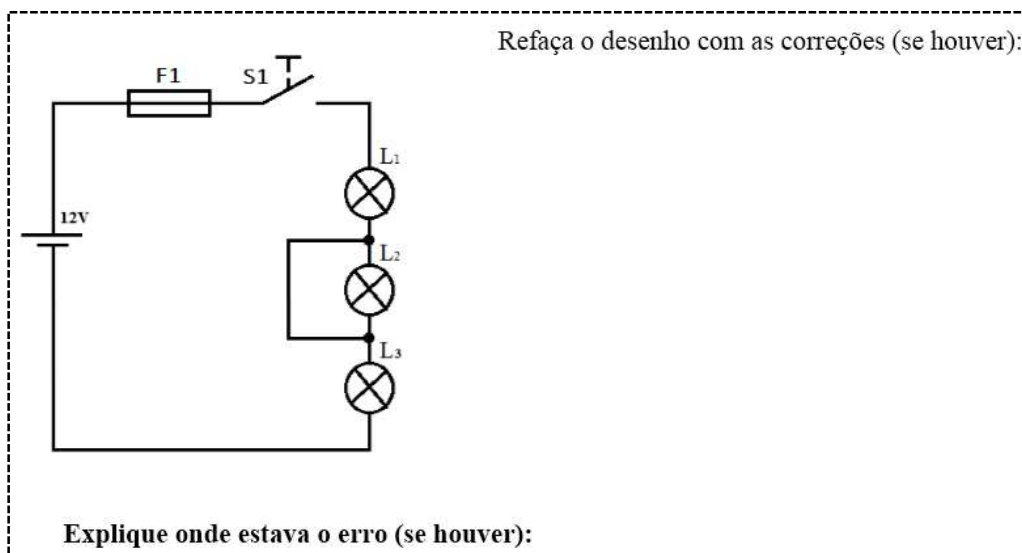


Figura 61: Localizando os erros (a). Fonte: O autor.

As equipes ligaram o circuito conforme o esquema e identificaram o erro, em seguida representaram novamente o esquema com as devidas correções e por último testaram o circuito corrigido. A seguir são apresentadas algumas das respostas para essa questão:

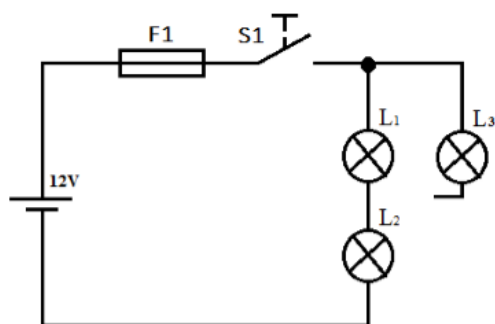
“O erro estava na segunda lâmpada, onde o aluno colocou um curto circuito.”

“Não acendeu a L2 porque existe um curto circuito entre L2 e L3”.

“Ocorreu um curto circuito entre L1 e L3 e não acendeu L2.”

Tomando como ponto de partida as observações dos alunos, foi explicado que a ligação errada estava criando um “desvio” para o fluxo de corrente elétrica. Quando a corrente elétrica encontra um “desvio” os técnicos costumam afirmar que há um curto circuito.

Outro erro que as equipes localizaram está no diagrama representado na figura 62:



Refaça o desenho com as correções (se houver):

Explique onde estava o erro (se houver):

Figura 62: Localizando os erros (b). Fonte: O autor.

Algumas das respostas foram transcritas abaixo:

“L3 não acendeu pois não estava ligado ao circuito, a energia que entra em L3 não retornava para a fonte.”

“Não há saída de energia na lâmpada L3, não completando o circuito.”

“A lâmpada L3 ligada em paralelo não está conectada.”

“A L3 não está conectada com o circuito pelo polo negativo.”

“Não há ligação em um dos lados da lâmpada.”

A foto a seguir (figura 63) foi registrada no momento em que uma das equipes estava realizando a tarefa.

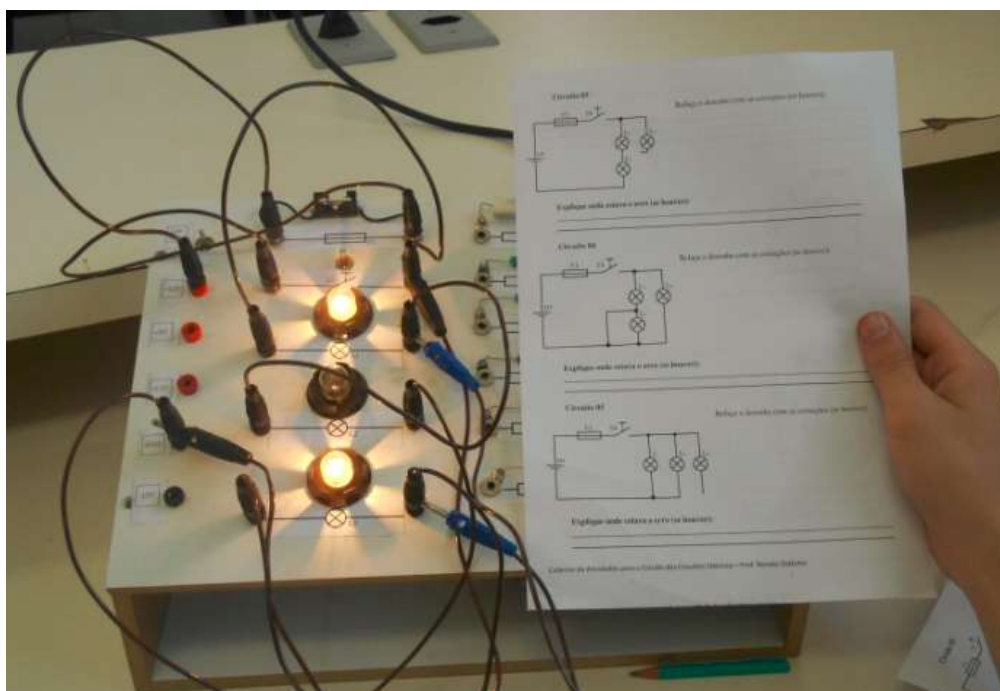


Figura 63: Foto da atividade localize os erros. Fonte: O autor.

Capítulo 6 – Conclusões

Professor, que tipo de componente é esse? Como faz para ligar o LED? Para que serve o capacitor? Essas foram algumas das perguntas que os alunos fizeram durante as aulas. A presença dos componentes no painel didático, já foi suficiente para que alguns estudantes fizessem perguntas a respeito de temas que o professor mestrando ainda não havia explicado. Isso foi muito positivo, porque permitiu ao professor iniciar uma explicação a partir das perguntas e dúvidas dos educandos. Ou seja, a pergunta não foi feita pelo professor, mas pelo próprio aluno.

Durante as atividades experimentais, os estudantes assimilaram as ideias mais gerais, que se tornaram ideias “*ancora*” para novos conceitos. Por exemplo, na atividade com capacitores, os discentes conheceram o componente, compreenderam as suas características básicas e também fizeram a comparação entre associação de capacitores em série com a associação de capacitores em paralelo. A partir daí, os aprendizes incorporaram na *estrutura cognitiva* um conjunto de conhecimentos prévios que poderão facilitar aprendizagens futuras. As atividades abordaram os conceitos fundamentais preparando o aluno para o aprofundamento teórico. Essa forma de abordagem está coerente com o princípio da *diferenciação progressiva* (ver capítulo 3), que permite ao aluno, adquirir conforme informa Moreira M.A. (2009a, p. 7): “uma visão inicial do todo antes de passar as partes.” Por exemplo, nas primeiras atividades com associação de resistores, os alunos utilizaram lâmpadas para conseguir visualizar as principais características dos circuitos em série, paralelo e misto. Em uma outra atividade, os educandos montaram diversas associações com resistores e mediram com o multímetro o valor da resistência equivalente de cada uma delas. Logo em seguida, utilizaram cálculos para verificar se as medições estavam coerentes. Essa sequência permitiu que os alunos tivessem contato primeiramente com as ideias principais, e depois com os detalhes, ou seja, o tema foi se tornando cada vez mais *diferenciado*. Dessa maneira, os conhecimentos novos foram se incorporando aos “*subsunçores*” e modificando a estrutura cognitiva dos educandos, como preconiza a Teoria da Aprendizagem Significativa.

Em vários momentos foi possível perceber a participação ativa dos alunos. Eles demonstravam uma satisfação ao realizar corretamente as ligações e visualizar as

lâmpadas funcionando. É gratificante perceber que, em uma época com tanta tecnologia à disposição, as coisas simples ainda chamam a atenção dos jovens. As tarefas propostas também favoreceram o trabalho em equipe. Durante a montagem do painel didático, foi observado que a divisão de tarefas ocorreu naturalmente nos grupos. Em todas as aulas, foi constatado que alguns estudantes ajudavam a responder as dúvidas de seus colegas. Outro fator positivo foi o uso do cronômetro do telefone celular, para medir o tempo de descarga dos capacitores, um aparelho que muitas vezes “atrapalha” a aula, também pode ser utilizado em muitas atividades.

Durante a execução dos procedimentos experimentais, os aprendizes demonstraram dúvidas em muitos momentos. Foram frequentes as dúvidas ao realizar medidas com o multímetro e também ao interpretar os diagramas. Entretanto, considerando a inexperiência dos estudantes, é perfeitamente normal que essas dúvidas apareçam. As atividades servem justamente para isso, dar a oportunidade ao aluno de ter dúvidas e saná-las. O uso do material didático cumpriu muito bem esse papel, pois em todas as aulas os estudantes tiveram oportunidade de fazer tarefas, tais como: efetuar e registrar medidas elétricas com o multímetro, efetuar ligações, interpretar diagramas e analisar o funcionamento de circuitos. Como se tratava de turmas de curso técnico, essas capacidades são básicas e as atividades criaram um contexto favorável para o desenvolvimento dessas capacidades.

Analisando algumas respostas apresentadas pelos alunos, ficou claro a importância dos conhecimentos prévios para o bom aproveitamento das atividades práticas. Quando o estudante não tem os conhecimentos prévios adequados, ele pode ter uma interpretação errada ou incompleta dos fenômenos observados. Alguns exemplos ocorreram na atividade com associação de lâmpadas em série, houve respostas confusas, tais como: “*a corrente é de 12 V*” e “*as frequências são diferentes entre duas lâmpadas*”. Ou seja, somente o experimento em si, não fez com que os estudantes interpretassem corretamente os fenômenos, é necessário ter os conhecimentos prévios adequados para a interpretação correta. E isso deve ser construído com leitura e interpretação de textos, resolução de exercícios, e outras atividades. O estudo teórico é muito importante e não pode ser desvalorizado.

Em algumas tarefas, os discentes fizeram desenhos representando os diagramas, e nesse momento, foram observadas algumas dificuldades: os aprendizes esquecem de representar os pontos de conexão (nós), ou não utilizam a simbologia corretamente. Percebe-se a necessidade de criar mais exercícios para que os alunos possam representar os circuitos, esse procedimento pode ajudar na interpretação de diagramas.

Há confusão entre circuito aberto e circuito fechado, porque em outros contextos, a palavra “fechado” pode ser sinônimo de obstruído. Porém, quando alguém fala em circuito elétrico fechado, está querendo dizer que existe continuidade elétrica. Quando o circuito elétrico está aberto, significa que não há continuidade. Portanto, é importante deixar isso bem claro para os alunos, para não causar interpretações equivocadas.

É necessário que o professor insista para que os alunos representem corretamente as unidades de medida em todos os resultados, seja de cálculos ou das medições. Conforme já foi relatado nesse trabalho, foi frequente os erros ao representar as unidades. Houve confusão entre as unidades de tensão, corrente e frequência elétrica. A experiência profissional também mostrou que algumas pessoas confundem *volts* com *watts*.

Cabe destacar mais uma vez, que a segurança deve estar sempre em primeiro lugar durante as atividades com circuitos elétricos. O professor deve estar atento para que os alunos evitem brincadeiras com energia elétrica e também com ferramentas. Ao abordar o tema circuitos elétricos, é importante incluir no planejamento o estudo do choque elétrico e das suas possíveis consequências para o corpo humano.

Esse trabalho teve o objetivo de oferecer subsídios para aulas práticas com circuitos elétricos nas aulas de Física. Com o painel didático que foi proposto, é possível executar muitas outras atividades, que poderão ser incluídas em trabalhos futuros. Ou seja, o tema não está encerrado com esse trabalho, muitas outras atividades poderiam ser propostas, especialmente em relação ao reaproveitamento das fontes de computador. Porém, se os alunos realizarem todas as desse projeto, será possível construir um conjunto respeitável de conhecimentos sobre os circuitos elétricos. Com esse trabalho, esperamos estar colaborando para o ensino desse nobre ramo da ciência chamado de... **FÍSICA!**

Referências Bibliográficas

BONJORNO, Regina Azenha; et.al. **Física Completa**: volume único. São Paulo: FTD, 2001.

CAPUANO, Francisco Gabriel; MARINO, Maria Aparecida. **Laboratório de eletricidade e eletrônica**. 24° ed. São Paulo: Érica, 2007.

CAVALIN, Geraldo; CERVELIN, Severino. **Instalações Elétricas Prediais: Caderno de Atividades**. 2. Edição revisada e atualizada. São Paulo: Érica, 2001. (Coleção Estude e Use. Série Eletricidade).

CHIQUITO, Adenilson J. et. al. Um Sistema Simples para Verificação da Lei de Ohm. **Revista Física na Escola**, v.7, n.2, pág. 76-78, 2006. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol7/Num2/v13a15.pdf>>. Acesso em: 18 abr. 2015.

CIPELLI, Antonio Marco; MARKUS, Otávio; SANDRINI, Waldir. **Teoria e Desenvolvimento de Projetos de Circuitos Eletrônicos**. 23. ed. São Paulo: Erica, 2007.

CLUBE DO HARDWARE. **Anatomia das Fontes de Alimentação Chaveadas**. Disponível em: <<http://www.clubedohardware.com.br/artigos/anatomia-das-fontes-de-alimentacao-chaveadas/1218>>. Acesso em: 26 ago. 2015.

CRUZ, Eduardo Cesar Alvez; CHOUERI, Salomão Jr. **Eletrônica Aplicada**. 2. ed. São Paulo: Érica, 2008.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert. **Física 3**. 4. Ed. Rio de Janeiro: LTC Editora. 1983.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos da Física 4: Ótica e Física Moderna**. Tradução de Denise Helena da Silva Sotero. 4. Ed. Rio de Janeiro: LTC Editora. 1983. p. 227 – 240.

MARKUS, Otavio. **Circuitos Elétricos: corrente contínua e corrente alternada: teoria e exercícios**. 9. ed. rev. São Paulo: Érica, 2011.

MARQUES, A. E.; CRUZ, E.C; CHOUERI, S. **Dispositivos Semicondutores: Diodos e Transistores**. 4. ed. São Paulo: Érica, 1998. (Coleção estude e use. Série Eletrônica Analógica).

MORAES, Maria Beatriz dos Santos A.; TEIXEIRA, Rejane M. Ribeiro. **Circuitos elétricos: novas e velhas tecnologias como facilitadoras de uma aprendizagem significativa no nível médio**. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2006. 88p. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/tapf/v17n1_Moraes_Teixeira.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2015.

MORAES, Maria Beatriz dos Santos A. **Uma proposta para o Ensino da Eletrodinâmica no Nível Médio**. 2005, 193f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul,

Porto Alegre, 2005. Disponível em:

<<http://www.bibliotecadigital.ufrgs.br/da.php?nrb=000525245&loc=2006&l=52f66ad9edecf610>>. Acesso em: 18 abr. 2015.

MOREIRA, Luís Paulo. **Estudo de Circuitos Elétricos: Utilizando simulação computacional para preparar o uso de circuitos reais**. 2014a, 221f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/96988>>. Acesso em: 22 jun. 2016.

MOREIRA, Luís Paulo; MOREIRA, Marco Antônio. DOS SANTOS, Flavia Maria Teixeira. **Estudo de circuitos elétricos**. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2014b. Disponível em: <http://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/n33_Moreira/index2.html>. Acesso em: 15 jan. 2015.

MOREIRA, Marco Antônio. **Aprendizagem Significativa, organizadores prévios, mapas conceituais, diagramas V e unidades de ensino potencialmente significativas**. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2012. 87 p. Disponível em: <http://paginas.uepa.br/erasnorte2013/images/sampled/figuras/aprend_%20signif_%20org_prev_mapas_conc_diagr_v_e_ueps.pdf>. Acesso em: 02 jun. 2016.

MOREIRA, Marco Antônio. **Breve introdução à Física e ao Eletromagnetismo**. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2009a. 63 p.; il. (Textos de apoio ao professor de física; v. 20, n. 6). Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/public/tapf/v20n6_moreira.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2015.

MOREIRA, Marco Antônio. **Orientações sobre o currículo do MNPEF**. Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, 2015. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/~mnpef/index.php/cpg/orientacoes-sobre-o-curriculo>>. Acesso em: 24 jun. 2016.

MOREIRA, Marco Antônio. **Subsídios Metodológicos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências**. 1º ed. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2009b. 73 p. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/Subsidios10.pdf>>. Acesso em: 22 abr. 2015.

MOREIRA, Marco Antônio; OSTERMANN, Fernanda. **Teorias Construtivistas**. Porto Alegre: Instituto de Física – UFRGS, 1999. 56p.:il. (Textos de apoio ao professor de Física; n.10). Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/public/tapf/n10_moreira_ostermann.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2015.

MUNDO DA ELÉTRICA. **Monte uma fonte com várias tensões gastando pouco!** Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=IK1F5AB2FXA>>. Acesso em 26 ago. 2015.

PARANÁ. Secretaria da Educação. **Diretrizes Curriculares da Educação Básica: Física**. Paraná: 2008. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/diretrizes/dce_fis.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2016.

SAAB, Sérgio da Costa et al. **Apostila de Física Experimental II**. Ponta Grossa: DEFIS UEPG, 2006. Disponível em: <http://www.fisica.uepg.br/Public/Documentos/1332880141_Apostila_de_F%C3%ADsica_Experimental_II.pdf>. Acesso em: 02 jan. 2015.

SEARS, Francis; ZEMANSKY, Mark W.; YOUNG, Hugh D. **Física 3: Eletricidade e Magnetismo**. Tradução de Jean Pierre von der Weid. Rio de Janeiro: LTC, 1984.

SENAI. Departamento Nacional. **Curso Básico de Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade: Riscos Elétricos**. SENAI. DN. Brasília, 2007.

SENAI/PR. **Eletrônica Básica para eletricista: fascículos de 01 a 60 – teoria e prática**. (Série Eletrônica Básica para Eletricista). Curitiba, Diretoria Técnica – Divisão de Ensino, 1992.

SILVA, Mauro Costa. Quais lâmpadas acendem? Entendendo o funcionamento dos circuitos elétricos. **Revista Física na Escola**, v.12, n.1, pág. 16-19, 2011. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol12/Num1/circuitos.pdf>>. Acesso em: 18 abr. 2015.

SILVEIRA, Fernando Lang; AXT, Rolando. Associação de pilhas em paralelo: onde e quando a usamos? **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.20, n.3: p. 391-399, dez. 2003. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/Associa_pilhas_paralelo.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2016.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA. **PCN+ - Ensino Médio, Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (MEC-SEMTEC, 2002)**. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN_FIS.pdf>. Acesso em: 22 abr.2015.

TOOLEY, Mike. **Circuitos Eletrônicos: fundamentos e aplicações**. Tradução de Luiz Cláudio de Queiroz Faria. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

UAB - Universidade Aberta do Brasil. Tecnologias em Sistemas para Internet a distância. **Fonte de energia: Hardware de Computadores**. 2012. Disponível em: <http://uab.ifsul.edu.br/tsiad/conteudo/modulo1/hco/hco_uh/fonte.pdf>. Acesso em 22 ago. 2015.

Universidade Estadual de Ponta Grossa. Biblioteca Central Prof. Faris Michaele. **Manual de normalização bibliográfica para trabalhos científicos**. 3. ed. rev. atual. Ponta Grossa: UEPG, 2012. 141 p. il. Disponível em: <http://ri.uepg.br:8080/riuepg/bitstream/handle/123456789/441/LIVRO_ManualNormaliza%C3%A7%C3%A3o%283-ed-rev.-atual-2012%29.pdf?sequence=7>. Acesso em: 20 jan. 2015.

University of Colorado Boulder. **PhET Interactive Simulations:** Capacitor. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/capacitor-lab>. Acesso em: 22 mar. 2016.

University of Colorado Boulder. **PhET Interactive Simulations:** Kit de Construção de Circuito (AC+DC), Laboratório Virtual. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/circuit-construction-kit-ac-virtual-lab>. Acesso em: 22 mar. 2016.

VARIOS AUTORES. **Física, 1º ano: Ensino Médio: livro do professor.** 1.ed. São Paulo: Editora PD, 2010. (Coleção Quanta Física, v.1).

Apêndice A – Lista de componentes

Para a montagem de uma unidade do painel didático e a realização das tarefas foram utilizados os componentes relacionados na tabela 18.

QTD.	Componente
02	Interruptor 5A (chave alavanca de 2 posições)
01	Suporte para fusível de vidro 5x20mm PCI
01	Fusível de vidro, 5A, tamanho 5x20mm
03	Soquete de 1 polo para lâmpada modelo 67
03	Lâmpada automotiva de 01 polo, modelo 67, tensão de 12 V, potência 10W.
01	Resistor de Fio $10 \Omega \pm 5\%$, potência de 10W
01	Resistor de $100 \Omega \pm 5\%$, potência de 5W
01	Resistor de $100 \Omega \pm 5\%$, potência de 2W
01	Resistor de $220\Omega \pm 5\%$, potência de 2W
01	Resistor de $510\Omega \pm 5\%$, potência de 2W
01	Resistor de $1k2 \pm 5\%$, potência de 1/4W
01	Capacitor eletrolítico radial 470uF/25V
01	Capacitor eletrolítico radial 2200uF/25V
01	Diodo retificador 1N4007
01	Diodo Emissor de Luz (LED), 5 mm, cor vermelha
34	Borne para pino banana, 4mm, cor preto
01	Borne para pino banana, 4mm, cor vermelho
01	Borne para pino banana, 4mm, cor laranja
01	Borne para pino banana, 4mm, cor amarelo
01	Borne para pino banana, 4mm, cor branca
01	Borne para pino banana, 4mm, cor azul
30	Pino banana 4mm, cor preta
4,0m	Cabo flexível $1,0 \text{ mm}^2$
01	Placa de compensado ou MDF, espessura de 9 mm, dimensões sugeridas conforme apêndice D.
10	Parafuso auto atarrachante 3mm x 20mm

01	Multímetro digital com escalas de tensão e corrente contínua, continuidade e resistência elétrica.
01	Fonte de tensão modelo ATX, reaproveitada de computadores antigos ou fonte didática com entrada 127 e 220 V AC e saída variável de 0 a 12V.

Tabela 18: Lista de componentes.

Para a montagem do painel, são necessários ferramentas básicas, tais como: chave de fenda, alicate universal, alicate de corte, ferro de soldar de 30 watts. Para a fixação da fonte no painel, poderá ser utilizado fita auto adesiva dupla face. Para soldar os componentes, é necessário adquirir estanho, para uma boa qualidade de solda, pode ser utilizado estanho 0,8 mm, proporção de 60/40.

Apêndice B – Simbologia

Os símbolos utilizados no caderno de atividades estão relacionados na tabela 19 a seguir:



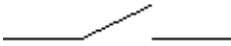
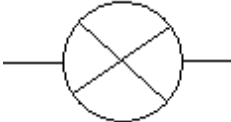

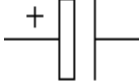
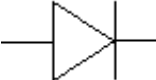
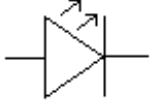
Componente	Símbolo
Terminal de ligação (borne)	
Fusível	
Interruptor Simples	
Lâmpada	
Resistor	
Capacitor eletrolítico	
Diodo retificador	
LED	

Tabela 19: Simbologia utilizada no painel didático.

Apêndice C – “Layout” do painel didático

A parte superior do painel didático é mostrada na foto da figura 64, o “layout” é mostrado na figura 65.

FOTO DA PARTE SUPERIOR DO PAINEL DIDÁTICO



Figura 64: Foto da parte superior do painel didático.

“LAYOUT” DO PAINEL DIDÁTICO

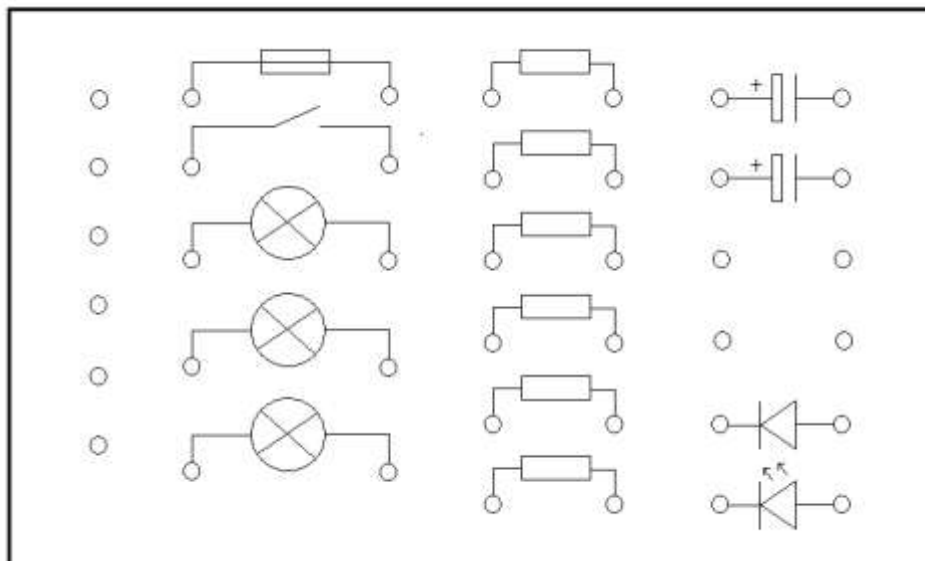


Figura 65: Layout do painel didático (desenho fora de escala).

Apêndice D – Medidas do painel didático

A figura 66 indica as medidas que deverão ser observadas ao fazer a furação para a fixação dos componentes.

PLACA SUPERIOR

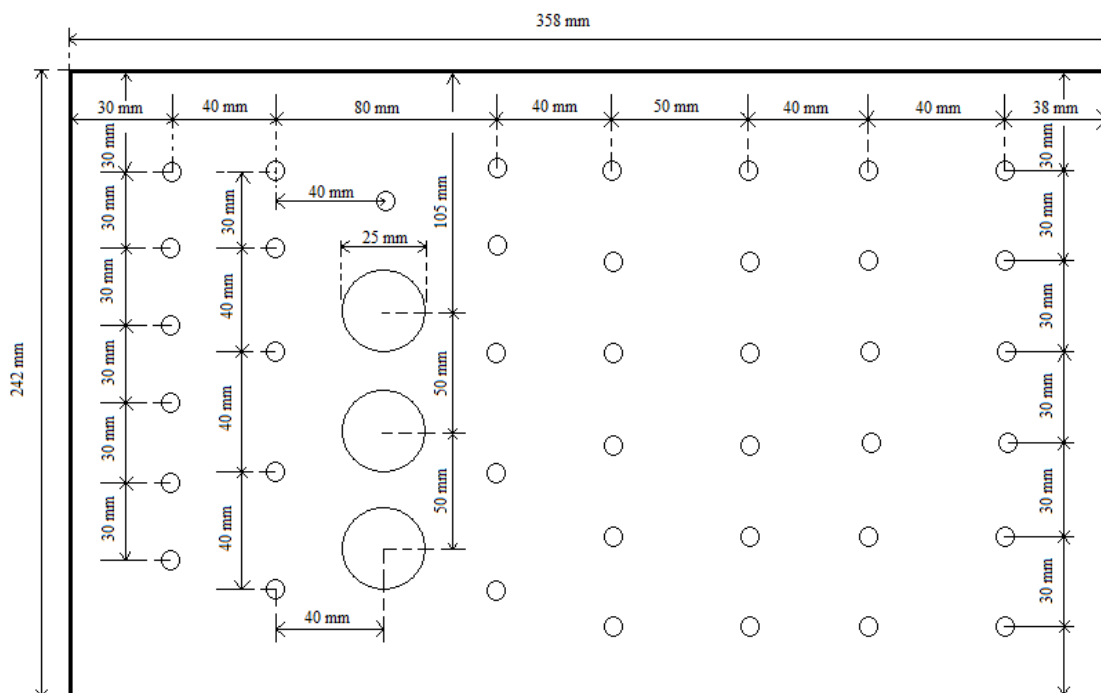


Figura 66: medidas do painel com a posição dos furos, (desenho fora de escala).

Observações: para encaixar o soquete das lâmpadas, foram feitos furos com largura de 25mm. Para encaixar os bornes e os interruptores, foi feito um furo passante de 6mm e um furo superficial de 10mm, os detalhes da furação são representados na figura 67. As dimensões das placas são mostradas na figura 68 (fundo do painel didático) e na figura 69 (laterais do painel didático).

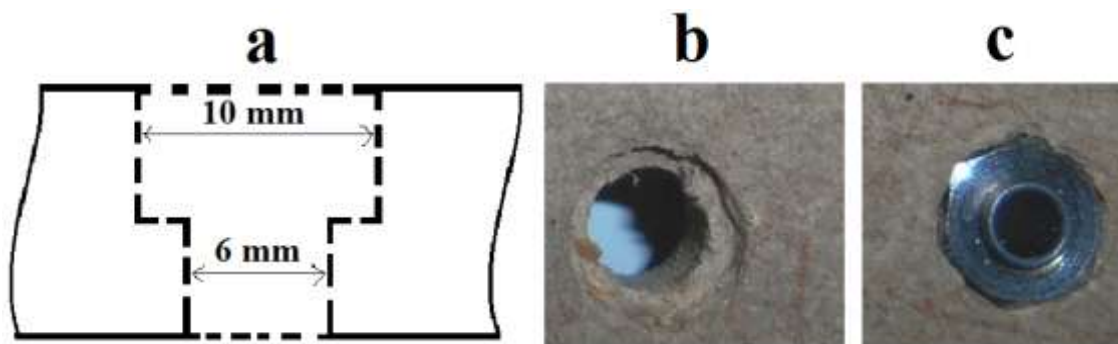


Figura 67: (a) Largura dos furos. (b) Foto da furação. (c) Terminal encaixado no furo.

PLACA INFERIOR

Figura 68: medidas da placa inferior (desenho fora de escala).

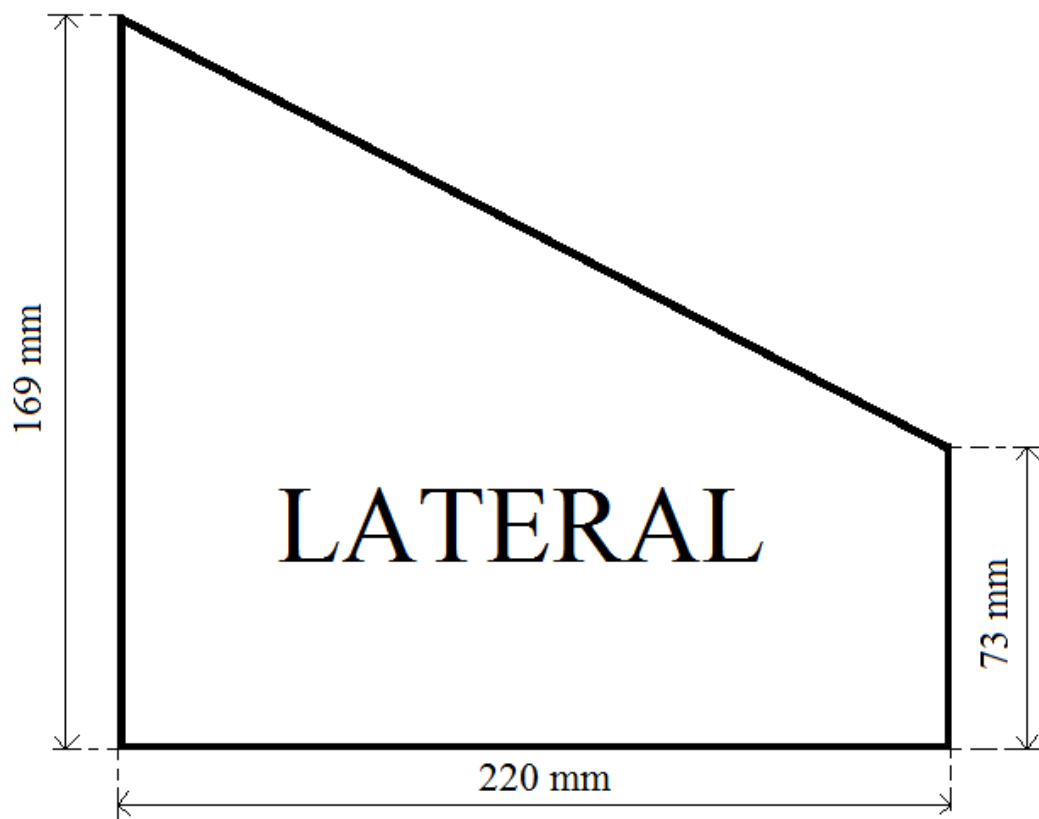
PLACA LATERAL

Figura 69: medidas das placas laterais (desenho fora de escala).

Anexo A – Caderno de atividades

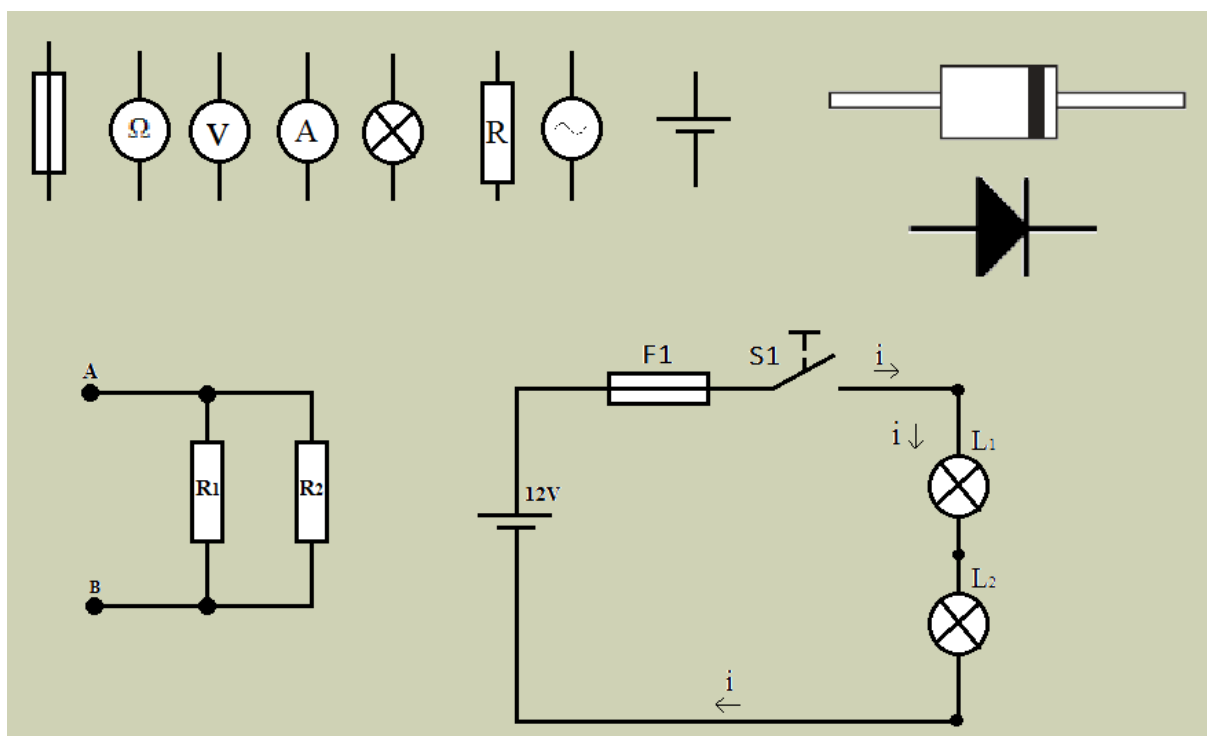
MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

UEPG
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA

SBF
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

RENATO DALZOTTO

MONTAGEM DE UM PAINEL DIDÁTICO E ATIVIDADES EXPERIMENTAIS EM CIRCUITOS DE CORRENTE CONTÍNUA



PONTA GROSSA
2016

RENATO DALZOTTO

MONTAGEM DE UM PAINEL DIDÁTICO E ATIVIDADES
EXPERIMENTAIS EM CIRCUITOS DE CORRENTE CONTÍNUA

Produto didático apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ensino da Universidade Estadual de Ponta Grossa, Polo 35 do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:

Prof. Dr. Sérgio da Costa Saab

Coorientador:

Prof. Dr. André Maurício Brinatti

PONTA GROSSA
2016

Aos professores:

Esse material didático tem o objetivo de oferecer sugestões de atividades práticas para o estudo de circuitos elétricos de corrente contínua. Os temas abordados são: circuito simples, associação de resistores, associação de capacitores, diodo retificador, LED e uso do multímetro.

A partir das atividades propostas, o aluno terá oportunidade de obter o domínio de procedimentos básicos, tais como: reconhecer os componentes, interpretar diagramas elétricos, fazer ligações, realizar medições com o multímetro e analisar o funcionamento dos circuitos.

Sugerimos que cada atividade prática sirva como ponto de partida para o estudo teórico. Por exemplo, após a montagem e observação de um circuito simples, o aluno poderá estudar quais são as grandezas elétricas relacionadas ao funcionamento do circuito. Outro exemplo, a atividade com associação de lâmpadas em série e paralelo, poderá servir como ponto de partida para o estudo das Leis de Kirchhoff. A ideia é que a atividade prática possa gerar perguntas, e a partir dessas perguntas, o professor possa avançar cada vez mais no conteúdo.

Para viabilizar as atividades, nesse caderno será proposto a construção de um painel didático contendo componentes simples. Para reduzir ainda mais o custo, foram incluídas instruções para reutilizar fontes de computadores fora de uso, transformando-as em fontes didáticas.

Esse caderno dá ênfase nas atividades do aluno, não é um livro didático que possui “conteúdos”. Para ter acesso aos “conteúdos”, os estudantes deverão consultar outras fontes. Cabe a cada professor identificar os pré-requisitos que o aluno precisa ter para executar cada atividade proposta.

Não é obrigatório realizar todas as atividades, o professor pode escolher a atividade que achar mais significativa para a turma conforme o tempo disponível e o nível de conhecimento dos alunos.

MONTAGEM DE UM PAINEL DIDÁTICO E ATIVIDADES EXPERIMENTAIS EM CIRCUITOS DE CORRENTE CONTÍNUA

1. Segurança no uso da energia elétrica em atividades escolares	117
2. Construindo um painel didático	118
Como transformar uma fonte de computador em fonte didática	119
3. Introdução aos circuitos elétricos	120
Simbologia	120
Atividade prática: montagem de um circuito elétrico simples	121
4. Conhecendo o multímetro	122
Multímetro analógico	122
Multímetro digital	123
Atividade prática: teste de continuidade	126
Para saber mais:	126
5. Como medir a tensão elétrica?	128
Voltímetro:	128
Atividade Prática: uso do multímetro para medir tensão elétrica	129
Como testar uma fonte de tensão?	130
6. Como medir a corrente elétrica?	131
Amperímetro	131
Atividade Prática: uso do multímetro para medir corrente elétrica.....	132
7. Associação de lâmpadas em série.....	133
8. Associação de lâmpadas em paralelo	135
9. Associação de lâmpadas em um circuito misto.....	137
Encontre o erro.....	139
10. Resistores.....	142
Código de Cores	143
Como testar um resistor?	144
Atividade prática	144
11. Resistência equivalente em associação de resistores	146
Resistência equivalente na associação em série	146
Resistência equivalente na associação em paralelo.....	147
Cálculos e medidas nas associações de resistores.....	149
12. Diodo retificador.....	152

Introdução ao Diodo.....	152
Comportamento do diodo ao variar a tensão de alimentação.....	154
13. Diodo Emissor de Luz (LED).....	155
14. Estudo dos capacitores.....	158
15. Associação de capacitores.....	163
Texto de apoio 1: Equação dos geradores.....	165
Texto de apoio 2: Resistência equivalente das associações de resistores.....	166
Resistores em série	166
Resistores em paralelo.....	167
Texto de apoio 3: Diodos (noções básicas)	169
Diodo com polarização direta	172
Diodo com polarização reversa	173
Texto de apoio 4: Capacitores	174
Capacitores em série	177
Capacitores em paralelo	179
Tempo de carga e descarga dos capacitores	180
Apêndice A: Lista de componentes	184
Apêndice B: Instruções para a montagem do painel didático	186
Apêndice C: Instruções para o uso da fonte de computador como fonte didática	193
Referências	196

1. Segurança no uso da energia elétrica em atividades escolares

São bem conhecidos os benefícios do uso da energia elétrica no nosso dia a dia. Entretanto, se for mal utilizada, a energia elétrica pode apresentar sérios perigos. No Brasil, todos os anos ocorrem centenas de acidentes com energia elétrica. Muitos desses acidentes são fatais e também acontecem com crianças e adolescentes. Inclusive, grande parte desses acidentes ocorrem com tensões de uso doméstico como 127 e 220 volts. Por isso, a segurança deve estar sempre em destaque durante as atividades escolares com circuitos elétricos. Nas atividades escolares, devem ser utilizados somente circuitos de extra baixa tensão, como aquelas que são fornecidas por pilhas e baterias. Nunca se deve alimentar os circuitos didáticos com a energia que vem diretamente da tomada sem antes fazer o uso de fontes de segurança. Nas experiências didáticas, professores e alunos devem tomar algumas precauções, tais como:

- Utilizar somente extra baixa tensão fornecida por fontes seguras, nesse caderno de atividades, as tarefas foram planejadas para utilizar tensão máxima de 12 volts.
- Para conectar os fios e cabos, o circuito deve estar desligado da fonte. Nunca tocar diretamente com as mãos nos materiais condutores.
- Inspecionar a isolamento dos fios e cabos utilizados nas atividades. Se houver dano, fazer a troca.
- Utilizar calçados fechados e calça comprida, não é nada prudente manusear componentes elétricos energizados estando com chinelos e bermudas ou descalço.
- A umidade aumenta o risco de choque elétrico, mantenha o corpo e as mãos secas quando estiver trabalhando com circuitos elétricos.
- Nunca fazer brincadeiras com energia elétrica, pois um choque elétrico pode provocar a morte de uma pessoa.
- Tome cuidado ao utilizar ferramentas cortantes, tais como chave de fenda e alicate.

Essas são recomendações básicas que devem ser complementadas pela leitura das normas oficiais e orientações encontradas nos livros didáticos.

Nunca esqueça: em qualquer atividade, a segurança deve estar em primeiro lugar.

2. Construindo um painel didático

As atividades desse caderno foram planejadas para serem realizadas no painel didático que será apresentado a seguir. Esse recurso pode ser utilizado em sala de aula e é facilmente transportável de um lugar para outro, os componentes ficam fixos no painel, assim não ocorre o extravio dos mesmos. As conexões são realizadas por meio de cabos com plugue banana, dessa maneira não se perde tempo, o que é uma grande vantagem para aulas de curta duração. Como não é necessário cortar os cabos, é possível reutilizá-los em todas as aulas, evitando desperdício de material e custos extras, além de ser um grande ganho para o meio ambiente. Caso não seja possível montar esse painel, todas as tarefas podem ser adaptadas para realização em *protoboard* ou placas de circuito impresso. O painel didático pode ser visto na figura 70:

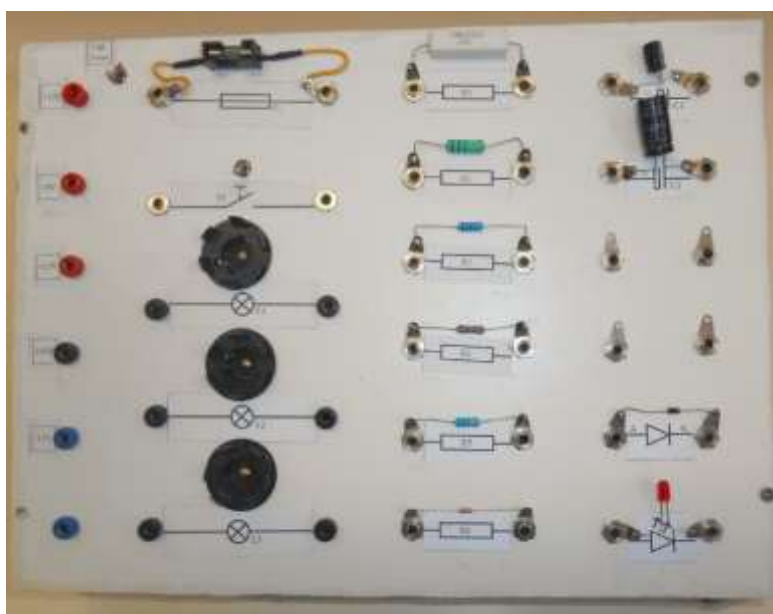


Figura 70: Painel didático. Fonte: O autor.

No apêndice A está a lista dos componentes e materiais necessários. As instruções para a montagem, dimensões e *layout*, podem ser consultadas no apêndice B. Após a montagem desse painel, muitas atividades poderão ser realizadas. Para o estudo das associações em série, paralelo e circuito misto, poderão ser utilizadas as lâmpadas e os resistores. Também poderão ser realizadas atividades de estudo do diodo, LED e capacitores. Outra tarefa importante que pode ser realizada nesse painel didático é o uso do multímetro para realizar medições de tensão, corrente e resistência elétrica.

Como transformar uma fonte de computador em fonte didática

Caso não tenha na escola uma fonte didática, a alternativa sugerida é o uso de fontes de computador como fonte didática. Essas fontes podem ser retiradas de computadores obsoletos ou que já estão fora de uso. Com isso é possível obter tensões de 3,3 V, 5 V, 12 V. A fonte também tem saídas com tensão negativa de -12V e -5V. As instruções para o uso dessa fonte estão no apêndice C desse caderno de atividades. A figura 71 mostra a fonte já retirada da CPU e a figura 72 mostra a fonte adaptada ao painel didático.



Figura 71: Fonte de computador. Fonte: O autor.



Figura 72: Fonte ATX adaptada ao painel didático. Fonte: O autor.

3. Introdução aos circuitos elétricos

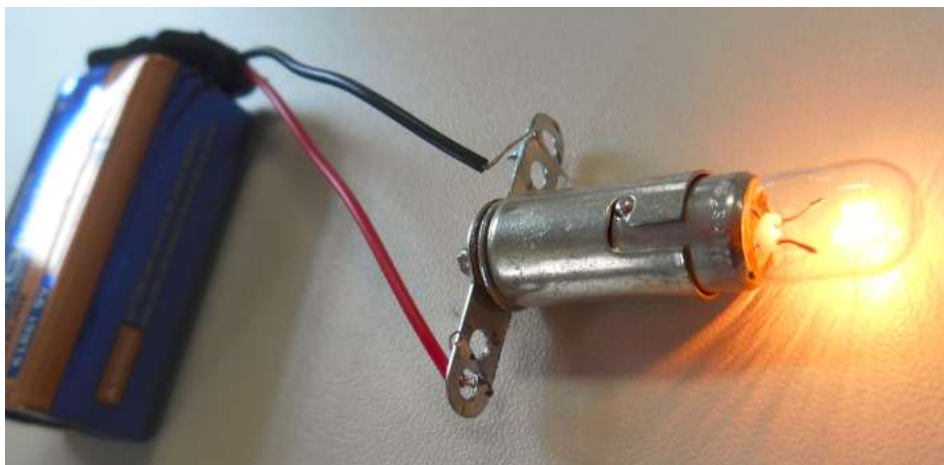


Figura 73: Circuito elétrico simples. Fonte: O autor.

Cada vez que você utiliza um equipamento elétrico ou eletrônico, está fazendo o uso de circuitos elétricos, um exemplo pode ser observado na figura acima. Esse circuito está sendo alimentado por um gerador eletroquímico conhecido como bateria elétrica, que é um tipo de gerador que transforma energia química em energia elétrica. Existem muitos outros tipos de geradores. Por exemplo, os geradores das usinas hidrelétricas transformam energia mecânica em energia elétrica. Ocorrem transformações de energia, sempre que um circuito elétrico está funcionando, nesse exemplo, a lâmpada é o receptor que converte a energia elétrica em energia luminosa e térmica. Para que essas transformações ocorram, é necessário que o receptor seja ligado a bateria por meio de fios condutores elétricos. Existem muitos outros tipos de receptores, por exemplo, os motores elétricos são receptores que convertem energia elétrica em energia mecânica.

Simbologia

Para representar os componentes de um circuito elétrico devemos fazer uso de símbolos padronizados. Alguns desses símbolos estão representados a seguir na tabela 20, os demais serão apresentados gradativamente a cada atividade.


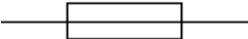
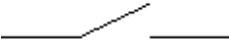
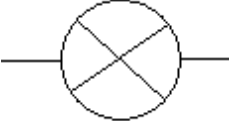
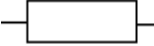

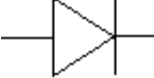
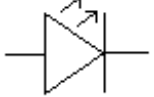
Componente	Símbolo
Terminal de ligação (borne)	
Fusível	
Interruptor Simples	
Lâmpada	
Resistor	
Capacitor eletrolítico	
Diodo retificador	
LED	

Tabela 20: Simbologia utilizada nesse caderno de atividades.

Atividade prática: montagem de um circuito elétrico simples

1.1 Execute as ligações representadas no diagrama da figura 74 e teste o funcionamento do circuito. Atenção: leia as recomendações de segurança com energia elétrica no capítulo 01 desse caderno de atividades. Para realizar essa tarefa, sugerimos o uso do painel didático (ver apêndice B).

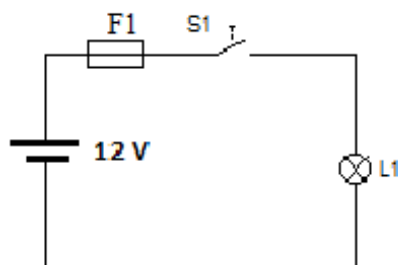


Figura 74: circuito elétrico simples. Fonte: O autor.

4. Conhecendo o multímetro

Leia Atentamente as informações a seguir:

Identificar defeitos em componentes elétricos, verificar se um circuito está energizado, conferir se a fonte está fornecendo a tensão correta, são exemplos de atividades que requerem o uso de instrumentos de medição. Em circuitos elétricos o instrumento mais utilizado é o **multímetro** que também é conhecido como **multiteste**. É um equipamento que tem múltiplas funções, pode ser utilizado para medir: tensão elétrica, corrente elétrica, resistência elétrica e continuidade. Pode incluir outras funções adicionais dependendo da marca, do modelo e preço.

Atenção: O uso errado desses instrumentos pode causar a queima de equipamentos ou até mesmo choque elétrico e curto circuito. Por isso, siga rigorosamente as normas de segurança com eletricidade e as orientações dos fabricantes de cada instrumento.

Multímetro analógico

No **multímetro analógico**, mostrado na figura 75, um ponteiro se movimenta em frente a uma escala que indica o valor medido. Esses multímetros são mais apropriados para uso em bancada porque são mais sensíveis a vibrações e a movimentos bruscos.



Figura 75: (a) multímetro analógico sendo utilizado para medir tensão alternada. (b) Detalhe da escala.
Fonte: o autor.

Multímetro digital



Figura 76: foto de um multímetro digital. Fonte: o autor.

A figura 76 mostra um multímetro digital, esses instrumentos tem seu funcionamento baseado em circuitos eletrônicos. A leitura é mais simples e o valor da medida é disponibilizado em um mostrador (display) que pode ser visto na figura 77. São menos sensíveis a vibrações e a movimentação, por isso são adequados para uso em diversos lugares. Existem muitas marcas e modelos.

Nesse caderno de atividades, propomos o uso preferencial do multímetro digital devido a sua simplicidade e melhor precisão nas medidas.



Figura 77: mostrador de um multímetro digital. Fonte: o autor.

Mostrador (*display*)

No *display* é possível visualizar o resultado da medição, as unidades de medida, códigos de erro como “bateria descarregada” e outras informações adicionais.

Chave seletora:



Figura 78: Chave seletora. Fonte: o autor.

Movimentando a chave seletora é possível escolher a função do multímetro e selecionar a escala adequada. A chave seletora deve ser movimentada lentamente para evitar desgaste. Antes do uso, sempre conferir se a chave seletora está na posição correta. Nunca se deve ultrapassar os valores máximos da escala. Na foto ao lado (figura 78), o valor máximo de tensão é 600 V.

Pontas de prova

As pontas de prova (figura 79) fazem a ligação do multímetro com o componente ou circuito onde será feita a medição. Utilize pontas de prova originais conforme especificado pelo fabricante. Uma ponta de prova danificada pode causar choque elétrico ou erros na medição. Antes do uso, faça um teste de continuidade para verificar se as pontas de prova não estão interrompidas e também verifique se a isolação não está danificada.

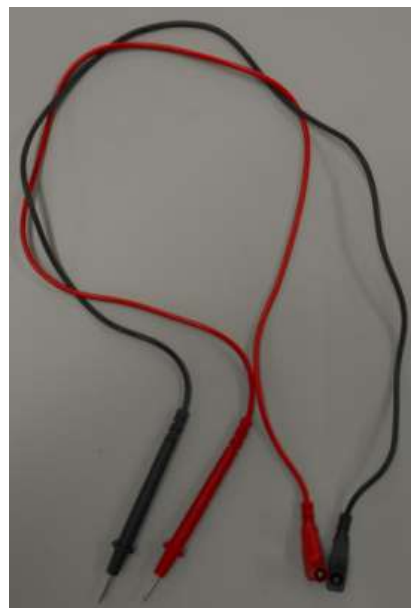


Figura 79: Foto das pontas de prova de um multímetro. Fonte: o autor.

Bornes

Borne é um ponto de ligação, ou seja, é um local preparado para realizar conexões elétricas. Existem vários tipos de bornes. Em alguns componentes, os bornes possuem parafusos para apertar o fio condutor. No multímetro, a conexão é realizada por encaixe de forma rápida, sem necessidade do uso de ferramentas. Nos bornes do multímetro, são conectadas as pontas de prova, conforme pode ser verificado na figura 80.



Figura 80: (a) foto dos bornes de um multímetro digital. (b) Pontas de prova inseridas nos bornes do multímetro. Fonte: o autor.

Na figura anterior os bornes são:

COM: é o borne comum a todas as medições, recebe a ponta de prova na cor preta.

V/mA/Ω: nesse borne você deverá inserir a ponta de prova vermelha para realizar medições de tensão, corrente elétrica até 200mA, continuidade e resistência elétrica.

10A: Nesse borne deve ser conectada a ponta de prova vermelha para medição de correntes acima de 200mA e no máxima até 10A.

Bateria

A bateria de 9 volts alimenta os circuitos eletrônicos do multímetro, (ver figura 81). Tem multímetros que utilizam pilhas. Se a bateria estiver descarregada, pode ocorrer erro na medição. Antes do uso é necessário verificar no mostrador se não há indicação de bateria descarregada.



Figura 81: foto da parte traseira do multímetro mostrando o compartimento da bateria. Fonte: o autor.

Fusível

O fusível oferece proteção contra curto circuito durante erros de medição. Se for necessário substituir o fusível, troque por outro que tenha as especificações iguais ao do fusível original. Em alguns modelos, é necessário abrir o multímetro para efetuar a troca conforme mostra a figura 82.



Figura 82: foto do multímetro aberto onde pode ser visualizado o fusível interno. Fonte: o autor.

Atividade prática: teste de continuidade

O teste de continuidade é muito útil para verificar se um condutor está interrompido e também para testar as pontas de prova do multímetro. Para esse teste, o multímetro utiliza a tensão disponibilizada pela bateria interna. Portanto, o teste de continuidade **NÃO** pode ser realizado em condutores energizados.

- a) Prepare o multímetro para o teste de continuidade, posicionando a chave seletora com a seta voltada para o símbolo conforme indicado na figura 83:

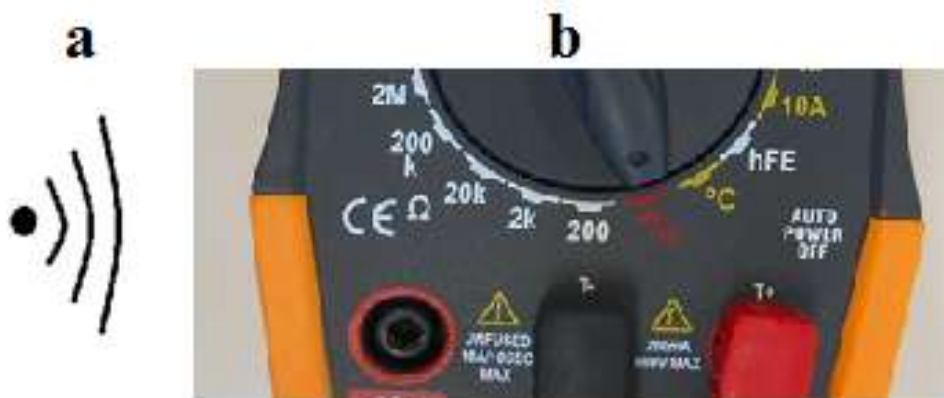



Figura 83: (a) Símbolo do teste de continuidade. (b) foto do multímetro preparado para o teste de continuidade. Fonte: o autor.

- b) Teste as pontas de prova fazendo o contato entre as pontas. Sempre que houver continuidade, o aparelho emite um sinal sonoro (*beep*).
- c) Explique de maneira podemos utilizar o teste de continuidade para verificar se um interruptor simples está funcionando adequadamente. Faça o teste usando o interruptor do painel didático ou outro interruptor que estiver a sua disposição. Importante: esse teste não pode ser realizado em componentes energizados.

Para saber mais:

- a) Leia o manual de instruções de um multímetro digital. Em seguida, complete a tabela a seguir, explicando qual é a função de cada uma das partes do multímetro. A primeira linha foi preenchida como exemplo.

 <p>Figura 84: Partes do multímetro digital. Fonte: O autor.</p>	1 – Display: indica o valor que está sendo medido, mostra códigos de erro e outras mensagens adicionais.
	2 – Tecla “hold”:
	3 – Chave seletora:
	4 – Borne para entrada de 10A:
	5 – Borne “comum”:
	6 – Borne V/mA/Ω:

3.1 – A foto da figura 84, mostra que a chave seletora está posicionada para medir tensão alternada até 200V. Para não danificar o multímetro, a escala escolhida deve ser maior que o valor a ser medido. Porém, a medida poderá perder precisão se se for utilizado uma escala muito acima do valor a ser medido. Observe o multímetro que você está usando e indique na tabela a seguir, qual seria a escala mais apropriada para realizar as medições solicitadas. A primeira linha foi preenchida como exemplo.

	Posição da Chave Seletora	Posição da ponta de prova vermelha	Posição da ponta de prova preta
Medir tensão em uma bateria automotiva.	20V $\overline{\text{-----}}$	Borne V/mA/Ω	Borne COM
Medir a tensão em uma pilha elétrica.			
Medir corrente contínua com valor estimado em 5A.			
Medir a resistência de um resistor de 500Ω.			
Medir tensão em uma tomada que pode ser de 127 ou 220V ~			
Medir tensão de 380V~ na saída de um transformador.			

5. Como medir a tensão elétrica?

Leia atentamente as informações a seguir:

Voltímetro:

O voltímetro é o instrumento que tem a função de medir tensão elétrica. É muito importante verificar qual é a tensão máxima que o instrumento pode medir, se esse valor não for respeitado, o voltímetro será danificado. Por exemplo, na figura 85, a tensão máxima é de 30 volts para ambos os voltímetros. Também é necessário observar se o voltímetro é para tensão alternada (CA) ou para tensão contínua (CC).



Figura 85: Voltímetro analógico (foto). Fonte: o autor.

Simbologia:

Veja a seguir alguns símbolos importantes:

Símbolo genérico para o voltímetro.	Tensão contínua (CC)	Tensão alternada (CA)

Ligação do voltímetro

O **voltímetro deve ser conectado em paralelo** com o componente onde será feita a medição. Nos voltímetros de corrente contínua, a ligação deverá ser realizada de acordo com a polaridade dos seus terminais (positivo e negativo). Veja o esquema representado na figura 86, nesse caso o voltímetro está medindo a diferença de potencial entre os terminais da lâmpada.

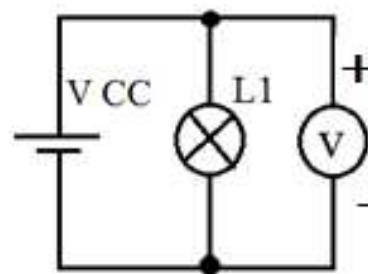


Figura 86: Esquema de ligação do voltímetro. Fonte: o autor.

Atividade Prática: uso do multímetro para medir tensão elétrica

- a) **Demonstração do professor:** Solicitar ao professor uma demonstração do uso do multímetro para medir tensão.
- b) Refaça o desenho representado na figura 87, incluindo as ligações do voltímetro para medir a tensão entre os terminais da lâmpada (L1):

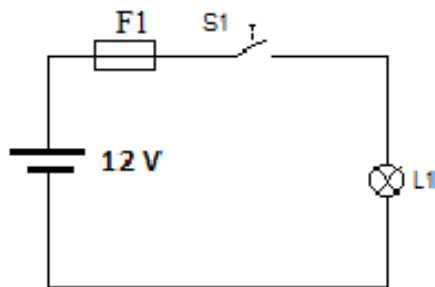


Figura 87: Circuito simples. Fonte: O autor.

- c) Efetue as ligações do circuito representado acima e faça as medições a seguir:

Tensão na lâmpada com a chave (S1) aberta = _____.

Tensão na lâmpada com a chave (S2) fechada = _____.

- d) Uma das maneiras de testar uma fonte é medir a sua tensão de saída e verificar se corresponde ao valor indicado pelo fabricante. Faça o teste registrando o resultado na tabela a seguir. Escolha sempre a escala que possibilitar maior precisão na medida. Observação: os valores abaixo são referentes as saídas da fonte utilizada no painel didático (ver apêndice C). Caso tenha uma fonte diferente, escolha outros valores de tensão para fazer o exercício.

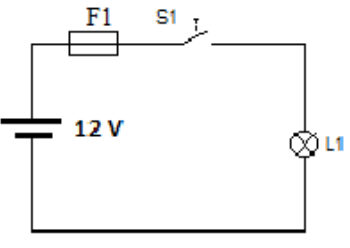





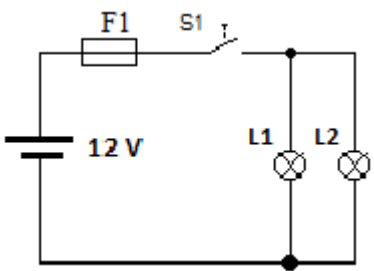
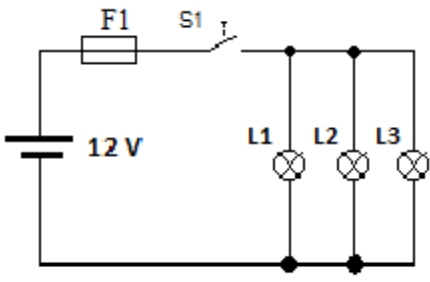
Saída da Fonte	Escala utilizada	Valor medido
3,3 V		
5 V		
12 V		
-5 V		
- 12 V		

- e) Com a orientação do professor, medir a tensão elétrica disponível em uma tomada de energia elétrica.

ATENÇÃO: as tomadas apresentam tensões perigosas que podem causar choques, acidentes graves a até a morte de uma pessoa. Nas tomadas temos tensão alternada, os valores mais comuns são 127V e 220V.

Como testar uma fonte de tensão?

As fontes de tensão CC de boa qualidade devem manter a tensão com um valor constante. As fontes de baixa qualidade podem apresentar queda de tensão quando estão fornecendo energia. O mesmo pode acontecer com baterias automotivas, principalmente quando já estão no final de sua vida útil. Vamos testar a fonte de 12 V que está disponível no painel didático. Para isso você precisa montar os circuitos abaixo e para cada caso medir a tensão na saída fonte (Vcc):

 <p>Simbologia:</p> <ul style="list-style-type: none">  Fonte de tensão contínua, o traço maior representa o polo positivo.  S1 Interruptor  L1 Lâmpada  Fusível  Os traços representam os fios de ligação. 	
<p>Figura 88: Circuito simples e simbologia. Fonte: O autor</p>	
<p>a) Tensão na fonte com a lâmpada apagada = _____</p>	<p>b) Tensão na fonte com a lâmpada acesa = _____</p>
<p>c) Tensão na fonte com duas lâmpadas ligadas em paralelo = _____</p> 	<p>d) Tensão na fonte com três lâmpadas ligadas em paralelo = _____</p> 
<p>Figura 89: Associação com duas lâmpadas em paralelo. Fonte: O autor.</p>	
<p>Figura 90: Associação com três lâmpadas em paralelo. Fonte: O autor.</p>	
<p>e) Quais conclusões você pode tirar? A fonte apresentou desempenho satisfatório?</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	

- **LEITURA COMPLEMENTAR:**
TEXTO DE APOIO 01 – Equação dos geradores.

6. Como medir a corrente elétrica?

Amperímetro

O amperímetro é o instrumento que tem a função de medir corrente elétrica. É muito importante verificar qual é a corrente máxima que o instrumento pode medir, se esse valor não for respeitado, o amperímetro será danificado. Por exemplo, na figura 91, a corrente máxima é de 05 amperes para ambos os amperímetros. Também é necessário observar se o amperímetro é para corrente alternada (CA) ou para corrente contínua (CC).



Figura 91: Amperímetros analógicos (foto). Fonte: O autor.

Simbologia:

Veja a seguir alguns símbolos importantes:

Símbolo genérico para o amperímetro.	Corrente contínua (CC)	Corrente alternada (CA)
	A	A

Ligação do amperímetro

O amperímetro deve ser conectado em série com o componente onde será feita a medição. Nunca conectar o amperímetro em paralelo, ou diretamente na fonte, caso contrário poderá ocorrer um curto circuito. Nos amperímetros de corrente contínua, a ligação deverá ser realizada de acordo com a polaridade (positivo e negativo) dos seus terminais. Veja o esquema representado na figura 92, nesse caso o amperímetro estaria indicando a corrente elétrica que circula através do filamento da lâmpada.

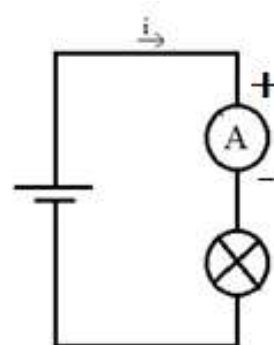


Figura 92: Esquema de ligação do amperímetro. Fonte: o autor.

Atividade Prática: uso do multímetro para medir corrente elétrica

a) Demonstração do professor:

Solicitar ao professor uma demonstração do uso do multímetro para medir corrente elétrica.

b) Refaça o desenho representado na figura 93, incluindo as ligações do amperímetro para medir a corrente elétrica que circula no filamento da lâmpada (L1):

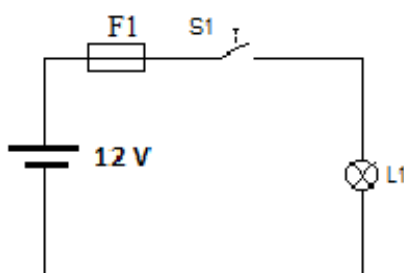


Figura 93: Circuito elétrico simples. Fonte: O autor.

c) O multímetro tem capacidade para medir a corrente do circuito? Para descobrir é necessário efetuar os cálculos. Sabendo a potência (P) em Watts e a tensão nominal da lâmpada (U) em Volts, é possível calcular a corrente utilizando a equação abaixo:

$$i = \frac{P}{U}$$

Corrente elétrica (calculado) = _____

Escala a ser selecionada no multímetro = _____

d) Monte o circuito, faça a medição e anote abaixo o valor medido:

Corrente medida = _____

e) O resultado corresponde ao valor calculado? Quais são as causas das pequenas diferenças que podem aparecer entre o valor real e o valor calculado?

7. Associação de lâmpadas em série

Você já percebeu que em alguns enfeites de Natal, a queima de uma lâmpada faz com que várias outras também deixem de funcionar? Nesse tipo de ligação as lâmpadas são ligadas em série. As associações em série são muito utilizadas em circuitos eletrônicos. Nessa atividade você deverá verificar quais são as características desse tipo de associação.

Como é o funcionamento de uma associação em série?

Para analisar o funcionamento de uma associação em série, você deverá efetuar as ligações conforme esquema representado na figura 94, e em seguida fazer os testes que serão solicitados:

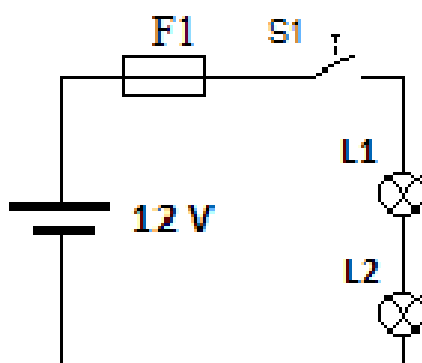


Figura 94: Associação em série. Fonte: O autor.

- a) **Se uma única lâmpada for retirada do seu receptáculo, será que a outra permanecerá funcionando?** Faça o teste e explique abaixo o que aconteceu:

- b) **Como que a tensão elétrica da fonte fica distribuída entre os componentes da associação em série?** Com as lâmpadas ligadas, realize as medições solicitadas a seguir.
 - Tensão ente os polos da fonte de alimentação: _____
 - Tensão entre os terminais da lâmpada L1: _____
 - Tensão entre os terminais da lâmpada L2: _____

- c) **Como é o comportamento da corrente elétrica em uma associação em série?**
 Realize as medições solicitadas no circuito representado na figura 95.

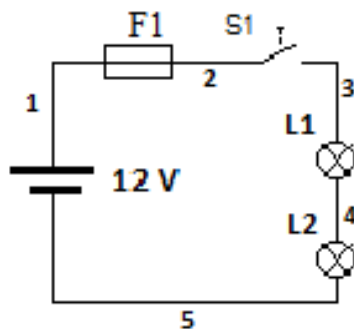


Figura 95: Associação em série (c). Fonte: O autor.

Corrente elétrica medida no condutor 1 = _____

Corrente elétrica medida no condutor 2 = _____

Corrente elétrica medida no condutor 3 = _____

Corrente elétrica medida no condutor 4 = _____

Corrente elétrica medida no condutor 5 = _____

- d) Analisando as experiências que você acabou de fazer, cite três características de uma associação em série:

8. Associação de lâmpadas em paralelo

Você já notou que em alguns lugares um único interruptor liga várias lâmpadas ao mesmo tempo? Talvez na sala de aula ou na sua casa tenha uma situação assim. Geralmente, nesse tipo de ligação as lâmpadas são ligadas em paralelo. Nessa atividade você deverá verificar quais são as características desse tipo de associação.

Como é o funcionamento de uma associação em paralelo?

Para analisar o funcionamento de uma associação em paralelo, você deverá efetuar as ligações conforme o esquema da figura 96, e em seguida fazer os testes que serão solicitados:

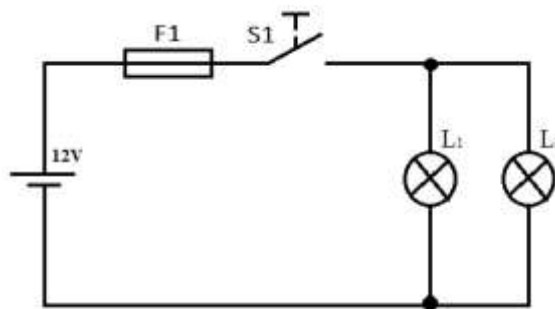


Figura 96: Associação em paralelo. Fonte: O autor.

- a) **Se uma única lâmpada for retirada do seu receptáculo, será que a outra permanecerá funcionando?** Faça o teste e explique abaixo o que aconteceu:

- b) **Como que a tensão elétrica da fonte fica distribuída entre os componentes da associação em paralelo?** Realize as medições a seguir para análise.
 - Tensão ente os polos da fonte de alimentação: _____
 - Tensão entre os terminais da lâmpada L1: _____
 - Tensão entre os terminais da lâmpada L2: _____

- c) **Como é o comportamento da corrente elétrica em uma associação em paralelo?** Realize as medições de corrente no circuito representado na figura 97:

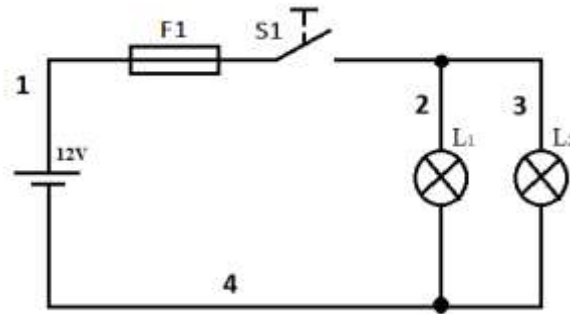


Figura 97: Associação em paralelo. Fonte: O autor.

Corrente elétrica medida no condutor 1 = _____.

Corrente elétrica medida no condutor 2 = _____.

Corrente elétrica medida no condutor 3 = _____.

Corrente elétrica medida no condutor 4 = _____.

- d) Analisando as experiências que você acabou de fazer, cite três características de uma associação em paralelo:

9. Associação de lâmpadas em um circuito misto

Para analisar o funcionamento de uma associação mista, você deverá efetuar as ligações conforme o esquema da figura 98, e em seguida fazer os testes que serão solicitados:

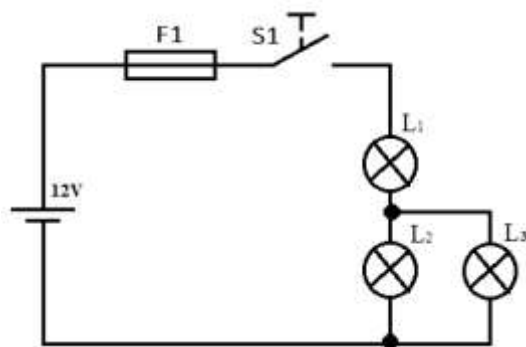


Figura 98: Circuito Misto. Fonte: O autor.

- a) **Se uma única lâmpada for retirada do seu receptáculo, será que as outras permanecerão funcionando?** Primeiro observe o circuito funcionando com todas as lâmpadas. Em seguida retire uma lâmpada por vez deixando em funcionamento as outras duas lâmpadas. Explique o que acontece com as outras lâmpadas, anote se apagaram ou tiveram variação no brilho.

- Ao retirar L1:

- Ao retirar L2:

- Ao retirar L3:

b) **Como que a tensão elétrica da fonte fica distribuída entre os componentes da associação mista?** Com todas as lâmpadas funcionando, realize as medições a seguir para análise.

- Tensão ente os polos da fonte de alimentação: _____
- Tensão entre os terminais da lâmpada L1: _____
- Tensão entre os terminais da lâmpada L2: _____
- Tensão entre os terminais da lâmpada L3: _____

c) **Como é o comportamento da corrente elétrica em uma associação mista?** Realize as medições de corrente solicitadas no circuito da figura 99:

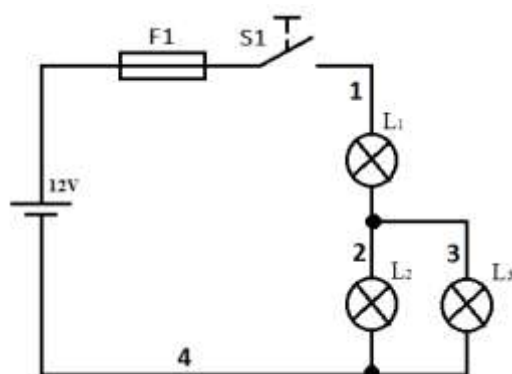


Figura 99: Circuito Misto. Fonte: O autor.

Corrente elétrica medida no condutor 1 = _____

Corrente elétrica medida no condutor 2 = _____

Corrente elétrica medida no condutor 3 = _____

Corrente elétrica medida no condutor 4 = _____

d) Qual das lâmpadas está suportando a corrente total do circuito?

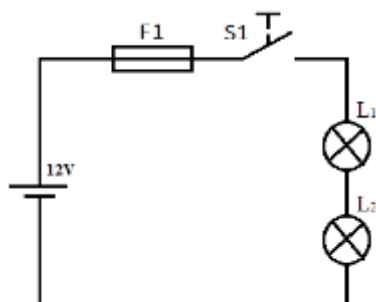
e) Qual das lâmpadas está ligada em série com as demais?

f) Quais lâmpadas estão ligadas em paralelo entre si?

Encontre o erro

Um estudante realizou uma experiência associando lâmpadas em circuitos série, paralelo e misto. Porém, ele cometeu alguns erros conforme está representado nos diagramas a seguir. Monte cada um desses circuitos da mesma maneira que está no diagrama (figuras 100 até 104), teste e identifique o erro (se houver). Em cada associação, todas as lâmpadas deveriam acender, nem sempre as lâmpadas apresentarão o mesmo brilho.

Circuito 01

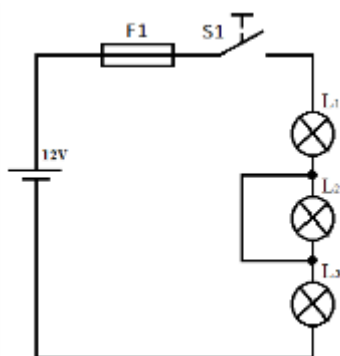


Refaça o desenho com as correções (se houver):

Figura 100: Encontre o erro (circuito 01). Fonte: O autor.

Explique onde estava o erro (se houver):

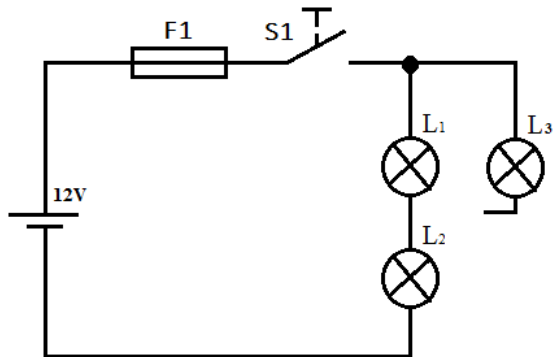
Circuito 02



Refaça o desenho com as correções (se houver):

Figura 101: Encontre o erro (circuito 02). Fonte: O autor.

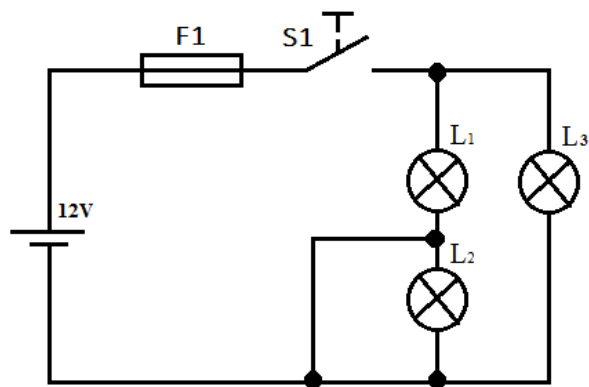
Explique onde estava o erro (se houver):

Circuito 03

Refaça o desenho com as correções (se houver):

Figura 102: Encontre o erro (circuito 03). Fonte: O autor.

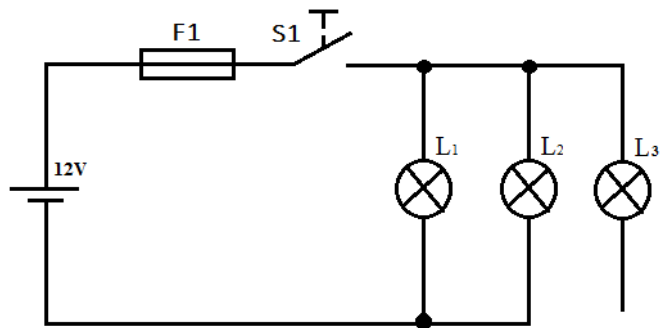
Explique onde estava o erro (se houver):

Circuito 04

Refaça o desenho com as correções (se houver):

Figura 103: Encontre o erro (circuito 04). Fonte: O autor.

Explique onde estava o erro (se houver):

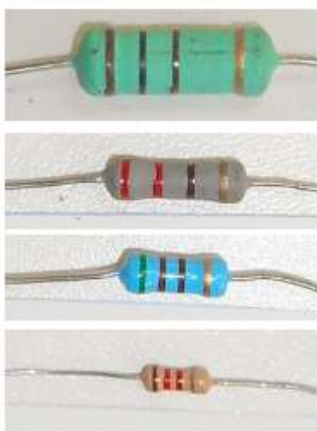
Circuito 05

Refaça o desenho com as correções (se houver):

Figura 104: Encontre o erro (circuito 05). Fonte: O autor.

Explique onde estava o erro (se houver):

10. Resistores



Os resistores são componentes fabricados com valores específicos de resistência elétrica. São utilizados com o objetivo de limitar o valor da corrente elétrica ou causar quedas de tensão nos circuitos. A energia é dissipada no resistor sob a forma de calor. Existem muitos tipos de resistores, os da foto ao lado (figura 105) são resistores de valor fixo, mas existem também resistores variáveis.

Figura 105: resistores. Fonte: O autor.

SIMBOLOGIA:

Para representar esses componentes são utilizados símbolos padronizados a seguir:

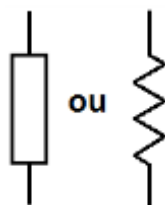


Figura 106: Símbolos para resistores com resistência fixa. Fonte: O autor.

CARACTERÍSTICAS DOS RESISTORES:



Figura 107: Resistor de potência. Fonte: O autor.

Na figura 107, podemos observar as características de fabricação de um resistor. Os valores de fábrica são denominados de valores nominais. Nesse exemplo, o resistor foi fabricado com potência nominal de 20W e resistência de 680 Ω , com tolerância de $\pm 10\%$.

Código de Cores

Para resistores de pequeno tamanho não é viável escrever essas informações no próprio resistor, nesse caso é utilizado um código de cores. Um exemplo está na figura 108, no corpo do resistor tem faixas coloridas e cada cor representa uma informação.

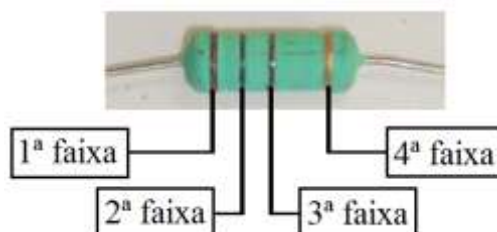


Figura 108: Código de cores p/ resistores de 4 faixas. Fonte: O autor.

A primeira faixa é aquela que está mais próxima da extremidade do resistor. Para as duas primeiras faixas, cada cor representa um algarismo. A terceira faixa representa o fator de multiplicação e a quarta faixa é o percentual de tolerância. Nos **resistores com cinco faixas**, cada uma das três primeiras faixas representam um algarismo. A quarta faixa representa o fator de multiplicação e a quinta faixa é o percentual de tolerância.

1ª e 2ª faixas		3ª faixa		4ª faixa (tolerância)	
Preto	0	Multiplique por:			
Marrom	1	Prata	0,01	Vermelho	± 2%
Vermelho	2	Ouro	0,1	Ouro	± 5%
Laranja	3	Preto	1	Prata	± 10%
Amarelo	4	Marrom	10	Nenhuma	± 20%
Verde	5	Vermelho	100		
Azul	6	Laranja	1000		
Violeta	7	Amarelo	10000		
Cinza	8	Verde	100000		
Branco	9	Azul	1000000		

Tabela 21: Código de cores. Fonte: Tooley, 2007, p. 22.

Exemplos:

- Resistor de $680 \Omega \pm 20\%$: azul, cinza, marrom.
- Resistor de $22.000 \Omega \pm 10\%$: vermelho, vermelho, laranja e prata.
- Resistor de $1,2 \Omega \pm 2\%$: marrom, vermelho, ouro e vermelho.

Como testar um resistor?

Para verificar se um resistor está em boas condições, meça a sua resistência com um multímetro. Depois compare o valor medido com o seu valor de fabricação. Se o valor medido estiver dentro do seu percentual de tolerância, pode se afirmar que o resistor está em boas condições. Por exemplo, para um resistor de $100\ \Omega$ com tolerância de $\pm 10\%$, a sua resistência deverá estar entre 90 a $110\ \Omega$.

ATENÇÃO:

Para medir resistência elétrica com o multímetro, os componentes devem ser previamente desligados da fonte de alimentação.

Quando medir resistência, não colocar as mãos sobre os terminais do componente que está sendo medido, porque a resistência elétrica do corpo humano poderá causar erros no resultado final.

Atividade prática

10.1– Selecione seis resistores, (use os resistores do painel didático), anote as cores e determine qual é o valor da resistência nominal com o percentual de tolerância.

Resistor	Cores	Resistência nominal
R1		
R2		
R3		
R4		
R5		
R6		

10.2– Agora, faça o teste para verificar se o resistor está de acordo com a especificação. O procedimento deverá ser registrado na tabela a seguir. Para a pergunta “O resistor está de acordo com a especificação?”, marque SIM se a resistência estiver dentro da tolerância e NÃO caso esteja fora da tolerância. A primeira linha foi preenchida com um exemplo.

Resistência nominal	Faixa de valores possíveis para a resistência	Resistência medida com o multímetro.	O resistor está de acordo com a especificação? (SIM ou NÃO)
100 $\Omega \pm 10\%$	90 a 110 Ω	85 Ω	NÃO

10.3- Descubra qual é o resistor que permite que a lâmpada acenda:

- a) Dos resistores que estão à sua disposição, qual deve ser usado no circuito para que a lâmpada tenha o maior brilho possível? Monte o circuito da figura 109 e faça o teste com cada um dos resistores.

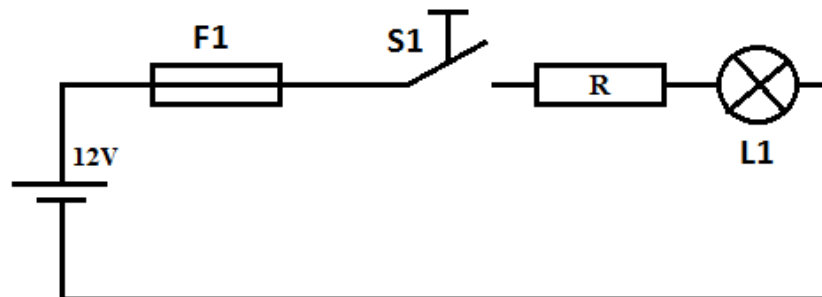


Figura 109: Resistor e lâmpada em série. Fonte: O autor.

- b) Explique porque a lâmpada acendeu somente com o resistor _____ ou com os resistores _____.

11. Resistência equivalente em associação de resistores

Resistência equivalente na associação em série

Como podemos determinar a resistência equivalente de uma associação de resistores em série?

11.1- Selecione seis resistores (use os resistores do painel didático) e realize a medida das resistências anotando o resultado na tabela a seguir.

R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6

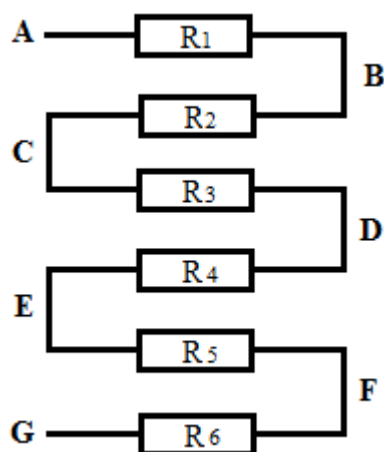


Figura 110: Associação de resistores em série.

11.2 Utilizando os resistores que você selecionou, monte o circuito da figura 110, esse circuito **não** será ligado na fonte.

11.3 Com o multímetro, determine a resistência equivalente entre os pontos solicitados:

g) $R_{AB} =$ _____

h) $R_{AC} =$ _____

i) $R_{AD} =$ _____

j) $R_{AE} =$ _____

k) $R_{AF} =$ _____

l) $R_{AG} =$ _____

11.4- Vamos confirmar os resultados. Para isso é necessário calcular o valor teórico das resistências equivalentes. Descubra qual é a equação para cada caso. A primeira equação foi dada como exemplo:

g) $R_{AC} = R_1 + R_2 =$ _____

h) $R_{AD} =$ _____

i) $R_{AE} =$ _____

j) $R_{AF} =$ _____

k) $R_{AG} =$ _____

l) $R_{AB} =$ _____

Resistência equivalente na associação em paralelo

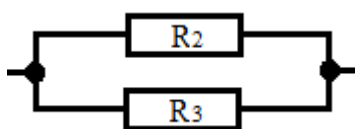
Como podemos determinar a resistência equivalente de uma associação de resistores em paralelo?

- **LEITURA COMPLEMENTAR:**

Texto de apoio 02: Resistência equivalente das associações de resistores.

11.5 - Para as associações em paralelo, a resistência equivalente também pode ser determinada por meio de cálculos ou com o uso do multímetro. Para cada uma das associações a seguir, utilize os dois métodos, primeiro faça a medição com o multímetro, e depois confirme o resultado utilizando cálculos. Faça uma pesquisa para descobrir qual é a equação mais apropriada para cada circuito.

a) Dois resistores com o mesmo valor de resistência:



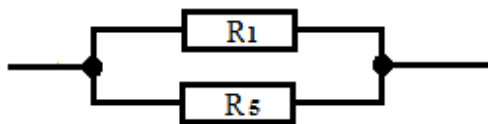
R_2 e $R_3 = 100\Omega$

Valor medido $\rightarrow R_{EQ} = \underline{\hspace{2cm}}$.

Figura 111: Dois resistores iguais em paralelo. Fonte: o autor.

Cálculos:

b) Dois resistores com resistências diferentes:



$R_1 = 10\ \Omega$

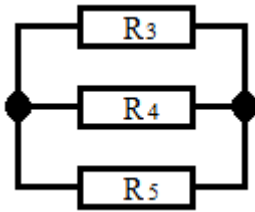
$R_5 = 510\ \Omega$

Valor medido $\rightarrow R_{EQ} = \underline{\hspace{2cm}}$

Figura 112: Dois resistores diferentes em paralelo. Fonte: O autor.

Cálculos:

c) Três resistores com resistências diferentes:



$$R_3 = 100 \, \Omega$$

$$R_4 = 220 \, \Omega$$

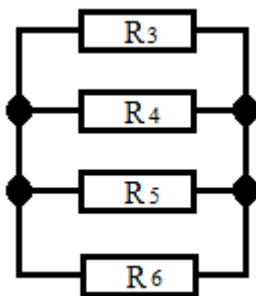
$$R_5 = 510 \, \Omega$$

Valor medido $\rightarrow R_{EQ} = \underline{\hspace{2cm}}$

Cálculos:

Figura 113: Três resistores em paralelo.
Fonte: O autor.

d) Quatro resistores com resistências diferentes:



$$R_3 = 100 \, \Omega$$

$$R_4 = 220 \, \Omega$$

$$R_5 = 510 \, \Omega$$

$$R_6 = 1200 \, \Omega$$

Valor medido $\rightarrow R_{EQ} = \underline{\hspace{2cm}}$.

Cálculos:

Figura 114: quatro resistores em paralelo.
Fonte: o autor.

Cálculos e medidas nas associações de resistores

Ao efetuar medidas em circuitos elétricos, é importante verificar se o resultado está coerente com o valor esperado. Erros na medição ou na interpretação dos resultados podem levar a resultados absurdos, como exemplos: valores muito acima ou muito abaixo do possível. Os erros podem acontecer devido a defeitos no multímetro, defeitos nos componentes, erro na seleção da escala do multímetro, entre outros.

Monte os circuitos abaixo, ligue-os e verifique com o multímetro as tensões solicitadas. Em seguida, utilize cálculos para verificar se as medidas estão corretas.

a) Associação 01

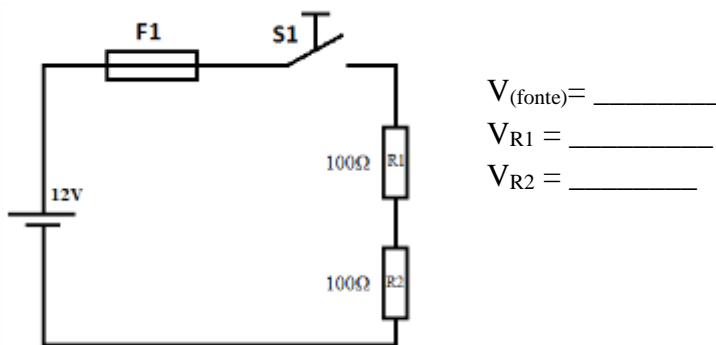


Figura 115: Associação 1. Fonte: O autor.

b) Associação 02

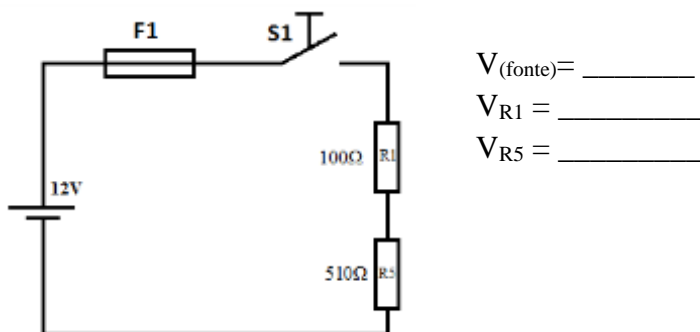
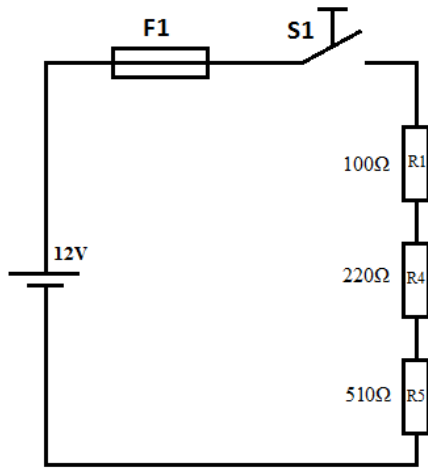


Figura 116: Associação 02. Fonte: o autor.

c) Associação 03



$$V_{(\text{fonte})} = \underline{\hspace{2cm}}$$

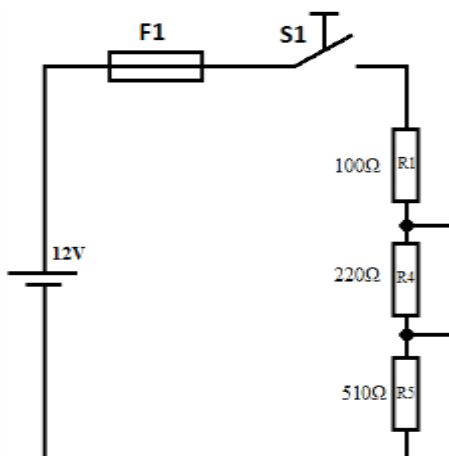
$$V_{R1} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$V_{R4} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$V_{R5} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Figura 117: Associação 03. Fonte: o autor.

d) Associação 04



$$V_{(\text{fonte})} = \underline{\hspace{2cm}}$$

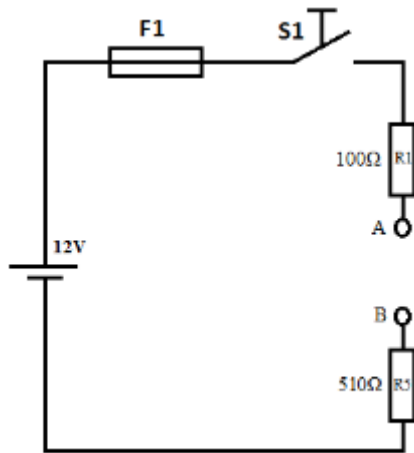
$$V_{R1} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$V_{R4} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$V_{R5} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Figura 118: Associação 04. Fonte: o autor.

e) Associação 05:



Observação: os pontos A e B não possuem conexão com o circuito.

$$V_{(\text{fonte})} = \underline{\hspace{2cm}}$$

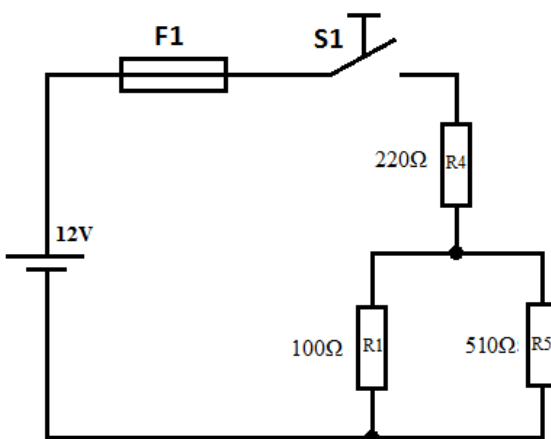
$$V_{R1} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$V_{AB} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$V_{R5} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Figura 119: Associação 5. Fonte: O autor.

f) Associação 06



$$V_{(\text{fonte})} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$V_{R4} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$V_{R1} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$V_{R5} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Figura 120: Associação 06. Fonte: o autor.

12. Diodo retificador

Introdução ao Diodo

Nessa atividade, você vai conhecer um componente de grande importância na eletrônica: o diodo retificador. A figura 121 revela o aspecto físico e a simbologia usada para representar esse componente.

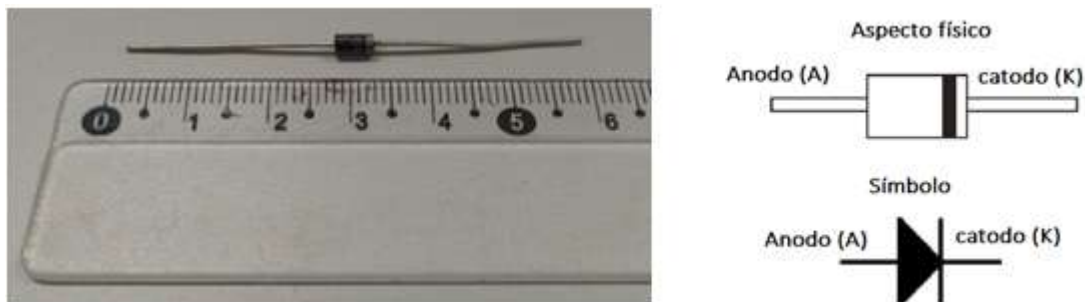


Figura 121: Diodo retificador: aspecto físico e simbologia. Fonte: o autor.

Qual é o comportamento do diodo no circuito? Para responder essa questão, vamos fazer testes inserindo o diodo em um circuito.

12.1 Diodo com polarização direta.

- a) Acrescente no desenho ao lado uma seta indicando qual seria o sentido convencional da corrente elétrica na lâmpada.

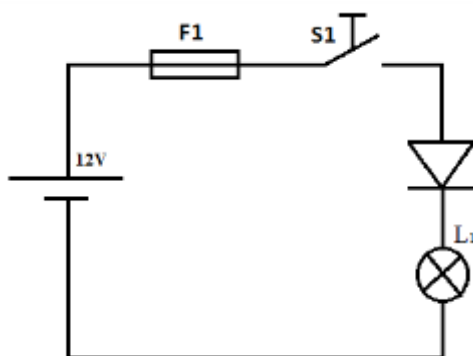


Figura 122: diodo com polarização direta. Fonte: o autor.

- b) Monte o circuito e faça o teste verificando se a lâmpada acende.

12.2 - Diodo com polarização reversa

- a) Acrescente no desenho ao lado uma seta indicando qual seria o sentido convencional da corrente elétrica na lâmpada.

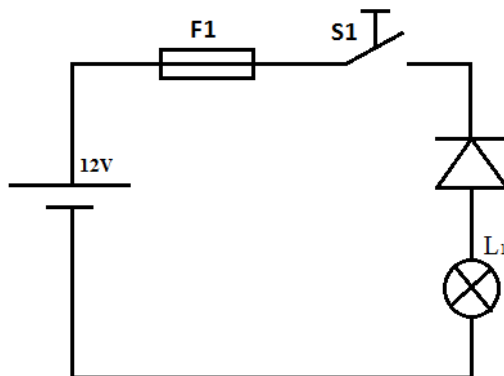


Figura 123: diodo com polarização reversa. Fonte: o autor.

- b) Monte o circuito e faça o teste verificando se a lâmpada acende.

12.3 - Suas conclusões:

- a) Qual foi o comportamento do diodo na polarização direta?
- b) Qual foi o comportamento do diodo na polarização reversa?
- c) Há algo em comum entre o símbolo do diodo e o sentido convencional da corrente elétrica?

Comportamento do diodo ao variar a tensão de alimentação

12.4- No desenho abaixo (figura 124), acrescente um voltímetro V1 que deverá a diferença de potencial entre os terminais do diodo. Represente também um voltímetro V2 que mostrará a tensão entre os terminais do resistor.

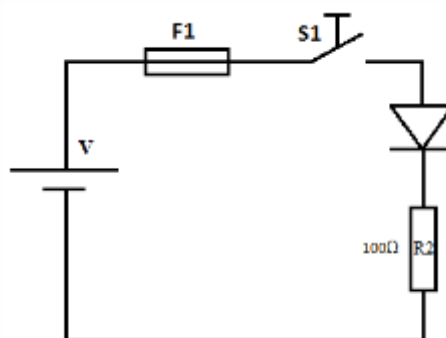


Figura 124: estudo do diodo. Fonte: O autor.

12.5- Vamos verificar qual é o comportamento do diodo ao variar a tensão de alimentação. No lugar dos voltímetros V1 e V2, utilize o multímetro devidamente preparado para medir tensão. Faça as medições usando as saídas da fonte de: (3,3 V), (5 V) e (12 V). Anote os resultados na tabela a seguir:

Tensão de alimentação (V)	Tensão no diodo (V1)	Tensão no Resistor (V2)

12.6- Compare as tensões no diodo com as tensões no resistor. Explique como foi o comportamento desses componentes ao variar a tensão de alimentação.

12.7- Analise as experiências realizadas nessa atividade e cite abaixo pelo menos duas características do diodo:

- **LEITURA COMPLEMENTAR:**
Texto de apoio 03: Diodos (noções básicas).

13. Diodo Emissor de Luz (LED)



Figura 125: Diodo Emissor de Luz - aspecto físico. Fonte: O autor.

O diodo emissor de luz é mais conhecido como LED que é a sigla para *Light Emitting Diode*. São fabricados em várias cores e tamanhos. Antigamente era de uso exclusivo para sinalização, por exemplo, para mostrar que um equipamento está ligado. Atualmente, há LEDs próprios também para iluminação de ambientes, e a tendência é que as “lâmpadas a LED” ganhem cada vez mais espaço. Os seus terminais também recebem os nomes de anodo (A) e catodo (K). Olhando o LED por baixo, vemos uma parte reta no seu corpo chamada de chanfro, essa parte identifica o terminal catodo conforme representado na figura 126.

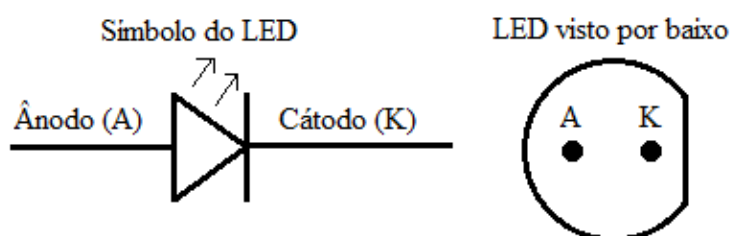


Figura 126: Símbolo do LED. Fonte: O autor.

Para funcionar corretamente, o LED precisa ser ligado com polarização direta. É necessário verificar com o fabricante quais são valores nominais de tensão e corrente. Os LEDs de sinalização funcionam normalmente com tensões inferiores a 2 V e com corrente próximo a 20 mA.

ATIVIDADES

13.1– Um estudante necessita ligar um LED, conforme mostra o diagrama da figura 127. Será utilizada uma fonte de 12 volts. O LED deverá funcionar com corrente de 20 mA e tensão de 1,8 V.

Ajude o estudante a especificar corretamente o resistor, fazendo os cálculos:

- Resistência nominal do resistor:
- Potência dissipada no resistor:

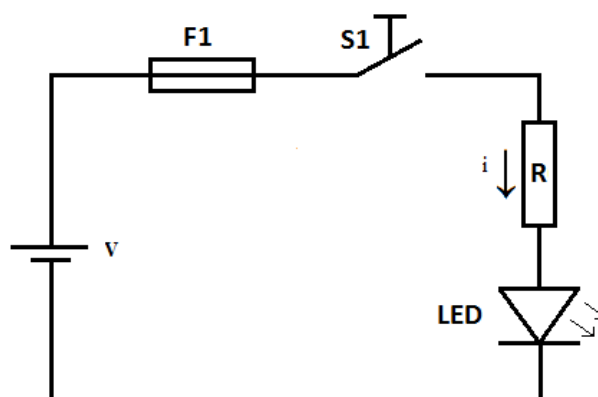


Figura 127: exercício com LED. Fonte: O autor.

13.2– Após efetuar os cálculos, monte o circuito e realize o teste, (utilize o painel didático). Caso não tenha um resistor com o valor calculado anteriormente, projete uma associação de resistores que tenha resistência equivalente mais próxima possível do valor desejado.

13.3- Será que o circuito ficou dentro das especificações? Para ter certeza, precisamos medir os valores de tensão e corrente do LED. Refaça o desenho, acrescentando um voltímetro e amperímetro que deverão registrar respectivamente os valores de tensão e corrente no LED.

13.4- Utilizando um multímetro, faça as medições solicitadas a seguir e registre o resultado abaixo:

- Tensão no LED: _____
- Corrente no LED: _____
- Tensão da fonte: _____
- Tensão no Resistor: _____

13.5- Desafio:

Utilizando os componentes disponíveis no painel didático, projete o circuito para ligar o LED na fonte de 5 volts e também na fonte de 3,3 V. Considere que o LED deverá funcionar com tensão de 1,8 V e corrente de 20 mA. Você deverá calcular o resistor mais apropriado. Se não tiver o resistor, será necessário montar uma associação que tenha resistência equivalente o mais próximo possível da resistência desejada.

a) Projeto do circuito com a fonte de 5 V.

b) Projeto do circuito com a fonte de 3,3.

14. Estudo dos capacitores

Existem muitos tipos de capacitores. Na foto da figura 128, pode ser visto um capacitor eletrolítico. Atenção, esse tipo de capacitor possui polaridade, ou seja, tem terminais positivo e negativo, por isso deve ser usado somente com tensão contínua. O capacitor eletrolítico pode estourar se for ligado com os terminais invertidos, sempre confira se as ligações estão corretas antes de ligar o circuito. Outro detalhe importante é que nunca se deve ultrapassar a tensão máxima marcada no corpo do capacitor, o capacitor mostrado na figura 128 tem tensão máxima de 63 V. Outra característica importante dos capacitores é o valor de capacitância, o capacitor da figura 128 possui capacitância de 470 microfarads.



Figura 128: Capacitor eletrolítico. Fonte: O autor.

ATIVIDADES

Observação: em todas as experiências com capacitor, será sugerido o uso do resistor R1 de 10 Ω para evitar o pico de corrente no momento de ligar o circuito.

14.1 - Qual é a função básica de um capacitor?

É comum encontrar capacitores em circuitos eletrônicos, mas quais são os efeitos que esse componente pode provocar em um circuito elétrico simples? Para responder essa pergunta, vamos verificar o funcionamento de um circuito em dois momentos: sem o capacitor e após a ligação do capacitor.

- a) Monte o circuito abaixo (figura 129). Em seguida ligue e desligue o interruptor S1 observando o brilho do LED.

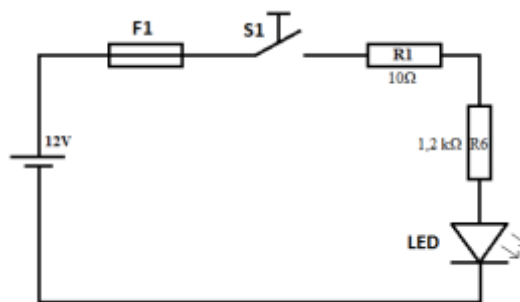


Figura 129: Circuito sem o capacitor. Fonte: O autor.

- b) Agora, vamos acrescentar ao circuito o capacitor C2, de acordo com o diagrama da figura 130. **ATENÇÃO:** Esse capacitor possui polaridade, cuidado para não inverter os terminais positivo (+) e negativo (-). No painel didático, o valor sugerido para C2 é 2200uF/25V.

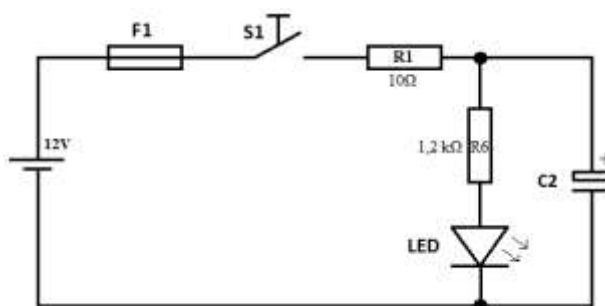


Figura 130: Circuito com capacitor. Fonte: O autor.

- Ligue a chave S1 e aguarde 10 segundos.
- Desligue a chave S1 e fique observando o brilho do LED.
- Compare o funcionamento do circuito 01 com o circuito 02. Qual foi a mudança que o capacitor provocou no circuito?

14.2- Ao comparar capacitores, como podemos saber qual deles tem maior capacidade para armazenar cargas elétricas?

- a) Primeiramente, leia os valores anotados nos capacitores e complete as informações abaixo:
- O Capacitor **C1** possui **tensão nominal** de _____ V e **capacitância** igual a _____ μF .
 - O Capacitor **C2** possui **tensão nominal** de _____ V e **capacitância** igual a _____ μF .

- b) Vamos comparar o desempenho dos dois capacitores, para isso será necessário montar o circuito da figura 131 a seguir, utilize o capacitor C2.

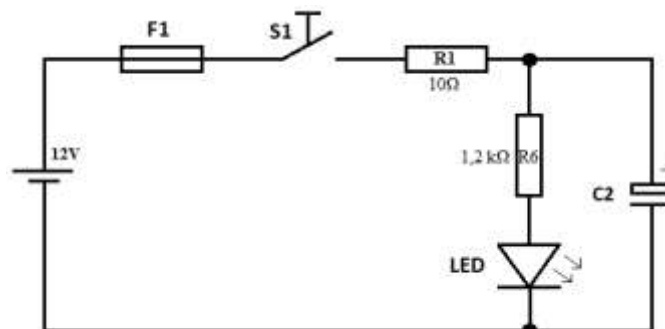


Figura 131: Circuito com capacitor C2. Fonte: O autor.

- c) Tente cronometrar o tempo que cada capacitor consegue manter o LED aceso. Ligue a chave S1 e espere um tempo para que o capacitor fique totalmente carregado. Você deve disparar o cronômetro no mesmo instante em que desligar a chave S1. Anote o tempo em que o LED permaneceu aceso. Para reduzir a chance de erro, cada aluno deve fazer uma medida e o resultado final será a média aritmética das medições. Registre os resultados na tabela abaixo:

Aluno 01	Aluno 02	Aluno 03	Aluno 04	Aluno 05	Média

- d) Troque o capacitor C2 pelo capacitor C1 e repita as medidas de tempo. Registre os resultados na tabela a seguir:

Aluno 01	Aluno 02	Aluno 03	Aluno 04	Aluno 05	Média

- e) Compare os resultados obtidos nos itens (c) e (d) e explique de que maneira a capacitância interfere no tempo de descarga do capacitor:
- f) Com base nessa experiência, tente explicar o que você entendeu a respeito da capacitância:

14.3 - Além da capacitância, o que mais interfere no tempo de descarga de um capacitor?

Vamos cronometrar o tempo de descarga de um capacitor e analisar a influência do resistor que está sendo utilizado no circuito.

a) Monte o circuito, conforme o diagrama da figura 132:

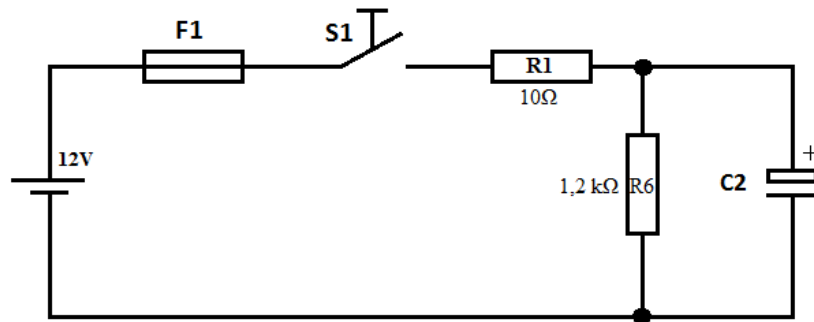


Figura 132: Circuito para medição do tempo de descarga do capacitor. Fonte: O autor.

b) Refaça o desenho, acrescentando ao circuito um voltímetro, que deverá indicar a tensão elétrica nos terminais do capacitor.

c) No lugar do voltímetro, você deverá utilizar o multímetro devidamente preparado para medir tensão. Em seguida ligue a chave S1 e espere um tempo para que o capacitor fique totalmente carregado.

d) Tempo de descarga do capacitor

Agora, vamos cronometrar o tempo de descarga do capacitor. Desligue a chave S1 e ao mesmo tempo dispare o cronômetro. Anote qual é o tempo necessário para que o capacitor seja descarregado. Ao descarregar o capacitor, pode ser que a tensão não chegue exatamente à zero. Portanto, considere o capacitor descarregado quando a tensão for menor que 0,1V.

Anote os tempos medidos na tabela a seguir. Para reduzir a chance de erro, cada aluno deve fazer uma medida e o resultado final será a média aritmética das medições.

Aluno 01	Aluno 02	Aluno 03	Aluno 04	Aluno 05	Média

- e) Troque o resistor do circuito por outro com resistência de 510Ω (nesse caso é o resistor R5 do painel didático). Repita as medidas de tempo e registre os resultados na tabela a seguir:

Aluno 01	Aluno 02	Aluno 03	Aluno 04	Aluno 05	Média

- f) Compare os resultados obtidos nos itens (d) e (e) e explique de que maneira o valor da resistência do resistor interfere no tempo de descarga do capacitor:

Associação de capacitores

15.1– Ao associar capacitores em série ou em paralelo, o que acontece com o valor total da capacitância do circuito? Monte o circuito representado na figura 133 e resolva as questões a seguir:

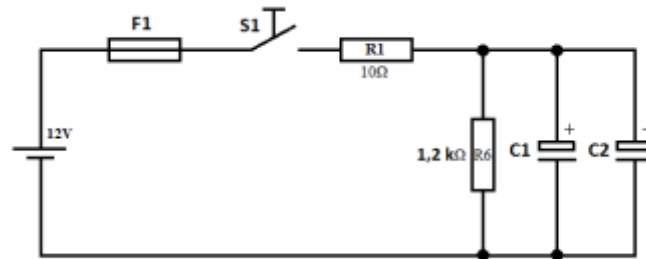


Figura 133: Associação de capacitores (circuito 01). Fonte: O autor.

- Nesse circuito, qual é o tipo de associação formada pelos capacitores?
- Com um cronômetro, verifique o tempo de descarga da associação de capacitores. Para reduzir a chance de erro, cada aluno deverá registrar uma medida na tabela abaixo. O resultado final será a média aritmética das medidas.

Aluno 01	Aluno 02	Aluno 03	Aluno 04	Aluno 05	Média

15.2 - Monte o circuito abaixo (figura 134) e resolva as questões a seguir:

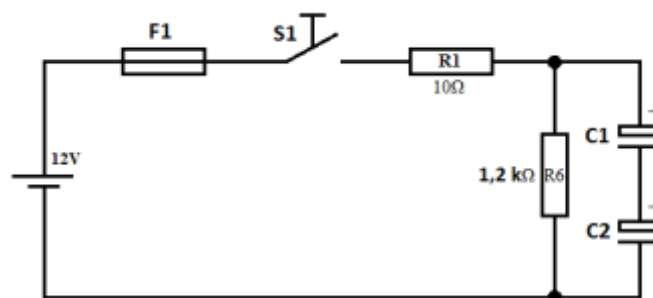


Figura 134: Associação de capacitores (circuito 02). Fonte: O autor.

- Nesse circuito, qual é o tipo de associação formada pelos capacitores?

- b) Com um cronômetro, verifique o tempo de descarga dessa associação de capacitores. Para reduzir a chance de erro, cada aluno deverá registrar uma medida na tabela abaixo. O resultado final será a média aritmética das medidas.

Aluno 01	Aluno 02	Aluno 03	Aluno 04	Aluno 05	Média

15.3– Comparando as associações de capacitores em série e em paralelo, qual associação apresenta o maior valor de capacitância?

Para saber mais

Faça a leitura do texto de apoio 04 (Capacitores), e anote a seguir as equações que podem ser utilizadas para o cálculo da capacitância equivalente nas seguintes associações:

- a) Associação de capacitores em série
- b) Associação de capacitores em paralelo

Texto de apoio 1: Equação dos geradores

A diferença de potencial entre os terminais de uma pilha ou bateria, pode variar dependendo da intensidade da corrente elétrica fornecida ao circuito, isso acontece por causa das perdas que ocorrem no interior da pilha ou bateria. O gerador eletroquímico pode ser representado pelo esquema da figura 135:

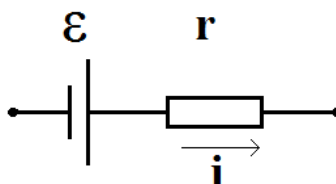


Figura 135: Representação de um gerador (adaptado de SAAB et. al., 2006, p. 17). Fonte: O autor.

Esse gerador converte energia química em energia elétrica produzindo uma força eletromotriz “ \mathcal{E} ”. Porém, no interior do gerador ocorrem perdas devido a sua resistência interna (r). A diferença de potencial elétrico (V) entre os terminais externos do gerador será igual a:

$$V = \mathcal{E} - ir \quad (42)$$

As perdas internas são calculadas por ir . A resistência interna aumenta à medida que a pilha ou bateria vai chegando ao fim de sua vida útil.

Durante a vida de uma pilha, a força eletromotriz permanece praticamente inalterada, ao passo que sua resistência interna cresce. Pilhas velhas e inúteis são reconhecidas não por sua força eletromotriz (que pode ainda ser praticamente a mesma de uma nova), mas pela redução na corrente de curto-circuito, causada pelo crescimento da sua resistência interna. (SILVEIRA, AXT, 2003, p. 398).

Essas perdas internas também podem ocorrer com fontes eletrônicas de baixa qualidade. Para verificar se realmente a fonte está em boas condições, a diferença de potencial deverá ser medida quando a fonte estiver fornecendo corrente a um circuito. Se não houver fluxo de corrente, não ocorrerá perdas na resistência interna e, somente nesse caso, a força eletromotriz e a diferença de potencial terão o mesmo valor.

Apesar de força eletromotriz e diferença de potencial terem a mesma unidade de medida, na verdade são conceitos diferentes, conforme informa Lang e Axt (2003, p. 392 – 393), “[...] a diferença de potencial elétrico expressa o trabalho por unidade de carga realizado

por um campo eletrostático, enquanto a força eletromotriz exprime o trabalho por unidade de carga realizado por um campo não-eletrostático [...]”.

Texto de apoio 2: Resistência equivalente das associações de resistores

Resistores em série

Uma associação com dois resistores ligados em série está sendo representada na figura 136.

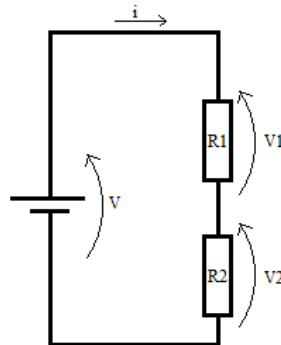


Figura 136: Representação de um circuito com resistores em série. Fonte: O autor.

Em uma associação em série, a corrente (i) é a mesma em todo o circuito. A tensão total (V) fornecida pela fonte é igual à soma das quedas de tensão ao longo do circuito.

$$V = V_1 + V_2 \quad (43)$$

Aplicando a Lei de Ohm para calcular as tensões, a equação fica como:

$$R_{eq}i = R_1i + R_2i \quad (44)$$

Colocamos i em evidência:

$$R_{eq}i = i(R_1 + R_2) \quad (45)$$

Dividindo ambos os membros da equação por “ i ”, chegamos à conclusão que:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 \quad (46)$$

Essa equação pode ser aplicada para qualquer quantidade de resistores na associação em série, assumindo a forma geral:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n \quad (47)$$

Resistores em paralelo

Na figura 137 está sendo representado uma associação com três resistores ligados em paralelo.

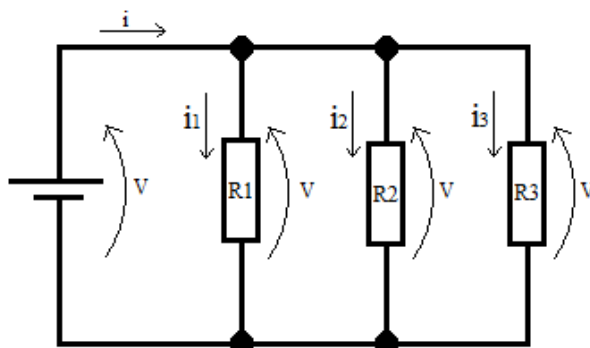


Figura 137: Circuito com resistores associados em paralelo. Fonte: O autor.

Equação Geral

Em uma associação de resistores em paralelo, a diferença de potencial é a mesma para todos os resistores. A corrente total (i) que entra na associação é a soma das correntes em cada resistor, (MARKUS, 2011, p. 56):

$$i = i_1 + i_2 + i_3 \quad (48)$$

Aplicando a Lei de Ohm para calcular cada uma das correntes, a equação assumirá a forma:

$$\frac{V}{R_{eq}} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} \quad (49)$$

Colocando V em evidência, fica:

$$\frac{V}{R_{eq}} = V \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \quad (50)$$

Dividindo os dois membros por V , fica:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad (51)$$

Para dois ou mais resistores associados em paralelo, a equação assume a forma geral:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad (52)$$

Equação para resistores com o mesmo valor de resistência

Se a associação for formada somente por resistores com o mesmo valor de resistência (R), essa equação poderá ser simplificada. Supondo que há três resistores, R_1 , R_2 e R_3 com o mesmo valor, vamos substituir os valores por “ R ”. Fica como:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{R} \quad (53)$$

Frações de mesmo denominador podem ser somadas diretamente:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{3}{R} \quad (54)$$

Isolando R_{EQ} na equação, fica:

$$R_{eq} = \frac{R}{3} \quad (55)$$

Para quaisquer número de resistores, chegaremos ao resultado:

$$R_{eq} = \frac{R}{n} \quad (56)$$

Onde, “ R ” é o valor da resistência em ohm e “ n ” é a quantidade de resistores na associação.

Equação para dois resistores com valores diferentes de resistência

Para uma associação de resistores em paralelo, formada por dois resistores diferentes, a equação também poderá ser simplificada. Tomando como ponto de partida a equação geral:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad (57)$$

No segundo membro da equação, devemos extrair o mínimo múltiplo comum entre os denominadores e fazer a soma das frações, ficará como:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{R_2 + R_1}{R_1 R_2} \quad (58)$$

Isolando R_{eq} , podemos concluir que:

$$R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad (59)$$

Texto de apoio 3: Diodos (noções básicas)

Os diodos são dispositivos semicondutores que tem seu funcionamento explicado pela mecânica quântica. É possível encontrar informações básicas a respeito desses componentes em livros técnicos de eletrônica e de formação profissional. As informações sobre os diodos que serão repassadas a seguir, estão baseadas principalmente na leitura dos trabalhos de Halliday; Resnick e Walker (1983, p. 227 – 240) e também de Marques; Cruz e Choueri (1998). A figura 138 mostra o aspecto real e o símbolo do diodo:

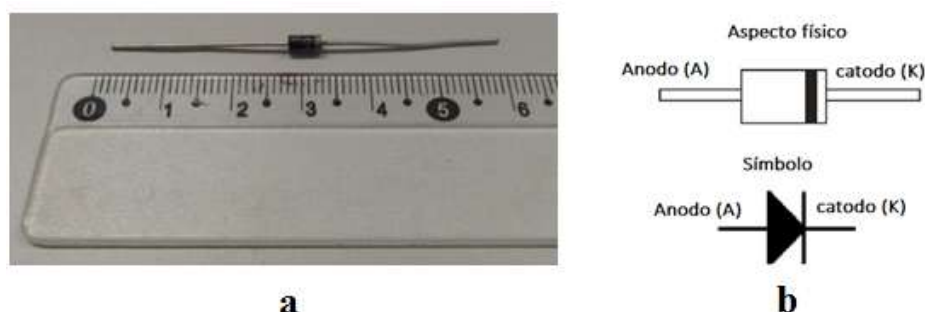


Figura 138: (a) Foto de um diodo retificador. (b) Simbologia. Fonte: o autor.

Os diodos permitem o fluxo de elétrons em apenas um sentido. Uma das aplicações desse dispositivo ocorre no processo de conversão de corrente alternada para corrente contínua nas fontes eletrônicas, nesse caso, o dispositivo recebe o nome de diodo retificador. A maioria dos diodos retificadores são fabricados com silício (Si), mas também existem diodos fabricados com germânio (Ge). Nos cristais de silício, os átomos formam ligações covalentes, nesse tipo de ligação ocorre o compartilhamento de elétrons da camada de valência. A figura 139 mostra uma representação bidimensional da estrutura cristalina do silício. Para facilitar o entendimento, foi representada somente a camada de

valência dos átomos, sendo omitida as camadas anteriores. Cada elétron da camada de valência está ligado a dois átomos, dessa maneira não há elétrons livres para a condução de corrente elétrica.

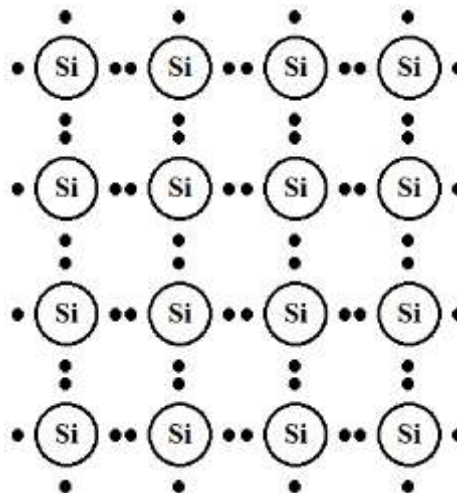


Figura 139: Estrutura cristalina do silício. Fonte: adaptado de Cruz e Choueri, 2008, p. 20.

Para que esses materiais possam adquirir algumas características especiais, são introduzidos no seu interior outros elementos, chamados de “impurezas”. Esse processo de acrescentar “impurezas” no material é chamado de “dopagem” e pode formar semicondutores tipo N ou tipo P.

- **Semicondutor tipo N:**

Esse material possui elétrons livres em sua estrutura, devido a isso tende a ser um doador de elétrons. Para formar o material tipo N, a estrutura cristalina do silício recebe outros átomos que possuem cinco elétrons na camada de valência, por exemplo: átomos de fósforo. Um desses elétrons não encontra um átomo vizinho para se ligar e se torna um elétron livre que poderá se movimentar pelo interior do material. A figura 140 mostra uma representação bidimensional da estrutura cristalina do material tipo N. Para facilitar o entendimento, foi representada somente a camada de valência dos átomos, sendo omitida as camadas anteriores.

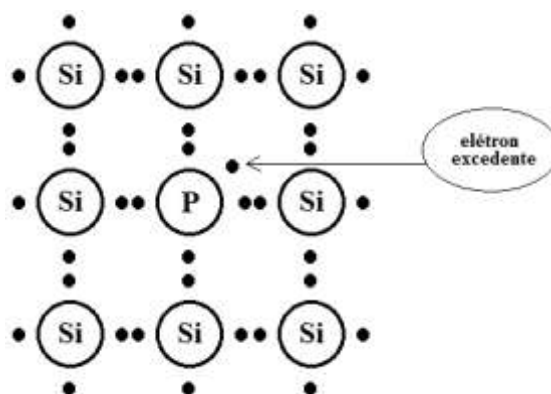


Figura 140: Estrutura cristalina do semicondutor tipo N. Fonte: adaptado de Cruz e Choueri, 2008, p. 22.

- **Semicondutor tipo P:**

Para formar o material tipo P, a estrutura cristalina do silício recebe outros átomos que possuem três elétrons na camada de valência, por exemplo: átomos de alumínio. Assim, fica faltando um elétron para completar as ligações químicas entre o alumínio e o silício. Essa falta do elétron gera uma *lacuna* no interior do material, por isso, o semicondutor tipo P tende a ser um receptor de elétrons. A figura 141 mostra uma representação bidimensional da estrutura cristalina de um material tipo P. Para facilitar o entendimento, está sendo representada somente a camada de valência dos átomos, sendo omitida as camadas anteriores.

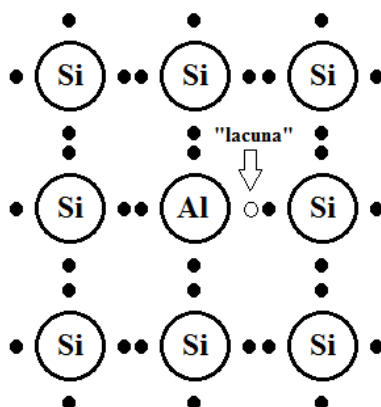


Figura 141: Estrutura cristalina do semicondutor tipo P. Fonte: adaptado de Cruz e Choueri, 2008, p. 21.

Os diodos são formados por uma junção de duas camadas de material semicondutor: uma camada tipo N e outra tipo P. O terminal anodo é ligado a uma camada tipo P e o terminal catodo é ligado a uma camada tipo N.

Entre as características do diodo, podemos destacar:

Corrente Direta Máxima ($I_{Fmáx}$): é o valor máximo de corrente que o diodo pode conduzir continuamente, acima desse valor, o diodo pode sofrer danos por aquecimento excessivo.

Tensão reversa máxima ($V_{Rmáx}$): é o valor máximo de tensão que o diodo pode suportar quando está na polarização reversa.

Diodo Emissor de Luz (LED)

O diodo emissor de luz é um tipo especial de diodo, também é conhecido como LED que é a sigla que vem do idioma inglês, cujo significado é *Light Emitting Diode*. Na sua fabricação são usados elementos como o gálio (Ga), arsênio (As) e o fósforo (P). Durante a condução de corrente, uma certa quantidade de elétrons passa para um nível mais baixo de energia, e libera energia na forma de fótons. No diodo retificador, essa energia é liberada principalmente na forma de calor.

Diodo com polarização direta

Nesse texto, não serão abordados os processos que ocorrem no interior do componente, serão analisados somente o comportamento do diodo nos circuitos elétricos. Na figura 142, está sendo representado um circuito com o diodo na polarização direta.

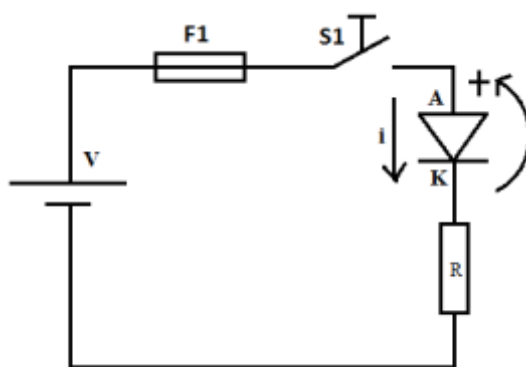


Figura 142: circuito elétrico mostrando um diodo com polarização direta. Fonte: O autor.

O diodo está diretamente polarizado quando seu terminal anodo (A) tem potencial mais positivo do que o terminal catodo (K). Na polarização direta, o comportamento é

semelhante a uma chave fechada, ou seja, a corrente elétrica fluirá normalmente. Observe que a seta no símbolo do diodo coincide com o sentido convencional da corrente elétrica. Os diodos em condução causam uma pequena queda de tensão, que é de aproximadamente 0,7 V nos diodos de silício e 0,3 V nos diodos de Germânio. Uma característica interessante é que essa diferença de potencial se mantém praticamente constante dentro da faixa de funcionamento desse componente.

Diodo com polarização reversa

Na figura 143, está sendo representado um circuito com o diodo na polarização reversa.

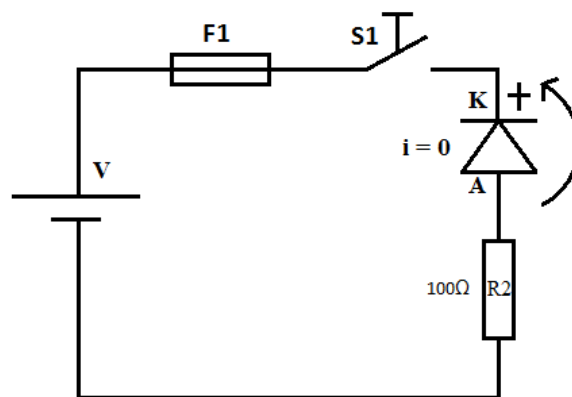


Figura 143: circuito elétrico mostrando um diodo com polarização reversa. Fonte: O autor.

A polarização reversa ocorre quando o terminal catodo (K) tem potencial mais positivo do que o terminal anodo (A). Nesse caso, o diodo tem comportamento semelhante a um interruptor aberto, ou seja, impede a passagem da corrente elétrica. Na prática, existirá uma corrente de fuga cujo valor tem influência da temperatura. Em circuitos eletrônicos mais sensíveis, a corrente de fuga pode ter algum efeito, mas na maioria das aplicações, a corrente de fuga é desprezível ficando na faixa dos microampères.

Texto de apoio 4: Capacitores

O capacitor é constituído por placas condutoras separadas por um material isolante (dielétrico), conforme representado na figura 144.

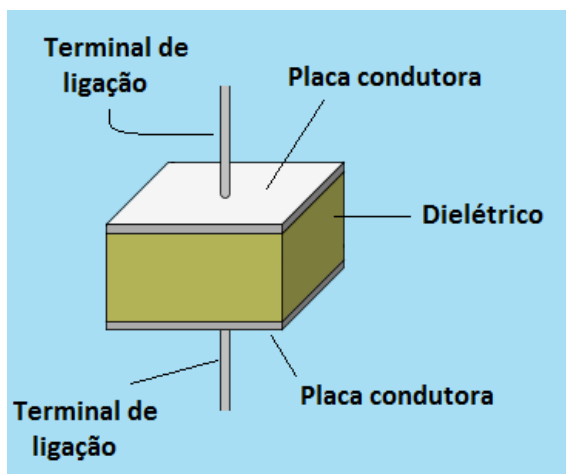


Figura 144: Representação de um capacitor de placas paralelas. Fonte: adaptado de University of Colorado Boulder (PhET Interactive Simulations).

Ao ligarmos o capacitor a uma fonte de tensão contínua, uma das placas do capacitor adquire um potencial positivo e a outra placa fica com potencial negativo, essa representação está na figura 145. O processo de carga ocorre devido a retirada de elétrons da placa ligada ao terminal positivo da bateria e ao fornecimento de elétrons a placa conectada ao terminal negativo da bateria. Como resultado, a placa superior (figura 145) carrega positivamente e a placa inferior carrega negativamente. O processo ocorre até o momento que a tensão entre as placas se iguale a tensão na bateria. Nesse instante, cada placa terá as mesmas quantidades de cargas elétricas, mas com sinais contrários.

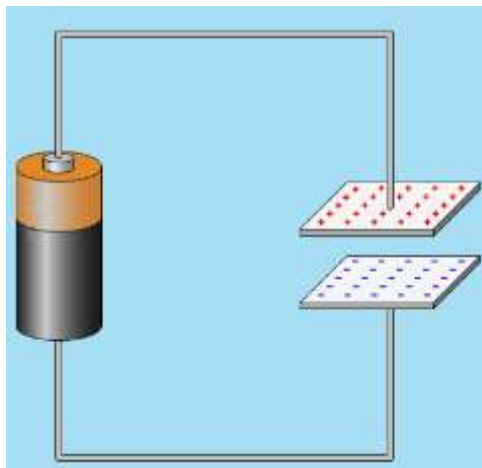


Figura 145: Representação de um capacitor carregado. Fonte: adaptado de University of Colorado Boulder (PhET Interactive Simulations).

Entre as placas do capacitor, forma-se um campo elétrico que é representado utilizando linhas de força como pode ser visto na figura 146. As linhas de força são representadas saindo da placa positiva e entrando na placa negativa. A diferença de potencial entre as placas se mantém mesmo após o capacitor ter sido desligado da fonte. Isso ocorre porque os elétrons na placa negativa ficam “presos” devido à presença desse campo elétrico, dessa forma há armazenamento de energia eletrostática no capacitor.

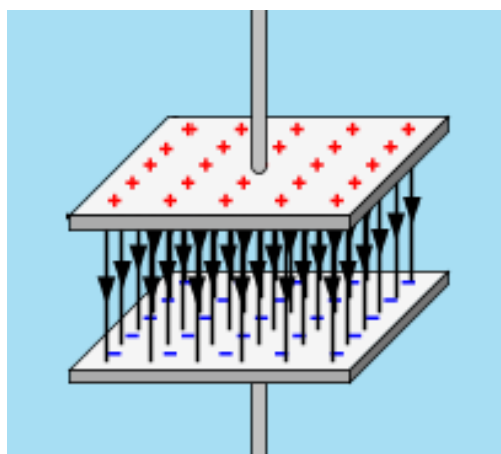


Figura 146: Representação do campo elétrico do capacitor de placas paralelas. Fonte: adaptado de University of Colorado Boulder (PhET Interactive Simulations).

A capacidade que o dispositivo possui de armazenar cargas elétricas é definida pela sua **capacitância**. No Sistema Internacional de Unidades, a unidade de medida de capacitância é o *farad* (F). Quanto maior for à capacitância, maior será a capacidade do

capacitor armazenar cargas. A capacitância de um capacitor pode ser calculada pela seguinte equação:

$$C = \frac{Q}{V} \quad (60)$$

Onde C é a capacitância em *farad* (F), Q é a carga acumulada em *coulomb* (C), e V é a diferença de potencial em *volts* (V). Portanto, 01 *farad* corresponde a 01 *coulomb* por *volt*. A capacitância depende de alguns aspectos construtivos do capacitor: área das placas, distância entre as placas e do tipo do dielétrico utilizado para isolar uma placa da outra. Placas com áreas maiores terão mais espaço para armazenar cargas, então, se aumentarmos a **área das placas**, conseqüentemente aumentamos a capacitância. Quanto maior for à capacidade de isolação do **material dielétrico**, maior será a capacitância, pois as fugas de corrente serão reduzidas. Outro fator importante será a **distância entre as placas**, observa-se que para placas mais próximas, a capacitância é maior do que para placas mais distantes.

Tensão de trabalho

A tensão de trabalho é a tensão máxima que o capacitor pode suportar entre seus terminais. Nunca se deve ultrapassar esse valor, pois o capacitor poderá ser danificado ou entrar em curto circuito.

Simbologia:

Para representar alguns tipos de capacitores, podem ser utilizados os símbolos da figura 147.

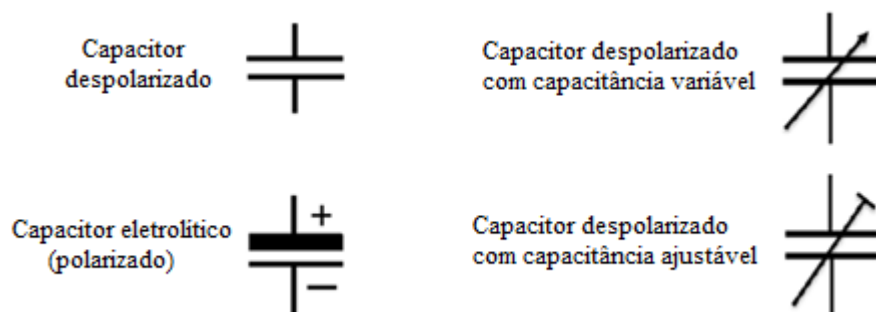


Figura 147: Simbologia para capacitores. Fonte: o autor.

Os **capacitores fixos** são aqueles que apresentam um valor fixo de capacitância. Os **capacitores ajustáveis** permitem mudanças no seu valor de capacitância, são instalados em pontos de calibração de circuitos eletrônicos, com acesso somente durante a manutenção do equipamento. Os **capacitores variáveis** permitem a variação de capacitância pelo usuário do equipamento eletrônico. Um exemplo do uso de capacitores variáveis são os aparelhos de rádio antigos, onde esses capacitores serviam para fazer a sintonia das estações transmissoras.

Os **capacitores polarizados** possuem um terminal que deve ser ligado ao potencial positivo da fonte e outro terminal que deve ser conectado ao potencial negativo. Se ocorrer uma ligação errada, o capacitor pode ser danificado ou até mesmo estourar, trazendo riscos às pessoas. Um exemplo de capacitor polarizado é o **capacitor eletrolítico**, muito utilizado em fontes de alimentação. Os **capacitores despolarizados** não possuem polaridade fixa, ou seja, qualquer um dos seus terminais pode ser ligado ao positivo ou ao negativo da fonte de alimentação.

Capacitores em série

Assim como no caso dos resistores, as equações para associação de capacitores também já estão descritas em inúmeros livros de Física do ensino superior e do ensino médio. As demonstrações a seguir, foram baseadas na obra de Sears; Zemansky e Young (1894, p. 573 – 578) e também no trabalho de Markus (2011, p. 91 - 102). Na figura 148, está sendo representado um circuito com dois capacitores associados em série.

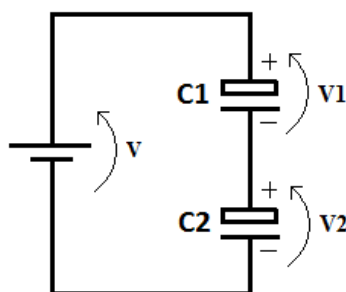


Figura 148: circuito elétrico contendo dois capacitores em série. Fonte: O autor.

A placa positiva de C2 e a placa negativa de C1 possuem a mesma quantidade de carga elétrica porque estão ligadas entre si. Mas, como já foi visto anteriormente, em cada capacitor as placas tem a mesma quantidade de carga, mas com sinais trocados. Portanto,

podemos concluir que na associação em série, todas as placas terão a mesma quantidade de carga (em módulo).

A capacitância equivalente da associação pode ser determinada pela equação:

$$C_{eq} = \frac{Q}{V} \quad (61)$$

Os capacitores possuem capacitâncias C_1 e C_2 , respectivamente iguais a:

$$C_1 = \frac{Q}{V_1} \quad (62)$$

$$C_2 = \frac{Q}{V_2} \quad (63)$$

Em cada uma dessas equações, isolamos “V” para calcular a diferença de potencial em cada um dos componentes do circuito e chegamos as seguintes equações:

$$V = \frac{Q}{C_{eq}} \quad (64)$$

$$V_1 = \frac{Q}{C_1} \quad (65)$$

$$V_2 = \frac{Q}{C_2} \quad (66)$$

Como se trata de uma associação em série, a tensão da fonte é distribuída entre os capacitores, de modo que:

$$V = V_1 + V_2 \quad (67)$$

Substituindo V, V_1 e V_2 , respectivamente pelas equações 23, 24 e 25, fica:

$$\frac{Q}{C_{eq}} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} \quad (68)$$

Dividindo os dois membros da equação por Q , chegamos à conclusão de que:

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \quad (69)$$

Para associação de vários capacitores em série, a equação ficará como:

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n} \quad (70)$$

Capacitores em paralelo

Na figura 149 está sendo representado um circuito com dois capacitores ligados em paralelo.

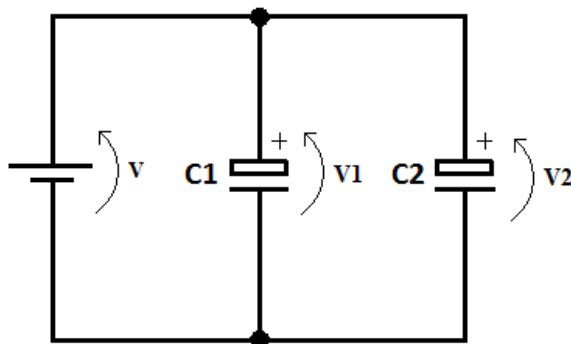


Figura 149: capacitores em paralelo. Fonte: O autor.

Para capacitores em paralelo, a diferença de potencial será a mesma em todos os elementos da associação.

$$V = V_1 = V_2 \quad (71)$$

A carga total “ q ” da associação é a soma das cargas em cada capacitor:

$$q = q_1 + q_2 \quad (72)$$

Isolando “q” na equação da capacitância (equação 19), verificamos que a carga “q” de um capacitor deve ser igual a:

$$q = CV \quad (73)$$

Substituindo a equação 32 na equação 31, fica:

$$C_{eq}V = C_1V + C_2V \quad (74)$$

Dividindo por “V” os dois membros da equação 33, podemos concluir que:

$$C_{eq} = C_1 + C_2 \quad (75)$$

Para associação de vários capacitores em paralelo, a equação ficará como:

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n \quad (76)$$

Tempo de carga e descarga dos capacitores

A figura 150 representa um circuito contendo um capacitor ligado em série com um resistor, ao fechar a chave S1, tem início o processo de carga do capacitor.

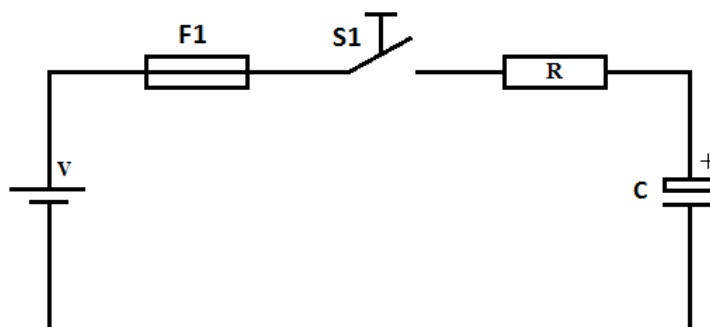


Figura 150: Circuito RC em corrente contínua. Fonte: O autor.

Suponha que inicialmente o capacitor está descarregado e a tensão nas suas placas é igual a zero. No instante que a chave for fechada, a diferença de potencial no resistor será igual a diferença de potencial disponível na fonte. Nesse momento inicial, o capacitor

se comporta como se fosse um curto circuito absorvendo a máxima corrente possível. A corrente nesse momento é dada por:

$$i = \frac{V}{R} \quad (77)$$

Mas, à medida que o capacitor vai sendo carregado, a diferença de potencial entre suas placas vai aumentando até ficar igual a tensão fornecida pela fonte, nesse momento cessa o fluxo de corrente. É possível concluir que no instante inicial o capacitor se comporta como se fosse uma chave fechada, e depois de totalmente carregado, o capacitor se comporta como uma chave aberta. O tempo que o capacitor demora para carregar depende da capacitância e também do resistor que está sendo utilizado.

Fazendo a multiplicação RC , obtém-se uma constante de tempo, representada pela letra grega τ (tau).

$$\tau = RC \quad (78)$$

Durante o processo de carga do capacitor, observa-se que depois de cinco constantes de tempo, o capacitor estará 99% carregado (Markus, 2011, p. 100). Se utilizarmos o mesmo resistor para descarregar o capacitor, conforme esquema da figura 151, observaremos que o tempo de carga é igual ao tempo de descarga.

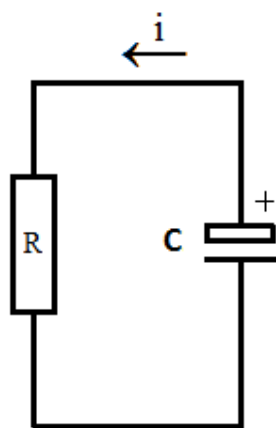


Figura 151: circuito de descarga do capacitor. Fonte: O autor.

Portanto, podemos calcular o tempo aproximado de carga e descarga do capacitor pela equação 38:

$$t = 5RC \quad (78)$$

Onde:

t = tempo de carga e descarga, em segundos (s);

R = resistência do resistor em ohm (Ω);

C = capacitância em farad (F).

Durante o processo de carga do capacitor, a diferença de potencial entre os terminais do mesmo tem uma variação exponencial, conforme mostra o gráfico da figura 152 a seguir:

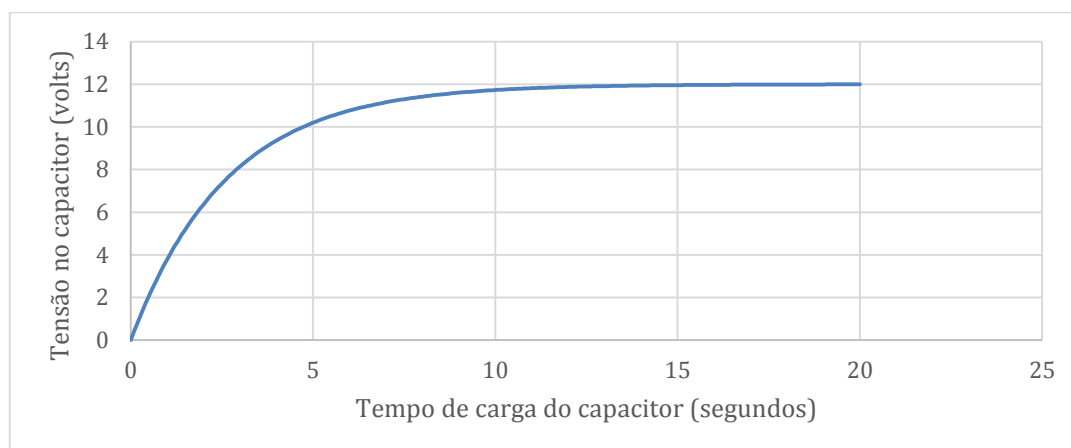


Figura 152: Processo de carga de um capacitor. Fonte: O autor.

Esse gráfico foi gerado considerando um circuito com um capacitor de 0,0022F ligado em série com um resistor de 1200 Ω . É possível verificar que nos primeiros instantes o processo de carga é mais rápido, e depois se torna mais lento. Em cada instante de tempo, a diferença de potencial nos terminais do capacitor pode ser calculada pela equação 79 a seguir:

$$V_c(t) = E(1 - e^{-t/\tau}) \quad (79)$$

Onde:

$V_c(t)$ → Diferença de potencial entre terminais do capacitor no instante de tempo “t”.

E → Diferença de potencial entre os terminais da fonte de alimentação (em *volts*).

e → algarismo neperiano, aproximadamente 2,72.

t → instante de tempo em segundos.

τ → constante de tempo, ($\tau = RC$).

Durante o processo de **descarga** do capacitor, a diferença de potencial também apresenta uma variação exponencial, conforme mostra o gráfico da figura 153 a seguir:

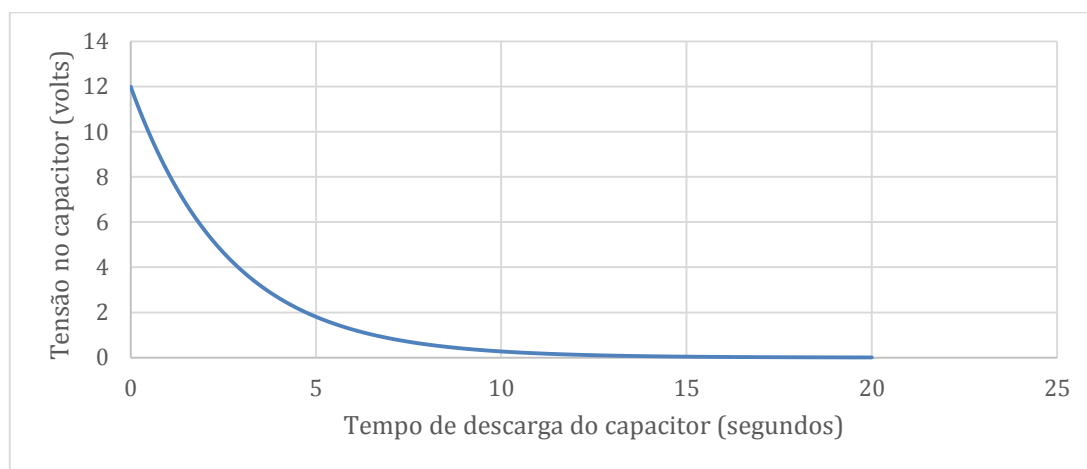


Figura 153: processo de descarga do capacitor. Fonte: O autor.

É possível verificar que nos primeiros instantes, o processo de descarga é mais rápido e depois se torna mais lento. Em cada instante de tempo, a diferença de potencial nos terminais do capacitor pode ser calculada pela equação 80 a seguir:

$$V_c(t) = Ee^{-t/\tau} \quad (80)$$

Maiores detalhes podem ser encontrados nas obras de Sears; Zemansky e Young (1984, p. 573 – 578) e também no trabalho de Markus (2011, p. 91 - 102).

Apêndice A: Lista de componentes

Para a montagem de uma unidade do painel didático e a realização das tarefas são necessários os componentes relacionados na tabela 22.

QTD.	Componente
02	Interruptor 5A (chave alavanca de 2 posições)
01	Suporte para fusível de vidro 5x20mm PCI
01	Fusível de vidro, 5A, tamanho 5x20mm
03	Soquete de 1 polo para lâmpada modelo 67
03	Lâmpada automotiva de 01 polo, modelo 67, tensão de 12 V, potência 10W.
01	Resistor de Fio $10 \Omega \pm 5\%$, potência de 10W
01	Resistor de $100 \Omega \pm 5\%$, potência de 5W
01	Resistor de $100 \Omega \pm 5\%$, potência de 2W
01	Resistor de $220\Omega \pm 5\%$, potência de 2W
01	Resistor de $510\Omega \pm 5\%$, potência de 2W
01	Resistor de $1k2 \pm 5\%$, potência de 1/4W
01	Capacitor eletrolítico radial 470uF/25V
01	Capacitor eletrolítico radial 2200uF/25V
01	Diodo retificador 1N4007
01	Diodo Emissor de Luz (LED), 5 mm, cor vermelha
34	Borne para pino banana, 4mm, cor preto
01	Borne para pino banana, 4mm, cor vermelho
01	Borne para pino banana, 4mm, cor laranja
01	Borne para pino banana, 4mm, cor amarelo
01	Borne para pino banana, 4mm, cor branca
01	Borne para pino banana, 4mm, cor azul
30	Pino banana 4mm, cor preta
4,0m	Cabo flexível $1,0 \text{ mm}^2$
01	Placa de compensado ou MDF, espessura de 9 mm, dimensões sugeridas conforme apêndice B.
10	Parafuso auto atarrachante 3mm x 20mm

01	Multímetro digital com escalas de tensão e corrente contínua, continuidade e resistência elétrica.
01	Fonte de tensão modelo ATX, reaproveitada de computadores antigos ou fonte didática com entrada 127 e 220 V AC e saída variável de 0 a 12V.

Tabela 22: Lista de componentes do kit didático.

Apêndice B: Instruções para a montagem do painel didático

A seguir serão disponibilizadas algumas instruções para a montagem de um painel didático, conforme o modelo da foto abaixo (figura 154). Nesse painel, devem ser fixados os componentes que constam na tabela do apêndice A.



Figura 154: Painel didático. Fonte: O autor.

Na primeira etapa, devem ser providenciadas placas feitas com material isolante elétrico, podem ser utilizadas placas de compensado ou MDF⁴. Mas atenção, esses materiais não são adequados para tensões elétricas mais elevadas. Nesse projeto, a tensão de saída da fonte deve ser no máximo igual a 24 volts. É necessário recortar quatro placas, duas para as laterais, uma para a tampa inferior, e outra que ficará na parte superior onde serão fixados os componentes. Nas figuras a seguir (155 até 157), serão apresentados os desenhos com as medidas de cada placa.

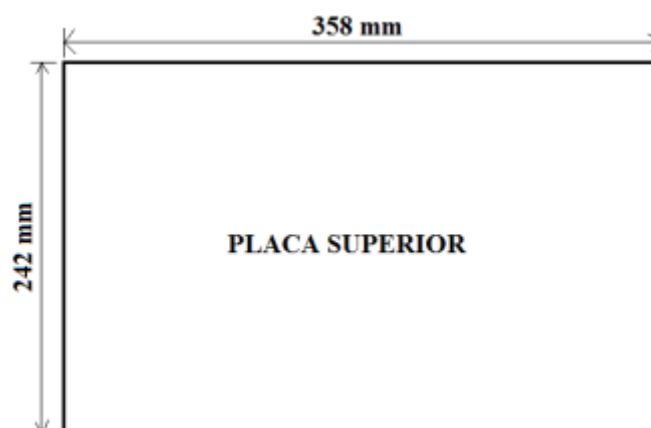


Figura 155: Dimensões da placa superior (fora de escala). Fonte: O autor.

⁴ MDF é uma placa feita de fibra de madeira que é utilizada na fabricação de móveis, a sigla MDF significa *Medium Density Fiberboard* que em tradução livre fica como placa de fibra de media densidade.

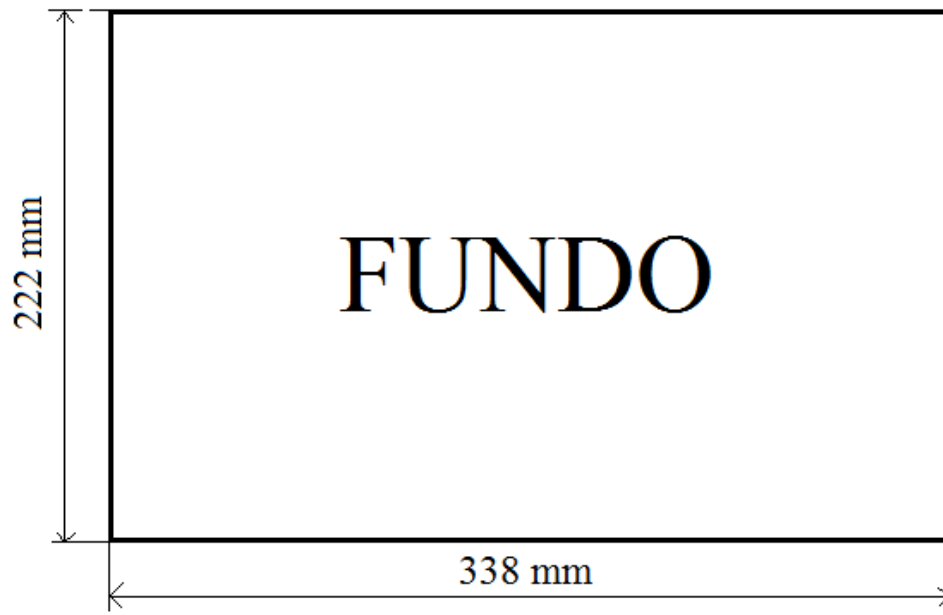


Figura 156: dimensões da placa inferior (fora de escala). Fonte: O autor.

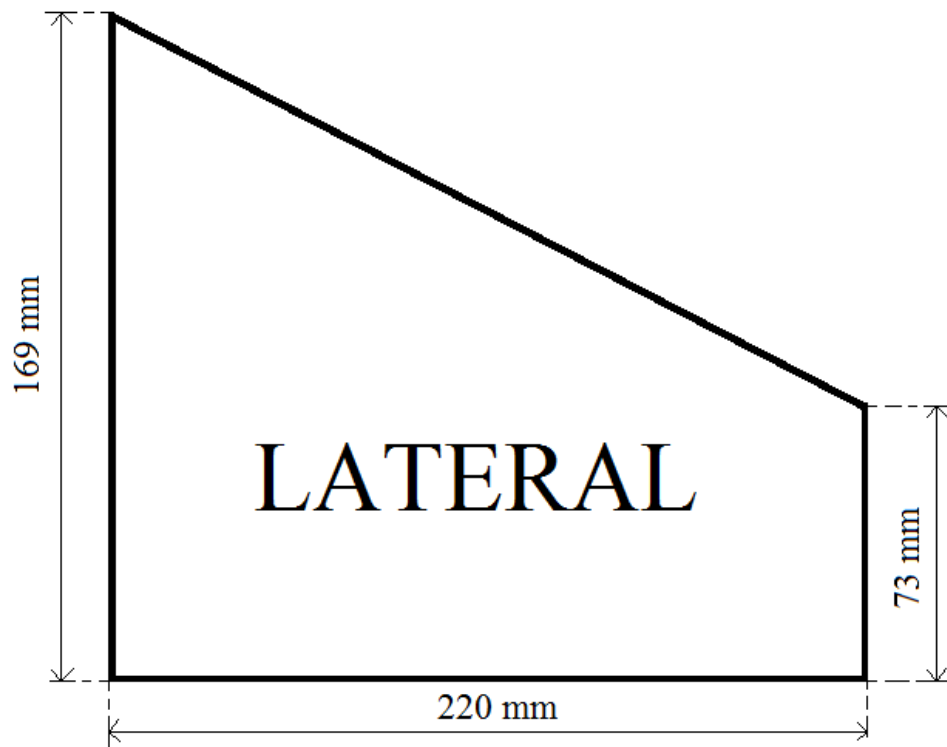


Figura 157: dimensões da placa lateral (fora de escala). Fonte: O autor.

O *layout* representado na figura 158, mostra a posição dos componentes na placa superior.

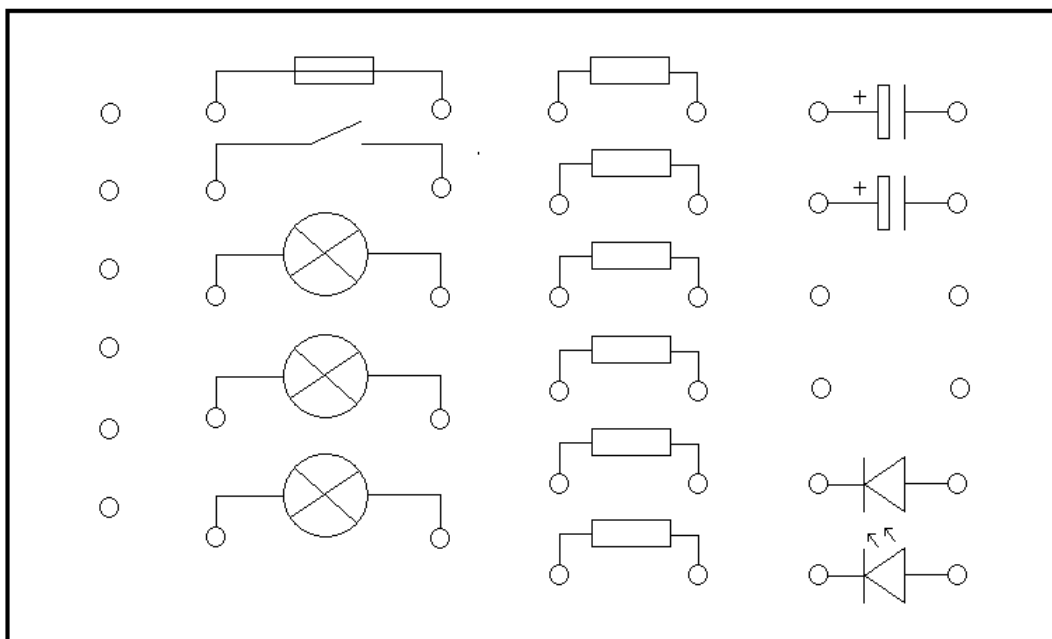


Figura 158: layout do painel didático (fora de escala). Fonte: O autor.

Observações: para encaixar o soquete das lâmpadas, foram feitos furos com largura de 25 mm. Mas atenção, se for utilizar outro tipo de lâmpada, verifique a medida antes de fazer a furação. Para encaixar os bornes e os interruptores, foi feito um furo passante de 6mm e um furo parcial de 10mm conforme mostra a figuras 159:

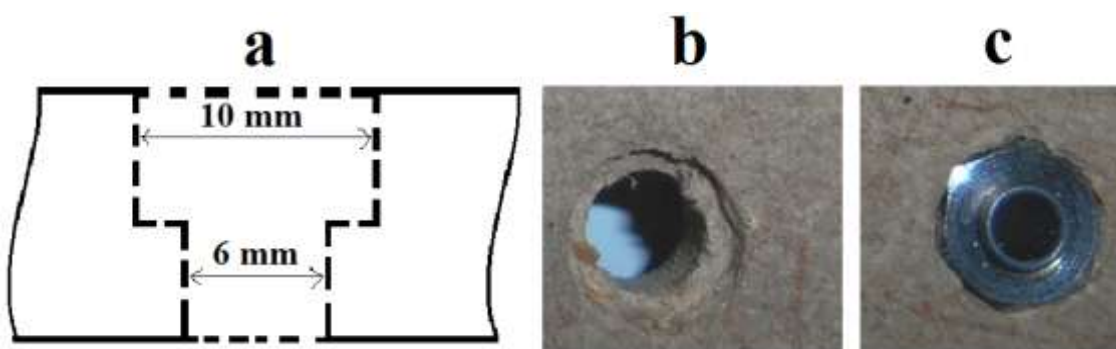


Figura 159: (a) Largura dos furos. (b) Foto da furação. (c) Terminal encaixado no furo.

No desenho a seguir (figura 160), cada furo está sendo representado por um círculo. As distâncias foram indicadas em milímetros. Um boa dica é fazer o desenho em uma cartolina em tamanho real, e em seguida, colar a cartolina em cima da placa para marcar a posição dos furos.

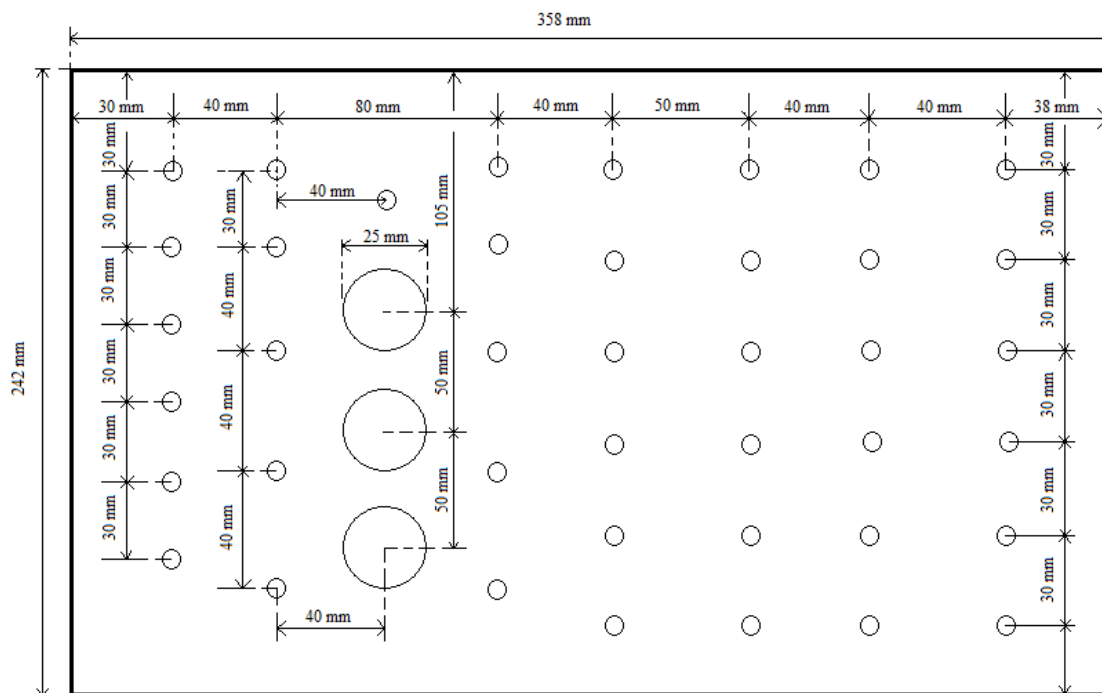


Figura 160: medidas do painel com a posição dos furos, (desenho fora de escala). Fonte: O autor.

Após fazer as furações, fixar os terminais e soldar os componentes conforme mostrado na foto da figura 161.



Figura 161: detalhe da fixação dos componentes. Fonte: O autor.

Os interruptores e as lâmpadas devem ser ligadas aos conectores por meio de cabos condutores, detalhes da ligação podem ser vistos na figura 162 e 163.

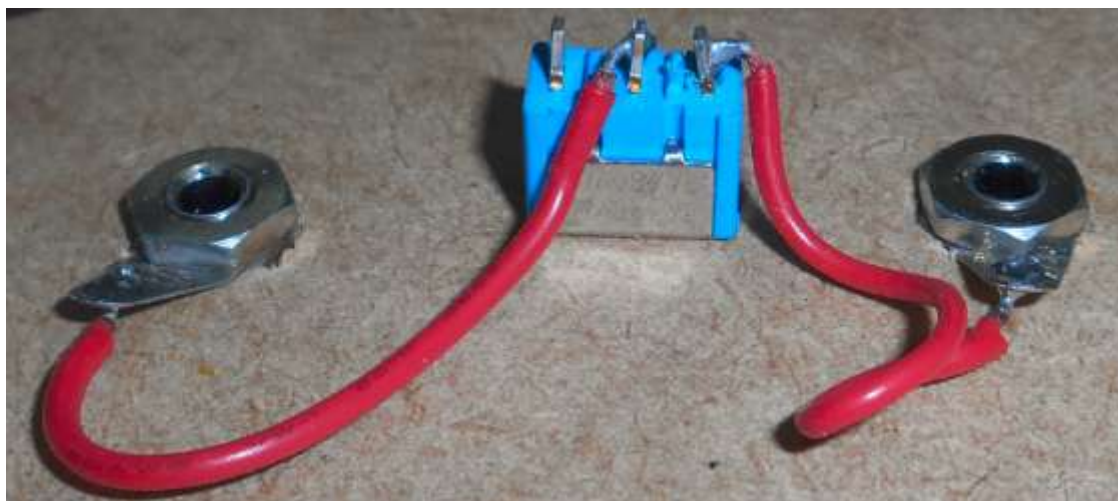


Figura 162: detalhes da ligação do interruptor (visto por baixo do painel). Fonte: O autor.

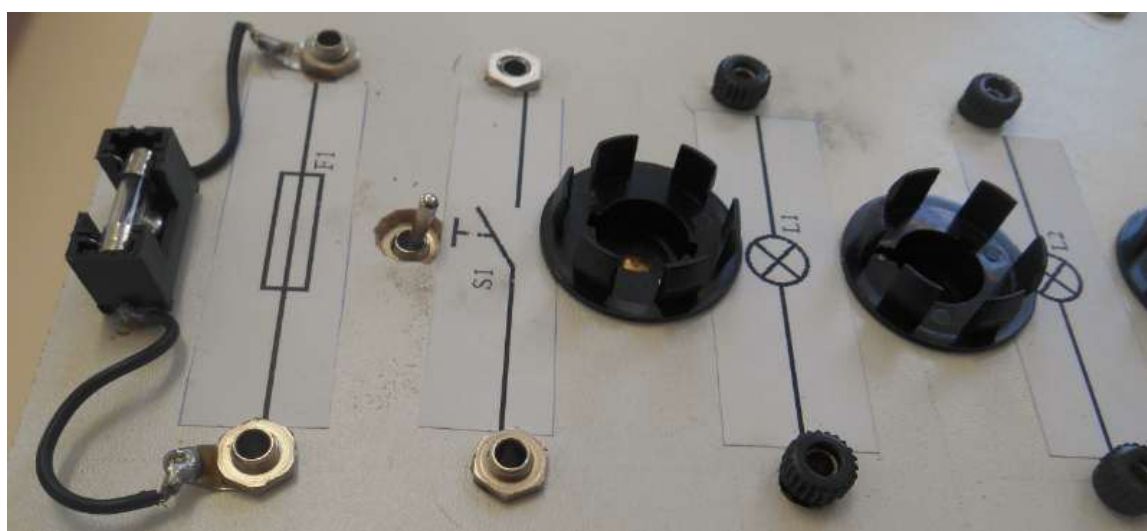


Figura 163: Detalhes do painel didático (fusível, interruptor e soquetes das lâmpadas). Fonte: O autor.

O fusível utilizado no painel didático é conhecido como fusível de vidro, é muito comum em equipamentos eletrônicos. São fornecidos em dois tamanhos, o fusível pequeno tem dimensões de 5 x 20mm, o fusível grande tem dimensões de 6 x 30mm. É necessário uma base para a fixação do fusível, conforme mostra a figura 164, essa base deve ser fixada ao painel com um pequeno parafuso inserido no centro.



Figura 164: Fusível de vidro e base. Fonte: O autor.

Para fazer as ligações, deve ser preparado cabos com plugue banana conforme a foto a seguir (figura 165):



Figura 165: cabo com plugue banana. Fonte: O autor.

Para facilitar a interpretação dos diagramas, uma sugestão é colar abaixo de cada componente uma etiqueta com a simbologia. A foto a seguir (figura 166), mostra uma fonte já pronta e sendo utilizada para a ligação de um circuito simples.

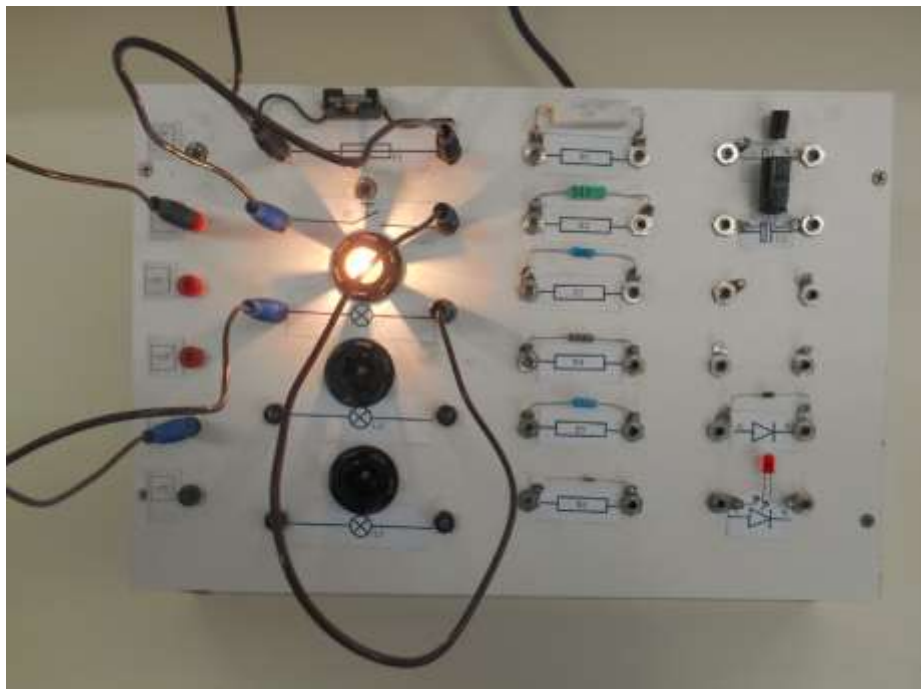


Figura 166: painel de circuitos. Fonte: O autor.

Como fonte de tensão, é possível reutilizar fontes modelo ATX, que são aquelas encontradas nas CPUs de computadores. As orientações para adaptação da fonte serão repassadas no apêndice C.

Apêndice C: Instruções para o uso da fonte de computador como fonte didática

É muito importante lembrar que, antes de executar esse trabalho, é necessário garantir que o computador já está desligado da tomada de energia. Dentro do computador e também dentro da fonte, existem componentes que armazenam energia elétrica. Não toque nos condutores e não abra a fonte. Se for necessário abrir a fonte, pedir ajuda de um profissional especializado em eletrônica. Na foto (figura 167) é possível visualizar uma CPU aberta e a localização da fonte.

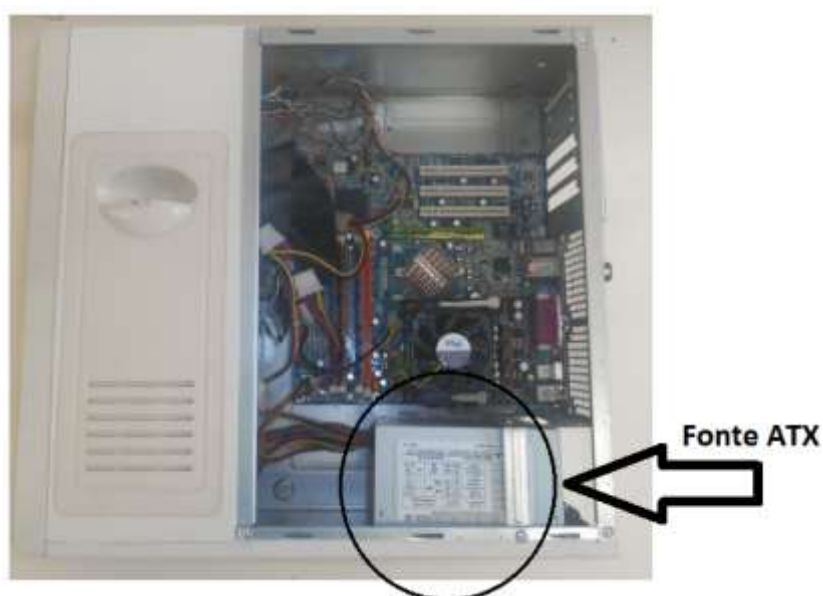


Figura 167: CPU de computador com destaque para a fonte ATX. Fonte: O autor.

Na traseira da fonte, tem uma chave que serve para justar a tensão de entrada da fonte (figura 168). Posicione essa chave conforme a tensão disponível no local de uso.



Figura 168: seleção da tensão de entrada da fonte. Fonte: O autor.

Na saída da fonte são disponibilizados vários fios coloridos, como mostra a foto a seguir (figura 169).



Figura 169: Fonte modelo ATX. Fonte: O autor.

Para cada cor, há uma tensão diferente, confira os valores de tensão marcados na própria fonte, geralmente os valores estão conforme a tabela abaixo:

Cor	Tensão
Preto	GND (0V)
Alaranjado	3,3V
Vermelho	5,0V
Amarelo	12,0V
Branco	-5V
Azul	-12V

Tabela 23: Tensões de saída da Fonte Modelo ATX

Os fios coloridos devem ser ligados diretamente nos terminais do painel didático, conforme pode ser verificado na foto a seguir (figura 170). Para que a fonte funcione, é necessário ligar o fio verde com um dos fios na cor preta. Observe na foto que os fios de cor verde e preto são ligados diretamente em um dos interruptores do painel. Esse interruptor será usado para ligar ou desligar a fonte. Os fios que ficarem sobrando devem ser mantidos isolados, porque ficarão com tensão quando a fonte for ligada.

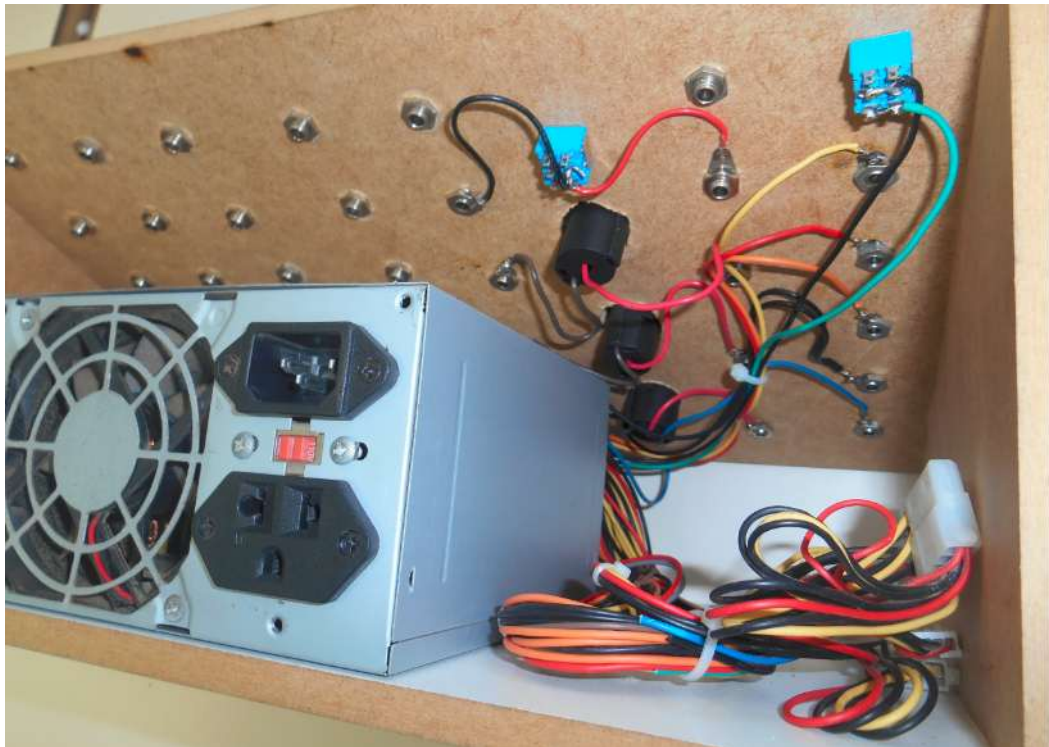


Figura 170: Fonte ATX adaptada ao painel didático. Fonte: O autor.

As tensões podem ficar disponíveis na parte superior do painel didático, como mostra a figura 171.

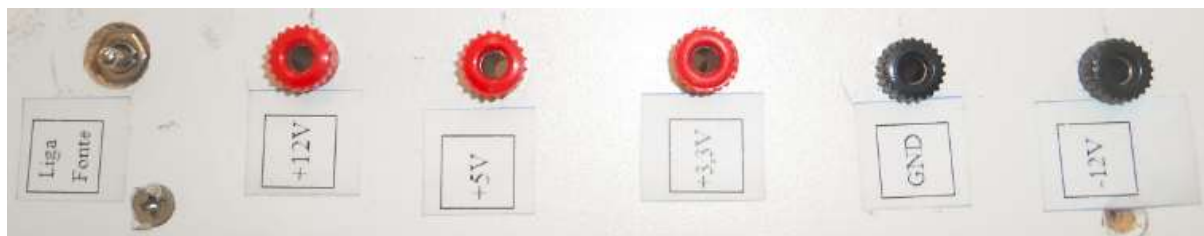


Figura 171: terminais de alimentação dos circuitos (vista superior). Fonte: O autor.

Referências Bibliográficas

BONJORNO, Regina Azenha; et.al. **Física Completa**: volume único. São Paulo: FTD, 2001.

CAPUANO, Francisco Gabriel; MARINO, Maria Aparecida. **Laboratório de eletricidade e eletrônica**. 24^o ed. São Paulo: Érica, 2007.

CAVALIN, Geraldo; CERVELIN, Severino. **Instalações Elétricas Prediais: Caderno de Atividades**. 2. Edição revisada e atualizada. São Paulo: Érica, 2001. (Coleção Estude e Use. Série Eletricidade).

CHIQUITO, Adenilson J. et. al. Um Sistema Simples para Verificação da Lei de Ohm. **Revista Física na Escola**, v.7, n.2, pág. 76-78, 2006. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol7/Num2/v13a15.pdf>>. Acesso em: 18 abr. 2015.

CIPELLI, Antonio Marco; MARKUS, Otávio; SANDRINI, Waldir. **Teoria e Desenvolvimento de Projetos de Circuitos Eletrônicos**. 23. ed. São Paulo: Erica, 2007.

CLUBE DO HARDWARE. **Anatomia das Fontes de Alimentação Chaveadas**. Disponível em: <<http://www.clubedohardware.com.br/artigos/anatomia-das-fontes-de-alimentacao-chaveadas/1218>>. Acesso em: 26 ago. 2015.

CRUZ, Eduardo Cesar Alvez; CHOUERI, Salomão Jr. **Eletrônica Aplicada**. 2. ed. São Paulo: Érica, 2008.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert. **Física 3**. 4. Ed. Rio de Janeiro: LTC Editora. 1983.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos da Física 4: Ótica e Física Moderna**. Tradução de Denise Helena da Silva Sotero. 4. Ed. Rio de Janeiro: LTC Editora. 1983. p. 227 – 240.

MARKUS, Otavio. **Circuitos Elétricos**: corrente contínua e corrente alternada: teoria e exercícios. 9. ed. rev. São Paulo: Érica, 2011.

MARQUES, A. E.; CRUZ, E.C; CHOUERI, S. **Dispositivos Semicondutores**: Diodos e Transistores. 4. ed. São Paulo: Érica, 1998. (Coleção estude e use. Série Eletrônica Analógica).

MORAES, Maria Beatriz dos Santos A.; TEIXEIRA, Rejane M. Ribeiro. **Circuitos elétricos: novas e velhas tecnologias como facilitadoras de uma aprendizagem significativa no nível médio**. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2006. 88p. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/tapf/v17n1_Moraes_Teixeira.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2015.

MORAES, Maria Beatriz dos Santos A. **Uma proposta para o Ensino da Eletrodinâmica no Nível Médio**. 2005, 193f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante

em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005. Disponível em:

<<http://www.bibliotecadigital.ufrgs.br/da.php?nrb=000525245&loc=2006&l=52f66ad9edecf610>>. Acesso em: 18 abr. 2015.

MOREIRA, Luís Paulo. **Estudo de Circuitos Elétricos: Utilizando simulação computacional para preparar o uso de circuitos reais**. 2014a, 221f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/96988>>. Acesso em: 22 jun. 2016.

MOREIRA, Luís Paulo; MOREIRA, Marco Antônio. DOS SANTOS, Flavia Maria Teixeira. **Estudo de circuitos elétricos**. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2014b. Disponível em: <http://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/n33_Moreira/index2.html>. Acesso em: 15 jan. 2015.

MOREIRA, Marco Antônio. **Aprendizagem Significativa, organizadores prévios, mapas conceituais, diagramas V e unidades de ensino potencialmente significativas**. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2012. 87 p. Disponível em: <http://paginas.uepa.br/erasnorte2013/images/sampled/figuras/aprend_%20signif_%20org_prev_mapas_conc_diagr_v_e_ueps.pdf>. Acesso em: 02 jun. 2016.

MOREIRA, Marco Antônio. **Breve introdução à Física e ao Eletromagnetismo**. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2009a. 63 p.; il. (Textos de apoio ao professor de física; v. 20, n. 6). Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/public/tapf/v20n6_moreira.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2015.

MOREIRA, Marco Antônio. **Orientações sobre o currículo do MNPEF**. Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, 2015. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/~mnpef/index.php/cpg/orientacoes-sobre-o-curriculo>>. Acesso em: 24 jun. 2016.

MOREIRA, Marco Antônio. **Subsídios Metodológicos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências**. 1º ed. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2009b. 73 p. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/Subsidios10.pdf>>. Acesso em: 22 abr. 2015.

MOREIRA, Marco Antônio; OSTERMANN, Fernanda. **Teorias Construtivistas**. Porto Alegre: Instituto de Física – UFRGS, 1999. 56p.:il. (Textos de apoio ao professor de Física; n.10). Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/public/tapf/n10_moreira_ostermann.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2015.

MUNDO DA ELÉTRICA. **Monte uma fonte com várias tensões gastando pouco!** Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=IK1F5AB2FXA>>. Acesso em 26 ago. 2015.

PARANÁ. Secretaria da Educação. **Diretrizes Curriculares da Educação Básica: Física**. Paraná: 2008. Disponível em:

<http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/diretrizes/dce_fis.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2016.

SAAB, Sérgio da Costa et al. **Apostila de Física Experimental II**. Ponta Grossa: DEFIS UEPG, 2006. Disponível em: <http://www.fisica.uepg.br/Public/Documentos/1332880141_Apostila_de_F%C3%ADsica_Experimental_II.pdf>. Acesso em: 02 jan. 2015.

SEARS, Francis; ZEMANSKY, Mark W.; YOUNG, Hugh D. **Física 3: Eletricidade e Magnetismo**. Tradução de Jean Pierre von der Weid. Rio de Janeiro: LTC, 1984.

SENAI. Departamento Nacional. **Curso Básico de Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade: Riscos Elétricos**. SENAI. DN. Brasília, 2007.

SENAI/PR. **Eletrônica Básica para eletricista: fascículos de 01 a 60 – teoria e prática**. (Série Eletrônica Básica para Eletricista). Curitiba, Diretoria Técnica – Divisão de Ensino, 1992.

SILVA, Mauro Costa. Quais lâmpadas acendem? Entendendo o funcionamento dos circuitos elétricos. **Revista Física na Escola**, v.12, n.1, pág. 16-19, 2011. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol12/Num1/circuitos.pdf>>. Acesso em: 18 abr. 2015.

SILVEIRA, Fernando Lang; AXT, Rolando. Associação de pilhas em paralelo: onde e quando a usamos? **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.20, n.3: p. 391-399, dez. 2003. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/Associa_pilhas_paralelo.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2016.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA. **PCN+ - Ensino Médio, Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (MEC-SEMTEC, 2002)**. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN_FIS.pdf>. Acesso em: 22 abr.2015.

TOOLEY, Mike. **Circuitos Eletrônicos: fundamentos e aplicações**. Tradução de Luiz Cláudio de Queiroz Faria. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

UAB - Universidade Aberta do Brasil. Tecnologias em Sistemas para Internet a distância. **Fonte de energia: Hardware de Computadores**. 2012. Disponível em: <http://uab.ifsul.edu.br/tsiad/conteudo/modulo1/hco/hco_uh/fonte.pdf>. Acesso em 22 ago. 2015.

Universidade Estadual de Ponta Grossa. Biblioteca Central Prof. Faris Michaele. **Manual de normalização bibliográfica para trabalhos científicos**. 3. ed. rev. atual. Ponta Grossa: UEPG, 2012. 141 p. il. Disponível em: <http://ri.uepg.br:8080/riuepg/bitstream/handle/123456789/441/LIVRO_ManualNormaliza%C3%A7%C3%A3o%283-ed-rev.-atual-2012%29.pdf?sequence=7>. Acesso em: 20 jan. 2015.

University of Colorado Boulder. **PhET Interactive Simulations:** Capacitor. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/capacitor-lab>. Acesso em: 22 mar. 2016.

University of Colorado Boulder. **PhET Interactive Simulations:** Kit de Construção de Circuito (AC+DC), Laboratório Virtual. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/circuit-construction-kit-ac-virtual-lab>. Acesso em: 22 mar. 2016.

VARIOS AUTORES. **Física, 1º ano: Ensino Médio: livro do professor.** 1.ed. São Paulo: Editora PD, 2010. (Coleção Quanta Física, v.1).