

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE  
INSTITUTO DE MATEMÁTICA, ESTATÍSTICA E FÍSICA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA  
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA – MNPEF – POLO 21**

**SEQUÊNCIA INVESTIGATIVA EM CIRCUITOS  
ELÉTRICOS NO ENSINO MÉDIO**

**Edilson da Silva Torma**

**Rio Grande  
Dezembro de 2015**

**MNPEF**  
Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



# **SEQUÊNCIA INVESTIGATIVA EM CIRCUITOS ELÉTRICOS NO ENSINO MÉDIO**

**Edilson da Silva Torma**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Matemática, Estatística e Física (IMEF) da Universidade Federal do Rio Grande (FURG), no programa do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), Polo 21 - FURG, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador  
Prof. Dr. Valmir Heckler

Coorientadora  
Prof.<sup>a</sup> MSc. Eliane Cappelletto

Rio Grande  
Dezembro de 2015

# SEQUÊNCIA INVESTIGATIVA EM CIRCUITOS ELÉTRICOS NO ENSINO MÉDIO

**Edilson da Silva Torma**

Orientador  
Prof. Dr. Valmir Heckler

Coorientadora  
Prof.<sup>a</sup> MSc. Eliane Cappelletto

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Matemática, Estatística e Física (IMEF) da Universidade Federal do Rio Grande (FURG), no programa do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), Polo 21 - FURG, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

---

Prof. Dr. Leonardo Albuquerque Heidemann

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Rosângela Menegotto Costa – FURG

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Berenice Vahl Vaniel – FURG

---

Prof. Dr. Valmir Heckler (orientador) – FURG

Rio Grande  
Dezembro de 2015

## FICHA CATALOGRÁFICA

T684s Torma, Edilson da Silva  
Sequência Investigativa em Circuitos Elétricos no Ensino Médio -  
Rio Grande: FURG / IMEF, 2015.  
x, 84 f.: il.; 30cm.  
Orientador: Valmir Heckler  
Dissertação (mestrado) – FURG / Instituto de Matemática,  
Estatística e Física / Programa de Pós-Graduação Mestrado Nacional  
Profissional em Ensino de Física (MNPEF), 2015.  
Referências Bibliográficas: f. 82-83.  
1. Ensino de Física. 2. Atividades Investigativas. 3. Circuitos  
Elétricos. I. Heckler, Valmir. II. Universidade Federal do Rio Grande,  
Instituto de Matemática, Estatística e Física, Programa de Pós-Graduação  
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física. III. Título.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao professor Dr. Valmir Heckler e à professora MSc. Eliane Cappelletto pela paciência e orientação de leituras, excelente correção e sugestões pertinentes quanto à produção textual.

À CAPES pelo apoio financeiro por meio da bolsa concedida.

À minha esposa Karen Craveiro Costa Torma por me motivar a continuar meus estudos, em que realizei prova de seleção para o mestrado profissional e por ser parceira nos meus estudos, zelando pelo meu sucesso.

Aos meus pais Otacilio Correa Torma e Maria Teresinha da Silva Torma que me deram muito mais do que uma formação acadêmica, me legaram educação e princípios morais ensinados na família e traduzidos em exemplos cotidianos. Sem eles eu não teria terminado minha graduação.

# RESUMO

## SEQUÊNCIA INVESTIGATIVA EM CIRCUITOS ELÉTRICOS NO ENSINO MÉDIO

Edilson da Silva Torma

Orientador  
Prof. Dr. Valmir Heckler

Coorientadora  
Prof.<sup>a</sup> MSc. Eliane Cappelletto

Dissertação de Mestrado submetida ao Instituto de Matemática, Estatística e Física da FURG, dentro do Programa de Pós-Graduação vinculado ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), Polo 21, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Esta dissertação de mestrado apresenta compreensões sobre a constituição e a implementação de um produto educacional – uma sequência didática investigativa em circuitos elétricos para o ensino médio. Uma proposta didática que inclui os estudantes, de turmas do ensino médio da rede pública do Município de Rio Grande, RS, no trabalho de forma colaborativa em atividades investigativas. Um dos propósitos centrais abrange a inclusão do trabalho experimental em sala de aula do ensino médio, com materiais de baixo custo, de modo a contemplar as diretrizes expressas para a área de Física nos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM). Também, inclui os processos de fazer, manusear, operar e agir em atividades investigativas desenvolvidas em grupo, que utilizam experimentos, desenhos, escritas e vídeos, com o objetivo central de envolver os estudantes e incentivá-los a expressar suas hipóteses para que, a partir de erros e acertos, possam construir o conhecimento de modo colaborativo com seus colegas e o professor. Propõe-se a participação ativa do aluno nos processos de ensino e da aprendizagem dos conceitos da eletrodinâmica tendo como ponto de partida situações-problemas. O produto educacional está organizado em uma sequência de ensino investigativa distribuída em um conjunto de 13 aulas, totalizando uma média de 26 horas-aula. A sequência abrange o desafio da montagem de circuitos elétricos, uso de multímetros e vídeos relacionados a aspectos históricos da eletricidade. Os experimentos foram realizados com pilhas, lâmpadas, conectores, potenciômetros e multímetros. O trabalho dos estudantes também contempla a análise de corrente, tensão e resistência elétrica, bem como testes conceituais sobre circuitos elétricos, dimensionamentos de disjuntores, cálculos, análise de projeto arquitetônico de uma residência (planta baixa) e compreensão sobre os custos relacionados ao consumo de energia elétrica. O produto educacional implantado propiciou o registro de um ambiente

da sala de aula mais agradável e descontraído, propiciando o envolvimento e a atenção dos alunos por um tempo maior do que em relação às aulas tradicionais. A inclusão dos estudantes na geração de hipóteses de forma prática e participativa foi observada nas perguntas geradas entre eles e dirigidas ao professor e durante a comunicação das ideias sistematizadas no material didático e ao grande grupo sobre os conceitos de eletrodinâmica. Surgem como desafios para tornar esse material mais promissor: o desenvolvimento de uma metodologia de avaliação da aprendizagem dos estudantes; a gravação das discussões geradas nos grupos; a inclusão de espaços para sistematizar de forma individual o que foi produzido nos grupos; e um roteiro com questões que possibilitem ampliar o debate em torno dos vídeos utilizados.

Palavras-chave: Ensino de Física, Sequência de Ensino Investigativa, Circuitos Elétricos, Atividades Experimentais.

Rio Grande  
Dezembro de 2015

# ABSTRACT

## INVESTIGATIVE ACTIVITIES IN ELECTRIC CIRCUITS IN HIGH SCHOOL

Edilson da Silva Torma

Advisor

Prof. Dr. Valmir Heckler

Co-advisor

Prof. MSc. Eliane Cappelletto

Dissertation of Master degree submitted to the Mathematics, Statistics and Physics Institute of the Federal University of Rio Grande (FURG), under the Graduate Program linked to the National Professional Master Degree in Physics Education (MNPEF), Pole 21, as part of the requirements for Physics Education Master's Degree.

This dissertation presents understandings on the creation and implementation of an educational product – A Didactic Sequence in Investigation of Electric Circuits in High School. An educational proposal that includes students of public high schools in the city of Rio Grande, Rio Grande do Sul (RS), working collaboratively in investigative activities. One of the main purposes is the inclusion of experimental work in high school classrooms, with low-cost materials, in order to follow the guidelines in the Physics area included in the National Curriculum Parameters for High Schools (PCNEM). It also includes processes of making, handling, operating and acting in investigative activities developed in groups, by using experiments, drawings, writings and videos, with the main objective of encouraging students to engage and to express their hypothesis, through mistakes and successes they can build knowledge in a collaborative way along with their peers and teacher. It is proposed an active participation of students in teaching and learning process of concepts in electrodynamics, taking as a starting point a problem. The educational product is structured in an investigative teaching sequence and comprised in a set of 13 lessons, totaling an average of 26 hours per class. The sequence covers the challenge of mounting an electric circuit, use of multimeters and videos related to historical aspects of electricity. The experiments were performed on batteries, lamps, connectors, potentiometers and multimeters. Students' work also involves analysis of current, voltage and electric resistance as well as conceptual tests of electric circuits, sizing circuit breakers, calculations, architectural design analysis of a residence (floor plan) and comprehension of energy electric costs related to its consume. The establishment of the educational product led to an environment more pleasant and relaxed in the

classroom, facilitating the involvement and students' attention for longer than in traditional classes. The involvement of students in generating hypothesis in a practical and participative way was observed because of their questions generated between them and the teacher and in the discussion of the systematized ideas in the teaching materials and in the large group on the concepts of electrodynamics. Some challenges arise to make this material more promising: development of a methodology to evaluate student learning process; recording of the discussions generated in groups; inclusion of spaces to systematize in an individual way what was produced in group; and a script with questions that allows to broaden the discussion about the videos played in classes.

Keywords: Physics Education, Investigative Teaching Sequence, Electric Circuits, Experimental Activities.

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>2. ESTUDOS ANTERIORES</b>	<b>7</b>
2.1 <i>Pensando no Ensino Investigativo na Sala de Aula</i>	7
2.1 <i>Planejamento das Sequências de Ensino Investigativo</i>	10
2.2 <i>Referenciais sobre o Ensino de Eletricidade no Nível Médio</i>	14
2.2.1 <i>O Tema Eletricidade nos PCNEM e PCN+</i>	15
2.3 <i>Circuitos Elétricos em Alguns Artigos Recentes</i>	16
<b>3. A CONSTRUÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL</b>	<b>21</b>
3.1 <i>Projeto 2010/2011 - Ensaio Um</i>	21
3.2 <i>Projeto 2012 - Ensaio Dois</i>	32
3.3 <i>Projeto 2013 - Ensaio Três</i>	41
3.4 <i>Projeto 2014 - Ensaio Quatro</i>	48
3.5 <i>Recursos Utilizados para a Construção dos Materiais</i>	60
<b>4. PRODUTO FINAL E IMPLEMENTAÇÃO</b>	<b>62</b>
4.1 <i>O Diferencial desta Versão</i>	63
4.2 <i>Implementação</i>	71
4.3 <i>Resultados da Implementação</i>	72
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>77</b>
5.1 <i>Previsões Futuras para Substituir as Lâmpadas no Trabalho</i>	79
5.2 <i>Para Além de Concluir</i>	81
<b>6. REFERÊNCIAS</b>	<b>82</b>
<b>7. APÊNDICE A - PRODUTO EDUCACIONAL</b>	<b>84</b>

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUÇÃO

Quando alguém lhe pergunta sua profissão, e você responde que é professor e leciona Física, a grande maioria faz uma cara feia e questiona: como alguém pode gostar de Física?! Esse é o primeiro problema que nós, licenciados na área, enfrentamos. Pensando nisso, tentei buscar alternativas para tornar minhas aulas mais interativas e divertidas, através de atividades práticas curtas, que pudessem tirar os alunos da rotina passiva de quadro e giz vivenciada no cotidiano escolar.

Uma tarefa nada fácil, visto que as escolas públicas em que atuo não dispõem de um laboratório de Física. Mas aceito o desafio baseado nos achados de vários trabalhos já publicados, como, por exemplo, SILVA (2011), ROSA & ROSA (2012), SOUZA FILHO *et al.* (2011) e BRASIL (2002), que defendem que as intervenções experimentais aproximam os estudantes dos conceitos estudados e facilitam o processo ensino-aprendizagem.

O enfoque central que assumo ao longo desta escrita é o de descrever a criação, o aperfeiçoamento e a implementação de um produto educacional, que constitui uma sequência de ensino investigativa em circuitos elétricos aplicada em turmas do ensino médio da rede pública.

Nesta primeira seção, apresento ao leitor uma breve história sobre os fatores que me levaram a escolher o curso de Física e a docência como profissão, esclarecendo também a origem do produto educacional deste mestrado. Mostrarei que a minha experiência, em diferentes períodos formativos, concorreu para que o produto desenvolvido fizesse uso de vídeos e aulas experimentais sobre o tema *circuitos elétricos*, agregando, assim, a história da eletricidade a atividades práticas em sala de aula. Tive acesso a várias atividades experimentais como estudante nos ensinos médio e universitário, bem como em disciplinas do presente mestrado, e essas aulas influenciaram minha escolha de incluir atividades lúdicas como fio condutor para guiar os processos de ensino e de aprendizagem na sala de aula.

Passo, então, a contar um pouco da minha história, a partir de três questões: O que me trouxe até aqui? O que ensinamos? E por que ensinamos esses tópicos? Cada professor certamente responderá essas perguntas baseado em suas vivências e, para cada questionamento, haverá uma diversidade de respostas, proporcional ao número de profissionais que as respondam.

Ao concluir o ensino fundamental em uma escola pública, optei por ingressar no ensino médio profissionalizante, no Colégio Técnico Industrial (CTI), conforme denominado na época, na cidade do Rio Grande, RS. Nessa instituição federal, fiz o curso de *Refrigeração e Ar Condicionado* e tive acesso a disciplinas que tipicamente não constam do currículo das escolas de ensino médio da rede pública do estado, por serem específicas de cursos profissionalizantes. Nelas descobri interessantes aplicações de muitos conceitos físicos, como por exemplo, a dilatação térmica, a expansão do fluido refrigerante (R134-A) utilizado no interior de tubos de cobre que constituem os refrigeradores e aparelhos de ar condicionado. Os cálculos, vistos em disciplinas como *Termodinâmica 1 e 2*, *Projetos 1 e 2*, *Fundamentos de Refrigeração*, *Instalações 1 e 2* e tantas outras, tornaram-se parte do meu cotidiano na escola técnica. Compreendo que a dedicação necessária à superação de obstáculos nas disciplinas citadas serviu de estímulo, despertando em mim um gosto pela Física e áreas afins, por exigirem cálculos e raciocínio lógico.

No curso de *Refrigeração* também tive muitas disciplinas de *Desenho Técnico*, que somadas aos cálculos, fizeram crescer meu interesse pelo curso de Engenharia Civil. Ao prestar vestibular, essa era minha meta. No entanto, ao longo da preparação para a prova, acabei por trocar para o curso de Física, visto que na época o mercado de trabalho na Engenharia Civil se encontrava saturado na cidade. Logo, apesar de não ter sido a primeira meta profissional almejada, escolhi o curso de Física em primeira opção no vestibular.

Foi assim que, em 2001, ingressei na Universidade Federal do Rio Grande (FURG) e iniciei minha caminhada na licenciatura em Física e na docência. Ainda no primeiro ano de estudos na Universidade, conheci um engenheiro civil que fazia o curso de Matemática à noite. Precisando de alguém para fazer desenhos em AutoCAD, passei a trabalhar para ele nos horários vagos e, como se fosse “um golpe do destino”, comecei a atuar na Engenharia Civil enquanto fazia o curso de Física na FURG.

No início de 2002, meu novo amigo engenheiro e seu sócio abriram uma empresa de construção e passei a trabalhar em seu escritório nas férias. Em 2004, ele sugeriu que eu largasse o curso de Física para, então, me dedicar à Engenharia Civil, visto que, segundo ele, certamente teria emprego garantido na empresa. Embora esse fosse meu sonho de garoto, ao término do ensino médio percebi que essa não era mais a minha primeira opção. A engenharia havia se tornado um *hobby*, era agora para mim a segunda opção para uma possível atuação profissional. A licenciatura em Física havia assumido, em minha vida, um lugar de destaque, e assim, abracei a docência em Física como profissão!

Tive que superar muitas dificuldades no curso, principalmente nas disciplinas de cálculo. Estudar e trabalhar tornava o aprendizado mais difícil, mas com perseverança e ajuda de colegas e professores que me incentivavam, superei as dificuldades e, em 2008, concluí o curso de licenciatura em Física na FURG. Durante a graduação, tive várias oportunidades de atuar como professor. A primeira delas foi no antigo curso pré-vestibular *Paidéia*, promovido pela instituição na ala acadêmica do Hospital Universitário. Neste projeto, os alunos das licenciaturas se inscreviam e ministravam aulas gratuitas para a população carente. Também nesse período comecei a dar aulas particulares e essas aulas me trouxeram a certeza de que o curso que eu havia escolhido era, sem dúvida, a opção correta. Realmente, para mim, é um prazer ensinar e foi na prática educativa que confirmei o gosto pela docência em Física.

Minha jornada como um profissional assalariado começou em 17 de maio de 2010, através de contrato emergencial para professores pela 18ª Coordenadoria Regional de Educação. Ingressei em três escolas públicas do estado do Rio Grande do Sul: E.E.E.M. Bibiano de Almeida, C.E. Lemos Jr. e E.T.E. Getúlio Vargas. No Bibiano de Almeida, passei a lecionar Física em quatro turmas de 3º Ano e outras quatro turmas no Lemos Jr. Já no Getúlio Vargas, eram duas turmas de 1º Ano. Desde então, tive contato com novas turmas de 3º Ano do Ensino Médio, o que de certa maneira me conduziu a desenvolver o presente trabalho, em que proponho uma abordagem didática investigativa dentro do conteúdo da Eletrodinâmica.

Na busca por entender como essa dissertação de mestrado foi constituída, relato um pouco da origem dos trabalhos que aqui serão apresentados. Em 2002, quando cursei a disciplina *Física Experimental II*, tive acesso a vários conteúdos relacionados

ao Eletromagnetismo. Em 2005, na disciplina *Atividades de Ensino de Física II*, fiz um estudo teórico-prático a partir da leitura do artigo de Evans (1990), intitulado “*Ensinando eletricidade com pilhas e lâmpadas*”. O autor descreve como introduzir os conceitos-chave de circuitos elétricos a estudantes de vários níveis de ensino (fundamental, médio e superior), utilizando apenas materiais concretos do cotidiano como pilhas, lâmpadas e fios. Esse artigo, e as atividades nele propostas, me chamaram muito a atenção na época, justamente por ser bem divertido manusear e testar na prática os circuitos elétricos. Essa impressão, que guardei por anos, foi o ponto inicial desta dissertação. Almejava construir aulas semelhantes, nas quais os estudantes pudessem aprender de modo divertido, e com isso, vir a ter gosto de estudar temas da Física.

O produto aqui detalhado – uma sequência didática investigativa em circuitos elétricos para o ensino médio – passou por muitos aperfeiçoamentos, isto é, sofreu várias modificações no decorrer de cinco anos. As primeiras melhorias foram fruto das perguntas e/ou das dúvidas levantadas pelos próprios estudantes. As últimas surgiram pelo amadurecimento que as disciplinas cursadas no mestrado puderam me proporcionar. Aspectos históricos, epistemológicos e atividades lúdicas contribuíram para elaborar questionamentos a partir de experimentos de circuitos elétricos e gerar as atividades investigativas que fazem parte da versão final deste trabalho. Neste sentido, um dos objetivos da proposta é o de ensinar uma Física mais próxima do cotidiano dos jovens estudantes do ensino médio, de modo a contemplar as diretrizes expressas para a área de Física nos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM).

No Capítulo 2, abordo os processos e mecanismos necessários para se construir uma sequência de ensino investigativa a partir das ideias centrais de Carvalho (2013). Apresento como as atividades investigativas, que utilizam experimentos, desenhos, escritas e vídeos, podem ser desenvolvidas em grupo, a fim de envolver os estudantes e incentivá-los a expressar suas hipóteses para que, a partir de erros e acertos, possam construir o conhecimento de modo colaborativo com seus colegas e o próprio professor.

Nesta perspectiva, o referido capítulo apresenta aspectos centrais dos PCNEM e de publicações recentes que trabalham com o tema de circuitos elétricos no contexto da educação básica. Os registros no documento legal apontam para a importância de se utilizar a experimentação ao longo do processo de ensino e aprendizagem, no que tange ao aluno manusear, operar e agir, em diferentes formas e níveis durante as atividades de

Física propostas em sala de aula. Nos cinco artigos<sup>1</sup> analisados na breve revisão bibliográfica, menciono distintas atividades desenvolvidas, em consonância ao proposto nos PCNEM, bem como apresento apontamentos dos autores sobre as dificuldades de aprendizagem dos estudantes da Educação Básica sobre a temática da Eletricidade.

No Capítulo 3, dividido em quatro ensaios, relato as primeiras propostas de trabalho. Detalho os materiais utilizados em sala de aula, bem como a construção e a forma pela qual o produto desta dissertação foi amadurecendo e evoluindo, durante os anos em que foi sendo desenvolvido e implementado nas turmas de 3º Ano do Ensino Médio. Ainda nesse capítulo, avalio alguns dispositivos utilizados nas aulas práticas e faço algumas sugestões para maior durabilidade dos materiais empregados.

Descrevo, no Capítulo 4, o produto final desta dissertação. Início com um quadro síntese que registra as distintas aulas desenvolvidas durante um trimestre, com a carga horária total necessária, bem como a metodologia utilizada para a implantação da sequência investigativa em circuitos elétricos. Para exemplificar, a cada aula listo as atividades experimentais propostas, os materiais utilizados, os textos, as questões e as ações desenvolvidas para a implementação da proposta em uma turma do Ensino Médio. Ao longo desse capítulo, indico alguns resultados obtidos a partir de falas e registros produzidos pelos estudantes, bem como alguns diferenciais nas atividades se comparadas às versões anteriores descritas no Capítulo 3.

As considerações finais estão no Capítulo 5. Nelas constato que as aulas e as atividades idealizadas e implementadas gradativamente no decorrer desses anos, presentes no produto descrito ao longo desta dissertação, estão apoiadas nos PCNEM e nas ideias centrais de uma sequência investigativa, defendidas por Carvalho (2013). Observo como necessário o desenvolvimento de futuros trabalhos a partir da material produzido, como a perspectiva de substituir as lâmpadas incandescentes utilizadas por modelos mais eficientes, conforme previsto na Portaria Interministerial nº 1007/2010. Para além de considerar o trabalho concluído, expresso, ao longo do capítulo, minhas ideias de como a construção e o aperfeiçoamento de materiais didáticos, como esses propostos para o tema circuitos elétricos, podem, por parte de um professor, promover um ensino de Física que propicie o envolvimento ativo dos estudantes.

---

<sup>1</sup> Os artigos mencionados são: SILVA (2011), SOUZA FILHO *et al.* (2011), ROSA & ROSA (2012), DORNELES, ARAUJO & VEIT (2006) e GLEISER (2000).

No Apêndice A desta dissertação disponibilizo o produto educacional **Sequência Investigativa em Circuitos Elétricos no Ensino Médio**. O texto inclui as aulas com atividades experimentais, articuladas a momentos históricos da eletricidade, questões abertas e interpretativas. O professor poderá utilizar esse material na perspectiva de promover os processos de ensino e aprendizagem partindo dos conhecimentos prévios do estudante.

## CAPÍTULO 2

### 2. ESTUDOS ANTERIORES

Neste capítulo apresento estudos que fundamentaram o desenvolvimento e a implantação do produto educacional desta dissertação e que abrangem aspectos metodológicos, conceituais e os principais desafios de aprendizagem que surgem ao se trabalhar com o tema circuitos elétricos no Ensino Médio. Descrevo como as sequências de ensino investigativas de Carvalho (2013) tornam possível a estruturação de um material didático que visa o aprendizado com envolvimento ativo dos estudantes em sala de aula. Com base nos PCNEM e em estratégias de ensino apresentadas por distintos autores, em uma breve revisão bibliográfica de artigos publicados na Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF) e da Física na Escola (FnE), constato a deficiência e a dificuldade que estudantes de nível médio apresentam no tema *circuitos elétricos*, que tipicamente é estudado no 3º Ano da rede básica de ensino.

#### 2.1 Pensando no Ensino Investigativo na Sala de Aula

Assumo que o produto educacional que constitui essa dissertação, agrega questões, experimentação, desenhos, escritas, vídeos e atividades investigativas a serem desenvolvidas em grupo. Nesse sentido, a partir de Carvalho (2013) apresentarei nesta seção um breve embasamento teórico sobre a proposição de sequências de ensino investigativas em sala de aula. As atividades desenvolvidas com enfoque investigativo contemplam o conhecimento prévio dos estudantes, de modo que eles possam manifestar e testar suas hipóteses, para que a partir de erros e acertos, construam o conhecimento, de modo participativo, com seus colegas e o próprio professor.

A partir da leitura de Carvalho (2013), compreendo que o aumento exponencial do conhecimento produzido pelas gerações anteriores e os trabalhos de Piaget e Vigotski mudaram a forma de ensinar. Assumo a partir da autora, Ana Maria Pessoa de Carvalho, que o ensino precisa deixar de ser expositivo, modelo em que o professor era

o centro das atenções na sala de aula, para tornar-se uma proposta investigativa centrada no envolvimento do aluno com sua própria aprendizagem. Nesse contexto, o professor é um orientador que conversa e administra o trabalho, de modo a conduzir os debates gerados pelo raciocínio dos próprios estudantes, a partir dos conhecimentos prévios que cada um traz para sala de aula. Fundamental é, portanto, a interação social dos alunos entre si e com o professor.

Nesta perspectiva, registro o que se entende por planejamento de uma sequência de ensino investigativo:

... o planejamento de uma sequência de ensino que tenha por objetivo levar o aluno a construir um dado conceito deve iniciar por atividades manipulativas. Nesses casos a questão, ou o problema, precisa incluir um experimento, um jogo ou mesmo um texto. E a passagem da ação manipulativa para a construção intelectual do conteúdo deve ser feita, agora com a ajuda do professor, quando este leva o aluno, por meio de uma série de pequenas questões, a tomar consciência de como o problema foi resolvido e porque deu certo, ou seja, a partir de suas próprias ações (CARVALHO, 2013, p. 3).

O produto descrito nesta dissertação contempla as atividades manipulativas que envolvem circuitos elétricos construídos com pilhas, lâmpadas e conectores, possibilitando a construção e problematização dos fenômenos da Eletricidade. A partir de suas experiências de vida, os estudantes, ao serem envolvidos nas atividades, expressam os conhecimentos que julgam ter dos conceitos e princípios da eletricidade. Para esse momento de sala de aula, pautado em Carvalho (2013), saliento a importância de o professor estar atento a possíveis erros que o estudante possa comunicar em suas conclusões durante estas atividades, visto que o estudante segue seu próprio raciocínio, que é uma das condições para a construção de novos conhecimentos.

Essa problematização em torno do erro é percebida no Vídeo 1 da Aula 4 (A FAÍSCA, 2011), quando Galvani, o cientista que aparece no vídeo, faz mexer as pernas de uma rã morta, utilizando fios de cobre, sem que a máquina que gerava eletricidade estática fosse ligada. A discussão no vídeo é se existe ou não a eletricidade animal. Por momentos, utilizar o vídeo na sequência de ensino possibilita aos alunos ficarem curiosos com o problema, porque eles também não entendem o motivo pelo qual esse movimento acontece. Para eles, é a máquina eletrostática que gera a eletricidade responsável por fazer com que as pernas da rã se mexam, ou seja, o movimento é causado pela eletricidade que conhecemos. E essa pergunta histórica pode manter a atenção dos alunos para o entendimento de aspectos da eletricidade envolvidos no

recorte que a história mostra no vídeo. A eficácia da problematização é promovida pelas conversas entre e com os alunos durante a aula e, assim, possibilita um ensino de física por investigação, como defendido por Carvalho (2013) em seu livro *Ensino de Ciências por Investigação*.

As atividades de ensino investigativo propostas no produto educacional estão organizadas para serem desenvolvidas em pequenos grupos. Segundo Carvalho (2013), essa é uma das ações previstas para que a aprendizagem aconteça pela interação social, ao proporcionar a transformação cognitiva por meio da troca de experiências entre colegas e o professor. Em minhas experiências como professor na sala de aula pude constatar que a atividade de geração de hipóteses em grupo foi mais produtiva do que a mesma atividade realizada de forma individual, por proporcionar diálogo e troca de experiência entre os estudantes.

Os estudantes possuem uma linguagem própria e eles, dentro dos seus saberes, buscam explicar o problema para o colega sem o uso de termos técnicos que acabam por obscurecer o seu raciocínio. No Capítulo 4, na Seção 4.3 Resultados da Implementação, apresento um exemplo dessa linguagem construída entre os estudantes. Na Atividade Experimental 10 (Aula 9), contida no produto educacional, uma aluna chama a corrente de curto-circuito de “corrente preguiçosa”. Essa explicação pode ser constatada na íntegra no recorte mostrado na Figura 46, na página 65. A troca de ideias e o auxílio mútuo entre os componentes do grupo permitem que a atividade seja chamada de sociointeracionista, em que

os conceitos espontâneos dos alunos, às vezes com outros nomes como conceitos intuitivos ou cotidianos, são uma constante em todas as propostas construtivistas, pois são a partir dos conhecimentos que o estudante traz para a sala de aula que ele procura entender o que o professor está explicando ou perguntando (CARVALHO, 2013, p. 6).

Portanto, cabe ao professor intermediar a passagem da linguagem cotidiana do estudante para a linguagem científica, que não se restringe apenas à apropriação de palavras. Nesse sentido, o aprendizado também abrange apropriar-se da interpretação de tabelas, gráficos e as demais relações disponibilizadas pela linguagem matemática. Acredito que essa última seja a mais difícil para o estudante, que nos dias de hoje, traz uma carência muito grande na compreensão e manipulação de relações e equações, que para eles fazem pouco ou nenhum sentido. Assim,

[...] ao ensinar ciências, ou qualquer matéria, não queremos que os alunos simplesmente repitam as palavras como papagaios. Queremos que sejam capazes de construir significados essenciais com suas próprias palavras [...] mas estas devem expressar os mesmos significados essenciais que hão de ser cientificamente aceitáveis (LEMKE, 1997 *apud* CARVALHO, 2013, p. 7).

Logo, acredito que a partir do trabalho experimental em circuitos elétricos, os estudantes possam vir, aos poucos, a assimilar as características inerentes a cada circuito manipulado e que estão presentes nas equações. Dessa maneira,

[...] temos de prestar atenção nas outras linguagens, uma vez que somente as linguagens verbais – oral e escrita – não são suficientes para comunicar o conhecimento científico (CARVALHO, 2013, p. 7).

Compreendo que, para a sequência de ensino investigativo proposta neste estudo, cabe ao professor intermediar a tradução da linguagem matemática para a linguagem visual, a partir da experiência do aluno em manusear os elementos básicos de um circuito, permitindo a ele criar esse elo entre a teoria e a prática, a fim de possibilitar a compreensão dos problemas abstratos existentes na Eletrodinâmica.

## **2.1 Planejamento das Sequências de Ensino Investigativo**

Nesta dissertação, considero que uma sequência de ensino investigativo (SEI) consiste em um conjunto de aulas que abrangem algum tema do conteúdo programático de modo a proporcionar um ambiente no qual o estudante possa trazer seus conhecimentos prévios (CARVALHO, 2010). Para a autora, os conhecimentos prévios dos estudantes servem para iniciar os novos, em um clima de debate entre eles, ficando a cargo do professor intermediar a passagem do conhecimento espontâneo ao científico. Metodologicamente,

[...] na maioria das vezes a SEI inicia-se por um problema, experimental ou teórico, contextualizado, que introduz os alunos no tópico desejado e oferece condições para que pensem e trabalhem com as variáveis relevantes do fenômeno científico central do conteúdo programático [...] (CARVALHO, 2013, p. 9).

Assim, o material utilizado em uma SEI desperta a atenção e o interesse dos estudantes. Elaborado para ser de fácil manejo, permitirá que eles consigam responder a um problema inicial. Nesse sentido, visualizo e proponho no produto educacional que, a partir da construção e reconstrução dos circuitos elétricos estudados, os estudantes

poderão analisar os resultados, o que permitirá uma reestruturação do modelo mental que cada um traz consigo. Desta maneira compreendo que, com base nos

[...] conhecimentos anteriores e da manipulação do material escolhido que os alunos vão levantar suas hipóteses e testá-las para resolver o problema [...] (CARVALHO, 2013, p. 11).

A sequência de ensino investigativo que apresento no Apêndice A desta dissertação, como produto educacional deste mestrado, foi desenvolvida nessa base teórica. As atividades do produto são constituídas por um problema inicial e várias perguntas dissertativas em torno das quais os estudantes trabalham em pequenos grupos. O manejo com o equipamento fornecido a eles, como, por exemplo, lâmpadas, pilhas e fios permite a criação e o teste de suas hipóteses sobre o funcionamento de um circuito elétrico. De modo gradativo, respeitando o tempo de cada um, o professor deve participar dos debates de cada grupo, sugerindo alguns procedimentos, como estratégia de conduzir os estudantes ao raciocínio lógico que lhes permita encontrar a solução do problema que desejam resolver. Neste processo, podem surgir hipóteses erradas. No entanto, mesmo nesta situação, assumo que são elas que alimentam o interesse e participação do aluno. Assim, ressalto que é

[...] a partir das hipóteses – das ideias – dos alunos que quando testadas experimentalmente deram certo que eles terão a oportunidade de construir o conhecimento. As hipóteses que quando testadas não deram certo também são muito importantes nessa construção, pois é a partir do erro – o que não deu certo – que os alunos têm confiança no que é o certo [...] (CARVALHO, 2013, p. 11-12).

As aulas que utilizam a história da eletricidade promovem um ambiente para o debate entre os alunos e o professor sobre como os problemas foram resolvidos historicamente pelos cientistas. Nestas aulas o estudante tem acesso à origem dos problemas que conduziram às hipóteses e aos materiais experimentais desenvolvidos pelos cientistas no intuito de esclarecer os fenômenos observados.

A partir de Heckler (2014) compreendo que o estudo de fenômenos físicos pode acontecer com diferentes estratégias metodológicas, que busquem promover a aprendizagem ativa dos estudantes. O autor destaca que atividades investigativas podem ser desenvolvidas em sala de aula a partir de vídeos, imagens do cotidiano, como forma de promover a interação social com os estudantes ao se investigar as temáticas de forma colaborativa (LAWS, 2013 *apud* HECKLER, 2014, p. 119). Nesta perspectiva, esses

materiais precisam ser reconhecidos como meios de comunicação ao serem utilizados no Ensino de Física, constituídos com distintas linguagens e formas como narrativas, interpretativas, adaptativas, comunicativas e produtivas (LAURILLARD, 2004 *apud* HECKLER, 2014).

Acredito que a reprodução do Vídeo 1 (A FAÍSCA, 2011) possibilitou aos alunos vivenciar na sala de aula o mesmo ambiente de dúvidas. Utilizando os conceitos estudados na SEI, pausando o vídeo, possibilito aos aprendizes a tarefa de tentar responder algumas perguntas inerentes ao filme. Nesse sentido, se torna evidente que

[...] as atividades de contextualização social do conhecimento ou de aprofundamento podem ser feitas com textos de História das Ciências. Esses são muito ricos, pois iniciam os alunos às ideias e aos processos aplicados pelos cientistas [...] e dão margem a discussões que relacionam ciência e desenvolvimento social (CARVALHO, 2013, p. 17).

Os referidos aspectos também estão destacados nos PCNEM da Física, com o registro de que o estudante deve compreender os conhecimentos científicos e tecnológicos como resultado de uma construção humana, inseridos em um processo histórico e social. Nesse sentido, penso que os vídeos da história da eletricidade possam servir como instrumentos auxiliares em sala de aula, pois possibilitam vislumbrar a caminhada para chegar à solução de problemas feita por diferentes cientistas de determinada época. Indicam as formas usadas para resolver alguns problemas em que se percebe que muitos conceitos e certas hipóteses levantadas por eles não estavam corretas.

A percepção de que os cientistas também trabalham com o erro, ao buscarem soluções de problemas, é muito importante em uma aula da Física, pois na maioria das vezes os alunos esperam por um resultado satisfatório, imediato, quando trabalham em laboratório, por julgarem o erro um fracasso. O medo de ter uma nota reduzida por não serem bem sucedidos na primeira tentativa de montagem do circuito entrava a proposta de construção do conhecimento, apoiada em erros e em acertos, como discutido anteriormente.

Quando se estuda utilizando a SEI como base estrutural da atividade experimental, o erro é valorizado da mesma forma que o acerto, por promover maior oportunidade de conhecimento durante a aula. Aulas experimentais permitem que os alunos criem e recriem situações que não foram todas pensadas ou mapeadas. Vão além

de um simulador, restrito ao raciocínio do programador, e dão ao estudante a oportunidade de interação social com os colegas, o professor e a realidade.

Na perspectiva de incluir atividades experimentais no produto educacional proposto, me apoio em distintos graus de liberdade, conforme destacado por Carvalho (2010). A autora registra, a partir dos estudos de Pella (1969 *apud* CARVALHO, 2010), os possíveis graus de liberdade que podem ser assumidos em aulas experimentais na escola. O Quadro 1 sintetiza os aspectos centrais deste trabalho, em relação ao envolvimento do professor (P) e do aluno (A) na elaboração de problemas, hipóteses, plano de trabalho, obtenção de dados e conclusões. Nesse sentido, visualizo que os graus destacados podem servir a nós, professores, como orientadores quando planejamos e construímos uma atividade experimental no contexto escolar.

**Quadro 1 - Graus de liberdade do professor (P) e do aluno (A) em aulas de laboratório.**

	GRAU I	GRAU II	GRAU III	GRAU IV	GRAU V
Problema	P	P	P	P	A
Hipóteses	P	P	P	A	A
Plano de trabalho	P	P	A	A	A
Obtenção de dados	A	A	A	A	A
Conclusões	P	A	A	A	A

**Fonte:** CARVALHO, 2010, p. 55.

No Quadro 1, as aulas experimentais são classificadas em cinco níveis, em que a participação do estudante cresce junto com o grau de liberdade. O grau V, o mais exigente, seria uma atividade experimental em que o problema, as hipóteses, o plano de trabalho, a obtenção de dados e as conclusões partissem do estudante, ou seja, ele teria total liberdade para escolher a pergunta, planejar como respondê-la e executar esse planejamento. Para assumir o grau V em sala de aula, seria preciso que alguém do grupo trouxesse uma curiosidade ou um questionamento pessoal para, a partir dessa dúvida, construir hipóteses e planejar a maneira de testá-las a fim de obter os resultados necessários para esboçar conclusões.

Seguindo esta classificação, no produto educacional incluso nesta dissertação, busco, em grande parte das atividades experimentais propostas, permitir que os estudantes vivenciem um grau de liberdade IV. Ressalto que as referidas atividades

podem oscilar para o grau V, visto que sempre existem alguns momentos, durante a aula, em que os estudantes geram perguntas. Diante das perguntas levantadas pelos estudantes, busco orientar e possibilitar conversas na sala de aula, de forma a alimentar sua criatividade, tomando cuidado para não dar a resposta, permitindo assim que eles próprios testem, investiguem e promovam a discussão dos resultados.

Segundo Carvalho (2010), os graus de liberdade IV e V estão no nível de jovens cientistas presentes nas feiras de ciência e que são uma raridade entre os jovens que estudam no ensino médio. A crítica que a autora faz em seu livro é justamente que os professores tentam ensinar Física para alguns poucos jovens que têm facilidade para ciência, deixando de lado a grande maioria dos estudantes que, ignorados, acabam por detestar Física e qualquer outra área profissional que venha a precisar de conhecimentos da Física.

Nesta perspectiva, a sequência de ensino investigativo que proponho no produto educacional foi pensada em módulos, com um grau de dificuldade que tende a crescer na medida em que mais variáveis são agregadas às atividades propostas. As figuras que constituem, por exemplo, o esboço dos circuitos, buscam ser o mais intuitivas possível, para que o estudante tenha condições de gerar e testar suas hipóteses a partir do material experimental disponibilizado. Há um objetivo intrínseco no trabalho, que é fazer com que os alunos deixem de temer a Física e passem a alimentar o interesse pela área, tão importante para o desenvolvimento da nossa sociedade fortemente tecnológica, como evidenciado nos vídeos que contam a história da eletricidade.

## **2.2 Referenciais sobre o Ensino de Eletricidade no Nível Médio**

Nessa seção discutirei os conteúdos de eletricidade sugeridos para o ensino de Física, a partir de indicativos presentes nos PCNEM (BRASIL, 1999). Apresento, também, em uma breve revisão bibliográfica, artigos que discutem o tema eletricidade e possíveis implementações de atividades experimentais, visando o aprendizado do estudante de maneira participativa, como forma de superar as dificuldades de aprendizagem em circuitos elétricos.

### 2.2.1 O Tema Eletricidade nos PCNEM e PCN+

O referencial pedagógico discutido nas seções anteriores está de acordo com a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional de 1996, regulamentada em 1998 por Diretrizes do Conselho Nacional de Educação e pelos PCNEM, complementados pelos PCN+. Como previsto em lei, as disciplinas cursadas no ensino médio devem adquirir uma amplitude cultural e um sentido prático. Nestes documentos, consta que a Física é um dos componentes curriculares das Ciências da Natureza e deve, a partir de princípios, leis e modelos desenvolvidos ao longo de sua história, possibilitar que o indivíduo lide com os fenômenos naturais e tecnológicos do seu cotidiano, e permitir, assim, que ele tenha plena consciência de que sua geração fará parte da história e que será indispensável para o progresso da civilização como um todo. Dessa maneira, espera-se

[...] que ele, ao final da educação básica, adquira uma compreensão atualizada das hipóteses, modelos e formas de investigação sobre a origem e evolução do Universo em que vive, com que sonha e que pretende transformar. Assim, **Universo, Terra e vida** passam a constituir mais um tema estruturador (BRASIL, 2002, p. 70-71).

*Equipamentos elétricos e telecomunicações*, por sua vez, é o quarto tema estruturador detalhado nos PCN+ para organizar o Ensino de Física no Ensino Médio. Previstos em Lei, os equipamentos podem ser abordados em algumas unidades temáticas tais como “aparelhos elétricos”, estes prevendo as seguintes competências a serem trabalhadas e desenvolvidas com o estudante:

- Em aparelhos e dispositivos elétricos residenciais, identificar seus diferentes usos e o significado das informações fornecidas pelos fabricantes sobre suas características (voltagem, frequência, potência, etc.).
- Relacionar essas informações a propriedades e modelos físicos, visando explicar seu funcionamento e dimensionar circuitos simples para sua utilização.
- Compreender o significado das redes de 110 V e 220 V, calibre de fios, disjuntores e fios-terra para analisar o funcionamento de instalações elétricas domiciliares e utilizar manuais de instrução de aparelhos elétricos, para conhecer procedimentos adequados a sua instalação, utilização segura ou precauções em seu uso.
- Dimensionar o custo do consumo de energia em uma residência ou outra instalação, propondo alternativas seguras para a economia de energia (BRASIL, 2002, p. 76).

A partir do disposto nos PCN+, compreendo que a sequência de ensino investigativa, apresentada no produto desta dissertação, abrange essa unidade temática

de modo prático, participativo e investigativo, promovendo a construção de hipóteses pelos próprios estudantes. Nesta proposta, frente aos aspectos citados, as atividades práticas fazem parte do processo de ensino, por isso 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. Isso inclui retomar o papel da experimentação, atribuindo-lhe uma maior abrangência para além das situações convencionais de experimentação em laboratório. As abordagens mais tradicionais precisariam, portanto, ser revistas, evitando-se “experiências” que se reduzem à execução de uma lista de procedimentos previamente fixados, cujo sentido nem sempre fica claro para o aluno. É tão possível trabalhar com materiais de baixo custo, tais como pedaços de fio, pequenas lâmpadas e pilhas, quanto com kits mais sofisticados, que incluem multímetros ou osciloscópios. A questão a ser preservada, menos do que os materiais disponíveis, é, novamente, que competências estarão sendo promovidas com as atividades desenvolvidas (BRASIL, 2002, p. 84).

Pautado nestes aspectos destacados nos PCN+, quanto ao processo de implantação do produto educacional em sala de aula, aposto na metodologia de investigação proposta por Carvalho (2013). Nesse sentido, o professor assume o papel de orientar as atividades experimentais na sala de aula, dando uma certa liberdade para os alunos pensarem e operarem os equipamentos a eles distribuídos. O material didático construído contém questões dissertativas que possibilitam promover o debate em grupo. Com as atividades práticas, os estudantes são conduzidos a trabalhar também com a incerteza experimental, tão importante quanto o acerto previsto e esperado pela maioria. As questões abertas, inclusas em cada uma das aulas propostas, permitem fugir do famoso receituário e, com isso, configurar-se como uma atividade experimental *investigativa* de fato. Assim, as ações práticas da sequência investigativa não se resumem a simplesmente mostrar o fenômeno, mas analisar e discutir as possibilidades e variáveis que surgem a partir do fenômeno.

### **2.3 Circuitos Elétricos em Alguns Artigos Recentes**

A proposta de desenvolver uma sequência investigativa em circuitos elétricos no ensino médio foi inspirada inicialmente pelos artigos de EVANS (1978), AXT *et al.* (1990) e SILVEIRA *et al.* (1989), que fizeram parte da minha formação no curso de

licenciatura. Na busca por obter informações atualizadas sobre como o tema de circuitos elétricos vem sendo trabalhado no Ensino Médio, realizei uma breve revisão bibliográfica em publicações online a partir de 2000. Escolhi fazer o estudo a partir do referido ano visando contemplar as possíveis influências dos PCNEM nestes trabalhos. Concentrei minha investigação na Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF) e nas publicações do suplemento semestral Física na Escola (FnE).

Na breve revisão bibliográfica realizada, encontrei sete publicações e, destas, escolhi cinco, que considerei relevantes e as quais assumo como auxiliares na fundamentação teórica do trabalho que defendo nesta dissertação. Nos próximos parágrafos desenvolvo uma reflexão a partir da síntese de cada artigo estudado.

Destaco o artigo de Silva (2011), que aborda o funcionamento de lâmpadas e circuitos elétricos. O autor utiliza uma série de atividades experimentais envolvendo ligação de lâmpadas incandescentes em circuitos em paralelo, em série ou mistos. Os estudantes são conduzidos a prever o brilho das lâmpadas do circuito apresentado pelo professor, utilizando os conceitos de circuitos em série e em paralelo, previamente apresentados em sala de aula. Neste trabalho eles não criam os circuitos, apenas observam um previamente construído pelo professor em uma Folha de Eucatex de 40 cm x 40 cm. Apesar dessa limitação, o autor conseguiu promover uma atividade experimental em que o aluno alia o conhecimento teórico ao prático, na tentativa de conseguir acertar o problema proposto pelo professor, que é prever o brilho das lâmpadas no circuito misto.

De acordo com o que foi exposto nas seções 2.1 e 2.2 desta dissertação, o trabalho de Souza Filho *et al.* (2011) sugere experimentos de eletricidade e magnetismo para o Ensino Fundamental. Os autores fazem referência aos PCNs ao considerarem as atividades experimentais como um mecanismo para desenvolver competências e habilidades como a comunicação oral e escrita. Neste trabalho, fica evidente a preocupação de se ensinar de forma participativa, o que revela ser mais um indicativo a nós, professores, sobre a necessária mudança na metodologia vigente em sala de aula, que prima pela memorização de conteúdos descontextualizados da realidade do aluno e se esquece de promover o diálogo e o raciocínio crítico no processo de ensino e aprendizagem. Para os autores,

[...] o experimento, como fonte de investigação, se torna potencialmente significativo quando os alunos e seus colegas, além de participarem da montagem, definem o problema; elaboram hipóteses e conversam com o professor e testam diversas maneiras de coletar os dados e de relacionar os resultados obtidos (SOUZA FILHO *et al.*, 2011, p. 30).

Nesta perspectiva, assumo que o aprendizado tem que ser uma via de mão dupla. Professor e aluno fazem parte de um mesmo mundo e o aprendizado precisa e deve operar-se dentro de um diálogo aberto e livre de preconceitos. Certamente o professor possui maior experiência em relação aos temas da Física em estudo, no entanto também pode aprender com os questionamentos, as formas como os estudantes buscam resolver os problemas e as distintas comunicações realizadas durante as aulas. Pensando nisso, visualizo que é necessário converter o espaço da sala de aula em um ambiente de reflexão, o que possibilitará um aprendizado mais significativo do que aquele que seria adquirido através de uma simples reprodução de conceitos e leis que alguém acredita ser importante.

Rosa e Rosa (2012) discutem as aulas experimentais na perspectiva construtivista, especificamente a organização do roteiro para aulas de física, preocupados com a ideia do sucesso desses experimentos. Ressaltam a importância de implementarmos atividades experimentais que promovam a construção do conhecimento e não uma simples reprodução de sequências que quando seguidas, geram os resultados que permitiram a comprovação ou a criação de uma lei física. Nesse sentido, os autores fazem uma crítica ao que chamam de modelo tradicional e sugerem uma reestruturação didático-metodológica na realização de atividades experimentais. Para isso, estruturam o trabalho prático em três momentos: “pré-experimental”, “experimental” e “pós-experimental”, sendo a primeira a etapa mais importante, por levar em conta os conhecimentos prévios dos estudantes. A partir da formulação de hipóteses, abre-se

[...] a possibilidade de resgate das concepções prévias dos estudantes, permitindo confrontar saberes advindos de conhecimentos cotidianos. Além disso, mas, também por isso, as hipóteses possibilitam aos estudantes mobilizar os conhecimentos já presentes em suas estruturas cognitivas, construindo-os e reconstruindo-os de forma contínua e progressiva. [...]. É a oportunidade dos estudantes dialogarem com seus conhecimentos e suas observações (ROSA e ROSA, 2012, p. 5).

A partir disso, assumo ser possível no dia a dia da sala de aula abrir espaços, na estrutura dos modelos metodológicos, para que os alunos possam se expressar. Tão

importante quanto o conteúdo que o professor deseja trabalhar, é o conhecimento prévio que os estudantes trazem. Nesse sentido, Rosa e Rosa (2012) sugerem três possibilidades para promover o conhecimento antes das atividades experimentais: a formulação de perguntas sobre o conteúdo, na qual os estudantes possam discutir as possibilidades com a orientação do professor; a exposição de situações-problema; o uso de situações ilustrativas que possibilitam perguntas decorrentes do que foi exposto ao estudante. Também é mostrado o contexto histórico e social que permitiram a construção do conhecimento, proporcionando uma série de discussões e troca de ideias entre alunos e professor.

Observo, ao longo das publicações analisadas, indicativos de que existe uma dificuldade no entendimento dos conceitos presentes em circuitos elétricos. Nesse sentido, me apoio em DORNELES *et al.* (2006), que utilizam simulação e modelagem computacionais no auxílio à aprendizagem significativa de conceitos básicos de eletricidade. Na revisão da literatura, os autores consultaram nove periódicos e encontraram 50 publicações sobre circuitos elétricos simples nos últimos 20 anos. Tal revisão evidencia dificuldades conceituais dos alunos em função da existência de fortes concepções alternativas e do uso indiscriminado da linguagem científica constatada no estudo empírico feito em sala de aula.

O Quadro 2 mostra a síntese deste trabalho que pode orientar o professor na construção de atividades investigativas que promovam o debate e a reconstrução dos conceitos e ideias prévias que o estudante traz consigo. Ele aponta claramente as dificuldades conceituais e as concepções alternativas dos estudantes frente aos conceitos de corrente elétrica, diferença de potencial e resistência elétrica. A análise desta síntese me possibilita pensar que a proposta de sequência investigativa em circuitos elétricos no ensino médio, que venho defender nessa dissertação de mestrado, é uma boa tentativa de corrigir as dificuldades apontadas por esses autores.

Por fim, mas não menos importante, gostaria de salientar o texto de Gleiser (2000). Nele, o autor discute *Por que Ensinar Física* e afirma que ensinar também é um processo de aprender e de se autorreconhecer. Nesse contexto ele afirma que

[...] a física é um processo de descoberta do mundo natural e de suas propriedades, uma apropriação desse mundo através de uma linguagem que nós, humanos, podemos compreender. Talvez a parte mais difícil no ensino da física seja a tradução do fenômeno observado em símbolo [...]

Lamentavelmente, ainda é possível para um aluno terminar a oitava série sem jamais VER algum fenômeno ligado às equações que ele ou ela estudou em classe [...] (GLEISER, 2000, p. 4).

**Quadro 2 - Síntese das dificuldades conceituais e concepções alternativas identificadas.**

Conceitos	Dificuldades conceituais	Concepções alternativas: os alunos...
1. Corrente elétrica	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Compreender que a intensidade da corrente elétrica em um circuito depende das características da fonte, mas também da resistência equivalente do que foi acoplado entre os seus terminais.</li> <li>2. Considerar a conservação espacial da corrente elétrica.</li> <li>3. Reconhecer que a intensidade da corrente elétrica não depende da ordem em que se encontram os elementos no circuito e nem do sentido da corrente.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>a) ... pensam que a bateria é uma fonte de corrente elétrica constante [5-7].</li> <li>b) ... pensam que a corrente se desgasta ao passar por uma resistência elétrica [5-7].</li> <li>c) ... acreditam que a ordem dos elementos no circuito e o sentido da corrente elétrica são relevantes [5-7].</li> <li>d) ... pressupõem que a fonte fornece os portadores de carga responsáveis pela corrente elétrica no circuito [7].</li> </ol>
2. Diferença de potencial	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dificuldades em diferenciar os conceitos: diferença de potencial e corrente elétrica.</li> <li>2. Dificuldades em diferenciar os conceitos de diferença de potencial e de potencial elétrico.</li> <li>3. Deficiência para reconhecer que uma bateria ideal mantém uma diferença de potencial constante entre seus terminais.</li> <li>4. Calcular a diferença de potencial entre pares de pontos ao longo do circuito.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>e) ...pensam que a bateria é uma fonte de corrente elétrica constante e não como uma fonte de diferença de potencial constante [5-7].</li> <li>f) ...percebem a diferença de potencial como uma propriedade da corrente elétrica [7].</li> <li>g) ... consideram que as diferenças de potencial entre pares de pontos ao longo do circuito permanecem constantes [5].</li> <li>h) ...associam o brilho de uma lâmpada com o valor do potencial em um dos terminais da lâmpada [6].</li> </ol>
3. Resistência elétrica	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dificuldades para distinguir resistência equivalente de uma parte do circuito e a resistência elétrica de um elemento individual.</li> <li>2. Perceber que a resistência equivalente é uma abstração útil para obter a corrente total ou a diferença de potencial em uma parte do circuito.</li> <li>3. Compreender que as divisões de correntes elétricas em um ponto de junção do circuito dependem da configuração do circuito.</li> <li>4. Entendimento da associação em série de resistores como um impedimento à passagem de corrente; e da associação em paralelo como um caminho alternativo, para a passagem de corrente.</li> <li>5. Identificar associações em série e em paralelo.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>i) ...freqüentemente pensam na resistência equivalente no circuito como se fosse uma propriedade de um elemento individual do circuito [6].</li> <li>j) ...ao determinar como se divide a corrente elétrica em ramos paralelos de um circuito, consideram somente o número de ramos e não as resistências elétricas relativas dos vários ramos [5- 7].</li> <li>k) ...pensam que se um resistor reduz a corrente por x, dois resistores vão reduzi-la por 2x, independentemente do arranjo dos resistores [7].</li> <li>l) ...consideram que resistores alinhados em série estão associados em série quer haja uma junção ou não entre eles e que resistores alinhados geometricamente em paralelo estão associados em paralelo mesmo se há uma bateria no ramo [7].</li> </ol>

**Fonte: DORNELES et al., 2006, p. 489.**

Ao meditar sobre essas questões, lembro-me que a palavra *Física* é um termo com origem no grego “*physis*” que significa “natureza”. Nós, professores, tentamos ensinar os fundamentos da natureza, tentamos explicar e dar sentido ao mundo que nos rodeia e apostamos na continuação do progresso da nossa civilização a partir da continuidade deste estudo que tem como base a curiosidade do homem. É essa curiosidade que alimenta e dá forças para o processo de ensino. Acredito que a sequência investigativa, por meio da construção de hipóteses, da montagem dos experimentos, da construção dos desenhos, da fala dos estudantes e com base na observação das experiências desenvolvidas na sala de aula, vai proporcionar melhores resultados na compreensão das leis que regem a natureza.

# CAPÍTULO 3

## 3. A CONSTRUÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Neste capítulo descrevo em detalhes o amadurecimento, enriquecimento conceitual e prático do produto educacional que alia discussões dos conceitos, história da eletricidade e atividades experimentais. Narro distintas etapas da elaboração do material didático, essencialmente a partir do ano de 2010, como forma de analisar os diversos aspectos envolvidos na construção e nos aperfeiçoamentos que fui realizando na proposta. Aplicado em turmas de 3º Ano, este trabalho propõe uma abordagem diferenciada dentro da eletrodinâmica para ensinar circuitos elétricos. Ao longo deste capítulo apresento também os materiais utilizados nas aulas, bem como as ações experimentais e demais etapas da sequência de ensino investigativa, resultado dos estudos e perguntas emergentes da sala de aula que possibilitaram a sua construção.

### 3.1 Projeto 2010/2011 - Ensaio Um

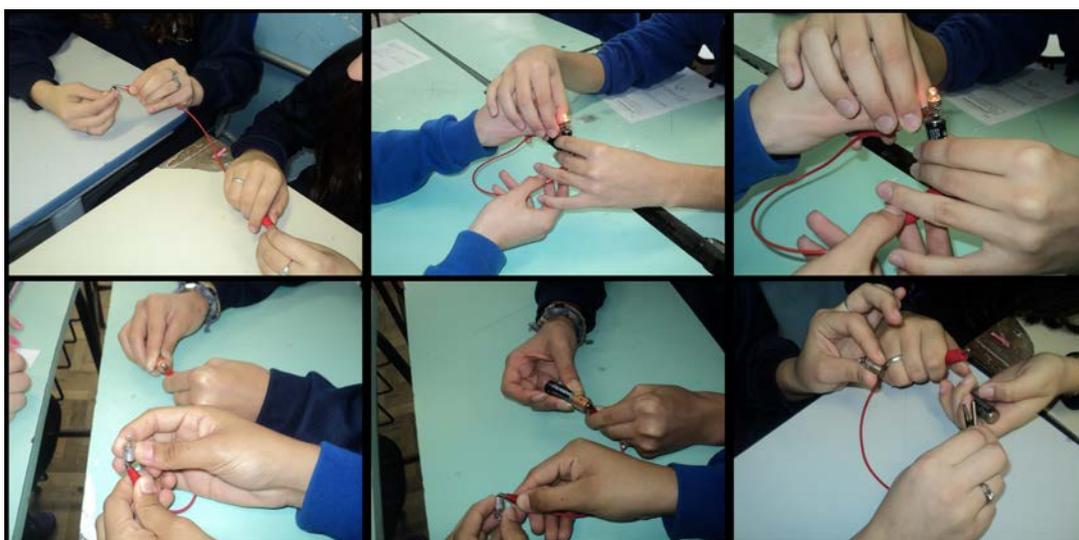
O Ensaio Um é o marco inicial de meu trabalho didático sobre circuitos elétricos utilizando lâmpadas incandescentes, pilhas e conectores. Nos próximos parágrafos, descrevo a aplicação, as dúvidas subsequentes que surgiram e os ajustes implementados durante a sua execução.

Em 2010, pela primeira vez propus um trabalho experimental de circuitos elétricos em oito turmas do 3º Ano do Ensino Médio, em escolas públicas do município de Rio Grande, RS. Os alunos recebiam um roteiro em que deveriam responder seis perguntas após realizar cinco tarefas práticas. A primeira tarefa era ligar uma lâmpada projetada para 2,5 V utilizando somente uma pilha e um fio. A segunda consistia em observar figuras de circuitos e tentar prever o correspondente brilho das lâmpadas. A terceira era montar os circuitos representados na segunda tarefa para avaliar a correção das previsões. A quarta propunha a construção de um circuito com base no obstáculo à passagem da corrente utilizando dois tipos diferentes de circuitos: série e paralelo. A quinta e última atividade trabalhava com lâmpadas diferentes. Nela foi possível estudar

o comportamento do brilho de lâmpadas associadas em série e paralelo. Este roteiro foi produzido seguindo as diretrizes de Evans (1978).

A seguir apresento a primeira coleta de dados que fiz a partir da versão 2010, que consistiram de fotos da aula, anotações de observações e reflexões sobre o material desenvolvido para a aula. A atividade experimental que descrevo foi realizada em uma turma da Escola Estadual de Ensino Médio Bibiano de Almeida, localizada em Rio Grande, RS. A turma 302 tinha 27 alunos matriculados, mas apenas 21 estavam frequentando as aulas. Nesse dia havia somente 16 alunos em classe, pois em dias nublados com períodos parciais de chuva é comum os alunos faltarem às aulas.

A turma foi dividida em quatro grupos de quatro alunos com o desafio de fazerem uma lâmpada brilhar. Percebi que o grupo 2 estava tendo dificuldades em realizar a atividade 1, que consistia em ligar uma lâmpada de lanterna utilizando uma pilha e um fio. Os outros três grupos tiveram sucesso após algumas tentativas. A fim de ajudar o grupo 2 a resolver o problema, disponibilizei a eles um suporte para lâmpada e um segundo fio. Após breves instantes eles conseguiram fazer a lâmpada funcionar. Solicitei, então, ao grupo 2 que analisassem o funcionamento do suporte para lâmpada a fim de que tentassem resolver o problema originalmente proposto. Dessa vez, sem muita demora, o grupo 2 conseguiu solucionar o problema. Nas Figuras 1 e 2, registro em sequência fotográfica as distintas tentativas praticadas por eles.



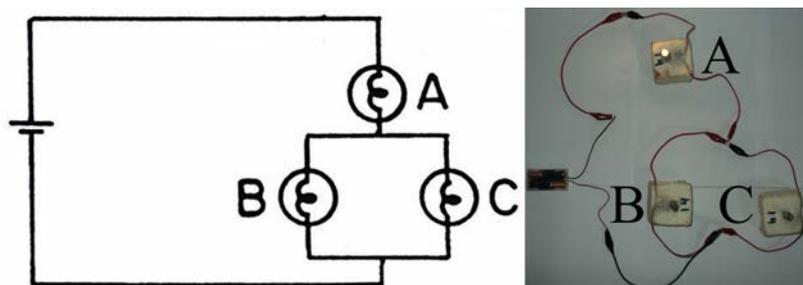
**Figura 1 - Primeiras tentativas do grupo 2 para ligar uma lâmpada de lanterna usando apenas um fio e uma pilha de 1,5 V.**



**Figura 2 - O grupo 2 utilizando um suporte para lâmpada como recurso didático para conseguir concluir a tarefa.**

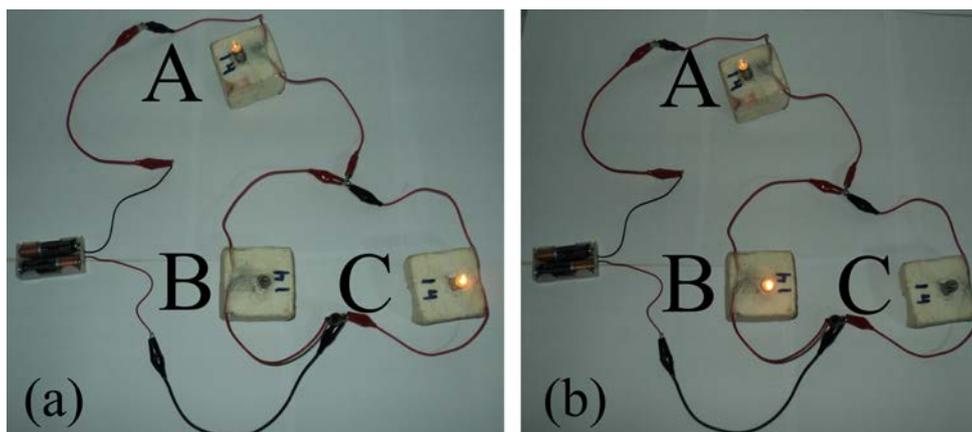
Quando perguntei aos participantes se já haviam tido alguma experiência prática com circuitos, o grupo 1 respondeu que já havia construído um carrinho de brinquedo movido a pilha na infância. No grupo 2, um estudante havia tido algum tipo de experiência. O grupo 3 havia visto circuitos na teoria e o grupo 4 lembrava de uma experiência de eletrólise que utilizava um relógio digital e limões. Essas respostas são indicativos claros de que os estudantes trazem para a sala de aula suas experiências e conhecimentos prévios com circuitos elétricos.

Na construção experimental do primeiro circuito, os alunos utilizaram duas pilhas em série e algo inesperado os incomodou. No circuito da Figura 3, duas lâmpadas (B e C) permaneciam desligadas, apenas a lâmpada A acendia, conforme pode ser visto na fotografia do experimento.



**Figura 3 - Quando o circuito é ligado a duas pilhas de 1,5 V, conectadas em série, a lâmpada A brilha intensamente, enquanto que as lâmpadas B e C não acendem.**

Os estudantes logo perguntaram se as lâmpadas B e C estavam queimadas. Sugeri que desenroscassem uma delas e verificassem o que aconteceria. As imagens da Figura 4 demonstram o procedimento que visa a construção de hipóteses explicativas pelos próprios estudantes, que os levam a concluir satisfatoriamente o porquê de as lâmpadas B e C não acenderem apesar de A brilhar.



**Figura 4 - (a) Quando a lâmpada B é desenroscada, C acende e o brilho de A diminui.  
(b) Quando a lâmpada C é desenroscada, B acende e o brilho de A diminui.**

Como podemos ver na imagem da Figura 4(a), quando uma das lâmpadas conectadas em paralelo (B) é desatarraxada, a outra lâmpada (C) passa a brilhar. Embora o brilho de B e C seja o mesmo, o brilho da lâmpada A diminui, visto que ela está conectada em série com a lâmpada C. Na Figura 4(b) é desenvolvido o procedimento inverso. Agora a lâmpada C é desatarraxada, resultando no brilho de B.

A referida atividade sugere outros questionamentos aos estudantes. Levando em consideração que a lâmpada A está conectada em série em todos os três modelos de circuito que foram montados (Figuras 3 e 4), porque ela brilha menos quando conectada a uma única lâmpada (B ou C desatarraxada)? Outra pergunta que surge é sobre por que a lâmpada A brilha mais quando B e C permanecem conectadas ao circuito, porém sem brilharem? Registro que essas perguntas não foram mencionadas durante a aula, visto que só percebi o potencial de discussão destas montagens em momento posterior, quando estava escrevendo o roteiro e refleti sobre o que havia acontecido em aula.

Através dessa atividade, que não constava inicialmente no roteiro, eles puderam verificar se as lâmpadas B e C haviam ou não queimado. No segundo circuito do roteiro, os estudantes tiveram a possibilidade de verificarem porque duas lâmpadas conectadas em série brilham menos do que quando ligadas separadamente.

Durante a atividade 3 desenvolvida na referida aula, os alunos conferiram as respostas dadas na atividade 2. Neste momento, durante a conversa com os grupos, eles levantaram sugestões e observações sobre a aula, conforme exemplificado nos recortes das Figuras 5 e 6. As colocações dos estudantes demonstram a satisfação em estudar de

forma participativa e a insatisfação quanto às metodologias tradicionais de ensino. Penso que planejar e elaborar aulas que utilizem experimentos como fonte para investigação, raciocínio e participação ativa do estudante é o caminho certo para o futuro da educação, conforme previsto nos PCNs, bem como destacados no referencial teórico descrito no capítulo 2 desse estudo.

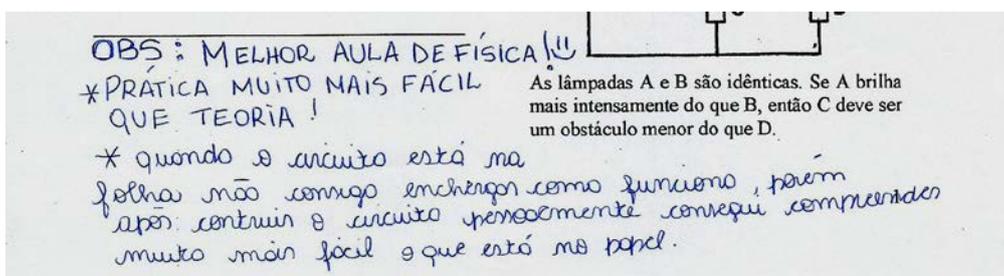


Figura 5 - Observações escritas pelos estudantes avaliando a atividade experimental.

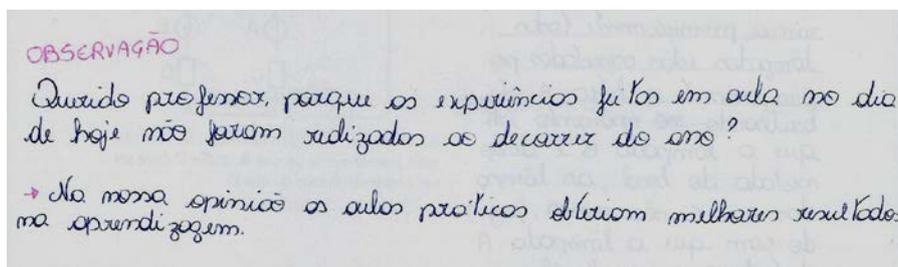


Figura 6 - Observações escritas pelos estudantes avaliando a atividade experimental.

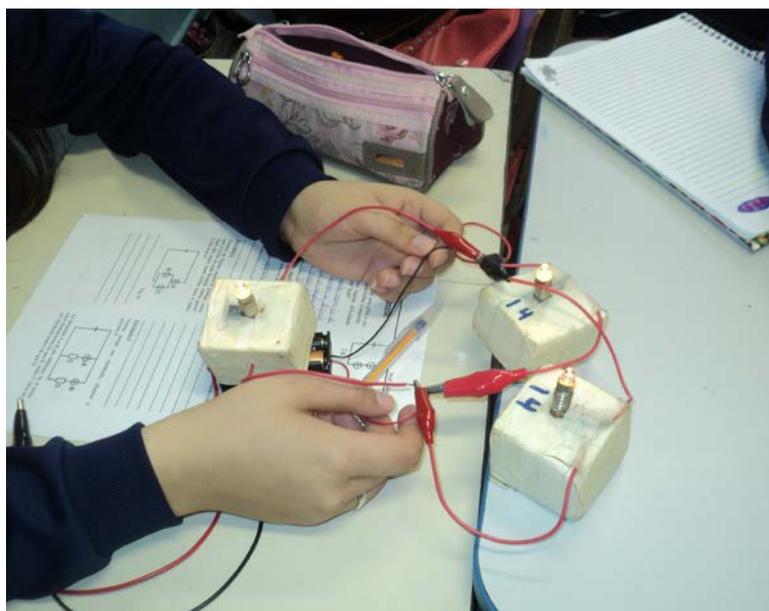
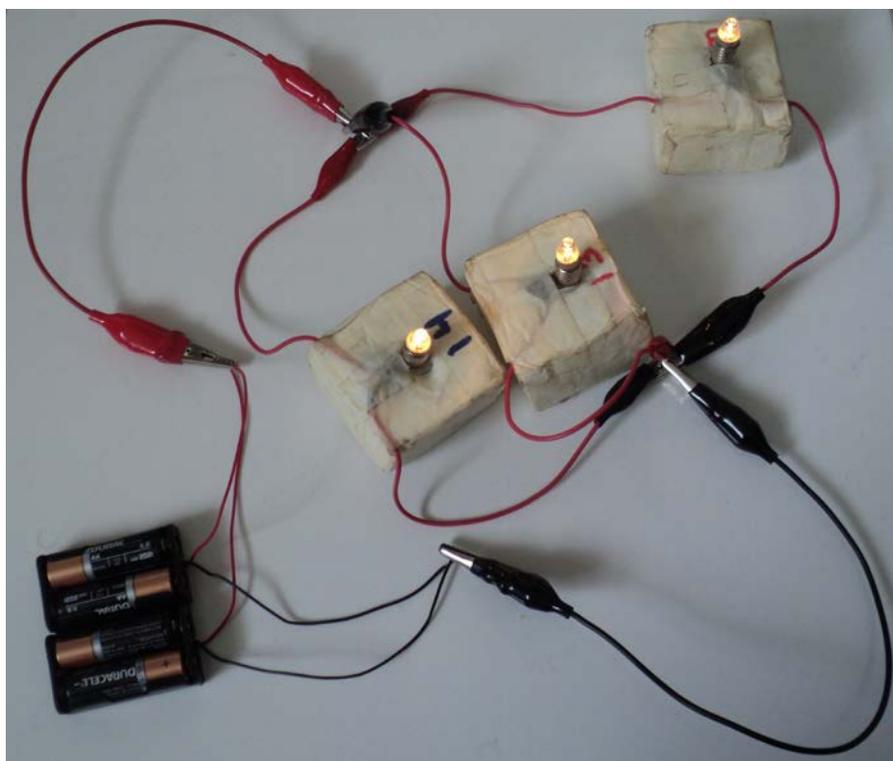


Figura 7 - Três lâmpadas conectadas em paralelo possuem o mesmo brilho de uma única lâmpada ligada na mesma fonte de energia.

No decorrer da aula, percebi que faltava um terceiro circuito, com duas lâmpadas conectadas em paralelo, para aguçar a curiosidade, visto que muitos começavam a acreditar que as lâmpadas brilham mais quando ligadas separadamente. Naturalmente, utilizei as lâmpadas da sala de aula como exemplo e demonstrei que é possível ligar várias lâmpadas sem que haja perda no brilho das mesmas. Nesta perspectiva fui construindo com eles um circuito em paralelo como mostrado na Figura 7.

### *Segunda intervenção no roteiro de 2010: aperfeiçoamento da proposta*

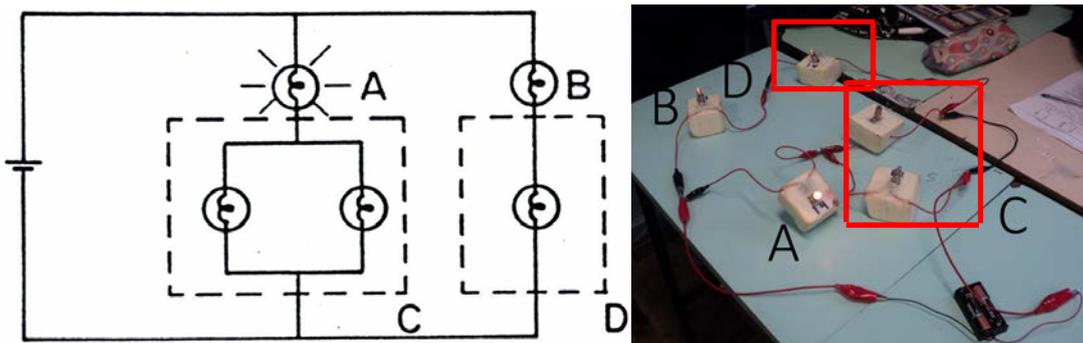
A fim de esclarecer o brilho constante visualizado nas lâmpadas da sala, montei circuitos em paralelo, com duas, três e quatro lâmpadas e apliquei a todas as turmas. No entanto, ao proceder à montagem e a testes nos circuitos, percebemos uma pequena variação nos brilhos das lâmpadas em circuitos distintos. Considerando que as pilhas são fontes reais de energia e, portanto, apresentam resistência interna, a queda de potencial sobre as pilhas pode ser significativa à medida que a corrente total do circuito aumenta. Logo, ao contrário do previsto na teoria para baterias ideais, as pilhas são as responsáveis pelo brilho diferente das lâmpadas nos diversos circuitos.



**Figura 8 - Conectar dois suportes de pilhas em paralelo evita a queda de tensão que gera brilhos diferentes nas lâmpadas percebidos em circuitos com correntes maiores.**

Conforme mostra a Figura 8, conectei outro jogo de pilhas em paralelo, com as duas primeiras que estavam conectadas em série, para explicar que o problema dos diferentes brilhos estava associado à fonte de energia que estávamos utilizando. Essa ficou sendo a atividade 4 desta aula. Ao conectar mais um jogo de pilhas em paralelo, foi possível reduzir a resistência interna equivalente da fonte de energia, reduzindo assim a queda no brilho das lâmpadas, tornando quase imperceptível essa mudança no brilho quando são acrescentadas mais lâmpadas ao circuito em paralelo.

Para montar o circuito da atividade 4, mostrado na Figura 9, os estudantes precisaram de tempo maior. Também observei que nesta atividade eles não conseguiam entender muito bem o que era o obstáculo mencionado no problema. Nesse caso, expliquei as duas figuras de modo que eles conseguiram montar o circuito e fazer a análise solicitada. Dessa maneira, os alunos puderam entender que as lâmpadas conectadas em série representam um obstáculo maior do que se conectadas em paralelo, que é o objetivo deste circuito. No entanto, lendo os registros feitos pelos estudantes para o problema descrito, notei que ainda havia uma confusão conceitual entre corrente elétrica e energia. Apesar disso, constatei que o conjunto sequencial de questões presentes no roteiro da atividade 4 ajudou bastante os alunos a chegarem ao entendimento do que estava acontecendo no circuito em estudo.



**Figura 9 - Duas lâmpadas conectadas em paralelo representam um obstáculo menor do que uma lâmpada sozinha.**

A última atividade experimental desta aula foi a de número 5, que apresentava somente duas lâmpadas em série, mas com brilhos diferentes. Esse era o mistério a ser desvendado pelos alunos ao final da aula.

As Figuras 10 e 11 ilustram a atividade experimental 5. Os estudantes tinham que conectar duas lâmpadas diferentes em série e depois em paralelo. Percebi que o resultado para eles foi estranho, pois a lâmpada com maior brilho no circuito paralelo se apagava quando conectada em série.

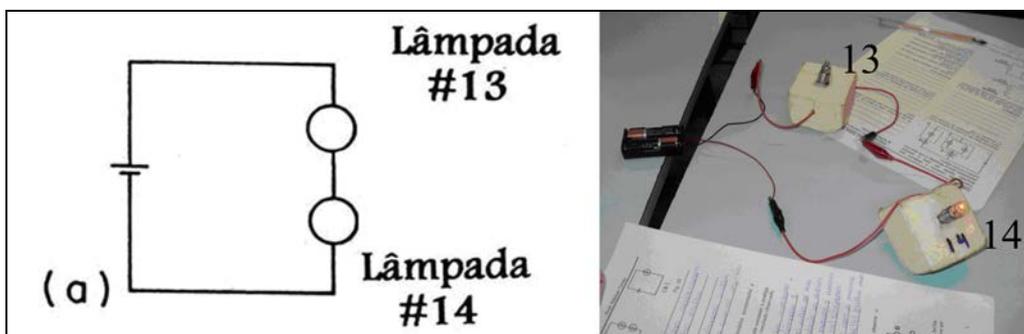


Figura 10 - Quando conectadas em série, a lâmpada 14 brilha mais e a lâmpada 13 fica apagada.

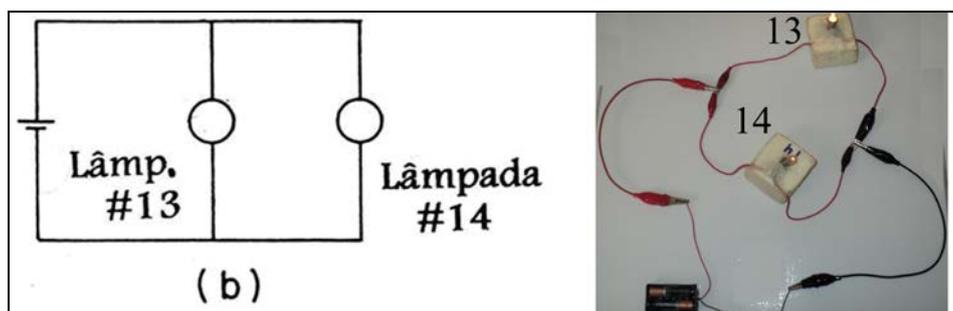


Figura 11 - Quando conectadas em paralelo, a lâmpada 14 brilha pouco e a lâmpada 13 brilha intensamente.

Ao trabalhar com esses circuitos, novamente alguns estudantes acharam que a lâmpada estava queimada, ou tentavam explicar que a lâmpada se apagava pelo fato de a outra lâmpada ter consumido toda a energia, não sobrando nada para a segunda, e argumentavam, inclusive, explicando o sentido da corrente. Consciente da persistência de algumas concepções alternativas sobre corrente elétrica, perguntei: *E se invertermos a bateria ou trocarmos as lâmpadas de lugar?* Alguns responderam: *Bom daí vai inverter o brilho, aquela vai apagar e a outra vai acender.* As opiniões divergiam. Resolveram fazer o teste. Ao constatarem na prática que a inversão das pilhas ou das lâmpadas não modificava a lâmpada que brilha mais ou pouco, observei que eles ficaram muito curiosos, pois ignoravam a causa, a explicação para este fato que para eles era curioso. Utilizando as informações técnicas descritas nas lâmpadas, tais como tensão em volts e corrente em ampères, procurei explicar o que estava por trás da diferença nos brilhos observados no experimento da atividade 5.

A lâmpada 14, indicada nas Figuras 10 e 11, foi fabricada para funcionar em 6,3 V e, neste caso, passa por ela uma corrente de 0,3 A ou 300 mA. Como ela está sendo ligada em 3 V apenas, passa por ela uma corrente menor e que, nessa situação, não podemos dizer que é exatamente a metade, visto que uma lâmpada incandescente não funciona com resistência constante uma vez que sua resistência cresce com o aumento de temperatura. Uma lâmpada incandescente possui, portanto, maior resistência elétrica quando sujeita à tensão de 6,3 V se comparada à mesma lâmpada ligada em 3 V. Já a lâmpada 13 foi projetada para acender em 2,5 V com uma corrente de 0,25 A, proporcional à tensão aplicada. Quando conectadas em série, as resistências se somam e a corrente elétrica que passa pelas duas lâmpadas é menor do que quando ligadas separadamente. Dessa maneira, o fluxo que passa por uma delas não é suficiente para o devido aquecimento do filamento por efeito Joule e, por isso, a lâmpada 13 não brilha. Mas porque é a 13 que não brilha na série e não a 14? Isso se deve ao fato de a lâmpada 14 apresentar maior resistência quando ligada à tensão correta de 6,3 V. Por estar sendo ligada em uma tensão menor, sua resistência é também menor. Já o aumento da resistência oferecida pela lâmpada 13 não muda tão significativamente quando aumenta o valor da corrente projetada para essa lâmpada.

Em síntese, na série, não passa corrente suficiente na lâmpada 13 para que ela brilhe, afinal ela produz luz por aquecimento, visto que é uma lâmpada incandescente. Se a corrente estiver abaixo de certo mínimo, ela não será suficiente para fazer com que o filamento aqueça o suficiente, isto é, atinja a temperatura mínima exigida para produzir luz visível. No paralelo (Fig. 11), brilha mais a lâmpada de menor resistência.

Nas Figuras 12 (a) e 12 (b), temos as imagens que sintetizam o roteiro descrito até aqui, que foi o marco inicial do presente trabalho. Registro que quando aplicado a grupos com cinco alunos, o trabalho com este roteiro inicial propiciou atividades investigativas, interatividade com os estudantes, debate em torno da teoria vista em aulas expositivas, desenvolvimento de hipóteses, argumentações e, principalmente, atenção e participação dos estudantes durante os processos de ensino e de aprendizagem. Pude perceber claramente os alunos deixando a atitude passiva e assumindo o papel de protagonistas ao lidar com os novos conhecimentos sobre circuitos elétricos, felizes por poderem desvendar as relações existentes entre as grandezas elétricas.

**Atividade Experimental**

Atividade 1

Você recebeu uma lâmpada, uma pilha e um fio. Tente fazer a lâmpada brilhar e responda:

1) Você encontrou alguma dificuldade para acender a lâmpada? Qual?

---



---



---



---

2) Já teve alguma experiência com eletricidade antes que lhe proporcionou facilidade na primeira atividade proposta?

---



---



---



---

Atividade 2

Observe as figuras abaixo e prediga como será o brilho de cada lâmpada. Serão iguais? Caso não sejam, quem brilha mais e quem brilha menos?

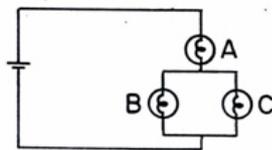


Fig. 01

---



---



---



---

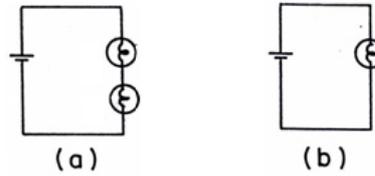


Fig. 02

---



---



---



---

Atividade 3

Construa agora os modelos apresentados e confira suas respostas:

Descreva o que você pode constatar e prediga uma teoria do porque do resultado observado:

---



---



---



---



---



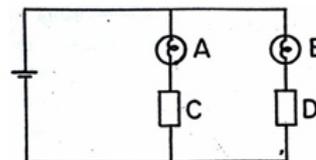
---



---

Atividade 4

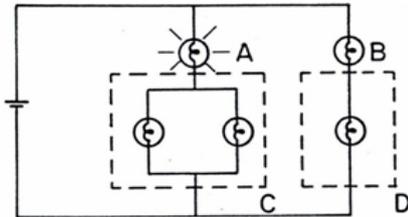
Vamos pensar em obstáculo, observe o circuito 4:



As lâmpadas A e B são idênticas. Se A brilha mais intensamente do que B, então C deve ser um obstáculo menor do que D.

Figura 12 (a) - Página 1 do roteiro aplicado em 2010/2011 nas turmas de 3º Ano do Ensino Médio.

Vamos então comparar o obstáculo que lâmpadas ligadas em série e paralelo representam para as lâmpadas A e B, para isso monte o circuito abaixo:



Responda Qual dos circuitos se mostrou como maior obstáculo a passagem da corrente para as Lâmpadas A e B?

---

---

---

---

---

---

---

---

- Qual explicativa você daria para a diferença de brilho encontrado.

---

---

---

---

O que acontece com o fluxo da corrente elétrica ao passar por uma lâmpada e chegar a outra?

---

---

---

---

Inverta a posição das lâmpadas no circuito e compare os brilhos e veja se sua justificativa para o fluxo da corrente faz sentido agora:

---

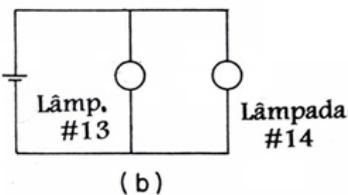
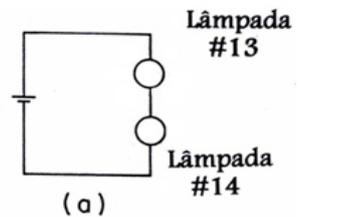
---

---

---

**Atividade 5:**

Monte agora dois circuitos um em série e outro em paralelo com duas lâmpadas uma diferente da outra conforme as figuras abaixo:



- Indique nas figuras quais lâmpadas brilham mais.

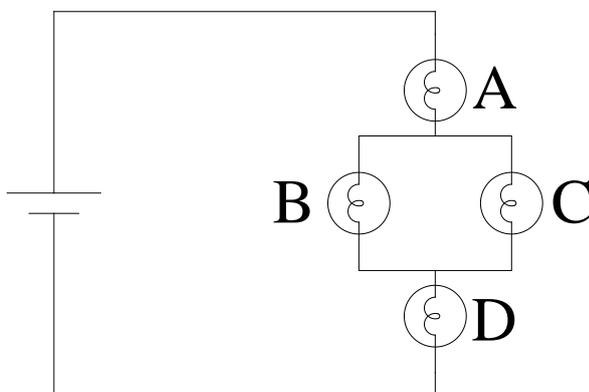
Responda agora:

- 1) Porque uma lâmpada brilha mais que a outra?
- 2) A fluxo da corrente é gasta ao passar por uma lâmpada?
- 3) o tamanho do fluxo é determinado pelo tamanho do obstáculo?
- 4) qual o nome que é dado a esse obstáculo em eletricidade?
- 5) Em qual circuito temos um obstáculo maior o em série ou em paralelo?
- 6) Dois objetos em paralelo é um obstáculo maior menor ou igual a um objeto ligado sozinho?

Figura 12 (b) - Página 2 do roteiro aplicado em 2010/2011 nas turmas de 3º Ano do Ensino Médio.

Esse roteiro foi reaplicado em 2011, em turmas do 3º Ano. Após a aplicação e análise dos resultados, consegui levantar algumas dúvidas e falhas na sequência apresentada. Observei que os alunos tendem a escrever o mínimo necessário nos roteiros e se as perguntas não forem bem elaboradas, eles não justificam seu raciocínio, não explicam como entendem o fenômeno, não esmiúçam o que ocorre em cada etapa dos experimentos – aspectos esses que considero prejudiciais para a aprendizagem do aluno e para a avaliação do processo feita pelo professor, visto que não há como saber, de fato, o que o aluno está pensando.

A partir dos pontos destacados nesta seção, nos materiais aplicados em 2012, que descreverei na seção 3.2, incluí, no roteiro experimental, novos circuitos que visavam trabalhar melhor os conceitos físicos. Neles, o número de lâmpadas conectadas em série foi aumentado, com adição do circuito paralelo para as devidas comparações com o circuito série. Na atividade 2, por exemplo, foi adicionada a lâmpada D, assumindo o circuito a configuração mostrada na Figura 13. O propósito é o de o aluno poder discutir a conservação de corrente elétrica, ou seja, que a corrente no fio antes da lâmpada A é a mesma que atravessa a lâmpada D e sai pelo fio inferior até chegar às pilhas e, ainda, é a mesma que atravessa as pilhas.



**Figura 13 - Inclusão da lâmpada D, com o objetivo de mostrar ao aluno por meio do brilho das lâmpadas A e D que a corrente que entra nas lâmpadas é a mesma que sai.**

### **3.2 Projeto 2012 - Ensaio Dois**

Nos parágrafos seguintes, apresento ao leitor a aplicação de mais um projeto ligado à eletricidade, que tem como objetivo tornar esse tema mais próximo da realidade do aluno. Essa atividade baseia-se no dimensionamento de disjuntores que devem

proteger o circuito residencial e o cálculo do custo de energia a partir de eletrodomésticos pré-estabelecidos. Você ainda poderá acompanhar a continuidade do trabalho experimental de circuitos elétricos descrito anteriormente, que também foi implementado na sequência dessa nova proposta de trabalho.

Em 2012 participei como professor supervisor do PIBID<sup>2</sup> Física da FURG de modo que as atividades junto aos alunos do curso de licenciatura em Física deram um novo aspecto ao trabalho experimental que eu já havia implementado. Neste ano, adicionei um segundo trabalho às atividades anteriores. Nele, os alunos tinham a tarefa de dimensionar quatro disjuntores para um projeto residencial de uma casa. O trabalho foi inspirado em exercícios trabalhados em sala de aula e em um problema do ENEM 2011. Os estudantes tinham que calcular as áreas dos cômodos da planta baixa fornecida para determinar a potência das lâmpadas a serem utilizadas e tinham que escolher a potência adequada de um chuveiro.

As Figuras 14 (a) e 14 (b) ilustram o material entregue aos estudantes nesse trabalho com o projeto residencial. Utilizando a tabela fornecida com a potência de eletrodomésticos, lâmpadas e chuveiro, eles dimensionavam os disjuntores. Nesse cálculo de dimensionamento, a partir de uma tabela fornecida em uma das listas de exercícios já trabalhadas em aula, os alunos eram desafiados a levar em consideração a espessura do fio. Também estava incluso nas atividades o cálculo do custo mensal de energia elétrica, utilizando o preço do kWh de uma conta de luz de um dos componentes do grupo.

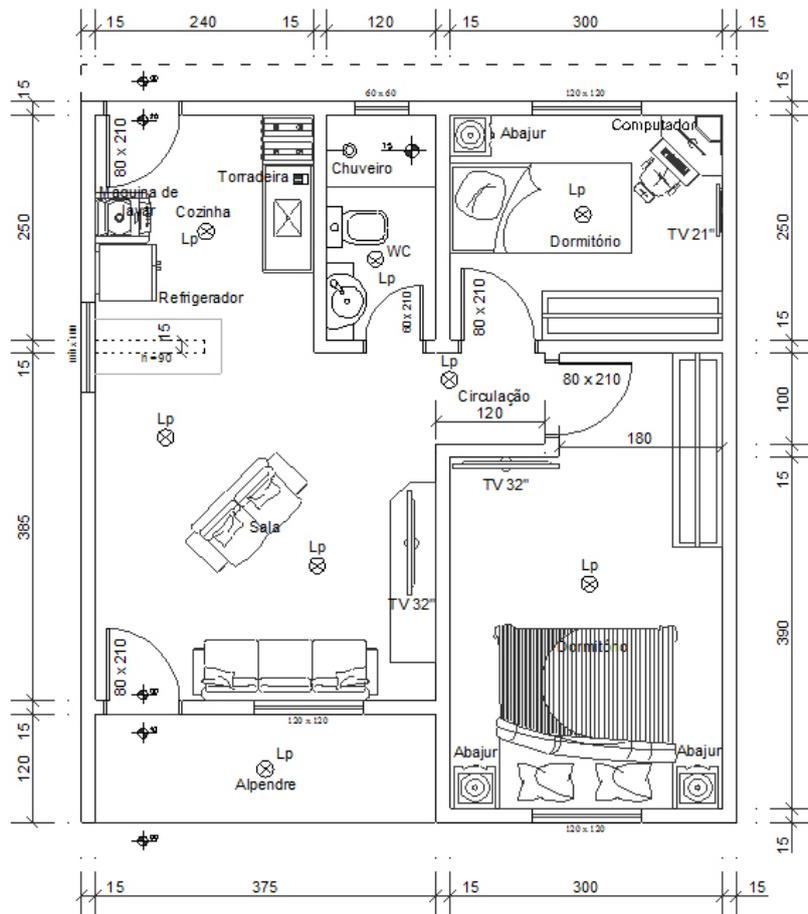
Após desenvolver os conceitos físicos de corrente elétrica, resistência elétrica, potência elétrica, energia elétrica e a primeira e segunda lei de Ohm, passamos a trabalhar problemas e exercícios em classe. Essas atividades possibilitaram relacionar os conceitos e princípios da eletrodinâmica com os equipamentos e eletrodomésticos que fazem parte das instalações e casas dos alunos.

---

<sup>2</sup> PIBID - Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência da CAPES.

Nome: ..... Nº ..... Data: ...../2012. Turma: \_\_\_\_\_

No projeto arquitetônico de uma residência como o da figura, deseja-se determinar a espessura dos condutores a serem utilizados assim como os respectivos disjuntores a serem instalados.



Sabe-se que a tensão nominal da casa é de 110V e que o engenheiro determinou que haverá uma caixa de distribuição (CD) de carga com um disjuntor para o chuveiro um outro para a iluminação de toda a casa incluindo o alpendre e mais dois só para as tomadas sendo que um desses deve ficar dimensionado somente para a cozinha e deve ter uma segurança de 25% da carga já existente.

Abaixo temos dois quadros um com a potência nominal de cada aparelho que existe na casa e um com as especificações técnicas de qual lâmpada deverá ser instalada para cada cômodo da casa conforme as indicações do projeto mostrado na figura

Figura 14 (a) - Página 1 do trabalho de dimensionamento de disjuntores.

Eletrodoméstico	Potência (W)	Tempo de uso ao dia
Maquina de lavar	Consumo: Energia (kWH/ciclo): 0,47	4 vezes por semana
Torradeira	800 W	30 minutos
Refrigerador	200 W	20 horas
Computador	500 W	8 horas
TV 32"	120 W	8 horas
TV 21"	80 W	6 horas
Abajur (Lp de 15W)	15 W	25 minutos
Lâmpada (Lp)		4 vezes por semana

I

Área do cômodo m <sup>2</sup>	Potência da Lâmpada - Watt		
	Sala/copa/cozinha	Quarto e varanda	Banheiro
até 6	60	60	60
6 a 7,5	100	100	60
7,5 a 10,5	100	100	100
Corredores e escadas	até 3 m de comprimento : 40 W de 3 m a 4,5 m : 60 W de 4,5m até 5,3 m : 100 W		

Determine as lâmpadas a serem utilizadas em cada cômodo da casa e cite a potência do chuveiro instalado baseada no que você possui em casa para calcular os disjuntores a serem utilizados conforme as especificações técnicas dadas pelo engenheiro.

2

Figura 14 (b) - Página 2 do trabalho de dimensionamento de disjuntores.

Neste trabalho o objetivo central foi ensinar eletricidade utilizando os conceitos de potência, resistência e energia elétrica de modo prático e contextualizado para os estudantes. Busquei desenvolver as atividades com os alunos de modo a orientá-los sobre as instalações elétricas de sua residência de modo seguro, tornando, assim, os conceitos estudados úteis para a vida do educando.

A partir de rodas de conversa (GALIAZZI, 2013), o trabalho prático de dimensionamento elétrico foi socializado, fazendo com que a Física se tornasse muito mais significativa e de fácil compreensão ao aluno. Os estudantes puderam relatar suas histórias pessoais e compreender porque aconteceram curtos, fumaças e/ou disjuntores desarmados, situações reais, vivenciadas de perto por eles, em suas casas. Experiências vividas e sofridas, entrelaçadas com o novo que se tornou velho, essa eletricidade que a todos acompanha desde o nascimento.

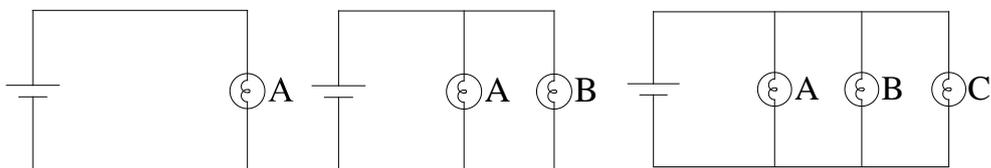
Na atividade de dimensionar os disjuntores, outros conceitos emergiram, como o cálculo de área a partir do projeto arquitetônico de engenharia civil, anexado ao trabalho. Esta planta possibilitou ainda despertar no aluno o conhecimento necessário para a leitura dos projetos exigidos pela prefeitura para a construção de uma residência. Além disso, trabalhei a conscientização sobre o consumo de energia, que afeta o ecossistema do planeta, desenvolvendo assim sua autocrítica quanto à responsabilidade inerente a cada ser humano, mas que afeta a todos sem exceção.

Durante o ano de 2012, a atividade experimental utilizando pilhas e lâmpadas foi reestruturada. Reconstruí as figuras utilizando editores de imagens disponíveis na web e acrescentei alguns circuitos com base nas perguntas feitas pelos alunos ao utilizar os roteiros de 2010 e 2011. Na sequência, anexei o trabalho em que dimensionavam os disjuntores a serem instalados em um circuito residencial. A atividade experimental completa mostraria, então, aos estudantes, que dependendo da forma como conectamos ou construímos um circuito, somos capazes de influenciar no funcionamento dos equipamentos a ele ligados. A Figura 15 ilustra essas atividades desenvolvidas pelos estudantes na sala de aula, mantendo a proposta do trabalho em pequenos grupos.



**Figura 15 - Em 2012, alunos trabalham em grupos no novo roteiro experimental de circuitos.**

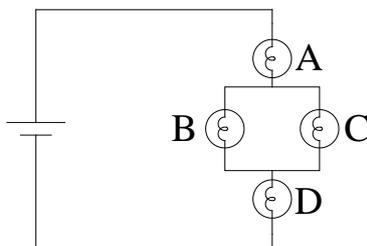
Os circuitos da primeira atividade de 2012 são mostrados na Figura 16, que explicita a sequência da montagem do circuito paralelo, realizada de forma gradual a partir de uma única lâmpada e, posteriormente, chegando a duas e três lâmpadas. Essa foi uma tentativa de tornar o trabalho mais intuitivo e facilitar a representação dos circuitos pelos estudantes, nesse novo roteiro experimental.



**Figura 16 - Construção paulatina de circuitos em paralelo.**

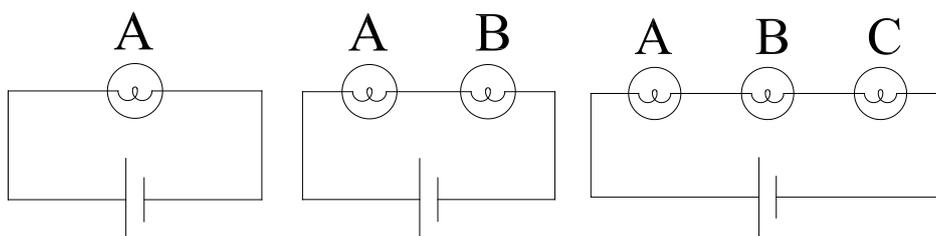
Incluir essa atividade em sala de aula tem o objetivo de proporcionar que o aluno perceba que o brilho das lâmpadas não se altera quando conectadas em paralelo. É importante que ao final o professor relacione esta atividade com a dos disjuntores e que mencione que essa forma de ligar as lâmpadas é a mesma utilizada em sua casa.

Na segunda atividade os estudantes são desafiados a montar um circuito misto, como o da Figura 17. As lâmpadas A e D acendem com a mesma intensidade, mas B e C, que estão conectadas em paralelo entre si, não brilham ou têm um brilho muito fraco. O objetivo de ter a lâmpada D conectada em série com o paralelo e brilhando é evitar que os estudantes pensem que B e C não brilham porque a corrente foi toda gasta em A, que é a primeira explicação aventada pelos alunos para essa situação-problema.



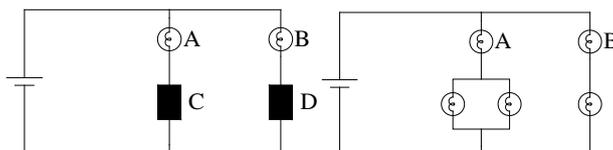
**Figura 17 - Circuito misto. A e D brilham, B e C não acendem ou acendem fracamente.**

Na antiga atividade 3, eles montavam um circuito com três lâmpadas em série. Agora a situação novamente é construída aos poucos, como indicam os circuitos da Figura 18. Nas montagens, devem perceber que a inserção de nova lâmpada em série no circuito faz o brilho de todas as lâmpadas diminuir, embora brilhem igualmente entre si em cada etapa. A ideia era dar oportunidade de o aluno construir conceitualmente, através desta atividade, a noção de que, para manter o brilho original de lâmpadas conectadas em série é necessário aumentar a tensão do circuito à medida que mais lâmpadas são ligadas.



**Figura 18 - Construção paulatina de circuito em série.**

A atividade 4, representada na Figura 19, tem por objetivo desafiar os estudantes a compararem os obstáculos representados pelos objetos C e D. Isso é inferido a partir da diferença no brilho das lâmpadas indicadoras A e B. Se A brilha mais do que B é porque C é um obstáculo menor do que D. Se A brilha igual a B, então C e D são obstáculos de mesmo tamanho. Isso permite comparar uma série (ou um paralelo) com uma lâmpada sozinha.



**Figura 19 - Circuito projetado para comparar os obstáculos C e D.**

Todas essas atividades, somadas às 6 questões que constavam na primeira versão usada nos anos de 2010 e 2011, são apresentadas nas Figuras 20 (a) e 20 (b).

Física
Prof. Edilson Torma

---

**Atividade Experimental**

Este trabalho visa estudar as propriedades dos circuitos elétricos quando associados em série e paralelo a partir do brilho das lâmpadas. Dessa maneira indique os brilhos conforme o **esquema** abaixo:



Brilho INTENSO



Brilho MÉDIO



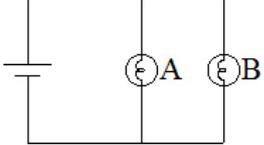
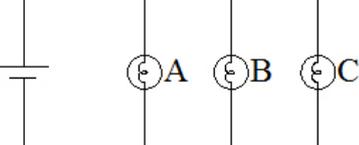
Brilho FRACO



Brilho MUITO FRACO

**Atividade 1**

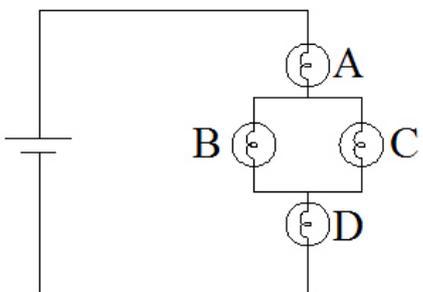
Monte os circuitos representados nas figuras 1, 2 e 3 e indique o brilho das lâmpadas conforme o esquema mostrado acima:

a) O que você pode concluir a respeito do brilho dos três circuitos?

**Atividade 2**

Monte o circuito representado abaixo:



b) que tipo de associação você montou nas figuras 2 e 3? (série ou paralelo?)

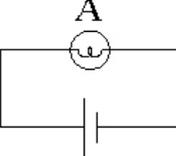
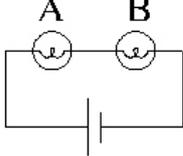
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Atividade 3**

Construa agora os três modelos mostrados nas figuras abaixo e indique nas figuras o brilho das lâmpadas conforme o esquema.

c) indique na figura o brilho das lâmpadas conforme o esquema:

d) Qual a conclusão que você pode atestar sobre a observação? Ou seja qual seria a justificativa para o fenômeno observado?

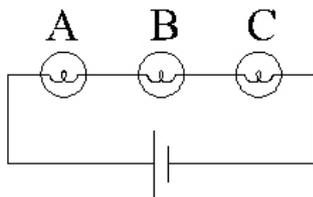
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

1

Figura 20 (a) - Página 1 do roteiro da atividade experimental realizada em 2012.



e) que tipo de associação você montou nas figuras 2 e 3? (série ou paralelo?)

f) O que você pode concluir sobre a observação?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

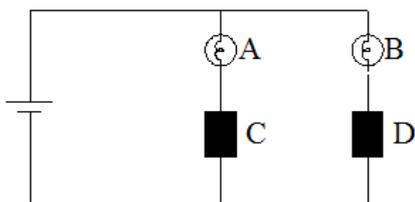
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

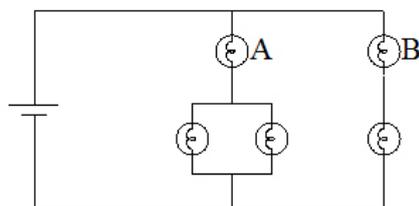
**Atividade 4**

Vamos pensar em obstáculo, observe o circuito 4:



As lâmpadas A e B são idênticas. Se A brilha mais intensamente do que B, então C deve ser um obstáculo menor do que D.

Vamos então comparar o obstáculo que lâmpadas ligadas em série e paralelo representam para as lâmpadas A e B, para isso monte o circuito abaixo:



g) indique na figura o brilho observado conforme o esquema:

h) Responda: Qual dos circuitos se mostrou como maior obstáculo a passagem da corrente para as Lâmpadas A e B?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

i) o que você pode concluir a respeito dos circuitos série e paralelo quanto ao obstáculo?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Atividade 5:**

Responda agora:

1) Porque uma lâmpada brilha mais que a outra?

2) A fluxo da corrente é gasta ao passar por uma lâmpada? Porque?

3) o tamanho do fluxo é determinado pelo tamanho do obstáculo? Porque?

4) qual o nome que é dado a esse obstáculo em eletricidade?

5) Em qual circuito temos um obstáculo maior o em série ou em paralelo?

6) Dois objetos em paralelo é um obstáculo maior menor ou igual a um objeto ligado sozinho?

Figura 20 (b) - Página 2 do roteiro da atividade experimental realizada em 2012.

É importante frisar que nestas atividades siga as recomendações de Evans (1978) de inicialmente não utilizar termos técnicos nas conversas sobre os circuitos. Conceitos abstratos como corrente elétrica e resistência elétrica devem ser construídos aos poucos, apreendendo seus atributos, e nomeando-os na medida em que os estudantes percebem sua utilidade e seu significado. Se utilizados prematuramente, poluem e travam a discussão nos grupos. Uma evidência disso é que é comum alunos utilizarem indistintamente termos como “amperagem” e “voltagem”, por não compreenderem as diferenças e as relações entre eles. Assim, utiliza-se o brilho como evidência inicial da passagem de uma corrente elétrica e fala-se em “obstáculo” que uma lâmpada ofereça a essa passagem, até que o obstáculo possa assumir todas as características atribuídas à resistência elétrica. É necessário que o estudante construa conceitualmente esse significado. Se o brilho da lâmpada está associado à corrente que passa por ela, então em série existe um aumento na resistência equivalente do circuito que ocasiona uma diminuição da corrente que passa por ele.

Esta versão do roteiro experimental foi usada em 2012 em cinco turmas do 3º Ano na escola Bibiano de Almeida e em cinco turmas na escola Getúlio Vargas. Gerou nova coleta de dados que possibilitou nova análise reflexiva e, também, tentativas subsequentes para tornar o estudo de circuitos ainda mais interessante e agradável ao estudante.

Na versão realizada em 2013 veremos a reformulação da proposta, com a inclusão de circuitos diferentes dos apresentados até agora.

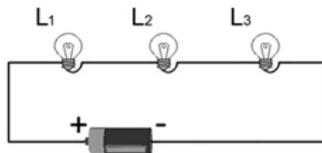
### **3.3 Projeto 2013 - Ensaio Três**

Em 2013, a atividade experimental utilizando pilhas, lâmpadas e fios foi totalmente reestruturada, conforme pode-se ver nas Figuras 21 (a) e 21(b). Nessa seção, apresento os resultados do Ensaio Três e comento o diferencial do novo modelo experimental adotado.

Teste conceitual de Circuitos (Física)

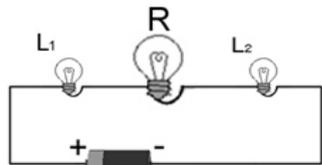
Em todas as questões deste teste, admite-se que as lâmpadas representadas sejam iguais. Os brilhos das lâmpadas crescem quando a intensidade da corrente elétrica aumenta e a bateria representada tem resistência elétrica desprezível. **Marque e justifique a alternativa que você considera correta**

01) No circuito da figura 1, pode-se afirmar que:



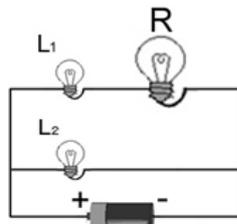
- a) L<sub>1</sub> brilha mais do que L<sub>2</sub>, e esta mais do que L<sub>3</sub>
- b) L<sub>3</sub> brilha mais do que L<sub>2</sub>, e esta mais do que L<sub>1</sub>
- c) As três lâmpadas têm o mesmo brilho.
- d) L<sub>1</sub> brilha menos do que L<sub>2</sub>, e esta mais do que L<sub>3</sub>

02) No circuito da figura 2, R é uma lâmpada de resistência diferente das lâmpadas L<sub>1</sub> e L<sub>2</sub>. Nesse circuito:



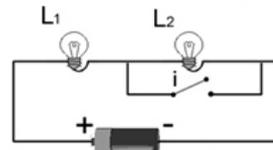
- a) L<sub>1</sub> e L<sub>2</sub>, tem o mesmo brilho
- b) L<sub>1</sub> brilha mais do que L<sub>2</sub>.
- c) As três lâmpadas têm o mesmo brilho.
- d) L<sub>2</sub> brilha mais do que L<sub>1</sub>.

03) No circuito da figura 3, R é uma lâmpada de resistência diferente das lâmpadas 1 e 2. Nesse circuito:



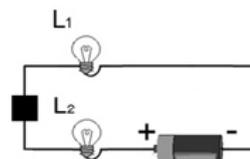
- a) L<sub>1</sub> tem o mesmo brilho que L<sub>2</sub>,
- b) L<sub>1</sub> brilha mais do que L<sub>2</sub>.
- c) As três lâmpadas têm o mesmo brilho.
- d) L<sub>2</sub> brilha mais do que L<sub>1</sub>.

04) No circuito da figura 4, I é um interruptor aberto. Ao fechá-lo :



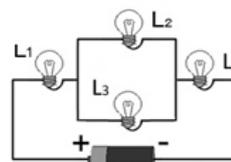
- a) aumenta o brilho de L<sub>1</sub>
- b) O brilho de L<sub>1</sub> permanece o mesmo
- c) diminui o brilho de L<sub>1</sub>
- d) L<sub>1</sub> e L<sub>2</sub>, terão o mesmo brilho

05) No circuito da figura 5, são ligadas duas lâmpadas L<sub>1</sub> e L<sub>2</sub>, e a caixa preta que nele aparece pode conter resistores, baterias ou combinações de ambos. Para que a corrente em L<sub>1</sub> seja igual à corrente em L<sub>2</sub>, a caixa preta deve conter em seu interior somente:



- a) resistores conectados de qualquer modo
- b) Lâmpadas conectadas em série
- c) uma bateria
- d) qualquer tipo de combinação de resistores e baterias.

06) No circuito da figura 6, o brilho de L<sub>1</sub> é:

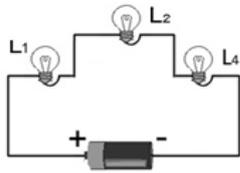


- a) igual ao de L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub> e L<sub>4</sub>
- b) igual ao de L<sub>4</sub>.
- c) maior do que L<sub>4</sub>.
- d) menor do que o de L<sub>4</sub>

Figura 21 (a) - Página 1 do conjunto de atividades experimentais realizadas em 2013.

Teste conceitual de Circuitos (Física)

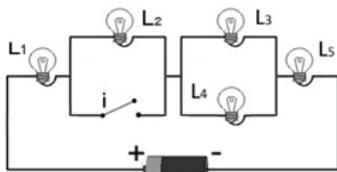
07) O circuito da figura 6 foi modificado, pois se tirou a lâmpada  $L_3$ . O novo circuito é, então, o da figura 7.



Quando se compara o brilho de  $L_4$  nos circuitos 6 e 7, ele é:

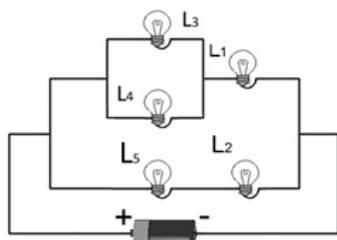
- a) maior no circuito 7
- b) menor no circuito 7
- c) o mesmo nos dois

08) No circuito da figura 8, quando o interruptor  $I$  é aberto, as lâmpadas  $L_3$  e  $L_4$  deixam de brilhar, embora  $L_2$  brilhe. O que acontece com as lâmpadas  $L_1$  e  $L_5$ ?



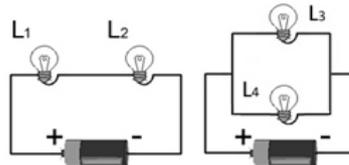
- a) Nem  $L_1$  nem  $L_5$  brilham
- b)  $L_1$  brilha mas  $L_5$  não
- c) todas se apagam
- d)  $L_1$  e  $L_5$  brilham iguais e mais forte que  $L_2$
- e)  $L_1$  e  $L_5$  brilham na mesma intensidade

09) No circuito 9 da figura abaixo:



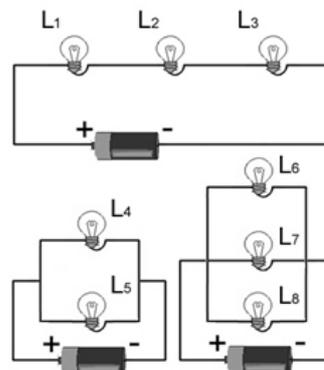
- a)  $L_1$  brilha mais do que  $L_2$
- b)  $L_1$  brilha menos do que  $L_2$
- c)  $L_1$ ,  $L_2$  e  $L_5$  tem o mesmo brilho
- d) todas as lâmpadas tem o mesmo brilho.

10) Comparando o brilho das lâmpadas dos circuitos abaixo, podemos concluir que:



- a)  $L_1$  tem o mesmo brilho do que  $L_4$
- b)  $L_1$  e  $L_2$  brilham iguais mas com menor brilho do que  $L_3$  e  $L_4$  que também possuem o mesmo brilho.
- c) todas tem o mesmo brilho
- d)  $L_1$  e  $L_2$  brilham iguais e com maior brilho do que  $L_3$  e  $L_4$  que também possuem o mesmo brilho.

11) Nos circuitos mostrados na figura abaixo, podemos afirmar que:



- a)  $L_1$  brilha menos do que  $L_5$  que brilha mais do que  $L_6$  que tem o mesmo brilho do que  $L_7$  e  $L_8$
- b)  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$ ,  $L_6$ ,  $L_7$  e  $L_8$  tem o mesmo brilho
- c) todas tem o mesmo brilho
- d)  $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$  possuem o mesmo brilho que é menor do que  $L_4$ ,  $L_5$ ,  $L_6$ ,  $L_7$  e  $L_8$  que tem todos o mesmo brilho
- e) n.d.a.

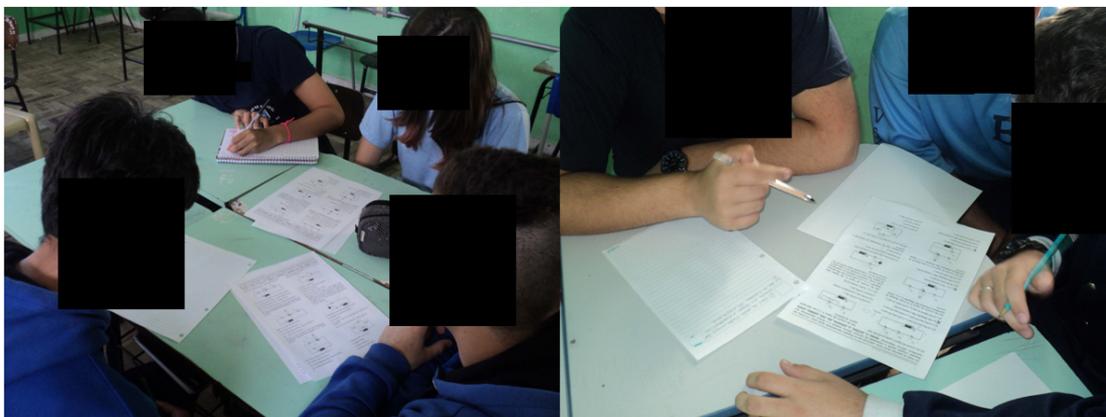
Figura 21 (b) - Página 2 do conjunto de atividades experimentais realizadas em 2013.

A mudança teve como inspiração um teste conceitual sobre circuitos elétricos publicado por Silveira *et al.* (1989). O teste original tem 14 questões de escolha múltipla, com apenas uma alternativa correta, e associa a intensidade da corrente ao brilho das lâmpadas, todas iguais, conectadas em diversas configurações.

Na adaptação, utilizei somente 11 questões. Os alunos discutiam os itens em grupo e marcavam as alternativas que julgavam corretas. A correção é feita pelos próprios estudantes, que após responderem o teste, são desafiados a verificarem seus acertos montando os circuitos na prática. A proposta de montar os circuitos elétricos visava, é claro, ampliar as discussões e não apenas averiguar o número de erros e acertos no teste. A tarefa central almejada era que os estudantes conseguissem explicar os brilhos (iguais ou diferentes) das lâmpadas nas diversas montagens.

A partir das questões selecionadas por Silveira *et al.* (1989), utilizei programas de desenho disponíveis na web, refiz as figuras do teste e acrescentei outros modelos que surgiram a partir das dúvidas e questionamentos nas atividades desenvolvidas em 2010, 2011 e 2012. Os circuitos criados durante as atividades em sala de aula, e que não constavam no referido roteiro, foram adicionados a este, na tentativa de torná-lo mais acessível ao raciocínio expresso nas turmas de ensino médio, de forma a confrontar as concepções alternativas frequentes dos estudantes, a partir desta atividade.

A melhor maneira encontrada para aplicar esta atividade foi motivá-los a construir hipóteses. Separados em pequenos grupos de quatro a cinco integrantes, eles deveriam analisar, escolher a alternativa que julgavam correta e justificá-la para os demais componentes do grupo, conforme registro na Figura 22.



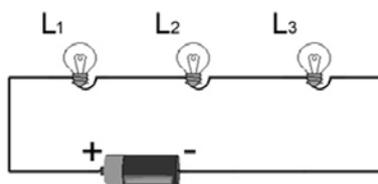
**Figura 22 - Os alunos respondem o teste conceitual gerando hipóteses em grupo.**

Aqueles que divergiam, construía suas explicações e, de forma democrática, o grupo escolhia a melhor hipótese levantada. Observei que essa prática gera uma certa ansiedade e expectativa, pois eles querem conferir o resultado e ver quem está ou não certo. Encarando como um jogo de perguntas e respostas, os alunos se divertem e o teste conceitual adquire uma nova identidade, no qual o estudante desenvolve suas habilidades a partir da troca de experiências, liderança, cooperação e paciência.

Ao longo dessa prática percebi que são necessários pelo menos 4 períodos de 50 min para completar a atividade. Preferencialmente, o professor deve utilizar duas aulas para os estudantes responderem o teste e gerarem hipóteses. A grande maioria leva em torno de um período e meio para fazer essa primeira parte, sobrando um pouco de tempo para realizar alguns experimentos e conferir as afirmações construídas por eles.

A partir da atividade experimental, o professor consegue dialogar e trocar ideias com pequenos grupos, enriquecendo muito mais as discussões e dúvidas que surgem durante a correção das hipóteses sugeridas por cada grupo. Observe, na Figura 23, a escrita de um grupo sobre o primeiro circuito.

01) No circuito da figura 1, pode-se afirmar que:



- a) L<sub>1</sub> brilha mais do que L<sub>2</sub>, e esta mais do que L<sub>3</sub>
- b) L<sub>3</sub> brilha mais do que L<sub>2</sub>, e esta mais do que L<sub>1</sub>
- c) As três lâmpadas têm o mesmo brilho.
- d) L<sub>1</sub> brilha menos do que L<sub>2</sub>, e esta mais do que L<sub>3</sub>

1- circuito em série, uma lâmpada depende da outra.

**Figura 23 - Hipótese sugerida para explicar a alternativa C do primeiro circuito.**

Na Figura 23, percebo que o grupo acertou a alternativa e que eles percebem que existe uma dependência entre as lâmpadas. No entanto, em sua resposta, não apresentam grandes explicações sobre o assunto. Durante a construção e observação do circuito representado é que surgiram dúvidas e questionamentos, conforme exemplificado na Figura 24. Nesse caso, os estudantes registraram as discussões do grupo.

A partir das dúvidas e questionamentos apontados, estabeleci uma interação direta com o grupo. Utilizando o material experimental, sugeri que eles construíssem e testassem os circuitos. Nesse momento é importante a presença do professor para garantir o sucesso da experimentação proposta, bem como analisar os registros do que foi desenvolvido pelo estudante em sala de aula.

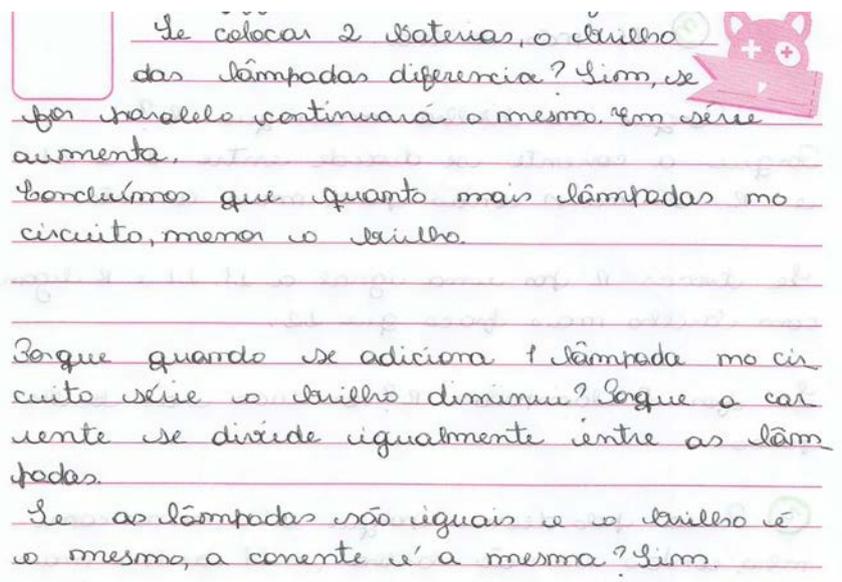


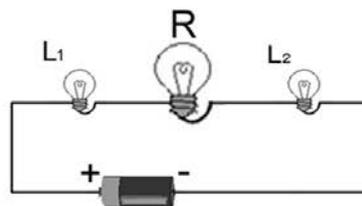
Figura 24 - Dúvidas questionamentos e solução utilizando o material experimental.

A Figura 25 apresenta o segundo circuito, em que uma das 3 lâmpadas conectadas em série tem maior potência e é projetada para funcionar em uma tensão maior que as outras duas. Esses detalhes técnicos não foram informados inicialmente aos estudantes. A escrita dos estudantes, como um dos resultados da experiência, gera outras oportunidades de interação e aprendizado com eles, a partir da análise de um conjunto de concepções expressas pelos estudantes durante a atividade.

A construção dos circuitos do teste conceitual proporcionou uma dinâmica na sala de aula muito intensa e uma participação de todos. Separados em pequenos grupos, foi possível manter um diálogo com os participantes e, dessa forma, sob minha ótica, tornar a aula muito mais participativa e interessante. Mesmo que seja desgastante para o professor, visto que não se pode estar presente o tempo todo, em todos os grupos, é gratificante ver os jovens trabalhando ativamente em uma atividade de Física na sala de aula.

Para o Ensaio Quatro, algumas alterações foram feitas nesta atividade. Nesta época, já cursando disciplinas do MNPEF, senti necessidade de acrescentar a história da eletricidade às aulas teóricas e passei também a utilizar aparelhos de medida nas atividades experimentais.

02) No circuito da figura 2, R é uma lâmpada de resistência diferente das lâmpadas  $L_1$  e  $L_2$ . Nesse circuito:



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

02)  $L_1$  e  $L_2$  não ligaram.

A corrente que passa em  $L_1$  e  $L_2$  é a mesma em R? Sim

Achamos que a lâmpada maior fluxa mais energia.

Se a tensão for maior, as lâmpadas menores vão brilhar pouco e a maior vai brilhar mais? A R brilha mais e  $L_1$  e  $L_2$  não brilham.

o que acontece se desarmos uma das lâmpadas menores? A  $L_2$  continua acesa / vai apagar a lâmpada porque a corrente precisa fazer um ciclo.

Figura 25 - Interação proporcionada a partir da experiência para a segunda questão do teste.

### 3.4 Projeto 2014 - Ensaio Quatro

Nesta seção, vou discutir inicialmente a aplicação do uso da história da eletricidade como via introdutória dos conceitos estudados nos circuitos elétricos, em turmas de 3º Ano do Ensino Médio. Após o trabalho com a história da eletricidade em sala de aula, passo então a utilizar o material de apoio experimental, com base no teste conceitual discutido na seção anterior.

Após ler um livro que conta a história de Thomas Edison, empolgado, acrescentei às aulas momentos de reflexão e debate com os alunos, sobre a vida e a história deste cientista e inventor, importante figura no desenvolvimento da tecnologia na segunda metade do séc. XIX. Apresento aos estudantes como ele usa os princípios básicos da eletricidade, que antes era vista apenas em laboratórios e palcos de apresentações ao público. Esta atividade foi desenvolvida de modo articulado às aulas teóricas, a fim de tornar a aula mais agradável e mais interativa para o estudante.

Em 2014, a atividade experimental foi dividida em 3 momentos. Primeiro foi distribuído aos alunos o teste conceitual de lâmpadas e pilhas desenvolvido em 2013, apresentado nas Figuras 21(a) e 21(b) e discutido na seção 3.3. Na sequência, foi distribuído um roteiro experimental, em forma de apostila, cujo esboço<sup>3</sup> é mostrado na Figura 26. O roteiro contém informações sobre o conteúdo de circuitos e de aparelhos de medida utilizados para checar as respostas dadas ao teste conceitual. Por fim, algumas questões do teste foram retomadas após a conclusão das atividades experimentais detalhadas na apostila, conforme podemos ver na Figura 27.

O roteiro experimental da Figura 26, como já afirmamos, aborda circuitos e aparelhos de medida. Nele, com o objetivo de tornar o trabalho experimental mais proveitoso e prático, acrescentei aparelhos de medida para ir além do lúdico e, assim, incluir outras formas de coletar evidências além do proporcionado pelas atividades qualitativas de analisar o brilho das lâmpadas. Ensinar a manusear as escalas de medida do aparelho, trabalhar a forma correta de ligação e anotar os valores reais das tensões e

---

<sup>3</sup> A apostila mostrada na Figura 26 não é o produto final desta dissertação, mas uma figura ilustrativa que representa, assim como as outras imagens, um processo de construção e aperfeiçoamento da proposta investigativa que venho apresentar como produto. A função desta figura é portanto, demonstrar a evolução do trabalho para que o leitor possa compreender que o Apêndice A foi construído a partir de todas as intervenções e reconstruções descritas neste capítulo 3.

correntes que passam pelo circuito foram ações que trouxeram uma abordagem mais quantitativa ao trabalho.

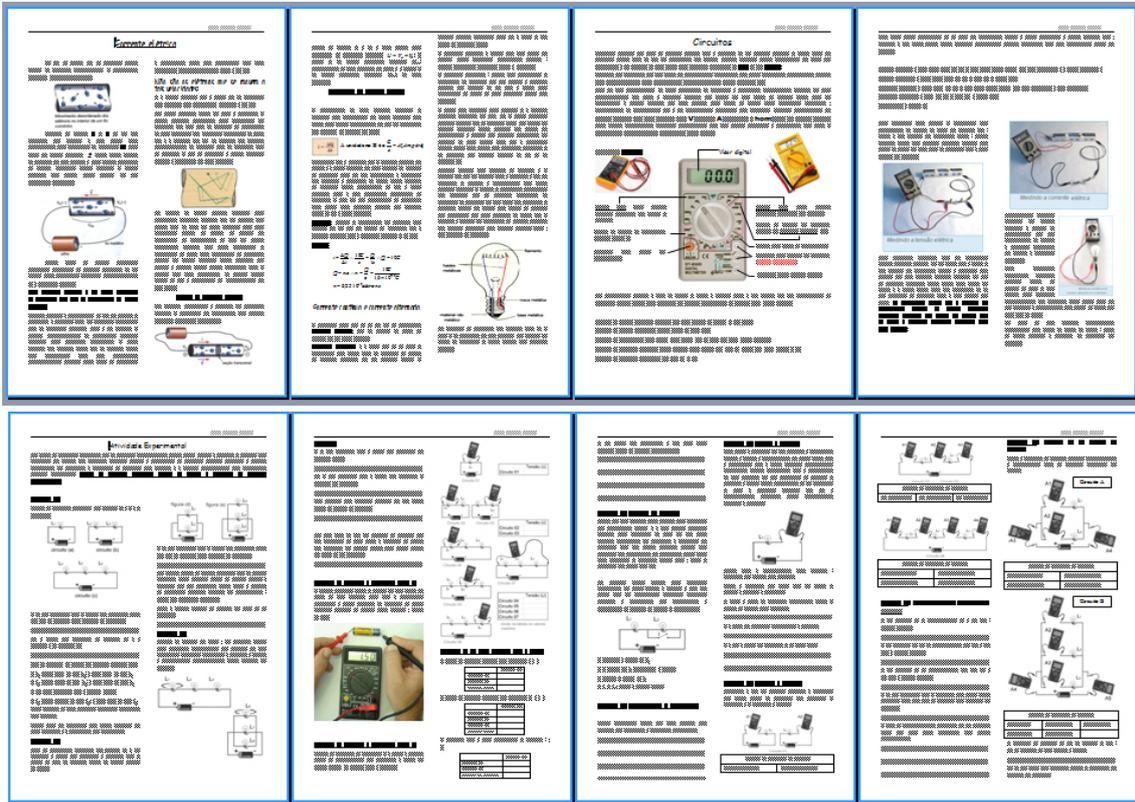


Figura 26 - Roteiro experimental utilizando o multímetro.

A apostila utilizada reúne as atividades anteriores e aposta nas medidas experimentais quantitativas, para colocar à prova os conceitos teóricos estudados e os resultados obtidos na prática. O trabalho experimental teve início após as discussões históricas e a abordagem teórica do funcionamento de circuitos elétricos. Os alunos iniciam a atividade tentando ligar uma lâmpada incandescente utilizada em lanternas com apenas um fio e uma pilha, conforme vemos na Figura 28, algo que era proposto nas primeiras atividades experimentais do Ensaio Um, como já foi discutido nas seções anteriores.

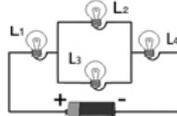
## TESTE CONCEITUAL

Nome: \_\_\_\_\_ N° \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_

Em todas as questões, admite-se que as lâmpadas representadas sejam iguais exceto a lâmpada R indicada nos circuitos. Os brilhos das lâmpadas crescem quando a intensidade da corrente elétrica aumenta, a lâmpada representa um obstáculo a passagem da corrente pelo circuito e a bateria representada tem resistência elétrica desprezível. **Marque a alternativa correta e justifique:**

01) No circuito da figura 1, o brilho de  $L_1$  é:

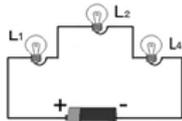
- a) igual ao de  $L_1, L_2, L_3$  e  $L_4$
- b) igual ao de  $L_4$ .
- c) maior do que  $L_4$ .
- d) menor do que o de  $L_4$



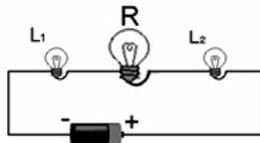
02) O circuito da figura 1 foi modificado, pois se tirou a lâmpada  $L_3$ . O novo circuito é, então, o da figura 2.

Quando se compara o brilho de  $L_4$  nos circuitos 1 e 2, ele é:

- a) maior no circuito 1
- b) menor no circuito 1
- c) o mesmo nos dois



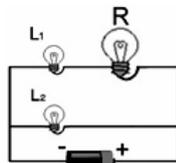
03) No circuito da figura 3, R é uma lâmpada de resistência diferente das lâmpadas  $L_1$  e  $L_2$ . Nesse circuito:



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

04) No circuito da figura 4, R é uma lâmpada de resistência diferente das lâmpadas 1 e 2. Nesse circuito:

- a)  $L_1$  tem o mesmo brilho que  $L_2$ .
- b)  $L_1$  brilha mais do que  $L_2$ .
- c) As três lâmpadas têm o

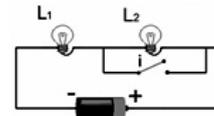


mesmo brilho.

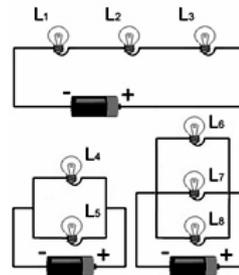
d)  $L_2$  brilha mais do que  $L_1$ .

05) No circuito da figura 5, I é um interruptor aberto. Ao fechá-lo:

- a) aumenta o brilho de  $L_1$
- b) O brilho de  $L_1$  permanece o mesmo
- c) diminui o brilho de  $L_1$
- d)  $L_1$  e  $L_2$ , terão o mesmo brilho

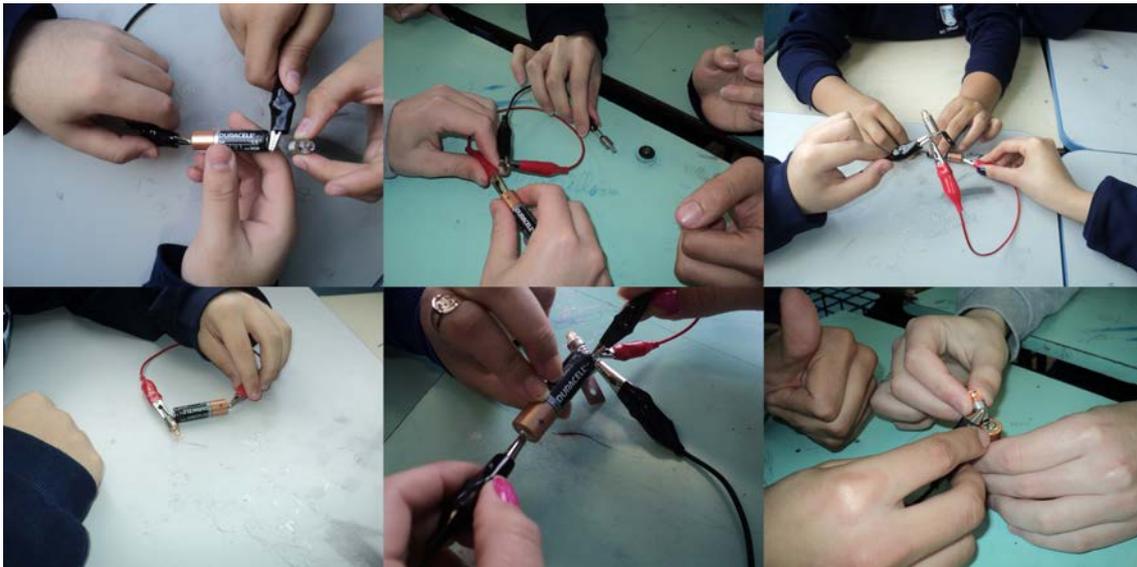


06) Nos circuitos mostrados na figura abaixo, podemos afirmar que:



- a)  $L_1$  brilha menos do que  $L_5$  que brilha mais do que  $L_6$  que tem o mesmo brilho do que  $L_7$  e  $L_8$
- b)  $L_1, L_2, L_3, L_6, L_7$  e  $L_8$  tem o mesmo brilho
- c) todas tem o mesmo brilho
- d)  $L_1, L_2, L_3$  possuem o mesmo brilho que é menor do que  $L_4, L_5, L_6, L_7$  e  $L_8$  que tem todos o mesmo brilho
- e) n.d.a.

Figura 27 - Reaplicação do teste conceitual nas turmas de 3º Ano do Ensino Médio.



**Figura 28 - Alunos tentam ligar uma lâmpada com uma pilha e um fio.**

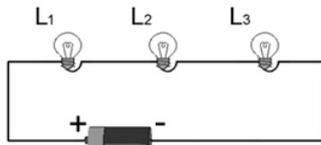
Nesta atividade, os alunos são desafiados a ligar a lâmpada utilizando apenas um fio e uma pilha, no entanto nem todos conseguem concluir a atividade. A sequência é sempre entregar um segundo fio para os grupos e, se ainda assim a dificuldade persistir, entregar a eles um suporte, onde a lâmpada possa ser enroscada e ligada utilizando os dois fios. A prática mostra que quando eles recebem o suporte, após poucas tentativas os estudantes conseguem ligar a lâmpada. Após o sucesso dos alunos, é importante retomar a atividade inicial, pedindo a eles que observem as conexões do suporte e que voltem a tentar ligar a lâmpada utilizando apenas um fio. Para os grupos que completam essa parte experimental primeiro, é distribuído o teste conceitual com o desafio de construção de hipóteses.

A mesma atividade discutida na seção anterior mostrou-se bem aceita pelos estudantes. A sequência experimental não seria a construção dos circuitos presentes no teste, mas a de circuitos indicados em uma apostila construída com base nos trabalhos anteriores somado a um contexto teórico de como se opera um multímetro quando se deseja medir tensão e corrente. A Figura 29 ilustra o teste que os estudantes responderam.

Teste conceitual de Circuitos (Física)

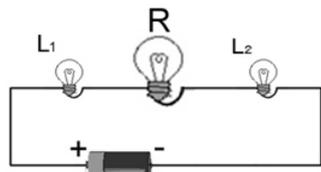
Em todas as questões deste teste, admite-se que as lâmpadas representadas sejam iguais. Os brilhos das lâmpadas crescem quando a intensidade da corrente elétrica aumenta e a bateria representada tem resistência elétrica desprezível. **Marque e justifique a alternativa que você considera correta**

01) No circuito da figura 1, pode-se afirmar que:



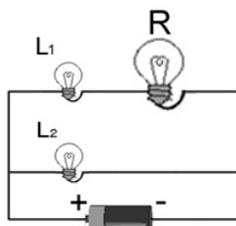
- a)  $L_1$  brilha mais do que  $L_2$ , e esta mais do que  $L_3$
- b)  $L_3$  brilha mais do que  $L_2$ , e esta mais do que  $L_1$
- c) As três lâmpadas têm o mesmo brilho.
- d)  $L_1$  brilha menos do que  $L_2$ , e esta mais do que  $L_3$

02) No circuito da figura 2, R é uma lâmpada de resistência diferente das lâmpadas  $L_1$  e  $L_2$ . Nesse circuito:



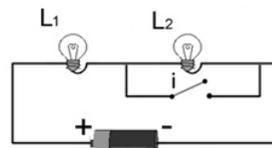
- a)  $L_1$  e  $L_2$ , tem o mesmo brilho
- b)  $L_1$  brilha mais do que  $L_2$ .
- c) As três lâmpadas têm o mesmo brilho.
- d)  $L_2$  brilha mais do que  $L_1$ .

03) No circuito da figura 3, R é uma lâmpada de resistência diferente das lâmpadas 1 e 2. Nesse circuito:



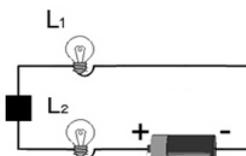
- a)  $L_1$  tem o mesmo brilho que  $L_2$ ,
- b)  $L_1$  brilha mais do que  $L_2$ .
- c) As três lâmpadas têm o mesmo brilho.
- d)  $L_2$  brilha mais do que  $L_1$ .

04) No circuito da figura 4, I é um interruptor aberto. Ao fechá-lo:



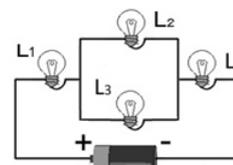
- a) aumenta o brilho de  $L_1$
- b) O brilho de  $L_1$  permanece o mesmo
- c) diminui o brilho de  $L_1$
- d)  $L_1$  e  $L_2$ , terão o mesmo brilho

05) No circuito da figura 5, são ligadas duas lâmpadas  $L_1$  e  $L_2$ , e a caixa preta que nele aparece pode conter resistores, baterias ou combinações de ambos. Para que a corrente em  $L_1$  seja igual à corrente em  $L_2$ , a caixa preta deve conter em seu interior somente:



- a) resistores conectados de qualquer modo
- b) Lâmpadas conectadas em série
- c) uma bateria
- d) qualquer tipo de combinação de resistores e baterias.

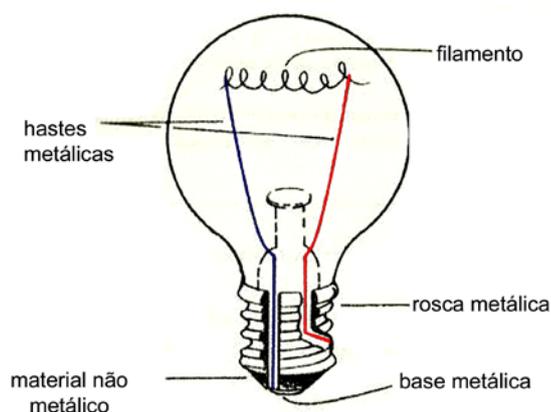
06) No circuito da figura 6, o brilho de  $L_1$  é:



- a) igual ao de  $L_1, L_2, L_3$  e  $L_4$
- b) igual ao de  $L_4$ .
- c) maior do que  $L_4$ .
- d) menor do que o de  $L_4$

Figura 29 - Teste conceitual utilizado na geração de hipóteses e construção de circuitos elétricos.

Após a geração de hipóteses do teste conceitual, foi entregue a apostila. Nela consta a Figura 30, que mostra em corte as conexões internas da lâmpada, para que eles tirem todas as dúvidas do que é necessário para ligar uma lâmpada com sucesso. Retoma-se, assim, a atividade da lâmpada e abre-se caminho para o entendimento do princípio básico dos circuitos. A corrente precisa de um caminho fechado entre os dois polos da pilha e, nesse caminho, existe um obstáculo a sua passagem, que pode ser o filamento de uma lâmpada, por exemplo.



**Figura 30 - Conexões internas de uma lâmpada incandescente.**

A atividade 1 mostrada na Figura 31 consiste em montar o circuito série com duas e três lâmpadas e comparar seu brilho com o brilho de apenas uma única lâmpada. Os alunos devem, então, responder a três perguntas, sendo a última igual à utilizada na atividade 1 do teste conceitual em que eles geraram as hipóteses.

Durante a atividade prática, retomo aspectos já abordados em aulas anteriores, proporcionando momentos de discussão e reflexão com as turmas, debatendo problemas que Thomas Edison enfrentou ao tentar conectar as lâmpadas em série. Para cada lâmpada adicionada ao circuito, menor era o brilho de cada uma. A atividade termina mencionando uma outra forma de conexão que foi inventada por Edison justamente para contornar os problemas da ligação série, até então, única forma conhecida de conectar equipamentos elétricos.

Na atividade 2, detalhada na Figura 32, os estudantes montam os circuitos em paralelo conforme as indicações e respondem a duas perguntas destacadas na própria figura. Sabemos que no circuito em paralelo a tensão se mantém constante. Isso significa dizer que a corrente que cada lâmpada necessita para ligar não se altera e,

portanto, o brilho permanecerá sempre o mesmo, não importando quantas lâmpadas sejam conectadas em paralelo ao circuito<sup>4</sup>.

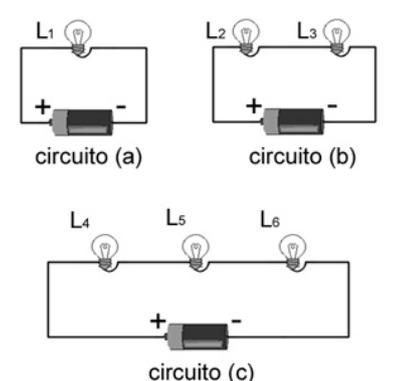
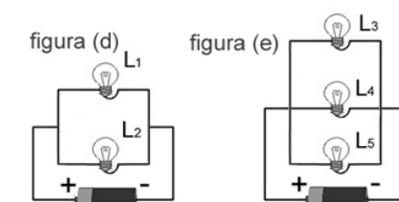
<p><b>Atividade 01: EXPERIÊNCIA 1</b></p> <p>Monte os circuitos indicados nas figuras a, b e c e responda:</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>I) O que acontece com o brilho das lâmpadas cada vez que se adiciona uma lâmpada ao circuito?</p> <p>_____</p> <p>II) o brilho das lâmpadas no circuito (c) é o mesmo? e no circuito (b)</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>III) no circuito da figura (c) pode-se afirmar que:</p> <p>a) L<sub>4</sub> brilha mais do que L<sub>5</sub>, e esta mais do que L<sub>6</sub></p> <p>b) L<sub>6</sub> brilha mais do que L<sub>5</sub>, e esta mais do que L<sub>4</sub></p> <p>c) As três lâmpadas têm o mesmo brilho.</p> <p>d) L<sub>4</sub> brilha menos do que L<sub>5</sub>, e esta mais do que L<sub>6</sub></p> <p>Essa maneira de ligar lâmpadas chama-se "<b>ligação em série</b>".</p> <p>Agora você vai aprender uma outra maneira de ligar lâmpadas - a "<b>ligação em paralelo</b>".</p>	<p><b>Atividade 02: EXPERIÊNCIA 2</b></p> <p>Faça as montagens indicadas nas figuras (d) e (e). Observe o brilho das lâmpadas e compare com o brilho de uma só lâmpada ligada ao mesmo número de pilhas:</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>I) O que acontece com o brilho das lâmpadas cada vez que se adiciona uma lâmpada ao circuito?</p> <p>_____</p> <p>Em nossas casas, há muitas lâmpadas que, às vezes, precisam ficar acessas todas ao mesmo tempo. É evidente que nos interessa obter delas o máximo de iluminação possível. Levando em consideração o brilho das lâmpadas responda:</p> <p>Qual a melhor maneira de ligá-las em série ou em paralelo? Porque?</p>
--	---

Figura 31 - Atividade 1 da apostila.

Figura 32 - Atividade 2 da apostila.

<sup>4</sup> É importante salientar que em um circuito em paralelo a corrente total no circuito aumenta toda vez que adicionamos mais uma lâmpada, no entanto a corrente em cada ramo do circuito permanece inalterada. É claro que a fiação impõe um limite para o número de lâmpadas que podem ser ligadas em paralelo, evitando superaquecimento.

Um fenômeno interessante para o professor explorar em aula ocorre ao utilizar duas pilhas em série como fonte de energia, pois, para esse circuito, é perceptível uma pequena queda de tensão quando se conectam as lâmpadas, devido à resistência interna das pilhas. É importante o professor estar atento a esse fato e aproveitar para extrair o máximo do experimento. Para colocar em dúvida o que os alunos percebem é dada a sugestão de conectar mais uma caixa de pilhas em paralelo a primeira. Assim, a resistência interna das fontes, quando conectadas em paralelo, fica menor. Ao fazer isso, a variação no brilho das lâmpadas, ao se adicionar mais uma lâmpada, cai bastante. O professor pode fazer associação a esse fato com o que acontece quando se liga um chuveiro, levando em conta que na grande maioria das residências da cidade do Rio Grande a tensão é de 127 V. É muito mais perceptível a queda de tensão quando se ligam equipamentos de grande potência em circuitos monofásicos. Essa queda é observada pela diminuição do brilho de lâmpadas incandescentes acesas no banheiro e em outras dependências da residência.

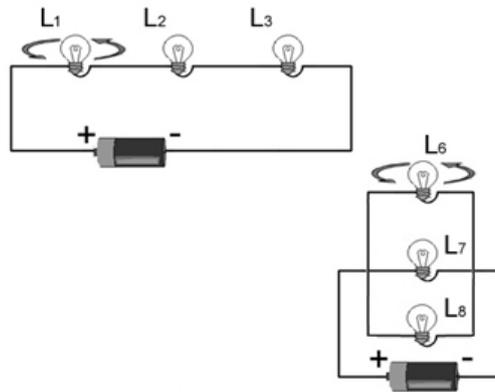
Diferente da corrente contínua (CC), que em dado circuito permanece constante ao longo do tempo, a corrente alternada (CA) é aquela corrente que muda de valor e de polaridade ciclicamente em função do tempo. A CA cresce, torna-se máxima em uma direção, decresce, torna-se máxima em outra direção, formando, tipicamente, uma onda senoidal. No entanto, ela pode se apresentar de outras formas como, por exemplo, a onda triangular e a onda quadrada. Uma das características da corrente alternada é que ela é usualmente utilizada nas residências por ser mais fácil transportá-la pelas linhas de transmissão. Já circuitos que requerem mobilidade (como carros, eletrodomésticos e eletrônicos portáteis) são usualmente alimentados por CC.

Após essas discussões em grupo, o professor pode solicitar que um dos componentes do grupo utilize uma bateria de celular. Nesse caso pode-se ligar até mais de 4 lâmpadas em paralelo sem que seja perceptível a variação em seu brilho.

A terceira atividade retoma o segundo problema que Thomas Edison enfrentou. Na ligação em série, se uma lâmpada é desligada, ou se ela queima, todas as outras conectadas ao circuito também se apagam. Essa característica não ocorre no circuito em paralelo. Dessa forma, eles remontam os circuitos e desatarraxam, uma a uma, as lâmpadas, conforme ilustrado na Figura 33, e observam o que acontece.

### **Atividade 03: QUESTIONÁRIO**

Refaça as ligações em série e em paralelo, usando três lâmpadas. Desatarraxe uma lâmpada em cada montagem. Enrosque novamente a lâmpada e repita o procedimento desenroscando outra lâmpada do circuito.



**Figura 33 - Atividade 3 - Quando se desatarraxa uma lâmpada do circuito série, todas se apagam, enquanto que no circuito em paralelo apenas a que é desligada se apaga.**

Na sequência dessa atividade, os estudantes respondem quatro perguntas abertas como mostrado na Figura 34.

#### **Responda:**

I) O que acontece com o brilho das lâmpadas no circuito série?

---

---

II) O que acontece com o brilho das lâmpadas no circuito em paralelo?

---

---

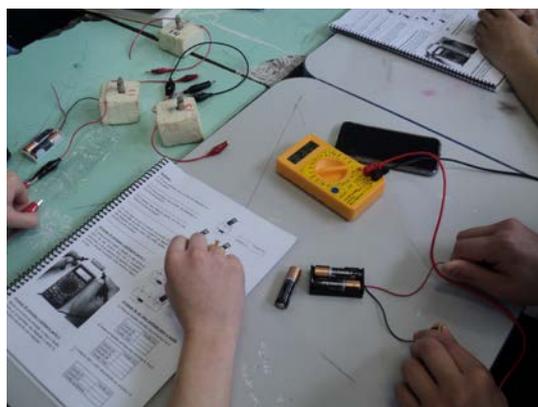
III) Quando uma lâmpada queima, em sua casa, todas as outras se apagam?

---

IV) Com base no que foi exposto na questão III, que conclusão se pode tirar a respeito da ligação das lâmpadas em nossas casas. Elas estão ligadas em série ou em paralelo?

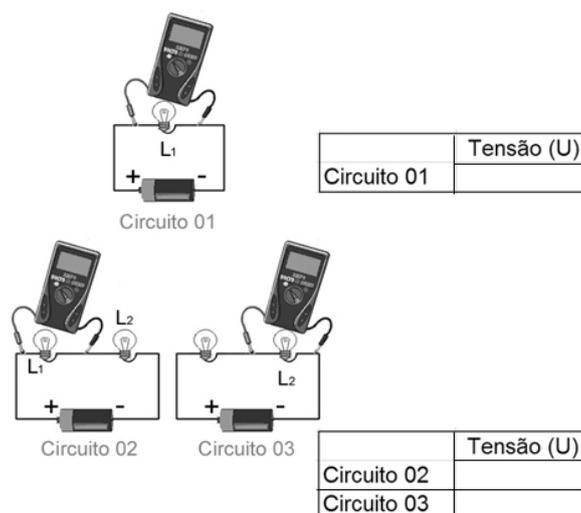
**Figura 34 - Questões teóricas da Atividade 3.**

A Figura 35 ilustra a atividade 4, na qual os alunos começam a manusear o multímetro. Apesar de na apostila estarem especificados os detalhes de como operar o equipamento, o professor deve chamar a atenção sobre qual escala utilizar e aproveitar o momento para relacionar os prefixos de potência de dez que aparecem nas escalas com os que são usados nos problemas trabalhados em sala de aula.



**Figura 35 - Estudantes medem a tensão da fonte que será usada nos experimentos.**

Nas atividades 5 e 6, após acertarem a escala do multímetro em 20 V, os estudantes vão medir a tensão entre as lâmpadas conectadas em série, anotar o resultado em uma tabela (Figura 36), e comparar, através da soma, o que acontece com o valor da tensão entre os terminais da lâmpada, quando se adiciona mais uma lâmpada ao circuito.

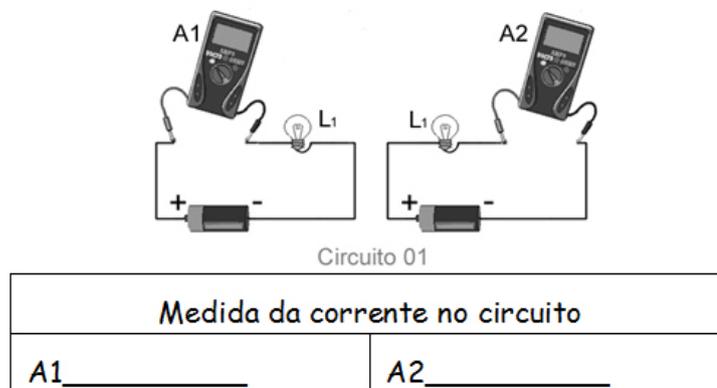


**Figura 36 - A tensão é medida entre os terminais da lâmpada e anotada em uma tabela que identifica o circuito.**

A intenção é fazer com que os estudantes percebam que a lâmpada brilha menos porque a tensão diminui. Nas atividades 10 e 11, Figura 37, ajustando a escala do aparelho para medir a amperagem, eles também vão poder associar o enfraquecimento da lâmpada à diminuição da corrente, quando essas são conectadas em série.

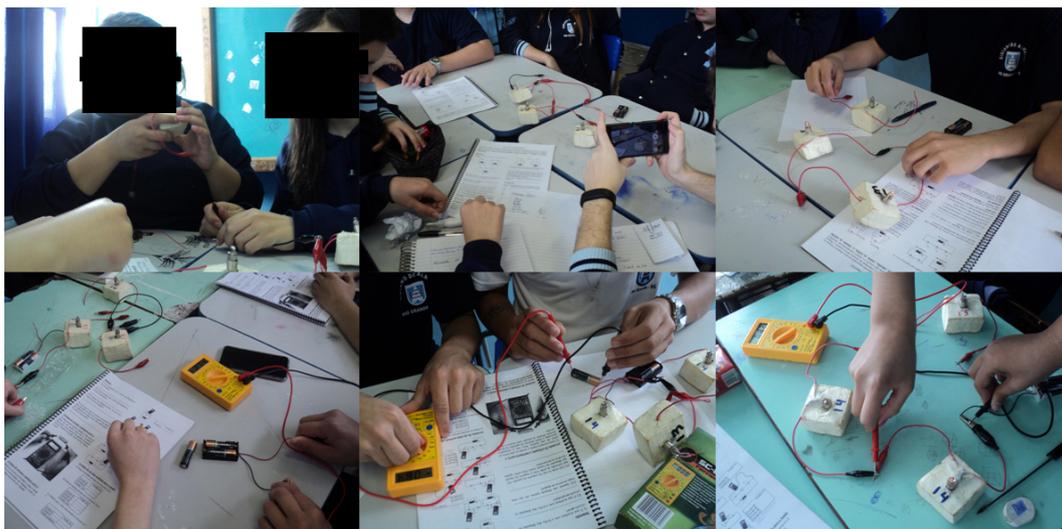
**Atividade 10: CORRENTE E OBSTÁCULO**

Verifique o que foi exposto medindo a corrente que passa entre as lâmpadas dos circuitos da atividade 5 e preencha a tabela:



**Figura 37 - Representação de como se deve ligar o aparelho para medir corretamente a corrente elétrica que passa pela lâmpada e pelo circuito.**

Em síntese, compreendo que essas atividades promovem uma abordagem conceitual muito importante. A corrente depende da tensão, e se o componente eletrônico estiver em regime ôhmico, elas serão proporcionais. No entanto vale lembrar que pelo fato de estarmos utilizando lâmpadas incandescentes, a resistência usada no circuito não é constante e, portanto, podem ocorrer discrepâncias entre a previsão teórica e a prática. Ainda assim, é válido fazer a analogia e explicar as diferenças entre um resistor ôhmico e não ôhmico. Na Figura 38, podemos ver os alunos trabalhando com o multímetro em medidas de tensão.



**Figura 38 - Estudantes medem a tensão nos circuitos utilizando a escala do voltímetro em 20 V.**

A atividade experimental sobre ligações em série e em paralelo termina com um questionamento sobre as características de cada circuito, mostrado na Figura 39. O objetivo é fazer com que o aluno perceba que as equações estudadas em sala de aula, e que são específicas de cada circuito, estão presentes na análise dos circuitos montados nos experimentos. A construção dessas atividades converge para um crescimento conceitual que promove a assimilação e a compreensão do conceito estudado através da prática proporcionada pelas atividades experimentais, ao contrário da memorização de fórmulas que geralmente não fazem sentido para o aluno.

e) Cite três características principais de um circuito série que você pode constatar com esses experimentos:

---



---



---

(a)

II) Conclua citando três características principais de um circuito em paralelo que você pode constatar com esses experimentos

---



---



---

(b)

**Figura 39 - Questões abertas que objetivam debater as equações vistas na teoria e vinculá-las com o trabalho prático.**

### 3.5 Recursos Utilizados para a Construção dos Materiais

Os materiais utilizados nas atividades descritas nesta dissertação estão listados na Figura 40 e podem ser encontrados em lojas de equipamentos eletrônicos e/ou adquiridos pela internet.



Figura 40 - Material utilizado para a confecção das atividades experimentais.

No Quadro 3 estão listadas as especificações técnicas das lâmpadas, o suporte e o potenciômetro utilizado no âmbito das atividades experimentais descritas nesta dissertação. Em minha pesquisa, encontrei lâmpadas E10 com rosca de 3,8 V que são mais indicadas, visto que nas aulas conectamos duas pilhas em série para trabalhar nos circuitos.

Quadro 3 – Especificações técnicas das lâmpadas.

	Lâmpada com rosca E10 2,5 V, 250 mA
	Lâmpada com rosca E10 6 V, 300 mA
	Suporte de lâmpada com rosca E10 - EDM
	Potenciômetro de fio 30 $\Omega$

O kit de solda, ferro, pasta e estanho servem para confeccionar os cabos e as caixinhas de lâmpada, que são os conectores de lâmpadas cobertos por um isopor como mostrado na Figura 41.



**Figura 41 - Caixinha de lâmpada e cabos.**

O multímetro utilizado é bastante simples e sensível, por isso é comum romperem-se as ponteiros dos cabos de medição do aparelho. Para resolver esse problema, sugiro envolver a solda da fábrica com um pequeno pedaço de fio e fazer uma solda para a fixação deste à ponteira. Na sequência, envolver o cabo e a ponteira onde se encontra a solda em uma fita isolante para tornar o material mais resistente. Uma outra alternativa é fazer um laço (Figura 42) com o fio do cabo do multímetro e prender com fita isolante, evitando-se, assim, puxões sobre a solda, que podem ocasionar sua ruptura.



**Figura 42 - Alternativas para tornar os cabos do multímetro mais resistentes ou realizar o conserto dos mesmos.**

O número de lâmpadas, suportes, multímetros e potenciômetros necessários vai depender da quantidade de grupos em que o professor dividirá a turma. Uma unidade de cada aparelho e 5 lâmpadas com suporte por grupo é o suficiente.

# CAPÍTULO 4

## 4. PRODUTO FINAL E IMPLEMENTAÇÃO

Neste capítulo descrevo o produto educacional que está no Apêndice A desta dissertação, uma sequência investigativa em circuitos elétricos para o ensino médio. Incluo apontamentos dos resultados da aplicação e análise de diversas atividades que buscam fazer com que o estudante compreenda a maneira pela qual um circuito funciona.

Destaco a construção do produto educacional em forma de módulos, que possibilita a entrega gradativa do material e atividades aos estudantes, na medida em que é aplicado no cotidiano das aulas. Utilizando a história da eletricidade como motivação, os textos inseridos no produto buscam fazer com que o estudante crie e teste suas hipóteses a fim de estimular nossos jovens a ter um espírito investigativo. Com o material construído, busco resgatar o que eu poderia chamar de cultura científica, aquela na qual as pessoas se reuniam para observar, analisar e debater os fenômenos naturais que as cercavam.

É importante destacar que o produto educacional que defendo em minha dissertação de mestrado foi implementado durante o primeiro semestre do ano de 2015. Composto por 13 aulas, as atividades descritas foram realizadas no decorrer do ano letivo na Escola Estadual Bibiano de Almeida, no Rio Grande, RS, para 5 turmas de terceiro ano do Ensino Médio com uma média de 25 alunos por turma. Após realizar aulas expositivas sobre o tema de eletrostática, foi aplicado o produto educacional intercalando aulas expositivas para abordar temas e conceitos relevantes aos problemas propostos na sequência investigativa em circuitos elétricos. Nessas aulas teóricas foram trabalhados os conceitos de diferença de potencial elétrico, circuitos em série e em paralelo, potência, corrente elétrica, consumo de energia elétrica e instalações prediais (fase e neutro).

Percebo a importância do experimento para o avanço da ciência conforme apontada nos vídeos *A Faísca* (2011) e *A Era da Invenção* (2011), inclusas na proposta como parte da série História da Eletricidade, que serve de instrumento para testar ou gerar hipóteses. Outro fator, que fica evidente nos vídeos, é que nem sempre as conclusões obtidas são corretas, sendo necessário mais estudo e mais testes para afirmar uma lei que descreva e ou explique o fenômeno em análise. Os referidos vídeos foram inseridos no decorrer das aulas conforme descrito no quadro síntese apresentado neste capítulo.

Ressalto que o produto educacional descrito nas próximas seções passou por várias intervenções ao longo do processo de implementação em salas de aula, conforme destacado no Capítulo 3. Acredito que o material apresentado não possa ser assumido como uma versão final, por perceber ao longo da escrita os distintos aperfeiçoamentos realizados, uma evolução natural implementada no material, pautada nas adaptações realizadas pelo professor frente às diferentes gerações e contextos de sala de aula que constituem o âmbito educacional.

#### **4.1. O Diferencial desta Versão**

O produto desta dissertação de mestrado contempla distintas atividades, a serem desenvolvidas em 13 aulas de mais ou menos duas horas-aula, o que totaliza, em média, 26 horas-aula. Duas aulas são compostas pela apresentação e discussão de dois vídeos que contam a história da eletricidade. As demais são impressas em forma de módulos que totalizam 46 páginas, que são entregues gradativamente. A aula 1, por exemplo, é composta por uma única folha que deve ser preenchida e devolvida ao professor. Ao entregar o material em pequenos módulos, evita-se que o estudante se desestimele pelo número de folhas que constituem esse trabalho. Outro fator a ser destacado é a busca de se promover a construção dos conceitos de forma gradual. Possibilita aos estudantes a construção de conclusões a cada aula, que podem ser assumidas nas atividades que seguem ao longo do processo de ensino e da aprendizagem. Nos próximos parágrafos, apresentamos uma síntese descritiva de cada aula.

## ***Aula1***

A primeira aula da sequência investigativa é iniciada com um desafio aos estudantes. Organizados em pequenos grupos, a atividade envolve ligar uma lâmpada incandescente de 2,2V utilizando uma pilha de 1,5V e um fio condutor, conforme descrito no *Ensaio Um* do capítulo 3. Tendo em vista que a grande maioria dos estudantes de 3º Ano do Ensino Médio possuem celulares com câmera, acrescentei a essa atividade tabelas que servem para registrar, por meio de imagens, como o grupo desenvolveu as tentativas de ligar a lâmpada. Desta maneira, o professor tem mais tempo para atender os grupos, visto que os registros do que cada grupo está desenvolvendo em sala de aula exigem muita atenção.

Nesta aula, manusear os elementos que constituem um circuito simples, permite criar a primeira experiência dos estudantes sobre os elementos de um circuito elétrico fechado. Nesse sentido, o estudante precisa entender que a corrente elétrica precisa “entrar e sair”, pautado na ideia central que é um caminho fechado que faz a lâmpada acender.

## ***Aula2***

O diferencial proposto nessa etapa da sequência investigativa em circuitos elétricos está na inclusão do trecho da história da eletricidade, durante a segunda aula. Nessa atividade, o estudante embarca na história de Thomas Alva Edison e na problemática de fazer funcionar corretamente as lâmpadas produzidas por ele e sua equipe de engenheiros. Dividida em dois momentos, os pequenos grupos são direcionados a criar e testar hipóteses, utilizando as evidências empíricas do experimento, com base no brilho das lâmpadas conectadas no circuito em série.

Utilizando pilhas, lâmpadas e conectores, os estudantes podem testar e debater suas respostas. Após a análise dos resultados, os grupos são desafiados a responder um dos problemas que Edison enfrentava, conforme descrito na Figura 43.

V) o que poderia ser feito para que o brilho de uma única lâmpada fosse igual as demais lâmpadas conectadas em séries? formule as hipóteses, chame o professor e faça o teste.

Hipóteses:

---

---

---

**Figura 43 - Problema proposto após os estudantes ligarem lâmpadas em série.**

Registrei, ao longo da implementação desta aula, que alguns dos estudantes não conseguiram responder esse problema de forma imediata e satisfatória. Enquanto professor, nesta proposta investigativa, assumo que não se deve dar a resposta ao grupo e, sim, desafiar os estudantes a construírem suas explicações para o não funcionamento do circuito. Compreendo que essa pergunta servirá de motivação para as aulas subsequentes, em que eles deverão chegar às suas próprias conclusões, a partir dos experimentos propostos nas atividades que vão se somar a esse problema, como uma continuidade, permitindo posteriormente avaliar circuitos elétricos com maior nível de complexidade.

### ***Aula 3***

A terceira aula tem o objetivo de capacitar o estudante a operar adequadamente o multímetro. Tendo em vista a dificuldade que os estudantes apresentam em compreender os prefixos de potência de dez e suas operações matemáticas, percebi o potencial metodológico, ao se trabalhar com este aparelho, em sala de aula como possibilidade de se diminuir essas dificuldades.

Organizei, como primeira ação a ser realizada, completar uma tabela que lista algumas escalas do multímetro. Para isso, os estudantes precisam trabalhar com algumas potências de dez. Na sequência, eles trabalham no item *Atividade Teórica I* e respondem a quatro problemas em forma de perguntas dissertativas que exigem a aplicação do que foi feito na atividade anterior.

Como item seguinte da aula, em grupos pequenos, os estudantes são instigados a fazer uso do multímetro na *Atividade Experimental II*. Os procedimentos desenvolvidos nesta atividade farão parte da rotina das medidas e análises a serem realizadas nos outros experimentos, que constituem a sequência investigativa desse trabalho.

#### ***Aula 4***

A quarta aula abrange a utilização do vídeo *A Faísca* (2011), com 51 min de duração, que foi veiculado pela TV Escola. O uso do material possibilita diversificar a metodologia de ensino na sala de aula ao se proporcionar um debate histórico e filosófico sobre o tema eletricidade.

O vídeo conta a história dos primeiros filósofos e cientistas que estudaram o fenômeno da eletricidade. Abrange a construção de máquinas e aparatos experimentais estranhos, com os quais conseguiram estudar sua misteriosa ligação com a vida e com os fenômenos naturais, tais como os raios e trovões. O vídeo apresenta como os filósofos e cientistas descobriram a forma de armazenar a energia elétrica para, enfim, estabelecer as bases do mundo moderno tendo como ponto de partida a corrente contínua produzida pelas pilhas de Alessandro Volta.

Durante a reprodução deste vídeo, faça algumas interrupções (pausas no vídeo) e debato com os estudantes as informações históricas contadas sobre a eletricidade. Por se tratar de um vídeo longo, fazem-se necessárias essas pausas para ampliar ao máximo possível o potencial didático do vídeo. Caso contrário, muitas observações e dúvidas que os alunos demonstram são esquecidas e/ou acabam por não serem exploradas pelo professor. Como discutido no Capítulo 2, é de suma importância que o aluno tenha esse tempo para expressar o que foi visualizado no vídeo, pois, como assumi anteriormente, aprende-se muito mais com o erro do que com o acerto, mas para isso é preciso saber o que está errado e por quê.

#### ***Aula 5***

A aula 5 acontece depois do estudante entender como funciona o multímetro, suas funções básicas, com o propósito de se compreender o comportamento da tensão

no circuito em série. Ressalto que os grupos já perceberam, a partir do brilho das lâmpadas na Atividade Experimental I da aula 2, que o brilho delas diminui quando associadas em série. Pensando nisso, a primeira atividade dessa aula é ligar o mesmo número de pilhas e lâmpadas em série.

Este procedimento tem o propósito de desafiar o estudante a construir e expressar suas hipóteses, a partir da relação que existe entre a tensão e a corrente em um circuito elétrico. Pretende-se, com a utilização do multímetro, que eles infiram que a tensão é dividida entre as lâmpadas ligadas em série. Assim, os grupos poderão visualizar e debater que, quanto mais lâmpadas são conectadas, menor é o brilho delas e, conseqüentemente, menor é a corrente que passa pelo circuito.

O desafio proposto na Atividade Experimental I é, então, retomado e espera-se que os estudantes possam compreender que a queda de tensão que está associada à diminuição da corrente elétrica pode ser compensada quando adicionadas mais pilhas em série. Pretende-se, assim, que o estudante esteja apto a responder a pergunta subsequente: *Vocês acham que Edison poderia ter usado essa ideia para ligar suas lâmpadas? Explique.*

Observei ao longo da implementação desta aula que fazer uso de pilhas como gerador nos circuitos elétricos pode apresentar um inconveniente. Se forem utilizadas pilhas pequenas de 1,5 V ocorrerá uma pequena variação no brilho das lâmpadas no circuito em paralelo. Essa variação de brilho é muito menor do que a percebida no circuito em série. Esse problema do brilho da lâmpada precisaria ser evitado para não confundir os estudantes. No circuito em série, a tensão se divide entre as lâmpadas, mas no paralelo ela deve, teoricamente, permanecer a mesma. Esse efeito pode ser evitado se forem utilizadas pilhas grandes alcalinas ou baterias de celular. Nesta aula, utilizei as duas opções, sendo que os próprios estudantes cederam temporariamente suas baterias de celular para alimentar os circuitos estudados.

Na tentativa de poder utilizar outros tipos de baterias, como as convencionais de 9V encontradas no mercado, tentei conectar resistores em série ao circuito. Após fazer os referidos testes em casa, sugiro aos colegas professores que não tentem fazer isto, pois observei que os resistores aquecem muito e podem causar queimaduras, além de consumirem rapidamente a carga da bateria. Como forma de eliminar a flutuação da

tensão contínua, substituí os resistores por um potenciômetro de  $30 \Omega$ , que no circuito série se mostrou eficaz. A partir deste aperfeiçoamento desenvolvido na preparação da aula, surgiu a proposta da aula 7 na qual construo uma situação-problema. Frente ao circuito elétrico em discussão, o estudante deve calcular a resistência do potenciômetro para que a tensão sobre a lâmpada não ultrapasse os 2,5 V sugeridos pelo fabricante.

Embora tenham uma tensão um pouco maior do que a recomendada para as lâmpadas, sabe-se que a utilização de pilhas grandes ou de baterias de celular garantem a integridade do brilho delas quando conectadas em paralelo. Contudo, continuo mantendo a atividade inicial com o uso de pilhas pequenas. Pretendo, com isso, simular o ambiente de erros e acertos vivenciados por Luigi Aloisio Galvani e Alessandro Volta, dois cientistas do século XVIII, que foram apresentados aos estudantes na aula 4 no vídeo *A Faísca*.

## ***Aula 6***

Na Atividade Experimental VII desenvolvida durante a aula 6, o estudante fará uso do amperímetro. O propósito central da aula é aprender a forma correta de conexão desse equipamento ao circuito. Nesse sentido, os estudantes precisam praticar a escala correta para a leitura da corrente e poderão, assim, perceber a relação direta entre a corrente e o brilho da lâmpada.

A aula também envolve oito questões dissertativas em que os estudantes em seus grupos vão poder interpretar e analisar os dados obtidos na atividade experimental. Esse é o momento em que o professor pode fazer uso da analogia de obstáculo e resistência elétrica, a fim de aproximar a linguagem coloquial para a científica.

## ***Aula 7***

Esta aula é composta pela atividade experimental VIII. Nela, o estudante tem uma situação-problema a resolver no grupo. Abrange ligar uma lâmpada de 2,5 V em um conjunto de pilhas em série que ultrapassem esse valor. O objetivo desse problema é sintetizar os principais conceitos e elementos presentes em um circuito elétrico que foram trabalhados em atividades anteriores.

Inicialmente os estudantes devem se lembrar da tensão que é dividida no circuito série para conectarem adequadamente a lâmpada ao potenciômetro. Para calibrá-lo, eles precisam calcular o valor da resistência utilizando as equações do circuito série e a primeira lei de Ohm. Essa nova proposta de trabalho permite a utilização da terceira função do multímetro, a escala de ohms, que mede a resistência elétrica. Para conferir o resultado, eles têm que trocar a função do multímetro para volts e medir a tensão sobre a lâmpada que teoricamente deve conferir com os 2,5 V previstos pelo fabricante.

É importante ressaltar que o valor encontrado no cálculo dos estudantes é diferente, pois não foi levada em conta a resistência interna da bateria. Essa informação é desconhecida por eles e faz parte do processo de investigação que é desenvolvido em sala de aula nessa atividade. A fim de encontrar o erro, eles calibram o potenciômetro com o voltímetro ligado entre os terminais da lâmpada a fim de obter os 2,5 V. Na sequência, eles voltam a medir a resistência no potenciômetro para discutir as possíveis causas do erro.

Uma atividade que fiz foi demonstrar que o valor da tensão da bateria quando ligada ao circuito é menor do que quando medida separadamente deste. Levantando hipóteses sobre as características de um resistor aquecer e o fato da bateria ter esse comportamento, chegamos à conclusão de que a bateria também possui uma resistência interna.

## ***Aula 8***

A aula 8 envolve o fechamento das atividades com os circuitos em série. Abrange demonstrar as equações do circuito e introduzir o conceito de circuito paralelo desenvolvido por Thomas Edison. Nela o estudante poderá analisar o brilho e a tensão sobre as lâmpadas quando conectadas em paralelo, para constatar a solução encontrada por Edison ao utilizar esse circuito para suas lâmpadas, visto que é possível ligar e desligar individualmente cada uma delas sem que haja variação no seu brilho. Essas observações são feitas a partir da medição da tensão utilizando o voltímetro e enroscando e desenroscando cada lâmpada associada em paralelo.

Uma observação a ser feita, sobre a atividade proposta no produto educacional, é que, apesar das figuras contidas nessa atividade mostrarem apenas uma única lâmpada,

é prudente utilizar duas pilhas grandes conectadas em série, a fim de evitar queda na tensão quando se adicionam lâmpadas ao circuito em paralelo.

### ***Aula 9***

Nesta aula, o estudante poderá debater aspectos do comportamento da corrente elétrica em um circuito paralelo, quando se adiciona ou se retira uma lâmpada do circuito. Esta atividade conta ainda com a construção do conceito de curto-circuito e pretende-se que ao final destas atividades, os alunos consigam perceber o significado físico de algumas equações utilizadas no circuito paralelo.

### ***Aula 10***

Na aula 10, complementando o trabalho experimental já realizado, é disponibilizado um teste conceitual aos estudantes, com sete questões objetivas semelhante às utilizadas nos ensaios 3 e 4 descritos no capítulo 3.

### ***Aula 11***

Nesta aula os estudantes corrigem o teste realizado na aula 10, construindo os circuitos e analisando o brilho das lâmpadas em cada caso. A novidade implementada nesta última versão é a construção de um pequeno texto, onde eles narram o resultado observado em cada uma das sete questões do teste.

### ***Aula 12***

Os estudantes assistem ao segundo vídeo, *A Era da Invenção* (2011), que narra a história da construção do primeiro motor elétrico, o surgimento do telégrafo, a construção da lâmpada e a guerra conceitual entre Edison e Tesla, que ficou conhecida como guerra das correntes. O objetivo desta aula é mostrar que a física pode ser apaixonante quando se deseja construir ou descobrir a resposta para alguma pergunta ou curiosidade que temos, seja ela oriunda da natureza ou da tecnologia.

## ***Aula 13***

Fechando a sequência de atividades, na décima terceira aula faço uso do primeiro trabalho descrito no ensaio dois. Abordo nesta aula o tema de aparelhos elétricos sugerido nos PCNEM. O diferencial desta abordagem é a inserção de uma série de tabelas que eles devem completar. Elas foram inseridas na tentativa de facilitar a correção. Na versão anterior, essas tabelas eram apenas sugeridas, mas cada grupo as fazia de um jeito, o que acarretava em alguns trabalhos muito grandes e outros muito pequenos, sem uma ordem específica. As tabelas organizam e criam um padrão, facilitando a visualização do trabalho. Foi acrescentado ainda o item análise de custo mensal de energia de lâmpadas do tipo led<sup>5</sup> quando comparadas com as lâmpadas incandescentes e fluorescentes.

Essas atividades tem o propósito de possibilitar o dimensionamento do custo do consumo de energia em uma residência, bem como compreender que nestas instalações elétricas 127V e 220 V são utilizados disjuntores, que são dispositivos de segurança, e que a espessura correta da fiação utilizada na residência deve estar de acordo com as especificações técnicas do disjuntor que protege determinado setor da casa.

### **4.2. Implementação**

A implementação do produto educacional ocorreu durante o segundo trimestre de 2015, em cinco turmas de 3º Ano do Ensino Médio na Escola Estadual Bibiano de Almeida, da cidade de Rio Grande, RS. No Quadro 4, apresento em forma de síntese a lista das atividades desenvolvidas com a carga horária necessária para a sua implementação.

Destaco que para a utilização da série História da Eletricidade<sup>6</sup> são necessárias 2 horas-aula para cada um dos vídeos. Nessa proposta do produto educacional, optei, nas minhas aulas, por apresentar apenas os dois vídeos, um a cada semana. Registro que, para ampliar o debate em torno dos vídeos, o ideal seria ter três horas-aula com cada turma, reservando um período exclusivamente para as discussões.

---

<sup>5</sup> Led é a sigla em inglês de *Light Emitting Diode*, isto é, diodo emissor de luz.

<sup>6</sup> Série A *História da Eletricidade* [Dublado]. Direção e Produção: Tim Osborne. Título original: Shock and Awe: The Story of Eletricity. London: BBC, The Open University. 2011.

**Quadro 4 - Síntese das atividades desenvolvidas na implementação do produto.**

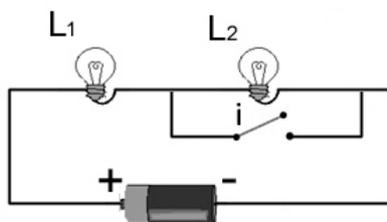
	Atividade:	Horas-aula
Aula 01	Desafio Inicial: Montagem de um circuito elétrico	2
Aula 02	Abordagem histórica Thomas Edison e Atividade Experimental I	2
Aula 03	Multímetro, Atividade Teórica I e Atividade Experimental II	2
Aula 04	Vídeo A FAÍSCA	2
Aula 05	Atividade Experimental III, IV, V e VI	4
Aula 06	Atividade Experimental VII	1
Aula 07	Atividade Experimental VIII	2
Aula 08	Atividade Experimental IX	2
Aula 09	Atividade Experimental X e XI	2
Aula 10	Teste Conceitual	2
Aula 11	Atividade Experimental XII	2
Aula 12	Vídeo A ERA DA INVENÇÃO	2
Aula 13	Atividade Projeto (Dimensionamento de Disjuntores)	1
	Total	26 horas-aula

### **4.3. Resultados da Implementação**

Nesta seção farei uma análise de algumas respostas dadas pelos estudantes nas atividades experimentais contidas no produto desta dissertação, na tentativa de não ser repetitivo nos registros da aplicação deste material, uma vez que grande parte dos resultados foram detalhados no Capítulo 3.

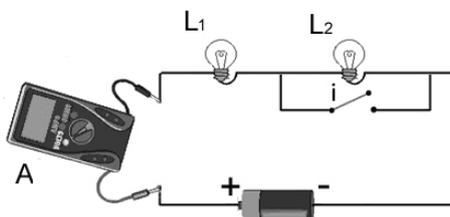
Durante a implementação da aula 8, ao realizar a leitura das tensões dos circuitos série, os estudantes percebiam que o valor da tensão da bateria era menor do que eles haviam medido antes de ligá-la às lâmpadas. Eles acreditavam que a energia da pilha era gasta, e por isso, o valor era menor. Como a explicação estava na presença da resistência interna da bateria, eu sugeri que eles medissem novamente a tensão da pilha. Geralmente o valor reduzia em apenas um volt, sendo superior aos valores de tensão medidos quando a pilha estava conectada com as lâmpadas, formando um circuito. Pensando nisso, acrescentei ao trabalho um item em que eles testam a pilha separadamente, em circuito aberto, antes e depois dos experimentos.

Na aula 9, os estudantes são levados a pensar na resistência elétrica como obstáculo e, na sequência, eles se deparam com um teste conceitual de duas lâmpadas conectadas em série conforme a Figura 44.



**Figura 44 - Entendendo o curto-circuito.**

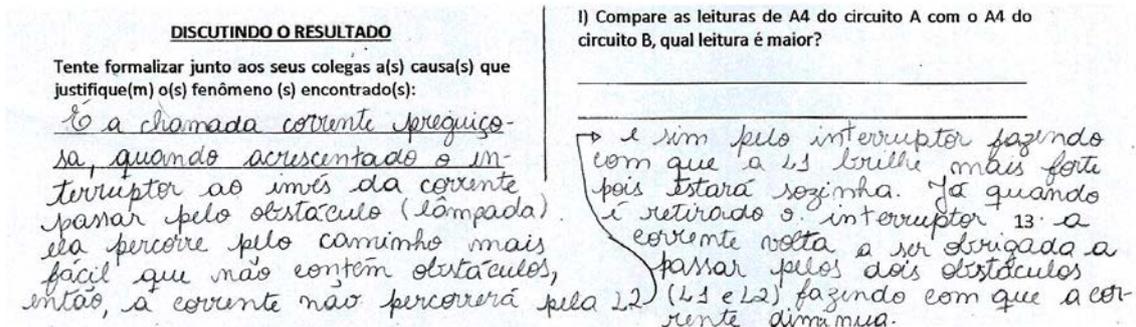
No primeiro momento, eles tinham que, em grupo, analisar o circuito e prever o brilho da lâmpada  $L_1$  após o interruptor (i) ser fechado. Em um segundo momento, eles é pedido a eles que reconstruam o circuito utilizando um amperímetro, conforme a Figura 45 a seguir.



**Figura 45 - Medindo a corrente antes e depois do interruptor ser fechado.**

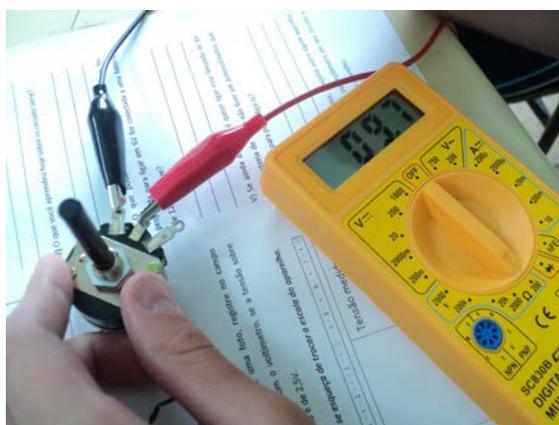
Ao visualizar o valor da corrente antes e depois do interruptor ser fechado, os estudantes são desafiados a formalizar uma justificativa para o comportamento da lâmpada e da corrente que passa por ela.

Na Figura 46, que destaco a seguir, temos uma resposta singular a esse tópico e que vai ao encontro da teoria de Carvalho (2013), que afirma que em toda proposta construtivista haverá nomes e conceitos que refletem a maneira pela qual o estudante visualiza e interpreta um conceito físico.



**Figura 46 - Resposta dada pelos estudantes ao curto provocado na lâmpada.**

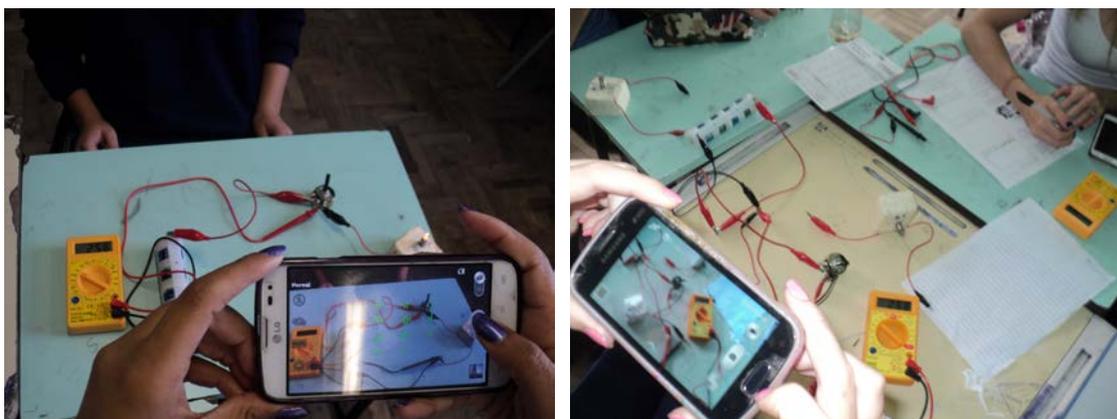
Na atividade experimental VIII, aula 7, os estudantes trabalharam com uma nova escala no multímetro. Ao introduzir um potenciômetro nas aulas experimentais dos circuitos, avançamos no manejo com o aparelho de medida e demos início a uma atividade utilizando a função ohmímetro do multímetro. Nesta aula, os estudantes iniciam o trabalho tentando resolver um problema: ligar uma lâmpada de 2,5V em uma fonte de tensão maior que essa. Em todos os grupos, a maior dificuldade foi aplicar a teoria, entender que a tensão da bateria pode ser dividida de modo a disponibilizar 2,5V apenas para a lâmpada, quando conectada em série com o potenciômetro, que, por ter resistência variável, poderá ficar com o restante da tensão da bateria. A fim de facilitar o raciocínio, desenhei no quadro uma representação para os itens, lâmpada, potenciômetro e bateria, para que a partir desse desenho, os estudantes pudessem iniciar e resolver o problema. Ainda assim foi necessário interagir com eles e, através de uma série de questionamentos, é que foi possível chegar a um consenso para que o trabalho começasse.



**Figura 47- Calibração do potenciômetro a partir do cálculo da resistência.**

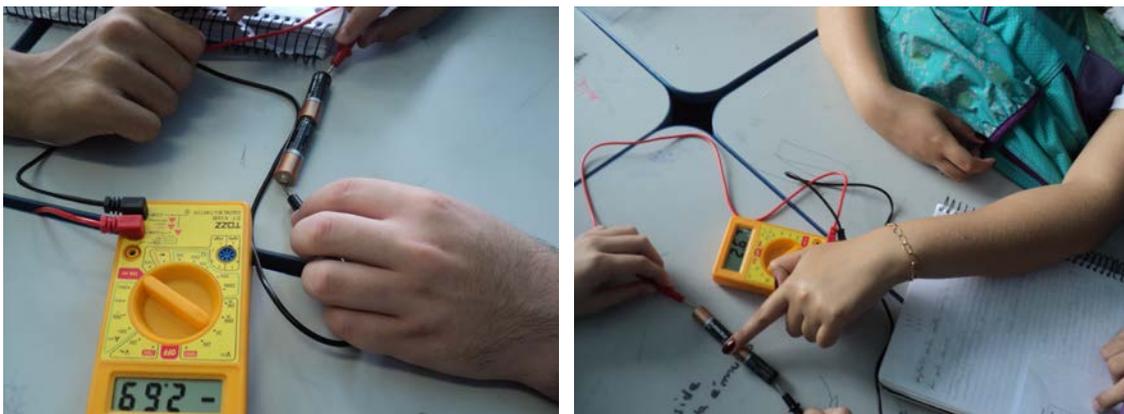
Ao final das dúvidas iniciais, os estudantes iniciaram o trabalho e participaram muito, sempre tentando tirar dúvidas, pediam ajuda para saber se estavam corretos na atividade teórica. Na hora de conferir os resultados através da prática, ainda tinham dúvidas sobre como calibrar o potenciômetro, bem como as mudanças de funções entre tensão e resistência no aparelho exigiam mais atenção dos grupos que sempre chamavam para conferir as conexões. Na foto da Figura 47 temos a representação da calibração do potenciômetro a partir do cálculo da resistência na tentativa de obter a tensão de 2,5V sobre a lâmpada, quando estava conectada em série ao potenciômetro.

Ainda nesta aula, os alunos ficaram bastante descontraídos ao utilizar os celulares para registrar as fotos dos circuitos. Alguns pesquisaram na internet formas de conexão em série a fim de obter respostas para a forma pela qual deveriam ligar a lâmpada. E assim, pude registrar, nas palavras deles, a selfie da selfie, ou seja, a foto da foto que eles tiraram durante as atividades, como mostrado na Figura 48.



**Figura 48 - Selfie da Selfie. Foto utilizada pelos estudantes para completar a atividade experimental.**

A atividade experimental III da aula 5 também trouxe motivação e subsídios para a construção de hipóteses e solução ao problema de Thomas Edison descrito anteriormente. Na Figura 49, os estudantes medem a tensão das pilhas quando conectadas em série e verificam que a tensão das pilhas se soma quando conectamos o positivo de uma ao negativo da outra.



**Figura 49 - Foto da atividade III, medindo a tensão de pilhas conectadas em série.**

Nessa atividade sugeri que eles invertessem o sentido de uma das pilhas de modo que o potencial positivo de ambas ficasse em contato. A fim de poder medir o valor, baixamos a escala de medida da tensão no voltímetro e, junto com eles, concluímos que quando conectadas dessa forma, a tensão das pilhas não se soma, mas diminui.

Os alunos verificaram ainda que quando conectado o fio preto do multímetro no potencial positivo da pilha, aparece o sinal negativo no visor do aparelho; no entanto, o valor medido não se altera.

Por fim, a implementação do produto mostrou-se muito eficaz por tornar a sala de aula um ambiente dinâmico, que proporciona um aprendizado por meio de debates, a partir dos conhecimentos prévios de cada um. Pode, assim, propiciar interação social, desenvolvimento de habilidades motoras a partir da manipulação dos materiais, compreensão de escalas de medida, atenção e interpretação dos resultados obtidos, contextualização com o mundo real e participação no processo de ensino e aprendizagem.

# CAPÍTULO 5

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A escrita desta dissertação de mestrado registra os distintos aperfeiçoamentos teórico-práticos que desenvolvi em sala de aula, ao longo de cinco anos, constituindo o produto educacional – uma sequência didática investigativa em circuitos elétricos para o ensino médio. Uma proposta que envolve os estudantes, de turmas do ensino médio da rede pública, a trabalhar de forma colaborativa em atividades investigativas.

Ao longo do estudo desenvolvi diferentes percepções sobre a implementação deste trabalho no currículo escolar. Observei que as ações idealizadas em sala de aula estão contempladas nos PCNEM e em teóricos da área do ensino de física. O uso de experimentos, desenhos, escritas e vídeos, nas atividades investigativas em pequenos grupos, motivou o envolvimento dos estudantes na construção de soluções às questões iniciais propostas. Os estudantes, de modo colaborativo com seus colegas e com o próprio professor, desenvolveram debates, expressaram hipóteses, registraram novas questões e manifestaram satisfação em poder relacionar os circuitos elétricos presentes nas figuras com os visualizados durante a montagem.

A aula 1, constituída pelo desafio de ligar uma lâmpada, registra satisfatoriamente os processos de fazer, manusear, operar e agir descritos no PCNEM, como uma das formas de incluir o trabalho experimental em sala de aula do ensino médio. Nesse sentido, percebi que a problematização, a experimentação em torno de um problema, é o ponto chave do planejamento de sequência investigativa defendida por Carvalho (2013). Compreendi que essa metodologia auxilia o estudante no entendimento de conceitos da eletricidade a partir de uma situação-problema e o uso de atividades manipulativas.

A geração de hipóteses de forma prática e participativa tornou o ambiente da sala de aula mais agradável e descontraído, frente ao processo de investigação dos problemas propostos. Percebi que os estudantes mantiveram o foco no estudo por um tempo maior do que em relação às aulas explanadas por mim em frente ao quadro (aulas

tradicionais). Os grupos faziam perguntas entre si e ao professor, comunicavam suas ideias ao grande grupo e, assim, não ficavam estáticos olhando para o quadro branco.

Como evidência destes resultados com o produto educacional implementado posso destacar como outro exemplo, a aula 7. Nela, os alunos conseguiram sintetizar o conjunto de informações como operar o multímetro, escalas, desenhar e dimensionar o circuito, em que solucionaram de forma adequada a situação-problema inicialmente proposta – ligar uma lâmpada (2,5V) em tensão maior que a especificada pelo fabricante. Um indicativo que houve um processo de aprendizagem dos conceitos desenvolvidos, ainda que não analisados de forma sistêmica e metodológica neste trabalho.

Compreendo, a partir da sequência de ensino investigativo proposta, que o professor tem um papel importante para oportunizar o trabalho com a linguagem matemática. Ao longo da implementação do material nas aulas, verifiquei que a experiência do aluno em manusear os elementos básicos e de dimensionar um circuito elétrico permitiu a ele estabelecer relação entre a teoria e a prática frente aos problemas abstratos da Eletrodinâmica.

Tendo em vista que o objetivo do produto educacional foi o de tornar as aulas de física no ensino médio mais interativas, com a participação dos estudantes em um processo que se dá pelo método de investigação, a fim de contemplar os conhecimentos prévios dos alunos, o tema circuitos elétricos é apenas a ponta do iceberg. Entendo que muito trabalho há pela frente. Por haver muitos outros campos a serem explorados, a proposta de ensinar física utilizando experimentos com a construção de hipóteses se mostra um meio de fomentar o pensamento criativo e investigativo do estudante em outros temas, como a mecânica, óptica e o próprio eletromagnetismo.

No entanto, a satisfação de concluir este estudo não se resume apenas a aspectos metodológicos. Na minha percepção, um diferencial a ser destacado foi o grau de contentamento e interesse que os alunos apresentaram durante as 26 aulas implementadas.

Para além desta dissertação surgem como desafios em futuras ações na sala de aula:

- a necessidade de se desenvolver uma metodologia de avaliação da aprendizagem dos estudantes frente à implantação do referido produto;
- realizar a filmagem e gravação das discussões geradas nos grupos em busca de outros elementos de análise;
- reservar momentos para que o estudante possa sistematizar de forma individual o que foi produzido nos grupos (coletivo);
- produzir um roteiro com questões que possibilitem ampliar o debate em torno dos vídeos utilizados.

## 5.1. Previsões Futuras para Substituir as Lâmpadas no Trabalho

A utilização de lâmpadas incandescentes em experimentos de circuitos elétricos pode ser extinta, visto que no

[...] dia 31 de dezembro de 2010, foi publicada a Portaria Interministerial 1007, uma ação conjunta dos Ministérios de Minas e Energia; Ciência, Tecnologia e Inovação e do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. O documento estabelecia metas mínimas de eficiência luminosa (a relação de potencial de iluminação com consumo de energia) para as lâmpadas incandescentes e prazos para adequação, após os quais é proibida a sua comercialização (PORTAL TERRA, 2015).

Segundo a referida publicação sobre o futuro das lâmpadas incandescentes, até a metade de 2017, todas as lâmpadas que não se adequarem à eficiência exigida pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) serão banidas do mercado. Como as lâmpadas utilizadas nos experimentos do produto educacional são de baixa potência, elas ainda não foram descartadas do comércio. No entanto, já não se encontram à venda lanternas que as utilizam e, por esse motivo, deve se intensificar sua falta em algumas lojas de equipamentos eletrônicos em cidades do interior.

Em pesquisas feitas na internet, encontrei *sites* de venda que possuem em estoque esse produto. Encontrei ainda um *site* estrangeiro que também pode ser uma opção. De qualquer forma, penso ser necessária a substituição dessas lâmpadas por led<sup>7</sup>. Nas primeiras tentativas que fiz, observei que elas não demonstram a variação no brilho quando conectadas em série como visualizado anteriormente nas lâmpadas

---

<sup>7</sup> O led ou diodo emissor de luz é um componente eletrônico semicondutor.

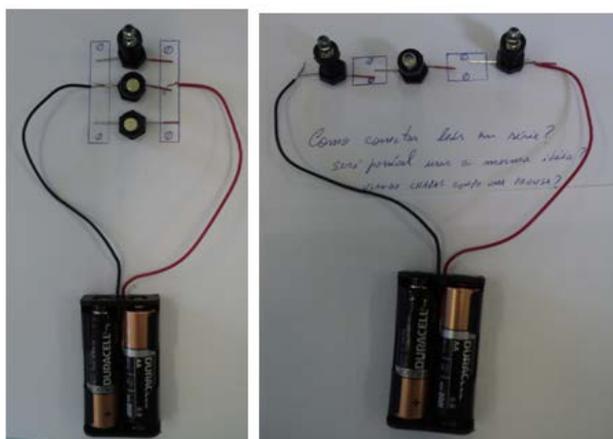
incandescentes, visto que elas acendem com a corrente exata, ou seja, elas não funcionam quando a corrente no circuito é reduzida.



**Figura 50 - Lâmpadas led conectadas em um circuito em paralelo.**

Na Figura 50 represento um circuito em paralelo com lâmpadas led. Ao ligar os leds com os mesmos cabos anteriormente utilizados nos experimentos com as lâmpadas incandescentes causou uma confusão visual, ou seja, um emaranhado de fios que dificulta a análise do circuito montado. Considero essa confusão um problema a ser solucionado para fins didáticos.

Uma das alternativas que esbocei para esse problema foi a utilização de uma chapa condutora que pudesse fazer o contato com os leds, conforme registrado nas fotos da Figura 51.



**Figura 51 - Esboço de um suporte que poderia substituir os cabos.**

Ainda assim, o problema da corrente elétrica que incide no circuito em série permanece para trabalhos futuros e uma pergunta pode emergir da problemática da

extinção das lâmpadas incandescentes. O progresso energético dará fim a um recurso didático que remonta à história aos dias atuais? Seria válida a construção de vídeos que pudessem mostrar essas experiências a fim de contemplar as gerações futuras?

## **5.2. Para Além de Concluir**

Para além de concluir essa dissertação gostaria de registrar a importância de se ter essa oportunidade de estudo no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física. Visualizo no mestrado profissional uma possibilidade concreta para os professores de diversas áreas de dar continuidade aos seus estudos acadêmico-profissionais e que, atuando no âmbito das escolas da rede pública deste País, representam um acréscimo de qualidade no trabalho que desempenham em sala de aula.

Destaco um crescimento no meu campo profissional, com o envolvimento nas aulas do mestrado, convivência com colegas de outras escolas e com os professores da Universidade, o que me possibilitou ampliar os conhecimentos sobre a área do Ensino de Física. Uma aproximação da leitura de artigos, revistas e livros, o trabalho com diferentes metodologias de ensino e, fundamentalmente, a construção e a implementação do produto educacional. Essa construção oportunizou ampliar as compreensões sobre os processos de ensino e da aprendizagem dos conceitos de eletrodinâmica, circuitos elétricos, atividades experimentais, ações em grupos e a importância do professor ficar atento ao que o estudante produz em sala de aula.

O mestrado oportuniza o contato entre a Escola e a Universidade, uma aproximação que possibilita a atualização dos acontecimentos científicos e tecnológicos, assim como o acesso a novos projetos e teorias no âmbito educacional. Por meio deste trabalho renovo minhas ideias de construção e aperfeiçoamento de materiais didáticos que promovam o ensino de física a um patamar diferenciado, em que o estudante não tenha “horror” a física, mas simpatia pelos temas abordados nesse componente curricular.

## 6. REFERÊNCIAS

A ERA da Invenção. Episódio 2 (59 min). Série A História da Eletricidade [Dublado]. Direção e Produção: Tim Usborne. Título original: Shock and Awe: The Story of Electricity. Nome do arquivo: 02 – HE A Era das Invenções[mvm].divx Tamanho do arquivo: 746 MB. Resolução: 720 x 480. London: BBC, The Open University. 2011. Disponível em: <http://docsmvm.blogspot.com.br/2013/10/bbc-historia-da-eletricidade-dublado.html> Acesso em: 02 mar. 2015.

A FAÍSCA. Episódio 1 (51 min). Série A História da Eletricidade [Dublado]. Direção e Produção: Tim Usborne. Título original: Shock and Awe: The Story of Electricity. Nome do arquivo: 01 – HE A Faísca[mvm].divx Tamanho do arquivo: 644 MB. Resolução: 720 x 480. London: BBC, The Open University. 2011. Disponível em: <http://docsmvm.blogspot.com.br/2013/10/bbc-historia-da-eletricidade-dublado.html> Acesso em: 02 mar. 2015.

AXT, R., MOREIRA, M. A. e SILVEIRA, F. L. Experimentação seletiva e associada à teoria como estratégia para facilitar a reformulação conceitual em Física. *Revista de Ensino de Física*, v. 12, dez. 1990, p. 139-158.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio*. Brasília: MEC, SEMTEC, 1999. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf> Acesso em: 05 Maio 2015.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais*. Ciências da natureza, Matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002. Disponível em: Acesso em: 1 Dez. 2015.

BRASIL. Ministério da Educação. *Orientações curriculares para o ensino médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias*, 2. Brasília: SEB, 2006.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Portaria Interministerial Nº 1.007, de 31 de Dezembro de 2010. Brasília: DOU de 6.1.2011. Disponível em:

CARVALHO, A. M. P. Práticas Experimentais no Ensino de Física, In: CARVALHO, A.M.P. *Ensino de Física*. 1. ed., p. 53-78, São Paulo: Cengage Learning, 2010.

CARVALHO, A. M. P. Ensino e aprendizagem de Ciências: referenciais teóricos e dados empíricos das sequências de ensino investigativas- (SEI). In: LONGHINI, M. D. (Org.). *O uno e o Diverso na Educação*. 1 ed. Uberlândia: EDUFU, 2011, p. 253-266.

CARVALHO, A. M. P. *O Ensino de Ciências e a Proposição de Sequências de Ensino Investigativas*. Disponível em: [http://www.joinville.udesc.br/portal/professores/alexabc/materiais/O\\_ENSINO\\_DE\\_CIENCIAS\\_E\\_A\\_PROPOSI\\_O\\_DE\\_SEQUENCIAS\\_DE\\_ENSINO\\_INVESTIGATIVAS\\_\\_\\_Carvalho\\_2012.pdf](http://www.joinville.udesc.br/portal/professores/alexabc/materiais/O_ENSINO_DE_CIENCIAS_E_A_PROPOSI_O_DE_SEQUENCIAS_DE_ENSINO_INVESTIGATIVAS___Carvalho_2012.pdf) Acesso em: 23 jun. 2015.

CARVALHO, A. M. P. *et al. Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

DORNELES, P. F. T.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Simulação e modelagem computacionais no auxílio à aprendizagem significativa de conceitos básicos de

eletricidade: Parte I - circuitos elétricos simples. *Rev. Bras. Ensino Fís.* [online]. 2006, v. 28, n. 4, p. 487-496. Disponível em: [www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/050704.pdf](http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/050704.pdf) Acesso em: 22 out. 2015.

EVANS, J. Teaching electricity with batteries and bulbs. *The Physics Teacher*, Jan. 1978, p.15-22. (Traduzido por Eliane Cappelletto em 1992 e revisado em 2005).

GALIAZZI, Maria do Carmo (Org.). *Cirandar: rodas de investigação desde a escola*. São Leopoldo: Oikos, 2013.

GLEISER, M. Por que Ensinar Física? *Física na Escola*, v. 1, n. 1, 2000, p. 4-5. Disponível em: [www.sbfisica.org.br/fne/Vol1/Num1/artigo1.pdf](http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol1/Num1/artigo1.pdf) Acesso em: 1 Dez. 2015.

HECKLER, V. *Experimentação em Ciências na EaD: indagação online com os professores em AVA*. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2014.

MORAES, M. B. S. A. *Uma proposta para o ensino de eletrodinâmica no nível médio*. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005. 185f. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.ufrgs.br/da.php?nrb=000525245&loc=2006&l=52f66ad9edecf610> Acesso em: 22 out. 2015. Texto de apoio disponível em: [lief.if.ufrgs.br/pub/cref/8.zip](http://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/8.zip)

PORTAL TERRA. O fim da lâmpada incandescente. Disponível em: <http://noticias.terra.com.br/ciencia/infograficos/lampada/> Acesso em: 01 Dez. 2015.

ROSA, C. T. W. da; ROSA, A. B. da. Aulas experimentais na perspectiva construtivista: proposta de organização do roteiro para aulas de física. *Física na Escola*, v. 13, n. 1, 2012, p. 4-7.

SILVA, M. C. da. Quais lâmpadas acendem? Entendendo o funcionamento dos circuitos elétrico de Silva. *Física na Escola*, v. 12, n. 1, 2011, p. 16-19. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol12/Num1/circuitos.pdf> Acesso em: 1 Dez. 2015.

SILVEIRA, F. L., MOREIRA, M. A. e AXT, R. Validação de um teste para verificar se o aluno possui concepções científicas sobre corrente elétrica em circuitos simples. *Ciência e Cultura*, São Paulo, v. 41, n. 11, nov. 1989, p. 1129-1133.

SOUZA FILHO, M. P. de.; BOSS, S. L. B.; MIANUTTI, J.; CALUZI, J. J. Sugestão de experimentos referentes à eletricidade e magnetismo para utilização no Ensino Fundamental. *Física na Escola*, v. 12, n. 1, 2011, p. 30-33. Disponível em: [www.sbfisica.org.br/fne/Vol12/Num1/eletromag.pdf](http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol12/Num1/eletromag.pdf) Acesso em: 1 Dez. 2015.

TORT, A. C. Dois problemas práticos de eletricidade Vitoriana e sua discussão no ensino secundário e universitário. *Rev. Bras. Ensino Física* [online]. 2009, v. 31, n. 2, p. 2304.1-2304.5. Disponível em: [www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/312304.pdf](http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/312304.pdf) Acesso em: 22 out. 2015.

## **7. APÊNDICE A - PRODUTO EDUCACIONAL**