

JANIO DAMIANI SPILLERE

**UMA PROPOSTA DE ATIVIDADE EXPERIMENTAL
PARA O ENSINO DA LEI DE OHM**

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em
Licenciatura em Física do Centro de Ciências
Físicas e Matemáticas da Universidade Federal de
Santa Catarina como requisito para a obtenção do
Título de Licenciado em Física

Orientador: Prof. Dr. André Ary Leonel

Florianópolis

2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Spillere, Janio Damiani

Uma proposta de atividade experimental
para o ensino da lei de Ohm / Janio
Damiani Spillere; orientador, André Ary
Leonel, 2019.

45 p.

Trabalho de Conclusão de Curso
(graduação) - Universidade Federal de
Santa Catarina, Centro de Ciências
Físicas e Matemáticas, Graduação em
Física, Florianópolis, 2019.

Inclui referências.

1. Física. 2. ensino de física. 3.
eletricidade. 4. atividade experimental.
5. lei de Ohm. I. Leonel, André Ary. II.
Universidade Federal de Santa Catarina.
Graduação em Física. III. Título.

Janio Damiani Spillere

**UMA PROPOSTA DE ATIVIDADE EXPERIMENTAL
PARA O ENSINO DA LEI DE OHM**

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Licenciado em física e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Física.

Florianópolis, 17 de junho de 2019.

Prof., Dr. Paulo Rodrigues Machado
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof. André Ary Leonel, Dr.
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Henrique Cesar da Silva, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Sandro da Silva Livramento Machado, Dr.
SED/SC

Este trabalho é dedicado a todos os que desejam e agem por um mundo melhor.

AGRADECIMENTOS

Uma vez um professor me disse que ninguém era mais o mesmo a todo instante porque toda interação (seja com outros seres humanos ou não) já o torna outro ser. Foi uma versão atualizada do pensamento de Heráclito. Sejam ações positivas ou não, todas estas interações me tornaram o que sou hoje.

Não existe a possibilidade de começar agradecendo alguém se não fosse minha Mãe. A dona Sônia foi minha primeira professora, sempre acreditou em mim e esteve do meu lado em todos os momentos. Ao meu Pai, Vânio, que apesar de não nos falarmos com tanta frequência não diminui o sentimento que tenho por ele. Amo os dois.

Ao pessoal que encontrei no PIBID, que foram parceiros nessa jornada durante o período que estudei na UFSC. Natanael, Patrick, Luis, Daiana, Tuane, vocês me deram momentos singulares e terão lugar cativo em minhas memórias. Em especial ao Toni, que mostrou porquê leva o título de pai do grupo. Obrigado pelo apoio e o tempo que vivemos juntos!

Estendo meus agradecimentos a todos os meus colegas professores no colégio Nossa Senhora da Conceição. Desde o momento que entrei no grupo de trabalho fui recebido com carinho. Em especial a professora Estela e a diretora Milani que me ajudaram em um dos momentos que tive mais medo em minha vida.

A todos os professores que tive.

“Nós geralmente descobrimos o que fazer percebendo aquilo que não devemos fazer. E provavelmente aquele que nunca cometeu um erro nunca fez uma descoberta.” - Samuel Smiles

“Não tenho nenhum talento especial, só tenho paixão em minha curiosidade. [...] Quem nunca cometeu um erro nunca tentou nada de novo” - Einstein.

RESUMO

A proposta apresentada neste trabalho é direcionada a professores de física, principalmente do ensino médio, que possuem interesse no uso de atividades experimentais. Criar modelos de fenômenos naturais já é suficientemente complicado quando podemos observá-lo. Quando se trata de eletricidade, fica ainda mais complexo, visto que não é possível visualizar as cargas elétricas que causam os efeitos que sentimos. O uso do laboratório auxilia neste ponto, como apontam os autores citados neste trabalho. A eletricidade já faz parte do cotidiano de quase todas as pessoas no planeta, e este motivo (e não só ele) faz com que o estudo de seus conceitos se torne tão importante. É apresentada uma busca nos eventos de ensino de física sobre os trabalhos relacionados com o tema, sendo que poucos trabalhos apresentam uma abordagem experimental direta das leis de Ohm. A seguir são comparados os documentos norteadores nacional e estadual de Santa Catarina que buscam associar suas recomendações com a proposta deste trabalho através de uma atividade experimental. Ao final apresento uma sequência de ações que um professor pode realizar para abordar este tema seguidas de uma análise da proposta em questão e de possíveis alternativas destas ações. A sequência é baseada na utilização de fios de NiCr ligados a uma fonte de tensão regulável e que as medidas das resistências são tomadas indiretamente pelos aparelhos medidores de corrente e tensão.

Palavras-chave: Leis de Ohm. Experimental. Proposta.

ABSTRACT

The proposal presented in this academic work is directed to physics teachers, mainly in high school. Creating models of natural phenomena is already complicated enough when we can observe it. When it's about to electricity, it gets more complex, in view of it is not possible to visualize the electric charges that cause the effects we feel. The use of the laboratory assists in this point, as the authors cited in this academic work point out. Electricity is already part of the daily lives of almost everyone on the planet, and this reason (and not only it) makes the study of its concepts so important. It is also presented a search in the events of physics teaching about the works related to the subject, and few papers present a direct approach to the ohm laws. The following are the national and state guiding documents of Santa Catarina that seek to associate their recommendations with the proposal of this work through an experimental activity. At the end I present a sequence of actions that a teacher can undertake to approach this topic followed by an analysis of this proposal and possible alternatives of these actions. The sequence is based on the use of NiCr wires connected to an adjustable voltage source and that the resistance measurements are taken indirectly by the current and voltage measuring devices.

Keywords: Ohm laws. Experimental. Proposal.

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO	10
2	ATIVIDADES EXPERIMENTAIS E MODELIZAÇÃO	11
3	A ELETRICIDADE NO ENSINO DE FÍSICA	14
3.1	A ELETRICIDADE NOS DOCUMENTOS NORTEADORES	15
3.2	A ELETRICIDADE NOS EVENTOS DA ÁREA DE ENSINO DE CIÊNCIAS (SNEF, EPEF, ENPEC)	16
4	A PROPOSTA	19
5	REFLEXÕES ACERCA DA PROPOSTA	25
5.1	O TEMPO DAS AULAS	27
5.2	SOBRE O CIRCUITO SIMPLES	28
5.3	SOBRE AS CARACTERÍSTICAS DO CONDUTOR	28
6	CONSIDERAÇÕES	29
7	REFERÊNCIAS	31
	APÊNDICE A – Trabalhos encontrados nos eventos	33
	APÊNDICE B – Tabela de cores de resistores	43
	APÊNDICE C – Esquema eletrônico de uma fonte de tensão regulável	44
	APÊNDICE D – Circuito alternativo com medidores externos à fonte	45

1 APRESENTAÇÃO

O presente trabalho foi elaborado levando em consideração meu fascínio pela área de eletricidade na física. O tema tratado em sala de aula (como a maioria dos temas da física) nem sempre é de fácil entendimento quando são usados apenas anotações e desenhos no quadro ou os livros didáticos.

Minha formação acadêmica me fez acreditar que quando podemos reproduzir e controlar algum fenômeno manipulando as variáveis que o limitam, podemos entendê-lo mais facilmente. Digo isso de minha experiência no trabalho de técnico em eletrônica atuando em indústrias que necessitavam de controle e automações nos processos de fabricação de seus produtos. Para se chegar a um objetivo era necessário estudar cada parte do processo e testar as possíveis reações que diferentes variáveis poderiam ocasionar. Um método de pura experimentação. À medida que novos desafios chegavam, a bagagem de modelos de controles ia aumentando, facilitando cada vez mais o alcance das soluções.

Essa formação técnica me motivou a ingressar no curso de licenciatura em física. Atividades experimentais, por mais simples que sejam, como um bloco pendurado a um barbante, me deixa curioso e me motivam a querer aprender cada vez mais.

Participei por quatro anos do PIBID (Projeto Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência) onde dei início às atividades em sala com a participação de outro professor. Esse período foi importantíssimo para me encorajar a seguir nessa profissão de professor.

Como professor há 5 anos, e bolsista do Laboratório instrumentação, demonstração e exploração (LABIDEX), percebo a importância de uma aula tradicional, nela podemos introduzir e contextualizar os conceitos exigidos pela lei de diretrizes e bases. Porém, a base para o entendimento e contextualização de um aluno em uma aula tradicional é o uso da imaginação e da experiência do estudante. Com o uso de algum aparato, seja para demonstração ou interação com o estudante, um modelo concreto é apresentado facilitando a criação um modelo mental, assim a dificuldade passa a ser assimilar o experimento com o contexto em sua vida. Vale ressaltar que sem um conhecimento prévio e um planejamento adequado o experimento corre o risco de virar apenas um brinquedo e logo se torna “inútil” e sem sentido de aprendizado para o estudante.

Baseado nos estudos de Borges (2004), Carvalho (2010), busco mostrar as características e problemas das atividades de laboratório e salientar a importância de sua utilização.

Ao final apresento uma proposta de uma sequência didática, para apresentação das leis de Ohm através de uma atividade experimental, bem como uma análise reflexiva e contribuições para o seu desenvolvimento.

A proposta é pensada para os professores de Física do ensino médio, mas com potencial de utilização em outras etapas do percurso formativo, por exemplo, no ensino fundamental, técnico e superior, desde que sejam realizadas as devidas adaptações a fim de contemplar as especificidades e objetivos de cada etapa e contexto. Neste sentido, longe de querer ser uma receita como solução para problemas específicos, trata-se de uma proposta com flexibilidade suficiente para atender diferentes demandas, valorizando assim a autonomia e protagonismo do professor que optar pelo seu uso. Assim, em concordância com as Orientações Curriculares para o Ensino Médio, entendemos que:

É nesse sentido que encaminhamos essa discussão, com a advertência explícita de que não será possível apresentar soluções para todos os problemas e inquietações. Trata-se, ao contrário, de trazer elementos que possam subsidiar os professores em suas escolhas e práticas, contribuindo assim para o processo de discussão. (BRASIL, 2006)

Nesta direção, apresentamos uma proposta para o ensino da Lei de Ohm, que teve inspiração em uma atividade realizada em uma das aulas da disciplina de Metodologia para o Ensino de Física, ministrada pelo professor Henrique Cesar da Silva. A atividade tinha por base uma análise qualitativa do brilho de uma lâmpada incandescente de lanterna ligada a uma pilha. Nela, os fios eram de uma liga de níquel e cromo de alta resistividade, e a medida que variamos o comprimento do fio ou colocamos mais fios em paralelo percebíamos que o brilho da lâmpada era alterado. A atividade foi retirada do livro: “Projeto Brasileiro de Física: Eletricidade”, da Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências de 1973.

2 ATIVIDADES EXPERIMENTAIS E MODELIZAÇÃO

Atividades experimentais estão no currículo escolar há quase 200 anos (Carvalho, 2010), como sugerido nos documentos norteadores nacionais e estaduais, nos projetos educacionais implantados no mundo todo durante a guerra fria; e segundo Borges (2004), existem inúmeras discussões acerca da eficácia do laboratório. O autor ainda aponta que o uso do laboratório não pode ser usado sozinho e sim aliar aulas teóricas com as experimentais.

Ao se trabalhar eletricidade em sala de aula, é necessário um nível de abstração e imaginação maior se comparado com cinemática, ou até termodinâmica, já que o movimento das cargas não é percebido diretamente no cotidiano. Apesar de terem um conhecimento prático de saber que uma lâmpada acende por causa da eletricidade, fica difícil de conceber as ideias de campo elétrico, força elétrica, e suas interações dentro de um condutor. Schumacher (2014) afirma que a ausência de equipamentos de ensino de eletricidade dificulta a associação com o tema tratado em aula com seu cotidiano e uma aplicação imediata.

Tamir (1991) cita a necessidade de algo concreto na aprendizagem e também a participação ativa do aluno no processo de investigação do fenômeno o levando a criar os próprios questionamentos. Outro ponto positivo do uso de atividades práticas é a notória motivação e interesse de uma aula não tradicional e um ambiente mais descontraído. Um experimento abre caminho para uma discussão entre os resultados obtidos na aula e as expectativas dos alunos antes da aula.

Devemos lembrar que uma atividade experimental não substitui todo processo de aprendizagem, mas faz parte dele. E deve ser usada em momentos adequados que a fazem construir e validar o conhecimento (PINHO, 2004).

Uma classificação dos laboratórios é apresentada por Hohenfeld (2008) baseado também em outros autores, como Alves Filho (2000), Borges (2000) e Carvalho (2010):

- Laboratório de Demonstração: o professor realiza o experimento e todas as manipulações para comprovar o corpo de conhecimento utilizado em aula.
- Tradicional ou Convencional: um roteiro pronto guia as ações dos estudantes para obter um resultado já esperado comprovando uma teoria.
- Investigativo: possui um caráter de problema em aberto, dando ao estudante a liberdade de manipular o experimento e o método de pesquisa em busca da solução do problema.
- Projetos: busca a elaboração de atividades experimentais. Geralmente utilizado por estudantes de licenciaturas.
- Biblioteca: são experimentos pré-montados que estão rapidamente ao acesso de uso.
- Virtual: são recursos gráficos através de computadores que podem substituir um recurso físico.

Assim como Carvalho (2010), Borges (2004) ainda indica os objetivos do laboratório, que, em resumo são:

I. Verificar / comprovar leis e teorias. Que nos leva erroneamente a crer que os resultados do experimento devem sempre seguir a lei e há uma frustração por parte do professor e dos alunos quando não ocorre o resultado esperado. Além de desmotivar o uso novamente, deixa-se de aprender com os erros e conseqüentemente uma melhora no processo.

II. Ensinar o método científico. Que se não bem explicado e preparado, reforça a ideia de que é necessário ser um gênio para realizar uma descoberta e também que, ingenuamente, o experimento deve dar todas as respostas, e sempre as mesmas, às questões que o fenômeno produz, independente do observador.

III. Facilitar a aprendizagem e compreensão de conceitos. Deve-se levar em conta que cada aluno que realiza o experimento traz consigo um conhecimento prévio que interfere como será encontrado o resultado do experimento ou se ele realmente entende o que está acontecendo. Deve-se, portanto haver uma prévia do que será abordado, e após pode-se pedir que o aluno expresse seus resultados e interpretações observados.

IV. Ensinar habilidades práticas. Os procedimentos de obtenção de dados devem ser de forma natural, uma vez que se considera que cada observador possui maneiras diferentes de interpretar, recolher dados e associar esse método com outras atividades do cotidiano.

Tamir (1991) e Pella (1969) classificam as atividades de laboratório em níveis de liberdade e complexidade. Não necessariamente deve-se passar por todos os níveis, mas cada atividade experimental pode ser classificada conforme sua complexidade. Apesar de identificá-los com números diferentes, as categorias são semelhantes:

- No nível mais baixo, o grau de complexidade é menor, buscando responder uma pergunta e fazendo algumas medidas seguindo um roteiro pronto geralmente para comprovar as leis envolvidas.

- No segundo nível, a responsabilidade de definir o que será feito dos dados obtidos fica com o aluno.

- No terceiro nível um problema é fornecido e os estudantes devem elaborar um plano para encontrar a solução.

Nos últimos níveis os estudantes devem propor o problema e ainda elaborar os métodos para solução.

Fica claro que quanto maior o nível de abertura das atividades, menos específico vai ser o objetivo, uma vez que quando o grau de complexidade é mínimo o objetivo é bem definido e quando o grau de complexidade é máximo, o próprio aluno cria suas conclusões acerca do experimento.

A existência de um modelo concreto nas aulas experimentais facilita a criação de um modelo mental, visto que boa parte do trabalho criativo do modelo já está pronta e sendo visualizado e manipulado. Um modelo é criado quando se busca entender o modo como o fenômeno pode ser explicado. À medida que o modelo não fornece todas as respostas, o modelo vai se sofisticando para satisfazer as questões não respondidas. Muitos livros trazem representações ou esquemas de algum fenômeno que podem induzir a acreditar que a natureza funciona tal qual descrito nas imagens. Para Pietrocola (2001) a abordagem usando uma atividade experimental deve levar em conta a construção mental de um modelo para entender a sofisticação da real natureza do fenômeno. Para Larcher apud Pinho (2001) o modelo pode servir como fonte de novos saberes, uma vez que o estudante já possui algum nível de conhecimento, e sendo base de uma pré-teoria do fenômeno estudado.

Modelagem Matemática é um processo dinâmico utilizado para a obtenção e validação de modelos matemáticos. É uma forma de abstração e generalização com a finalidade de previsão de tendências. A modelagem consiste, essencialmente, na arte de transformar situações da realidade em problemas matemáticos cujas soluções devem ser interpretadas na linguagem usual. A modelagem é eficiente a partir do momento que nos conscientizamos que estamos sempre trabalhando com aproximações da realidade, ou seja, que estamos elaborando sobre representações de um sistema ou parte dele. (BASSANEZI, 2004, p.24)

Depois que o modelo é criado e utilizado, reconhecer quando e onde existe sua aplicação fica mais fácil para compreender os fenômenos que os cercam se tornam naturais.

3 A ELETRICIDADE NO ENSINO DE FÍSICA

A história da ciência que envolve eletricidade é datada desde o século 5 a.c. porém a partir do século 18 d.C. que aparecem os primeiros estudos quantitativos e suas primeiras aplicações práticas. (PEDUZZI, 2016).

Atualmente a energia elétrica é a principal forma de energia utilizada pela humanidade, devido sua facilidade em transporte e transformação. Apesar das inúmeras utilidades no cotidiano e uso (mesmo que indireto) de quase todas as pessoas no planeta, uma parcela muito pequena tem noção das suas propriedades, potencialidades e perigos. Ensinar tópicos de eletricidade se faz necessário vários aspectos, por exemplo, para dimensionar o tamanho ou o material do condutor para que ele não superaqueça, danifique equipamentos elétricos ou cause acidentes, para evitar danos físicos causados por choque elétrico.

3.1 A ELETRICIDADE NOS DOCUMENTOS NORTEADORES

Nos parâmetros curriculares nacionais estão dispostas as orientações que o professor deve considerar ao planejar suas atividades. A principal recomendação dos PCNs é a contextualização de todas as competências tratadas em sala, deixando a cargo do professor e da escola como serão e quais competências serão tratadas (BRASIL, 2006).

Os temas estruturadores do PCN são pensados para englobar as atitudes esperadas por um cidadão responsável e apto para exercer as funções básicas de uma sociedade, isso inclui ler e interpretar códigos, gráficos, equipamentos, atitudes, realizar consultas, argumentar e resolver problemas.

O PCN sugere uma subdivisão do ensino de física em temas, e cada tema tratando um conjunto de fenômenos associados:

1. Movimentos: variações e conservações.
2. Calor, ambiente e usos de energia.
3. Som, imagem e informação.
4. Equipamentos elétricos e telecomunicações.
5. Matéria e radiação.
6. Universo, Terra e vida.

Em todos os temas sugeridos, a aplicação do método científico, bem como a relação com o cotidiano de cada fenômeno estudado são manifestadas em cada uma das suas unidades temáticas, que em resumo são identificar as variáveis envolvidas, caracterizar as dependências entre as grandezas estudadas e sua utilização.

Um tema que coloco em destaque, pois trata da proposta deste trabalho, é o tema 4, intitulado: “Os equipamentos elétricos e telecomunicações” - e sua primeira unidade temática, cujo enfoque são os aparelhos elétricos. De acordo com o documento, os objetivos relacionados ao tema são:

- reconhecer seus diferentes usos, características de funcionamento e compatibilidades com a rede fornecedora de energia elétrica;
- proceder adequadamente a instalação de condutores adequados e sua capacidade de condução corrente elétrica e seus equipamentos de segurança;
- fazer uma previsão de consumo de energia e propor alternativas econômicas de sua utilização. (BRASIL, 2006).

No nível estadual, a Proposta Curricular de Santa Catarina (PCSC) concorda e complementa o PCN, que têm por objetivos a formação de cidadãos capacitados a reconhecer

e resolver problemas. Também recomenda a utilização de atividades experimentais nas aulas com a justificativa de que o rendimento escolar é melhorado. Ainda mostra um interesse especial pela modelização com uso da matemática nas aulas de ciências da natureza.

O acesso a modelos explicativos e representativos em Física, por exemplo, é essencial especialmente numa aula prática ao investigar e representar propriedades térmicas de materiais, resistência, maleabilidade e condutibilidade. (PCSC, 2014, p. 169)

Tanto os PCN quanto a PCSC incentivam a autonomia e desenvolvimento dos estudantes através de atividades experimentais. Bem como a contextualização dos temas das aulas com as aplicações que a ciência traz para a vida do cidadão a ser formado. Uma atividade experimental não deve ser restrita ao seguimento de um roteiro para obter um resultado específico, a não ser que não se deseje dos estudantes que adquirem algum conhecimento mais aprofundado dos temas apresentados.

Complementar a esta ideia, os documentos sugerem uma contextualização dos temas deixando clara a importância de reconhecer como e onde o tema é aplicado nas atividades cotidianas.

3.2 A ELETRICIDADE NOS EVENTOS DA ÁREA DE ENSINO DE CIÊNCIAS (SNEF, EPEF, ENPEC)

Neste tópico apresentamos um breve levantamento dos trabalhos apresentados nos principais eventos nacionais que contemplam a área de Ensino de Física, a saber: Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF), Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF); e Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC). A busca pelos trabalhos abrangeu os três eventos no período de 2019 a 2010.

Os trabalhos encontrados relacionados à proposta apresentada neste, mostram muitas maneiras de ensinar associação de resistores, componentes de circuitos e a relação entre corrente elétrica e resistência elétrica. Com exceção de Rocha Filho (2004) nenhum dos trabalhos encontrados faz uma ligação entre as dimensões do material transpassado por uma corrente elétrica e seu valor de resistência.

Achei estranho o fato de essa atividade não ser encontrada em nenhum trabalho nos eventos de ensino de ciências e física nos últimos 10 anos, já que se trata de um conteúdo de presença garantida nas aulas de física da educação básica, nas engenharias e cursos de Física. Além disso, é conteúdo recorrente em disciplinas experimentais do curso de Física e das engenharias, porém com propostas experimentais mais engessadas do ponto de vista investigativo e do uso da criatividade dos alunos.

A busca por trabalhos nos eventos teve uma limitação no período de 10 anos. A medida que os resultados retornavam com uma escassez cada vez maior, decidi interromper a procura por trabalhos relacionados com a proposta. Ela também foi realizada por meio da barra de buscas de cada evento (quando possível) ou uma busca manual em todos os trabalhos apresentados de cada ano utilizando as expressões: “lei de ohm”, “ohm”, “eletricidade”, “corrente elétrica”, “elétrica”, “resistência”, “resistividade”, “resistor”, “circuito” e “circuito elétrico”.

Poucos ou nenhum trabalho foram encontrados nos principais eventos de ensino de física. As tabelas a seguir mostram a quantidade de trabalhos encontrados com cada palavra-chave buscada.

Nos SNEF há um número crescente dos trabalhos apresentados por ano.

Quadro 1 – Quantidade de trabalhos por SNEF no intervalo de tempo considerado

	SNEF XXIII	SNEF XXII	SNEF XXI	SNEF XX	SNEF XIX
Circuitos	10	6	1	2	3
Ohm	0	1	0	0	0
Corrente	0	0	0	3	0
Eletricidade	4	6	2	6	2
Resistência	2	0	0	0	0
Resistividade	2	0	0	0	0
Resistor	1	3	2	0	2

Fonte: os autores, 2019

Nada foi encontrado nas páginas dos eventos EPEF XV e EPEF XIII.

Quadro 2 – Quantidade de trabalhos em cada EPEF.

	EPEF XVII	EPEF XVI	EPEF XV	EPEF XIV	EPEF XIII	EPEF XII
Circuitos	0	0	1	0	0	0
Ohm	0	0	0	0	0	0
Corrente	0	0	0	0	0	0
Eletricidade	1	0	0	2	0	1

Resistência	0	0	0	0	0	0
Resistividade	0	0	0	0	0	0
Resistor	0	0	0	0	0	0

Fonte: os autores, 2019

Nos ENPEC, só foram encontrados trabalhos no último evento.

Quadro 3 – Quantidade de trabalhos em cada ENPEC.

	ENPEC XI	ENPEC X	ENPEC IX	ENPEC VIII
Circuitos	1	0	0	0
Ohm	0	0	0	0
Corrente	0	0	0	0
Eletricidade	1	0	0	0
Resistência	0	0	0	0
Resistividade	0	0	0	0
Resistor	0	0	0	0

Fonte: os autores, 2019

Além do ENPEC XI, não houve trabalhos divulgados nos demais eventos semelhantes.

No apêndice A estão dispostos os títulos dos trabalhos encontrados separados por evento. Não separei por palavra chave pois alguns trabalhos se classificam em mais do que uma palavra chave, repetindo-se nas buscas.

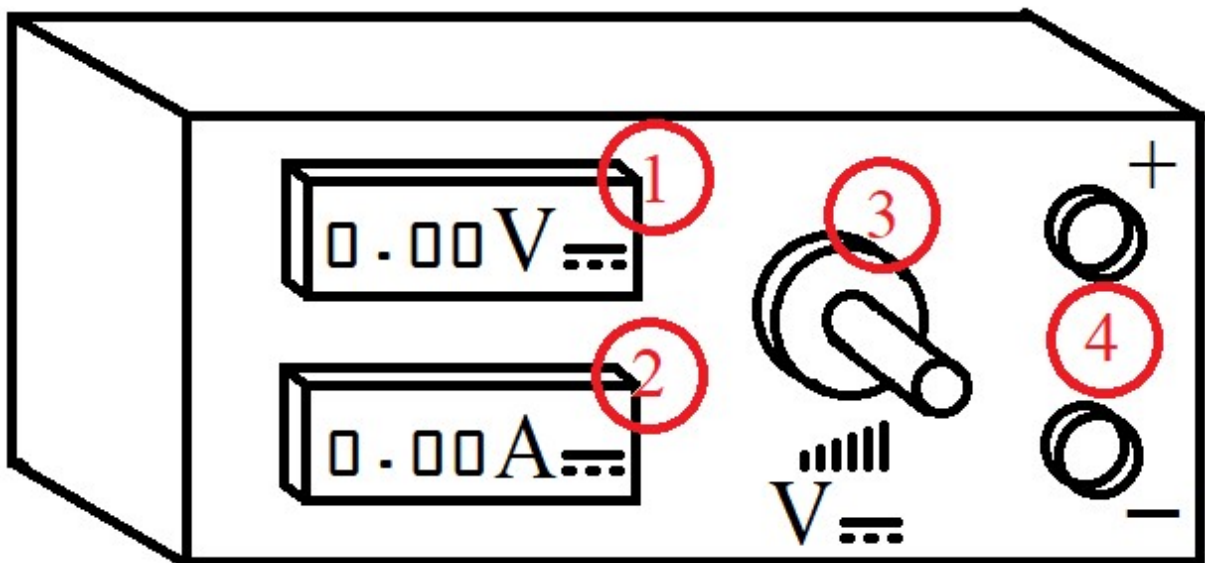
4 A PROPOSTA

Analisando as classificações até aqui apresentadas, a proposta a ser apresentada se encaixa como um laboratório investigativo e no segundo nível de complexidade visto que não terá um roteiro pronto e terá uma pergunta norteadora das atitudes dos alunos para guiá-los em suas ações na atividade.

A escolha desses parâmetros deve-se à relação entre a dificuldade e o interesse dos estudantes. Deve-se considerar que se um problema for muito fácil de ser resolvido, não haverá nenhuma organização dos conhecimentos para tal tarefa e logo o interesse deixa de ser um fator determinante no desenvolvimento do conhecimento. Se o problema for muito difícil de ser resolvido, a frustração pode ser um fator considerável para o abandono da atividade.

Para o desenvolvimento desta proposta têm-se como foco principal o manuseio de um equipamento, conforme apresentado na figura abaixo:

Figura 1 – Proposta de uma fonte de tensão regulável: (1 - voltímetro, 2 - amperímetro, 3 - potenciômetro de regulagem de tensão, 4 - saída de alimentação do circuito).



Fonte: elaborado pelos autores.

Trata-se de uma fonte de tensão regulável, com a utilização de um voltímetro e um amperímetro acoplados na sua estrutura. Do modo como foi construído, o voltímetro mostra a diferença de potencial entre os terminais de saída da fonte e o amperímetro mostra a intensidade da corrente elétrica que transpassa por estes terminais. O valor da tensão elétrica fornecido em seus terminais é controlado por um potenciômetro a gosto do usuário do equipamento.

Seu objetivo principal é fornecer valores de tensão entre 0V e 12V para analisar o comportamento da corrente elétrica em diferentes valores de tensão.

No apêndice C está descrito o esquema eletrônico da fonte de tensão e como adaptá-la para uma possível regulação de tensão contínua.

O professor deve levar em consideração que existe a possibilidade de alguns alunos testarem o equipamento de maneiras inusitadas, como por exemplo, ligar os terminais de alimentação do circuito entre si ou ligá-los no próprio corpo. Por isso nunca é demais lembrá-los dos problemas que um curto-circuito ou dos efeitos que a corrente elétrica pode causar no corpo humano e/ou no equipamento.

Juntamente a esses cuidados com manuseio de fios energizados, é necessário que o estudante saiba como ler os dados fornecidos pelos aparelhos de medida.

Para a realização da atividade, é necessário que sejam conhecidos os conceitos de corrente elétrica, diferença de potencial, circuitos elétricos simples e também a utilização de aparelhos de medição de corrente e tensão elétrica. Sem esses conhecimentos prévios, a atividade pode perder o sentido, visto que as medidas, qualitativas ou quantitativas, de resistência elétrica (objetivo principal desse trabalho) dependem destas outras grandezas e de suas medições.

Neste capítulo abordaremos as duas atividades principais da proposta, a saber: Determinando a Resistência e Relacionando a Resistência e o Formato do Condutor. No capítulo 05 apresentaremos uma reflexão sobre o uso destas atividades, com sugestões para a sua aplicação.

4.1 DETERMINANDO A RESISTÊNCIA.

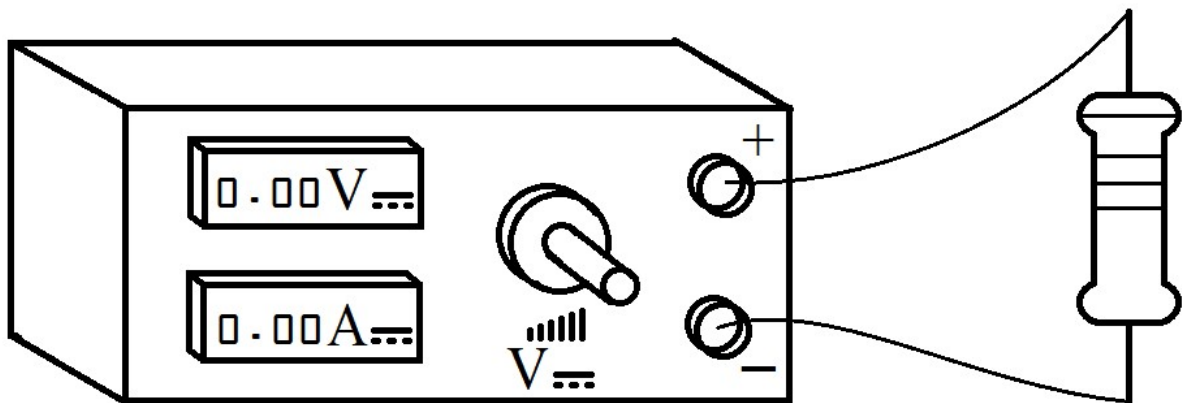
Antes de começar a primeira parte da atividade, opcionalmente o professor pode ligar uma pequena lâmpada incandescente aos terminais de uma fonte de tensão e alterar o valor da tensão elétrica nos seus terminais. Ela pode servir para demonstrar que a fonte possui uma regulação de tensão e ainda demonstrar como se faz a leitura dos valores de tensão e corrente nos equipamentos de medida. Para turmas que já possuem familiaridade com estes equipamentos, esta etapa pode ser descartada.

O objetivo da primeira parte da atividade é que se perceba que existe uma relação entre a tensão fornecida pela fonte (e medida pelo voltímetro) e a corrente medida pelo amperímetro. A orientação é que sejam fornecidos junto à fonte, resistores de diferentes valores de resistência.

A questão norteadora da atividade deve induzir os estudantes a observar os dados medidos. Uma pergunta possível é: Como é a atuação de um resistor ligado ao circuito elétrico?

Na primeira parte da atividade, espera-se que os estudantes percebam que ao trocarem os resistores no circuito montado percebam que a medida da corrente também seja alterada, mesmo que o estudante não tenha total domínio de todos os termos e conceitos previamente abordados pelo professor. A atividade tem potencial de fazer perceber que os valores mostrados nos leitores têm uma relação proporcional, visto que se espera que o estudante interaja e mexa no aparato.

Figura 2 – Esquema de ligação esperado a ser montado com a fonte, medidores e um resistor.



Fonte: elaborado pelos autores.

Mesmo com todas as expectativas sendo satisfeitas, o professor sempre deve estar atento aos manuseios e atitudes dos alunos, por vezes mostrando uma insegurança, incerteza ou até rejeição à atividade. Além de sanar dúvidas recorrentes sobre o aparelho, o professor pode sugerir ao longo da atividade como fazer determinadas ligações ou, em último caso, induzir a percepção da primeira lei de ohm.

No apêndice B está a tabela de cores dos resistores. Ela pode ser apresentada ao final dessa atividade e é útil para mostrar o valor da resistência elétrica do resistor que se utiliza. Desse modo pode-se comprovar o valor calculado da resistência através da relação entre tensão e corrente elétrica, o que é o esperado da atividade. E no possível caso do(s) estudante(s) não encontrarem essa relação, poder demonstrar essa relação realizando mais algumas medidas agora com um valor de resistência conhecido.

Fazer anotações e ligando os valores das correntes com seus respectivos valores de tensão pode favorecer a percepção da primeira lei de ohm.

Ao final da primeira etapa, espera-se que os estudantes já tenham construído um modelo da interação entre as grandezas analisadas (primeira lei de Ohm). Essa proporção é fundamental para a segunda parte da proposta.

4.2 RELACIONANDO A RESISTÊNCIA E O FORMATO DO CONDUTOR.

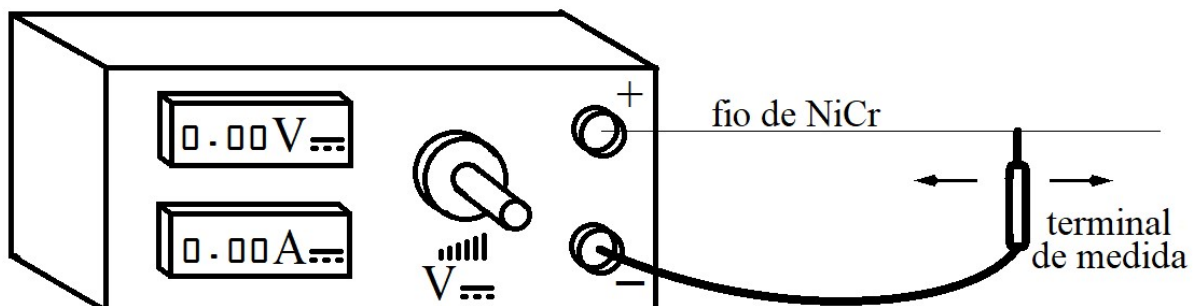
Nesta etapa, será fornecido aos estudantes um pedaço de fio de liga de níquel-cromo (NiCr) de aproximadamente 100 cm.

O objetivo desta atividade é mostrar a dependência da forma do condutor com sua resistência elétrica. A segunda lei de Ohm estabelece a proporcionalidade entre as dimensões do condutor e sua resistência elétrica. Ao aumentarmos o comprimento do condutor por onde circula a corrente elétrica, sua resistência aumenta e consequentemente a intensidade da corrente diminui se mantida a diferença de potencial constante. Para demonstrar este fenômeno basta ligar um dos terminais em posições diferentes ao longo do fio de NiCr.

Para nortear a atividade, pode-se pedir aos estudantes para construírem um resistor de 100Ω .

Ao ligar o fio nos terminais da fonte, os alunos devem notar que o amperímetro e o voltímetro fornecem medidas importantes. Uma sugestão a ser fornecida aos estudantes é conectarem um dos terminais da fonte em outra parte qualquer do fio enquanto se atentam aos novos valores mostrados no aparelho. Essa situação pode provocar o interesse deles por testar as ligações em outros pontos do mesmo fio. Assim, aumenta a chance de ser percebida uma relação entre o comprimento do fio e a corrente medida no aparelho.

Figura 3 – Esquema de ligação com um fio de NiCr e o terminal de medida.

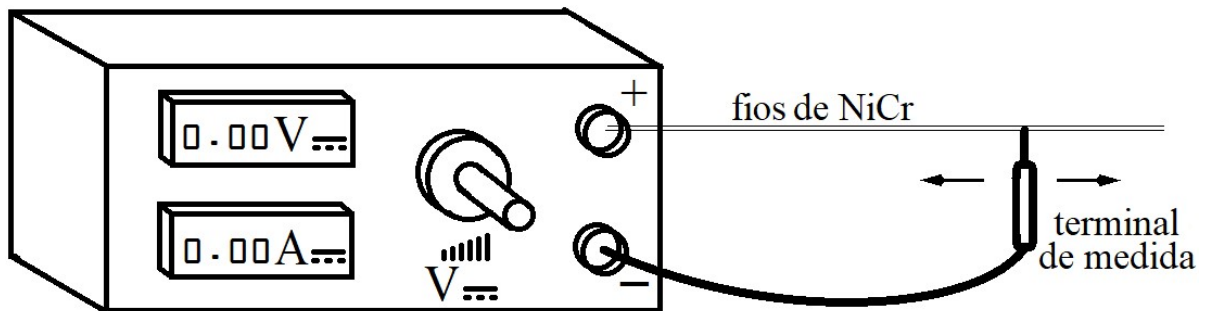


Fonte: Elaborado pelos autores.

Como atividade complementar, pode ser solicitado que eles calculem os valores das resistências do fio quando for conectado em diferentes pontos (quando há variação no tamanho do fio) utilizando os valores de tensão e corrente mostradas pelos aparelhos.

Uma vez estabelecida proporcionalidade direta do comprimento do fio com sua resistência, pode-se fornecer mais um pedaço de fio de igual tamanho ao primeiro. Ao ligá-lo paralelamente ao primeiro fio, espera-se que seja percebida que a corrente medida seja diferente da anterior, quando se tinha apenas um dos fios conectado no circuito.

Figura 4 – Esquema de ligação com dois ou mais fios de NiCr e o terminal de medida.



Fonte: Elaborado pelos autores.

O ideal da proposta é que sejam utilizados fios de NiCr de mesmo comprimento, porém de diferentes diâmetros. Sem fazer qualquer medida de área de secção transversal do fio, é de se esperar que os estudantes notem que os fios mais espessos possuem uma resistência menor (corrente medida maior) se comparada com a resistência elétrica dos fios mais finos.

Qualitativamente, é possível estabelecer uma relação inversamente proporcional entre a área de secção reta do fio e sua resistência elétrica.

Quantitativamente, pode-se utilizar dois ou mais fios iguais (material e dimensões) ligados em paralelo. A vantagem dessa ação está em utilizarmos múltiplos de um valor de área sem precisar saber qual o valor da área do fio utilizado. É fato que ao dobrarmos a área do condutor (dois condutores em paralelo) a corrente também dobra. Ao triplicarmos a área do condutor (três condutores em paralelo) a corrente também triplica. Esta ação permite ao professor pode demonstrar essa dependência entre grandezas caso os estudantes não observem este fato.

Analogamente à atividade mostrada anteriormente, utilizar o fio do resistor de aquecimento de chuveiros elétricos dão resultados similares aos fios de NiCr fornecidos em lojas. Apesar de serem os mesmos materiais na composição na liga metálica, as resistividades são diferentes devido a concentração diferenciada de cada material. Apesar de possuírem dimensões parecidas, seus valores de resistências são muito diferentes. Este é um momento para apresentar o conceito de resistividade dos materiais.

Complementarmente, pode-se utilizar fios de alumínio, aço e grafite de dimensões parecidas, mostrando que apesar das formas parecidas, a resistência de cada corpo é diferente, graças à resistividade de cada material.

5 REFLEXÕES ACERCA DA PROPOSTA

Como foi apresentada neste trabalho, a proposta possui um grande potencial atrativo para os estudantes. Além dos conceitos de física que são aprendidos, uma atividade experimental como esta é uma oportunidade de demonstrar como um cientista busca confirmação de suas teorias, a partir da construção de modelos investigativos.

Antes de ser utilizada, esta proposta precisa de um embasamento teórico dos conceitos abordados durante a atividade experimental. Afinal, para calcular e, principalmente, compreender o que significa resistência, com esta proposta é necessário que se saiba o que é uma corrente elétrica, o que é tensão elétrica e como funciona um circuito elétrico.

A proposta apresentada foi pensada para ser utilizada como uma complementaridade às aulas expositivas tradicionais. Baseados em autores já citados neste trabalho, defendemos que a manipulação de objetos concretos como os resistores ou os fios possibilita a criação de modelos mais complexos dos fenômenos estudados.

Como os documentos norteadores sugerem, ensinar as leis de Ohm não é um item obrigatório ao currículo escolar. No entanto, como o tipo de energia mais utilizada pela humanidade é a energia elétrica, ensinar conceitos de eletricidade se torna compulsório na formação de um cidadão que se relaciona com os efeitos da eletricidade em quase todos os ambientes em grande parte do dia. Assim sendo, a lei de Ohm se torna um conceito fundamental a ser trabalhado em sala de aula.

Neste trabalho foram apresentadas algumas ações que o professor pode realizar em uma aula com o equipamento proposto. Porém, o equipamento não precisa ser utilizado exatamente como sugerido:

- pode-se utilizar voltímetros e amperímetros externos à fonte se ela não possuir um acoplado (vide apêndice D);
- se a fonte não tiver uma regulagem da tensão, ainda é possível mostrar a interdependência da corrente, tensão e resistência elétrica e resistividade do material utilizando apenas um valor de tensão.
- o uso de uma fonte de tensão alternada não apresenta resultados diferentes de uma fonte de tensão contínua.

Foi apresentado uma fonte de tensão contínua regulável por consequência de minhas habilidades em equipamentos eletrônicos. Mas pode-se utilizar uma fonte de tensão fixa para realizar estas mesmas ações. Pilhas, baterias, outras fontes sem regulagem, também funcionam perfeitamente em um circuito como na proposta. A vantagem do uso desse tipo de

fonte está na possibilidade de alterar os valores da tensão sobre o circuito e ser mais uma variável a ser manipulada pelos estudantes ou o professor.

De maneira geral, os livros didáticos agrupam os temas de maneira sistemática, colocando a diferença de potencial elétrico subsequente aos estudos de campo elétrico e precedido de resistores para então abordar as leis de Ohm. Apesar da história da ciência não ser tão linear e construtivista quanto os livros apresentam, não há como negar a eficiência de transpor o conhecimento com esta sequência construtivista apresentada nos livros – carga elétrica, campo elétrico, corrente elétrica e lei de Ohm partindo para o eletromagnetismo.

Para esta proposta é necessário que um conhecimento prévio sobre diferença de potencial para compreender o que faz a corrente circular pelo circuito. Apesar de não ser possível visualizar as cargas elétricas que passam pelos condutores, é possível utilizar de equipamentos capazes de medir essa grandeza.

De nada vai adiantar medir a corrente elétrica se nem ao menos se sabe o que ela é. O modelo de átomo como o de Schroedinger tratado nos níveis superiores de ensino já é suficientemente difícil de ser compreendido. Para estudantes do ensino médio, o modelo de Bohr já é suficiente para construir o conceito de corrente elétrica. Vale lembrar que isso não é uma regra, visto que o professor tem autonomia para criar e adaptar seu planejamento. O fato de poder visualizar com uma ilustração, desenho ou alguma outra analogia, a representação de um átomo e seus elétrons facilita o entendimento de que os elétrons podem se mover por um condutor sólido. Dessa maneira fica mais fácil explicar e até se fazer entender o conceito de corrente elétrica.

Para as atividades terem um bom resultado é necessário que os estudantes estejam motivados a interagir com o circuito. Assim como os autores citados no capítulo 2, defendemos que contextualizar o circuito elétrico da atividade com os equipamentos domésticos torna a atividade mais próxima da realidade e da vivência dos estudantes. Faz-se necessário mostrar que aquele resistor representa uma lâmpada, um chuveiro, uma televisão, ou qualquer outro aparelho ligado à rede elétrica de sua casa.

Assim como a maioria dos equipamentos de um laboratório experimental, um aparato como esse dificilmente é fornecido de maneira individual aos estudantes, o trabalho em equipe entre os estudantes aparece como uma alternativa a esse limitador. Do mesmo modo que os documentos norteadores sugerem, o estudante tem a oportunidade de desenvolver habilidades de interação social.

Apesar da liberdade de ações que os alunos possuem, uma atividade aberta deste tipo pode criar uma certa confusão na organização das ações dos estudantes. Desde mexer em

todos os componentes possíveis, até a falta de conhecimento acerca da manipulação do equipamento. O professor sempre deve ficar atento ao andamento da atividade.

As atividades poderiam ser mais simplificadas se fosse utilizado um ohmímetro diretamente sobre o fio. Isto mostraria com uma medida direta o valor da resistência do resistor. No entanto, uma ação direta que busca um resultado imediato não impacta tanto quanto todos o conjunto de ações necessárias para a medida indireta da resistência elétrica como proposto aqui. Tais atividades que não são resolvidas de forma direta, mas que necessitam de diálogo, de reflexões por parte dos alunos, conduzem a uma melhor apropriação em relação ao objeto de estudo. Em relação a isso, tais atividades quando construídas desta forma tendem a despertar mais o interesse por parte do aluno.

5.1 O TEMPO DAS AULAS

Não apresentei algum tipo de questionário, ou roteiro pronto, visto que a sequência de ações serve como um norteador para o professor planejar suas aulas. Porém, a organização sugerida das atividades fica distribuída entre duas a quatro aulas. Apesar de parecer uma coisa óbvia para o professor, perceber relações entre grandezas (não só no estudo de eletricidade) não é algo tão simples para um estudante. O tempo de interação com o equipamento precisa ser grande o suficiente para eles próprios observarem, criar e testar suas hipóteses, mas não tão grandes a ponto de ocupar todo o tempo planejado para as outras atividades do ano letivo. As conversas em grupo podem funcionar como um indicador de como está sendo organizado o aprendizado. Estar atento a estas conversas e as atitudes dos estudantes durante a atividade pode ajudar o professor a elaborar estratégias para auxiliar os estudantes a entender o objeto estudado.

Nas duas etapas da atividade, pode ocorrer o aquecimento dos fios metálicos. Este fato pode ser explicado pelo efeito Joule. Este acontecimento pode gerar uma surpresa e um possível espanto dos estudantes. É uma oportunidade de uma abordagem desse fenômeno motivado pelos próprios estudantes.

Numa possível contextualização, cabe ao professor associar este efeito ao uso de fios de diferentes diâmetros para cada tipo de equipamento nas casas, como no caso do chuveiro elétrico que os fios são consideravelmente mais espessos que os fios que conectam uma tomada convencional ou uma lâmpada comum. Como o chuveiro possui uma potência elétrica muito maior que a maioria dos equipamentos de uma casa, por consequência, a corrente que passa por ele é muito maior que os outros equipamentos. E, por fim, a dimensão da área dos

fios que ligam o chuveiro precisam ser maiores para que o efeito Joule possa ser reduzido a ponto de não gerar um aquecimento nos fios e evitar possíveis incêndios.

5.2 SOBRE O CIRCUITO SIMPLES

Na primeira parte da atividade, quando se é fornecido aos estudantes alguns resistores, não necessariamente eles saberão que cada um possui um valor de resistência elétrica específico. O esperado é que ao manusearem o equipamento, alterando a tensão ou trocando os resistores no circuito, percebam que existe a mudança do valor da corrente medida.

Estudantes mais habilidosos podem perceber a dependência do valor da corrente elétrica com a tensão (ou resistência) aplicada mais rapidamente. Porém, isso pode não ser percebido durante a atividade, para contornar este possível problema o professor pode apresentar a tabela de cores dos resistores. Ela é um padrão comercial que identifica o valor da resistência do resistor com as faixas de cores impressas nele. Munido da informação do valor da resistência, pode-se agora comprovar:

- se a suposição feita pelos estudantes sobre a proporcionalidade entre as grandezas medidas está correta,
- ou induzir a perceber que existe essa relação no caso do estudante não perceber, como por exemplo transformar, pelo menos por alguns momentos, em um experimento demonstrativo.

5.3 SOBRE AS CARACTERÍSTICAS DO CONDUTOR

A segunda parte da atividade tem por objetivo mostrar a dependência do valor da resistência elétrica com o formato do condutor. Assim como na etapa anterior, seria possível apenas colocar o ohmímetro em distâncias diferentes sobre o fio metálico e assim obter o valor da resistência do segmento do fio proporcional ao tamanho do mesmo segmento.

O modo proposto, de fazer uma medida indireta desse valor de resistência analisando os valores de corrente e tensão favorecem o reforço do modelo criado na etapa anterior. E, como na anterior, possibilita uma reflexão de todo o sistema do objeto estudado.

Dimensionar um condutor se faz importante para evitar que sinistros em instalações elétricas. O aquecimento dos fios por efeito Joule também depende da resistividade do material condutor. Emendas de fios de materiais diferentes podem causar um aquecimento indesejado e deve ser evitado ao máximo. Em uma contextualização do cotidiano, o professor pode fazer uma abordagem sobre o conceito de resistividade utilizando os fios da atividade

experimental juntamente com um fio de cobre ligados em série. Esta ação demonstra que o aquecimento do condutor depende do material, tendo assim uma possível abordagem do tema.

6 CONSIDERAÇÕES

Os potenciais e pontos positivos da proposta, como apresentado nos capítulos anteriores, envolvem, além dos conhecimentos de física, o desenvolvimento motor e cognitivo dos estudantes que se envolvem com a atividade. Como sugerem o PCN e o PCSC.

Na manipulação de materiais elétricos energizados nunca devemos esquecer que acidentes podem fatais. Por isso deve-se utilizar de tensões baixas e contínuas até 20 V, pois fornecem uma segurança maior, já que com esta tensão os efeitos da corrente elétrica sobre o corpo humano são insignificantes.

A atividade proposta poderia ser reproduzida diretamente na tomada da rede elétrica fornecida pela concessionária de energia, porém o risco de choque elétrico, ou curto-circuito seriam imensamente maiores. Por isso, o professor sempre deve precaver seus alunos e orientá-los a seguir as normas de segurança em eletricidade.

Como apontam os documentos norteadores, contextualizar o circuito elétrico para o cotidiano do estudante sempre favorece uma aproximação maior com o objeto estudado. E por sua vez gera um interesse maior sobre o tema e por fim facilita o entendimento e a necessidade de se estudar tais temas.

O fator econômico pode ser um grande limitador desta atividade. Equipamentos eletrônicos não são objetos baratos. Contudo, o reaproveitamento de fontes de computadores (CPUs ou notebooks) pode ser uma alternativa econômica para a realização da proposta apresentada no capítulo anterior. No apêndice C está um esquema simples de como se pode montar uma fonte de tensão regulável a partir de uma fonte de computador usada.

Para o uso do fio de NiCr, quando não é viável a compra de um rolo em lojas especializadas, é possível que a utilização de resistores de chuveiros elétricos. Mas deve-se ter atenção com o formato do resistor, já que ele geralmente se apresenta enrolado em espiral. Este formato dificulta a medida real do comprimento do fio, mas não impede uma análise qualitativa do experimento. Além disso, um resistor já inutilizado para uso de chuveiros (popularmente chamado de ‘queimado’) apresenta grandes partes oxidadas, o que interfere diretamente na medida (direta ou indireta) da resistência do resistor.

Outro fator a ser considerado no resistor do chuveiro elétrico é sua baixa resistividade se comparado com os rolos de fio NiCr encontrados em lojas. Isso faz com que

se precise de comprimentos muito maiores desse fio para obter uma variação significativa nas medidas de corrente elétrica com uma tensão baixa como na proposta.

7 REFERENCIAS

BASSANEZI, R. C. Ensino-aprendizagem com Modelagem Matemática. São Paulo: Ed. Contexto, 2004.

BORGES, A. a. Tarciso. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**: Florianópolis, v. 24, edição especial, p.9-30, nov. 2004.

BRASIL, Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+). Ciências da Natureza e Matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC, 2006.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de et al. (Org.). Ensino de Física. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

FUNBEC. Eletricidade. Projeto Brasileiro de Física. São Paulo: Ed. Ave Maria. 1973.

HOHENFELD, D. P.; PENIDO, M. C. M. A Complementariedade dos Laboratórios Convencionais e Virtuais no Ensino de Física. IFBA - Instituto de Educação Tecnológica da Bahia e UFBA – Universidade Federal da Bahia, 2008.

PEDUZZI, L. O. Q. Do efeito âmbar à garrafa de Leyden. In: Do âmbar e da pedra de Héracles à descoberta de Oersted. Publicação interna. Florianópolis: Departamento de Física, Universidade Federal de Santa Catarina, 2016.

PELLA, M. O. The Laboratory and Science Teaching. In: ANDERSEN, H. O. Reading in Science Education for Secondary School. Londres: The Macmillan Company, 1969.

PINHEIRO, T.F, PINHO ALVES, J & PIETROCOLA, M. Modelização de variáveis: uma maneira de caracterizar o papel estruturador no conhecimento científico. In. PIETROCOLA, M. (Org.) Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora. Florianópolis. Ed. UFSC. 2001.

PINHO ALVES, J. Atividade experimental: uma alternativa na concepção construtivista. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 9, 2004, Jaboticatubas. Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2004. Disponível em: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/viii/PDFs/COCD6_2.pdf>. Acesso em: 17/05/2019.

PINHO ALVES, J., PINHEIRO, T.F & PIETROCOLA, M. Eletrostática como exemplo de Transposição didática. In. PIETROCOLA, M. (Org.) Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora. Florianópolis. Ed. UFSC. 2001.

ROCHA FILHO, João Bernardes da et al. Resistores de papel e grafite: ensino experimental de eletricidade com papel e lápis. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, p. 203-211, jan. 2004. ISSN 2175-7941. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/10006/14548>>. Acesso em: 28 maio 2019. doi:<https://doi.org/10.5007/%x>.

SANTA CATARINA, Governo de Estado da Educação. [Proposta curricular de Santa Catarina: formação integral na educação básica] / Estado de Santa Catarina, Secretaria de Estado da Educação, 2014. Disponível em <<http://www.sed.sc.gov.br/documentos/ensino-89/proposta-curricular-156/4326-proposta-curricular-final>>

TAMIR, P. Training teachers to teach effectively in the laboratory. *Science Education*, v. 73, p.59-70, 1989. (sem acesso direto)

VEIT, E. A.; TEODORO, V. D. Modelagem no Ensino/Aprendizagem de Física e os Novos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 24 (n. 2), Junho 2002.

APÊNDICE A – Trabalhos encontrados nos eventos

Todos os trabalhos encontrados entre os eventos separados por evento.

SNEF XXIII - http://www.sbfisica.org.br/~snef/xxiii/	
Titulo Do Trabalho	Autores
Uma Série De Capacitores Nem Sempre Significa Capacitores Em Série https://sec.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxiii/sys/resumos/T0613-1.pdf	Guilherme De Berredo-Peixoto
Uma Prática Investigativa De Eletricidade Para Alunos De Ensino Médio. https://sec.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxiii/sys/resumos/T0203-1.pdf	Telmo Paes Barreto Junior Jardel C. Brozeguini Ramon T. Prado
Aula No Laboratório De Física Sobre Eletrodinâmica: O Que Pensam Os Alunos Do Ensino Médio https://sec.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxiii/sys/resumos/T0438-1.pdf	Gabriel De Freitas Coelho Carre Leandro Esteves Leitão Luciene Fernanda Da Silva Maria Cristina Do Amaral Moreira
Tecnologias Digitais: Uso Do Phet No Ensino De Eletrodinâmica https://sec.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxiii/sys/resumos/T0462-1.pdf	Argemiro Midonês Bastos
Uma Proposta Para Ensino De Circuitos Elétricos: Uma Disciplina Eletiva No Programa De Ensino Integral De São Paulo https://sec.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxiii/sys/resumos/T0713-1.pdf	Fernando Grillo Araújo Sandro Albuquerque
Análogo Hidráulico E Mecânico Da Resistência E Da Resistividade Elétrica https://sec.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxiii/sys/resumos/T0827-1.pdf	Alexandre Tadeu Gomes De Carvalho Luiz Vitória Fernandes Da Silva Álvaro José Magalhães Neves Regina Simplicio Carvalho
Tem Menina No Circuito https://sec.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxiii/sys/resumos/T0116-1.pdf	Gabriella Galdino Da Silva Mayra Meirelles Marques Elis Sinnecker Tatiana Rappoport Thereza Cristina De Lacerda Paiva

<p>Prática De Resistores Utilizando Arduíno https://sec.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxiii/sys/resumos/T0302-1.pdf</p>	<p>João Augusto Filippe Camilo De Macedo Maria Inês Martins</p>
<p>O Ensino De Física Com O Uso De Tecnologia Da Informação E Comunicação: Uma Experiência Na Escola Marcos Bispo Da Silva https://sec.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxiii/sys/resumos/T0402-1.pdf</p>	<p>Marcelo Soares Doerte Chagas Côrtes Marlon Jhones Felipe Da Silva Walter Trennepohl Júnior</p>
<p>Estudo Sobre As Dificuldades Conceituais De Alunos De Engenharia Ambiental Acerca De Circuitos Elétricos https://sec.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxiii/sys/resumos/T0642-1.pdf</p>	<p>Victor Travagin Sanches Gláucia Grüninger Gomes Costa Jéssica Fabiana Mariano Dos Santos Lúcia Helena Sasseron Tomaz Catunda</p>
<p>Vídeo Analise De Um Análogo Mecânico Para Ensino Do Conceito De Resistividade https://sec.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxiii/sys/resumos/T0827-2.pdf</p>	<p>Luiz Vitória Fernandes Da Silva Henrique De Assis Santiago Alexandre Tadeu Gomes De Carvalho Álvaro José Magalhães Neves</p>
<p>O Uso Da Robótica Educacional No Estudo De Conceitos De Eletricidade. https://sec.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxiii/sys/resumos/T0539-1.pdf</p>	<p>Marcionilio Teles De Oliveira Silva Murilo Lopes De Souza</p>
<p>Utilizando A Escola De Ciência Física De Vitória - Es Para O Ensino De Eletricidade Baseado Nos Efeitos Da Corrente Elétrica https://sec.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxiii/sys/resumos/T0030-1.pdf</p>	<p>Luiz Otávio Buffon Julio Cesar Carriço Cândido</p>
<p>Uma Prática Investigativa De Eletricidade Para Alunos De Ensino Médio. https://sec.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxiii/sys/resumos/T0203-1.pdf</p>	<p>Telmo Paes Barreto Junior Jardel C. Brozeguini Ramon T. Prado</p>
<p>Um Relato De Experiência De Uma Aula Diferenciada De Física Utilizando O Chuveiro Elétrico https://sec.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxiii/sys/resumos/T0259-1.pdf</p>	<p>Erick Pizarro Prestes João Saccoman Rodolfo Alcântara Rodolfo Langhi Roselia Vidinha</p>

<p>Uso Das Ferramentas Scratch E Arduino No Ensino De Eletricidade Com Aplicação Tecnológica Em Telas Touch Screen Resistivas</p> <p>https://sec.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxiii/sys/resumos/T0315-1.pdf</p>	Ramon Felipe Bertasi
--	----------------------

SNEF XXII - http://www.sbfisica.org.br/~snef/xxii/	
Titulo Do Trabalho	Autores
<p>Investigação Científica Em Laboratório Aberto Como Estratégia Para Análise De Circuitos.</p> <p>http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sy/resumos/T0577-1.pdf</p>	<p>Alexandre Abraão Muriana Da Silva</p> <p>Reginaldo Aparecido Zara</p>
<p>Efeito Fotoelétrico: Uma Abordagem A Partir De Circuitos Elétricos</p> <p>http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sy/resumos/T0558-1.pdf</p>	<p>Júlio César Cabral</p> <p>Antonio Dos Anjos Pinheiro Da Silva</p> <p>Antônio Marcelo Martins Maciel</p>
<p>Uma Proposta Experimental Para O Ensino De Circuitos Elétricos No Ensino Médio</p> <p>http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sy/resumos/T0437-1.pdf</p>	<p>Danielle Pereira Rodrigues, Paulo Victor Santos Souza</p>
<p>Circuitos Elétricos No Ensino Médio: Uma Sequência Investigativa</p> <p>http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sy/resumos/T0759-1.pdf</p>	<p>Edilson Da Silva Torma, Valmir Heckler, Eliane Cappelletto</p>
<p>Relato De Uma Atividade Experimental No Ensino De Circuitos Elétricos</p> <p>http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sy/resumos/T0183-1.pdf</p>	<p>Jardel Francisco Bonfim Chagas</p> <p>Francisco José Da Silva</p>
<p>Scratch For Arduino E O Ensino De Corrente Elétrica: Uma Proposta Para O Ensino Médio</p> <p>http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sy/resumos/T0373-2.pdf</p>	<p>Emerson Rodrigo Baião</p> <p>Sérgio Ferreira Do Amaral</p> <p>Estéfano Vizconde Veraszto</p>
<p>Consumo De Energia Elétrica Em Aparelhos Domésticos: Uma Atividade Direcionada Ao Proeja</p> <p>http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sy/resumos/T0443-1.pdf</p>	<p>Lairane Rekovvsky</p> <p>Marco Antonio Moreira</p>

<p>Estudo Das Principais Dificuldades Dos Alunos Em Um Laboratório Investigativo De Eletricidade</p> <p>http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sy/resumos/T0444-1.pdf</p>	<p>Victor Travagin Sanches Gláucia Gomes Grüninger Costa Jéssica Fernanda Mariano Dos Santos Tomaz Catunda</p>
<p>Relato De Experiência Na Formação De Professores: A Eletricidade A Partir Do Ensino Por Investigação</p> <p>http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sy/resumos/T1217-1.pdf</p>	<p>Sabrina Eleutério Alves, Silvia Martins Santos, Nilva Lucia Lombardi Sales</p>
<p>Problematizando O Estudo Da Eletricidade: O Estudo Da Eletrodinâmica Estruturado Nos Três Momentos Pedagógicos</p> <p>http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sy/resumos/T1103-1.pdf</p>	<p>Antônio Marcelo Martins Maciel Iraziet Da Cunha Charret Celso Marciano Eliane Luzia Ferreira Gualberto</p>
<p>Análise Da Construção De Uma Aula De Eletricidade Nos Anos Iniciais Sob A Luz Transposição Didática</p> <p>http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sy/resumos/T1334-1.pdf</p>	<p>Fernanda Fonseca Bruno Da Silva Piva Picon Luciana De Moraes Jardim Sérgio Camargo Tania T. Bruns Zimer</p>
<p>Motivações, Simulações E Desempenho No Ensino De Eletricidade</p> <p>http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sy/resumos/T0593-2.pdf</p>	<p>Patricia Beneti De Oliveira Alcides Goya</p>
<p>Associação De Resistores E Proporcionalidade: Uma Abordagem Interdisciplinar Utilizando Maquetes Dinâmicas A Partir Dos Pontos Turísticos Das Cinco Regiões Do Brasil</p> <p>http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sy/resumos/T0090-1.pdf</p>	<p>Ana Paula Rebello João Bernardes Da Rocha Filho Edson Silva</p>
<p>Proposta De Aula Experimental Sobre Lei De Ohm E Resistores Para O Ensino Médio Utilizando O Scratch For Arduino</p> <p>http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sy/resumos/T0373-1.pdf</p>	<p>Emerson Rodrigo Baião Sérgio Ferreira Do Amaral Estéfano Vizconde Veraszto</p>
<p>Laboratório Convencional E Virtual: Uma Investigação Sobre O Ensino De Resistores</p> <p>http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sy/resumos/T0446-1.pdf</p>	<p>Oberlan Da Silva Ayron Andrey Da Silva Lima José Filipe Rodrigues Do Nascimento</p>

SNEF XXI - http://www.sbfisica.org.br/~snef/xxi/	
Titulo Do Trabalho	Autores
Inclusão No Ensino De Física: Atividade Sobre Associação De Resistores Para Alunos Com E Sem Deficiência Visual. http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxi/sys/resumos/T0476-1.pdf	Felipe Gustavo Silva De Abreu Alexandre Lopes De Oliveira
Uma Atividade Experimental Sobre Circuitos Resistivos Com O Diagrama V Como Recurso De Orientação E Avaliação http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxi/sys/resumos/T0408-1.pdf	Ramon Teodoro Do Prado Laércio Ferracioli.
Roteiros E Simuladores No Ensino De Eletricidade, Uma Ação Possível? http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxi/sys/resumos/T1083-1.pdf	Glaycon Pataquini Alves Monica Abrantes Galindo Gílian Cristina Barros
Experimentos De Baixo Custo Em Eletricidade E Magnetismo Para O Ensino Médio http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxi/sys/resumos/T1098-1.pdf	Alfredo Sotto Fernandes Jr Miguel Arcanjo-Filho
Elaboração De Um Ambiente Virtual De Ensino Para O Ensino De Circuitos Elétricos Simples http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxi/sys/resumos/T0572-1.pdf	Eliéverson Guerchi Gonzales Waldemir De Paula Silveira Paulo Ricardo Da Silva Rosa

SNEF XX - http://www.sbfisica.org.br/~snef/xx/	
Titulo Do Trabalho	Autores
Conceitos Subsunçores Em Circuitos Elétricos Simples E A Educação De Jovens E Adultos http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xx/sys/resumos/T1014-1.pdf	Paulo Ricardo Da Silva Rosa Eliéverson Guerchi Gonzales
Proposta De Uma Atividade Lúdica No Ensino De Corrente Elétrica http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xx/sys/resumos/T0799-1.pdf	Katia Regina Varela Roa Rui Manoel De Bastos Vieira

<p>O Uso De Uma Analogia Para Explicar O Conceito De Corrente Elétrica</p> <p>http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xx/sys/resumos/T0156-1.pdf</p>	<p>José Isnaldo De Lima Barbosa</p>
<p>Proposta De Protocolo Avaliativo. Um Estudo De Caso Para O Ensino De Eletricidade E Magnetismo</p> <p>http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xx/sys/resumos/T0523-1.pdf</p>	<p>Rafael Rodrigo Garofalo Paranhos Ducinei Garcia</p>
<p>O Uso De Modelos No Ensino: Um Caso De Eletricidade</p> <p>http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xx/sys/resumos/T0011-1.pdf</p>	<p>Fabiana Botelho Kneubil</p>
<p>Análise Da Inserção De Atividades Investigativas Nas Aulas Experimentais Em Um Curso De Eletricidade E Magnetismo No Ensino Superior</p> <p>http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xx/sys/resumos/T0277-2.pdf</p>	<p>Jessica Fabiana Mariano Dos Santos Gláucia Grüninger Gomes Costa Tomaz Catunda</p>
<p>Produtos Didáticos De Baixo Custo E Visualmente Atrativos Relacionados À Eletricidade</p> <p>http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xx/sys/resumos/T0416-1.pdf</p>	<p>Mário M. Dias Jr. Bruno Gonçalves Cyrill Oliveira Elisa A. E. Santos Geruza M. Bressan Graziele P. C. Almeida José F. C. Moraes Júlia A. Ferraz Karina A. M. Paula Nathalia D. Kistenmacker Nicole W. Ferreira Pâmela A. Oliveira Sérgio L. França</p>
<p>As Concepções Sobre A Condução Elétrica Nas Atividades Da Sala De Aula</p> <p>http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xx/sys/resumos/T0567-1.pdf</p>	<p>Maria Christina F. Bueno Cristina Leika Horii Jesuína Lopes De Almeida Pacca</p>

<p>Cinema E Física: Um Relato Da Utilização Do Filme De Frankenstein De Mary Shelley Para Introdução Do Conteúdo De Eletricidade</p> <p>http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xx/sys/resumos/T0652-1.pdf</p>	<p>Rander Do Prado Vidal Antonio L. F. Junior Iago S. B. Kamimura Marcos Dionízio Moreira Nilva L. L. Sales</p>
<p>Abordagem Do Conceito De Corrente Elétrica Em Um Circuito Elétrico Simples Por Meio De Analogias Com Um Aparato Experimental</p> <p>http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xx/sys/resumos/T0121-1.pdf</p>	<p>Vitor Marques Pereira Luciano Carvalhais Gomes</p>

<p>SNEF XIX - http://www.sbfisica.org.br/~snef/xix/</p>	
<p>Titulo Do Trabalho</p>	<p>Autores</p>
<p>Material Sobre Associação De Resistores Para O Ensino De Alunos Com Deficiência Visual E Auditiva</p> <p>http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xix/sys/resumos/T0394-1.pdf</p>	<p>Eder Alves Pereira Jefferson Yoshio Ocawada Rodolfo Cesar Cestari Eder Pires De Camargo Paola Trama Alves Dos Anjos</p>
<p>Análise Da Evolução Do Conceito De Associação De Resistores Por Meio De Desenhos De Alunos Do Ensino Médio</p> <p>http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xix/sys/resumos/T0419-1.pdf</p>	<p>Ana Paula Rebello Maurivan Güntzel Ramos</p>
<p>Circuitos Elétricos Em Uma Aula De Eletricidade Básica</p> <p>http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xix/sys/resumos/T0221-1.pdf</p>	<p>Giseli De Oliveira Cardoso Jonny Nelson Teixeira</p>
<p>A Construção De Um Circuito Elétrico Misto, Em Uma Oficina De Aprendizagem No Colégio Sesi De Londrina/Pr, Com Ênfase Na Deficiência Visual.</p> <p>http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xix/sys/resumos/T0385-2.pdf</p>	<p>Ana Aline De Medeiros Alexandre Fregolente Diego Marques Da Silva</p>
<p>Avaliação Da Aprendizagem De Física No Ensino Médio Através Do Uso De Circuitos Elétricos Simples</p> <p>http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xix/sys/resumos/T0651-1.pdf</p>	<p>Paula Rocha Pessanha Rafael Dos Santos Aline Sá Do Espírito Santo José Carlos Xavier Da Silva Soraia Rodrigues De Azeredo</p>

Implementação De Um Curso De Laboratório De Física Geral Iii (Eletricidade E Magnetismo) Baseado Em Investigação http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xix/sys/resumos/T0052-2.pdf	Gláucia G.G. Costa Edson V. Roberto Rui C.Pietronero Tomaz Catunda
Ambiente Virtual De Aprendizagem Para Apoio Ao Ensino De Eletricidade Para O Ensino Médio http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xix/sys/resumos/T0346-1.pdf	Alessandro M. Deana Alexandre A. Mesquita Yordan Leal Felipe A. Finelli Andriellen Medeiros Sidnei A. De Araujo

EPEF XVII - http://www.sbfisica.org.br/~epef/xvii/index.php/pt/	
Titulo Do Trabalho	Autores
A Natureza Da Luz E Da Eletricidade Em Um Livro Didático Do Início Do Século Xx No Brasil https://sec.sbfisica.org.br/eventos/epef/xvii/sys/resumos/T0171-1.pdf	Roberto Da Silva Mauro Marcelo Zanotello

EPEF XVI - http://sbfisica.org.br/~fisica2016/
--

EPEF XV - http://www.sbfisica.org.br/~epef/xv/	
Titulo Do Trabalho	Autores
Análise Da Aprendizagem De Circuitos Elétricos Em Cursos De Laboratório De Física Experimental Baseados Em Investigação http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epef/xv/sys/resumos/T0221-1.pdf	Gláucia Grüninger Gomes Costa Jéssica Fabiana Mariano Dos Santos Tomaz Catunda

EPEF XIV - http://www.sbfisica.org.br/~epef/xiv/	
Titulo Do Trabalho	Autores
Reestruturação De Um Laboratório De Física Geral III (Eletricidade E Magnetismo) Com Inserção De Atividades Investigativas	Jéssica Fabiana Mariano Dos Santos Gláucia Grüninger Gomes Costa

http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epef/xiv/sys/resumos/T0302-1.pdf	Tomaz Catunda
A Análise Multinível Em Estudos Longitudinais: Investigando A Evolução Do Entendimento Dos Estudantes Em Eletricidade http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epef/xiv/sys/resumos/T0201-1.pdf	Geide Rosa Coelho Amanda Amantes Neiva Ribeiro

EPEF XIII -

http://www.sbfisica.org.br/~fisica2011/index22cb.html?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=13

EPEF XII - <http://www.sbfisica.org.br/~epef/xii/>

Titulo Do Trabalho	Autores
Construindo uma escala para avaliar o entendimento dos estudantes em eletricidade http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epef/xii/sys/resumos/T0041-1.pdf	Geide Rosa Coelho Oto Borges
Circuitos Simples De Eletricidade Na Eja - Uma Proposta Desenvolvida No Âmbito Do Pibid/Ifsp http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epef/xii/sys/resumos/T0197-1.pdf	Camila Malavazi Rebeca Vilas Boas Cardoso de Oliveira Bruna Graziela Garcia Potenza

ENPEC XI - <http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/trabalhos.htm>

Titulo Do Trabalho	Autores
Real X Virtual No Aprendizado De Circuitos Elétricos: Um Estudo Comparativo De Quatro Diferentes Tipos De Ferramentas De Processamento Extracerebral Com Relação Às Imagens Mentais E Drivers De Estudantes Que As Utilizaram. http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/resumos/R0823-1.pdf	Moreira, L. P. B. Andrade Neto, A. S.
Circuitando: Um Jogo Como Recurso De Aprendizagem Para O Ensino De Circuitos	Daminelli, L. M. Silva, L. S. Z.

Elétricos. http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/resumos/R0820-1.pdf	Alves, M. F. S.
Unidades De Ensino Potencialmente Significativas (Ueps) Aliadas À Experimentação No Ensino De Eletrodinâmica Com Alunos Do Projeto Mundial http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/resumos/R2418-1.pdf	Victor Souza Paulo Ferreira Ranier Rocha Bruno Batista Lucicléia Pereira João Paulo

APÊNDICE B – Tabela de cores de resistores

As faixas de cores impressas nos resistores mostram o valor de sua resistência elétrica.

A primeira faixa é a que se encontra sobre a parte mais espessa do resistor, a cor dela define o primeiro algarismo do valor da resistência elétrica.

A segunda faixa define o segundo algarismo.

Para resistores com apenas quatro faixas: a terceira faixa representa o multiplicador e a quarta faixa representa a o percentual de erro possível na construção do equipamento.

Para resistores de cinco faixas: a terceira faixa representa o terceiro algarismo, a quarta faixa representa o multiplicador e a quinta faixa representa a o percentual de erro possível na construção do equipamento.

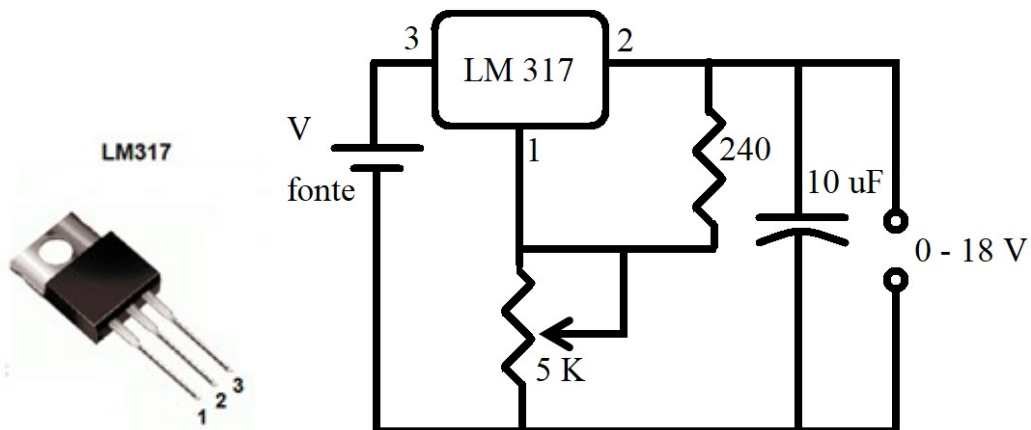
Por exemplo, um resistor que possui as faixas marrom, verde, preto, vermelho e dourado possui um valor de 15000 Ω com um erro de 5%.

Cor	1ª faixa	2ª faixa	3ª faixa	Multiplicador	Tolerância
Preto	0	0	0	x 1	
Marrom	1	1	1	x 10	+/- 1%
Vermelho	2	2	2	x 100	+/- 2%
Laranja	3	3	3	x 1000	
Amarelo	4	4	4	x 10000	
Verde	5	5	5	x 100000	+/- 5%
Azul	6	6	6	x 1000000	+/- 0.25%
Violeta	7	7	7	x 10000000	+/- 0.1%
Cinza	8	8	8		+/- 0.05%
Branco	9	9	9		
Dourado				x 0.1	+/- 5%
Prateado				x 0.01	+/- 10%

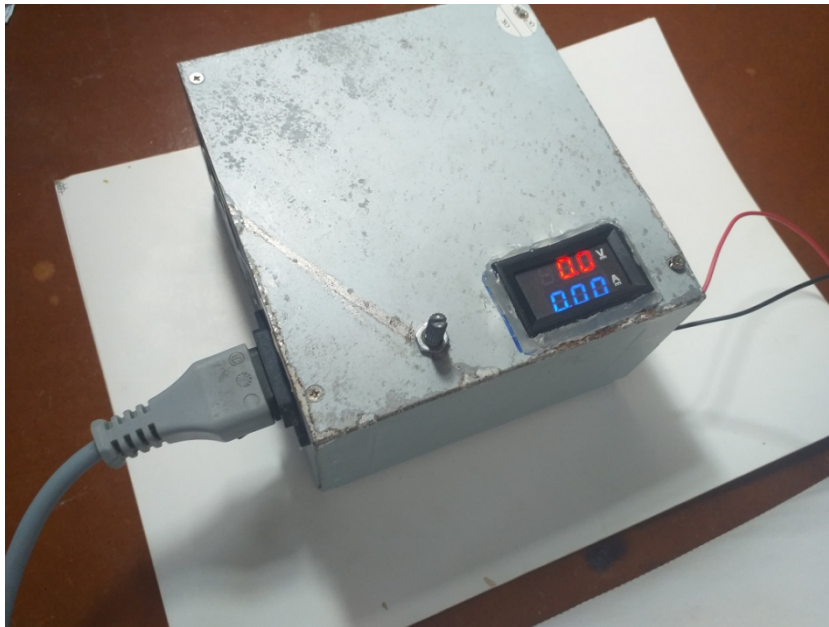
APÊNDICE C – Esquema eletrônico de uma fonte de tensão regulável

O regulador de tensão LM 317 é encontrado em lojas de componentes eletrônicos e possui 3 terminais de conexão.

O terminal #1 é ligado a um resistor variável que altera a diferença de potencial entre a saída e o terminal 0V da fonte. No terminal #2 é ligado os resistores para as medições de corrente do circuito. E no terminal #3 é ligado o terminal positivo da fonte de tensão.



Abaixo uma foto do equipamento montado:



APÊNDICE D – Circuito alternativo com medidores externos à fonte

A figura a esquerda representa uma fonte de tensão, um amperímetro, um resistor e um voltímetro para as medidas de corrente e tensão elétrica atuando no resistor. Na direita uma foto do esquema montado.

