

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA, CAMPUS ARARANGUÁ
LICENCIATURA EM FÍSICA**

VITOR FERNANDES RUFINO

**PROPOSTA DE MANUAL DE CONFEÇÃO DE UM *KIT* DIDÁTICO CONTENDO
EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO PARA O ENSINO DE
ELETROMAGNETISMO**

ARARANGUÁ/SC

2025

VITOR FERNANDES RUFINO

**PROPOSTA DE MANUAL DE CONFEÇÃO DE UM *KIT* DIDÁTICO CONTENDO
EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO PARA O ENSINO DE
ELETROMAGNETISMO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Câmpus Araranguá, para obtenção do grau de Licenciado em Física.

Orientador: Prof. Me. Edmilson Souza Barreto

Coorientador: Prof. Dr. Bruno Leal Dias

ARARANGUÁ/SC

2025

VERSO FOLHA DE ROSTO

ELABORAR FICHA CATALOGRÁFICA

AGRADECIMENTOS

Inicialmente, quero agradecer a Deus por ter permitido iniciar, continuar e terminar o curso superior de Licenciatura em Física.

Agradeço também aos professores Edmilson, Bruno e William, por terem sido meus orientadores e coorientadores, e que me auxiliaram a escrever e revisar este trabalho.

A minha avó materna Ester, por ter me permitido continuar o curso de Licenciatura em Física.

A minha avó paterna Paula, por ter me consolado nos momentos difíceis da minha vida.

Também agradeço ao meu colega de curso, Paulo, que me ajudou tanto a pensar sobre os experimentos quanto a disponibilizar os equipamentos para montagem, além de ceder parte de seu tempo para me ajudar.

“Apesar do aspecto assustador desta equação, Schrödinger não teve dificuldade para resolvê-la porque é semelhante a outras equações diferenciais parciais [...]”

Paul A. Tipler; Ralph A. Llewellyn

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo apresentar uma proposta de um manual de construção de um *kit* didático experimental que permite explorar os conteúdos relacionados ao eletromagnetismo de forma concreta, de modo a encorajar os estudantes a fazerem previsões e discutir os fenômenos observados. Para isso, foi adotado como metodologia a pesquisa de experimentos que podem ser usados no ensino de eletromagnetismo, e que são de baixo custo; realizou-se a descrição dos experimentos fundamentada pela Física, relacionando o conhecimento cientificamente aceito com as demonstrações; e por fim foi organizado o conteúdo de física fundamental para explicar o fenômeno físico com os experimentos encontrados. Os resultados desse trabalho mostram que é possível construir experimentos de baixo custo para o ensino do eletromagnetismo. Por fim, concluímos que consideramos a experimentação no ensino de física uma boa prática, que poderá ser um fator potencializador no que tange o desenvolvimento humano e aprendizagem dos alunos.

Palavras-chave: eletromagnetismo, ensino de física, experimentos de baixo custo.

ABSTRACT

This work aims to present a proposal for a manual to construct an experimental teaching kit that allows for the concrete exploration of electromagnetism-related content, encouraging students to make predictions and discuss observed phenomena. To this end, the methodology adopted involved researching low-cost experiments suitable for teaching electromagnetism; describing the experiments based on physics principles, relating scientifically accepted knowledge to demonstrations; and finally, organizing fundamental physics content to explain the physical phenomenon using the experiments found. The results of this work show that it is possible to construct low-cost experiments for teaching electromagnetism. Finally, we conclude that experimentation in physics teaching is a good practice that can be a potentiating factor in human development and student learning.

Keywords: electromagnetism, Physics teaching, low cost experiments.

LISTA DE IMAGENS

Figura 01 - Alguns capacitores	24
Figura 02 - Vista explodida do aparato a ser montado	31
Figura 03 - Aparato montado	31
Figura 04 - Esferas de papel alumínio sendo atraídas pelo acrílico	33
Figura 05 - Primeira parte da montagem	35
Figura 06 - Segunda parte da montagem	35
Figura 07 - Aparato montado	35
Figura 08 - Configuração das cargas em uma Garrafa de Leiden	36
Figura 09 - Lâmpada neon teste	38
Figura 10 - Ilustração do resultado final do gerador com motor de corrente contínua	41
Figura 11 - Os elementos de um motor elétrico	41
Figura 12 - Disposição sugerida dos componentes	44
Figura 13 - Detalhe para fixar o resistor	44
Figura 14 - Detalhe para fixar a fonte CC	44
Figura 15 - Ilustração do motor com bobina e pilha	46
Figura 16 - Detalhe da bobina utilizada no experimento	47
Figura 17 - Resultado final dos experimentos.	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Levantamento dos artigos encontrados por revista	13
Tabela 02 - Lista de materiais necessários para o experimento da cama de esferas de papel alumínio	30
Tabela 03 - Lista de materiais necessários para a garrafa de Leyden	34
Tabela 04 - Lista de materiais necessários para o experimento 3	38
Tabela 05 - Lista de materiais necessários para o experimento 4	40
Tabela 06 - Lista de materiais necessários para o experimento 5	43
Tabela 07 - Lista de materiais necessários para o experimento 6	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ARECM	Amazônia – Revista de Educação em Ciências e Matemáticas
CBEF	Caderno Brasileiro de Ensino de Física
ENPEC	Ensaio: pesquisa em educação em ciências
FnE	A Física na Escola
IENCI	Investigações em Ensino de Ciências
LED	Diodo Emissor de Luz (do inglês Light Emission Diode)
LEDs	Diodos Emissores de Luz
RBECT	Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia
RBEF	Revista Brasileira em Ensino de Física
RBPEC	Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências
RCE	Ciência & Educação
RECM	Acta Scientiae: Revista de Ensino de Ciências e Matemática
RECMAT	Revista de Educação, Ciências e Matemática
REnCiMa	Revista de Ensino de Ciências e Matemática
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
TD	Transposição Didática
TICs	Tecnologias da Informação e Comunicação

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	10
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	21
FUNDAMENTAÇÃO PEDAGÓGICA E EPISTEMOLÓGICA.....	21
FUNDAMENTAÇÃO FÍSICA.....	23
Lei de Coulomb.....	23
Capacitores.....	23
Campo elétrico.....	24
Equação de Faraday-Lenz.....	25
Lei de Ohm.....	25
Força Magnética.....	26
METODOLOGIA.....	27
EXPERIMENTOS DE ELETROMAGNETISMO.....	29
CAMA DE ESFERAS DE PAPEL ALUMÍNIO.....	29
Transposição Didática da Cama de Esferas de Papel Alumínio.....	31
GARRAFA DE LEYDEN.....	33
Transposição Didática da Garrafa de Leyden.....	36
LÂMPADA NEON.....	36
Transposição Didática da Lâmpada Neon.....	38
GERADOR COM MOTOR DE CORRENTE CONTÍNUA.....	39
Transposição Didática do Gerador com Motor de Corrente Contínua.....	41
CIRCUITO COM RESISTÊNCIAS E DIODOS EMISSORES DE LUZ (LEDS)....	42
Transposição Didática do Circuito com Resistências e Diodos Emissores de Luz (LEDS).....	44
MOTOR COM BOBINA E PILHA.....	44
Transposição Didática do Motor com Bobina e Pilha.....	46
RESULTADOS.....	47
CONCLUSÃO.....	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49
ANEXOS.....	53
ANEXO 1: ROTEIRO EXPERIMENTAL 1 - CAMA DE ESFERAS DE PAPEL ALUMÍNIO.....	53
ANEXO 2: ROTEIRO EXPERIMENTAL 2 - GARRAFA DE LEYDEN.....	57
ANEXO 3: ROTEIRO EXPERIMENTAL 3 - LÂMPADA NEON.....	61
ANEXO 4: ROTEIRO EXPERIMENTAL 4 - GERADOR COM MOTOR ELÉTRICO	65
ANEXO 5: ROTEIRO EXPERIMENTAL 5 - CIRCUITO ELÉTRICO COM RESISTÊNCIAS E LÂMPADAS.....	69
ANEXO 6: ROTEIRO EXPERIMENTAL 6 - MOTOR COM BOBINA E PILHA.....	74

INTRODUÇÃO

O presente Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi escrito durante as disciplinas de TCC1 e TCC2 do curso de Licenciatura em Física no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Campus Araranguá. O texto produzido descreve um manual de construção de seis experimentos de eletromagnetismo, de baixo custo para serem utilizados nas aulas de física.

A construção de determinados experimentos de eletromagnetismo propriamente dita pode acabar sendo um campo relativamente de alto custo, haja vista que experimentos que unem o magnetismo e eletricidade tendem a envolver certo grau de complexidade e isso causa dificuldade na obtenção de materiais específicos. Os autores Diniz e Araújo (2018) e Salomão *et al.* (2023) discorrem brevemente acerca disso: Diniz e Araújo (2018) propõem a construção de um motor de indução trifásico de baixo custo, utilizando materiais reciclados. Os mesmos autores também trazem a opção de escolher conjuntos prontos, disponíveis para compra, que possuem a mesma finalidade do motor de baixo custo, porém são opções inviáveis devido ao alto preço oferecido pelo mercado.

Já no trabalho de Salomão *et al.* (2023), os autores propõem-se a trazer alguns experimentos de eletromagnetismo, juntamente com o manual de montagem e explicação física dos experimentos. O trabalho é bastante parecido com o descrito aqui, porém aborda outros experimentos e explica seu funcionamento de forma diferente da adotada aqui. Em seu texto, os autores justificam a busca por materiais alternativos pois sabem que a disponibilização de um laboratório de física com materiais necessários para montagem dos protótipos de eletromagnetismo propostos pelos autores exige um alto grau de investimento, o que não é realidade em muitas escolas públicas brasileiras.

Dessa forma, é possível inferir que a compra de insumos novos, ou até mesmo reciclados, para confecção de projetos voltados ao ensino de eletromagnetismo torna-se, em determinados momentos inviável, ocasionando dificuldades para os professores que possuem mais interesse em utilizar como metodologia de aula a utilização de experimentos e observação do comportamento real da natureza.

Destaca-se também a potencialidade que um experimento traz para a sala de aula. O trabalho de Souza e Binder (2023) vai discorrer sobre a importância de compreender que o empreendimento científico produzido por intermédio da experimentação, ou seja, a conexão entre teoria e prática é permeada por problemas e soluções durante sua elaboração. Com essa prática, as autoras apresentam como a realização de experimentos pode ser uma prática pedagógica considerável, propondo uma observação mais crítica dos processos de *fazer ciência*.

Já há diversos trabalhos retratando experimentos de eletromagnetismo e também questões importantes dentro do escopo de física, tais como a História da Ciência e Epistemologia da Ciência (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2003), porém, a preocupação na obtenção das matérias-primas necessárias para conceber os instrumentos experimentais ainda é pouco discutida nos periódicos acadêmicos.

Ainda retrata-se a dificuldade do autor sobre o quesito financeiro de suas produções. Licenciandos em física possuem uma margem de tempo relativamente curta para executar suas atividades, ou possuem dificuldade para estarem em um ambiente formal de emprego, o que aumenta a necessidade de produção de materiais de baixo custo.

Nesse contexto, cabe aos professores organizar um ambiente em que as pessoas possam se desenvolver, que seja democrático e participativo para todos os indivíduos, tais como pais, filhos, educadores, auxiliares administrativos e professores. O exercício docente visa a formação científica crítica dos discentes que estão ali, combinando as concepções científicas atualmente aceitas com o contexto sociocultural que os alunos trazem a partir de sua vida (BNCC, 2018). Diante disso, o presente trabalho possui como objetivo apresentar um manual de construção e utilização de seis experimentos de baixo custo para o ensino de eletromagnetismo.

Portanto, o presente trabalho tem como objetivo responder à seguinte pergunta: é possível construir um manual que contenha experimentos de baixo custo sobre eletromagnetismo para auxiliar professores de física?

A hipótese é que é possível construir produtos didáticos que relacionem a teoria a ser ensinada em física sobre eletromagnetismo com experimentos de baixo custo que contribuam com o processo de ensino e aprendizagem. A partir disso, o objetivo geral do trabalho é confeccionar um manual com alguns experimentos para ensino de eletromagnetismo, junto com seu roteiro experimental, relacionando os conteúdos de física com os experimentos de baixo custo. E os objetivos específicos

são: (1) Pesquisar experimentos que contemplem o ensino de eletromagnetismo, visando o baixo custo; (2) Desenvolver manuais descritivos e vídeos sobre a confecção dos experimentos; (3) Relacionar o conteúdo teórico que explique o experimento com o ensino de física; (4) Relacionar a experimentação com o empreendimento científico; e (5) Propor um manual de construção de experimentos que pode ser implementado às aulas de eletromagnetismo.

A produção não está fundamentada em uma sequência didática. Desse modo, apresenta-se um conjunto de atividades experimentais acompanhadas de roteiros sucintos que podem ser implementadas separadamente, ficando a cargo do professor sua viabilidade. Com esse intuito, o trabalho foi dividido nos seguintes capítulos: introdução, revisão bibliográfica, fundamentação teórica, metodologia, experimentos de eletromagnetismo, resultados esperados, conclusão e referências bibliográficas.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para realizar a revisão bibliográfica deste TCC, foi utilizado inicialmente como base as palavras-chave eletromagnetismo (1), eletrodinâmica (2), experimentação (3), didática (4), e baixo custo (5). Dado os critérios definidos, utilizou-se as bases de pesquisa de artigos combinando, no mínimo, duas palavras-chave em seu buscador junto com os operadores booleanos AND ou OR.

Foram feitas duas buscas: uma unindo pelo menos duas palavras-chave já definidas, outras utilizando somente as palavras chave eletromagnetismo (1) e eletrodinâmica (2). O motivo da realização de duas buscas foi o pequeno número de artigos encontrados na primeira, sendo necessário reavaliar os conceitos buscados e encontrar trabalhos pertinentes à essa produção.

Utilizando a base de dados da Scielo para realizar a pesquisa nas seguintes revistas: Ciência & Educação (RCE) e Revista Brasileira em Ensino de Física (RBEF). Após a busca nas revistas RCE e RBEF, também foi realizada uma exploração nas seguintes revistas, utilizando apenas as palavras-chave eletromagnetismo e eletrodinâmica, pois essas possuem um sistema de indexamento particular, ou seja, a busca dos artigos é feita diretamente no *site* das revistas: Ensaio: pesquisa em educação em ciências (ENPEC), Alexandria, Amazônia, Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF), Investigações em Ensino de Ciências (IENCI), Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia (RBECT), Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências (RBPEC), e A Física na Escola (FnE). Ainda, segundo orientações do professor da disciplina de TCC 1, também buscou-se trabalhos que já foram explorados por acadêmicos do IFSC Araranguá acerca do tema eletromagnetismo, por esse fato utilizou-se pelo menos uma das palavras-chave no banco de TCCs do IFSC Araranguá, intitulado como Repositório IFSC.

Por fim, os resultados obtidos das pesquisas realizadas constam na tabela 01:

Tabela 01 - Levantamento dos artigos encontrados por revista.

	Palavras-chave	(1)	(2)	(3) AND (1) OR (2)	(4) AND (1) OR (2)	(5) AND (1) OR (2)	(1) AND (2)	Subtotal
Revistas								
RCE		0	0	----	----	----	----	0
RBEF		25	21	----	----	----	7	3
ENPEC		1	0	----	----	----	----	0
Amazônia		1	0	----	----	----	----	0
Alexandria		0	----	----	----	----	----	0
CBEF		18	4	3	0	----	----	3
IENCI		2	0	----	----	----	----	1
RBECT		20	8	0	----	----	----	1
RBPEC		2	0	----	----	----	----	0
FnE		3	0	----	----	----	----	1
Repositório IFSC		2	0	----	----	----	----	2
Outros		----	----	----	----	----	1	1
Total de trabalhos	12							

Fonte: o autor.

Faz-se um adendo à escolha dos artigos presentes na RBEF e no Repositório IFSC. Fazendo uma breve análise na tabela, é possível notar que existe um parâmetro incomum nas pesquisas ao unir as palavras-chave (1) e (2) (eletromagnetismo e eletrodinâmica) ao final da tabela, e ainda que o total de artigos selecionados não coincida com o total de artigos encontrados pelo buscador. O motivo disso é a pertinência que os trabalhos possuem para esse TCC de acordo com a leitura do seu resumo, e por meio de avaliação, optou-se pela escolha de apenas três dentre os sete artigos. Sobre a escolha do Repositório IFSC para a pesquisa de trabalhos, cabe salientar que a produção encontrada na revisão vincula-se ao tema de pesquisa proposto, e que é de grande valia para a produção deste texto. Assim, a revisão bibliográfica resultou na análise de nove artigos e também de dois trabalhos de conclusão de curso, sendo cada produção comentada a seguir.

Após a realização da leitura dos artigos, decidiu-se ordenar sua apresentação por blocos temáticos. Desse modo, os trabalhos de Alves, Morais e Santos (2023), Silva *et. al.* (2017), Santos e Maionchi (2021), Soares *et. al.* (2021) e Alves *et. al.* (2022) englobam um viés experimental, visto que em suas publicações constam instruções com detalhes da produção e funcionalidade de seus aparatos experimentais, dando ao leitor margem para reprodução e utilização em sala de aula. Ainda, tendo em mente agora uma abordagem na educação, Pereira e Santos (2023), Spohr, Garcia e Santarosa (2017) e Santos (2018) discorrem sobre seus relatos em sala de aula, descrevendo-os e também relatando suas abordagens metodológicas utilizadas, juntamente com seus resultados obtidos. Por fim, Fontes e Rodrigues (2021) empreendem uma revisão bibliográfica a fim de constatar as publicações relacionadas ao ensino de eletromagnetismo através da experimentação.

Junto aos trabalhos já citados, também foi feita leitura dos trabalhos de Presa (2016) e Silva (2019), pois os dois textos dialogam, em partes, com o trabalho escrito até então. A decisão de analisar mais duas produções, uma oriunda do Repositório IFSC, outra não, foi tomada para entrar em acordo com as sugestões apresentadas na primeira banca de avaliação deste TCC. Os dois trabalhos serão analisados na última parte desta seção.

Do ponto de vista de construção de experimentos, Alves, Morais e Santos (2023) têm por finalidade construir um medidor de força magnética a partir de uma balança digital utilizada para medir o peso dos alimentos. Na mesma lógica, os autores também utilizam sensores, em especial o sensor de efeito Hall, para determinar o módulo do campo magnético incidente sobre o condutor. Apesar de se tratar de um experimento visando custo reduzido, alguns materiais são confeccionados a partir de ferramentas particulares dos pesquisadores, o que pode ser um entrave na construção do projeto. Cabe salientar que os autores se propõem em detalhar todas as etapas de construção de seu medidor de força magnética, diferentemente dos artigos encontrados na revisão bibliográfica feita por eles, pois os trabalhos relacionados ao tema de pesquisa possuíam poucos detalhes técnicos para reproduzir a confecção de seus experimentos.

Na mesma perspectiva, Silva *et al.* (2017) produzem um manual de construção e aperfeiçoamento do experimento de Michelson-Morley para ser utilizado nas aulas de ondulatória ou óptica. Também preocupam-se, mesmo que

minimamente, com o caráter filosófico do empreendimento científico, ou seja, de que a construção científica é permeada de dúvidas, e para que isso torne-se evidente no artigo, os autores elaboram uma sequência histórica até chegar nas discussões de Newton e Huygens, e cessam no ponto histórico entre Einstein e a teoria do éter. Por fim, o artigo propõe-se a ser um manual de como é possível realizar a montagem do interferômetro de Michelson-Morley, porém não fica claro em qual contexto de física o experimento seria de grande valia, ficando a cargo do leitor como utilizá-lo em suas aulas.

Ainda tratando de experimentação, o artigo de Santos e Maionchi (2021) fornece especificações técnicas de como realizar a montagem de uma maleta didática que contém elementos para o estudo da eletrodinâmica. O objetivo é que, a partir das diferentes configurações de ligação de resistores e indutores aderidos à maleta, seja observado e calculado o respectivo valor da tensão aplicada em um motor de indução. O artigo traz uma série de equações descrevendo a corrente, o campo magnético e potência do motor, o que é útil na elaboração de um plano de aula propriamente dito. Sobre o artigo, há controvérsias, pois além de serem conteúdos mais aprofundados acerca do eletromagnetismo, não é exatamente possível de realizar essa prática no ensino médio, haja vista os conceitos abstratos e algumas ferramentas oriundas do cálculo numérico.

Em questões utilizando a Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), o artigo de Soares *et al.* (2021) descreve de modo bastante resumido o funcionamento de um sensor Hall para detecção da polaridade magnética presente em uma bobina. No aparato, utiliza-se a placa Arduino para leitura e interpretação do sinal enviado pelo sensor Hall, e para efetuar os testes, os autores passam corrente por uma bobina enrolada em um prego de ferro, potencializando o efeito magnético do indutor e, através do aparato feito por sensores, indicando a polaridade do campo magnético que a bobina produz próximo aos sensores.

O trabalho de Alves *et al.* (2022) visa detalhar o funcionamento de um gerador de corrente alternada fabricado pelos autores com bobinas e ímãs permanentes. Para tanto, os autores demonstram brevemente a montagem, sugerindo que os leitores do artigo busquem o material que demonstra propriamente a montagem do gerador, para que nessa produção os autores se concentrem mais nas questões acerca de medidas quantitativas. Por fim, trazem os dados obtidos através de ferramentas de medição, tais como o multímetro, osciloscópio e

taquímetro, para assim relacionar os dados com as equações do eletromagnetismo, sobretudo as equações de circuitos de corrente alternada, tais como o valor da tensão quadrática média (tensão RMS), a frequência média (f_m) a frequência real (f_r), entre outros dados, que são plotados em gráficos comparativos com o valor esperado e o valor real.

Também, os autores Pinto, Silva e Ferreira (2017) trazem um experimento, aparentemente de baixo custo, que denominam *kit* didático. O *kit* didático aparenta ser construído pelos autores devido à sua simplicidade, porém, isso não é explicitado no texto, mas são dadas sugestões de possíveis melhorias a fim de tornar o experimento mais seguro e funcional para a sala de aula. O objetivo do experimento é trazer à tona as questões acerca da história da ciência no período que Oersted fez a descoberta da relação entre eletricidade e magnetismo, criando um ambiente para os alunos chamado laboratório desafiador, pois os estudantes terão os mesmos problemas que Oersted e a partir da leitura acerca do contexto histórico recriado pelos autores, terão de responder a mesma questão que Oersted respondeu, levando em conta o caráter histórico da ciência.

No que tange aos trabalhos de caráter metodológico, Pereira e Santos (2023) baseiam-se na implementação das propostas de Sasseron (2008) sobre Alfabetização Científica, em turmas de ensino fundamental da rede privada de ensino. Para verificar os indicadores de Alfabetização Científica, os autores propuseram o uso de simuladores virtuais para o ensino de eletromagnetismo e realizaram transcrição de diálogos e questionários, fazendo análise da evolução conceitual que os alunos apresentam durante as aulas, que foram realizadas de modo *online* devido à pandemia do COVID-19.

Na mesma linha de raciocínio, as autoras Spohr, Garcia e Santarosa (2017) se propõem a planejar e implementar uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) baseada na teoria da aprendizagem de Moreira (2010), a Aprendizagem Significativa Crítica. O planejamento da unidade didática ocorreu durante a disciplina de Estágio Supervisionado I, feita na primeira parte do ano, e a implementação foi feita na disciplina de Estágio Supervisionado II, na segunda parte do ano, em uma turma pequena de 18 alunos do ensino médio. Os resultados, inferidos através das produções dos alunos, como questionários e mapas conceituais, mostram que a Aprendizagem Significativa Crítica é manifestada pela

maioria dos participantes, e que esse processo tornou esses discentes estudantes mais ativos no processo de ensino e aprendizagem, a partir da colaboração que as pesquisadoras e o núcleo coordenador de educação construíram para assim realizar o planejamento na turma escolhida.

O trabalho de Santos (2018) tem como um de seus objetivos apresentar a sequência didática adotada pelo autor para exploração das aulas de eletromagnetismo realizadas no terceiro ano do ensino médio do curso técnico em vestuário do IFSC Araranguá. Também, o autor preocupa-se em tornar a exposição de conteúdos o mais ligada possível com os conhecimentos anteriores dos alunos, realizando testes prévios e estudando concepções alternativas na literatura disponível. Santos (2018) preocupa-se na produção de materiais que potencializassem o ensino ativo por meio de atividades práticas, tais como a produção de experimentos de acordo com os conteúdos vistos pela turma, tanto como por atividades extraclasse, como a chamada "caça ao tesouro". Ressalta-se que a atividade "caça ao tesouro" explorava os conhecimentos sobre magnetismo através de bússolas.

Dando sequência, Fontes e Rodrigues (2021) fazem uma análise dos principais artigos publicados entre 2000 até 2019 nas revistas Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF); Investigações em Ensino de Ciências (IENCI); Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia (RBECT); Revista de Ensino de Ciências e Matemática (REnCiMa); Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (RBPEC); Acta Scientiae: Revista de Ensino de Ciências e Matemática (RECM); Amazônia – Revista de Educação em Ciências e Matemáticas (ARECM) e Revista de Educação, Ciências e Matemática (RECMAT), a fim de encontrar quais são as perspectivas e fundamentações teóricas para basear o ensino de física na experimentação, uso de laboratórios virtuais, e a utilização da teoria de aprendizagem de Vygotsky no ensino de eletromagnetismo. Os resultados de suas pesquisas evidenciam 46 trabalhos no total, sendo cada produção voltada a diferentes níveis da educação, como o ensino fundamental, ensino médio, ensino superior, ensino técnico e ensino para jovens e adultos. Juntamente a análise das áreas de ensino, é realizada também uma avaliação da utilização de referencial teórico, e como esse referencial teórico conecta-se ao uso de TICs, experimentações e intervenções didáticas.

Após uma segunda análise de trabalhos que se relacionam com este, o primeiro observado é o TCC de Presa (2016). Nele, a autora dedica-se a explorar os conhecimentos de eletromagnetismo de duas turmas de ensino médio, de uma escola de Meleiro-SC, por meio de experimentos. Vale destacar que os alunos já haviam tido aulas sobre o tema, fazendo assim sua pesquisa ter o objetivo analisar as respostas dos discentes sobre quais concepções, científicas ou de senso comum, os alunos possuíam acerca do funcionamento desses experimentos realizados, por meio de questionários. Junto às perguntas do questionário, a autora também propõe-se em analisar a compreensão dos fenômenos eletromagnéticos presentes no cotidiano dos alunos. Após uma leitura rápida, os resultados obtidos mostram que, de modo geral, as respostas analisadas levam a entender que a compreensão dos fenômenos elétricos e magnéticos são oriundos de causas diferentes, e também que sua causa é dada por elementos superficiais, como por exemplo “cargas presas à superfície” do objeto estudado.

Já no TCC de Silva (2019), o objetivo de seu trabalho é sugerir uma proposta didática para trabalhar o ensino de eletromagnetismo a partir do geomagnetismo. A justificativa da autora em propor essa metodologia é sustentada por dois pontos chave: (1) no cotidiano dos alunos, o geomagnetismo é um tema presente e muito relevante para ser explorado; (2) com base em sua pesquisa bibliográfica, esse tema é deixado de lado no currículo comum do ensino médio, e quando é abordado, não é por um viés experimental. Por fim, a autora dedica-se a produzir roteiros experimentais e um *blog* sobre o tema geomagnetismo, que pode ser utilizado para explorar os conceitos de magnetismo nas aulas de física, e também pode ser extrapolado para aulas de geografia e química.

A partir da revisão bibliográfica é possível concluir que já existem autores que abordam a construção de experimentos voltados para o eletromagnetismo, também há produções referentes a utilização de metodologias para o ensino de eletromagnetismo, sendo que os trabalhos encontrados possuem objetivos distintos. A partir do viés experimental, as referências encontradas tem como finalidade a construção e detalhamento dos passos a serem seguidos por terceiros, ficando a cargo do leitor a articulação didática que aquele experimento terá para suas aulas. No que tange às metodologias para física, é possível inferir que ainda pouco se fala na abordagem com experimentos dentro da sala de aula.

Com os devidos apontamentos em mente, o seguinte trabalho tem por finalidade contribuir com as produções já existentes, abordando uma temática baseada em experimentos para o eletromagnetismo. Um diferencial desta produção será a conexão didática desenvolvida entre o ensino e o uso de experimentos, pensando também sobre a dimensão financeira desses experimentos.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

FUNDAMENTAÇÃO PEDAGÓGICA E EPISTEMOLÓGICA

Neste trabalho, optou-se por implementar as teorias de Chevallard e Popper como teorias da educação e da epistemologia, respectivamente. A teoria de Chevallard é baseada na ideia de Transposição Didática (TD). De modo resumido, a TD é um método adotado que possibilita produzir um produto educacional que realiza a conexão entre os conhecimentos científicos e os saberes para serem ensinados. A TD é a criação de um produto que será ensinado nas salas de aula baseado nos princípios didáticos, a partir da obrigatoriedade dos conteúdos descritos no referencial curricular.

Chevallard (1998) ainda argumenta sobre a necessidade das criações de produtos educacionais em virtude das exigências impostas pelo sistema educacional. O autor parte do seguinte princípio: se o sistema educacional exige que um conteúdo seja ensinado, e se esse conteúdo possui uma distância considerável entre aquilo que se pretende ensinar sobre e aquilo que o conteúdo é de fato (“Cuanto más distante es la forma escolar del contenido cuya enseñanza procura, más probable es esta conversión de objeto.” (Chevallard, p. 48)) então o professor possui o dever de elaborar um *produto didático* que dê conta de ensinar o conteúdo, levando em consideração o caráter didático da docência. A TD não é apenas uma apresentação dos dados coletados pela comunidade científica, mas sim uma conexão entre a sequência curricular e os objetivos de aprendizagem.

A abordagem da TD no ensino de física pode ser amplamente utilizada para transformar conteúdos que derivam da pesquisa, porém não são propriamente criados para serem ensinados, e sim empreendimentos científicos que são gerados por perguntas particulares. Quanto maior a distância entre as respostas obtidas pela pesquisa do contexto educacional, maior as chances de utilizar a TD como ferramenta metodológica na criação de produtos didáticos.

Com base na TD e na demonstração experimental a ser escrita, adotar a TD como metodologia torna-se uma estratégia interessante para o contexto escolar. Alguns autores da educação já discutem e encorajam a utilização de experimentos no ensino de física (Gaspar, 2005; Pereira *et al.*, 2016; Candido, 2015). Deste modo,

utilizar a experimentação nas aulas de física pode tornar-se uma ferramenta impulsionadora dos objetivos de aprendizagem.

A elaboração do produto didático se dá pelas etapas:

- (a) compreensão dos conteúdos impostos pelo sistema de educação;
- (b) pesquisa de dados atualmente aceitos sobre eletromagnetismo clássico e
- (c) produção didática relacionando os conteúdos e descritivos da ciência para o contexto educacional.

Já a implementação desses produtos didáticos, concretizada pelos futuros leitores, pode ser feita por:

- (a) utilização do produto didático dentro da construção do plano de aula e
- (b) implementação da experimentação *conectando* produto didático e plano de aula.

Complementando a fundamentação teórica, a relação entre experimentação e ensino de física através da TD será vinculada à visão epistemológica de Popper. Conforme Chalmers (1993), Popper descreve sua visão sobre ciência como falsificacionismo, isto é, apenas é considerado atividade científica toda aquela que pode ser observada e testada. A falseabilidade das teorias e sua possibilidade de observação dão forma ao conteúdo que compõe a ciência, implicando que as teorias são apenas explicações de um dado fenômeno, nunca a lei universal sobre a observação.

Para Popper, o avanço científico acontece quando as teorias atuais são derrubadas e propostas novas teorias para explicação de um mesmo fenômeno (Chalmers, 1993). Uma hipótese que explique a realidade advém da expectativa e das questões levantadas pelo observador, determinando o caráter científico como subjetivo. Caso exista uma controvérsia nas hipóteses atualmente aceitas, outro observador deve propor novas teorias para explicar o fenômeno, aprimorando o que já existe e descartando aquilo que não funciona adequadamente.

Por consequência, a epistemologia de Popper é ligada a este TCC a partir do seu viés de testagem. O autor afirma que o progresso científico acontece por meio da teorização sobre a natureza com base na observação e experimentação. Isso acaba relacionando-se com o uso de experimentos em sala de aula, pois a demonstração prática das teorias científicas atualmente aceitas auxilia no processo de ensino e aprendizagem, contribuindo para um ensino crítico e com o aprendizado.

De todas as discussões apresentadas até então, é possível dizer que a teoria de Chevallard, a TD e o falsificacionismo de Popper possuem um ponto em comum: utilizar a experimentação para corroborar os saberes científicos e para observar conceitos do mundo natural, dialogando também com os objetivos deste trabalho. A justificativa disso é fundamentada no caráter experimental que esta produção demonstra, conectando o mundo natural com a teoria explicada através da física.

ELETROMAGNETISMO

É importante destacar que nesta seção o intuito é fundamentar os conceitos físicos que serão utilizados para explicar os experimentos de eletromagnetismo, e não realizar a TD. A TD será feita após a descrição dos experimentos.

Lei de Coulomb

Segundo Halliday, Resnick e Walker (2016), a lei de Coulomb é a equação que fornece o vetor força eletrostática entre duas cargas pontuais, separadas por uma distância r qualquer. A equação da lei de Coulomb (equação 1) é dada por:

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q_1||q_2|}{r^2} \hat{r} \quad (1)$$

Dado que $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{C}^2/\text{N} \cdot \text{m}^2$. A constante ϵ_0 é chamada de constante eletrostática. Um dos pontos importantes de ser compreendido sobre a força eletrostática é a atração ou repulsão de dois corpos carregados, que será explorado mais adiante em alguns experimentos.

Capacitores

Um capacitor, atualmente, é um dispositivo eletrônico capaz de armazenar carga através da diferença de potencial entre duas placas condutoras. Na figura 01, mostra-se alguns capacitores utilizados em dispositivos cotidianos e industriais.

Figura 01 - Alguns capacitores



Fonte: Halliday, Resnick e Walker (2016).

Desse modo, segundo Halliday, Resnick e Walker (2016), a quantidade de carga q que um capacitor pode armazenar é dada pelo produto entre a capacitância C pela diferença de potencial V entre as placas do capacitor, como mostrado pelas equações 2 e 3:

$$q = CV \quad (2)$$

$$C = \frac{V}{q} \quad (3)$$

É importante dizer que existem diversos tipos de capacitores, porém todos eles funcionam a partir do mesmo princípio: uma diferença de potencial entre duas regiões condutoras que conseguem armazenar uma quantidade de carga. Esse fato será importante para depois compreender-se o funcionamento da garrafa de Leyden.

Campo elétrico

De modo simplificado, e conforme Halliday, Resnick e Walker (2016), o campo elétrico \vec{E} criado no entorno de uma partícula carregada é definido pela força eletrostática \vec{F} que atua sob uma partícula de prova positiva q_0 , e é dada pela equação 4:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} \quad (4)$$

O campo elétrico é oriundo de corpos carregados, e também é utilizado para definir posteriormente a diferença de potencial entre dois pontos distintos no espaço. Aqui, cabe saber que uma região com campo elétrico intenso tem uma capacidade maior de realizar força eletrostática sobre outras cargas elétricas.

Equação de Faraday-Lenz

De acordo com Halliday, Resnick e Walker (2016), a variação do fluxo magnético Φ_B pelo tempo ocasiona uma força eletromotriz \mathcal{E} em uma espira, que é dada pela equação 5:

$$\mathcal{E} = \frac{d\Phi_B}{dt} \quad (5)$$

$$\Phi_B = BA\cos\theta \quad (6)$$

A equação 5 é conhecida como lei de indução de Faraday, que diz respeito à corrente produzida pela variação de campo magnético. Junto a isso, também existe a lei de Faraday-Lenz (7), que atribui o sinal negativo à Lei de Faraday, pois a corrente induzida cria uma força eletromotriz contrária à variação que causou a corrente. O número N representa o número de espiras (ou voltas) de uma bobina induzida pela variação do fluxo magnético.

$$\mathcal{E} = -N \frac{d\Phi_B}{dt} \quad (7)$$

Lei de Ohm

Halliday, Resnick e Walker (2016) trazem a lei de Ohm, somente quando a resistência do material é constante, definida pela equação 8:

$$V = iR \quad (8)$$

É possível que a utilização da lei de Ohm na forma da equação 8 possa resultar em discussões negativas por parte do leitor, haja vista que condições em que a resistência não seja constante, a equação 8 não é mais válida. Mas, para fins de simplicidade, é possível utilizar a lei de Ohm em sua forma mais básica neste trabalho, pois o objetivo é compreender o funcionamento de resistências em um circuito elétrico, e não analisar a variação não linear da resistência desse circuito.

Força Magnética

A força magnética que age sob uma partícula carregada com velocidade é dada pela equação 9, segundo Halliday, Resnick e Walker (2016):

$$\vec{F}_B = q\vec{v} \times \vec{B} \quad (9)$$

É importante compreender que a força atua perpendicularmente ao plano em que estão contidos os vetores campo magnético e velocidade, o que ocasiona uma trajetória circular de uma carga submetida a uma força magnética. Esse comportamento será explorado para explicar o funcionamento do motor com bobina e pilha mais adiante.

METODOLOGIA

A presente pesquisa apresenta uma abordagem qualitativa, de natureza aplicada e com caráter exploratório. Será realizada por meio de uma abordagem teórico-metodológica com o objetivo de montar um trabalho que contenha seis experimentos de eletromagnetismo de baixo custo, seguido de seus roteiros experimentais, e as devidas explicações de como realizar a montagem dos experimentos, para assim serem utilizados no ensino de eletromagnetismo.

Os procedimentos a serem utilizados estruturam-se em quatro etapas principais: (1) Busca por experimentos que expliquem algum fenômeno natural e que seja do campo de estudo do eletromagnetismo; (2) Construção de um manual para montagem do experimento; (3) Descrição do fenômeno natural através da física e como utilizar essa explicação no ensino de física; (4) realizar a TD.

Para a primeira etapa deste trabalho, serão pesquisados experimentos que podem ser utilizados dentro do ensino de eletromagnetismo, contemplando o baixo custo. Dentro do eletromagnetismo, há vários fenômenos que podem ser explicados com demonstrações simples ou que demandam materiais simples que podem ser adquiridos no comércio de modo muito acessível, diferentemente dos conjuntos prontos apresentados no mercado.

No que tange à segunda parte, serão montados os roteiros experimentais e também a descrição da montagem desses experimentos exposta neste trabalho. Como procura-se materiais de baixo custo, esse fato poderá ficar aparente na escolha dos materiais descritos para cada experimento. Também nessa seção do trabalho, serão mostrados *links* de vídeos publicados no YouTube, feitos pelo autor, que podem auxiliar na montagem das demonstrações.

Já na terceira parte, com auxílio das pesquisas e referências bibliográficas sobre física, será embasada a teoria cientificamente aceita que descreve e explica o funcionamento do experimento. A partir desse conhecimento científico pesquisado, será realizada a TD na próxima etapa e, a partir do funcionamento das demonstrações, será feita a relação entre corroboração científica e progresso da ciência.

Por fim, na quarta etapa encontra-se a realização da TD. Para isso, será analisado qual conceito chave que é presente em cada experimento aqui apresentado, para assim mostrar o conceito puramente científico. Aqui, entende-se

como “conceito puramente científico” aquele que fornece uma explicação plausível sobre determinado fenômeno natural (p. ex.: a lei de Coulomb explica a interação entre corpos carregados). Ao tomar o conceito chave como ponto de partida, a realização da TD é transformar esse conhecimento científico, vinculado apenas ao mundo ideal, para um conhecimento que possa ser ensinado, fazendo as devidas conexões entre conteúdos a serem trabalhados durante o ensino médio e situações comuns no cotidiano dos alunos.

Deste modo, a metodologia descreve as etapas a serem realizadas para que o objetivo deste trabalho seja alcançado, que é a produção de um manual didático contendo experimentos que podem ser utilizados no ensino de eletromagnetismo, ficando ao cargo do leitor a melhor implementação em suas aulas.

EXPERIMENTOS DE ELETROMAGNETISMO

Como já mencionado, este trabalho tem como um dos seus objetivos a elaboração de um manual de construção contendo seis experimentos sobre eletromagnetismo. Para isso, os seguintes experimentos foram selecionados: (1) Cama de esferas de papel alumínio; (2) Garrafa de Leyden; (3) Lâmpada neon; (4) Gerador com motor de corrente contínua; (5) Circuito com resistências e lâmpadas; e (6) Motor com bobina e pilha.

Além dos experimentos serem relacionados com o eletromagnetismo, também é necessário que eles sejam de baixo custo. Estima-se que um experimento de baixo custo possa ser feito com menos de R\$100.

A fim de cumprir os objetivos propostos, este capítulo será estruturado da seguinte forma, para todos os experimentos: (1) Manual de montagem do experimento, (2) Roteiro experimental (em anexo), (3) TD do conceito fundamental que explica o experimento.

CAMA DE ESFERAS DE PAPEL ALUMÍNIO

Esse experimento já foi observado pelo autor por meio de vídeos, porém sua montagem só foi possível no decorrer da produção deste TCC. Por se tratar de uma opção de baixo custo, decidiu-se que a cama de esferas de papel alumínio seria o experimento n° 1 dessa lista. Também é importante atentar ao leitor que as esferas não são apenas de papel alumínio, mas são bolinhas de isopor forradas com papel alumínio.

Esse experimento relativamente simples e com poucos materiais acaba se mostrando pertinente na introdução ao eletromagnetismo, pois os conceitos iniciais de eletricidade poderão ser compreendidos a partir de seu comportamento, e assim possibilitar uma a visualização macroscópica de algumas variáveis importantes do estudo sobre interação entre corpos carregados.

Dessa forma, os materiais necessários estão descritos na tabela 02.

Tabela 02 - Lista de materiais necessários para o experimento da cama de esferas de papel alumínio

Material	Preço
1 placa de acrílico 30x30x0,3 cm	R\$30,00 comprado via <i>internet</i> .
15 esferas de isopor de 15 mm de diâmetro	Total R\$2,00. Por unidade R\$0,20 comprado em papelarias.
1 rolo de papel alumínio	R\$5,00 comprado em mercados.
4 blocos de madeira de 2x2x1,5 cm	Podem ser obtidas gratuitamente a partir de retalhos descartados em fábrica de móveis.
1 rolo de papel toalha	R\$11,00 comprado em mercados.
Total	R\$48,00

Fonte: o autor

A placa de acrílico de 30x30 cm foi cortada com auxílio de uma serra de corte comum para reduzir o tamanho a fim de possibilitar uma dimensão mais favorável para fazer a forma de papelão com o mesmo tamanho da placa de acrílico. O tamanho final da placa de acrílico é de 21x27 cm, semelhante ao tamanho de uma folha de caderno.

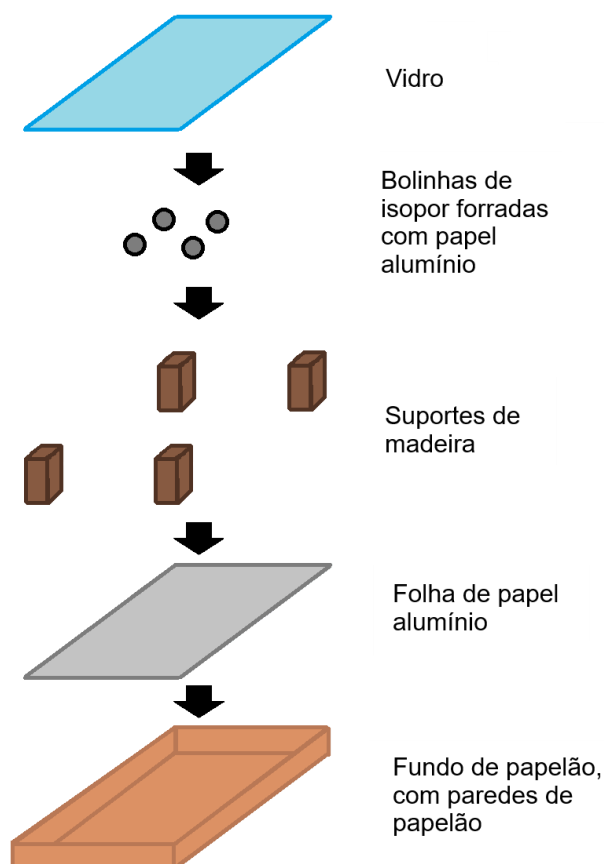
A montagem é dada da seguinte maneira:

(1) Foi medido o fundo da forma de papelão, de modo que a dimensão de largura e comprimento do fundo coincidissem com a largura e comprimento da placa de acrílico. Após isso, mediu-se mais dois centímetros para fora da forma de papelão, para serem formadas as aletas. Por fim, as aletas foram levantadas e fixadas umas nas outras com auxílio de um grampeador;

(2) As bolinhas de isopor foram cobertas com a menor quantidade possível de papel alumínio. Para isso, utiliza-se quadrados de papel alumínio com menos de 1 cm de lado. O ideal é que tenha entre 5 à 10 bolinhas de isopor forradas com papel alumínio.

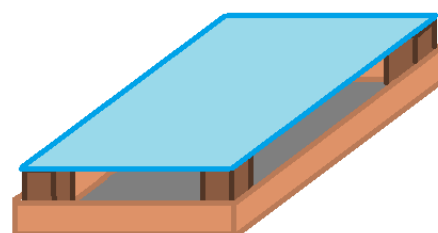
A união de todos os elementos e o resultado final são ilustrados nas figuras 02 e 03, respectivamente. Um vídeo demonstrando todos os passos da montagem pode ser encontrado no *link* <https://youtu.be/qxNuQwwlPD4>.

Figura 02 - Vista explodida do aparato a ser montado.



Fonte: o autor.

Figura 03 - Aparato montado



Aparato montado

Fonte: o autor

O roteiro experimental proposto encontra-se no anexo 1. Essa montagem realizada é muito útil para mostrar a ação eletrostática que atua entre corpos carregados e corpos induzidos, pois ela consegue explicar o motivo das esferas de papel alumínio saltarem do fundo de papelão em direção ao acrílico atritado, que é a força eletrostática. Esse fenômeno entre dois corpos carregados acaba por ser um ótimo exemplo da existência de mais uma força da natureza que une os conceitos de cargas elétricas à matéria.

Transposição Didática da Cama de Esferas de Papel Alumínio

Como ponto de partida para realizar a TD, foi feita a pesquisa sobre as principais teorias/leis que explicam o comportamento eletromagnético dos experimentos escolhidos. A cama de esferas de papel alumínio é melhor explicada pela chamada lei de Coulomb, que é apresentada após uma releitura dos três

primeiros trabalhos do físico francês Charles-Augustin de Coulomb. Assis (2022) dedica-se a traduzir e comentar os sete trabalhos publicados por Coulomb, que são intitulados “As memórias sobre eletricidade e magnetismo”. Tomando como referência o texto do *site* Britannica e alguns capítulos do livro de Assis (2022), Coulomb dedicou sua vida ao estudo do comportamento elétrico e magnético da matéria. Os seus três trabalhos iniciais que foram publicados e entregues à Academia Francesa de Ciências são tidos hoje como os trabalhos que deram origem à sua lei, a lei de Coulomb.

Dessa forma, a chamada lei de Coulomb fornece matematicamente a força eletrostática entre dois corpos puntiformes ou duas esferas condutoras carregadas imersas em um meio, já apresentada pela equação 1.

Desse modo, a forma matemática da lei de Coulomb encaixa-se como um saber científico, e com auxílio da TD, pode-se tornar um saber a ser ensinado. Um dos exemplos mais comuns da constatação de uma força eletrostática entre dois corpos é a atração entre agasalhos de lã e cabelo humano. A lei descreve puramente o fenômeno, mas o entendimento de carga elétrica, acúmulo de cargas por atrito, surgimento de uma força de atração ou repulsão, entre outros, são os tópicos que fazem com que o saber científico seja embasado para se tornar um saber a ser ensinado, ou seja, realizar a conexão entre os conceitos aceitos cientificamente com o cotidiano do aluno.

No caso da cama de esferas de aço, a lei de Coulomb consegue explicar o porque das cargas começarem a serem atraídas em direção ao acrílico (figura 04): há uma indução eletrostática nas cargas que é causada pela eletrização por atrito no acrílico, de tal forma que a força eletrostática é maior do que a força peso da bolinha com papel alumínio.

Figura 04 - Esferas de papel alumínio sendo atraídas pelo acrílico



Fonte: o autor.

Desse modo, utilizando o experimento, é possível dizer que fica visível que a lei de Coulomb é satisfatória para explicar o movimento das bolinhas, pois consegue dar uma visão científica favorável que está de acordo com as concepções cientificamente aceitas.

GARRAFA DE LEYDEN

Um segundo experimento encontrado e interessante de ser feito é a chamada Garrafa de Leyden. Segundo Allerhand (2018), a Garrafa de Leyden foi construída por dois pesquisadores independentes, em 1745, com objetivo de armazenar cargas elétricas. Nos dias atuais, é possível fazer uma imitação mais simples da Garrafa utilizando papel laminado e carregando-a estaticamente com eletrizações por atrito, o que torna o equipamento mais barato e fácil de ser montado.

Além do mais, se o experimento for feito em dias secos e ser devidamente carregado, o resultado pode impressionar: uma descarga elétrica relativamente grande e visível aos olhos. Os materiais utilizados na confecção desse experimento encontram-se na tabela 3.

Tabela 03 - Lista de materiais necessários para a garrafa de Leyden

Material	Preço
1 pote de plástico com tampa.	Pode ser obtido reciclando potes de condimentos.
1 bolinha de plástico	R\$3,00 comprado em papelarias.
1 rolo de papel alumínio	R\$5,00 comprado em mercados.
2 pedaços de fio de cobre com 0,5 mm diâmetro: um de 0,25 m de comprimento e um de 0,5 m de comprimento.	Total R\$0,30. R\$0,50 cada metro de fio de 0,5 mm de diâmetro.
1 rolo de arame de aço;	R\$14,50 comprado em agropecuárias.
1 pacote de balão de festa	R\$12,00 comprado em mercados.
Total	R\$34,80

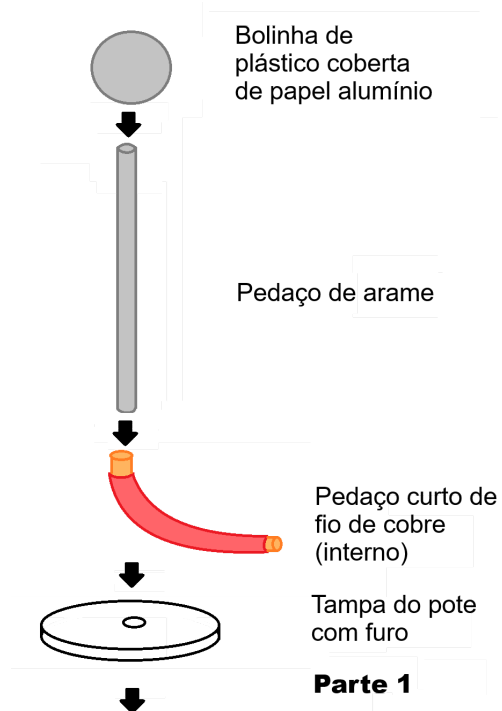
Fonte: o autor.

As etapas para montagem da Garrafa de Leyden estão descritas a seguir:

- (1) Faça um furo pequeno central na tampa do pote de plástico, de modo que seja possível passar o pedaço de arame de aço e mantê-lo fixo na tampa;
- (2) Faça um furo na bolinha de plástico, encaixe no arame, de modo que fique para o lado de fora do pote de plástico;
- (3) Cubra a bolinha de plástico com uma tira de papel alumínio;
- (4) Cubra a face cilíndrica interna com uma tira de papel alumínio e a face externa com outra tira de papel alumínio;
- (5) Pegue um fio de cobre curto e coloque na ponta do arame que ficará na parte de dentro do pote, de modo que o fio fique conectado no arame e na tira de papel alumínio interna;
- (6) Feche o pote;
- (7) Pegue o outro fio de cobre e cole-o no alumínio externo.

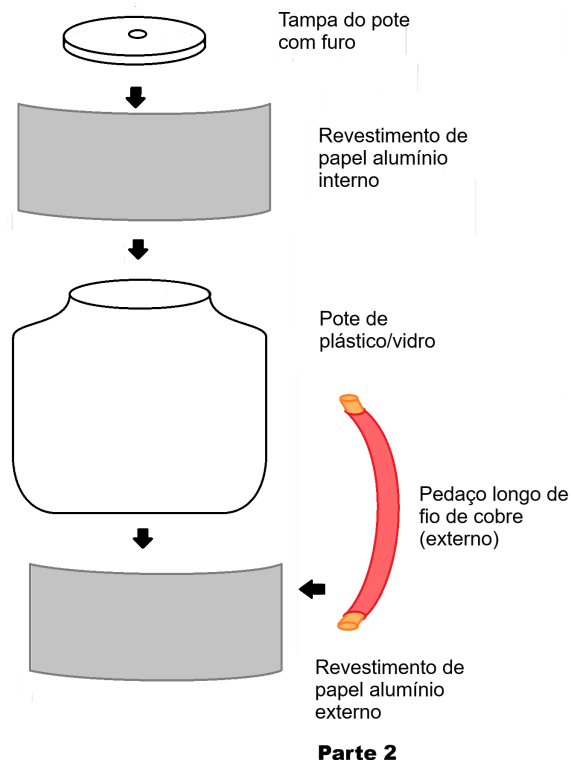
O processo de montagem é ilustrado pelas figuras 05 e 06. Já o resultado esperado é ilustrado na figura 07. Também, foi feito um vídeo explicativo mostrando passo a passo como realizar a montagem, e seu resultado final, disponibilizado no *link* <https://youtu.be/La7PEhRug9k>.

Figura 05 - Primeira parte da montagem



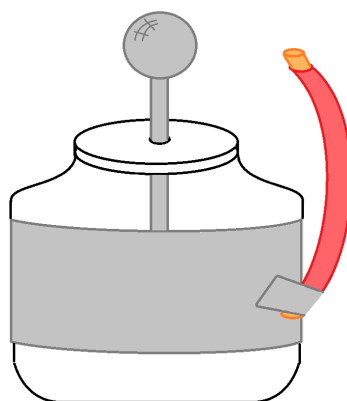
Fonte: o autor.

Figura 06 - Segunda parte da montagem



Fonte: o autor.

Figura 07 - Aparato montado



Aparato montado

Fonte: o autor.

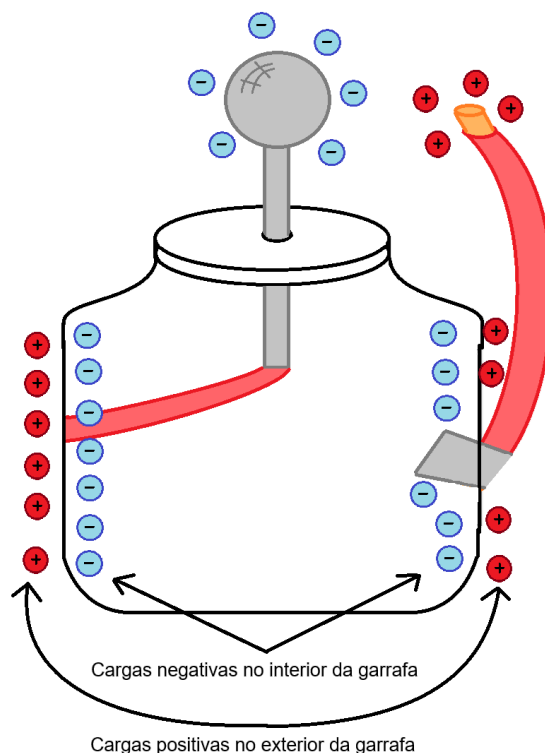
Por fim, o roteiro experimental encontra-se no anexo 2. A construção de um capacitor feito com materiais acessíveis e de baixo custo possibilita estudar o comportamento do armazenamento de cargas e também de descargas elétricas, o que está de acordo com a equação 3 apresentada neste trabalho. O fato de que um material pode acumular cargas e produzir uma diferença de potencial entre dois

terminais e que essas cargas podem ser rapidamente liberadas vai ao encontro da equação 3 de forma direta, e com o uso do experimento, é possível mostrar os conceitos associados a um capacitor em uma sala de aula de física de uma forma mais real.

Transposição Didática da Garrafa de Leyden

Ao iniciar o estudo sobre a descoberta da garrafa de Leyden, parte-se novamente do artigo de Allerhand (2018): o aparato foi inventado por dois cientistas, de modo independente, em 1745: Ewald Georg Jürge von Kleist of Kammin e Pieter van Musschenbroek of Leiden. Nessa época, explorava-se os efeitos eletrostáticos da matéria e a possibilidade de armazenamento de cargas, como mostra a figura xy. Hoje em dia, um exemplo de “garrafa” de Leyden são os capacitores.

Figura 08 - Configuração das cargas em uma Garrafa de Leyden



Fonte: o autor.

Basicamente, ao analisar a função principal da garrafa de Leyden, constata-se que ela é um armazém de carga elétrica, dado que essa característica é puramente científica.

Ao analisar mais profundamente o conceito, é visto que não são apenas os “capacitores definitivos” (ou construídos) que são, de fato, armazéns de carga, mas sim, muitos objetos do cotidiano tendem a acumular cargas, até mesmo o corpo humano. Tome-se como exemplo quando se está em um dia seco e com vendaval intenso. Após ficar alguns momentos na rua, e depois encostar em uma superfície metálica, é notável que sente-se um desconforto na mão, ocasionado pela descarga elétrica oriunda do carregamento por atrito do corpo humano com o vento.

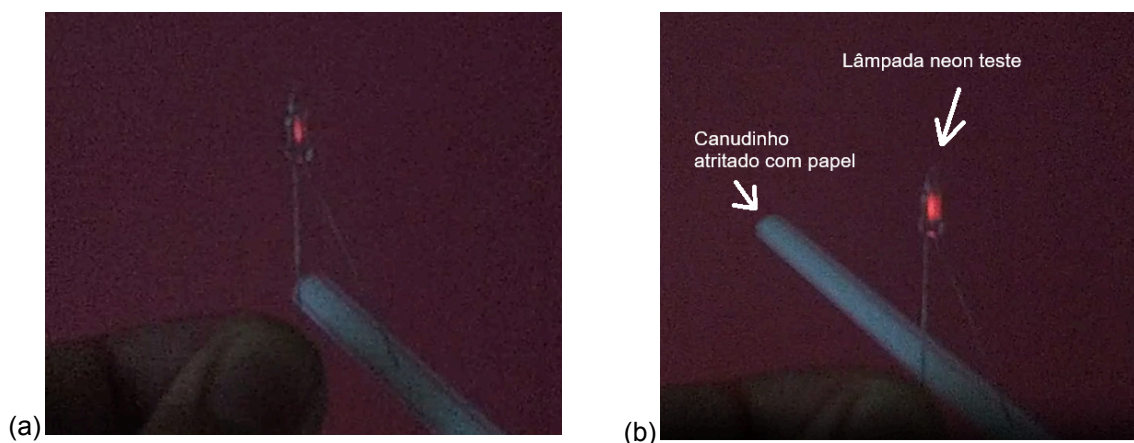
Por causa disso, o uso da TD para explicar a garrafa de Leyden, e concomitantemente os capacitores, parte-se de que o armazenamento de cargas elétricas é presente em algumas situações, como já dito no exemplo anterior.

LÂMPADA NEON

Uma lâmpada neon é um dispositivo que contém dois eletrodos submersos em uma mistura de gás neônio e argônio, envoltos por uma cápsula de vidro. O formato dessa lâmpada lembra muito um diodo emissor de luz, ou LED do inglês, porém seu funcionamento é muito diferente: a lâmpada neon se utiliza de uma tensão elétrica alta, mas corrente baixa.

Por se tratar de uma lâmpada, é esperado que ao fornecer corrente elétrica essa corrente se transforme em luz. Se um canudinho de plástico for atritado e aproximado a um dos terminais da lâmpada, e o outro terminal for segurado por uma mão, é possível visualizar pequenos pulsos de luz (figura 8 (a) e (b)).

Figura 09 - Lâmpada neon teste



Fonte: o autor

Desse modo, utilizando apenas um componente, é possível trabalhar os conceitos de campo elétrico, corrente elétrica, geração de luz por um gás percorrido por corrente e diferença de potencial. Para realizar essa experiência, os materiais estão listados na tabela 04. Um vídeo explicativo de como realizar a demonstração pode ser encontrado no *link* https://youtu.be/_WNY3vIaNeI.

Tabela 04 - Lista de materiais necessários para o experimento 3

Material	Preço
1 pacote contendo 10 lâmpadas neon teste.	R\$25,00 comprado via <i>internet</i> .
1 pacote de canudos plásticos	R\$5,00 comprado em mercados.
1 rolo de papel toalha.	R\$7,50 comprado em mercados.
Total	R\$37,50

Fonte: o autor.

Essa experiência, além de ser de baixo custo, também é uma demonstração que já vem pré montada, e pode ser bastante explorada para trabalhar alguns dos vários conceitos de eletromagnetismo, já citados anteriormente. Além disso, o funcionamento da lâmpada neon é possível de ser explicado a partir da definição de campo elétrico, dado pela equação 4. Isso mostra que com o uso da equação característica de campo elétrico, e sua definição, é possível explicar quais os motivos de que a eletrização por atrito no canudo ocasione o pulsar luminoso no

interior da lâmpada, pois há uma corrente elétrica de baixa intensidade originada dos elétrons que saltam do canudinho até o terminal da lâmpada, o que produz corrente e luz.

Transposição Didática da Lâmpada Neon

Para explicar esse experimento, se faz necessário dois conceitos fundamentais: campo elétrico e transição eletrônica. De acordo com Ferreira (2014) “o campo elétrico num ponto do espaço é igual à força elétrica que atua por unidade de carga positiva colocada nesse ponto”, já apresentado pela equação 4.

Junto a isso, é necessário compreender o processo de transição eletrônica dos átomos: Segundo Tipler e Mosca (2009), quando um elétron que pertence a uma órbita atômica ganha energia, ele tende a assumir um nível mais energético, tornando o átomo eletricamente instável. Para obter a estabilidade novamente, esse átomo eletricamente instável existe apenas por um curto intervalo de tempo, até que o elétron retorne ao seu nível de energia original, e nesse retorno o elétron libera energia na forma de luz. A observação e descrição desse fenômeno pode ser atribuída ao cientista Niels Bohr, em seu trabalho de 1913 sobre as órbitas circulares dos elétrons ao redor do átomo.

Desse modo, realizando a TD para os conceitos de campo elétrico (1) e transição eletrônica (2), é possível relacionar do seguinte modo: (1) O campo elétrico é uma característica dos corpos carregados, que tende a realizar uma força sobre dada partícula, e para isso, é necessário compreender os conceitos de carga, força, movimento de partículas, interação entre cargas de sinais iguais e sinais opostos. Quanto maior a intensidade do campo elétrico, maior a interação entre cargas. (2) Já a transição eletrônica já é presente desde a descoberta do fogo, pois a emissão de luz por causa da combustão, e nos dias atuais pela eletrização de um gás, acaba por produzir luz visível e útil para os seres humanos. O efeito já era conhecido, só não sabia-se explicar suas origens.

GERADOR COM MOTOR DE CORRENTE CONTÍNUA

O quarto experimento dessa lista é o gerador com motor de Corrente Contínua (CC). De modo resumido, o gerador transforma a energia mecânica em

energia elétrica na forma de corrente elétrica, que pode ser utilizada para acender um LED. Esse tipo de protótipo, além de fácil de construir, pode reutilizar motores de CC utilizados em alguns equipamentos eletrônicos para ser confeccionado. Os materiais estão descritos na tabela 05.

Tabela 05 - Lista de materiais necessários para o experimento 4

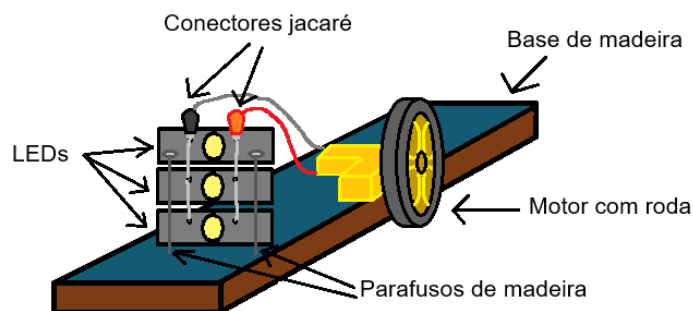
Material	Preço
1 barra de LED para televisões LCD	R\$8,00 comprada como sucata em lojas de conserto de eletrodomésticos.
1 motor com redução e roda	R\$22,00 comprado pela <i>internet</i> .
1 pacote de conectores tipo jacaré, contendo 10 unidades	R\$12,00 comprado pela <i>internet</i> .
1 pedaço de madeira de 40x9x1,5 cm	Pode ser obtido gratuitamente a partir de retalhos descartados em fábrica de móveis.
2 fitas <i>hellerman</i> (ou enforca-gato)	R\$10,00 um pacote com 25 fitas <i>hellerman</i> .
4 parafusos de madeira de 7 cm de altura	R\$0,45 cada parafuso. Total de R\$1,80. Comprado em agropecuárias.
Total	R\$53,80

Fonte: o autor.

Como sugestão de montagem, pode-se seguir os passos abaixo:

(1) Posicione os elementos no pedaço de madeira, de forma que fiquem parecidos aos apresentados na figura 01:

Figura 10 - Ilustração do resultado final do gerador com motor de corrente contínua



Fonte: o autor

(2) Faça quatro furos ao redor da posição em que o motor irá ficar fixo (pode-se ser usados os parafusos de 7 cm de altura aqui como alternativa aos furos);

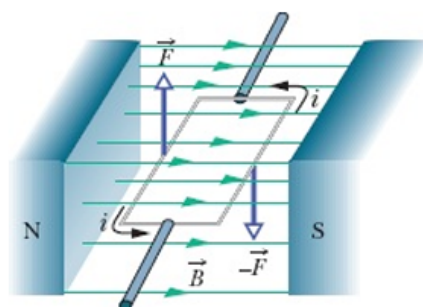
(3) Passe duas fitas *hellerman* ao redor do motor, de modo que fique fixado o conjunto motor-madeira;

(4) Fixe 3 LEDs à frente do motor, de modo que os LEDs fiquem a uma distância que os conectores tipo jacaré consigam alcançar os terminais dos LEDs e do motor.

Um vídeo explicativo da montagem pode ser acessado pelo *link* <https://youtu.be/ZVCzrbPUHSo>.

Como já dito, o princípio geral do gerador é fazer o caminho inverso para qual o motor CC foi projetado, ou seja: girar o eixo do motor e aproveitar a diferença de potencial nos terminais do motor. O giro dos motores de corrente elétrica pode ser explicado a partir da força magnética atuante nos elétrons do material constituinte das bobinas internas que são presas ao eixo do motor, fazendo o eixo girar (figura 11).

Figura 11 - Os elementos de um motor elétrico



Fonte: Halliday, Resnick e Walker (2016).

Porém, o efeito explorado aqui não é a força magnética, e sim a indução eletromagnética nas bobinas do motor. Partindo-se da ideia de que um motor possui bobinas giratórias e um campo magnético fixo, quando gira-se essas bobinas a partir do giro do eixo do motor, isso provoca uma variação no fluxo magnético que passa pelas bobinas, e ocasiona uma indução eletromagnética nas bobinas e, por fim, o surgimento de uma força eletromotriz induzida. A força eletromotriz induzida faz com que os elétrons comecem a se mover e, assim, haja corrente elétrica nos polos do motor.

Transposição Didática do Gerador com Motor de Corrente Contínua

Um conceito fundamental para entender o funcionamento de um gerador com motor CC é a compreensão da lei de Faraday-Lenz, já mostrada na equação 7. Em resumo, a lei diz que uma força eletromotriz induzida em um fio é originada pela variação de fluxo magnético variável.

A Lei de Faraday apenas nos diz que essa relação é dada pela equação 5. E a Lei de Lenz complementa a Lei de Faraday ao admitir que a força eletromotriz induzida tem caráter negativo, pois surge uma força eletromotriz indutora contrária a força eletromotriz induzida.

É importante destacar que, originalmente, a equação 5 era a mais aceita pela comunidade acadêmica quando foi apresentada pela primeira vez, sendo sua primeira aparição no trabalho de Michael Faraday "*Experimental Researches in Electricity. Volume 1*" publicado pela primeira vez em 1831.

Ao realizar a TD da equação 7, é possível relacionar o conceito de força eletromotriz induzida à geradores do cotidiano. É óbvio que a energia utilizada em equipamentos eletrônicos é oriunda de um gerador de alta capacidade. Por causa disso, a lei de Faraday-Lenz é utilizada para explicar o funcionamento de um gerador de energia elétrica, que fornece energia para ser utilizada em lâmpadas, equipamentos, eletrodomésticos, entre outros.

Também, é possível demonstrar que a variação do fluxo magnético pode ser oriundo de três causas: (1) variação do campo magnético, (2) variação da área transpassada por campo magnético; (3) variação do ângulo entre o vetor campo magnético e o vetor área. Haja vista que o fluxo magnético é o total de campo que transpassa uma área com um ângulo qualquer, dado pela equação 6.

CIRCUITO COM RESISTÊNCIAS E DIODOS EMISSORES DE LUZ (LEDS)

É comum o estudo sobre resistência elétrica estar presente dentro do eletromagnetismo, haja visto que a resistência elétrica é medida a partir da diferença de potencial pela corrente elétrica que passa por um condutor. Como já dito, a lei de Ohm não deve ser aplicada a todos os casos que há tensão, corrente e resistência, mas para o estudo feito aqui a lei dá valores satisfatórios.

Para abordar o conceito de resistência elétrica e, consecutivamente, a associação de resistências, é possível montar uma bancada contendo alguns resistores e Diodos Emissores de Luz (LEDs) utilizando os materiais descritos na tabela 05.

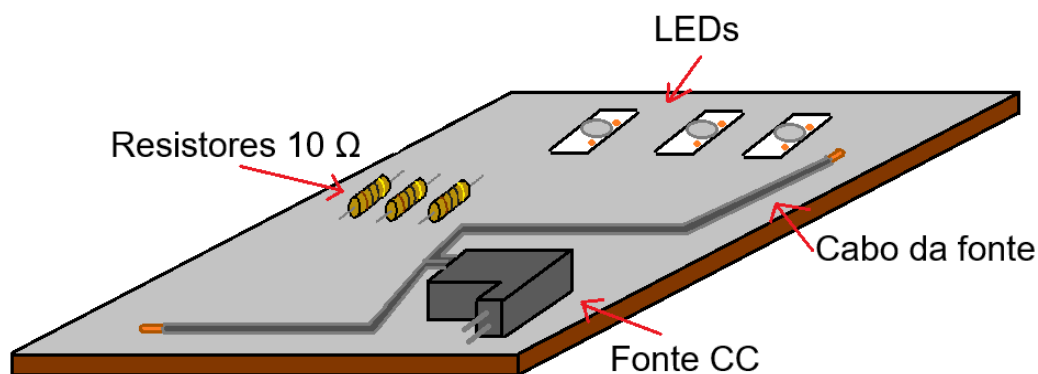
Tabela 06 - Lista de materiais necessários para o experimento 5

Material	Preço
1 barra de LED para televisões LCD	R\$8,00 comprada como sucata em lojas de conserto de eletrodomésticos.
1 pacote de conectores tipo jacaré, contendo 10 unidades	R\$12,00 comprado pela <i>internet</i> .
3 resistores de 10 Ω e 3 W.	R\$24,00 por um pacote contendo 10 resistores, comprado pela <i>internet</i> .
1 pedaço de madeira de 25x34x1,5 cm	Pode ser obtido gratuitamente a partir de retalhos descartados em fábrica de móveis.
1 fonte de 5 V	R\$15,00 comprado pela <i>internet</i>
38 parafusos de madeira de 3 cm de altura	R\$0,35 cada parafuso. Total de R\$13,30. Comprado em agropecuárias.
4 parafusos de madeira de 7 cm de altura	R\$0,45 cada parafuso. Total de R\$1,80. Comprado em agropecuárias.
Total	R\$74,10

Fonte: o autor.

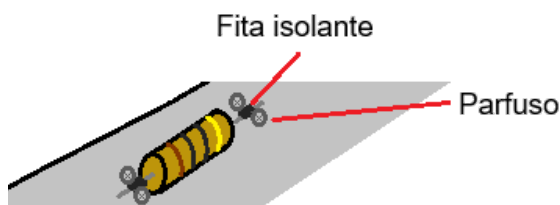
Uma possível disposição dos elementos sob o pedaço de madeira é mostrada na figura 12. As figuras 13 e 14 mostram alguns detalhes que necessitam ser cuidados para que a montagem da bancada fique satisfatória para ser utilizada em aula posteriormente.

Figura 12 - Disposição sugerida dos componentes



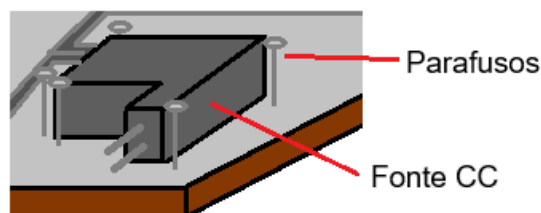
Fonte: o autor

Figura 13 - Detalhe para fixar o resistor



Fonte: o autor.

Figura 14 - Detalhe para fixar a fonte CC



Fonte: o autor.

O passo-a-passo da montagem pode ser descrito da seguinte forma:

- (1) Realize a disposição dos itens (fonte de alimentação, resistores e LEDs) na bancada de madeira;
- (2) Com auxílio de um pincel atômico ou lápis, marque os locais em que os parafusos irão ser fixados na bancada de madeira;
- (3) Fixe os parafusos na madeira, com auxílio de uma chave de fenda/Philips ou furadeira.

Para auxiliar na montagem, foi feito o seguinte vídeo disponível no *link* <https://youtu.be/qB1eKHd2ImQ>.

Transposição Didática do Circuito com Resistências e Diodos Emissores de Luz (LEDs)

Para compreender o funcionamento desse experimento, é necessário partir da lei de Ohm, que se dedica a descrever a relação entre corrente, tensão e resistência. Georg Simon Ohm, conforme consta nos sites Wikipédia, Britannica e o livro de Máximo e Alvarenga (2006), foi um físico alemão que dedicou-se a descrever matematicamente algumas teorias de condução elétrica em circuitos. Em 1827, Ohm publica seu trabalho em alemão “*Die galvanische kette mathematisch*”, que após análise e releitura da comunidade científica fornece as duas leis de Ohm: a relação entre corrente, tensão e resistência (equação 10) e a resistência de um fio (equação 11).

$$R = \frac{V}{i} \quad (10)$$

$$R = \frac{\rho l}{A} \quad (11)$$

Ao abordar a equação 10, que expõe a relação entre as três variáveis elétricas, trata-se de observar o fenômeno explicado puramente pela ciência, ou seja, apenas abordar a questão conceitual. É notável, se não óbvio, que os circuitos elétricos que podem ser explicados pela lei de Ohm estão presentes em todos os lugares, principalmente no século XXI. Por causa disso, ao utilizá-la em diversos contextos, apoia-se a TD na lei de Ohm e, conseqüentemente, transforma o saber puramente científico em um saber a ser ensinado.

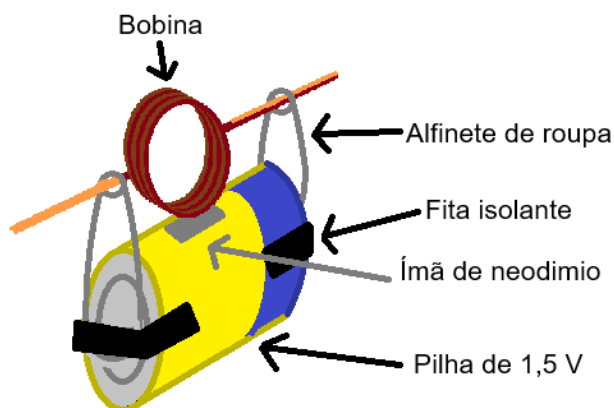
O exemplo mais comum da utilização da primeira lei de Ohm está no circuito com várias resistências. Para observar o efeito do aumento ou redução da resistência total, oriundo das ligações entre resistências (série ou paralelo), é possível utilizar uma lâmpada ligada em série ao final das resistências.

MOTOR COM BOBINA E PILHA

Por fim, o último experimento a ser apresentado neste trabalho é o motor com bobina e pilha. Resumidamente, esse pequeno motor dispõe de uma bobina e um ímã permanente. A melhor explicação do giro do motor é dada pela equação da força magnética, já apresentada tanto na equação 9 quanto na figura 10. Uma

imagem ilustrativa é mostrada na figura 14. A montagem, bastante simples, pode ser vista através do *link* <https://youtu.be/p0j4ts3LoeY> e seus respectivos materiais na tabela 07.

Figura 15 - Ilustração do motor com bobina e pilha.



Fonte: o autor.

Tabela 07 - Lista de materiais necessários para o experimento 6

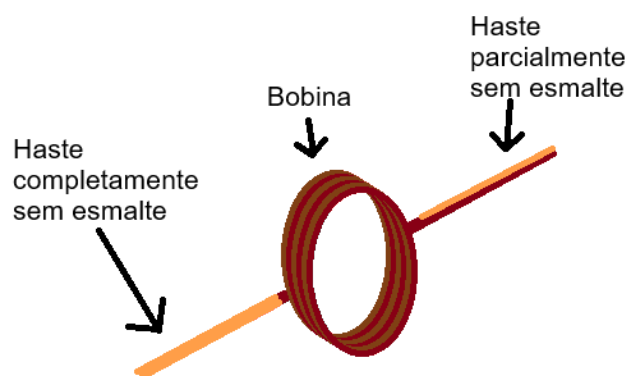
Material	Preço
Fio de cobre esmaltado	Pode ser obtido reciclando motores elétricos antigos.
1 ímã de neodímio de alto-falante;	Pode ser obtido reciclando alto-falantes antigos
1 pilha ou fonte de alimentação;	R\$12,00 duas pilhas de 9V tipo D2, ou R\$15,00 uma fonte 5V. Foi escolhido a pilha neste projeto.
2 alfinetes de roupa	R\$12,00 um pacote contendo 25 alfinetes de 40 mm. Obtido em papelarias
1 fita isolante.	R\$7,00, obtido em lojas de ferragens.
Total	R\$31,00

Fonte: o autor.

O detalhe que faz a bobina do motor girar é mostrado na figura 15. Como a força magnética atua somente em um corpo carregado, para que atue uma força na

bobina do experimento, de modo a fazer a bobina girar, então a bobina deve possuir carga elétrica. Porém, se a bobina for percorrida por corrente a todo momento, então a força magnética atuará apenas em uma direção, impossibilitando o giro. Para resolver esse problema, basta descascar o esmalte de uma das hastes da bobina, fazendo com que ora tenha corrente, então tendo força magnética, ora não tenha corrente, então não tendo força magnética.

Figura 16 - Detalhe da bobina utilizada no experimento.



Fonte: o autor.

Esse detalhe engenhoso, além de ser uma ótima solução para fazer a bobina girar, torna o experimento muito interessante para explorar os conceitos de força magnética atuante sobre um fio condutor.

Transposição Didática do Motor com Bobina e Pilha

Um dos conceitos fundamentais para entender o funcionamento de um motor eletromagnético está no entendimento da força magnética. Quando um fio percorrido por corrente é submetido a um campo magnético uniforme, esse fio tende a ser atraído/repelido pelo ímã que dá origem ao campo magnético uniforme. Esse fenômeno de interação entre campo magnético e carga elétrica em movimento é chamado de força magnética.

A ideia de que a corrente elétrica é submetida a uma força oriunda do campo magnético, na verdade, é decorrente da ideia contrária: a corrente elétrica produz um campo magnético. Essa descoberta experimental é atribuída a Hans Christian Oersted, que pode comprovar que uma corrente pode afetar a direção de uma

bússola e, nesse caso, que a corrente possui campo magnético intrínseco (Máximo, Alvarenga, 2006)

Em um motor, existem dois elementos básicos: uma bobina parcialmente condutora e um ímã permanente. O primeiro elemento, a bobina parcialmente condutora, possibilita que a passagem de corrente seja alternadamente ligada e desligada, causando uma interação da força magnética também alternadamente. Já o segundo, o ímã permanente, acaba produzindo um campo magnético forte o suficiente para que a bobina permaneça girando, ora por força magnética, ora por inércia.

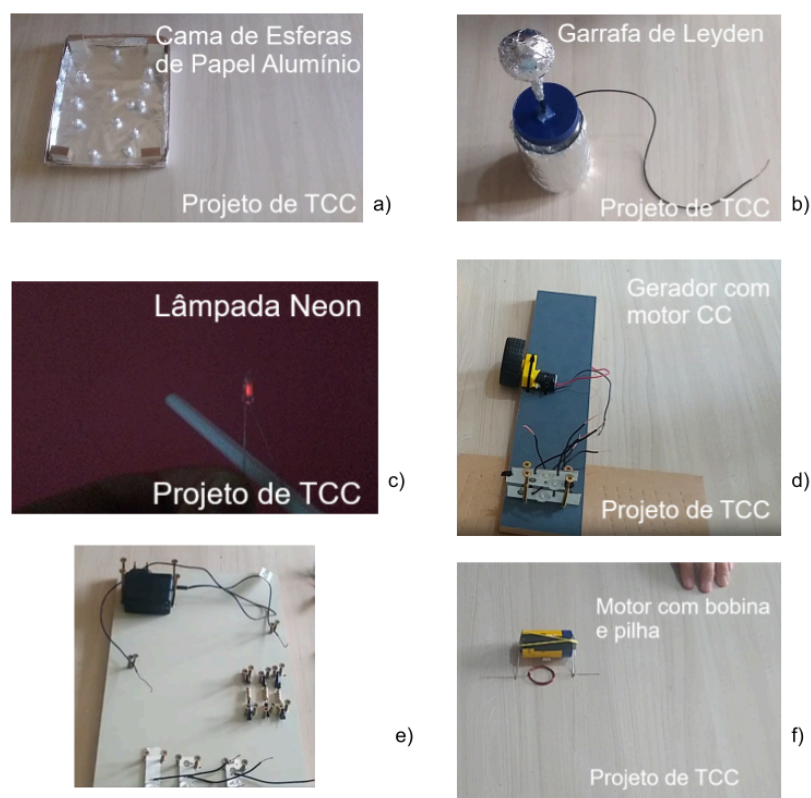
Desse modo, o saber científico é o conceito de força magnética. Ao realizar uma TD da força magnética, é possível relacionar os conceitos de campo magnético, conectar a interação entre cargas elétricas e campo magnético, introduzir o estudo do eletromagnetismo, entre outros.

RESULTADOS

Analisando os resultados obtidos, concluímos que os objetivos do trabalho foram atingidos, e os experimentos apresentados enquadram-se na categoria de baixo custo, haja vista que são feitos com materiais simples e reciclados e que nenhum protótipo montado ultrapassou o valor limite estipulado. Desse modo, ao comparar os aparatos confeccionados neste trabalho com aqueles oferecidos pelo mercado, pode-se dizer que a diferença de custo torna-se bastante evidente.

A partir da figura 16, é possível ver todos os seis experimentos, montados, que possuem um determinado conceito teórico que poderá ser utilizado para explorar nas aulas de física, ficando a cargo do leitor fazer esse exercício.

Figura 17 - Resultado final dos experimentos.



Fonte: o autor.

É possível dizer que dos seis experimentos apresentados, todos funcionaram de maneira satisfatória. Contudo, notou-se que poderia ter sido melhorado em alguns aspectos alguns desses experimentos, como por exemplo, os experimentos 4 (gerador com motor de CC) e 5 (Circuito com resistências e LEDs).

O experimento do gerador com motor de CC poderia ter sido melhor aproveitado se, no lugar da roda, fosse adicionada uma manivela, permitindo assim uma geração de corrente constante e, assim, aproveitando melhor a luz emitida pelos LEDs.

Também, o experimento 5 poderia ter sido feito com resistências de valores mais variados, além dos 10 Ω propostos na tabela de materiais. Possivelmente, com valores maiores de resistência, o efeito impresso da redução de corrente nos LEDs ficaria mais visível.

Ao tratar das concepções epistemológicas e pedagógicas apresentadas no trabalho, é possível notar que elas conseguiram ser conectadas com os experimentos de forma satisfatória.

Utilizando-se do referencial teórico descrito para relacionar os conceitos-chave de cada experimento com os conteúdos trabalhados nas aulas de física, é possível dizer que foi pertinente utilizar a TD como fundamento. Junto a isso, a utilização do Falsificacionismo sustentou a ideia de que os experimentos são uma forma de constatar fenômenos naturais, quando analisados de forma teórico-prática.

Por fim, pode-se dizer que o objetivo, tanto geral quanto específico, do trabalho descrito até então, foi em boa parte cumprido, já que todas as etapas foram devidamente concluídas. Talvez fosse necessário dar mais atenção aos pontos que discorrem sobre as concepções pedagógicas e epistemológicas, já que para este trabalho se buscou uma análise mais sucinta dos assuntos para, assim, concluir os objetivos.

CONCLUSÃO

O uso de experimentos atrelados a um plano de aula pode se tornar uma metodologia que fomente nos alunos a curiosidade e a análise crítica dos acontecimentos naturais. Um bom plano de aula, estruturado na teoria e na prática experimental, pode gerar resultados potencializadores no que tange o desenvolvimento e aprendizagem dos alunos de ensino médio.

Junto a isso, também é possível dizer que a produção por demonstrações que dão alternativas de baixo custo ainda não são objetivos dos trabalhos acadêmicos, como já comentado anteriormente. Alguns autores preocupam-se em apenas montar experimentos, mas não com a dimensão financeira e dificuldades de obtenção de matérias-primas para realizar as montagens.

Por fim, acredita-se que o trabalho escrito tentará ajudar a busca por experimentos de eletromagnetismo que: (1) considerem a questão financeira da montagem dos experimentos; e (2) aborde a relação entre a teoria estudada nas aulas de física com a prática observada na natureza.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLERHAND, Adam. Who Invented the Earliest Capacitor Bank (“Battery” of Leyden Jars)? It’s Complicated. **Proceedings of the IEEE**. [S. l.], v. 106, n. 3, p. 496-503, mar. 2018. DOI: 10.1109/JPROC.2018.2795846 Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=8303875> Acesso em: 17 out. 2025

ALVES, André Luiz. *et. al.* Potência e força eletromotriz em um gerador didático de corrente alternada. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [S. l.], v. 44, p. 1-9, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/Q5KWrcSYW3YgyQYJZtbmQNh/> Acesso em: 21 abr. 2025.

ALVES, Esdras Garcia; MORAIS, Rejane Bueno de; SANTOS, Laís Kelly Marques. Desenvolvimento de um experimento de custo reduzido para investigar aspectos da força magnética sobre um condutor percorrido por corrente elétrica. **A Física na Escola**, [S. l.], v. 21, n. 1, p. 230021–1, 2023. DOI: 10.59727/fne.v21i1.21. Disponível em: <https://fisicanaescola.org.br/index.php/revista/article/view/21> Acesso em: 20 abr. 2025.

ASSIS, André Koch Torres. **Tradução Comentada das Principais Obras de Coulomb sobre Eletricidade e Magnetismo**. [s. l.]: Apeiron Montreal, 2022. Disponível em: <https://www.ifi.unicamp.br/~assis/Coulomb.pdf> Acesso em: 17 dez. 2025.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular: Ensino Médio**. Brasília, 2018

CANDIDO, Mayra Dias. **A importância dos experimentos nas aulas de ciências**. 2015. 43 f. Monografia (Especialização) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2015. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/22147> Acesso em: 12 maio 2025.

CHALMERS, Alan. **O Que é Ciência, Afinal?** São Paulo: Brasiliense, 1993.

CHEVALLARD, Yves. **La Transposicion Didáctica**. Aique Grupo Editor S.A Argentina. 1998.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André; PERNAMBUCO, Marta Maria. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo, Cortez, 2003.

DINIZ, Alexandre Magno Ferreira; ARAÚJO, Rômulo Diniz. Uma abordagem prática para o ensino do eletromagnetismo usando um motor de indução de baixo custo. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [S. l.], v. 41, n. 1, e20180216-1-e20180216-9, 2018. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbef/a/rH9kz3bYHW5mC4XpWqfhP9R/?lang=pt#> Acesso em: 28 out. 2025.

FERREIRA, Miguel. Campo Elétrico. **Revista de Ciência Elementar**, [s. l.], v. 2, n. 36, p. 1-7, 2010. Disponível em: <https://rce.casadasciencias.org/rceapp/art/2014/036/> Acesso em: 17 dez. 2025.

FONTES, Daniel Trugillo Martins, & RODRIGUES, André Machado. Fundamentação teórica no ensino de eletromagnetismo: uma revisão da literatura em periódicos nacionais. **Caderno Brasileiro De Ensino De Física**, [S. l.], v. 38, n. 2, p. 965–991. 2021. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2021.e72040> Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/72040> Acesso em: 20 abr. 2025.

GASPAR, Alberto. **Experiências de Ciências: Para o Ensino Fundamental**. 1. ed. São Paulo: Ática, 2005.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física, volume 3: eletromagnetismo**. Tradução Ronaldo Sérgio de Biasi. Rio de Janeiro, LTC, 2016. *Ebook*.

LORENZETTI, Cristina Spolti; RAÍCIK, Anabel Cardoso; DAMASIO, Felipe. Divulgação Científica: Para quê? Para quem? — Pensando sobre a História, Filosofia e Natureza da Ciência em uma Revisão na Área de Educação Científica no Brasil. **Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências**, [S. l.], v. 21, p. e29395 1-27. 2021. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2021u14871513> Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/29395> Acesso em: 21 abr. 2025.

MÁXIMO, Antônio; ALVARENGA, Beatriz. **Física: Ensino Médio. Volume 3**. 1. ed. São Paulo: editora scipione, 2006.

PEREIRA, Émerson dos Reis; SANTOS, Carlos Moreira dos. Simulações Virtuais de Eletromagnetismo no Ensino de Ciências para Favorecer o Processo de Alfabetização Científica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. [S. l.], v. 40, n. 3, p. 520–552. dez. 2023. DOI:<https://doi.org/10.5007/2175-7941.2023.e91247>. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/91247> Acesso em: 20 abr. 2025.

PEREIRA, Grazielle Rodrigues *et al.* Atividades experimentais e o ensino de Física para os anos iniciais do Ensino Fundamental: análise de um programa formativo para professores. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, [S. l.], v. 33, n. 2, p. 579-605, agosto, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2016v33n2p579> Acesso em: 03 mar. 2023

PINTO, José Antonio Ferreira; SILVA, Ana Paula Bispo; FERREIRA, Éwerton Jéferson Barbosa. Laboratório desafiador e história da ciência: um relato de experiência com o experimento de Oersted. **Caderno Brasileiro De Ensino De Física**, [S. l.], v. 34, n. 1, p. 176–196. 2017

<https://doi.org/10.5007/2175-7941.2017v34n1p176> Disponível em:

<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2017v34n1p176>
Acesso em: 20 abr. 2025.

PRESA, Solange de Almeida da Boit. **Eletromagnetismo na Escola: Hipóteses de Estudantes do Ensino Médio sobre Fenômenos Eletromagnéticos a partir do Uso de Experiências**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso - Licenciado em Ciências da Natureza com Habilitação em Física (Graduação em Ciências da Natureza com Habilitação em Física) - Instituto Federal de Santa Catarina - Campus Araranguá. Araranguá, 2016.

SALOMÃO, Francisco Carlos Carneiro Soares, *et. al.* Utilização de Experimentos Alternativos de Eletromagnetismo no Ensino Médio. **Experiências em Ensino de Ciências**. Brasília - DF, v. 18, n. 4, p. 584-606, 2023. Disponível em:

<https://if.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/download/1362/1071/> Acesso em: 28 out. 2025.

SANTOS, César Destro dos. **Eletrofísica: A Sociedade dos Circuitos**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura) - Licenciatura em Física, Instituto Federal de Ciência, Tecnologia e Educação de Santa Catarina Campus Araranguá. Santa Catarina, 2018. Disponível em:

<https://repositorio.ifsc.edu.br/handle/123456789/1030> Acesso em: 21 abr. 2025.

SANTOS, Murilo Araújo; MAIONCHI, Daniela de Oliveira; Maleta Didática - Máquina de corrente contínua no ensino do eletromagnetismo para o nível médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [S. l.], v. 43, p. 1-8, 2021. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbef/a/DQJFhwwtttQ9tsfM3PhmYHbt/> Acesso em: 21 abr. 2025.

SILVA, Cristian Costa e, *et. al.* Construção de um interferômetro de Michelson-Morley com materiais de baixo custo. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, PR, v. 10, n. 1, p. 175-189, 2017. Disponível em:

<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/5691> Acesso em: 21 abr. 2025

SILVA, Taynara Martins da. **Uma Proposta de Ensino de Eletromagnetismo através do Tema Geomagnetismo com Enfoque em Atividades Experimentais** 2019. Trabalho de Conclusão de Curso - Licenciado em Física (Licenciatura em Física) - Instituto Federal de Santa Catarina - Campus Araranguá. Araranguá, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ifsc.edu.br/handle/123456789/1331> Acesso em: 07 nov. 2025.

SOUZA, Ana Paula Grimes de; BINDER, Iara Maitê Campestrini. A dinâmica relação entre teoria e experimentação: discussões a partir de episódios da física.

A Física na Escola, [S. l.], v. 20, n. 1, p. 210809-1-210809-6, 2022. Disponível em: <http://www1.fisica.org.br/fne/edicoes/category/57-volume-20?download=562:a-dinamica-relacao-entre-teoria-e-experimentacao-discussoes-a-partir-de-episodios-da-fisica> Acesso em: 29 abr. 2025

SOARES, Antonio Augusto. *et. al.* Polaridade magnética e sensor Hall: uma proposta de experimento para os ensinios fundamental e médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [S. l.], v. 43, p. 1-5, 2021. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbef/a/Bh6jbyqdrfPN6B6hjjjhrn/> Acesso em: 21 abr. 2025

SPOHR, Carla Beatriz; GARCIA, Isabel Krey; SANTAROSA, Maria Cecília Pereira. Identificando a Evolução Conceitual no Ensino de Eletromagnetismo Através de uma UEPS Baseada Num Sistema de Som Automotivo Gerador de Energia.

Investigações em Ensino de Ciências, [S. l.], v. 22, n. 3, p. 162–175, 2017. DOI:

<https://10.22600/1518-8795.ienci2017v22n3p162> Disponível em:

<https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/751> Acesso em: 20 abr. 2025.

TIPLER, Paul A.; LLEWELLYN, Ralph A. **Física Moderna**. 6. ed. Rio de Janeiro, LTC, 2017. *Ebook*.

TIPLER, Paul A. MOSCA, Gene. **Física para Cientistas e Engenheiros**: volume 3, 6. ed. LTC, Rio de Janeiro, 2009.

ANEXOS

ANEXO 1: ROTEIRO EXPERIMENTAL 1 - CAMA DE ESFERAS DE PAPEL ALUMÍNIO

Roteiro Experimental 1 - Cama de esferas de papel alumínio

Dados de Identificação
Escola: Professor/estagiário: Data de implementação: Duração da atividade (períodos): <input type="checkbox"/> Ensino Fundamental <input type="checkbox"/> Ensino Médio <input type="checkbox"/> Ensino Superior Ano: Componente curricular: Física.

Introdução

No inverno, é notável que ao vestir agasalhos feitos de lã e depois retirá-los do corpo, uma consequência natural é ouvir pequenos estalinhos. Além do barulho causado, se o agasalho for aproximado ao cabelo, outra consequência surgirá: o cabelo será atraído para o agasalho. Mas como? Essa atração é devida a diferença de cargas presente no agasalho, fazendo com que uma força elétrica de atração surja no sistema cabelo-agasalho.

A fim de explicar melhor a força de atração entre o cabelo e o agasalho, o experimento a seguir demonstrará como a eletrostática se faz presente em um experimento simples e visível. A melhor explicação dos fenômenos que acontecem nessa situação é dada pela lei de Coulomb. As esferas, inicialmente descarregadas, são postas no fundo do aparato. Quando o vidro é atritado com algum material, por exemplo um pedaço de lã, ele se torna carregado e é capaz de atrair corpos, que nesse caso serão as esferas de papel alumínio. A explicação desse fato é a seguinte: as esferas conseguem vencer a força gravitacional em virtude da força elétrica que o vidro imprime nas esferas devido a sua carga líquida diferente de zero. As esferas vão em direção ao vidro e por contato acabam carregando, o que faz com que o vidro e as esferas possuam cargas iguais, e assim a força elétrica

exercida pelo vidro fique cada vez menor. Quando a força gravitacional vence a força elétrica na esfera de papel laminado, a esfera acaba caindo, e encostando no fundo do aparato novamente. Quando isso acontece, a esfera descarrega sua carga, e a força elétrica anterior ao carregamento obtém novamente sua influência, fazendo com que as esferas fiquem aparentemente saltando.

Ao tratar o caso do cabelo e agasalho, é dito que o agasalho está carregado e induz uma força de atração que é descrita pela lei de Coulomb. E com esse experimento fica bastante evidente o efeito da força elétrica em corpos carregados e descarregados, podendo ser extrapolado para estudar também o efeito de campo elétrico e diferença de potencial. A força elétrica surge em corpos carregados, o campo elétrico é uma propriedade dos corpos carregados, e a diferença de potencial é a capacidade de realizar trabalho em corpos carregados.

Objetivo

- Observar o comportamento de corpos descarregados na presença de corpos carregados;
- Compreender o surgimento da força elétrica a partir da diferença líquida de cargas elétricas.

Parte experimental

Materiais

- 1 placa de acrílico de 30x30x0,3 cm;
- 15 esferas de isopor de 15 mm de diâmetro;
- 1 rolo de papel alumínio;
- 4 blocos de madeira de 2x2x1,5 cm
- 1 rolo de papel toalha

Precauções

Esse tipo de experimento depende do tempo seco para ser realizado, por esse motivo, fazer esse experimento em dias de verão ou dias chuvosos pode afetar o resultado esperado.

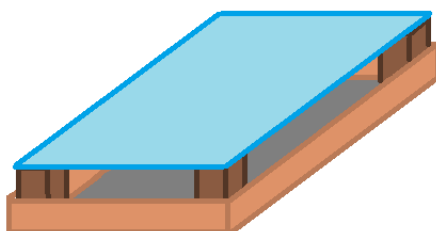
Montagem do aparato

Com a base inferior já forrada com papel alumínio, coloque os blocos de madeira nos cantos da base;

Após os blocos serem colocados, despeje as esferas em cima da base inferior, de modo a deixar elas dispersas;

Coloque agora a superfície de vidro, e após isso a montagem está finalizada (figura 01).

Figura 01 - Aparato montado



Fonte: o autor

Procedimento Experimental

1ª Etapa: carregando eletricamente o vidro:

- Com o pedaço de lã/agasalho, comece a atritar o vidro;
- Observe o que acontece com as esferas de alumínio logo abaixo do vidro.

Questionário

- 1) Qual dos objetos do aparato ganhou carga pelo atrito com o pedaço de lã/agasalho? Por que ele ganhou carga?

- 2) As esferas continham carga elétrica? Por que elas subiam até o vidro?

3) Qual a explicação para o surgimento de uma força que atrai as esferas?

Referências

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física, volume 3**: eletromagnetismo. Tradução Ronaldo Sérgio de Biasi. Rio de Janeiro, LTC, 2016. *Ebook*.

HEWITT, Paul G. **Física conceitual**. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

YouTube. **9 Awesome Science Tricks Using Static Electricity!** Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ViZNgU-Yt-Y> Acesso em: 30 jun. 2025.

ANEXO 2: ROTEIRO EXPERIMENTAL 2 - GARRAFA DE LEYDEN

Roteiro Experimental 2 - Garrafa de Leyden

Dados de Identificação
Escola: Professor/estagiário: Data de implementação: Duração da atividade (períodos): <input type="checkbox"/> Ensino Fundamental <input type="checkbox"/> Ensino Médio <input type="checkbox"/> Ensino Superior Ano: Componente curricular: Física.

Introdução

A eletrostática é muito presente no cotidiano, principalmente em dias de inverno, quando os agasalhos de lã e o tempo seco se fazem muito mais presentes. Às vezes, a eletrostática gera vítimas de descargas elétricas quando elas tentam abrir a porta do carro ou encostam em um corrimão de metal, através daquela sensação de que levou-se um choque. O que aconteceu é uma descarga elétrica entre o corpo humano e o objeto de metal.

Um experimento que ilustra esse fenômeno sobre descargas elétricas é o chamado garrafa de Leyden. Em meados de 1800, quando iniciava-se o estudo da eletricidade, Leyden elaborou um aparato que tinha como objetivo aprisionar as cargas elétricas em uma garrafa. É claro que na época acreditava-se que a carga elétrica era uma espécie de matéria que poderia ser coletada e armazenada em um recipiente, semelhante à água, o que não é totalmente verdade. A carga elétrica pode ser armazenada em capacitores, porém não em quantidades significativas para abastecer um equipamento por um longo período de tempo.

Apesar de que o experimento de Leyden mostrar-se insatisfatório para acumular cargas elétricas, Leyden acidentalmente criou o que hoje é chamado de capacitor. Um capacitor é um elemento eletrônico que permite armazenar uma pequena quantidade de carga, na qual essa carga armazenada pode ser liberada com muita rapidez.

Portanto, a garrafa de Leyden mostra como uma descarga elétrica pode ser criada artificialmente utilizando um aparato simples e através da eletrização de corpos.

Objetivo

- Compreender o processo de eletrização dos corpos;
- Analisar o processo de descarga de corpos eletrizados.

Parte experimental

Materiais

- 1 pote de plástico com tampa;
- 1 bolinha de plástico;
- 1 rolo de papel alumínio;
- 2 pedaços de fio de cobre com 0,5 milímetros de diâmetro: um de 0,25 m de comprimento e um de 0,5 m de comprimento;
- 1 rolo de arame de aço;
- 1 canudos plástico / 1 balão de látex;
- 1 toalha de lã;
- 1 rolo de papel toalha.

Precauções

Não é recomendado utilizar outro meio para carregar a garrafa senão o canudo com papel.

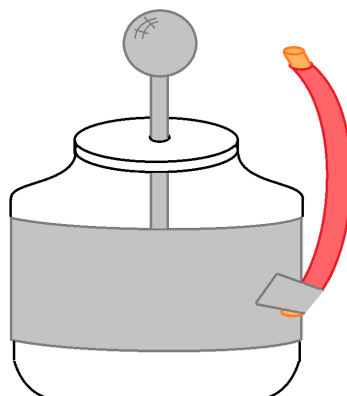
O experimento funciona melhor em dias secos. Dias chuvosos acabam umedecendo o ar, e fazem com que as cargas acumuladas no aparato sejam dispersadas pelo ambiente.

O fenômeno é melhor visto no escuro.

Procedimento Experimental

Para realizar o experimento, é necessário que a Garrafa de Leyden esteja montada, conforme a figura 02.

Figura 02 - Aparato montado



Aparato montado

Fonte: o autor.

1ª Etapa: carregando a garrafa

- a) Com o canudo ou tubo de PVC, esfregue um pedaço de papel várias vezes;
- b) Depois de atritado, encoste o canudo/cano de PVC na bolinha com papel laminado;
- c) repita o passo da letra a) e b) umas dez vezes;

2ª Etapa: visualizando a descarga

- a) Sem encostar na garrafa, pegue o fio longo externo e aproxime lentamente da bolinha de plástico com papel laminado.

Questionário

- 1) O que aconteceu quando o fio estava muito próximo da esfera? Por quais motivos isso aconteceu?

2) Na sua percepção, por que isso acontece?

3) O que acontece com as cargas no interior da garrafa enquanto a descarga não acontece?

Referências

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física, volume 3**: eletromagnetismo. Tradução Ronaldo Sérgio de Biasi. Rio de Janeiro, LTC, 2016. *Ebook*.

YouTube. **Como fazer uma MÁQUINA DE CHOQUES caseira para FEIRA DE CIÊNCIAS**. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Lxe4FAI-g6s&t=249s> Acesso em: 01 jul. 2025.

YouTube. **GARRAFA DE LEYDEN**. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=8Q1iyclhkis> Acesso em: 01 jul. 2025.

YouTube. **Shock and Awe: The Story of Electricity -- Jim Al-Khalili** BBC Horizon Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Gtp51eZkwol> Acesso em: 01 jul. 2025.

ANEXO 3: ROTEIRO EXPERIMENTAL 3 - LÂMPADA NEON

Roteiro Experimental 3 - Lâmpada Neon
--

Dados de Identificação
Escola: Professor/estagiário: Data de implementação: Duração da atividade (períodos): <input type="checkbox"/> Ensino Fundamental <input type="checkbox"/> Ensino Médio <input type="checkbox"/> Ensino Superior Ano: Componente curricular: Física.

Introdução

Na era Contemporânea, a eletricidade tornou-se indispensável para a sobrevivência humana. A eletricidade é utilizada para alimentar praticamente tudo, como computadores, celulares, eletrodomésticos, ferramentas, equipamentos hospitalares, máquinas industriais, entre outros.

Ao analisar o uso da eletricidade no cotidiano, é possível inferir que este tipo de eletricidade refere-se à corrente elétrica, ou seja, o movimento dos elétrons em condutores. Esse movimento pode ser alternado, como acontece em tomadas residenciais, ou contínuo, como acontece em pilhas e baterias.

Nessa mesma linha de raciocínio, atualmente existem alguns equipamentos que podem medir o total de corrente que passa por um condutor, ou apenas detectar condutores eletrizados. Alguns desses equipamentos são: o amperímetro, o multímetro, e a chave-teste.

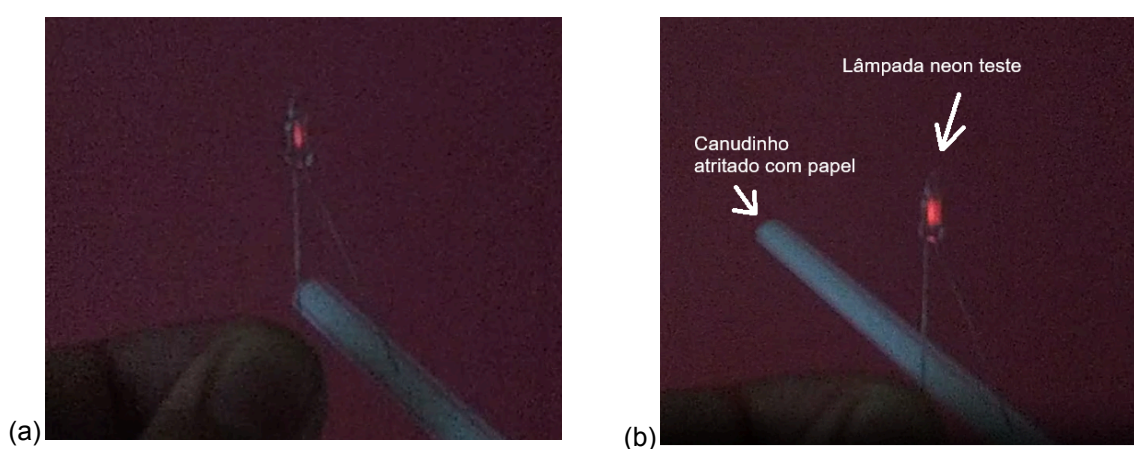
A corrente elétrica é oriunda de duas extremidades que possuem diferença de potencial elétrico. Quando essas duas extremidades são unidas por intermédio de algum equipamento, esse equipamento entra em funcionamento devido a corrente de elétrons que sai de uma extremidade e vai até a outra.

A diferença de potencial elétrico, então, pode ser definida como a capacidade de realizar trabalho em cargas elétricas. É óbvio que medir essa diferença de potencial elétrico em tomadas de baixa tensão pode ser uma tarefa perigosa, mas

existe uma solução muito simples e interessante para constatar a diferença de potencial: utilizar uma lâmpada neon teste.

As lâmpadas neon teste são pequenos componentes que emitem um pulso de luz quando são aproximadas a um corpo eletricamente carregado (figuras 03 (a) e (b)). Não é necessário realizar o contato com os terminais da lâmpada neon, o pulso de luz acontece mesmo em um campo elétrico de baixa intensidade, que pode ser obtido pela eletrização por atrito.

Figura 03 - Lâmpada neon teste



Fonte: o autor

A partir disso, o presente experimento tem por finalidade demonstrar a presença da diferença de potencial em corpos carregados através de um pulso de luz oriundo de uma lâmpada neon teste.

Objetivo

- Compreender o que é a diferença de potencial em corpos carregados;
- Entender o processo de descarga de um corpo carregado e, assim, compreender a corrente elétrica;
- Relacionar a diferença de potencial com o movimento de cargas elétricas.

Parte experimental

Materiais

- 1 lâmpada neon teste;
- 1 canudo de plástico;
- 1 pedaço de papel toalha.

Procedimento Experimental

1ª Etapa: carregando o canudo/cano de PVC:

- a) Esfregue o papel várias vezes no canudo/cano de PVC, fazendo o canudo/cano de PVC ficar eletrizado por atrito;

2ª Etapa: observando o pulso de luz:

- a) Segure apenas um dos terminais da lâmpada neon e aproxime o canudo/cano de PVC carregado

Questionário

- 1) Por quais motivos você acredita que a lâmpada pisca quando o canudo carregado aproxima-se do terminal?

- 2) Como é possível que haja pulso de luz se não houve contato?

- 3) Em qual situação do cotidiano ocorre um fenômeno semelhante ao piscar da lâmpada neon?

Referências

BÔAS, Newton Villas; DOCA, Ricardo Helou; GUALTER, José Biscuola. **Tópicos de Física**: Vol 3. 19. ed., São Paulo, Editora Saraiva, 2012.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física, volume 3**: eletromagnetismo. Tradução Ronaldo Sérgio de Biasi. Rio de Janeiro, LTC, 2016. *Ebook*.

ANEXO 4: ROTEIRO EXPERIMENTAL 4 - GERADOR COM MOTOR ELÉTRICO

Roteiro Experimental 4 - Gerador com motor elétrico
--

Dados de Identificação
Escola: Professor/estagiário: Data de implementação: Duração da atividade (períodos): <input type="checkbox"/> Ensino Fundamental <input type="checkbox"/> Ensino Médio <input type="checkbox"/> Ensino Superior Ano: Componente curricular: Física.

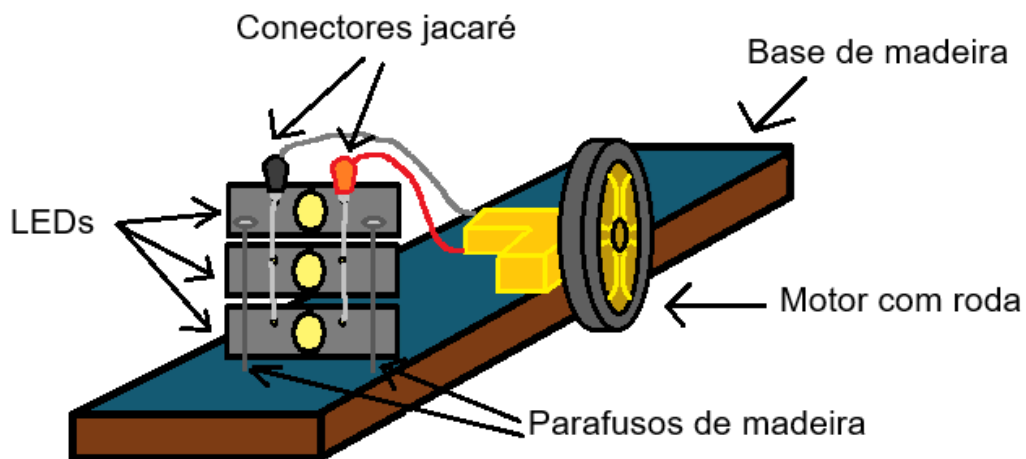
Introdução

Ao estudar acerca do início da utilização da corrente alternada, e conseqüentemente entender os motivos de utilizar esse tipo de corrente específica, que é a corrente disponibilizada atualmente pelas companhias de energia elétrica, é muito comum retomar ao entrave histórico de Thomas Edison e Nikola Tesla. O marco temporal, descrito segundo Hewitt (2015), inicia-se com Tesla, descrevendo-o como um grande inventor que conseguiu melhorar exponencialmente a eficiência de algumas máquinas elétricas. Seu feito mais notável foi a utilização da corrente alternada na iluminação pública, ocasionando a famosa disputa com seu ex-chefe, concorrente e perdedor na corrida da iluminação: Thomas Edison. Da disputa, o ganhador trouxe ao mundo uma das mais indispensáveis máquinas utilizadas pela humanidade: o motor de indução elétrico, que concomitantemente originou o gerador elétrico de corrente alternada.

Ainda abordando-se geradores, é possível montar um gerador elétrico capaz de acender um diodo emissor de luz, ou do inglês, um LED (light emissor diode), com um motor e uma pequena manivela. O motor elétrico tem capacidade de transformar energia elétrica em energia mecânica e vice-versa. A energia elétrica chega ao motor na forma de corrente, e a energia mecânica é transformada em rotações no eixo do motor. Se, no entanto, o eixo do motor for rotacionado, então o motor irá funcionar como um gerador.

Em vista disso, o seguinte experimento tem como objetivo montar um gerador elétrico de baixo custo que irá alimentar uma lâmpada (Figura 04).

Figura 04 - Experimento do gerador com motor elétrico



Fonte: o autor

Objetivo

- Entender o processo de geração de energia elétrica;
- Verificar a conversão de energia mecânica para elétrica e, posteriormente, luminosa.

Parte experimental

Materiais

- 3 LEDs de 5 V (os utilizados foram LEDs de televisão LCD);
- 1 motor com redução e roda;
- 2 *jumpers* tipo jacaré;
- 1 pedaço de madeira de 40x9x1,5 cm;
- Um pouco de fio.

Procedimento Experimental

1ª Etapa: preparando o LED e o motor:

- a) Conecte um dos contatos do motor com um terminal do LED com auxílio de um conector tipo jacaré; Faça o mesmo para o outro contato do motor e terminal do LED;
- b) Fixe o motor e o LED no pedaço de madeira destinado à montar o experimento. Tenha cuidado ao montar para que a ponta do eixo e a roda que vai no eixo do motor fiquem livres para girar.

2ª Etapa: Observação do fenômeno

- a) Com tudo montado, comece a girar a roda do motor.

Questionário

- 1) Ao girar a manivela, estamos convertendo a energia mecânica em energia elétrica por intermédio do motor. Como você explica essa conversão?

- 2) O que acontece dentro do motor para que a conversão aconteça?

- 3) Essa conversão de energia poderia ligar outros aparelhos?

Referências

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física, volume 3: eletromagnetismo**. Tradução Ronaldo Sérgio de Biasi. Rio de Janeiro, LTC, 2016. *Ebook*.

HEWITT, Paul G.; **Física Conceitual**, 12. ed. São Paulo, Bookman, 2015. *Ebook*.

YouTube. **Shock and Awe: The Story of Electricity -- Jim Al-Khalili BBC Horizon**
Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Gtp51eZkwol> Acesso em: 01 jul. 2025.

ANEXO 5: ROTEIRO EXPERIMENTAL 5 - CIRCUITO ELÉTRICO COM RESISTÊNCIAS E LÂMPADAS

Roteiro Experimental 5 - Circuito Elétrico com Resistências e Lâmpadas

Dados de Identificação

Escola:

Professor/estagiário:

Data de implementação:

Duração da atividade (períodos):

Ensino Fundamental Ensino Médio Ensino Superior

Ano:

Componente curricular:

Introdução

A corrente elétrica está presente em grande parte dos dispositivos que usamos diariamente. Por causa disso, este experimento buscou demonstrar como a corrente elétrica se comporta em um circuito simples, a partir da exploração de conceitos fundamentais como condutividade, resistência e continuidade elétrica.

É de conhecimento geral que os fios elétricos são responsáveis por providenciar a energia elétrica que chega aos equipamentos domésticos. Em uma casa, boa parte dos equipamentos possui uma tomada para serem ligados a rede elétrica e, desse modo, iniciar seu funcionamento.

Nesse sentido, o seguinte aparato experimental tem como objetivo mostrar como o tipo de ligação entre lâmpadas e resistências afetará a passagem de corrente elétrica. Como os conectores tipo jacaré podem ser desconectados com facilidade, o experimento pode adotar a configuração de ligação em série ou em paralelo.

A mudança de configuração da ligação entre lâmpadas e resistores afeta a resistência total do circuito, o que influencia diretamente no brilho das lâmpadas. Quando colocadas em série, a resistência total é a soma das resistências, e quando colocadas em paralelo, o inverso da resistência total é a soma dos inversos das resistências das lâmpadas.

É claro que esse experimento demanda um custo um pouco maior que os demais apresentados até então, porém a montagem e obtenção dos materiais para este experimento também visa o baixo custo.

Nesse sentido, esse roteiro experimental tem como finalidade apresentar a montagem deste experimento, utilizando materiais de baixo custo e sugerindo algumas formas de montagem para o estudo de circuitos elétricos.

Objetivo

- Entender a influência da resistência em um circuito elétrico;
- Compreender o comportamento do fluxo de elétrons.

Parte experimental

Materiais

- 1 fonte de 5V qualquer;
- 3 lâmpadas de 5 V e 3 W de LED;
- 3 resistores de 5 V e 3 W;
- 10 conectores tipo jacaré;
- 1 pedaço de madeira de 25x34 cm, para usar como base.

Precauções

Os resistores e lâmpadas devem possuir a mesma potência;

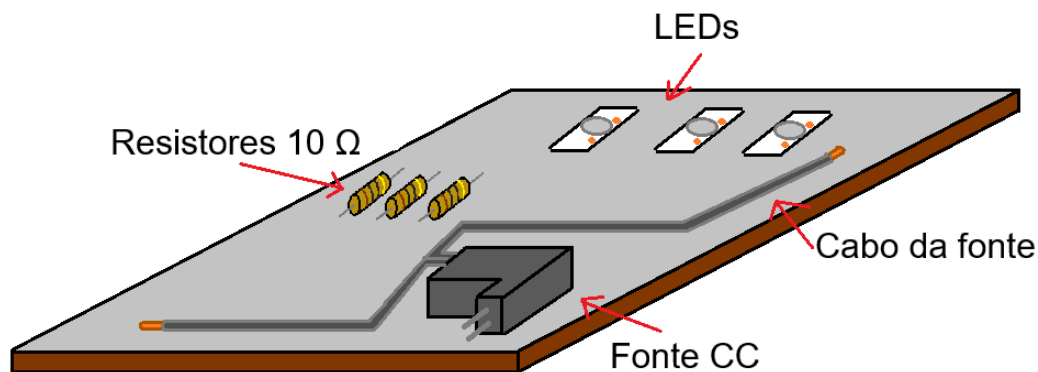
Pode ser que 10 conectores tipo jacaré não satisfaçam todos os tipos de ligações.

Procedimento Experimental

1ª Etapa: preparando a bancada:

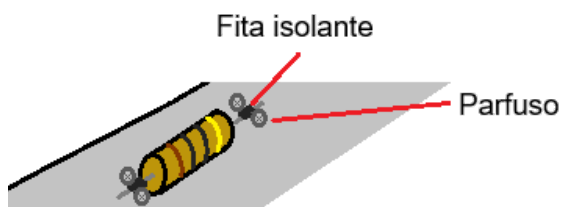
Usando a base de madeira de 25x34 cm, faça a disposição dos resistores, LEDs e fonte CC. A figura 01 dá uma sugestão de como a montagem final deverá ficar. Para fixar os resistores e LEDs, é possível usar pequenos parafusos para madeira, e para que o resistor não conduza corrente para o parafuso, isola-se a ponta com fita isolante (figura 02). A fonte também pode ser fixada com parafusos maiores (figura 03).

Figura 01 - Disposição sugerida dos componentes



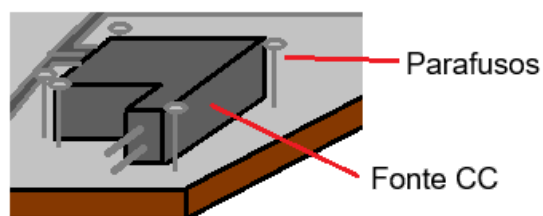
Fonte: o autor

Figura 02 - Detalhe para fixar o resistor



Fonte: o autor.

Figura 03 - Detalhe para fixar a fonte CC

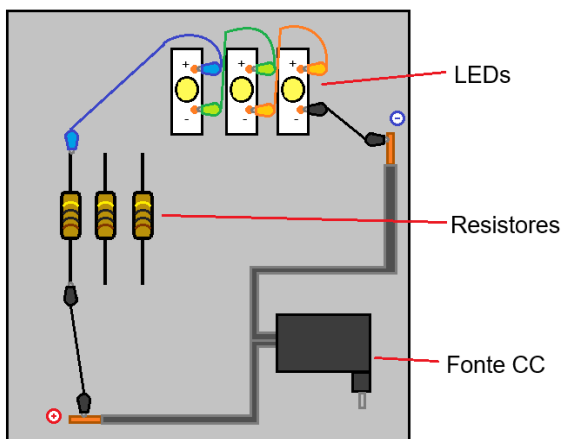


Fonte: o autor.

2ª Etapa: realizando as ligações

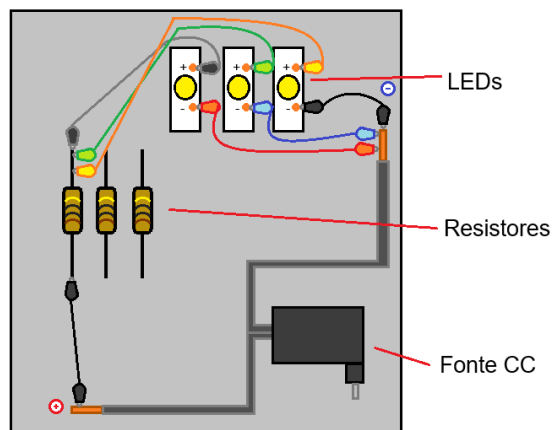
As imagens abaixo dão algumas sugestões de ligações. A primeira trabalhará somente com ligações em série (figura 02), a segunda somente com ligações em paralelo (figura 03). O resultado esperado é: a primeira configuração faz com que a intensidade das lâmpadas seja bem baixa, e a segunda a intensidade das lâmpadas é alta.

Figura 04 - Ligações em série



Fonte: o autor

Figura 04 - Ligações em paralelo



Fonte: o autor

Questionário

- 1) O que pode explicar a intensidade das lâmpadas de acordo com as ligações feitas no circuito?

- 2) Se um número muito grande de lâmpadas forem ligadas em série, o que aconteceria com a intensidade? E se agora as lâmpadas forem ligadas em paralelo, o que aconteceria com a intensidade?

- 3) Por qual motivo todas as lâmpadas são desligadas quando uma lâmpada queima em um circuito em série? E por que isso não acontece no circuito em paralelo?

Referências

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física, volume 3**: eletromagnetismo. Tradução Ronaldo Sérgio de Biasi. Rio de Janeiro, LTC, 2016. *Ebook*.

VALADARES, E. C. **Física mais que divertida**: inventos eletrizantes baseados em materiais reciclados e de baixo custo. 2. ed. Belo Horizonte: EDITORAufmg, 2009.

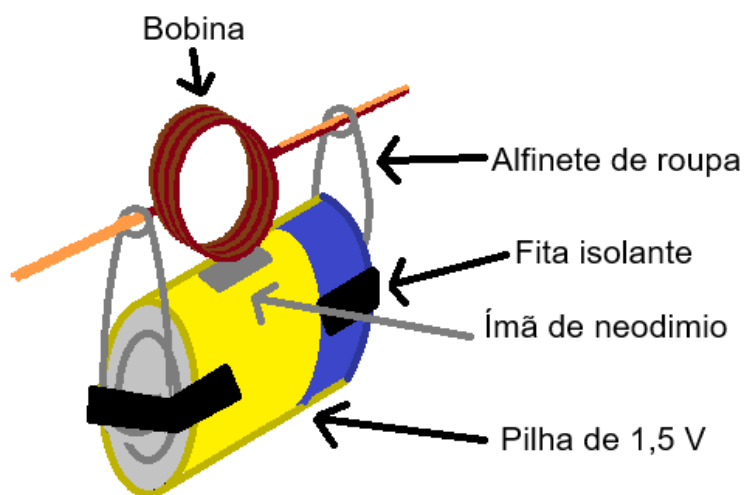
ANEXO 6: ROTEIRO EXPERIMENTAL 6 - MOTOR COM BOBINA E PILHA

Roteiro Experimental 6 - Motor com Bobina e Pilha**Dados de Identificação****Escola:****Professor/estagiário:****Data de implementação:****Duração da atividade (períodos):** **Ensino Fundamental** **Ensino Médio****Ano:****Componente curricular:** Física.**Introdução**

A força magnética que age sob um corpo carregado é um comportamento interessante e particular de ser estudado. Quando um corpo qualquer possui carga e velocidade, ao ser submetido a um campo magnético uniforme, esse corpo tende a sofrer uma força magnética perpendicularmente à direção da velocidade. Na atualidade, a força magnética é explorada por motores elétricos que, quando em presença de corrente, transformam a energia elétrica em energia mecânica.

Nesse sentido, o experimento a seguir apresenta o funcionamento de um motor com uma bobina (figura 01). Um motor elétrico, seja ele alimentado por Corrente Contínua (CC) ou Corrente Alternada (CA), possui como função converter a energia elétrica em energia mecânica, ou seja, converter a corrente elétrica em rotações. O princípio básico do funcionamento de um motor está na força magnética ocasionada pelo movimento das cargas na bobina.

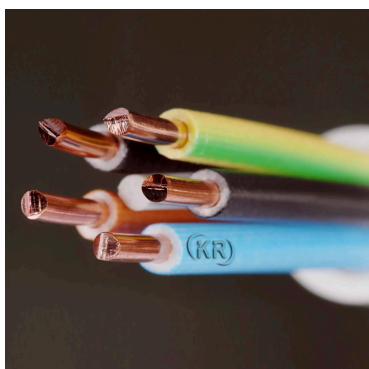
Figura 01 - Motor com bobina e pilha



Fonte: o autor

O detalhe na bobina a seguir simplifica todo o processo que possibilita o motor girar. De modo geral, o fio de cobre utilizado utiliza um esmalte isolante, que se assemelha à capa isolante de fios elétricos usados em residências (figura 02). Como mostrado na figura 03, a parte superior da haste direita está descascada e permite a passagem de corrente, enquanto a parte inferior está coberta por uma fina camada isolante. A consequência de possuir uma haste parcialmente condutora é o giro da bobina: quando a parte condutora fecha o circuito, uma corrente passa a bobina, e por causa do ímã logo abaixo da bobina, uma força magnética é impressa na bobina, fazendo-a girar. Porém, como a haste é parcialmente condutora, quando a parte isolante impede a corrente, a força magnética cessa sua ação na bobina, que agora gira por inércia, até a parte condutora da haste tocar novamente no alfinete, gerando um ciclo praticamente infinito.

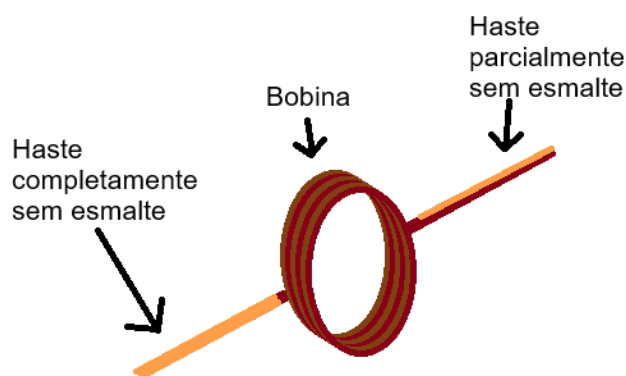
Figura 02 - Fio elétrico com capa isolante colorida



Fonte:

<https://krmateriais.com.br/wp-content/uploads/2023/04/fio-2x5mm-2.jpg>

Figura 03 - Detalhe da bobina utilizada no experimento.



Fonte: o autor.

Objetivo

- Compreender o efeito da força magnética em condutores;
- Relacionar a transformação de energias.

Parte experimental

Materiais

- Uma bobina de fio de cobre esmaltado (0,3 metros de fio, com 10 voltas);
- 1 ímã de neodímio de alto-falante;
- 1 pilha ou fonte de alimentação;
- 2 alfinetes de roupa
- Fita isolante/adesiva.

Procedimento Experimental

1ª Etapa: fazendo o motor girar:

- a) Com todos os componentes em seu devido lugar, empurre a bobina do motor fazendo-a girar em seu próprio eixo.

Questionário

1) Após empurrar a bobina do motor, o que começou a acontecer?

2) Qual a explicação de física que pode mostrar a causa do giro da bobina?

3) Seria possível aumentar a velocidade do giro dessa bobina? Como?

Referências

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física, volume 3**: eletromagnetismo. Tradução Ronaldo Sérgio de Biasi. Rio de Janeiro, LTC, 2016. *Ebook*.

VALADARES, E. C. **Física mais que divertida**: inventos eletrizantes baseados em materiais reciclados e de baixo custo. 2. ed. Belo Horizonte: EDITORAufmg, 2009.

YouTube. **Como fazer um MOTOR elétrico com um ÍMÃ (EXPERIÊNCIA de FÍSICA)** Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=3nbDBCg6thM&t=165s&pp=ygUcY29tbYBmYXplciB1bSBtb3RvciBjb20gaW3Dow%3D%3D> Acesso em: 12 out. 2025.