



O ENSINO DE ELETROMAGNETISMO E FÍSICA MODERNA NO ENSINO  
MÉDIO USANDO ATIVIDADES EXPERIMENTAIS: UMA PROPOSTA

Ademir Kreпки Henisch

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

Orientador(es):  
Jeremias Borges da Silva

Ponta Grossa - Paraná  
Fevereiro - 2017

O ELETROMAGNETISMO E A FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO  
ATRAVÉS DE PROJETOS EXPERIMENTAIS

Ademir Kreпки Hensch

Orientador(es):  
Jeremias Borges da Silva

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

Aprovada por:

---

Dr. Nome do Membro da Banca

---

Dr. Nome do Membro da Banca

---

Dr. Nome do Membro da Banca

Ponta Grossa - Paraná  
Fevereiro - 2017

## FICHA CATALOGRÁFICA

H Henisch, Ademir Krepki  
O Eletromagnetismo e a Física Moderna no Ensino Médio através de projetos experimentais – Ponta Grossa: UEPG, 2017.

Orientador: Jeremias Borges da Silva  
Dissertação (mestrado) – UEPG / Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2016.

Referências Bibliográficas: f. .

1. Ensino de Física. 2. Eletromagnetismo 3. Física Moderna. I. Silva, Jeremias Borges. II. Universidade Estadual de Ponta Grossa, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. III. O Eletromagnetismo e a Física Moderna no Ensino Médio através de projetos experimentais

Dedico este trabalho a meus pais, minha esposa e todos que de alguma forma me auxiliaram nesta caminhada.

## **Agradecimentos**

Primeiramente agradeço a Deus pela vida e por tudo que tenho.

Aos meus pais, por tudo que fizeram e fazem por mim.

À minha esposa Jeanine pela ajuda e motivação.

Ao professor – orientador Jeremias pela ajuda e paciência.

À CAPES pelo apoio financeiro por meio da bolsa concedida.

## RESUMO

### O ELETROMAGNETISMO E A FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO ATRAVÉS DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS

Ademir Krepki Hensch

Orientador(es):  
Jeremias Borges da Silva

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

Esta dissertação trata do teste e análise de um caderno de atividades experimentais elaborado para trabalhar com conteúdos de Eletromagnetismo e Física Moderna no Ensino Médio.

As atividades apresentadas neste caderno apresentam baixa complexidade, permitindo que seu uso não demande de muito tempo ou que necessitem de habilidades especiais.

Outro ponto importante é intercambialidade dos componentes, que permite seu uso em mais de uma atividade assim como baixo custo, quando comparado com os kits presentes no mercado. Os componentes usados são comuns e acessíveis nas mais diversas regiões do país.

O objetivo principal destas atividades experimentais é de melhorar o aproveitamento dos alunos em relação ao conteúdo de Eletromagnetismo e Física Moderna assim como motivar os alunos para estudar Física.

As teorias de aprendizagem adotadas foram a da aprendizagem significativa de David Ausubel e também da teoria sociointeracionista de Lev Vygotsky.

Palavras-chave: Ensino de Física, Eletromagnetismo, Física Moderna.

Ponta Grossa  
Fevereiro - 2017



## **ABSTRACT**

### **O ELETROMAGNETISMO E A FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO ATRAVÉS DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS**

Ademir Krepki Hensch

Supervisor(s):  
Jeremias Borges da Silva

Master's Dissertation submitted to the Graduate Program of the Ponta Grossa State University in the Professional Master's Degree Course in Physics Teaching (MNPEF), as part of the requisites required to obtain the Master's degree in Physics Teaching.

This dissertation deals with the test and analysis of a book of experimental activities elaborated to work with contents of Electromagnetism and Modern Physics in High School.

The activities presented in this book present low complexity, allowing their use does not require a lot of time or require special skills.

Another important point is interchangeability of the components, which allows their use in more than one activity as well as low cost when compared to the kits on the market. The components used are common and accessible in the most diverse regions of the country.

The main objective of these experimental activities is to improve student achievement in relation to the content of Electromagnetism and Modern Physics as well as to motivate students to study Physics.

The learning theories adopted were that of David Ausubel's meaningful learning and Lev Vygotsky's socio-interactionist theory.

Keywords: Physics education, Electromagnetism, Modern physics

Ponta Grossa  
February 2017

## Sumário

Capítulo 1 - Introdução.....	2
1.1 Contexto do ensino médio.....	2
1.2 Referencial Teórico.....	4
1.3 A Física envolvida.....	6
Capítulo 2 - Objetivos .....	8
2.1 Objetivo Geral .....	8
2.2 Objetivos Específicos.....	8
Capítulo 3 - Procedimentos metodológicos.....	9
3.1 Métodos .....	10
3.2 Procedimentos de verificação de aprendizagem.....	11
3.3 Planos de aula .....	11
Capítulo 4 – Aplicação das Atividades educacionais.....	17
4.1 Componentes .....	17
4.2 Atividade 1 - Eletroscópio eletrônico .....	19
4.3 Atividade 2 – Associação de Resistores .....	21
4.4 Atividade 3 – Experiência de Oersted e Motor Elétrico.....	22
4.5 Atividade 4 – Lei de Faraday .....	24
4.6 Atividade 5 – Controle Remoto Rudimentar.....	24
4.7 Atividade 6 – Emissão de Luz e Energia.....	26
4.8 Atividade 7 – Efeito Fotoelétrico .....	27
Capítulo 5 – Análises e discussões .....	28
5.1 Dificuldades enfrentadas .....	28
5.2 Observações da aprendizagem.....	29
Capítulo 6 – Considerações Finais .....	31
Apêndice A .....	32
Referências Bibliográficas.....	113

## Lista de Figuras

Figura 1 – Kit com os componentes	19
Figura 2 – Eletroscópio Eletrônico	20
Figura 3 – Associação em série	21
Figura 4 – Experiência de Oersted	23
Figura 5 – Motor elétrico	23
Figura 6 – Experiência de Faraday	24
Figura 7 – Controle remoto rudimentar	25
Figura 8 – Emissão de luz energia	26
Figura 9 – Efeito fotoelétrico	27
Figura 10 – Efeito fotoelétrico – Iluminação do Led	28

## Lista de Tabelas

Tabela 1 – Custos dos componentes	18
-----------------------------------	----

# Capítulo 1 – Introdução

## 1.1 CONTEXTO DO ENSINO MÉDIO

Os problemas do Ensino Básico tornam-se pauta de debates sempre que resultados de testes avaliativos são divulgados. Análises superficiais, tendenciosas e oportunistas levam a ações precipitadas que podem causar mais danos ao processo de ensino e aprendizagem, e ao sistema de ensino. A mídia e os políticos destacam a deficiência de aprendizado em Português e Matemática como resultado de um ensino ineficaz, ruim e não atrativo ao aluno. Nessa visão o foco do problema e da solução é o professor. As exigências colocadas ao professor são incoerentes com as ações políticas estruturais em relação ao sistema de ensino. Poucas, ou nenhuma, atenção é dada as questões sociais e econômicas que envolvem os estudantes e a comunidade escolar e que interferem fortemente no processo. Não há debates sobre os valores humanos que se tornam paradigmas na sociedade e que conduz aos objetivos de vida fúteis, alienados e subservientes. As políticas de governo, em geral, consideram a educação como despesa e não como investimento, promovendo a desvalorização profissional dos educadores.

As causas dos problemas, e seus efeitos, são motivos de estudos de pesquisadores a muito tempo. Muitas propostas de solução já existem e muitas foram colocadas em prática e testadas em vários níveis e situações. São ações que ocorrem isoladamente ou sem uma articulação ou planejamento que possa influenciar visivelmente o sistema educacional. O entusiasmo dos educadores se esvai pela falta de incentivo e condições de trabalho.

No entanto algumas ações importantes do Governo Federal como o PIBID, que incentivam a formação de professores e os Mestrados Profissionais, que incentivam a formação continuada de professores, precisam ter continuidade e serem ampliadas. Essa dissertação é fruto de um trabalho desenvolvido dentro do curso de Mestrado Profissional. Após observações e tentativas de melhorar o processo de ensino e aprendizagem, foram propostas atividades experimentais para incentivar a participação dos alunos nas aulas. O curso de mestrado proporcionou um aprendizado que permitiu o desenvolvimento de atividades educacionais baseadas em teorias cognitivista, seguindo uma lógica de construção conceitual que formam a base teórica da disciplina, ao mesmo tempo em que, se contextualiza e permite aos estudantes utilizarem o aprendizado no seu cotidiano. A contextualização dos temas trabalhados é uma recomendação onipresente nos documentos oficiais que se tornou consenso entre os pesquisadores.

Observa-se que as maiores dificuldades em relação à aprendizagem na disciplina de Física estão nos tópicos reservados para o último ano do ensino médio. As dificuldades operacionais em relação ao uso da matemática, as frustrações dos anos anteriores em relação à disciplina, a preparação para concursos seletivos ao Ensino Superior, e outras prioridades contribuem para um ensino e aprendizagem superficial e sem utilidade. Muitas vezes não há tempo para cumprir o programa da disciplina, em outras há professores inseguros que preferem a superficialidade. Um planejamento adequado torna possível definir o que é fundamental em relação aos fenômenos que dão suporte a construção da teoria e que permite a aplicação tecnológica da ciência abordada. Assim, o tempo disponível será suficiente.

Os tópicos reservados para o final do ensino médio são o Eletromagnetismo e a Física Moderna. Esses temas estão presentes em grande parte das inovações tecnológicas que consumimos, como celulares, televisores, computadores, entre outras. No ensino médio eles não são abordados com a devida importância que eles merecem.

Nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), que orientam o que deve ser ensinado no ensino médio, estes temas aparecem principalmente nos eixos *Equipamentos Eletromagnéticos e Telecomunicações* e *Matéria e Radiação*, onde os temas devem ser dirigidos às aplicações práticas, onde favorecem o entendimento dos fenômenos físicos, visando facilitar a utilização de equipamentos tecnológicos, assim como entender sobre a constituição da matéria e o entendimento das radiações e suas utilizações.

Em diversas situações o ensino dos conteúdos de Eletromagnetismo e Física Moderna se apresentam de forma superficial, fragmentada, distante e desconectada da realidade de nossos alunos. Nos livros didáticos embora o tema Eletromagnetismo seja comum, o tema Física Moderna nem sempre é contemplado. A abordagem dada a estes conteúdos geralmente é conceitual e matematizada sem muitas aplicações práticas.

Os alunos que não pretendem continuar seus estudos no ensino técnico ou superior, não percebem importância em estudar esta Física, muitas vezes defasada e muito preocupada com excesso de formalismos e distanciada da realidade. Os alunos não percebem a importância da Física para entender o funcionamento de diversos aparelhos e equipamentos. O conhecimento científico que explica os fenômenos e define os conceitos que permitiram a construção desses objetos certamente permite a otimização do seu uso em aplicações diárias e no trabalho. Neste trabalho busca-se ensinar usando experimentos simples que evidencie claramente o fenômeno físico, que

permita exemplificar os conceitos definidos cientificamente, que esteja contextualizado no cotidiano dos alunos, e que permita a eles montarem por conta própria e a fazerem modificações para outras possibilidades de aplicação.

## **1.2 REFERENCIAL TEÓRICO**

Este trabalho apresenta o relato de experiência na elaboração e execução de aulas usando experimentos escolhidos como facilitador da aprendizagem dos alunos na disciplina de Física no último ano do ensino médio. Não é objetivo escolher um referencial teórico e avaliar sua eficiência. Isto ficará como trabalho futuro, inclusive por não haver tempo hábil para obter um diagnóstico confiável. No entanto, foi escolhido um referencial de acordo com a visão particular e conhecimento atual do autor que é explicado a seguir, e que norteou a elaboração de todas as atividades do trabalho.

Um ponto que pode ser trabalhado é a motivação dos alunos em sala, pois apenas alunos motivados e que queiram aprender são pressupostos de qualquer teoria de aprendizagem, ou seja, apenas irão aprender os alunos dispostos a aprender. Em nosso trabalho usamos a teoria de aprendizagem significativa.

A aprendizagem significativa é basicamente a aprendizagem com significado ao aluno, tem como base os trabalhos de David Ausubel. Ela ocorre quando um conceito novo se liga a um conceito já existente no sistema cognitivo prévio do aluno chamado de subsunçores. Pode-se verificar o conhecimento prévio dos alunos através de sondagens, provas, perguntas, etc.

O subsunçor é um dos fatores de maior relevância na aprendizagem significativa. Em nosso trabalho alguns subsunçores são muito importantes, como o de energia, força, campo, trabalho, potência, etc.

Para aprender, é necessário que o aluno, além de apresentar os subsunçores necessários, queira aprender de forma efetiva. Um aluno desmotivado geralmente não quer aprender fazendo que o processo de aprendizagem não ocorra efetivamente.

Ao decidir pelos temas Eletromagnetismo e Física Moderna e trabalhar usando atividades experimentais, a intenção é aumentar a motivação dos alunos a aprenderem a Física presente no seu cotidiano, em diversos aparelhos elétricos e eletrônicos assim como nos mais diversos objetos tecnológicos, buscando desta forma, estratégias para ajudar aos alunos construir seu conhecimento e tornar este conhecimento significativo.

... a estrutura cognitiva do aprendiz pode ser influenciada (1) de forma substantiva, através do carácter inclusivo, do poder de explicação e das propriedades integradoras dos conceitos e princípios específicos e unificadores apresentados ao aprendiz; e (2) de forma sistemática, através de métodos apropriados de apresentação, disposição e avaliação da aquisição significativa da matéria, através da utilização adequada de material de instrução organizado e pré-testado e através da manipulação adequada das variáveis quer cognitivas, quer sociais de motivação da personalidade. (AUSUBEL, 2000, p.10)

Outro ponto adotado nas atividades é o trabalho em equipes que facilite a interação entre os alunos e a mediação do professor, inspirada na teoria sociointeracionista de Lev Vygotsky. Para Vygotsky as interações sociais são muito importantes e através delas que o conhecimento é construído.

... A interação social é, portanto, na perspectiva vygotskyana, o veículo fundamental para a transmissão dinâmica (de inter para intrapessoal) do conhecimento social, histórica e culturalmente construído. (MOREIRA, 1999, p.112)

O primeiro problema abordado é como ensinar o Eletromagnetismo e a Física Moderna aos nossos alunos que muitas vezes não pretendem continuar seus estudos formais e não percebem a necessidade de aprender esta Física, presente em livros didáticos e apostilas, que se preocupam apenas com fórmulas e problemas descontextualizados, distante de sua realidade, sem esquecer-se do formalismo necessário para não cair no senso comum.

O segundo é como trabalhar com conceitos importantes em nossa sociedade atual, como fontes de energia, consumo, meios de comunicação, efeito fotoelétrico e outros fenômenos relacionados com o Eletromagnetismo e Física Moderna, tornando-os mais atrativos aos nossos alunos, permitindo que os mesmos possam utilizar estes conceitos na sua vida diária.

O objetivo deste trabalho é propor um conjunto de atividades experimentais relacionadas ao Eletromagnetismo e Física Moderna aplicável ao ensino médio e técnico, onde a disciplina de Física esteja presente, de forma a motivar os alunos a construir seu conhecimento a partir do seu conhecimento prévio (subsunçores). Este material tem um efeito na aprendizagem representacional para o aluno.

A aprendizagem representacional é o tipo mais básico de aprendizagem significativa do qual os demais dependem. Envolve a atribuição de significados a determinados símbolos (tipicamente palavras), isto é, a

identificação, em significado, de símbolos com seus referentes (objetos, eventos, conceitos). Os símbolos passam a significar, para o indivíduo, aquilo que seus referentes significam. Uma determinada palavra (ou outro símbolo qualquer) representa, ou é equivalente em significado, determinados referentes. Quer dizer, significa a mesma coisa. (MOREIRA, 2009, P.16)

Estas atividades são de baixa complexidade e custo, com componentes acessíveis, que não necessitem de habilidades especiais e que possam ser explorados para trabalhar mais de um conceito físico no mesmo experimento e ou situações diferentes que serão trabalhados de forma construtiva com os alunos, melhorando desta forma a dinâmica das aulas de Física, proporcionando uma alfabetização científica e tecnológica dos nossos alunos e uma melhora de seus conceitos prévios.

### **1.3 A FÍSICA ENVOLVIDA**

O desenvolvimento da Física fez evoluir a área do Eletromagnetismo que absorveu o conhecimento científico, gerado no surgimento da chamada Física Moderna. O trabalho de Gilbert deu início à sistematização e estudo dos fenômenos elétricos e magnéticos, Oersted avançou ainda mais no estudo do eletromagnetismo com a descoberta da relação entre corrente elétrica e magnetismo, descoberta que foi confirmada por Ampère e Faraday até se chegar às equações de Maxwell.

Neste trabalho se aborda o Eletromagnetismo a partir de uma estrutura de conceitos decorrentes das equações de Maxwell, aqueles que chamamos de clássicos, que envolve processos de medidas, e aqueles que surgem da Física Moderna. Denominou-se conceitos clássicos a corrente, tensão, potência, resistência, indutores e capacitores, comuns em circuitos, que também possibilitam a medição de seus valores. O sentido clássico desses conceitos está no fato deles serem os trabalhados normalmente no ensino médio. Das equações de Maxwell surgem os conceitos de fontes de campos elétrico e magnético, suas influências na região espacial a sua volta, de onda eletromagnética, e da unificação da eletricidade, do magnetismo e da óptica. Assim, são trabalhados: a experiência de Oersted, as leis de Faraday – Lenz, e a lei de Ampère.

A inserção da Física Moderna fica por conta dos conceitos envolvido no funcionamento do LED e nas descobertas relacionadas à estrutura da matéria, do átomo e propriedades intrínsecas, carga e spin magnético, das partículas. O LED é um diodo semiconductor que emite luz em virtude de uma voltagem aplicada, ao mesmo tempo é

possível obter voltagem ou corrente pela absorção de luz. Assim, observa-se o fenômeno fotoelétrico e fotovoltaico.

O principal objetivo é oferecer estratégias metodológicas diferenciadas para trabalhar atividades experimentais através de experimentos voltados ao tema Eletromagnetismo e Física moderna aos professores Física do ensino médio. Iniciamos com o conceito de carga elétrica que é trabalhado através da montagem de um eletroscópio eletrônico. Com o eletroscópio é possível trabalhar além do conceito de carga elétrica, os processos de eletrização por atrito, contato e indução.

A resistência elétrica e as associações de resistores são trabalhadas através de montagens simples de associações em série, paralela e mista, visando trabalhar além do conceito de resistência elétrica, resistência equivalente e potência elétrica.

Temos também a lei de Ampère através do motor elétrico e a experiência de Oersted, onde é trabalhado a produção de um campo magnético, através de uma corrente elétrica, a regra da mão direita para o eletromagnetismo e as forças magnéticas de atração e repulsão.

Continuando a sequência de atividades, com a experiência de Faraday trabalhamos a indução eletromagnética e sua aplicação prática em geradores eletromecânicos.

As ondas eletromagnéticas são abordadas através do experimento do controle remoto rudimentar onde é trabalhada a experiência de Hertz, pela qual ele comprovou a teoria de Maxwell em relação às ondas eletromagnéticas foi comprovada.

A energia presente nas ondas eletromagnéticas e a necessidade energética para sua emissão são trabalhadas através da emissão de luz em Leds, assim como o funcionamento e aplicações.

Por último os efeitos fotoelétricos e fotovoltaicos serão trabalhados pelo experimento do efeito fotoelétrico usando também LED's para ilustrar este fenômeno.

Desta forma iremos trabalhar com todo o conteúdo de Eletromagnetismo e Física Moderna previstos nos documentos citados inicialmente.

## Capítulo 2 – Objetivos

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Propor um conjunto de atividades educacionais e relatar a aplicação feita pelo autor. As atividades são na área de eletromagnetismo trabalhados de forma contextualizada, inserindo novas tecnologias decorrentes da Física Moderna.

Verificar o impacto da aplicação de atividades experimentais de baixa complexidade e custo na motivação e aprendizado dos alunos.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Construir um eletroscópio eletrônico de baixo custo e baixa complexidade;
- Usar este eletroscópio para verificar a presença de cargas elétricas em materiais eletrizados;
- Aprender a montar um circuito eletrônico e conhecer alguns componentes básicos;
- Entender as diferenças entre as associações em série, paralela e mista;
- Medir as resistências equivalentes das associações em série, paralela e mista e confrontar com o valor calculado;
- Fazer medição de tensões elétricas usando o multímetro.
- Verificar o comportamento da tensão e corrente elétrica nas associações em série, paralela;
- Medir a potência elétrica dissipada nas associações em série e paralela e comparar com a luminosidade das lâmpadas.
- Fazer a experiência de Oersted e observar a relação entre corrente elétrica e campo magnético;
- Aprender sobre o princípio da atração e repulsão de campos magnéticos;

- Entender que é possível converter energia elétrica em energia cinética.
- Fazer o experimento de Faraday para a indução eletromagnética;
- Entender que um fluxo magnético variável produz uma corrente elétrica numa espira;
- Construir um transmissor de ondas eletromagnéticas baseado na experiência de Hertz e produzir uma onda eletromagnética;
- Construir um receptor/detector da onda eletromagnética que indique a recepção desta onda.
- Entender o processo de produção e recepção de uma onda eletromagnética.
- Mostrar que cada cor de luz necessita de uma energia diferente
- Introduzir o conceito de funcionamento do LED e suas características.
- Medição e utilização de um multímetro.
- Entender a relação entre a frequência da luz e a energia necessária para gerar esta luz
- Entender o efeito fotoelétrico;
- Medir a corrente elétrica produzida por uma luz incidente num LED;
- Perceber que a intensidade da luz é inversamente proporcional à distância ao quadrado;

### **Capítulo 3 – Procedimentos Metodológicos**

Neste capítulo se apresenta a metodologia do trabalho usada na aplicação do produto, que tem como principal objetivo a aprendizagem significativa do aluno. Após a aplicação das atividades experimentais propostas, no produto produzido, se faz necessária a avaliação da aprendizagem dos alunos, através de instrumentos de verificação variados como relatos, discussões e avaliações escritas. Será observado o

rendimento dos alunos em avaliações escritas obrigatórias no processo a fim de quantizar esta evolução no processo de ensino e aprendizagem. Também será verificada a evolução dos alunos em relação aos conceitos trabalhados de maneira qualitativa. A análise dos dados coletados e dos instrumentos usados nas avaliações nessa pesquisa a classificam, desta forma como qualitativa e quantitativa (quali-quantitativa).

### **3.1 MÉTODOS**

As aulas são organizadas em três momentos distintos, conhecidos como momentos pedagógicos (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1990) que consiste como primeiro momento a problematização inicial onde as ideias são organizadas e uma ou mais questões relacionadas com o conteúdo que será trabalhado são levantadas.

No segundo momento da aula, onde temos a organização do conhecimento, os alunos são organizados em grupos de 5 ou 6 componentes, dependendo da quantidade de alunos na turma, onde eles podem dialogar e interagir entre si e com o professor, através do compartilhamento de conhecimentos para a execução do experimento e desenvolvimento da aula para responder as questões propostas.

No último momento da aula temos a aplicação do conhecimento, onde fazemos a conclusão através da discussão dos resultados obtidos e elaboração de um relato do experimento que foi feito durante a aula e que deve ser entregue ao professor.

A análise do rendimento dos alunos foi feita através de relatórios do experimento proposto, nos quais eles apontam o que compreenderam a partir da atividade. Pode-se, desta forma, verificar se a aprendizagem efetiva ocorreu. Verificar o rendimento dos alunos em avaliações escritas e a assimilação dos conteúdos trabalhados no experimento, conseguindo relacionar os conteúdos desta situação com outras situações.

Não houve um levantamento prévio dos subsunçores dos alunos, pois foram alunos do autor em anos anteriores, quando os conteúdos prévios foram trabalhados, mas se não fossem seria importante fazer uma sondagem através de uma avaliação escrita, por exemplo.

### **3.2 PROCEDIMENTOS DE VERIFICAÇÃO DE APRENDIZAGEM**

Os objetos usados para coletar dados para pesquisa foram: relatos de experimentos, avaliações escritas e observação da execução da atividade e questionamentos dos alunos, que foram registrados num diário de bordo.

No relato do experimento que era entregue após a execução do experimento, o aluno deveria explicar como que a atividade foi feita, de maneira detalhada. Outra tarefa era de apontar a Física percebida e com quais fenômenos do seu cotidiano que poderiam relacioná-la. Também foi pedido aos alunos que apontassem as dificuldades enfrentadas na sua execução.

Na avaliação escrita, os alunos respondiam além de questões referentes ao conteúdo, duas ou três perguntas, dependendo do caso, que se relacionam com a atividade experimental trabalhada.

Usando o diário de bordo é possível analisar a motivação dos alunos diante das atividades aplicadas e durante as aulas de Física. Todas as reações e diálogos pertinentes são anotados. Na observação durante as aulas experimentais foi observada a participação e motivação dos alunos, verificando o entendimento sobre o assunto e as dificuldades enfrentadas com questionamentos pertinentes.

### **3.3 PLANOS DE AULA**

A seguir são apresentados os planos de aulas referentes às atividades experimentais aplicadas em sala de aula. Todos foram elaborados seguindo os três momentos pedagógicos (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1990), onde temos inicialmente a problematização inicial/introdução, a seguir a organização do conhecimento/desenvolvimento e por último a aplicação do conhecimento/conclusão.

#### **Plano de Aula 01**

**Assunto:** Construção e uso do eletroscópio eletrônico

**Duração:** 2 aulas de 50 minutos

**Objetivos:**

- Construir um eletroscópio eletrônico de baixo custo e baixa complexidade;

- Usar este eletroscópio para verificar a presença de cargas elétricas em materiais eletrizados;
- Testar os métodos de eletrização por atrito, contato e indução.
- Aprender a montar um circuito eletrônico e conhecer alguns componentes básicos;

### **Introdução**

Iniciar a aula com as seguintes questões:

Como podemos obter eletricidade?

É possível “ver” a eletricidade?

### **Desenvolvimento**

Explicar aos alunos que podemos obter eletricidade das mais diversas formas como pilhas, geradores eletromecânicos, células fotovoltaicas, processos de eletrização, etc. Dar ênfase aos processos de eletrização explicando cada um deles (atrito, contato e indução).

Falar a respeito de como “ver” a eletricidade de maneira indireta através dos efeitos que ela causa na matéria. Construir o eletroscópio eletrônico conforme indicado no produto em anexo. Fazer a verificação dos processos de eletrização com o auxílio do eletroscópio.

### **Conclusão**

Concluir a sequência das aulas com feedback dos alunos e com um relatório da atividade prática desenvolvida.

### **Plano de Aula 02**

**Assunto:** Associação de resistores em série, paralela e mista

**Duração:** 3 aulas de 50 minutos

### **Objetivos:**

- Entender as diferenças entre as associações em série, paralela e mista;

- Medir as resistências equivalentes das associações em série, paralela e mista e confrontar com o valor calculado;
- Verificar o comportamento da tensão e corrente elétrica nas associações em série, paralela;
- Medir a potência elétrica dissipada nas associações em série e paralela e comparar com a luminosidade das lâmpadas.

### **Introdução**

Iniciar a aula com a seguinte questão:

Existe diferença de como as lâmpadas são ligadas numa residência e num enfeite de natal?

### **Desenvolvimento**

Falar a respeito dos três tipos de associação de resistores, em série, paralela e mista, mostrando suas particularidades em a resistência equivalente, corrente elétrica e tensão em cada um dos resistores.

Fazer a atividade relacionada com as associações de resistores proposta no produto em anexo.

### **Conclusão**

A conclusão será induzida e através de um relatório do experimento desenvolvido pelos alunos.

### **Plano de Aula 03**

**Assunto:** Experiência de Oersted e Motor Elétrico

**Duração:** 2 aulas de 50 minutos

#### **Objetivos:**

- Fazer a experiência de Oersted e observar a relação entre corrente elétrica e campo magnético;
- Aprender sobre o princípio da atração e repulsão de campos magnéticos;

- Entender que é possível converter energia elétrica em energia cinética.

### **Introdução**

Questionar os alunos a respeito do funcionamento de um motor elétrico:

Como funciona o motor elétrico?

### **Desenvolvimento**

Explicar aos alunos a respeito da experiência de Oersted e seu impacto no desenvolvimento do eletromagnetismo. Fazer a experiência de Oersted conforme indicado no produto em anexo. Continuar a aula falando do motor elétrico e relacionando-o com a experiência de Oersted.

Construir o motor elétrico conforme o roteiro proposto no produto em anexo.

### **Conclusão**

A conclusão será induzida através de perguntas e respostas e através de um relatório do experimento proposto.

## **Plano de Aula 04**

**Assunto:** Lei de Faraday

**Duração:** 1 aula de 50 minutos

### **Objetivos:**

- Fazer o experimento de Faraday para a indução eletromagnética;
- Entender que um fluxo magnético variável produz uma corrente elétrica numa espira;
- Fazer medição de tensões elétricas usando o multímetro.

### **Introdução**

Introduzir a aula com a seguinte questão:

Como é gerada a eletricidade nas usinas hidrelétricas?

Quais as principais diferenças entre as usinas hidrelétricas, termelétricas e eólicas?

## **Desenvolvimento**

Iniciar a aula explicando sobre a geração de uma força eletromotriz induzida devido à variação de fluxo magnético e sobre a lei de Faraday.

Fazer a atividade experimental sobre a lei de Faraday conforme indicado no produto em anexo.

## **Conclusão**

A conclusão será feita através de um feedback e de um relatório sobre a atividade desenvolvida.

## **Plano de Aula 05**

**Assunto:** Controle remoto rudimentar

**Duração:** 2 aulas de 50 minutos

### **Objetivos:**

- Construir um transmissor de ondas eletromagnéticas baseado na experiência de Hertz e produzir uma onda eletromagnética;
- Construir um receptor/detector da onda eletromagnética que indique a recepção desta onda.
- Entender o processo de produção e recepção de uma onda eletromagnética.

## **Introdução**

Introduzir a aula com a seguinte questão:

Como as ondas eletromagnéticas são geradas?

## **Desenvolvimento**

Iniciar a aula explicando a experiência de Hertz e sobre sua importância, relacionando os aparelhos eletrônicos como celulares, televisão e rádio.

Dar continuidade da aula montando o experimento do controle remoto rudimentar, conforme indicado no produto em anexo.

## **Conclusão**

A conclusão será feita através de um feedback e de um relatório sobre a atividade desenvolvida.

### **Plano de Aula 06**

**Assunto:** Emissão de luz e energia

**Duração:** 1 aula de 50 minutos

#### **Objetivos:**

- Mostrar que cada cor de luz necessita de uma energia diferente
- Introduzir o conceito de funcionamento do LED e suas características.
- Medição e utilização de um multímetro.
- Entender a relação entre a frequência da luz e a energia necessária para gerar esta luz

#### **Introdução**

A aula será iniciada com a seguinte questão:

Leds de cores diferentes necessitam da mesma quantidade de energia?

#### **Desenvolvimento**

Iniciar a aula explicando a relação entre a cor da luz e a energia que ela possui, assim como a necessidade energética para emitir cada cor.

Fazer a atividade proposta para a o tema que esta presente no produto em anexo, analisando cada caso.

#### **Conclusão**

A conclusão será feita através de perguntas e respostas e através de um relatório sobre a atividade desenvolvida.

### **Plano de Aula 07**

**Assunto:** Efeito Fotoelétrico

**Duração:** 1 aula de 50 minutos

#### **Objetivos:**

- Entender o efeito fotoelétrico;

- Medir a corrente elétrica produzida por uma luz incidente num Led;
- Perceber que a intensidade da luz é inversamente proporcional a distância ao quadrado;

### **Introdução**

Para o início da aula, questionar os alunos sobre o funcionamento dos painéis solares.

Como a energia elétrica é produzida em um painel solar?

### **Desenvolvimento**

Iniciar a aula explicando o fenômeno de efeito fotoelétrico e fotovoltaico e mostrando suas principais aplicações.

Na sequência da aula, fazer a atividade proposta no produto que esta em anexo.

### **Conclusão**

A conclusão será feita através de perguntas e respostas e através de um relatório sobre a atividade desenvolvida.

## **Capítulo 4 – Aplicação das Atividades Educacionais**

O produto produzido foi aplicado em duas turmas de terceira série do ensino médio (3º A e B) do colégio estadual professor João Ricardo Von Borell du Vernay em Ponta Grossa – Paraná no ano letivo de 2015. No total o produto foi aplicado a 70 alunos com idades variando entre 16 e 18 anos.

### **4.1 OS COMPONENTES**

Neste projeto um dos pontos que influenciaram muito na escolha das atividades experimentais foi o custo dos componentes eletrônicos e equipamentos, assim como sua acessibilidade. Foram escolhidas experiências que utilizassem componentes baratos e que poderiam ser reutilizados em mais de uma atividade. Outro ponto é que fossem de

fácil acesso nas mais diversas regiões, podendo ser adquirido em qualquer loja do ramo ou via internet.

As atividades experimentais foram adaptadas para seu uso com o conector termoplástico de 12 posições, conhecido popularmente como conector sindall, visando uma montagem facilitada e simplificada, que pode ser feita em sala de aula sem o uso de ferros de solda, usando apenas uma chave de fenda para a montagem. O conector também permite a visualização do circuito e a reutilização dos componentes.

A seguir temos uma tabela com os valores dos componentes em setembro de 2015, em uma loja da cidade (Ponta Grossa), para apenas um conjunto que permite a realização das seis experiências. Em lojas virtuais é possível comprar os mesmos componentes com um preço mais baixo.

Componente	Quantidade	Preço Unitário (R\$)	Preço Total (R\$)
Conector de termoplástico 12x1 (tipo sindall)	01	2,50	2,50
Suporte para 2 pilhas AA	01	2,00	2,00
Pilha comum AA	02	0,80	1,60
Resistores (220Ω, 10kΩ e 100kΩ)	03	0,25	0,75
Led alto brilho (2 brancos, 1 vermelho, 1 amarelo, 1 verde e 1 azul)	06	1,00	6,00
Transistor (BC 547)	03	0,50	1,50
Garras (tipo “jacaré”)	14	0,50	7,00
Multímetro	01	20,00	20,00
Lâmpada miniatura (Conjunto com 100)	01	10,00	10,00
Bússola pequena	01	2,00	2,00
Faiscador piezoelétrico (retirado de um isqueiro)	01	2,00	2,00
Papel alumínio	01	3,00	3,00
Fio de cobre (0,3 mm <sup>2</sup> ) metro	04	0,60	2,40
		Total	60,75

**Tabela 1 – Custos dos componentes**

Na tabela acima a lâmpada miniatura corresponde a uma caixa de 100 unidades num conjunto e o papel alumínio em rolo de 4 metros.



**Figura 1 – Kit com os componentes (Fonte: o autor)**

Para aplicação nas turmas foram montados seis conjuntos com um custo total de R\$ 299,50, ou seja, cada conjunto apresenta um valor de aproximadamente R\$ 49,90, e considerando que eles poderão ser reutilizados por vários anos, com exceção das pilhas.

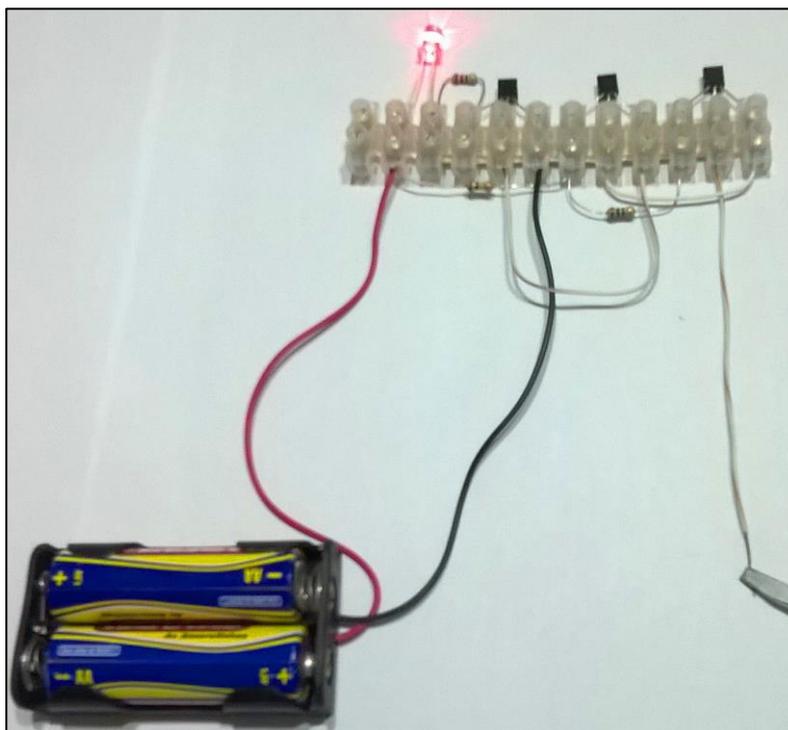
Podemos considerar que o custo total é relativamente baixo e também podemos considerar que o investimento não precisa ser feito todo de uma vez, podendo ser feito a cada atividade. Comparando com o valor dos kits comerciais vendidos atualmente é inferior ou igual a apenas um conjunto.

## **4.2 ATIVIDADE 1 - ELETROSCÓPIO ELETRÔNICO**

A primeira atividade realizada, que foi a montagem do eletroscópio eletrônico, para trabalhar os conceitos de carga elétrica e processos de eletrização, necessitou de duas aulas de 50 minutos. Na primeira aula os alunos construíram o dispositivo seguindo um processo passo a passo, com breves explicações das funções dos componentes utilizados e acompanhamento do processo, esclarecendo algumas dúvidas.

O processo todo levou apenas 30 minutos e poucas dúvidas surgiram em relação à montagem, que foi feita usando conector de 12 posições em substituição do “protoboard”, principalmente devido ao preço muito menor do conector. No final da

aula tivemos sucesso de 100% e todos os eletroscópios funcionaram como esperado. Na figura 2 temos uma foto do eletroscópio em funcionamento.



**Figura 2 – Eletroscópio Eletrônico (Fonte: o autor)**

Na segunda aula foi retomada a investigação usando o eletroscópio eletrônico, os alunos primeiro encostaram o dedo no sensor e questionaram por que a luz acende? Temos eletricidade em nosso corpo? Estas dúvidas foram comuns às duas turmas e a resposta foi sim, que existem desequilíbrios elétricos em nossa pele e é possível detectar esta eletricidade no eletroscópio. Outra dúvida que surgiu foi em relação ao sistema touch-screen dos aparelhos celulares foi questionando se havia semelhança. Uma aluna comentou que seu celular tinha a opção com luvas, foi explicado para eles que era similar e que o celular apresentava “muitos detectores” na tela que transmitia a informação da localização do toque.

Após foi solicitado aos alunos que atritassem objetos como canetas, um balão de festa, um clipe de papel e encostassem ao sensor, anotando se era possível verificar a presença de cargas elétricas. Todos os alunos conseguiram perceber a presença de cargas elétricas e outra questão que surgiu foi que antes de encostar o objeto no sensor, a lâmpada já acendia e a resposta foi que antes de ter a eletrização por contato temos uma eletrização por indução e daí surgiu novamente uma dúvida sobre a tela do celular.

Os alunos também testaram o sensor numa pilha, na tela de um televisor, de um celular e com muito cuidado e atenta supervisão colocaram apenas em um dos pinos da tomada da rede elétrica, observando sempre a presença de cargas elétricas.

Ao perguntar se eles gostaram da experiência, responderam que sim e cobraram mais experiências, pois no entendimento deles “aprendiam mais”. Foi importante realizar a atividade, vários anos venho fazendo a montagem do eletroscópio de folhas e que dependendo das condições climáticas apresenta uma sensibilidade muito baixa, não sendo possível perceber alguns tipos de eletrização.

### 4.3 ATIVIDADE 2 – ASSOCIAÇÕES DE RESISTORES

A segunda atividade, relacionada com as associações em série, paralela e mista, foi feita em três aulas de 50 minutos. Na primeira aula foi explicado o motivo das associações, foi medida a resistência de curto do multímetro e a resistência elétrica de cada uma das três lâmpadas usadas. Os alunos questionaram o porquê de medir a resistência de curto do multímetro, expliquei para eles que as pontas de prova do multímetro apresentam resistência elétrica e sendo a resistência elétrica das lâmpadas baixa, esta resistência iria interferir.

Nesta mesma aula foi montada a associação de resistores em série e medida sua resistência elétrica total, comparando o resultado com o calculado. O erro obtido em todas as equipes foi inferior a 10%. A figura 3 mostra a associação em série.



Figura 3 – Associação em série (Fonte: o autor)

Na aula seguinte foi utilizado novamente o circuito em série que foi conectado em duas pilhas e com o auxílio do multímetro foi medida a tensão das pilhas e depois a tensão em cada uma das lâmpadas, comparando o valor da soma das tensões em cada lâmpada e o valor da tensão das pilhas, o erro foi inferior a 10%. Os alunos fizeram algumas perguntas, sendo uma delas que se era assim que a instalação de nossas casas era feita, não era desta forma e sim uma associação paralela. Também medimos a corrente elétrica e calculamos e calculamos a potência elétrica.

Na mesma aula as lâmpadas foram ligadas em paralelo, foi medida a resistência total e comparada com o resultado calculado, sendo que os valores obtidos foram muito próximos e o erro das equipes variou ficando inferior a 10%.

Na terceira aula foi observada que a voltagem era a mesma para todas as lâmpadas e também foi medida a corrente elétrica no circuito para cálculo da potência. Os alunos perceberam que a luminosidade era muito maior na associação em paralelo assim como a potência da associação em paralelo era maior. Para finalizar esta aula foi montada a resistência mista apenas para medir e calcular a resistência total da associação.

Ao questionar os alunos sobre o grau de dificuldade enfrentada em relação a experiência eles disseram que a experiência foi simples demais e as maiores dificuldades enfrentadas foram em calcular a resistência total das associações em paralela e mista, assim como o erro experimental.

#### **4.4 ATIVIDADE 3 – EXPERIÊNCIA DE OERSTED E MOTOR ELÉTRICO**

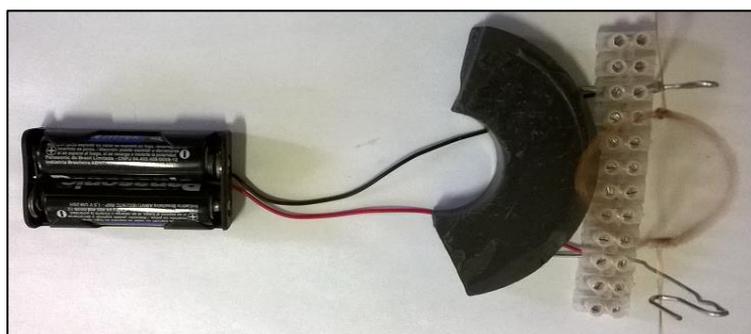
A terceira atividade é relacionada com a experiência de Oersted, lei de Ampère e motor elétrico. Foram utilizadas duas aulas de 50 minutos sendo que na primeira aula foi feita a experiência de Oersted com o auxílio de uma bússola os alunos conseguiram perceber o surgimento de um campo magnético ao redor de um fio (figura 4). Vários foram os questionamentos, como por exemplo, se colocássemos muitos fios o campo seria muito forte e se o fio fosse enrolado, o campo magnético seria maior, foi respondido que sim nos dois casos, sendo mais comum usar o fio enrolado na forma de uma bobina que é mais compacta. Na mesma atividade a corrente elétrica foi invertida e os alunos perceberam a inversão da polaridade do campo.



**Figura 4 – Experiência de Oersted (Fonte: O autor)**

Na segunda aula foi montado o motor elétrico simples (figura 5), seguindo os passos indicados e iniciando com o enrolamento da bobina/rotor do motor sendo usado um fio esmaltado de 1 metro de comprimento que foi enrolado sobre uma pilha comum de tamanho D e teve suas extremidades lixadas de um lado apenas. Alguns alunos tiveram dificuldade nesta etapa, principalmente para deixar a bobina bem equilibrada.

A montagem do suporte foi feita rapidamente como indicada e sem problemas e dúvidas. Foram ligados os cliques aos fios do suporte de pilhas e a bobina foi colocada no suporte. Foi solicitado aos alunos que observassem o que aconteceu e muitos alunos falaram que a atividade tinha dado errado e não funcionou, depois entreguei um pedaço de imã, retirado de um alto falante, e foi solicitado que aproximassem o imã da bobina e observassem o que ocorre. A bobina começou a girar rapidamente e muitos alunos ficaram admirados com o que ocorreu. Os alunos puderam perceber que motor funcionou apenas com o imã. A seguir foi explicado que o motor funciona com a interação entre o campo magnético gerado pela espira e o campo magnético do imã.



**Figura 5 – Motor elétrico (Fonte: O autor)**

A seguir foi invertido o imã e a rotação do motor mudou de sentido, também foi invertida a polaridade das pilhas e os alunos perceberam que o sentido da rotação do motor também mudou.

Ao questionar os alunos sobre as dificuldades enfrentadas eles disseram que a primeira experiência (de Oersted) era muito simples e que conseguiram entender melhor a regra da mão direita através desta experiência. Já na segunda atividade eles disseram

que foi um pouco difícil enrolar a bobina e deixá-la equilibrada e o restante foi muito simples. Alguns alunos afirmaram que não achavam que o funcionamento do motor elétrico fosse tão simples.

#### 4.5 ATIVIDADE 4 – LEI DE FARADAY

Esta quarta atividade trata da lei de Faraday e processo de geração de eletricidade através de um campo magnético variável nas proximidades de uma espira. Para esta atividade foi usada apenas uma aula de 50 minutos. Foi enrolada uma bobina com o fio de 1 metro de comprimento com diâmetro não crítico, que a seguir foi conectada ao multímetro usando o conector de 12 posições, conforme indicado na figura a seguir.



Figura 6 – Experiência de Faraday (Fonte: O autor)

Ao movimentar o ímã nas proximidades da bobina é possível perceber a produção de uma tensão que é indicada pelo multímetro. Ao inverter os polos do ímã é possível perceber a inversão da polaridade da tensão.

Ao questionar os alunos sobre as dificuldades enfrentadas, afirmaram ser uma experiência bastante simples, sendo apenas difícil fazer a leitura da tensão, pois o valor oscila muito. Foi relacionado com a geração de eletricidade em geradores eletromecânicos onde um campo magnético variável produz a tensão e corrente elétrica.

#### 4.6 ATIVIDADE 5 – CONTROLE REMOTO RUDIMENTAR

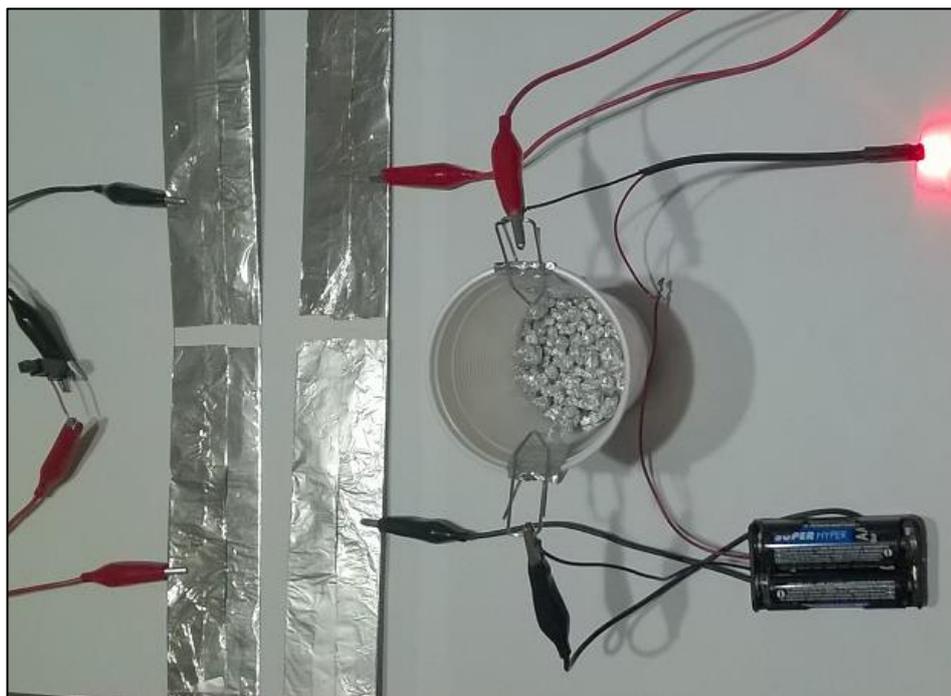
Esta atividade foi retirada e adaptada da dissertação de mestrado de Vogt Cardoso dos Santos - Antenas e radiofrequências: Complexificando o conhecimento

cotidiano que por sua vez é adaptada da experiência de Hertz. Para esta atividade foram necessárias duas aulas de 50 minutos cada.

Na primeira aula foram montadas as antenas com papelão e papel alumínio que são usadas tanto para o receptor quanto para o transmissor. As duas antenas foram montadas num mesmo pedaço de papelão apenas separadas por 5 mm de distância entre elas. A seguir foram feitas entre 30 e 50 bolinhas de papel alumínio amassadas para serem usadas no interruptor e por último foi montado o transmissor ligando o faiscador piezoelétrico.

Na segunda aula foi montado o receptor usando o interruptor ligado a antena e fazendo parte de um circuito simples de um Led ligado às pilhas. A montagem transcorreu tranquilamente e os componentes foram colados na mesa com fita para melhor visualização (figura 7).

Foram posicionados o transmissor numa mesa e o receptor em outra mesa e começaram os testes, primeiramente com uma distância de 10 cm que foi aumentada quando a experiência era repetida. Cada vez que o faiscador era atuado o Led acende e foi possível perceber até uma distância de aproximadamente 50 cm.



**Figura 7 – Controle remoto rudimentar (Fonte: O autor)**

No final todos os controles remotos rudimentares funcionaram da maneira esperada e alguns alunos perguntaram se ele causaria interferência em algum aparelho eletrônico como rádio ou televisão, a resposta é que não tenho certeza, pois não fiz os

testes, mas acredito que iria interferir em rádios sintonizados na frequência AM que é mais suscetível.

Questionando os alunos sobre o grau de dificuldade eles afirmaram que foi bastante simples e não acreditavam que iria funcionar, apenas afirmaram que era “chato fazer as bolinhas de papel alumínio” e se o “professor trouxesse as bolinhas prontas seria melhor”, fato que irei levar em consideração nas próximas vezes.

#### 4.7 ATIVIDADE 6 – EMISSÃO DE LUZ E ENERGIA

A sexta atividade realizada relaciona a emissão de uma determinada cor de luz e a relação com a energia necessária. Foi utilizada apenas uma aula de 50 minutos para a realização desta atividade. No início foi montado o circuito usando o Led vermelho e medindo a voltagem sobre os terminais do Led. Em seguida foi repetida a experiência usando Led amarelo, depois o verde e por último o azul (Veja a figura 8).

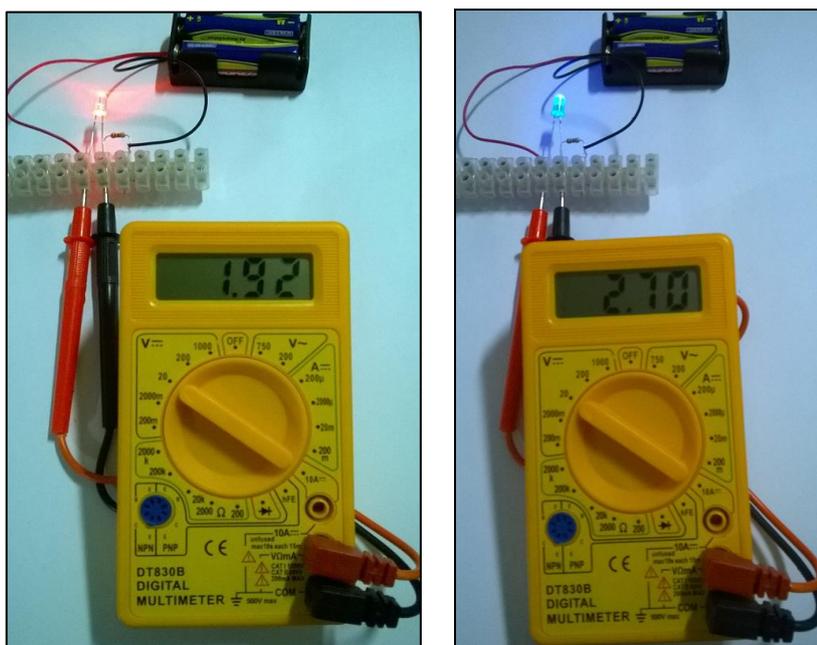


Figura 8 – Emissão de luz energia (Fonte: O autor)

Os alunos constataram que luzes com cores diferentes necessitam de quantidades de energia diferentes, sendo que um aluno relacionou com uma experiência da luz emitida por certos sais quando queimados.

Podemos perceber também que a potência dissipada nos Leds é diferente dependendo da cor usada e do resistor limitador, na atividade experimental a potência azul é maior que a potência dissipada no Led vermelho.

Ao questionar aos alunos sobre o grau de dificuldade da atividade eles afirmaram que a experiência era muito simples e que levaram poucos minutos e que achavam que todos os Leds necessitavam da mesma quantidade de energia.

#### 4.8 ATIVIDADE 7 – EFEITO FOTOELÉTRICO

Esta é a última atividade realizada, onde foi trabalhado o efeito fotoelétrico e produção de energia elétrica através de painéis solares. Para esta atividade foi utilizada uma aula de 50 minutos para a sua realização e que foi dividida em dois momentos.

No primeiro momento um Led de alto brilho foi ligado ao multímetro para medir tensão contínua. A tensão medida na mesa foi bem baixa ou zero dependendo da orientação do Led (figura 9). Após foi pedido aos alunos que aproximassem o Led de uma fonte luminosa como as lâmpadas de iluminação, lanterna do celular ou luz do Sol. Os alunos perceberam que dependendo da proximidade e intensidade da luz podemos atingir uma tensão máxima. Alguns alunos questionaram se era possível montar um painel solar com muitos Led e foi respondido que sim, mas o preço seria maior que de um painel solar construído para este fim.



Figura 9 – Efeito fotoelétrico (Fonte: O autor)

Num segundo momento foi usado um Led branco de alto brilho iluminando o outro Led (figura 10), ligado ao multímetro e a distância foi sendo variada de centímetro em centímetro para observar o valor da tensão gerada e construir um gráfico da voltagem pela distância. Os alunos perceberam que a razão era de  $1/r^2$  e não linear como alguns imaginavam.



**Figura 10 – Efeito fotoelétrico – Iluminação do Led (Fonte: O autor)**

Ao questionar os alunos pelas dificuldades enfrentadas eles afirmaram que não encontraram dificuldades e que cada vez as experiências estavam ficando mais fáceis.

Assim os alunos puderam observar o efeito fotoelétrico ocorrendo quando um Led é iluminado e passa a apresentar uma diferença de potencial entre os terminais, pois os elétrons são movimentados de um ponto a outro do dentro do Led, como estudado anteriormente.

## **Capítulo 5 – Análises e Discussões**

### **5.1 DIFICULDADES ENFRENTADAS NA APLICAÇÃO DO PRODUTO**

As principais dificuldades enfrentadas durante a aplicação do produto estão relacionadas com três pontos principais:

- A falta de um espaço apropriado para a execução das atividades, como um laboratório de Ciências;
- O grande número de alunos por turma;
- Poucas aulas semanais;

As atividades experimentais foram aplicadas em sala de aula devido à falta de um espaço apropriado, como um laboratório de ciências, por exemplo. Neste colégio que o produto foi testado, existe um laboratório de química, mas este é priorizado às disciplinas de Química referentes ao curso técnico em química que funciona neste estabelecimento, sendo difícil agendar horários de uso que não coincidam com o horário das turmas que trabalham e inviabilizando desta forma o uso do laboratório nas aulas de Física.

Outro ponto é a grande quantidade de alunos por turmas, que fica em torno de 35 alunos, sendo necessário trabalhar com vários grupos ou com grande quantidade de

alunos por grupo que é um ponto negativo, que a meu ver, ao processo de aprendizado dos alunos.

Por último a questão da quantidade de aulas semanais de Física (2 aulas por semana) ser insuficiente para trabalhar o conteúdo de Física previsto, referente a esta etapa de ensino e ainda com aulas experimentais. Devido ao tempo ser insuficiente deve-se selecionar os conteúdos estratégicos para que o aprendizado se torne menos fragmentado.

## **5.2 OBSERVAÇÕES DA APRENDIZAGEM**

Através dos dados obtidos, observou-se que o uso de atividades experimentais contribui para dois aspectos distintos, sendo que o primeiro foi em relação à assimilação dos conteúdos trabalhados, constatado através dos relatos de experimento e através das avaliações escritas.

Percebe-se um aumento na nota média das avaliações escritas aplicadas que passaram de 64% de rendimento nas avaliações escritas sem a atividade experimental para 76% de rendimento nas avaliações escritas com o conteúdo também sendo trabalhado pela atividade experimental.

Através dos relatos dos experimentos se constatou que a assimilação dos conteúdos trabalhados foi superior a 85%, assim como aumentou a capacidade dos alunos de relacionarem o fenômeno estudado com situações do seu cotidiano.

Outro aspecto que deve ser destacado é a motivação dos alunos em relação às aulas de Física, que aumentou muito. Alguns alunos que se apresentavam bastante apáticos frente aos assuntos trabalhados, a partir das aulas com atividades experimentais, se mostraram muito mais participantes.

Em conversas com os alunos durante e depois das atividades experimentais, a maioria afirmou que gosta de fazer atividades experimentais e que, na opinião deles, todos os conteúdos deveriam ser trabalhados também de maneira experimental.

Constatou-se também que a partir das atividades experimentais o interesse dos alunos aumentou em relação aos demais conteúdos e conseqüentemente o rendimento geral na disciplina.

Em relação aos experimentos, alguns pontos positivos podem ser destacados como:

- Redução dos erros experimentais usando o conector termoplástico, reduzindo o problema de mau contato devido formação de oxidação nos contatos pelo uso, além do preço ser muito menor;
- Uso de atividades que não sofrem interferência do meio, como por exemplo, o eletroscópio eletrônico não que sofre com a ação da umidade do ar;
- Uso de pilhas como fonte de energia aos experimentos que além de ser mais barato é mais acessível do que fontes estabilizadas;
- Uso reduzido de componentes que facilita a montagem e permite que o tempo seja mais bem aproveitado na análise do fenômeno em questão e também permitindo um melhor controle de turmas grandes como as da nossa realidade;
- Redução do custo das atividades experimentais frente a uma situação onde não temos um laboratório equipado durante as aulas;

## Capítulo 6 – Considerações Finais

Após a aplicação do produto algumas impressões ficaram evidentes como a melhora na motivação e rendimento dos alunos nas aulas de Física. Percebeu-se que os alunos, em sua grande maioria, preferem aulas com atividades experimentais, apresentando um comportamento mais participativo nas aulas, de uma maneira geral. O rendimento dos alunos, devido a este aumento de interesse, teve também uma melhora considerável.

Podem-se evidenciar também as possibilidades de conteúdos de Física, que são trabalhados através deste conjunto de atividades experimentais, nas aulas. As atividades de uma maneira geral são simples e tem sua montagem ainda mais simplificada principalmente devido ao uso do conector termoplástico (conector sindall) e que ainda permite que a estrutura geral do circuito montado seja observada. O ganho em tempo para a montagem das atividades é usado para melhorar as discussões e debates frente ao dispositivo montado e a Física presente no cotidiano dos alunos.

Como não foi feito uma análise mais aprofundada da influencia do referencial teórico no processo de ensino e aprendizagem, pretendo como um trabalho futuro a análise mais apurada do referencial teórico aplicado, assim como mais testes com o produto para mais turmas, inclusive compartilhar o produto com outros professores.

Pretendo adaptar mais atividades experimentais para uso com o conector termoplástico e outros componentes de kit montado. Para facilitar o acesso aos kits pretendo montar os kits, colocando-os a venda na internet, junto com uma cópia do produto desenvolvido com um preço mais acessível do que se os componentes fossem comprados individualmente.

## Apêndice A



**O ELETROMAGNETISMO E A FÍSICA MODERNA ATRAVÉS DE  
ATIVIDADES EXPERIMENTAIS**

**Ademir Kreпки Henisch**

**Ponta Grossa – 2016**

## Sumário

Apresentação	02
Introdução	04
A Física dos Experimentos	06
Capítulo I – A Carga Elétrica e a Natureza da Eletricidade	09
Atividade Experimental – Eletroscópio eletrônico	15
Capítulo II – Resistência Elétrica e Associação de Resistores	23
Atividade Experimental – Associação de resistores	28
Capítulo III – A Experiência de Oersted e o Eletromagnetismo	36
Atividade Experimental – Experiência de Oersted e motor elétrico	41
Capítulo IV – Lei de Faraday	46
Atividade Experimental – Indução eletromagnética	49
Capítulo V – Ondas Eletromagnéticas	53
Atividade Experimental – Controle remoto rudimentar	55
Capítulo VI – Emissão de Luz	61
Atividade Experimental – Emissão de luz	65
Capítulo VII – Efeito Fotoelétrico	69
Atividade Experimental – Efeito fotoelétrico	71
Referências Bibliográficas	74

## **Apresentação**

O trabalho aqui apresentado é um caderno de apoio ao professor que apresenta atividades experimentais relacionadas aos conteúdos de Eletromagnetismo e Física Moderna trabalhados no Ensino Médio. As atividades apresentadas são de baixa complexidade, de baixo custo, e de fácil acesso a seus componentes.

Os experimentos aqui propostos foram escolhidos para serem realizados durante toda a parte da disciplina de física no ensino médio que envolve eletromagnetismo e introdução a física moderna. A ideia é desenvolver os conceitos de física a partir de experimentos que evidencie claramente os fenômenos físicos que motivam a estrutura teórica e conceitual do eletromagnetismo e também da física moderna. Assim, espera-se que o aluno compreenda o papel exercido pela matemática como linguagem e ferramental para a física. Além disso, buscou-se experimentos focados na contextualização do cotidiano dos alunos e na possibilidade de aplicações em situações do dia – a – dia usando os fundamentos do experimento.

A primeira experiência consiste na montagem de um eletroscópio eletrônico, utilizado para demonstrar a presença de pequenas cargas elétricas e mostrar a atuação dos diversos processos de eletrização.

Na segunda experiência temos uma montagem de associações de resistores em série, paralela e mista, onde podemos observar o comportamento da resistência equivalente nestas associações, assim como o comportamento da corrente elétrica e voltagem nestas associações.

Na terceira experiência temos a experiência de Oersted e Motor Elétrico, trabalhando com conceitos atração e repulsão, regra da mão direita e lei de Ampère.

A quarta experiência esta relacionada à lei de Faraday e a indução eletromagnética, onde é possível produzir uma corrente elétrica em uma espira com o auxílio de um fluxo magnético variável.

A quinta experiência é destinada às ondas eletromagnéticas com a construção de um transmissor e receptor, baseados na experiência de Hertz que comprovaram a existência de ondas eletromagnéticas. O controle remoto rudimentar além de ser bastante simples e bastante útil para a demonstração das ondas eletromagnéticas.

Na sexta experiência temos a emissão de fótons de luz a partir dos elementos químicos, mostrando a necessidade energética diferente de energia dependendo da cor emitida.

Na última experiência temos a abordagem do efeito fotoelétrico com atividades simples que demonstram a produção de uma corrente elétrica com a interação da luz com a matéria.

O autor

## Introdução

O Eletromagnetismo e a Física Moderna são ramos da Física que hoje estão presentes em um conjunto bem grande de tecnologias que fazem parte de nossas vidas.

Nas Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN +), esses temas estão mais claramente inseridos nos eixos *temáticos Equipamentos elétricos e telecomunicações* e *Matéria e radiação*. Essas Orientações têm como princípio a contextualização dos conceitos científicos, baseados na visão de que é primordial saber “para que ensinar Física”, antes de se definir o “o que ensinar”. Explicita-se assim a preocupação em atribuir ao conhecimento um significado no momento mesmo de seu aprendizado, proporcionando uma aprendizagem significativa levando o cidadão a uma educação libertária na sua relação com a ciência e a tecnologia.

*Sua promoção e construção são frutos de um contínuo processo que ocorre por meio de ações e intervenções concretas, no dia-a-dia da sala de aula, em atividades envolvendo diferentes assuntos, conhecimentos e informações. Para a organização dessas atividades, faz-se necessário privilegiar a escolha de conteúdos que sejam adequados aos objetivos em torno dos quais seja possível estruturar e organizar o desenvolvimento das habilidades, competências, conhecimentos, atitudes e valores desejados.*

A escolha por conceitos físicos aqui abordados privilegia, não só a prática do cotidiano do cidadão, mas, também, a aprendizagem de conceitos fundamentais para a evolução das teorias físicas do eletromagnetismo e da física moderna. A ideia não é só formar o estudante como um cidadão, é

também despertar a curiosidade para estudos mais avançados e por fim incentivá-lo a escolher por uma formação científica.

A tecnologia gerada pelo conhecimento das teorias e da experimentação criadas a partir do estudo dos fenômenos físicos eletromagnéticos e da física moderna está em toda parte do cotidiano influenciando de forma marcante a evolução da sociedade. A contextualização pode ser feita facilmente, mas só é possível se o conhecimento do funcionamento objetos tecnológicos e dos fenômenos naturais existir por parte de quem ensina. Nesse sentido esse trabalho procurar contribuir como uma iniciação ao estudo da física do cotidiano relacionada aos temas abordados.

As atividades aqui propostas apresentam como principal característica a simplicidade e detalhes que facilitam a execução da atividade e reduzem o erro experimental. A simplicidade das montagens permite aos estudantes visualizarem os fenômenos físicos macroscópicos que deram início a construção da teoria eletromagnética e desperta a curiosidade para o entendimento dos fenômenos microscópicos e no âmbito da mecânica quântica. Os componentes dos experimentos são facilmente obtidos em lojas de componentes eletrônicos e alguns em supermercados com preços acessíveis. O uso de um conector termoplástico simples muito usado em instalações elétricas permite a fácil visualização dos esquemas gráficos padrões de circuitos.

Um ponto que se considera importante nesta sequência de experimentos é a ação de medidas. Os estudantes devem aprender a fazer medidas e estimativas que são fundamentais para a aprendizagem significativa dos conceitos e para a aplicação do conhecimento no cotidiano. Medidas de

corrente, diferença de potencial (voltagem), resistência e estimativa de potência são importantes e os experimentos aqui propostos foram pensados para permitir essas medições. Por isso, o Multímetro é um importante equipamento para se ter à disposição.

Considera-se importante em uma aula que usa experimento o manuseio por parte dos alunos, sua liberdade de não seguir roteiros, de fazer diferente e mesmo a possibilidade de não obter resultados esperados e chegar a levantar hipóteses novas. Mas, é importante que o aluno apresente conclusões fundamentadas nas observações e que posteriormente possam ser analisadas sob a luz das teorias acessíveis. Caberá ao professor a orientação na busca do aprendizado fundamentado cientificamente.

## **A FÍSICA DOS EXPERIMENTOS**

A discussão mais detalhada da física envolvida será feita na apresentação de cada experimento. Aqui se faz uma apresentação geral para uma visão global da proposta.

O eletromagnetismo aqui trabalhado é fundamentado na teoria proposta por Maxwell que é sintetizada nas suas famosas equações matemáticas. Apesar de cada uma receber nomes de outros pesquisadores Maxwell foi quem teve a visão de analisá-las e complementá-las, introduzindo a ideia de onda eletromagnética, para dar forma a uma teoria unificando a eletricidade e o magnetismo, a eletricidade, o magnetismo e a óptica.

De forma geral o eletromagnetismo é abordado com base na definição de equações, com problemas matemáticos usando fórmulas e, as vezes, com

alguns experimentos para mostrar a “mágica” dos fenômenos eletromagnéticos. A proposta aqui é apresentar experimentos que demonstrem os fenômenos fundamentais para a construção da teoria eletromagnética. Algumas equações relacionadas aos fenômenos devem ser trabalhadas, outras os alunos podem estudar como consequências do aprendizado. Embora a proposta aqui apresentada tenha sido desenvolvida usando as equações de Maxwell, as equações trabalhadas no ensino médio não usam o formalismo de integral ou de derivada. No entanto, é fundamental que o professor entenda o significado das equações dentro desse formalismo.

As equações conhecidas como Lei de Gauss elétrica, lei de Gauss magnética, Lei de Faraday – Lenz e Lei de Ampère – Maxwell, têm fundamentações em observações e medidas experimentais. As duas primeiras estão relacionadas com as fontes primárias dos campos elétricos, a carga elétrica, e magnéticos, ímãs naturais. A física moderna afirma que essas fontes são propriedades intrínsecas das partículas elementares, carga elétrica e spin magnético. As equações afirmam que as cargas elétricas positivas e negativas podem aparecer isoladamente, mas os polos norte e sul dos ímãs sempre aparecerão juntos. Nos experimentos essas características devem ser exploradas.

As duas últimas equações, as leis de Faraday – Lenz e de Ampère – Maxwell, estão relacionadas à dinâmica das fontes primárias que produzem campos. A variação do fluxo magnético produz campo elétrico, a variação do fluxo elétrico produz campo magnético e o movimento de cargas elétricas produz campo magnético. No entanto, o movimento de ímãs não produz campo elétrico em virtude dos polos nunca aparecerem de forma isolada.

Os experimentos escolhidos usam componentes eletrônicos desenvolvidos em fenômenos só explicados com o surgimento da teoria quântica para destacar os fenômenos eletromagnéticos e, assim, fazer surgir a necessidade de aprender sobre seu funcionamento. Como consequência introduzir conceitos fundamentais da física moderna, tais como quantização da energia, níveis de energia, efeito fotoelétrico, teoria de bandas, condução de cargas e semicondutores. O componente eletrônico essencial nos experimentos é o LED, componente que agora se torna onipresente nos novos equipamentos tecnológicos, portanto, comum no cotidiano de todos.

## Capítulo I - A Carga Elétrica e a Natureza da Eletricidade

A carga elétrica é uma propriedade intrínseca das partículas constituintes da matéria como prótons e elétrons. A ideia de carga elétrica surgiu inicialmente com Charles Du Fay para explicar as forças de atração e repulsão no fenômeno elétrico, mas foi com Benjamin Franklin que o conceito de carga elétrica foi introduzido. A seguir Coulomb conseguiu medir as forças de interação entre as cargas elétricas através da balança de torção desenvolvida por John Michell. A quantização da carga elétrica somente ficou clara com os experimentos de Thompson e a medida da carga do elétron.

Para entender o conceito de carga elétrica devemos lembrar que a matéria constituída por átomos e que por sua vez são formados por um núcleo, constituídos por prótons e nêutrons, e a eletrosfera que é constituída por elétrons.

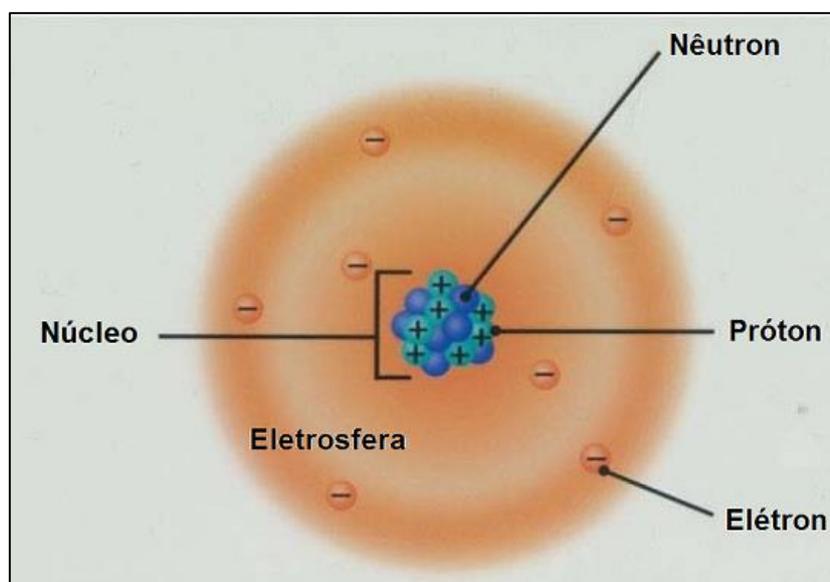


Figura 1 – Representação simplificada de um átomo – Fonte: Adaptada de <http://www.showme.com/sh/?h=d1ZuFyi>

Os prótons e os nêutrons podem ser fragmentados em partículas menores chamadas de quarks. Essas partículas, chamadas elementares, não são observadas isoladamente na natureza. Elas são detectadas apenas em

laboratórios em colisões de partículas com altas energias. Elas são classificadas seguindo um modelo da Física Teórica, conhecido como Modelo Padrão de partículas, atualmente o modelo mais aceito pela comunidade dos Físicos, como mostra a figura 2.

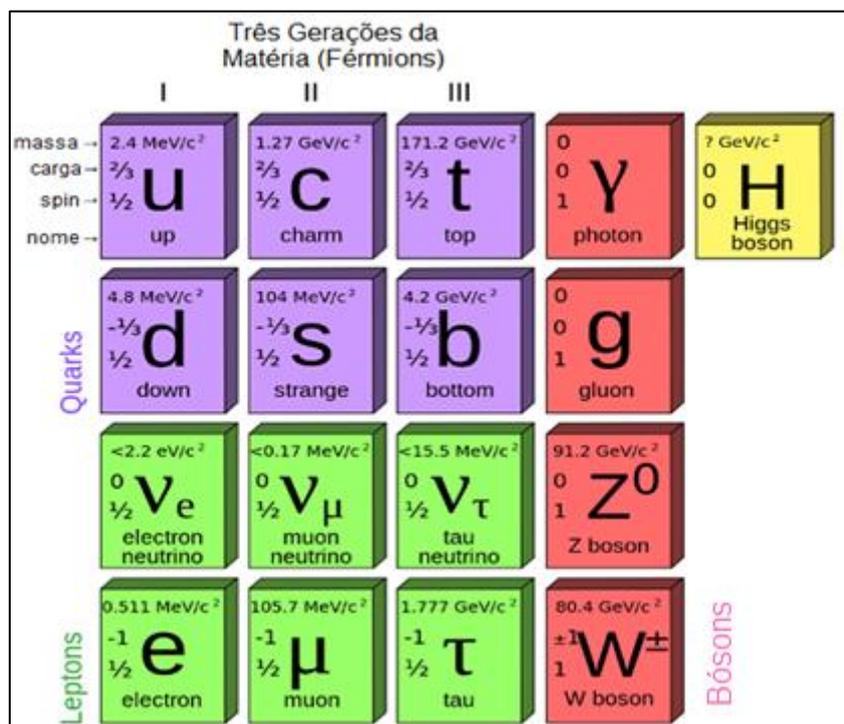


Figura 2 – Modelo Padrão de Partículas – Fonte: <http://blog.eufisica.com/2013/06/afinal-o-que-e-o-bosao-de-higgs-e-o-que.html>

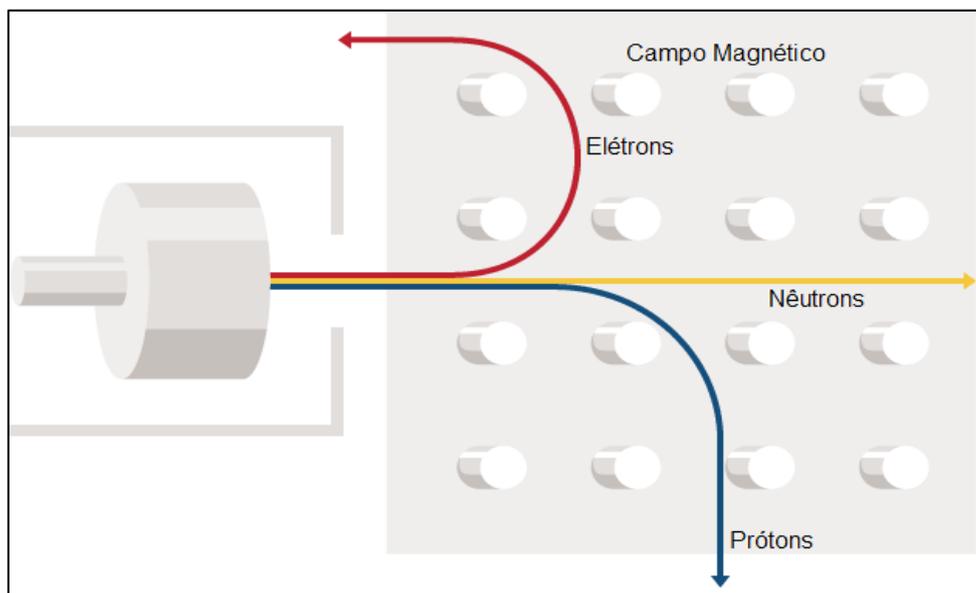
O próton é formado por dois quarks up e um quark down e o nêutron é formado por um quark up e dois quarks down. Devemos observar na figura 2 que as cargas relacionadas aos quarks são fracionárias ( $2/3$  e  $-1/3$ ), isto é, são frações da carga do elétron. Observamos que várias partículas possuem cargas nulas. Devemos destacar que todas elas possuem a propriedade de spin que está relacionada com o momento magnético e, portanto, interagem com o campo magnético.

A forma como que as cargas interagem foi sintetizada por Coulomb por uma lei que leva seu nome e afirma que a força de atração ou repulsão é diretamente

proporcional ao produto das cargas elétricas e inversamente proporcional ao quadrado da distância que as separa.

A maneira que as cargas interagem com um campo magnético foi descrita por Lorentz onde a força magnética é proporcional a carga e velocidade da partícula vetorial ao campo magnético.

Se pudéssemos separar as partículas do átomo, e lança-las em direção à um campo magnético poderíamos perceber que os elétrons seriam desviados para uma direção, os prótons seriam desviados para outra direção e os nêutrons não seriam desviados.



**Figura 3 – Desvio sofrido por elétrons, prótons e nêutrons – Fonte: Adaptada de <http://www.bbc.co.uk/education/guides/z996fg8/revision/4>**

Na figura 3 percebe-se que o desvio causado na trajetória dos elétrons é mais acentuada que na observada pelos prótons, isto é devido a massa dos prótons ser muitas vezes maior que a dos elétrons. Dependendo da intensidade do campo magnético o movimento dos elétrons pode ser circular.

Quando temos a matéria no seu estado fundamental, ela apresenta a mesma quantidade de prótons e elétrons, ou seja, apresenta um equilíbrio de cargas elétricas. Para causar um desequilíbrio de cargas elétricas, podemos alterar a

quantidade de elétrons do átomo, que necessitam de menos energia para serem retirados e visto que as propriedades da matéria são principalmente devido ao número de prótons que damos o nome de número atômico e que seria como uma identidade do átomo.

Quando retiramos ou fornecemos elétrons da/para matéria, causamos um desequilíbrio elétrico chamado de eletrização. Ao retirar elétrons a matéria fica com excesso de prótons e fica com carga elétrica positiva e quando fornecemos elétrons, a matéria fica com excesso de elétrons e carga negativa.

Para causar este desequilíbrio elétrico existem diversos métodos, sendo que os principais são a eletrização por atrito, contato e indução.

Na eletrização por atrito, devemos atritar dois materiais diferentes, sendo que um deles irá ganhar elétrons, ficando negativo e o outro irá perder elétrons, ficando positivo.

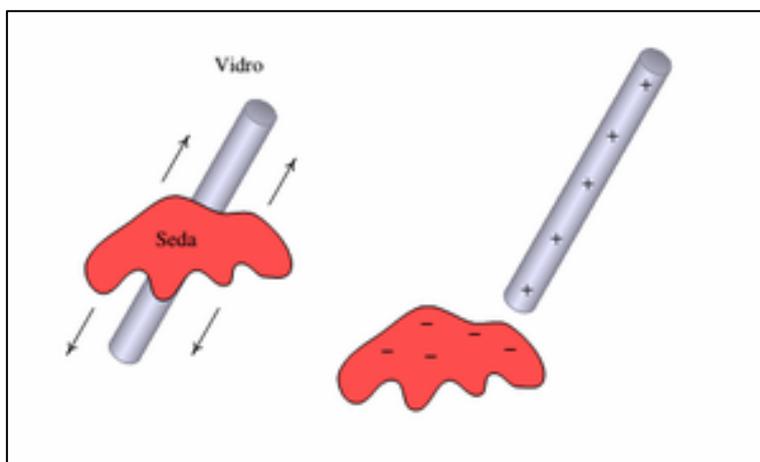


Figura 4 – Eletrização por atrito – Fonte: Wikipédia: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Atrito>

Na eletrização por contato, devemos encostar dois corpos, sendo que pelo menos um deles deve apresentar carga elétrica, neste caso a carga elétrica será dividida entre eles.

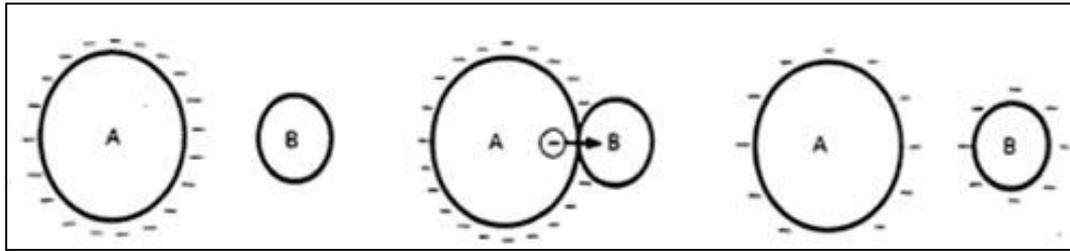


Figura 5 – Eletrização por contato – Fonte: <http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/a-eletrizacao-por-contato.htm>

Na eletrização por indução, devemos apenas aproximar um corpo carregado eletricamente de um corpo neutro, sendo que o corpo carregado irá induzir uma carga elétrica no corpo neutro pelo princípio da atração e repulsão de cargas elétricas.

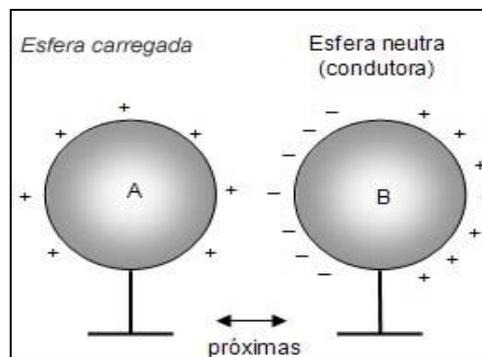


Figura 6 – Eletrização por indução – Fonte: <http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/um-dia-eletrizante.htm>

A medida da eletrização é feita através da quantidade de carga elétrica  $Q$ , que pode ser obtida multiplicando o número de elétrons que foi retirado do corpo ou fornecido ao corpo pela carga elétrica elementar.

$$Q = n.e$$

Onde a unidade da quantidade de carga é o Coulomb (C).

A carga elétrica elementar é um valor absoluto quantizado, obtido para os elétrons e prótons. O valor da carga elementar é de  $1,6 \cdot 10^{-19}$  Coulombs e sendo negativo para os elétrons e positivo para os prótons.

Todo corpo eletrizado apresenta ao seu redor uma região conhecida como campo elétrico. Qualquer carga que for colocada neste campo elétrico irá sofrer a ação de uma força elétrica. O campo elétrico é diretamente proporcional à

carga elétrica do corpo e inversamente proporcional ao quadrado da distância do ponto em relação a carga que se mede o campo.

Uma carga elétrica num campo elétrico se desloca devido à ação de uma força que irá realizar um trabalho. A capacidade de realizar um trabalho sobre esta carga elétrica recebe o nome de potencial elétrico.

Cargas elétricas em movimento recebe o nome de corrente elétrica. A corrente elétrica ocorre devido a interação dos elétrons livres de um material condutor com um campo elétrico produzido por uma fonte de energia elétrica. A corrente elétrica é chamada de corrente real quando se têm o fluxo de elétrons do ponto de menor potencial elétrico para o ponto de maior potencial elétrico. Chamamos de corrente convencional quando observamos o campo elétrico que irá deslocar os elétrons que tem seu sentido convencionalizado do ponto de maior potencial elétrico para o ponto de menor potencial elétrico.

## ATIVIDADE EXPERIMENTAL – ELETROSCÓPIO ELETRÔNICO

O eletroscópio é um dispositivo utilizado com o objetivo de verificar a presença de cargas elétricas. Existem muitos tipos de eletroscópios, sendo que os mais comuns são os eletroscópios de folhas, mostrado na figura 7, que tem uma construção bastante simplificada que pode ser apresentado em sala de aula. A principal dificuldade do uso destes dispositivos é que em determinadas condições climáticas, como por exemplo, elevados índices de umidade, sua sensibilidade fica comprometida inviabilizando seu uso.

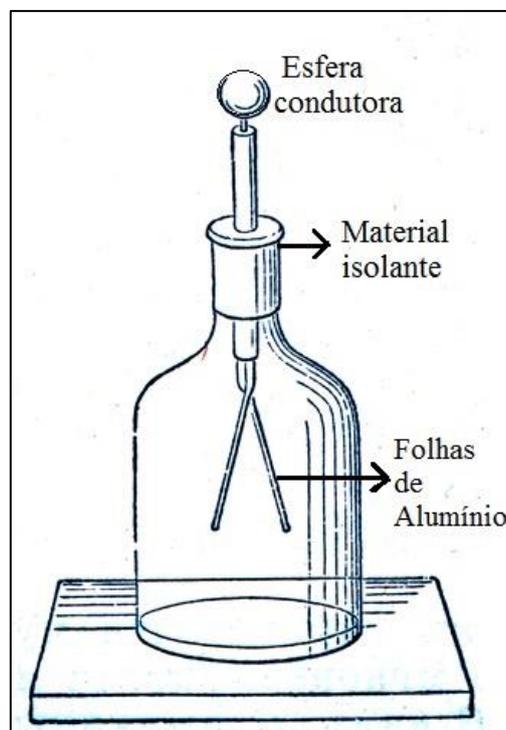


Figura 7 – Eletroscópio de folhas – Fonte: <http://educador.brasilecola.uol.com.br/estrategias-ensino/aula-pratica-construcao-um-eletroscopio-folhas.htm>

Para resolver este problema de falta de sensibilidade é possível utilizar um eletroscópio eletrônico para visualizar a presença de cargas elétricas em materiais carregados. Este eletroscópio consiste em um circuito bastante simples, onde a carga elétrica recebida no sensor será amplificada pelos transistores, que são alimentados pelas pilhas comuns e terá a indicação desta carga em um simples Led.

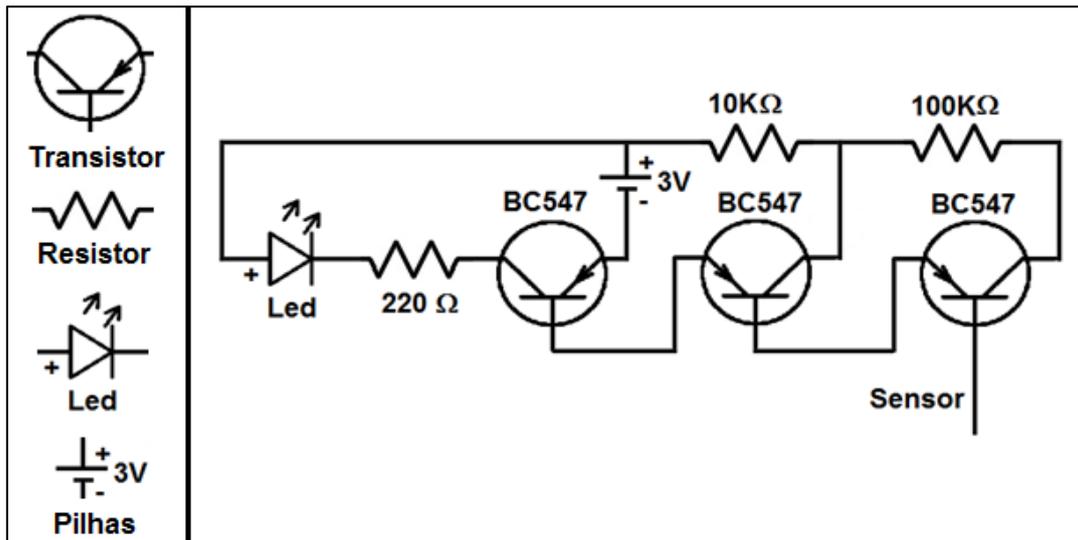


Figura 8 – Circuito do Eletroscópio Eletrônico – Fonte: O Autor

Este circuito pode ter outras aplicações como um sensor de chuva, sensor de luminosidade, amplificador de áudio, etc.

O transistor é um dos principais componentes do circuito, sendo formado ou por uma parte negativa e duas positivas (PNP), mas podendo também apresentar a forma inversa (NPN), Ao receber a carga elétrica em sua base, passa a conduzir eletricidade e isso que o torna especial na eletrônica.

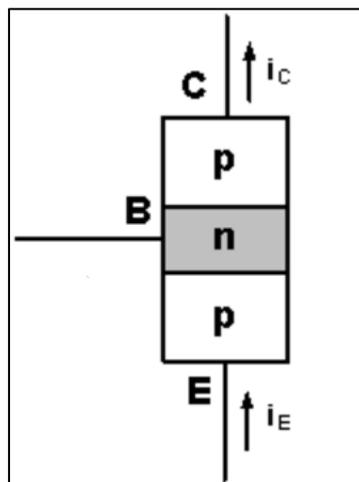


Figura 9 – Transistor PNP – Fonte: O autor

A ideia de se usar três transistores é construir um amplificador sensível a cargas bem pequenas que serão amplificadas até conseguirem ligar o Led.

**ASSUNTO:** Eletroscópio Eletrônico

## **OBJETIVOS:**

- Construir um eletroscópio eletrônico de baixo custo e baixa complexidade;
- Usar este eletroscópio para verificar a presença de cargas elétricas em materiais eletrizados;
- Testar os métodos de eletrização por atrito, contato e indução.
- Aprender a montar um circuito eletrônico e conhecer alguns componentes básicos;

## **MATERIAIS:**

- Três transistores BC547
- Três resistores 220 $\Omega$ , 10k $\Omega$  e 100k $\Omega$
- Led alto brilho
- Suporte para duas pilhas pequenas AA
- Duas pilhas pequenas AA
- Conector termoplástico de 12 posições para 4mm<sup>2</sup>
- Três pedaços de fio com 15cm cada
- Chave de fenda

Os transistores, resistores, Led, suporte de pilhas e conector são encontrados facilmente em lojas de componentes eletrônicos, mas também podem ser obtidos via internet.

## **PROCEDIMENTO**

Fazer a montagem como indicada seguir pelos passos mostrados nas fotos.

**1º passo** – fixar os transistores no suporte, com o auxílio de uma chave de fenda, como indicado a seguir.



Figura 10 – Montagem do eletroscópio eletrônico – posição dos transistores – Fonte: O autor

**2º passo** – conectar o resistor de  $220\Omega$  na posição, devendo observar o valor pelo código de cores.

O código de cores visa estabelecer uma maneira de registrar em resistores muito pequenos o valor da resistência em ohms sem o uso de números. Veja a figura 11.

Cor	1ª Faixa	2ª Faixa	Nº de zeros/multiplicador	Tolerância
Preto	0	0	0	
Marrom	1	1	1	$\pm 1\%$
Vermelho	2	2	2	$\pm 2\%$
Laranja	3	3	3	
Amarelo	4	4	4	
Verde	5	5	5	$\pm 0,5\%$
Azul	6	6	6	$\pm 0,25\%$
Violeta	7	7	7	$\pm 0,1\%$
Cinza	8	8	8	$\pm 0,05\%$
Branco	9	9	9	
Dourado			x0,1	$\pm 5\%$
Prata			x0,01	$\pm 10\%$



Figura 11 – Código de cores – Fonte: <https://www.mundodaeletrica.com.br/codigo-de-cores-de-resistores/>

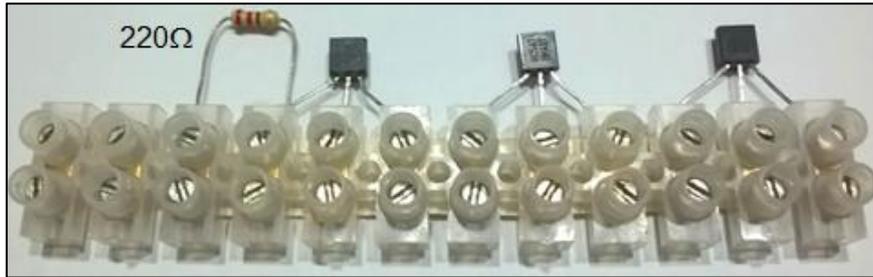


Figura 12 – Montagem do eletroscópio eletrônico - resistor de 220Ω – Fonte: O autor

**3º passo** – conectar o Led, respeitando a posição e polaridade.

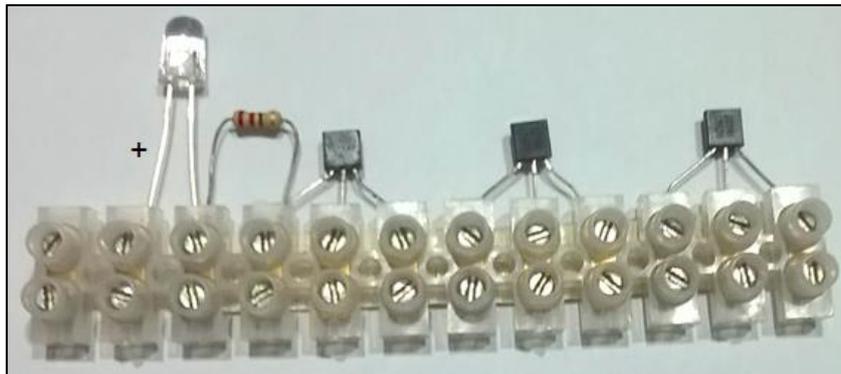


Figura 13 – Montagem do eletroscópio eletrônico – Led alto brilho – Fonte: O autor

**4º passo** – conectar o resistor de 10kΩ na posição, devendo observar o valor pelo código de cores.

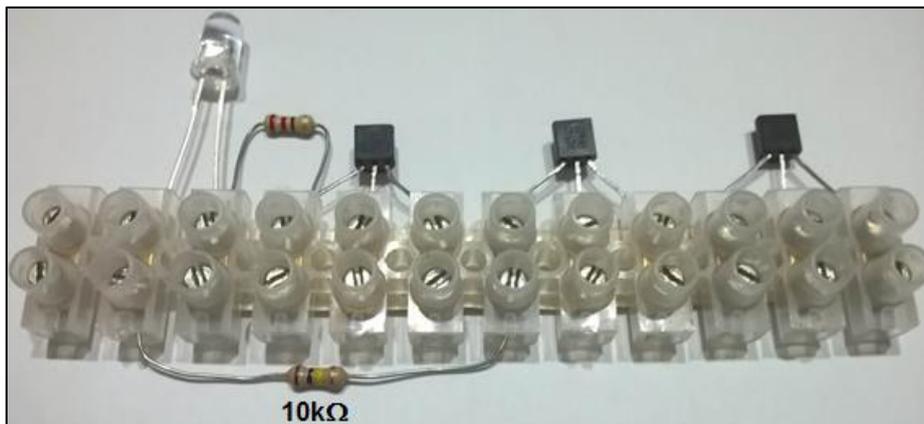


Figura 14 – Montagem do eletroscópio eletrônico - resistor de 10kΩ – Fonte: O autor

**5º passo** – conectar o resistor de 100kΩ na posição, devendo observar o valor pelo código de cores.

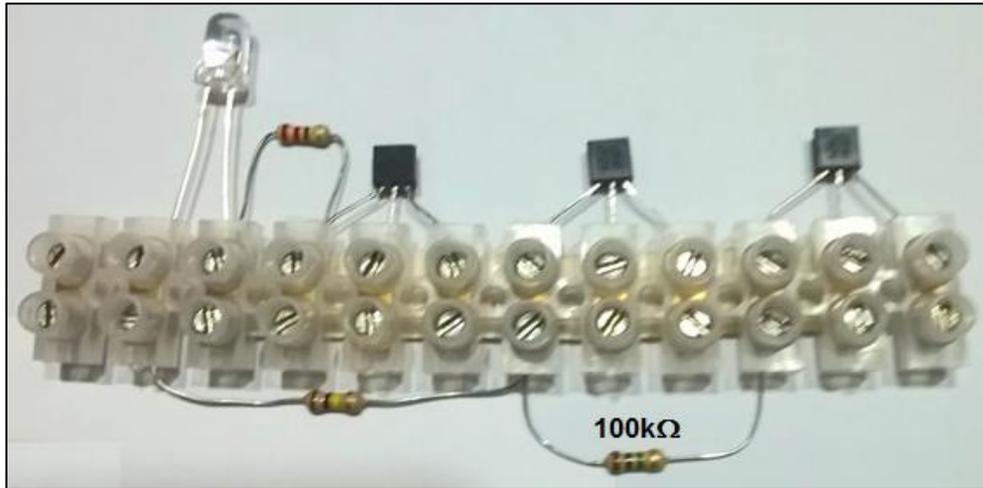


Figura 15 – Montagem do eletroscópio eletrônico - resistor de 100kΩ – Fonte: O autor

**6º passo** – fazer a ligação do sensor com o fio conforme indicado.

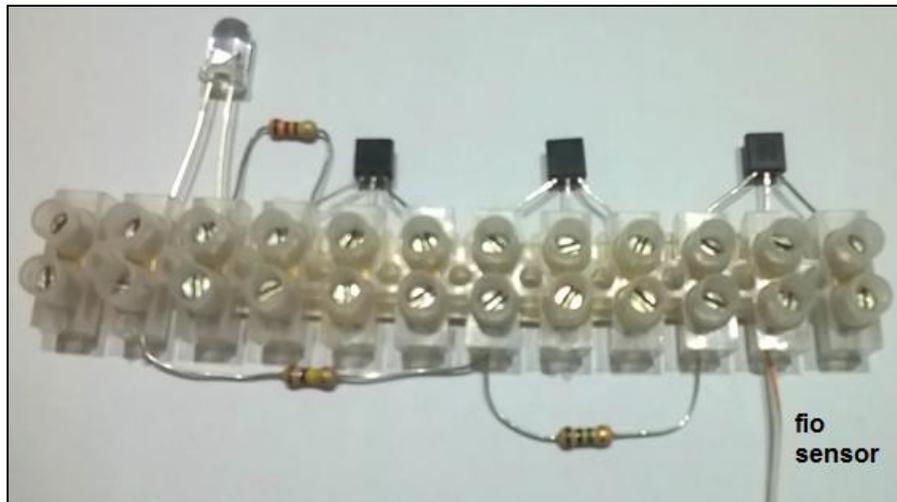


Figura 16 – Montagem do eletroscópio eletrônico – fio sensor – Fonte: O autor

**7º passo** – fazer a ligação com o fio conexão1 conforme indicado.

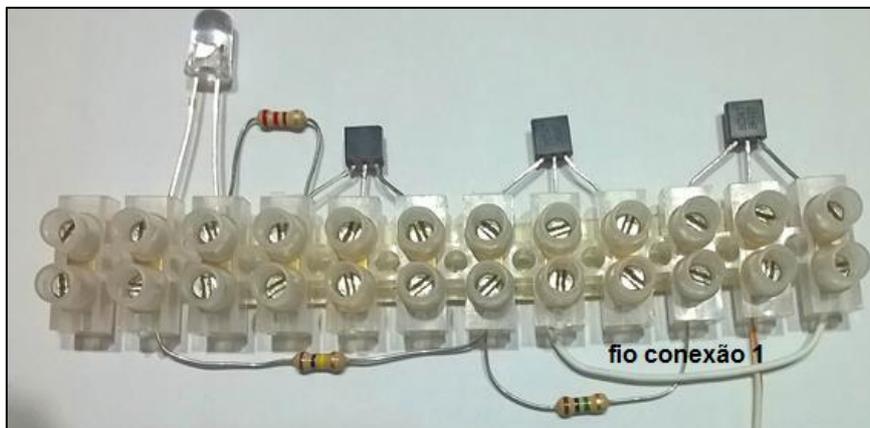


Figura 17 – Montagem do eletroscópio eletrônico – fio conexão 1 – Fonte: O autor

**8º passo** – fazer a ligação do fio conexão2 conforme indicado.

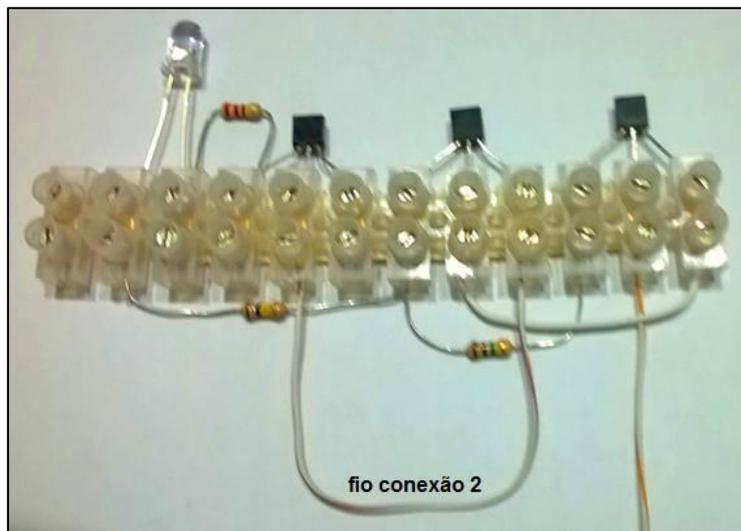


Figura 18 – Montagem do eletroscópio eletrônico – fio conexão 2 – Fonte: O autor

**9º passo** – ligar o suporte de pilha, com as pilhas, respeitando a polaridade.

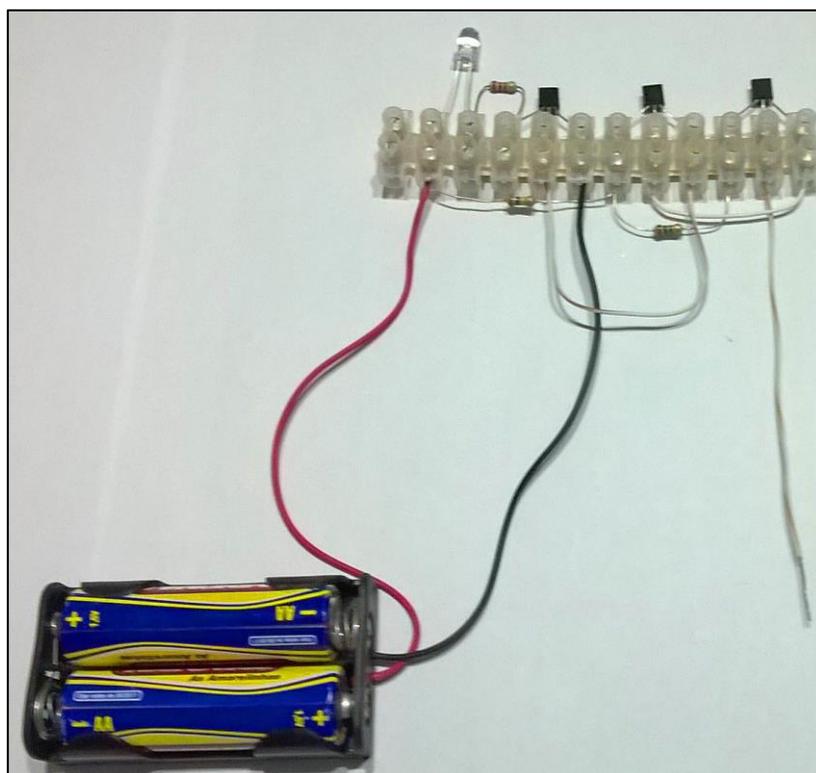


Figura 19 – Montagem do eletroscópio eletrônico – conexão pilhas – Fonte: O autor

Encoste no sensor com um objeto carregado eletricamente e observe o que acontece.

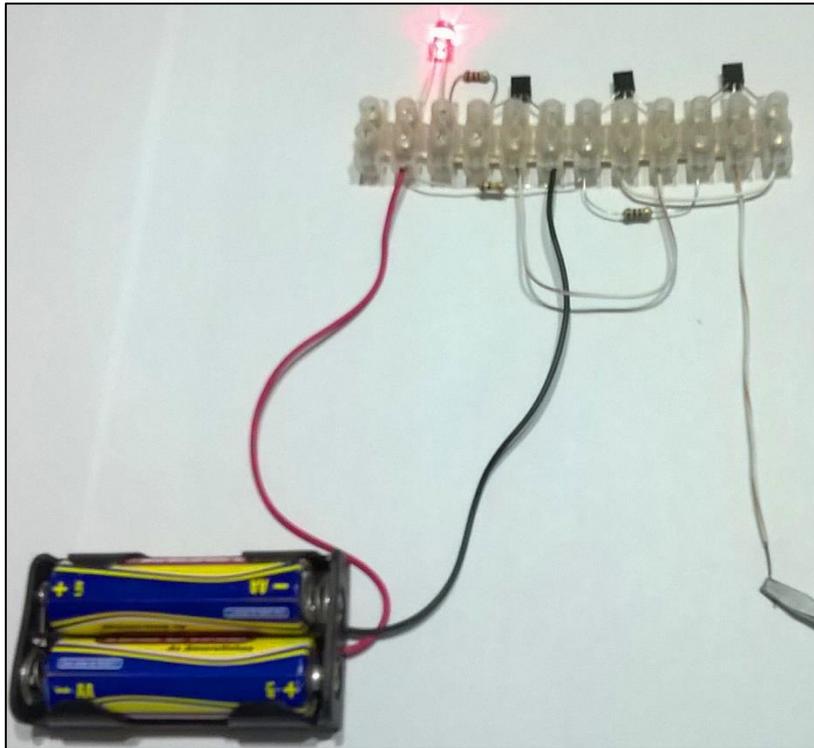


Figura 20 – Montagem do eletroscópio eletrônico – teste do eletroscópio – Fonte: O autor

O circuito amplificador irá “amplificar” a carga elétrica recebida no sensor, ligando o Led.

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A montagem do circuito usado é bastante simples podendo ser feita em sala de aula não necessitando equipamentos como um ferro de solda, por exemplo, em um período inferior a 50 minutos (uma hora aula). Com o eletroscópio pronto podemos observar a presença de cargas elétricas muito pequenas como a carga elétrica presente em uma caneta plástica que foi atritada no cabelo, mas também podemos observar cargas maiores como de uma pilha ou de uma tomada de energia. Não podemos com este experimento diferenciar as cargas elétricas, como positivas e negativas, mas mesmo assim ele ainda é bastante útil e importante para o processo de aprendizado dos alunos.

Com esta atividade o aluno irá manipular componentes eletrônicos e aprender a fazer uma montagem simples identificar símbolos e entender como modelos funcionam.

## Capítulo II – Resistência Elétrica e Associação de Resistores

No capítulo anterior utilizamos um componente muito importante em circuitos que foi o resistor, que tem como característica a resistência elétrica. A resistência elétrica é definida como a oposição oferecida à passagem da corrente elétrica em um material condutor devido aos átomos e impurezas presentes, que dificultam a passagem da corrente elétrica, quanto maior esta oposição, maior é a resistência elétrica.

Um material que apresenta resistência elétrica ou foi construído para este fim é chamado de resistor, cuja representação gráfica padrão é como mostra a figura 21. Como mostrado no capítulo anterior esse componente apresenta sua característica de resistência, representada pela impressão de faixas em seu corpo através de um código de cores (figura 11).



Figura 21 – Representação gráfica padrão de um resistor – Fonte: O autor

Grande parte do estudo da resistência elétrica foi devido ao físico e matemático alemão George Simon Ohm que entre 1826 e 1827 estabeleceu a teoria matemática dos circuitos elétricos que depois ficaram conhecidas como as duas leis de Ohm.

A primeira lei de Ohm afirma que um resistor mantido a temperatura constante quando ligado a uma tensão **U**, será percorrido por uma corrente **i** que é proporcional à tensão aplicada.

$$\mathbf{U = R \cdot i}$$

A segunda lei afirma que a resistência elétrica é diretamente proporcional à resistividade e comprimento do condutor e inversamente proporcional à área de secção do condutor.

$$R = \frac{\rho \cdot L}{A}$$

Com a unidade de resistência em ohm ( $\Omega$ ) em homenagem a George Simon Ohm.

Quando um material respeita estas leis são conhecidos como ôhmicos, exemplos destes materiais são os condutores (metais, ligas, etc.) e os que não respeitam estas leis são conhecidos como não ôhmicos como por exemplos os semicondutores e não metais.

Em um circuito o resistor tem um papel de limitar a passagem de corrente. Para um determinado circuito a configuração dos resistores inseridos definirá sua aplicação. Quando temos vários resistores ligados entre si dizemos que temos uma associação de resistores, que podem ser em série, paralela ou mista.

Na associação em série um resistor é ligado da sequência do outro, a corrente elétrica é a mesma para todos os resistores e a tensão é dividida de maneira proporcional.

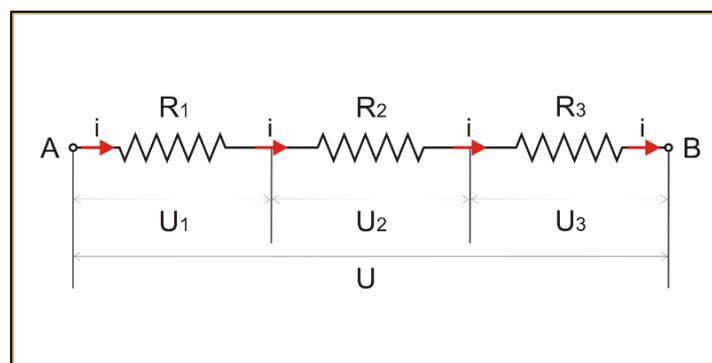


Figura 22 – Associação de resistores em série – Fonte:

[http://osfundamentosdafisica.blogspot.com.br/2013/08/cursos-do-blog-eletricidade\\_7.html](http://osfundamentosdafisica.blogspot.com.br/2013/08/cursos-do-blog-eletricidade_7.html)

A resistência equivalente será dada pela relação:

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

Um exemplo desta associação são as luzes usadas em enfeites de natal onde 50 lâmpadas são ligadas em série.

Na associação em paralelo, todos os resistores são ligados pelas extremidades, sendo que a tensão é a mesma para todos os resistores e a corrente elétrica é dividida entre todos os resistores.

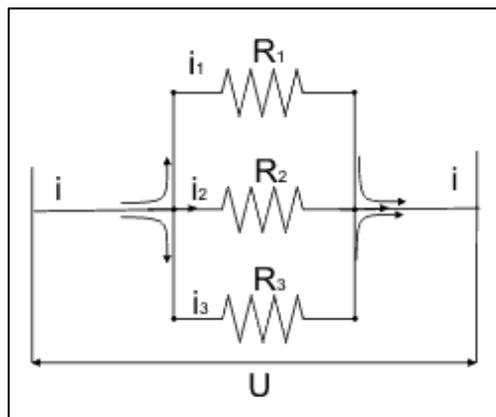


Figura 23 – Associação de resistores em paralelo – Fonte: <http://www.sofisica.com.br/conteudos/Eletromagnetismo/Eletrodinamica/associacaoderesistores2.php>

A resistência equivalente é dada pela relação:

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

Este tipo de associação é usado na instalação elétrica das residências onde todos os equipamentos elétricos, lâmpadas, etc., são ligados em paralelo.

Na associação mista temos no mínimo duas associações diferentes conectadas, sendo uma em série e outra em paralelo.

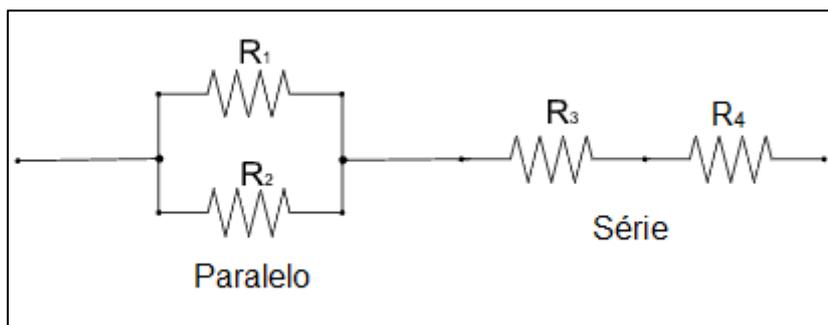


Figura 24 – Associação de resistores mista – Fonte: adaptado de <http://www.sofisica.com.br/conteudos/Eletromagnetismo/Eletrrodinamica/associacaoderesistores2.php>

A resistência equivalente é obtida analisando cada associação mista e dividindo em associações em série e paralela.

Este tipo de circuito é usado em algumas situações especiais como divisor de tensão ou corrente em aplicações específicas.

## **ATIVIDADE EXPERIMENTAL – ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES**

Quando conectamos diversos resistores, obtemos uma associação que pode ser em série, paralela e mista. Cada uma das associações apresenta características e aplicações distintas. Na associação em série a tensão é dividida pelos resistores e a corrente elétrica é a mesma para todos. Na associação em paralelo a tensão é a mesma e a corrente se divide entre todos os resistores.

Esta atividade tem como objetivos, além do reconhecimento destas associações, a realização de medidas elétricas como: tensão (voltagem), corrente elétrica e resistência elétrica usando o multímetro.

**ASSUNTO:** Associações de resistores em série, paralela e mista.

### **OBJETIVOS:**

- Entender as diferenças entre as associações em série, paralela e mista;
- Medir as resistências equivalentes das associações em série, paralela e mista e confrontar com o valor calculado;
- Verificar o comportamento da tensão e corrente elétrica nas associações em série, paralela;
- Medir a potência elétrica dissipada nas associações em série e paralela e comparar com a luminosidade das lâmpadas.

### **MATERIAIS**

- Multímetro com a função de medida de resistência (ohmímetro), tensão contínua e corrente elétrica de 10A;
- Conector termoplástico com 12 posições para fio 4mm<sup>2</sup>;
- Chave de fenda apropriada ao conector;
- Três lâmpadas incandescentes com voltagem de 3V;
- Dois pedaços de fio com 10cm cada;
- Suporte para duas pilhas AA;
- Duas pilhas AA.

## PROCEDIMENTO

Primeiramente deve-se medir a resistência de curto das pontas de prova do multímetro ( $R_i$ ) na escala de  $200\Omega$ , como mostrado a seguir.



Figura 25 – Medida da resistência de curto – Fonte: O autor

A medida deve ser feita usando o conector de termoplástico para reduzir o erro. Este valor será usado na medida de todas as resistências, onde ele deve ser descontado.

A seguir é necessário colocar as três lâmpadas no conector ligadas em série, como também indicado na foto abaixo;



Figura 26 – Associação de lâmpadas em série – Fonte: O autor

Usando a mesma escala para todas as medidas ( $200\Omega$ ), medir a resistência de cada lâmpada, conectando as pontas de prova com os terminais da mesma. Anotar o resultado obtido e descontar do valor medido o resultado da resistência de curto das pontas de prova.



Figura 27 – Medida da resistência das lâmpadas – Fonte: O autor

Em nosso exemplo a resistência será:

$$R = 3,1\Omega \text{ (valor medido)} - 0,7\Omega \text{ (resistência de curto das pontas de prova)} = 2,4\Omega \text{ (resistência da lâmpada)}$$

Medir a resistência total da associação em série, ligando cada uma das pontas de prova às pontas da associação, como indicado a seguir:



**Figura 28 – Medida da resistência das lâmpadas – Fonte: O autor**  
 Não se esquecer de descontar o valor medido da resistência de curto.

Em nosso exemplo o valor será:

$$R = 8,0\Omega \text{ (valor medido)} - 0,7\Omega \text{ (resistência de curto das pontas de prova)} =$$

$$7,3\Omega \text{ (resistência da associação em série)}$$

Comparar o resultado obtido com o valor calculado pela relação:

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

Justificando o erro se houver.

Conectar a associação de resistores em série às pilhas, ligando cada um dos fios da caixa de pilhas à uma das extremidades da associação, como indicado.



**Figura 29 – Associação em série – Fonte: O autor**

Com o multímetro na escala de 20V de tensão contínua, medir a tensão total das pilhas e a tensão em cada lâmpada, com as pontas do multímetro paralela a cada medida.

Comparar os resultados obtidos verificando se a soma é igual a voltagem total.

Ligue os resistores em paralelo usando os fios, como mostrado a seguir:



Figura 30 – Lâmpadas ligadas em paralelo – Fonte: O autor

Medir a resistência equivalente nas extremidades, não se esquecer de descontar o valor medido inicialmente. Comparar com o valor calculado pela equação

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

Justificando o erro se houver.



**Figura 31 – Associação de lâmpadas em paralelo – Fonte: O autor**

Com o multímetro na escala de 20V de tensão contínua, medir a tensão total das pilhas e a tensão em cada lâmpada, com as pontas do multímetro paralela a cada medida.

Comparar os resultados obtidos verificando se a soma é igual a voltagem total.

Justificar o erro se houver.

Ligue os resistores numa associação mista, como indicado a seguir:



**Figura 32 – Associação de resistores mista – Fonte: O autor**

Medir a resistência equivalente, não se esquecendo de subtrair o valor medido inicialmente e comparar com o valor calculado.

Ligar as pilhas a associação conforme indicado a seguir:



Figura 33 – Associação de lâmpadas mista – Fonte: O autor

Com o multímetro na escala de 20V de tensão contínua, medir a tensão total das pilhas e a tensão em cada lâmpada, com as pontas do multímetro paralela a cada medida. Comparar os resultados obtidos verificando se a soma é igual a voltagem total.

O último passo é medir a corrente elétrica nas associações em série e paralela, usando o multímetro em série com cada uma, na escala de 10A, observando a polaridade e os conectores do multímetro.

Calcular a potência da associação através da relação:

$$P = V \cdot i$$

Comparar a potência em cada caso obtida com a luminosidade das lâmpadas e a resistência de cada associação.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta atividade embora seja bastante simples, requer mais tempo que a anterior, por exemplo, para sua execução, é aconselhável o uso de 150 minutos (três horas aulas). Um ponto importante desta atividade é o uso dos

conectores termoplásticos que minimizam o erro devido ao trabalho com resistências de valores baixos.

Os alunos com esta atividade irão aprender fazer medidas de resistência, voltagem e corrente verificando as relações entre elas através de modelos matemáticos.

### Capítulo III – Experiência de Oersted e o Eletromagnetismo

No século dezoito, vários cientistas conseguiram obter corpos carregados e fontes de energia elétrica ao ponto de permitir experimentos com materiais que usam o movimento controlado dessas cargas. Isto tornou possíveis os estudos com corrente elétrica contínua, ou seja, o movimento de carga elétrica em uma só direção. Por volta de 1820, o cientista dinamarquês, Hans Christian Oersted percebeu ao fazer experiências com correntes elétricas contínuas percebeu que uma bússola nas proximidades sofria uma deflexão, alterando sua direção.



Figura 34 – Oersted demonstrando seu experimento – Fonte: <http://www.geocities.ws/saladefisica9/biografias/oersted.html>

Oersted chegou à conclusão que a corrente elétrica produz um campo magnético à sua volta que interfere na direção da bússola, dando origem ao estudo do eletromagnetismo.

Mais tarde o físico André Marie Ampère estudando as descobertas de Oersted descobriu que para um fio longo, os resultados dos experimentos são sintetizados na linguagem matemática pela seguinte equação, chamada de Lei de Ampère.

$$\oint_C \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 I$$

Para um fio retilíneo longo e muito maior que a distância onde se mede, o campo magnético apresenta a forma de círculos concêntricos com a direção e sentido dado pela regra da mão direita (figura 35).

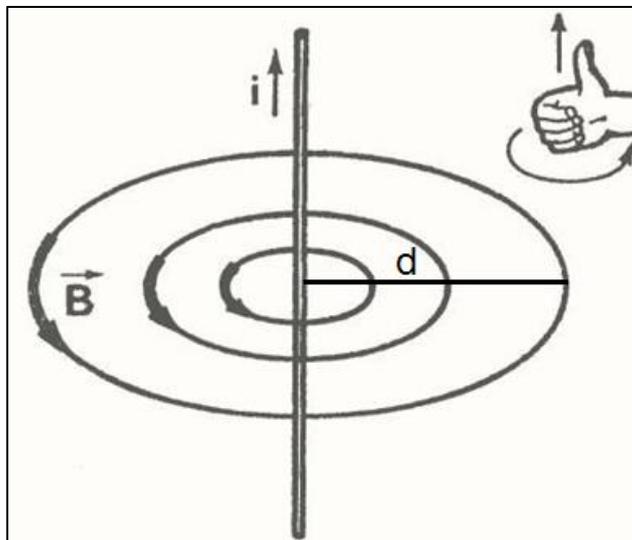


Figura 35 – Regra da mão direita – Fonte: Adaptado de <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=18857>

Esta regra prática afirma que quando o polegar da mão direita indica a direção da corrente elétrica no fio condutor, os demais dedos da mão irão indicar a direção e sentido do campo magnético, como mostrado na figura 35 e com a intensidade deste campo magnético dada pela relação.

$$B = \frac{\mu \cdot i}{2 \cdot \pi \cdot d}$$

Onde B é o campo magnético,  $\mu$  é a permeabilidade magnética, i é a corrente elétrica e d é a distância do fio. A unidade de campo magnético é o tesla(T). Uma aplicação bastante comum é uma bobina ou solenoide, que consiste num conjunto de espiras de fios condutores. Seguindo a regra da mão direita, o campo magnético de uma espira tem como resultado o que é mostrado na figura 36. Podemos observar o campo magnético para quando a corrente é no

sentido horário onde o X representa o campo magnético entrando perpendicularmente no plano, e no sentido anti-horário, onde o ponto indica o campo magnético saindo perpendicularmente do plano da espira.

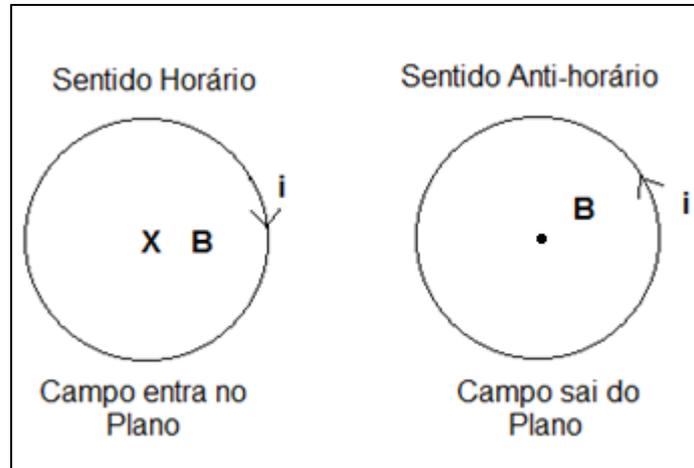


Figura 36 – Regra da mão direita – Fonte: O autor

A intensidade do campo a espira é dada pela relação matemática:

$$B = \frac{\mu \cdot i}{2 \cdot R}$$

Onde **R** é o raio da espira.

### III.1 - FONTES DE CAMPO MAGNÉTICO E ELÉTRICO

Desde a antiguidade que se conhecia os fenômenos naturais de atração e repulsão magnética que eram observados em pedras minerais encontradas na região de Magnésia na Grécia. Esses imãs naturais tinham uma característica muito interessante que por mais que se dividisse seus pedaços sempre mantinha a propriedade magnética de dois polos, um atualmente chamado de Norte e o outro de Sul. Quando colocados próximos os polos iguais se repelem e diferentes se atraem. A partir do experimento com elétrons de Uhlenbeck and Goudsmit em 1925 cresceu a ideia de que essa propriedade magnética era

uma característica intrínseca das partículas. A fonte do campo magnético estava relacionada ao momento de rotação, “spin”, das partículas. Essa propriedade foi fundamental para definição da estrutura atômica e para que a Mecânica Quântica pudesse descrever com sucesso o comportamento de condução de corrente nos materiais. Sem a teoria que descreve a estrutura de bandas de energia não teria sido possível a descoberta dos semicondutores e toda a eletrônica que suporta tecnologia atual. A figura 2 mostra como propriedade intrínseca dos quarks o valor do spin de cada uma. Ou seja, além da carga como fonte primária do campo elétrico, carga quark tem seu spin como fonte primária de campo magnético.

No entanto, é possível se produzir campo elétrico e magnético a partir da ação dessas fontes primárias. Foi o que Oersted e Ampère observaram em seus experimentos. As partículas portadoras de cargas não nulas produzem campo magnético igual a propriedade de spin das partículas. Esse é um fato importante a se destacar do experimento. Por outro lado, os experimentos de Faraday (capítulo IV) mostraram que a variação do fluxo de campo magnético podem colocar cargas em movimento. Ou seja, são criados campos elétricos que interagem com os campos criados pelas partículas carregadas.

Maxwell observou essas propriedades que estavam sintetizadas matematicamente nas leis de Gauss elétrica e magnética, na lei de Faraday – Lenz e na Lei de Ampère. Observando que as cargas podem ser de dois tipos, positivas e negativas, independentemente, mas, os polos dos ímãs nunca se separam. Assim, ímãs em movimento não produzem campo elétrico da mesma forma que a carga em movimento produz campo magnético. Maxwell propôs, e foi comprovado, que a variação do campo elétrico produz campo magnético.

Dessa forma, fechou suas equações de forma brilhante reduzindo a teoria eletromagnética, incluído a óptica a quatro equações na forma vetorial como mostra a figura 48.

## **ATIVIDADE EXPERIMENTAL – EXPERIÊNCIA DE OERSTED E MOTOR ELÉTRICO**

Esta atividade é baseada na experiência de Oersted e na lei de Ampère para o eletromagnetismo, destacando o uso da regra da mão direita e o princípio de interação dos campos magnéticos.

Na experiência de Oersted podemos perceber a relação entre a corrente elétrica que percorre um condutor com o aparecimento de um campo magnético que interage com o campo magnético da bússola que se torna um detector do campo produzido pelo condutor.

Nesta atividade usamos o fenômeno descoberto por Oersted para fazer funcionar um motor elétrico simples. Por sua simplicidade esse motor é muito conhecido por seu potencial didático. O motor elétrico é um equipamento que converte a energia elétrica em movimento de rotação pelo princípio da interação entre os campos magnéticos gerados pela bobina e pelo ímã, neste caso. Em muitos motores se usa eletroímãs, ímãs gerados por correntes elétricas, no lugar dos ímãs permanentes.

**ASSUNTO:** Experiência de Oersted e motor elétrico simples

### **OBJETIVOS**

- Fazer a experiência de Oersted e observar a relação entre corrente elétrica e campo magnético;
- Aprender sobre o princípio da atração e repulsão de campos magnéticos;
- Entender que é possível converter energia elétrica em energia cinética.

## MATERIAIS

- Bússola
- Um metro de fio de cobre esmaltado, que pode ser retirado de algum equipamento eletrônico velho.
- Um metro de fio de cobre encapado, que pode ser o fio para instalação de telefone.
- Imã (obtido de um alto falante)
- Caixa para duas pilhas AA
- Duas pilhas AA
- Conector termoplástico de 12 posições para fio 4mm<sup>2</sup>
- Dois cliques de papel
- Lixa de unha
- Fita adesiva

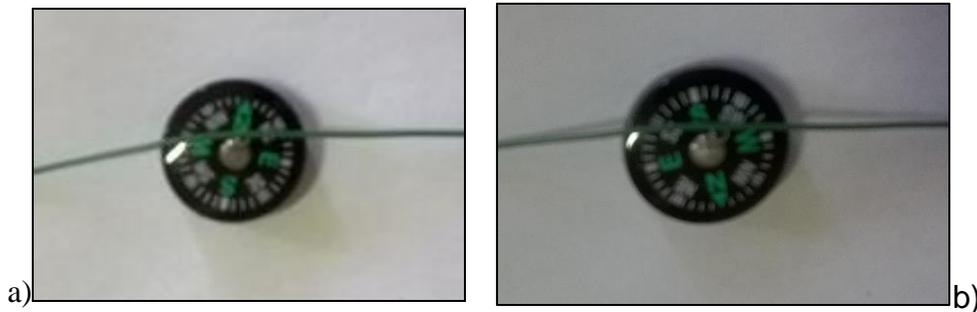
## PROCEDIMENTO

A primeira atividade é a experiência de Oested, coloque a bússola sobre uma mesa distante de equipamentos elétricos/eletrônicos para evitar interferências e alinhar o fio de cobre encapado com o auxílio da fita adesiva na direção norte/sul deixando a bússola em baixo do fio. Veja a foto a seguir.



**Figura 37 – Experiência de Oersted – Bússola sob o fio sem corrente – Fonte: O autor**

Ligar por um breve instante o fio aos fios da caixa de pilha e observar o que acontece com a agulha da bússola, anotando a direção que ela se desloca. Na sequência inverter a polaridade e observar novamente.



**Figura 38 – Experiência de Oersted com correntes em sentidos opostos: a) giro sentido anti-horário e b) giro sentido horário– Fonte: O autor**

Adicionar sentido da corrente nas figuras

A segunda atividade é o motor elétrico, comece enrolando uma bobina com o fio esmaltado em um tubo ou cano com aproximadamente 3cm de diâmetro, deixando duas extremidades com aproximadamente 2cm e fixando tudo com fita adesiva, como mostrado a seguir.



**Figura 39 – Bobina motor elétrico – Fonte: O autor**

Próximo passo é lixar apenas um dos lados das extremidades dos fios que sobraram, com o auxílio da lixa.



Figura 40 – Lixar bobina do motor elétrico – Fonte: O autor

Usando os cliques de papel e o conector, fazer uma base, como mostrado na foto a seguir, conectando cada um dos cliques à caixa de pilhas.

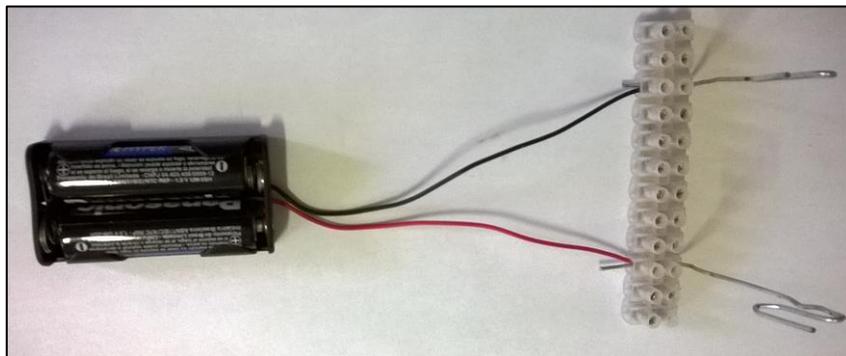


Figura 41 – Suporte motor elétrico – Fonte: O autor

Colocar a bobina sobre o suporte e aproximar o ímã da bobina, observando o que acontece.

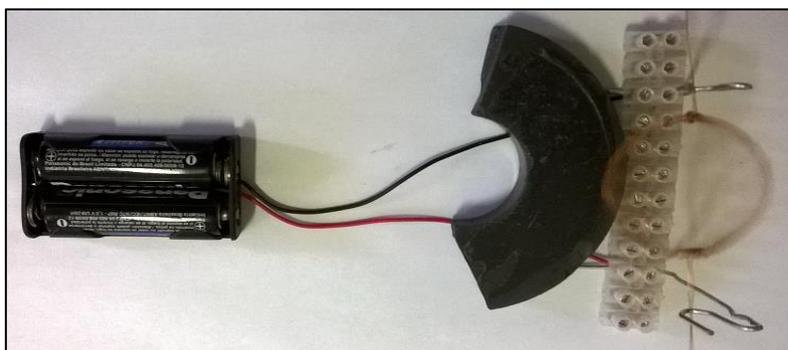


Figura 42 – Motor elétrico em funcionamento – Fonte: O autor

Inverter o ímã e observar o que acontece.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O experimento de Oersted é muito importante para entender as relações entre a corrente elétrica e o campo magnético produzido ao redor de um fio condutor,

assim como para entender a regra da mão direita. Na atividade do motor o elétrico, o uso do conector termoplástico facilita muito a montagem do suporte do motor, não necessitando, por exemplo, de ferramentas especiais. Na montagem da espira é necessário um pouco de habilidade e deve-se deixar claro que apenas em lado do fio nas duas extremidades deve ser lixado. A ideia é haver um corte da corrente, isto provoca um corte no campo magnético cessando a interação com o ímã, a bobina continua o movimento por inércia durante um tempo curto suficiente para garantir a rotação.

## Capítulo IV – Lei de Faraday

Na época das descobertas de Oersted e Ampère sobre a possibilidade de produzir um campo magnético devido a uma corrente elétrica, Michael Faraday trabalhava em experiências de química, supervisionado por sir Humphry Davy, mas com estas descobertas ele passou a dedicar ao estudo do eletromagnetismo.

Num primeiro experimento Faraday testava a hipótese de que, se uma corrente elétrica em um circuito induzia uma corrente elétrica em um circuito próximo. Ele concluiu que uma corrente elétrica constante não era capaz de induzir uma corrente em circuito próximo, no entanto ao ligar e desligar o circuito fazia aparecer uma força eletromotriz no circuito próximo. Através desta experiência Faraday concluiu que para induzir uma corrente elétrica era necessária uma corrente elétrica variando.

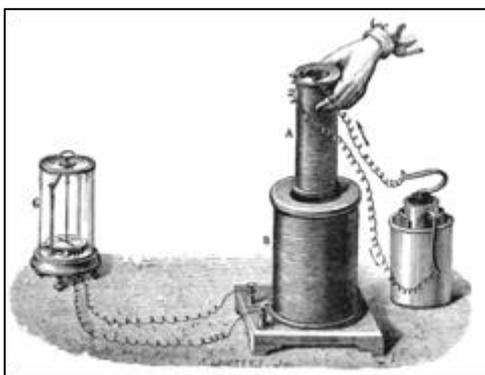


Figura 43 – Ilustração da experiência de Faraday – Fonte: <https://www.ufpe.br/fontana/Eletromagnetismo2/EletromagnetismoWebParte02/mag2cap6.htm>

Na figura 43 quando a bobina interna era ligada a fonte de energia fazia aparecer uma corrente elétrica induzida na segunda bobina que era percebida pela mudança na direção de uma bússola. Faraday percebeu que a variação no fluxo magnético produzida pela bobina interna faz surgir uma força

eletromotriz induzida na segunda bobina, sendo que esta afirmação ficou conhecida como lei de Faraday.

Ao mesmo tempo em que Faraday fazia esta descoberta, de maneira independente Joseph Henry descobriu o mesmo fenômeno e por este motivo alguns autores chamam esta lei Faraday-Henry.

A lei de Faraday pode ser expressa da seguinte maneira,

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d\phi_B}{dt}$$

Onde a integral representa a força eletromotriz e a derivada à variação do fluxo magnético experimentado pela espira ou bobina. A integral acima significa a soma do produto do campo elétrico E vezes o pequeno comprimento dl sobre o círculo fechado que limita a área onde o fluxo magnético está variando. Podemos ainda representar a força eletromotriz induzida como a variação do fluxo magnético em função do tempo.

Se o campo elétrico for constante a integral acima será igual à  $E \cdot \pi \cdot d$ , onde  $\pi \cdot d$  é o perímetro da espira.

Temos que o produto do campo elétrico uniforme e a distância que a carga é deslocada como sendo a variação temporal do fluxo magnético.

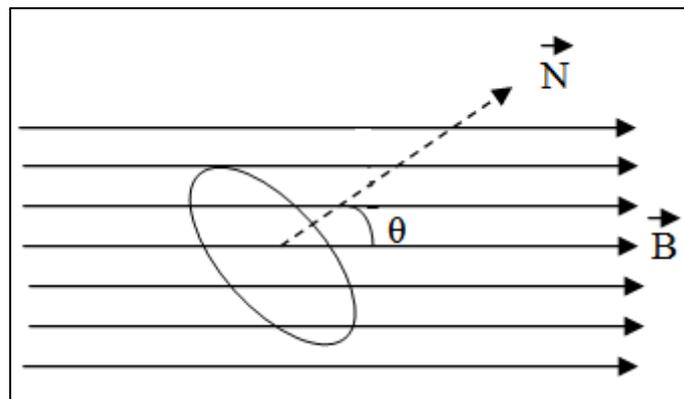
$$E \cdot d = \frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t}$$

Logo temos,

$$\mathcal{E} = -\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t}$$

O sinal negativo foi introduzido por Heinrich Lenz que constatou que a corrente induzida também produz um campo magnético de maneira a minimizar os efeitos do fluxo magnético que o produziu.

O fluxo magnético pode ser considerado como o campo magnético que atravessa a área da espira ou bobina. Veja a seguinte situação, mostrada na Figura 44.



**Figura 44 – Espira circular num campo magnético – Fonte: O autor**

Nesta situação, o fluxo magnético que atravessa a espira é obtido multiplicando a área da espira e a componente horizontal do campo magnético, ou seja:

$$\Phi = B \cdot A \cdot \cos\theta$$

O fluxo magnético é obtido em tesla vezes metro quadrado (T.m<sup>2</sup>).

## **ATIVIDADE EXPERIMENTAL IV – INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA**

Esta atividade exemplifica a aplicação da lei de Faraday onde um fluxo magnético variável induz uma força eletromotriz em uma bobina em sua proximidade. Este princípio é muito utilizado em geradores eletromecânicos como dínamos e alternadores onde uma bobina experimenta uma variação de fluxo magnético que produz uma tensão.

Na atividade a tensão induzida na bobina será medida através de um multímetro. Podemos ainda perceber, através desta atividade que um fluxo magnético uniforme não induz uma força eletromotriz na espira.

**ASSUNTO:** Lei de Faraday

**OBJETIVOS:**

- Fazer o experimento de Faraday para a indução eletromagnética;
- Entender que um fluxo magnético variável produz uma corrente elétrica numa espira;
- Fazer medição de tensões elétricas usando o multímetro.

**MATERIAIS:**

- Conector termoplástico de 12 posições e 4mm<sup>2</sup>;
- Multímetro;
- Peça de fio de cobre com 1 metro (pode ser fio usado na instalação de telefones);
- Ímã (retirado de um alto-falante);
- Chave de fenda;
- Fita adesiva

**PROCEDIMENTO:**

Fazer uma bobina com três centímetros de diâmetro usando o fio de cobre, usando a fita adesiva para que não desmonte. Fixar a bobina no suporte e nos conectores do multímetro conforme a figura 45.



**Figura 45 – Bobina ligada ao conector – Fonte: O autor**

Colocar o imã sobre a bobina e ligar o multímetro na escala de 200mV e observar.

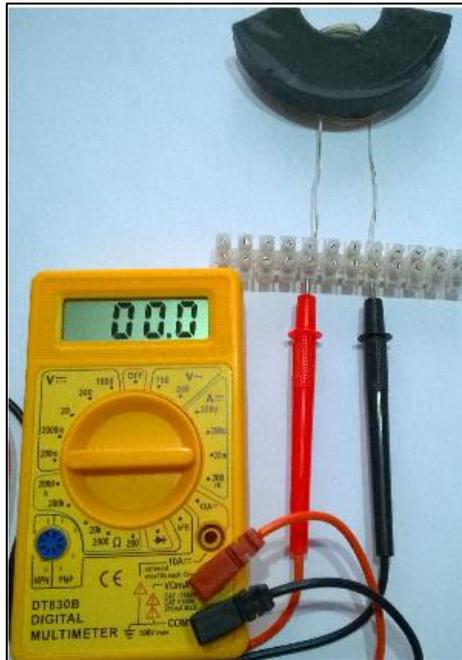


Figura 46 – Bobina conectada ao multímetro – Fonte: O autor

Movimentar o imã aproximando e afastando da bobina, observando a leitura no multímetro.



Figura 47 – Medindo a tensão produzida pelo afastamento do imã em relação à bobina –  
Fonte: O autor

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A atividade necessita de uma aula (50 minutos) para sua execução, sendo muito simples sua montagem e teste é possível fazer a atividade em menos

tempo. O ato de movimentar o ímã próximo da bobina produz uma corrente elétrica que pode ser verificada claramente com o multímetro, ou seja, percebe-se a produção de uma força eletromotriz apenas quando temos variação do fluxo magnético e quando não existe movimento relativo entre o ímã e a espira não existe tensão induzida.

## Capítulo V - Ondas eletromagnéticas

No século XIX se sabia que cargas elétricas produzem modificações na sua vizinhança que detectadas por outras cargas, por outro lado um ímã sempre tem dois pólos que são inseparáveis. Estas observações são sintetizadas matematicamente através da lei de Gauss elétrica e a lei de Gauss magnética. Por sua vez, a lei de Ampère sintetiza a observação de que a corrente elétrica produz campo magnético e a lei de Faraday indica que a variação de um fluxo magnético produz corrente elétrica. James Clerk Maxwell postulou que a variação do fluxo do campo elétrico produz campo magnético. Depois comprovado por experimentos. Assim, Maxwell conseguiu sintetizar todos os fenômenos elétricos e magnéticos em conjunto de equações mostrado na figura 48.

$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q}{\epsilon_0}$	Lei de Gauss (Eletrostática)
$\oint \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$	Lei de Gauss (Magnetostática)
$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d\phi_B}{dt}$	Lei de Faraday
$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 i + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\phi_E}{dt}$	Lei de Ampère e Maxwell

Figura 48 – Equações de Maxwell– Fonte: O autor

Com isto ele conseguiu unificar o estudo da eletricidade e do magnetismo. Além disso, suas equações mostram que pela variação dos elétricos, e ou magnéticos é gerada uma onda, onda eletromagnética, que se propaga no espaço, e no vácuo a propagações ocorre na velocidade da luz. Assim, mostrou que a luz é uma onda eletromagnética, portanto unificando o estudo da óptica.

Os experimentos comprovando os resultados de Maxwell foram realizados Heinrich Hertz, em 1888. Uma onda eletromagnética é formada por dois campos, um elétrico e outro magnético, que se propagam perpendicularmente entre si, como mostrado na figura 49.

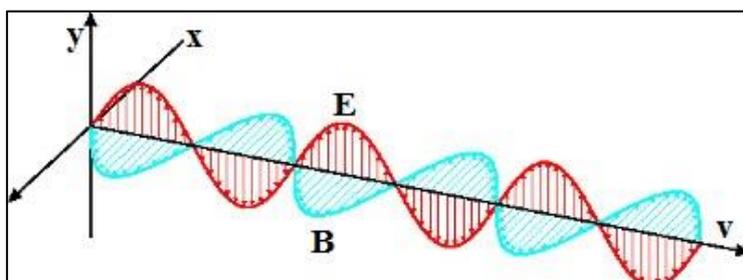


Figura 49 – Onda eletromagnética – Fonte: <http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/o-que-sao-ondas-eletromagneticas.htm>

As ondas eletromagnéticas podem ser classificadas de acordo com a frequência da onda, em ordem crescente temos: Ondas de rádio, Micro-ondas, Radiação terahertz, Radiação infravermelha, Luz visível, Radiação ultravioleta, Raios X e Radiação gama.

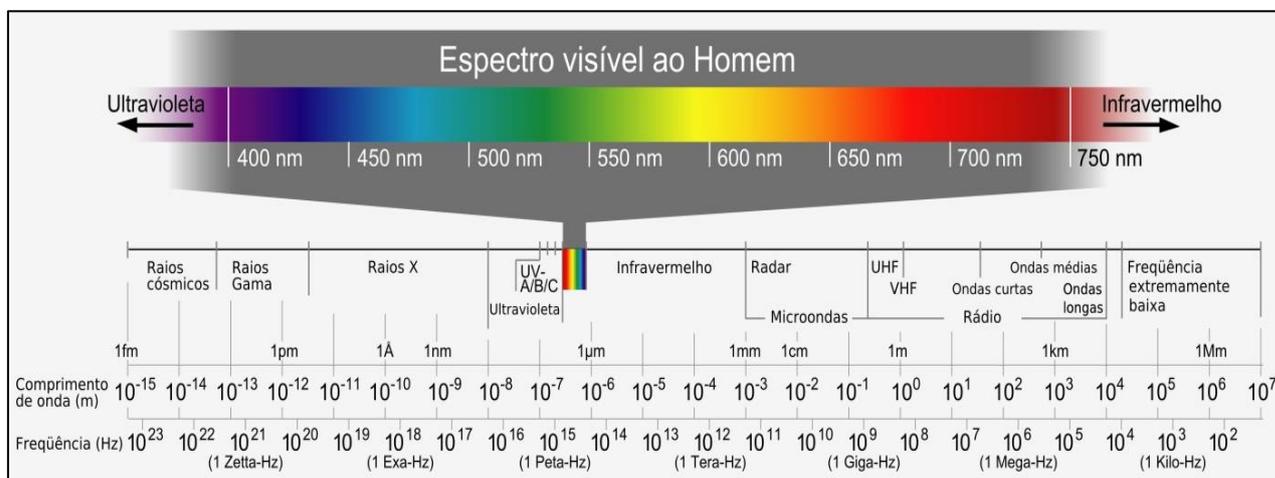


Figura 50 – Espectro eletromagnético – Fonte: <http://www.universoracionalista.org/redshift-e-efeito-doppler/>

## ATIVIDADE EXPERIMENTAL – CONTROLE REMOTO RUDIMENTAR

Esta atividade se baseia na experiência de Hertz onde ocorre a produção, transmissão e recepção de uma onda eletromagnética. O experimento de Hertz consistia em um par de esferas de cobre ligadas a uma bobina e separadas por uma pequena distância que permite o centelhamento das altas tensões aplicadas. Quando ocorre o centelhamento, o circuito é fechado e oscila, produzindo uma onda eletromagnética característica do circuito. A onda eletromagnética é recebida por um arco nas proximidades, produzindo faíscas no centelhador.

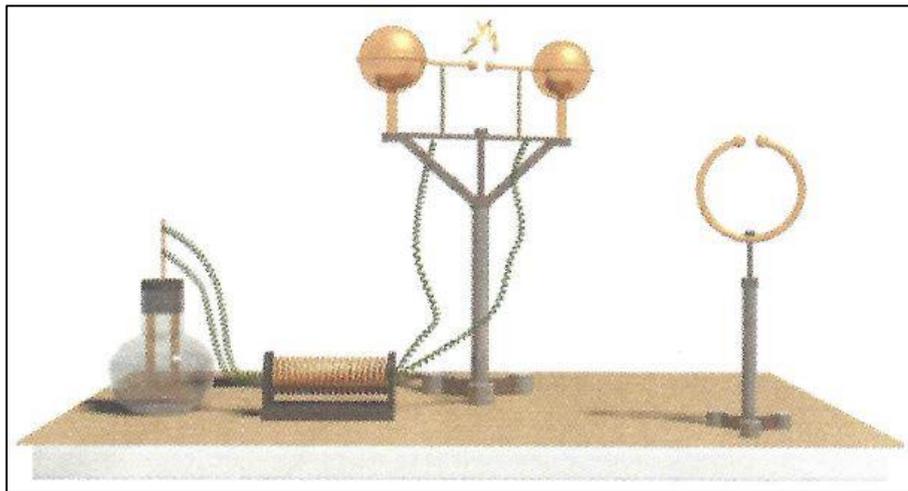


Figura 51 – Experimento de Hertz – Fonte: <http://www.triplex.com.pt/sala-de-estudo/exercicios/a11%C2%BAano-fisica/a3-ondas-eletromagneticas/ficha-n%C2%BA1/>

O circuito gerador é montado com um par de antenas e uma fonte de alta tensão, onde um faiscador piezo elétrico, retirado de isqueiro automático é utilizado. O circuito receptor/detector é construído com uma lâmpada Led ligada às pilhas que apresenta um interruptor, formado com várias bolinhas de papel alumínio, ligado a um par de antenas idênticas ao transmissor.

**ASSUNTO:** Controle Remoto Rudimentar/Experiência de Hertz

**OBJETIVOS:**

- Construir um transmissor de ondas eletromagnéticas baseado na experiência de Hertz e produzir uma onda eletromagnética;
- Construir um receptor/detector da onda eletromagnética que indique a recepção desta onda.
- Entender o processo de produção e recepção de uma onda eletromagnética.

**MATERIAIS:**

- Dois pedaços de papelão com 3x30cm
- 30 bolinhas de papel alumínio com no máximo 5mm
- Faiscador piezo elétrico
- Lâmpada Led
- Suporte para duas pilhas AA
- 2 pilhas AA
- Papel alumínio
- Copo plástico de 180 ml
- 2 pedaços de papel alumínio de 3x10cm
- 4 fios com garras
- 2 cliques de papel
- Fita adesiva.

## PROCEDIMENTO

Recobrir o papelão com papel alumínio e usando fita adesiva para produzir as quatro antenas iguais, sendo duas em cada pedaço de papelão com distancia de 5mm entre elas, como mostrado a seguir.



Figura 52 – Antenas do transmissor – Fonte: O autor

Desmontar o isqueiro automático para retirar o faiscador piezo elétrico, seguindo os passos mostrados nas fotos a seguir.





**Figura 53 – Desmontagem de um isqueiro automático – Fonte: O autor**

Conectar o faiscador piezo elétrico a uma das antenas para montar o transmissor. Veja a seguir



**Figura 54 – Montagem do transmissor – Fonte: O autor**

Fazer o receptor começando pelo interruptor que deve ser montado com o copo, papel alumínio e as bolinhas de papel alumínio (30 no mínimo), como mostrado a seguir:

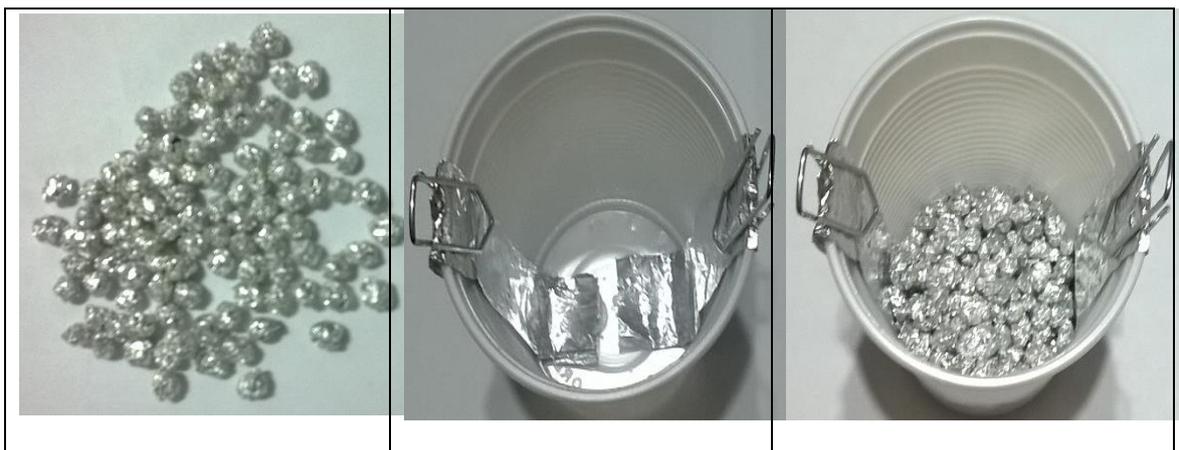


Figura 55 – Montagem do interruptor de bolinhas – Fonte: O autor

Conectar o interruptor montado no par de antenas assim como ao circuito formado com as pilhas e Led, como podemos ver a seguir.

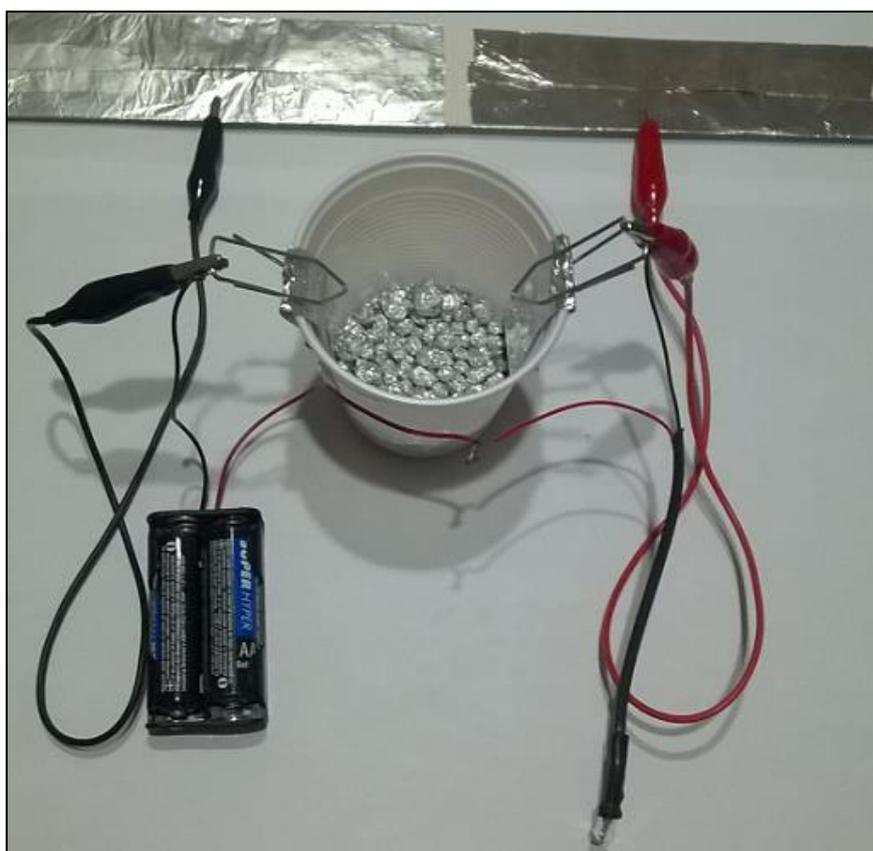


Figura 56 – Receptor Montado – Fonte: O autor

Posicionar o transmissor próximo ao receptor, alinhando as antenas, apertar o faiscador piezo elétrico e observar o que ocorre.

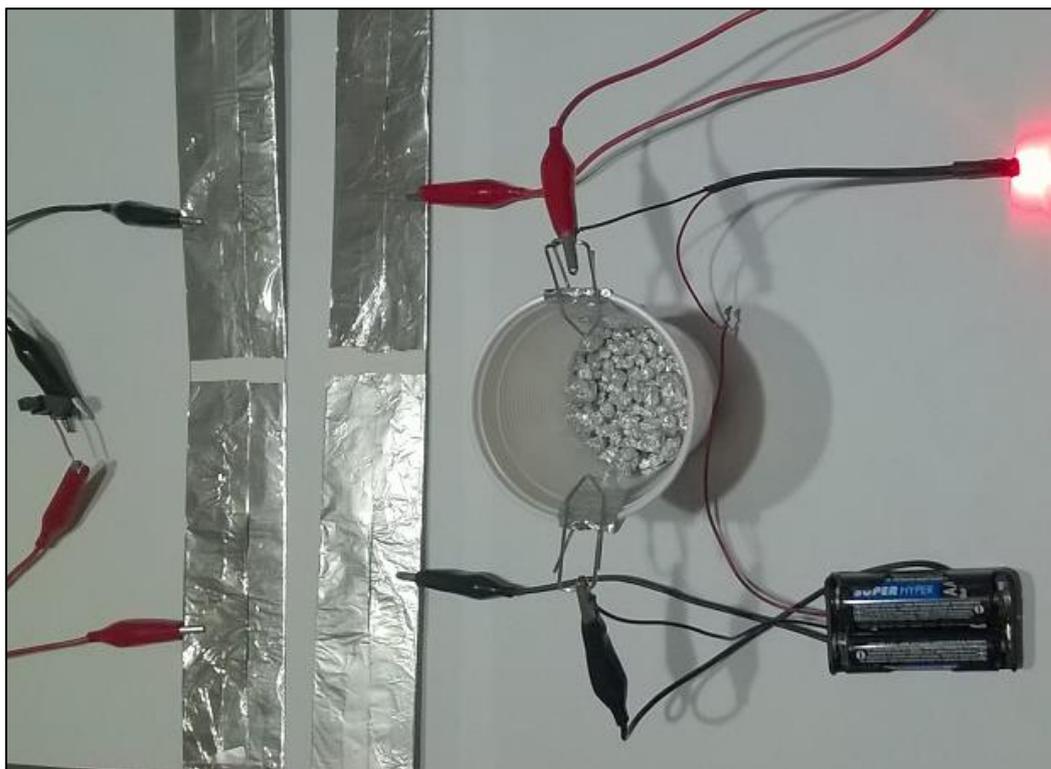


Figura 57 – Receptor em funcionamento – Fonte: O autor

A onda produzida pelo transmissor gera uma corrente elétrica na antena que rompe a constante eletrostática do óxido de alumínio (alumina) que reveste o alumínio e fecha o circuito da lâmpada.

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Esta atividade necessita de 50 minutos para sua execução (uma hora aula). Ela é adaptada da experiência de Hertz e usa alta tensão que é gerada por um faiscador piezo elétrico, embora não seja perigosa é desconfortável. A produção das bolinhas de papel alumínio leva bastante tempo sendo aconselhável levar elas prontas. A frequência gerada pode variar um pouco mas pode causar interferência em alguns aparelhos eletrônicos.

## Capítulo VI – Emissão de Luz

Na Grécia antiga, Aristóteles acreditava que a luz era formada por ondas que eram emitidas pelos objetos visíveis, Pitágoras acreditava que a luz era formada de pequenas partículas emitidas pelo olho humano.

O árabe Al-Haytham rejeitava a ideia que a luz era produzida pelos olhos, para ele a luz era produzida por fontes luminosas, ele descreveu as cores sendo independentes dos objetos e presentes na luz. Por volta do início do século XVI, Leonardo da Vinci percebeu relações entre a reflexão da luz e o fenômeno do eco, relacionando-a com uma forma de onda. No século XVII existiam duas vertentes para explicar a natureza da luz, uma delas defendida por Newton, que afirmava que a luz era formada por partículas e outra defendida por Huyghens que afirmava que a luz era formada de ondas.

Com as descobertas de Young sobre a interferência da luz e de Fresnel cada vez mais se aproximava de uma natureza ondulatória da luz e se afastava do modelo corpuscular, mas havia fenômenos como a polarização que não podia ser explicada pela teoria ondulatória. Quando Faraday conseguiu alterar a polarização da luz (Efeito Faraday), alertou James Clerk Maxwell sobre a relação entre a luz e os fenômenos eletromagnéticos. Em 1864, Maxwell publicou um trabalho que afirmava que a luz era uma onda eletromagnética que respeita as leis do eletromagnetismo (ver figura 48).

A luz pode ser produzida pelas mais diversas fontes luminosas, a maior parte delas se baseia transições eletrônicas que ocorrem no átomo e são explicadas pelas linhas de Balmer e pelo átomo de Bohr.

A emissão de luz por um átomo acontece quando ele recebe energia de alguma forma, como calor, energia elétrica, radiações, etc., desta forma os

elétrons de camadas mais exteriores são excitados passando para um nível mais energético.



Figura 58 – Absorção e emissão de energia – Fonte: <http://www.infoescola.com/quimica/explicacao-em-bohr-para-o-teste-da-chama/>

Quando o elétron que recebeu energia retorna ao estado fundamental, libera a energia recebida na forma de ondas eletromagnética, como a luz por exemplo. A onda eletromagnética emitida vai depender do nível de energia do elétron no átomo, ou seja, como os níveis energéticos de um átomo são quantizados, logo, a luz emitida também é quantizada.

A energia do fóton liberado é dada pela relação.

$$E = h \cdot f$$

Onde **E** é a energia, **h** é a constante de Planck e **f** é a frequência do fóton liberado. Fótons de cores diferentes necessitam de quantidades de energia diferentes.

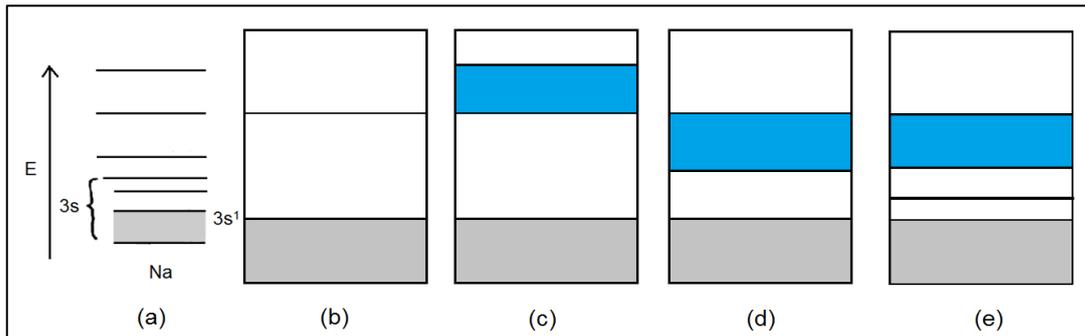
## **VI.1 BANDAS DE ENERGIA: CONDUTORES, ISOLANTES E SEMICONDUTORES.**

A mecânica Quântica possibilitou física fornecer uma explicação satisfatória para o comportamento de condução de carga dos materiais. Foi além e permitiu a descoberta de novas propriedades e a produção de novos materiais

com as propriedades de serem semicondutores. Materiais que conduzem correntes acima de um valor de energia fornecida.

Com a definição da estrutura atômica em que os elétrons giram em uma órbita com determinada energia, chamados de níveis de energia. Os materiais que compostos de grandes quantidades de átomos terão sua estrutura de tal forma que os níveis de energia se juntam para formar bandas onde não diferença de energia entre eles. Essas bandas são caracterizadas conforme as camadas eletrônicas dos átomos. Elas podem ser separadas, ou superpostas, podem estar completamente ocupadas ou não. Na figura 59, ilustramos como a descrição usando a abordagem de bandas de energia explica os vários comportamentos de condução. Isoladamente os possíveis níveis de energia de um átomo estão separados conforme os números quânticos definidos pela energia cinética rotacional, momento angular e momento de spin (figura (a)). A composição dos materiais levam a uma estrutura de níveis de energia que pode ser dos tipos mostrada nas figuras (b), (c), (d) e (e), para temperatura absoluta igual a zero. Nesta situação todos os elétrons ocupam seu lugar junto ao átomo original. Um isolante que se caracteriza pela existência de uma banda preenchida totalmente separada de banda vazia por uma banda proibida (gap) larga em termos de energia. Os materiais metálicos têm uma estrutura de níveis de energia como a figura (c): uma banda de energia não totalmente preenchida. Os elétrons mais energéticos podem facilmente passarem a níveis de energia maiores deixando seus átomos originais e movendo-se pelo material. Um semicondutor apresenta uma estrutura de níveis com uma lacuna estreita. Com relativamente pouca energia um material pode se tornar condutor. A introdução de impurezas (átomos estranhos ao material) de forma

controlada pode introduzir nível de energia acessível no meio do gap. Isto permitiu a criação de materiais com propriedades condutoras que revolucionaram a tecnologia. Estas impurezas são de dois tipos as que doam elétrons (tipo p) para a banda de condução (veja figura 63 como exemplo) e as doam níveis vazios (tipo n) ao material.



**Figura 59 – Bandas de condução – Fonte: O Autor**

## ATIVIDADE EXPERIMENTAL – EMISSÃO DE LUZ

A luz visível, como forma de energia (energia luminosa) pode ser produzida pelas mais diversas fontes, mas na maioria das vezes se baseia em transições eletrônicas. A energia do onda eletromagnética emitida pode ser medida pela frequência pela relação:

$$E = h.f$$

A cor da luz emitida está relacionada com a frequência (ver figura 50), cores diferentes irão necessitar de uma quantidade de energia diferente.

A atividade é bem simples e se baseia na luz gerada por Leds vermelho, amarelo, azul e verde e na tensão necessária para ele funcionar.

Um Led é um diodo emissor de luz (do inglês Light Emitter Diode). Um diodo é um componente bipolar construído por dois tipos de semicondutores um com excesso de elétrons (N) e outro com falta de elétrons (P), que permite a passagem da corrente elétrica em um sentido apenas, por esta característica é muito utilizado na eletrônica e na produção de chips eletrônicos.

O Led foi inventado em 1963 por Nick Holonyac e emitia apenas a cor vermelha, no final dos anos 60 surgiu o Led na cor amarela e apenas nos anos 90 que foi obtido o Led na cor azul, o que proporcionou a produção de todas as outras cores por combinação. A invenção do Led azul rendeu o prêmio Nobel de Física aos cientistas japoneses Isamu Akasaki, Hiroshi Amano e Shuji Nakamura.

O funcionamento do Led se baseia na absorção e emissão de energia por elétrons livres presentes no semicondutor que ele é construído. O Led, assim como todo diodo, apresenta uma região com excesso de elétrons que é

chamado de N e uma região com falta de elétrons/lacunas chamada de P. A energia fornecida ao elétron presente na região N faz que ele se mova para a região P, onde ele se recombina e a energia absorvida é liberada na forma de luz, como mostrado na figura 60.

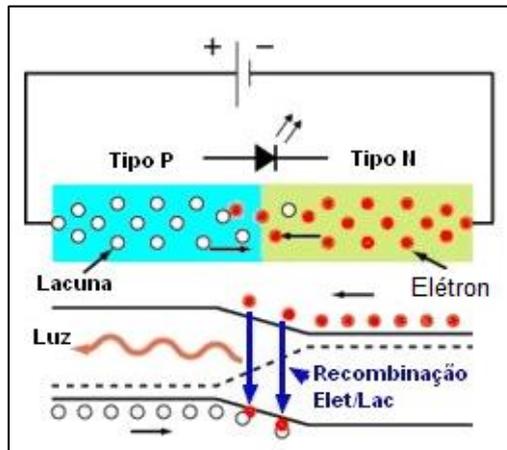


Figura 60 – Funcionamento de um Led – Fonte: <http://www.electronica-pt.com/led>

**ASSUNTO** – Emissão de Luz e Energia

### OBJETIVOS

- Mostrar que cada cor de luz necessita de uma energia diferente
- Introduzir o conceito de funcionamento do LED e suas características.
- Medição e utilização de um multímetro.
- Entender a relação entre a frequência da luz e a energia necessária para gerar esta luz

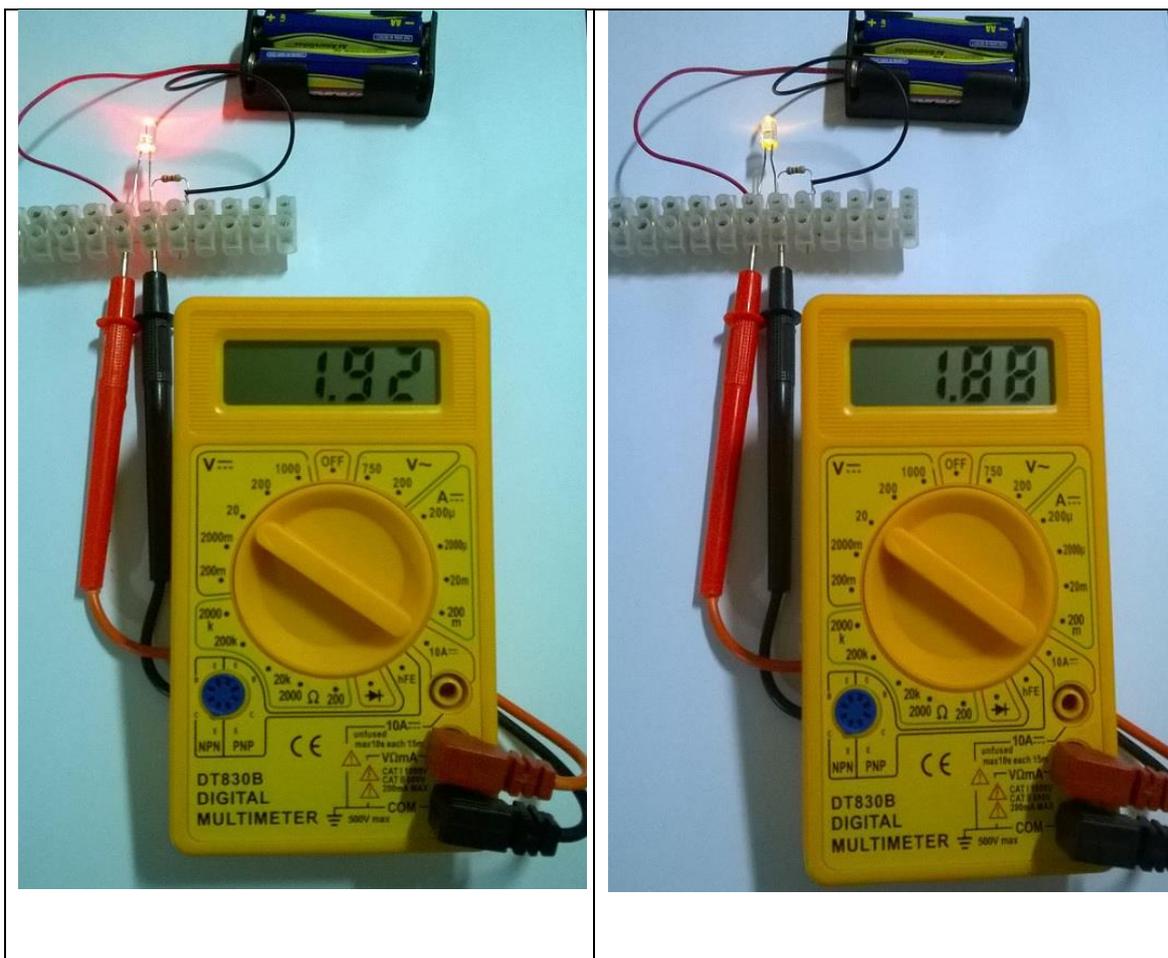
### MATERIAIS

- Quatro Leds, nas cores vermelha, amarela, azul e verde;
- Resistor de 220 $\Omega$ ;
- Suporte para duas pilhas AA;

- Duas pilhas AA;
- Conector termoplástico de 12 posições para fio 4mm<sup>2</sup>.
- Multímetro digital com a função voltímetro.

## PROCEDIMENTO

Conectar o Led vermelho em série com o resistor de 220Ω no conector e ligar com as pilhas, observando a polaridade. Medir a voltagem nos terminais do Led, como indicado, usando o fundo de escala de 20V. Repetir a atividade para as demais cores de Leds.



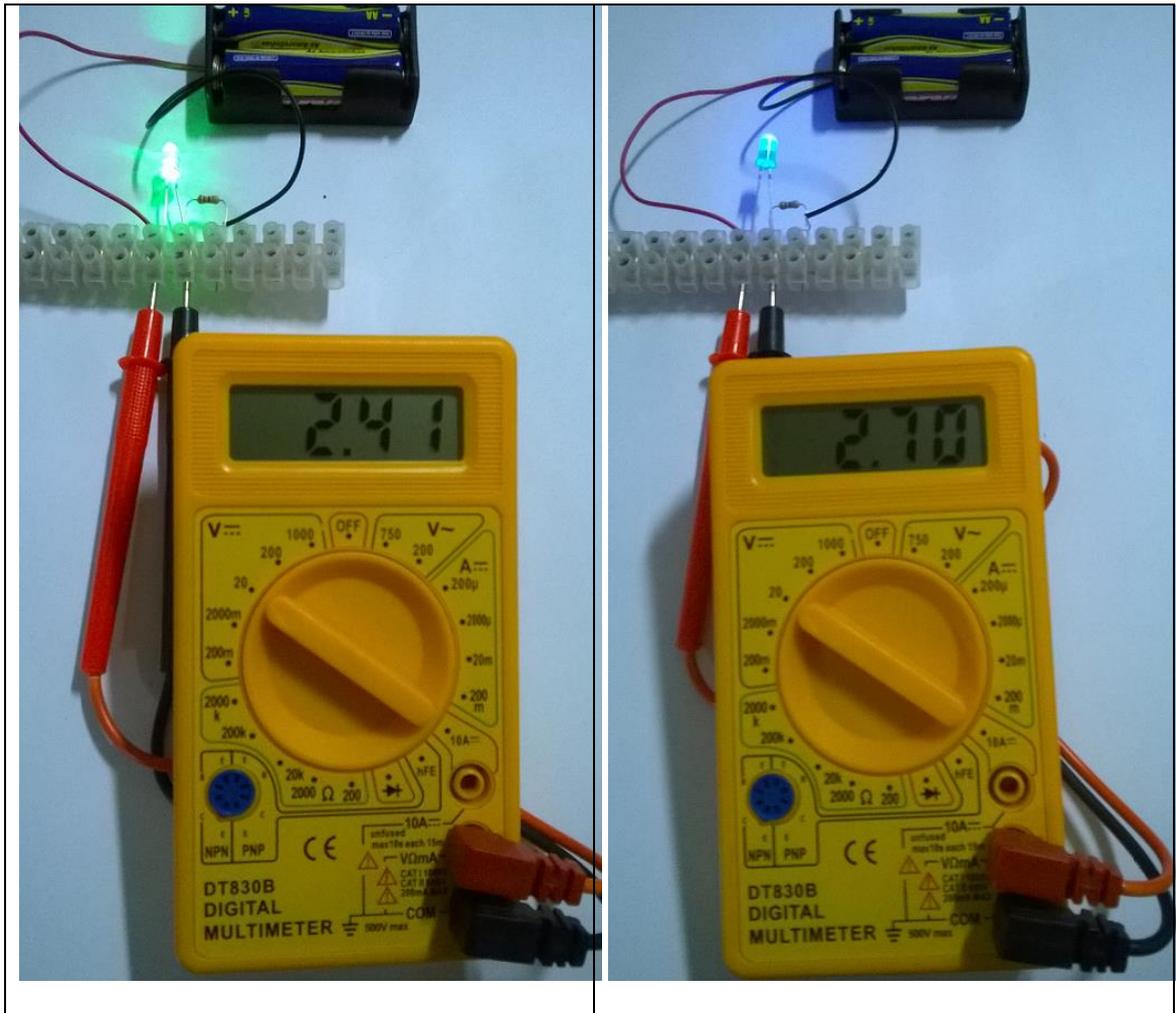


Figura 61 – Energia em relação à cor emitida – Fonte: O autor

Observar a relação entre a cor da luz emitida pelo Led e a tensão medida no multímetro. O valor da voltagem obtida confirma que diferentes cores necessitam de energias diferentes.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Podemos observar através deste experimento que a necessidade energética para produção de cada cor de luz é diferente. Podem gerar erros nesta atividade o uso de diferentes tipos de Leds, sendo importante o uso de um tipo apenas, como comum ou alto brilho, que devido à potência do Led ser diferente pode-se gerar uma diferença de potencial diferente sobre ele.

## Capítulo VII – Efeito Fotoelétrico

O efeito fotovoltaico foi descoberto por Alexandre Edmond Becquerel em 1839 e confirmado por Heinrich Hertz em 1887 e por este motivo ele também é conhecido como efeito Hertz. Neste fenômeno temos uma onda eletromagnética incidindo sobre um metal num tubo à vácuo, arrancando elétrons que são deslocados por uma diferença de potencial (V) e produz-se, desta forma, uma corrente elétrica que medida pelo amperímetro.

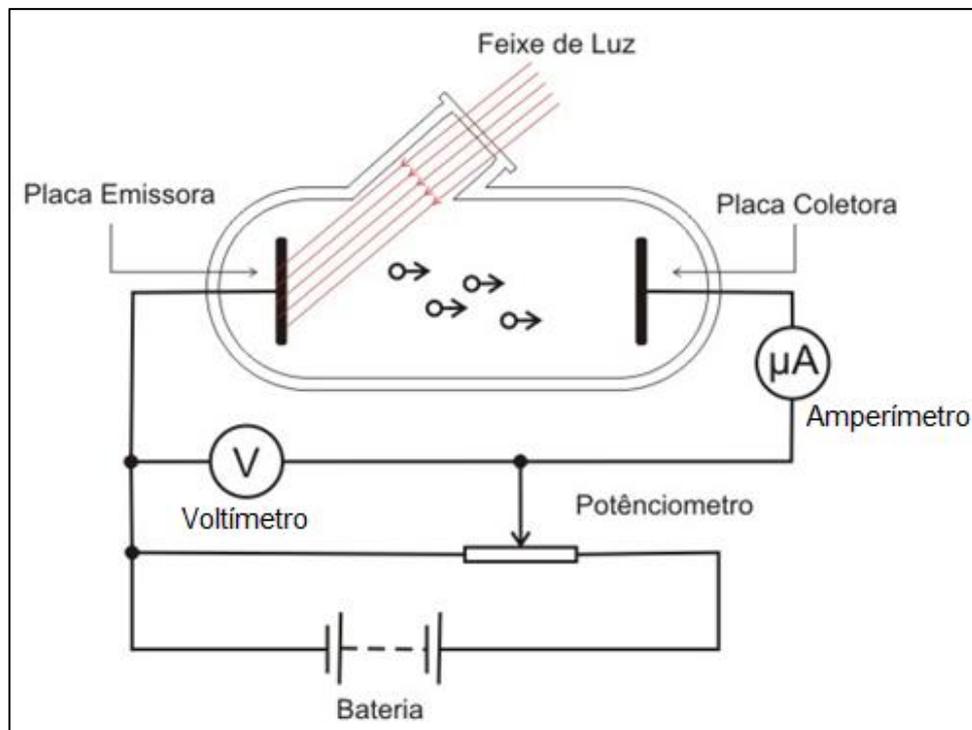


Figura 62 – Efeito fotoelétrico – Fonte: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Comportamento\\_dual\\_da\\_radiação\\_eletromagnética](https://pt.wikipedia.org/wiki/Comportamento_dual_da_radiação_eletromagnética)

A explicação satisfatória para este fenômeno foi dado por Einstein em 1905 e por este motivo ele recebeu o prêmio Nobel de Física em 1921.

Na explicação dada por Einstein, para que um elétron seja arrancado do material a energia do fóton incidente deve ser igual a soma da energia necessária para remover o elétron e a energia cinética do elétron emitido.

$$E_f = W + E_c$$

Onde  $E_f$  = energia do fóton incidente,  $W$  = trabalho/energia para remover o elétron e  $E_c$  = energia cinética do elétron emitido.

Einstein usou uma proposta apresentada por Planck em 1900, que se referia à radiação de corpo negro, e conseguiu explicar o efeito fotoelétrico. Einstein escreveu a equação acima da seguinte forma:

$$E_c = h.f - W$$

Onde  $h$  = constante de Planck e  $f$  = frequência da onda eletromagnética incidente.

Como a energia necessária para arrancar o elétron é diferente para cada material, temos uma frequência mínima diferente para cada material para o fenômeno possa ser observado. Por exemplo, num painel solar geralmente temos silício dopado com outros elementos como o fósforo e boro, por exemplo, o que reduz muito a energia necessária para arrancar os elétrons e ele funcione praticamente em todo o espectro de luz visível.

Na figura 55 temos uma situação onde elétrons livres presentes no fósforo são arrancados e se movimentam até encontrar uma lacuna, devido a presença do boro, por exemplo, desta forma aparece uma corrente elétrica.

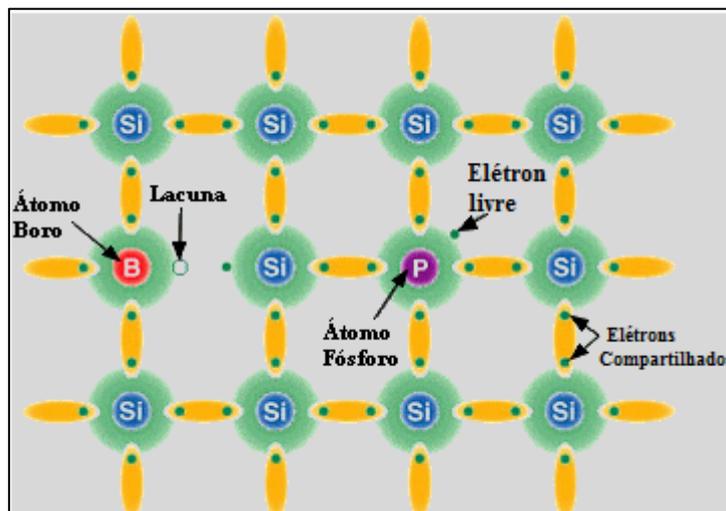


Figura 63 – Efeito fotoelétrico – Fonte: Adaptado de <http://www.electronica-pt.com/painel-solar-fotovoltaico>

A luz incidente gera uma diferença de potencial entre as extremidades do material que pode produzir uma corrente elétrica.

## **ATIVIDADE EXPERIMENTAL – EFEITO FOTOELÉTRICO**

Nesta atividade experimental podemos observar o efeito fotoelétrico quando uma onda eletromagnética incide sobre um LED gerando uma corrente elétrica, em um circuito. . No caso a onda tem frequência no intervalo da luz visível. Pode-se também perceber que a intensidade varia de acordo com a distância entre a fonte de luz e o Led.

**ASSUNTO:** Efeito Fotoelétrico

### **OBJETIVOS:**

- Entender o efeito fotoelétrico;
- Medir a corrente elétrica produzida por uma luz incidente num Led;
- Perceber que a intensidade da luz é inversamente proporcional a distância ao quadrado;

### **MATERIAIS**

- Dois Led alto brilho
- Conector termoplástico de 12 posições para fio de 4mm<sup>2</sup>
- Multímetro com a função voltímetro
- Suporte de pilhas para duas pilhas AA

- Duas pilhas AA
- Régua
- Chave de fenda para o conector

## PROCEDIMENTO

Na primeira etapa colocar um Led no conector e conectar nas pontas de prova do multímetro, como indicado na foto.



Figura 64 – Led sem iluminação – Fonte: O autor

Ligar o multímetro e colocar na escala de 2000mV (2V) tensão contínua. Aproximar o Led de diversas fontes de luz e observar o que acontece.



Figura 65 – Led com iluminação – Fonte: O autor

Na segunda etapa, ligar o segundo Led às pilhas, posicioná-lo 10cm do outro Led e medir a voltagem. Variar a distância de 1cm por vez e medir a tensão, até a distância de 1cm. Construir um gráfico da tensão pela distância e relacionar com a razão de  $1/d^2$ .

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Podemos utilizar do Led para produzir uma diferença de potencial e conseqüentemente uma corrente elétrica devido ao seu par PN, ou seja, um dos lados do Led apresenta elétrons livres e outro lado apresenta lacunas. O efeito fotovoltaico é observado, sendo análogo ao efeito fotoelétrico, mas que ocorre em meio sólido. Com o aumento da distância da fonte de luz temos uma redução na intensidade de corrente produzida e diferença de potencial que cai na razão do inverso da distância ao quadrado.

## Referências Bibliográficas

BARRETO FILHO, Benigno; SILVA, Claudio Xavier da; Física aula por aula, volume 3. 2º edição. São Paulo. FTD, 2013.

BBC Bitesize – Properties of Radiation – disponível em <<http://www.bbc.co.uk/education/guides/z996fg8/revision/4>> acessado em 02 de agosto de 2016.

BRASIL ESCOLA – Aula prática: Construção de um eletroscópio de folhas – disponível em <<http://educador.brasilecola.uol.com.br/estrategias-ensino/aula-pratica-construcao-um-eletroscopio-folhas.htm>> acessado em 06 de junho de 2016.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais + (PCN+) - Ciências da Natureza e suas Tecnologias*. Brasília: MEC, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio)*. Brasília: MEC, 2000.

ELECTRÓNICA – Diodo Emissor de Luz – disponível em <<http://www.electronica-pt.com/led>> acessado em 02 de agosto de 2016.

ELECTRÓNICA – Painel Solar Fotovoltaico – disponível em <<http://www.electronica-pt.com/painel-solar-fotovoltaico>> acessado em 23 de julho de 2016.

EUFÍSICA – Afinal o que é o Bóson de Higgs – disponível em <<http://blog.eufisica.com/2013/06/afinal-o-que-e-o-bosao-de-higgs-e-o-que.html>> acessado em 23 de julho de 2016.

GASPAR, Alberto. Física: eletromagnetismo e Física Moderna. Editora Ática, São Paulo, 2000.

INFOESCOLA – Explicação em Bohr para o teste de chama – disponível em <<http://www.infoescola.com/quimica/explicacao-em-bohr-para-o-teste-da-chama/>> acessado em 02 de agosto de 2016.

KANTOR. C. A; JR. L. A. P, MENEZES. L. C; BONETTI. M. DE C; JR. O. C; ALVES. V. M. Quanta Física. São Paulo: PD, 2010.

MARINS, Luciano de Azedias; LAVIOLA, Maxmiller Silva, Montagens De Circuitos Elétricos Em Sala De Aula: Uma contribuição Significativa No Processo Ensino-Aprendizagem, IV Encontro Estadual de Ensino de Física - RS, Porto Alegre, 2011.

MORAES, Maria Beatriz dos Santos Almeida, Circuitos elétricos: novas e velhas tecnologias como facilitadoras de uma aprendizagem significativa no nível médio / Maria Beatriz dos Santos A. Moraes, Rejane M. Ribeiro-

Teixeira. – Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2006.

MUNDO DA ELÉTRICA – Código de cores – disponível em <<https://www.mundodaeletrica.com.br/codigo-de-cores-de-resistores/>> acessado em 01 de agosto de 2016.

MUNDO EDUCAÇÃO – Eletrização por contato – disponível em <<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/a-eletrizacao-por-contato.htm>> acessado em 06 de junho de 2016.

MUNDO EDUCAÇÃO – Ondas Eletromagnéticas – disponível em <<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/o-que-sao-ondas-eletromagneticas.htm>> acessado em 02 de agosto de 2016.

MUNDO EDUCAÇÃO – Teorias sobre a natureza da luz – disponível em <<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/teorias-sobre-natureza-luz.htm>> acessado em 20 de setembro de 2016.

MUNDO EDUCAÇÃO – Um dia eletrizante – disponível em <<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/um-dia-eletrizante.htm>> acessado em 06 de junho de 2016.

OS FUNDAMENTOS DA FÍSICA – Associação de resistor – disponível em <[http://osfundamentosdafisica.blogspot.com.br/2013/08/cursos-do-blog-eletricidade\\_7.html](http://osfundamentosdafisica.blogspot.com.br/2013/08/cursos-do-blog-eletricidade_7.html)> acessado em 02 de junho de 2016.

PACCA, Jesuína L. A.; FUKUI, Ana; BUENO, Maria Christina F.; COSTA, Regina Helena P.; VALÉRIO, Rosa M.; MANCINI, Sueli; Corrente Elétrica E Circuito Elétrico: Algumas Concepções Do Senso Comum. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.20, n.2: p.151-167, ago.2003.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. Diretrizes Curriculares da Educação Básica. Curitiba: Seed/DEB-PR, 2008.

PORTAL DO PROFESSOR – Corrente elétrica produzindo campo magnético – disponível em <<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=18857>> acessado em 14 de junho de 2016.

SALA DE FÍSICA – Biografias: Hans Christian Oersted – disponível em <<http://www.geocities.ws/saladefisica9/biografias/oersted.html>> acessado em 14 de junho de 2016.

SANTOS, Vogt Cardoso dos. Antenas e radiofrequências: Complexificando o conhecimento cotidiano. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo. Instituto de Física, São Paulo, 2007.

SHOWME – The Current Electron Cloud Model – disponível em <<http://www.showme.com/sh/?h=d1ZuFyi>> acessado em 02 de agosto de 2016.

SILVA, Luciene Fernanda da. Física Moderna No Ensino Médio: Um Experimento Para Abordar O Efeito Fotoelétrico. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 29, n. 2: p. 313-324, ago. 2012. 313

SÓ FÍSICA – Associação em paralelo – disponível em <[http://www.sofisica.com.br/conteudos/Eletromagnetismo/Eletrodinamica/as\\_sociacaoderesistores2.php](http://www.sofisica.com.br/conteudos/Eletromagnetismo/Eletrodinamica/as_sociacaoderesistores2.php)> acessado em 02 de junho de 2016.

TRIPLEX – Espectro Eletromagnetismo – Ficha 1 – disponível em <<http://www.triplex.com.pt/sala-de-estudo/exercicios/a11%C2%BAano-fisica/a3-ondas-eletromagneticas/ficha-n%C2%BA1/>> acessado em 23 de agosto de 2016.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PERNAMBUCO – Eletromagnetismo – Parte III – disponível em <<https://www.ufpe.br/fontana/Eletromagnetismo2/EletromagnetismoWebParte02/mag2cap6.htm>> acessado em 20 de setembro de 2016.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – A natureza da luz: onda ou partícula – disponível em <<http://www.cdcc.usp.br/fisica/Professores/Einstein-SHMCarvalho/node5.html>> acessado em 17 de setembro de 2016.

UNIVERSO RACIONALISTA – Redshift e o Efeito Doppler – disponível em  
<<http://www.universoracionalista.org/redshift-e-efeito-doppler/>> acessado  
em 02 de agosto de 2016.

WIKIPÉDIA – Atrito – disponível em < <https://pt.wikipedia.org/wiki/Atrito>>  
acessado em 06 de junho de 2016.

WIKIPÉDIA – Comportamento dual da radiação eletromagnética – disponível  
em  
<[https://pt.wikipedia.org/wiki/Comportamento\\_dual\\_da\\_radia%C3%A7%C3%A3o\\_eletromagn%C3%A9tica](https://pt.wikipedia.org/wiki/Comportamento_dual_da_radia%C3%A7%C3%A3o_eletromagn%C3%A9tica)> acessado em 02 de agosto de 2016.

## Referências Bibliográficas

- BARRETO FILHO, Benigno; SILVA, Claudio Xavier da; *Física aula por aula*, volume 3. 2º edição. São Paulo. FTD, 2013.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais + (PCN+) - Ciências da Natureza e suas Tecnologias*. Brasília: MEC, 2002.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio)*. Brasília: MEC, 2000.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. *Metodologia do Ensino de Ciência*. São Paulo : Cortez, 1990.
- GASPAR, Alberto. *Física: Eletromagnetismo e Física Moderna*. Editora Ática, São Paulo, 2000.
- KANTOR. C. A; JR. L. A. P, MENEZES. L. C; BONETTI. M. DE C; JR. O. C; ALVES. V. M. *Quanta Física*. São Paulo: PD, 2010.
- MARINS, Luciano de Azedias; LAVIOLA, Maxmiller Silva, *Montagens De Circuitos Elétricos Em Sala De Aula: Uma contribuição Significativa No Processo Ensino-Aprendizagem, IV Encontro Estadual de Ensino de Física - RS*, Porto Alegre, 2011.
- MORAES, Maria Beatriz dos Santos Almeida, *Circuitos elétricos: novas e velhas tecnologias como facilitadoras de uma aprendizagem significativa no nível médio / Maria Beatriz dos Santos A. Moraes, Rejane M. Ribeiro-Teixeira. – Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2006.*
- MOREIRA, Marco Antonio, *Teorias de Aprendizagem*. São Paulo: EPU, 1999.

MOREIRA, Marco Antonio. Subsídios metodológicos para o professor pesquisador em ensino de ciências. Porto Alegre: Instituto de Física, UFRGS, 2009.

PACCA, Jesuína L. A.; FUKUI, Ana; BUENO, Maria Christina F.; COSTA, Regina Helena P.; VALÉRIO, Rosa M.; MANCINI, Sueli; *Corrente Elétrica E Circuito Elétrico: Algumas Concepções Do Senso Comum*. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.20, n.2: p.151-167, ago.2003.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. *Diretrizes Curriculares da Educação Básica*. Curitiba: Seed/DEB-PR, 2008.

SANTOS, Vogt Cardoso dos. *Antenas e radiofrequências: Complexificando o conhecimento cotidiano*. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo. Instituto de Física, São Paulo, 2007.

SILVA, Luciene Fernanda da. *Física Moderna No Ensino Médio: Um Experimento Para Abordar O Efeito Fotoelétrico*. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 29, n. 2: p. 313-324, ago. 2012. 313