

Trabalho de Conclusão de Curso

Curso de Graduação em Física

ENSINO DE FÍSICA E EXPERIMENTOS DIDÁTICOS: A PERSPECTIVA DE
MATERIAIS SIMPLES E DE BAIXO CUSTO

Thayarak Luiz Wolfgang Eggon Hannan Haddad Machado

Prof. Dr. Eugenio Maria de França Ramos.

Rio Claro (SP)

2022

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Campus de Rio Claro

THAYARAK LUIZ WOLFGANG EGGON HANNAN HADDAD
MACHADO

ENSINO DE FÍSICA E EXPERIMENTOS DIDÁTICOS: A
PERSPECTIVA DE MATERIAIS SIMPLES E DE BAIXO CUSTO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, para obtenção do grau de Licenciado em Física.

Rio Claro - SP
2022

M149e

Machado, Thayarak Luiz Wolfgang Eggon Hannan Haddad
Ensino de Física e experimentos didáticos: A perspectiva de
materiais simples e de baixo custo / Thayarak Luiz Wolfgang Eggon
Hannan Haddad Machado. -- Rio Claro, 2022
103 p.

Trabalho de conclusão de curso (Licenciatura - Física) -
Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Geociências e
Ciências Exatas, Rio Claro
Orientador: Eugenio Maria de França Ramos

1. Biblioteca de Instrumentos Didáticos. 2. Experimentos de Baixo
Custo. 3. Ensino de Física. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de
Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

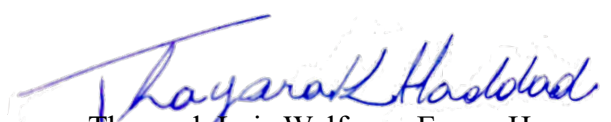
THAYARAK LUIZ WOLFGANG EGGON HANNAN
HADDAD MACHADO

ENSINO DE FÍSICA E EXPERIMENTOS DIDÁTICOS: A
PERSPECTIVA DE MATERIAIS SIMPLES E DE BAIXO
CUSTO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas -
Campus de Rio Claro, da Universidade
Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, para
obtenção do grau de Licenciado em Física.

Comissão Examinadora
Prof. Dr. Eugenio Maria de França Ramos (Orientador)
Prof. Ms. Adriel Fernandes Sartori
Profa. Dra. Tassiana Fernanda Genzini de Carvalho

Rio Claro, 29 de novembro de 2022


Thayarak Luiz Wolfgang Eggon Hannan
Haddad Machado


Eugenio Maria de França Ramos

AGRADECIMENTOS

Quanto mais penso no que escrever nesse agradecimento me deparo com todo o caminho percorrido até aqui, desde o que eu quis apagar de minha memória até o que eu mais quero guardar em minhas lembranças. Quem diria que escrever um agradecimento seria assim tão complicado e difícil de se concluir!

Como agradecimento acho oportuno o primeiro a estarem aqui serem minha família, assim quero agradecer primeiramente ao meu pai Luiz Carlos, que mesmo sem entender muito me apoiou e tentou me ajudar da melhor forma possível quando eu larguei tudo em minha cidade para vir estudar aqui, que mesmo que não seja distante me torna distante pela correria e cansaço que é estar na universidade. Ainda neste parágrafo quero agradecer a minha falecida mãe Regina Célia que se estivesse comigo nesses momentos que muitas vezes foram difíceis de se passar tenho certeza que teria deixado tudo mais fácil e mais fluído além de ter me apoiado em tudo o que eu fosse escolher. Agora quero agradecer aos meus irmãos Zipora, Khaynan e Hager que com certeza me ajudaram e me fizeram ser a pessoa que sou agora e sei que temos muito tempo para passarmos juntos ainda. Mesmo deixando extenso ainda gostaria de agradecer as minhas cunhadas Ana e Leandra, que me ajudaram muito em diversas dificuldades que tive ao longo da minha graduação e da minha vida e por fim, porém não menos importante para este parágrafo gostaria de agradecer as minhas sobrinhas Zhayra, Kayla e Eloa que me deram muitas forças mesmo sem saberem.

Como um agradecimento especial aos meus amigos que me ajudaram nos meus momentos mais difíceis Lucas Amadeu, Lucas de Lazari, Vitor Rodrigues, Yuri Állan, Alan Cefali e Alexandre Ubeda, pretendo levar todos em meu coração e como uma amizade para além do que eu possa imaginar, sem vocês provavelmente não teria continuado e concluído isso que para mim é um sonho. Ademais tenho muitos outros amigos como Vinicius Stenico, Lourenço, João Pedro, Polyana, Sofia, Gustavo, Lucas Kenji, Lucas Chebat, Alessandro, Gabriel Vitorino, Paulo Colli, Marcello Bento e Lucas Colmanetti entre outros que se for falar aqui dá para fazer um TCC só de nomes de pessoas especiais que me ajudaram no decorrer de toda essa minha graduação e que também gostaria de levar para além da graduação, aos meus amigos que não citei o nome saiba que agradeço de coração por tudo o que aconteceu e que espero estar com vocês da melhor forma possível.

Ao meu orientador Eugenio que me possibilitou estudar e observar um tema tão delicado e bonito para o ensino de física, que são os experimentos de baixo custo, e, além disso, me mostrou e discutiu coisas que eu sequer iria imaginar ter visto.

Agradeço também a todos os momentos que passei na instituição, desde o primeiro dia até o último passando por momentos marcantes entre eles, tais como o primeiro dia que reunimos para comer no RU, as boas vindas aos ingressantes e até mesmo as sinucas que jogamos durante todo esse tempo aqui. Agradeço ainda a todas as mães dos meus amigos em especial a Tanimara, Cristiane, Neire e Eliana por me ajudarem muito em meus momentos com grande pressão. Por fim para não me alongar e ficar algo muito meloso agradeço a todos aqueles que tenham me ajudado da menor forma possível.

RESUMO

No presente trabalho tratamos da relação entre as propostas dos laboratórios e a forma de ensino, visando uma intervenção ao ensino tradicional que está enraizado em nossos laboratórios, essa intervenção vem por meio da implementação da Biblioteca de Instrumentos Didáticos (BID). No decorrer do trabalho passamos por abordagens dos laboratórios no Ensino de Física, focando assim posteriormente na BID do Laboratório de Prática de Ensino, Materiais e Instrumentação Didática (LaPEMID), apresentando os experimentos de baixo custo existentes e estudando suas características que auxiliariam no Ensino de Física na Educação Básica. No trabalho falamos sobre os kits de experimentos e como se organizam esses kits, para que possa levar os experimentos de baixo custo para a escola e organizar sua própria BID. No final do trabalho analisamos uma proposta para utilizar os experimentos em uma aula de eletrostática, assim podendo demonstrar alguns fenômenos físicos, que muitas vezes não conseguimos observar facilmente.

Palavras-chave: Biblioteca de Instrumentos Didáticos, Experimentos de Baixo Custo, Ensino de Física, Eletrostática.

ABSTRACT

In the work presented here, we deal with the relationship between the proposals of the laboratories and the way of teaching, aiming at an intervention in the traditional teaching that is rooted in our laboratories, this intervention comes through the implementation of the Library of Didactic Instruments (BID). In the course of the work, we went through the approaches of the laboratories in Physics Teaching, thus focusing later on the BID of the Laboratory of Teaching Practice, Materials and Didactic Instrumentation (LaPEMID) presenting the low cost experiments that we have in the BID and studying their characteristics that would help in Physics Teaching in Basic Education. Also at work we talk about experiment kits and how to organize these kits, so you can take low-cost experiments to school and organize the BID. At the end of the work we talk about a proposal to use the experiments into an electrostatics class, thus being able to demonstrate some physical phenomena that we often cannot observe easily.

Keywords: Library of Didactic Instruments, Low Cost Experiments, Physics Teaching, Electrostatics.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Disposições típicas para os laboratórios de ciências | 15 |
| Figura 2: BID 2019 | 24 |
| Figura 3: Pulmão Físico (LaPEMID) | 27 |
| Figura 4: Carrinho com bexiga ao lado de sua caixa (LaPEMID) | 28 |
| Figura 5: Carrinho com bexiga (LaPEMID) | 28 |
| Figura 6: Lata mágica (LaPEMID) | 29 |
| Figura 7: Máquina de ondas (LaPEMID) | 31 |
| Figura 8: Bússola (LaPEMID) | 33 |
| Figura 9: Circuito elétrico (LaPEMID) | 34 |
| Figura 10: Canudo eletrostático (LaPEMID) | 35 |
| Figura 11: Componentes do kit do pêndulo eletrostático simples (LaPEMID) | 36 |
| Figura 12: Pêndulo eletrostático simples (LaPEMID) | 36 |
| Figura 13: Pêndulo eletrostático duplo (LaPEMID) | 37 |
| Figura 14: Vetor eletrostático (LaPEMID) | 38 |
| Figura 15: Componentes do kit do eletroscópio de folha (LaPEMID) | 39 |
| Figura 16: Eletroscópio de folha (LaPEMID) | 39 |
| Figura 17: Igrejinha eletrostática (LaPEMID) | 40 |
| Figura 18: Gaiola de Faraday (LaPEMID) | 41 |
| Figura 19: Componentes do kit da gaiola de Faraday (LaPEMID) | 41 |
| Figura 20: Eletróforo (LaPEMID) | 42 |
| Figura 21: Capacitor (LaPEMID) | 43 |
| Figura 22: Caixa A montada (LaPEMID) | 44 |
| Figura 23: Caixa A desmontada (LaPEMID) | 44 |
| Figura 24: Caixa B montada (LaPEMID) | 45 |
| Figura 25: Caixa B desmontada (LaPEMID) | 45 |
| Figura 26: Caixa C montada (LaPEMID) | 46 |
| Figura 27: Caixa C desmontada (LaPEMID) | 46 |
| Figura 28: Caixa D montada (LaPEMID) | 47 |
| Figura 29: Caixa D desmontada (LaPEMID) | 47 |
| Figura 30: Kit da gaiola de Faraday caixa A (LaPEMID) | 48 |
| Figura 31: Kit da gaiola de Faraday caixa B (LaPEMID) | 49 |
| Figura 32: Kit da igrejinha eletrostática caixa B (LaPEMID) | 50 |
| Figura 33: Kit da igrejinha eletrostática caixa D (LaPEMID) | 50 |
| Figura 34: Carbono segundo o modelo do átomo de Bohr | 53 |
| Figura 35: Representação esquemática de eletrização por atrito | 55 |
| Figura 36: Canudo eletrostático grudado na parede do LaPEMID | 56 |
| Figura 37: Canudo eletrostático na parede do LaPEMID | 56 |
| Figura 38: Tabela triboelétrica | 57 |
| Figura 39: Representação esquemática da eletrização por contato | 58 |
| Figura 40: Eletroscópio de folha carregado (LaPEMID) | 60 |
| Figura 41: Representação esquemática da eletrização por indução | 61 |
| Figura 42: Vetor eletrostático sendo direcionado para o canudo eletrizado | 63 |
| Figura 43: Polarização gaiola de Faraday | 64 |

Sumário

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 11 |
| 2 | PERCURSO METODOLÓGICO..... | 12 |
| 3 | O ENSINO DE FÍSICA EM LABORATÓRIOS..... | 14 |
| 3.1 | O que é um laboratório? | 14 |
| 3.2 | O laboratório de Física | 14 |
| 3.3 | Alguns tipos de abordagens nos laboratórios | 16 |
| | • Experiências de cátedra ou laboratórios de demonstrações: | 16 |
| | • Laboratório tradicional ou convencional..... | 16 |
| | • Laboratório divergente: | 17 |
| | • Laboratório aberto e o de projetos:..... | 18 |
| | • Laboratório e o problema da redescoberta: | 19 |
| | • Laboratório de “Fading” | 20 |
| | • Laboratório- Biblioteca..... | 20 |
| | • Laboratório de Baixo custo..... | 20 |
| 4 | A PROPOSTA DA BID E DA OFICINA NO LAPEMID..... | 22 |
| 4.1 | O que é um experimento de baixo custo?..... | 24 |
| 4.2 | Experimentos que compõem a BID (LaPEMID)..... | 25 |
| 4.2.1 | Mecânica | 26 |
| | • Barômetro: | 26 |
| | • Pulmão Físico: | 27 |
| | • Carrinho com bexiga: | 27 |
| | • Foguete: | 28 |
| | • Lata mágica: | 29 |
| | • Corda:..... | 29 |
| | • Sino:..... | 30 |
| | • Máquina de ondas:..... | 30 |
| 4.2.2 | Astronomia:..... | 31 |
| | • Fases da Lua: | 31 |
| 4.2.3 | Óptica: | 31 |
| | • Compositor de cores: | 32 |
| | • Fibra óptica..... | 32 |
| 4.2.4 | Magnetismo:..... | 32 |
| | • Bússola: | 33 |
| 4.2.5 | Eletricidade:..... | 33 |
| | • Circuitos elétricos:..... | 33 |
| 4.2.6 | Eletrostática..... | 34 |
| | • Canudo eletrostático: | 34 |
| | • Pêndulo eletrostático Simples:..... | 35 |
| | • Pêndulo eletrostático Duplo: | 37 |
| | • Vetor eletrostático: | 37 |
| | • Eletroscópio de folha: | 38 |
| | • Igrejinha eletrostática: | 40 |
| | • Gaiola de Faraday:..... | 40 |
| | • Eletróforo: | 42 |
| | • Capacitor: | 42 |

| | | |
|-----|--|------------|
| 4.3 | Como os kits são guardados na BID do LaPEMIID..... | 43 |
| 5 | OS EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO NO ENSINO DE ELETROSTÁTICA | 52 |
| 6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 66 |
| | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 68 |
| | ANEXO 1 – ROTEIRO CANUDO ELETROSTÁTICO..... | 70 |
| | ANEXO 2 – ROTEIRO ELETROSCÓPIO DE FOLHA..... | 77 |
| | ANEXO 3 – ROTEIRO IGREJINHA ELETROSTÁTICA | 85 |
| | ANEXO 4 – ROTEIRO PÊNDULO ELETROSTÁTICO DUPLO | 92 |
| | ANEXO 5 – ROTEIRO PÊNDULO ELETROSTÁTICO SIMPLES..... | 100 |

1 INTRODUÇÃO

É corriqueiro observar, quando se discute metodologias para um ensino mais eficiente na área da Física, a sugestão para a utilização de materiais experimentais, alegando-se em geral que se bem explorados haveria melhoria de visualização do aluno para tal disciplina, que muitas vezes não se consegue enxergar determinado conceito teórico.

Entretanto a utilização de experimentos por professores acaba não ocorrendo e, por razões diversas, mas uma das alegações mais relevantes é a de que os experimentos são caros e inacessíveis.

Um contraponto importante a essa situação, seria tornar os experimentos didáticos tão baratos que pudessem ser acessíveis a escolas de diferentes situações socioeconômicas.

Pesquisadores como Ferreira (1978), Figueiredo (1988), Vaz (1989), Ramos (1990), Axt e Moreira (1991), Gaspar (2015) e Fernandes (2020) oferecem argumentos interessantes para debater essa questão no âmbito do Ensino de Física, apontando possibilidades e críticas quanto a utilização de materiais experimentais com essas características.

Entendemos, como apontado por Ramos (1990) e por Ferreira (1978), que materiais de baixo custo de interesse para o Ensino de Física são aqueles, (a) sejam mais baratos que outras opções, (b) acessíveis no comércio da cidade ou disponíveis com a reutilização de outros materiais, e, o mais importante, (c) que tenham o desempenho técnico-pedagógico necessário para um adequado funcionamento de uma montagem experimental. Tais condições permitem que qualquer professor, e até mesmo os estudantes, possam ter acesso ou possuí-los com facilidade.

2 PERCURSO METODOLÓGICO

Para realização deste estudo pretende-se partir do acervo de materiais didáticos do Laboratório de Prática de Ensino, Materiais e Instrumentação Didática (LaPEMID IGCE UNESP), acessíveis aos graduandos de Licenciatura em Física nas disciplinas Prática de Ensino e Estágio Supervisionado 1 e 2, construindo uma forma de banco de dados no âmbito da Biblioteca de Instrumentos Didáticos, especialmente com a temática *baixo custo*. Pretende-se com tais informações organizar um catálogo que possa ser útil a futuros professores em formação e para professores que atuação.

A partir dessa etapa pretende-se propor formas de organizar a inserção de novos dados, com experimentos didáticos de baixo custo de outras fontes acessíveis.

Pretende-se com a presente proposta desenvolver uma pesquisa qualitativa (LÜDKE e ANDRÉ, 2013; GONSALVES, 2007), tendo como dados experimentos didáticos de baixo custo e documentos, a fim de responder à seguinte pergunta:

- Quais características de experimentos de baixo custo e fácil acesso poderiam auxiliar no Ensino de Física na Educação Básica?

Objetivos:

Com o presente projeto de trabalho de conclusão de curso pretende-se:

- (a) Identificar e caracterizar os experimentos de baixo custo no ensino de Física;
 - i. Caracterizar teoricamente os conceitos de baixo custo e de experimento didático
- (b) Elaborar a estrutura de um banco de dados, a partir dos experimentos existentes no LaPEMID, que possa subsidiar a construção de um catálogo de materiais, destinado a professores de física
 - i. Estudar o custo dos experimentos, verificando a possibilidade de comparar com equipamentos semelhantes disponível no mercado, particularmente com os existentes em escolas da Rede Pública de Rio Claro.
- (c) Aprofundar aspectos os experimentos didáticos como recurso pedagógico para o Ensino de Física

- i. Eleger um tópico para estudo conceitual de Física, desenvolver uma sugestão de intervenção didática, discutindo a possibilidade do uso dessas atividades didáticas em aulas de Física do Ensino Básico.

3 O ENSINO DE FÍSICA EM LABORATÓRIOS

3.1 O que é um laboratório?

Ao pensar nisso nos vem na mente algumas ideias, podendo ser elas tiradas de concepções através de leituras ou observações feitas ao decorrer do contato com o laboratório, mas também de uma forma mais “rigorosa” trazendo a definição de um dicionário. Partindo do ponto de vista da reflexão acerca da leitura ou observação feita, o laboratório se encontra em um local relativamente espaçoso, voltado para a interação (professor – experimento, professor – aluno, aluno – experimento, aluno – aluno, aluno – professor e aluno – experimento – professor), podemos ainda complementar dizendo haver uma aparelhagem (muitas vezes caras), distribuição muitas vezes de forma uniforme das bancadas para se montar e mexer com o experimento e até mesmo nos mais tradicionais uma forma de mostrar que há uma “hierarquia” entre professor e aluno (Professor geralmente na frente e mais visível a todas as bancadas). Agora partindo da definição da palavra nós temos os “laboratórios” sendo:

1.local provido de instalações, aparelhagem e produtos necessários a manipulações, exames e experiências efetuados no contexto de pesquisas científicas, de análises médicas, análises de materiais ou de ensino científico e técnico.

2.atividade que envolve observação, experimentação ou produção num campo de estudo (p.ex., o comportamento animal) ou a prática de determinada arte ou habilidade ou estudo; oficina."l. de música"

3.local provido de instalações e equipamentos próprios para tratar filmes fotográficos ou cinematográficos.

4.parte de um forno de revérbero na qual se passam trocas de calor ou reações químicas.

(LABORATÓRIO, 2022)

3.2 O laboratório de Física

Para Lewis (1972) a maioria dos laboratórios voltados para a ciência no geral, temos uma forte impressão de que foram montados para cumprir assim uma função imutável, sendo assim temos um ambiente que se mostra voltado para o professor e o torna o centro

mostrando como se ele fosse o detentor de todo o conhecimento e os alunos ali todos considerados iguais devem interagir com a informação passada pelo professor e as executá-las obedientemente. Assim as opções para os estudantes são de forma resumida:

Olhar para o quadro;

Escutar o professor;

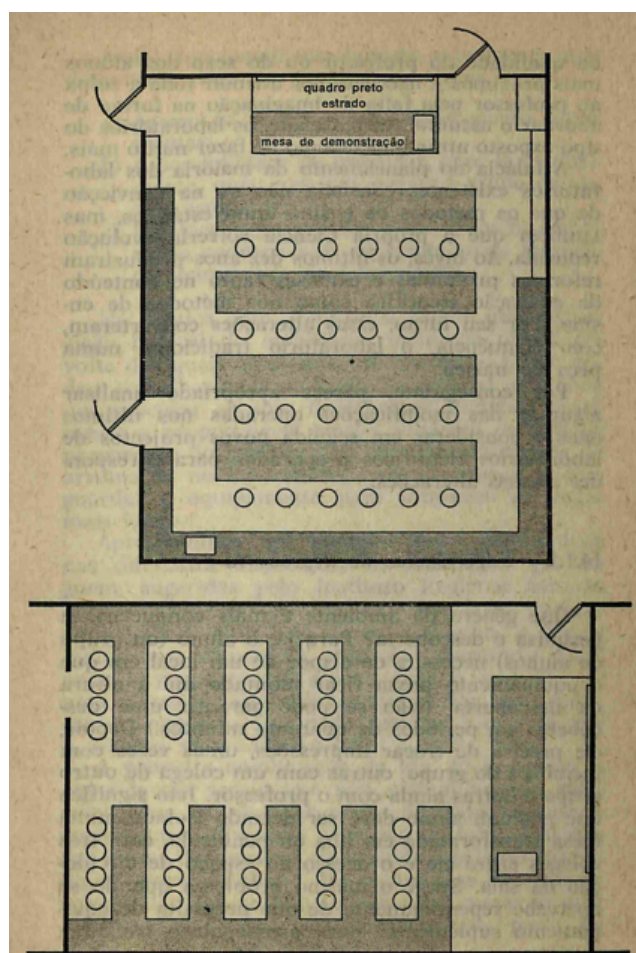
Efectuar uma experiência;

Comparar os seus resultados com os obtidos pelos alunos, mais próximos.

(LEWIS, 1972, p. 50)

Na figura 1 se encontra duas das disposições típicas para os laboratórios de ciências descritos por Lewis (1972).

Figura 1: Disposições típicas para os laboratórios de ciências



Fonte: Lewis (1972)

Após a visualização dessas duas disposições, conseguimos observar que os laboratórios mostrados na figura 1 não abre espaço para que o professor tenha uma

imaginação quanto ao demonstrar ou aplicar o experimento que não seja do jeito mais tradicional.

3.3 Alguns tipos de abordagens nos laboratórios

Para Ferreira (1978) os laboratórios para o ensino de física são um “continuum” tendo em seus dois extremos o trabalho centrado no professor e os alunos como observadores e o outro extremo com o trabalho ficando a mercê do aluno desde de os objetivos até a conclusão, tendo assim o professor como uma forma de orientador.

Para exemplificar melhor as abordagens nos laboratórios, trago aqui alguns tipos dessas abordagens sendo elas:

- Experiências de cátedra ou laboratórios de demonstrações:

Uma das abordagens mais conhecidas nos laboratórios de Física as experiências de cátedra ou laboratório de demonstrações são realizadas pelos professores com “o papel magistral e formal de senhor absoluto do conhecimento e domínio na manipulação dos equipamentos e dispositivos.” (PINHO, ALVES, 20 00, p. 65). Esse tipo de abordagem tem o objetivo de ajudar na compreensão das matérias dadas, tornar o conteúdo mais interessante e agradável para o aluno e desenvolver a observação e reflexão do aluno. (FERREIRA, 1978)

De um ponto de vista prático esta experiência deve ser simples, clara e rápida de ser feita para que os alunos não percam o interesse sob aquele experimento e acabem divagando. Embora existam algumas regras para serem seguidas não é o que se observa, pois muitas das vezes somente os professores são quem as fazem, mesmo que em sua essência deve ser feita também por alunos uma vez explicada e feita pelo professor. Assim sendo utilizado como uma forma introdutória a uma aula expositiva, e sendo mais motivador para quem a executa do que para aqueles que a observam. (FERREIRA, 1978).

- Laboratório tradicional ou convencional

Para Pinho Alves (2000) o laboratório tradicional ou convencional seria o mais conhecido e divulgado quando se fala de laboratórios didáticos. Sendo este laboratório uma forma de fazer com que os alunos coloquem as “mãos na massa” através de uma participação mais ativa, porém, vemos que os alunos apesar de terem mais participações por eles fazerem os experimentos os mesmo tem uma liberdade muito baixa para tal, por

ter que seguir um roteiro e posteriormente montarem um relatório podendo ele ser completado em sala de aula ou em casa o que é oportuno afirmar “As conclusões são, muitas vezes, tiradas em casa, longe dos aparelhos e fenômenos. A conclusão torna-se difícil, assim como a análise detalhada dos dados obtidos, porque o fenômeno fica reduzido a um conjunto de números.” (SOARES, 1977, p. 51, *apud* PINHO, ALVES, 2000, p. 66). Este tipo de abordagem tem por objetivo geral habilitar os estudantes diante ao manuseio de instrumentos, realizar experimentos, motivar o estudante para o estudo de Física, dar suporte aos cursos teóricos e introduzir para o aluno o método científico. (FERREIRA, 1978, p. 15)

Assim a interação entre os alunos e o professor nesta abordagem se dá por meio de roteiros (textos guias) e com uma supervisão do professor para com o aluno durante o experimento destinado ao laboratório. Assim, diferentemente das experiências de cátedra onde temos o professor como o centro, o laboratório tradicional se afasta do ensino tradicional deixando com que o aluno faça o experimento. (FERREIRA, 1978)

Nesta forma de abordagem seria importante procurar uma forma de construir um roteiro que não fosse tão direto como os que se encontram nos laboratórios tradicionais, com isso obrigando ao aluno a ter uma interação maior com os experimentos. Para que ocorra uma participação mais efetiva dos alunos no laboratório J. R. Prescott (1970) utilizou algumas instruções bem definidas sendo estas instruções algumas perguntas tais como:

O que espero aprender com esta experiência?

Que aparelhagem necessito?

Devo fazer uma experiência piloto?

Quantas medidas devo tomar?

(J. R. PRESCOTT, 1970, p. 58, *apud* FERREIRA, 1978, p. 18)

Assim, com essas questões e outras em mente, o professor poderia montar um roteiro para que os alunos pudessem ter gradativamente uma autonomia maior nos laboratórios.

- Laboratório divergente:

O laboratório divergente tem uma abordagem muito próxima ao laboratório tradicional ou convencional, porém diferente deste laboratório ele não tem a sua proposta enrijecida através de um roteiro que temos que seguir sem mudarmos algo, além de que no laboratório divergente não queremos enfatizar a verificação ou a comprovação de uma

lei. Com sua dinâmica de trabalho feita de forma diferente ao do laboratório tradicional, propõe e possibilita ao estudante trabalhar com um sistema físico real, além de não ter uma resposta pré concebida para seus problemas e os estudantes podem escolher o esquema e o procedimento experimental que vão utilizar. Com uma importância maior para o meio e não o fim (a verificação ou comprovação de uma lei específica), temos que o seu objetivo geral também se diferencia das abordagens mais tradicionais de um laboratório, assim seu objetivo se dá através do processo de investigação e até mesmo pelo entendimento da relação entre a fórmula e o comportamento dos objetos que foram utilizados no experimento.

Podemos dizer que o laboratório divergente contém duas partes principais, sendo essas partes a parte do exercício e a parte da experimentação, onde na primeira etapa o aluno segue uma série de etapas que seriam comuns a sala inteira, assim tendo um detalhe maior sobre a experiência que será feita, sobre os instrumentos a serem utilizados, procedimentos, etc. Após a primeira etapa, vem a parte da experimentação, aqui o aluno já mais familiarizado com os procedimentos, instrumentos, com o experimento no geral acaba escolhendo qual atividade vai utilizar para aquela determinada experiência, quais hipóteses e até mesmo como eles iram realizar as medidas da mesma. Após escolhido tudo, o aluno se encontra com o professor para corrigir eventuais erros e viabilizar a atividade. (PINHO ALVES, 2000)

Para Ivany (1968) o “laboratório divergente é como um compromisso realista entre o laboratório aberto e o laboratório formal.” (FERREIRA, 1978). Apesar de ainda não conter uma liberdade total, o laboratório divergente faz com que os alunos tomem uma iniciativa, assim o professor vai atuar como um orientador e se fazer presente para as discussões e análises junto com os alunos. O laboratório divergente foi analisado por Lerch e comparado com outros tipos de laboratórios, assim através da análise de um questionário feito para seus alunos e com essa análise ele mostrou uma grande preferência para um laboratório divergente. (FERREIRA, 1978)

- Laboratório aberto e o de projetos:

Para esta abordagem temos uma autonomia muito grande, sendo praticamente totalmente a sua liberdade dentro da perspectiva de horário e nas suas ações diante do experimento, (PINHO ALVES, 2000) mesmo que tenha uma grande liberdade, esta abordagem nos traz uma necessidade de infraestrutura e recursos financeiros para a sua

realização. Quando temos uma concepção mais ampla dentre os horários e as ações do experimento, temos um laboratório de projetos. (FERREIRA, 1978). Seus objetivos são muitos variados podendo ser iguais a um laboratório tradicional e com isso ele teria uma postura mais enrijecida dentre suas abordagens por conta do roteiro (texto guia) a ser seguido, ou pode como é no caso dos laboratórios de projetos uma liberdade gritante, com o aluno podendo escolher desde os objetivos desse experimento até os materiais que irão ser utilizados, neste caso com o decorrer vão aparecer dúvidas entre outros empecilhos, e será nessa parte que o professor será mais ativo, assim por meio de discussões os professores irão tentar sanar essas dificuldades que os alunos irão encontrar no caminho dessas descobertas.

Pode-se dizer que esta abordagem de um laboratório costuma ser oferecida ao estudante no final de sua formação, assim este já estará familiarizado com o laboratório tradicional ou divergente e não precisará de uma explicação inicial sobre o conteúdo que irá desenvolver, técnicas de medidas, planejamento, procedimentos entre outros. Porém mesmo com tudo isso em mente, precisamos como professores incentivar e orientar os que não tiverem uma escolha definida, “podar” aqueles que ficam muito empolgados e acabam escolhendo algo que com o que temos disponível não de para fazer, trazendo estes para algo que dê para ser feito, mas, não tirando o seu entusiasmo e além disso passar para todos por meio de uma discussão como agir diante de sua escolha.

- Laboratório e o problema da redescoberta:

Nesta abordagem temos algumas semelhanças com o laboratório divergente, porém aqui teremos uma redescoberta “guiada” pelo professor e não algo “jogado” aos alunos como uma amostragem de diversos instrumentos para que eles possam através disso redescobrir algo, (FERREIRA, 1978) “poderá ser extremamente frustrante, tanto para o professor quanto para o educando, se a morosidade no avanço da descoberta se acentuar cada vez mais.” Assim podemos dizer que se for algo feito de qualquer maneira seria algo que poderia desencorajar o aluno e até mesmo o professor dependendo do resultado. Com essa discussão seria agradável citar Piaget onde ele diz:

“... mas é evidente que o educador continua indispensável, a título de animador, para criar situações e armar dispositivos iniciais capazes de suscitar problemas úteis à criança, e para organizar, em seguida, contra exemplos que levem à reflexão e obriguem o controle das situações demasiado apressadas: O que se deseja é que o professor deixe de ser um simples conferencista e que

estimule a pesquisa e o esforço ao invés de se contentar com soluções já prontas. Quando se pensa no número de séculos que foram necessários para que se chegasse à Matemática chamada "moderna" e à Física contemporânea, mesmo a macroscópica, seria absurdo imaginar que, sem uma orientação voltada para a tomada de consciência das questões centrais, a criança possa a chegar apenas por si a elaborá-las com clareza." (Piaget, 1974, p. 18, apud, FERREIRA, 1978, p. 28)

- Laboratório de “Fading”

Nesta proposta desenvolvida por Pimentel e Saad (1979) temos uma escada evolutiva, cujo seu início se encontra em um laboratório tradicional com um roteiro bem organizado, rígido, sequencial e inflexível, passando lentamente até chegar ao outro extremo do continuum dito por Ferreira (1978), assim se “transformando” em um laboratório de projetos com os alunos escolhendo de tudo, desde os objetivos até os materiais que serão utilizados. Claro que esse estilo de laboratório não se dá da noite para o dia, e sim necessita de um tempo relativamente grande para que o aluno possa ir se acostumando e conseguindo lidar melhor com a diminuição de informações no roteiro. Com essa abordagem para Pinho Alves (2000) “... o esperado é que o aluno saiba transferir os procedimentos experimentais para uma situação nova.”

- Laboratório- Biblioteca

Esta abordagem de laboratório foi proposta por Oppenheimer e Correl (1964), nesta abordagem teremos experimentos de fácil manuseio, montado permanentemente como uma espécie de livro em uma biblioteca (está aí a origem de seu nome). Esta abordagem tem em seu âmago uma forte ponta voltado para o laboratório tradicional, porém com algumas variações quanto a quantidade de dados, tabelas ou até mesmo gráficos pedidos. A ideia é que os alunos possam fazer uma quantidade maior de experimentos durante o seu curso, conseguindo fazer assim uma média de 2 ou mais experimentos por aula. Nesta abordagem, diferentemente das outras onde o aluno vai no local somente no momento em que está autorizado, o estudante pode aqui frequentar em outros horários, conseguindo fazer outros experimentos e podendo estudar outros fenômenos.

- Laboratório de Baixo custo

Em algumas propostas tais como a de Ferreira (1978), fala para o professor buscar algumas alternativas para a questão da ausência de laboratórios em suas escolas. Uma dessas alternativas está na criação de um laboratório de baixo custo, utilizando materiais

de baixo custo ou de custo algum. Para dos Santos (2003) a utilização desses laboratórios permite aos professores e alunos a realização de experimentos físicos sem precisar de uma sala especial que seria o laboratório e além disso em seu texto ele nos diz que os fenômenos não ficam em uma “caixa preta” que seria o equipamento onde o aluno não sabe manusear e muitas vezes eles não sabem nem como funciona.

4 A PROPOSTA DA BID E DA OFICINA NO LAPEMID

Com seu início sob os estudos de Oppenheimer e Correll (1964), no qual nos apresentavam uma Biblioteca de experimentos (BE), tendo assim uma revolução relativamente grande no campo da educação quando se diz respeito aos experimentos que eram majoritariamente feitos na forma de experiências de cátedra, ao menos para Oppenheimer e Correll em suas aulas na Universidade do Colorado. No Brasil Ferreira (1978) ao pesquisar os laboratórios das escolas acaba se deparando com modelos de laboratórios tradicionais quando tem e em outros lugares acabava não achando nem o laboratório e pensando nisso desenvolve uma Biblioteca de Experimento cujo o intuito é ser abastecida pelo os alunos com experimentos de baixo custo e trouxe para nós com outro nome esse que agora se chamava de Biblioteca de Instrumentos Didáticos (BID) (vale expressar que os instrumentos da BID significa tudo aquilo que tem um caráter didático, podendo assim ser o experimento que aqui será abordado mas também jogos, brinquedos e até mesmo livros que tenham o caráter didático para o ensino).

A proposta da criação da BID para o Laboratório de Prática de Ensino, Materiais e Instrumentação Didática (LaPEMID) veio em 2019, onde já haviam alguns experimentos porem não estavam disponibilizados na forma da BID. (FERRANTE, 2019), construída da mesma forma proposta por Ferreira (1978) a BID do LaPEMID é construída por meio “kits” construídos por alunos ou pelo professor onde estes kits contém o experimento/jogo um roteiro e o que for necessário para o seu funcionamento, além de ter mantido a ideia de se manterem guardados em caixas para a preservação do material do kit.

Além da biblioteca no LaPEMID se encontra uma oficina pedagógica disponibilizada para o uso dos alunos matriculados na disciplina de Prática de Ensino e Estágio Supervisionado (PEES). Assim ao falarmos da oficina, parte essa fundamental para BID temos que levar em conta a sua caracterização, podemos assim dizer que uma oficina se caracteriza por 3 etapas (chamadas de tríades) sendo elas ação – reflexão – ação, com a finalidade na construção do conhecimento (DO VALLE et al., 2012). Assim ao participar de uma oficina precisa ter em mente que vai utilizar a “mão na massa”, assim “aprendendo” por meio do “fazer”. Trata-se, então, de um momento no tempo e espaço no qual se é reservado para aprendizagem, em um processo ativo de aprender, assim aproximando o sujeito do objeto. Temos então a oficina como uma maneira dinâmica de

se construir conhecimento, levando em consideração a base teórica, mas também as questões do pensar, sentir e agir (PAVIANI, 2009). Portanto, para além das discussões relacionadas aos conteúdos específicos, as oficinas pedagógicas constituem um ambiente de desenvolvimento social e de compartilhamento de experiências entre os participantes.

O planejamento de uma oficina não deve ser um produto estático e deve considerar os sujeitos, ambientes e materiais disponíveis para a sua realização. O desenvolvimento de uma oficina, de maneira geral, se dá pela mobilização (organização e planejamento didático), a construção e a síntese (ANASTASIOU, 2004).

Na oficina pedagógica temos um ambiente onde a “mão na massa” ocorre, sendo ela na construção de algum experimento ou jogo, na manutenção dos experimentos e jogos já construídos e utilizados e até mesmo para a alteração ou “evolução” dos experimentos ou jogos. Para que possamos utilizar a oficina (LaPEMID) de uma melhor maneira temos a nossa disposição alguns materiais para construção e manutenção como papeis (de seda, sulfite, cartão e alumínio), fio (de cobre, náilon, barbante e linhas), elásticos, canudos (retos e retrateis), bola (de gude e de ping e pong), entre outros materiais, além dos materiais na oficina (LaPEMID) temos ferramentas tais como, pistola de cola quente, parafusadeira, tesoura, alicate, régua, estilete, entre outras.

Figura 2: BID 2019



Fonte: Ferrante (acervo LaPEMID 2019)

4.1 O que é um experimento de baixo custo?

Vimos que Ferreira (1978) caracteriza na BID tinha como o intuito ser abastecida com experimentos de baixo custo, assim como seguimos com essa proposta a do LaPEMID também se encontra sendo abastecida por experimentos de baixo custo, mas afinal o que seria esse “baixo custo”?

De forma errônea pensamos que matérias de baixo custo são aqueles materiais dados como “lixos”. Indo ao contrário disso temos como apontado por Ramos (1990) e por Ferreira (1978), que materiais de baixo custo de interesse para o Ensino de Física são aqueles, que:

- Sejam mais baratos que outras opções disponíveis no comércio;
- Acessíveis no comércio da cidade ou disponíveis com a reutilização de outros materiais;
- Tenham o desempenho técnico-pedagógico necessário para um adequado funcionamento de uma montagem experimental.

Analisando cada tópico podemos observar que diferentemente do que muitas pessoas acham as coisas de baixo custo não são aquelas coisas sem funcionalidade ou um “lixo”, a maioria das coisas se utilizadas de forma correta apresenta um caráter lúdico gigantesco assim se tivermos um experimento sofisticado que custe 1000 reais e conseguirmos montar o mesmo experimento para a sua finalidade igual à do sofisticado, porém agora gastando 700 reais já podemos caracterizar esse experimento sendo um experimento de baixo custo pois reduziu seu preço e manteve o seu desempenho pedagógico. Algumas coisas não necessariamente precisam ser as mais baratas, podemos buscar algo que seja de fácil acesso nos comércios da cidade, assim seja mais prático para se encontrar e construir algo ao pensar em um experimento.

4.2 Experimentos que compõem a BID (LaPEMID)

Na BID temos diversos instrumentos didáticos para o ensino de física, trazendo um foco aos experimentos, suas áreas de estudo podemos caracterizá-los através de grupos, separando-os entre alguns grupos mais gerais, tais como:

- Mecânica;
- Eletricidade;
- Óptica;
- Astronomia;
- Magnetismo.

Dados essas áreas de ensino de Física mais gerais podemos separá-las diante das áreas específicas dentro dessas mais gerais e com isso teremos os experimentos descritos abaixo

4.2.1 Mecânica

Para os experimentos de mecânica na BID temos experimentos que variam desde pressão até ondulatórias, começarei aqui falando um pouco sobre os experimentos de pressão, passando posteriormente pelo experimento de conservação de energia e finalizando a parte da mecânica com os experimentos de ondulatória. Assim abaixo se encontram primeiramente os experimentos de **pressão**, sendo eles:

- Barômetro:

Este experimento foi introduzido na BID no ano de 2022 por meio de uma conversa que um aluno de PEF II teve quando visitava a escola Marciano para ajudá-los com a feira de conhecimento, ao conversar com seu grupo que tinha o tema de pressão atmosférica para a feira ele começou a pesquisar sobre esta pressão e ao conversar com um funcionário da Universidade Estadual Paulista - Júlio de Mesquita Filho (UNESP), o qual lhe disse que daria para construir um Barômetro de baixo custo, utilizando um copo, bexiga, dois elásticos, canudo e algo para colocar o canudo o que nesse caso foi o durex. Depois dessa conversa ele se mostrou disposto a montar este experimento o qual nós acabamos colocando como parte da BID.

No começo da construção o aluno se mostrava muito relutante ao ter que construir algo na oficina e toda hora indagava que era melhor ser feito na casa dele que lá ele tinha algumas coisas para montar melhor, começava a reclamar por não ter ficado “perfeito” e mesmo fazendo acabava enrolando muito e divagando cada vez mais, conforme as reclamações aumentavam o professor o “obrigava” a ficar lá para montar esse experimento e rebatia suas indagações o mostrando que lá tinha tudo o que ele precisava para a formulação deste experimento. No dia seguinte ele já foi mais “conformado” de que ele teria que trabalhar lá na oficina e parou de reclamar de estar lá, o que fez com que seu trabalho fosse mais produtivo e por estar menos relutante, começou a tentar aprimorar os barômetros feitos, deixando a bexiga menos esticada, colocando o canudo mais a ponta do copo, mudando o formato do copo, cortando a bexiga de uma forma diferente para ver se ficava mais prático para a montagem. Na montagem ele colocou um dos barômetros

dentro de um pote de vidro maior para que simulasse algo parecido com a falta e o aumento de ar dentro desse sistema (o que está em construção).

- Pulmão Físico:

Este experimento foi introduzido na BID no ano de 2019 por um aluno de PEF II daquele mesmo ano, o experimento se trata de um sistema que se assemelha a um pulmão para explicar como é que ele funciona, assim mostrando como o nosso pulmão se enche de ar através da pressão e para montarmos ele precisamos de uma garrafa PET 2 litros, um bexigão para termos uma maior resistência (representará o nosso diafragma), um pedaço de mangueira para montarmos uma forma similar a um pulmão, 2 bexigas (Serão os nossos 2 pulmões) e fita isolante para que possa deixá-la bem presa e isolada da melhor forma possível. Este experimento se encontra sem roteiro, com a borracha precisando de reparo, assim nos levando a discussão já expressada no texto dos experimentos de baixo custo necessitam de reparo?

Figura 3: Pulmão Físico (LaPEMID)



Fonte: Ferrante (acervo LaPEMID 2019)

- Carrinho com bexiga:

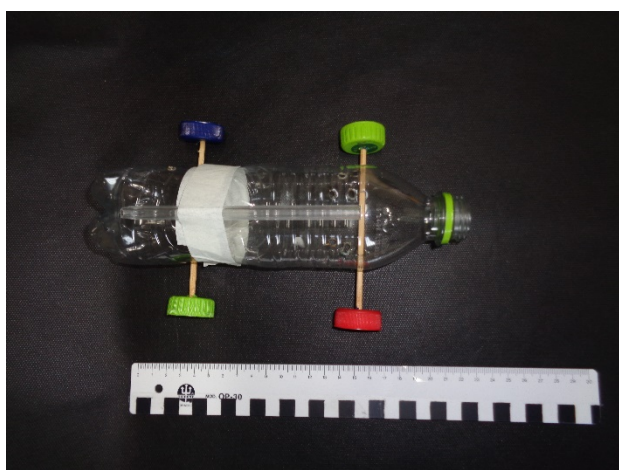
O carrinho com bexiga foi introduzido a BID no ano de 2019 por uma aluna de PEF II daquele mesmo ano, este experimento nos trás de uma forma diferente a questão da pressão, essa sendo utilizada para a locomoção do carrinho construído através de uma PET de 600ml, 2 gravetos (espeto de churrasco) formando o eixo do carro, e suas 4 tampinhas onde forma suas rodas respectivamente. Este experimento está com a falta do roteiro e precisa de algumas manutenções.

Figura 4: Carrinho com bexiga ao lado de sua caixa (LaPEMID)



Fonte: Ferrante (acervo LaPEMID 2019)

Figura 5: Carrinho com bexiga (LaPEMID)



Fonte: Ferrante (acervo LaPEMID 2019)

- Foguete:

Este experimento introduzido na BID em 2019 por um aluno de PEF II daquele mesmo ano, creio eu que da parte de pressão seja o mais fácil de ser montado, porém ele pode conter algumas implicações na hora de “lançar” por depender de algumas reações químicas que vão gerar CO_2 para que haja uma pressão e faça com que a tampa ou a rolha ali colocada seja expelida fazendo com que o foguete suba. Em suma a construção deste foguete seria uma garrafa PET 2 litros, uma rolha ou a tampa dela (essa terá que ficar meia frouxa ao fechar a garrafa para que ela possa ser expelida, já para a reação o mais fácil de se achar seria bicarbonato de sódio, vinagre e água, mas, existem diversas outras

formas de se fazer essa “gasolina” para o foguete. Este experimento se encontra sem roteiro e na caixa não contém os reagentes, mas nada que não dê para comprar.

Ainda seguindo na parte de mecânica temos um experimento de **conservação de energia** sendo ele:

- Lata mágica:

Construído e introduzido na BID em 2019 por dois alunos de PEF II daquele mesmo ano, a lata mágica é o único experimento de conservação de energia que temos na BID do LaPEMID, montado a partir de uma lata de Nescau ou um pote de vidro, alguns elásticos, clips, um parafuso, porcas e fita. Este experimento se encontra sem roteiro, temos na BID duas caixas com estes experimentos, uma média que contém dois experimentos feitos para uma experiência do tipo de cátedra onde os alunos de PEF II iriam mostrar o funcionamento para os estudantes no qual estavam dando uma aula, e uma caixa grande com 10 latas e os aparatos que eles precisam para montar uma lata e assim conseguir montar uma com os alunos da escola no qual eles estavam dando aula.

Figura 6: Lata mágica (LaPEMID)



Fonte: Ferrante (acervo LaPEMID 2019)

Para finalizar a área da mecânica na BID, temos alguns experimentos para a parte de **ondulatória**, sendo eles:

- Corda:

Começando pelo mais simples de se montar dos experimentos de ondulatória, porém que contém uma Física impressionante ao olharmos um pouco mais a fundo e explicarmos. Construído e introduzido na BID em 2019 por um aluno de PEF II daquele mesmo ano, o experimento da corda contém em uma caixa uma corda com algumas

marcações para que fique mais visível o pico e o vale daquela corda ao acertamos uma frequência. Este experimento se encontra sem roteiro.

- Sino:

O sino é um experimento de ondulatória e acústica bem interessante para estes estudos. Construído e introduzido inicialmente em 2019 por uma aluna de PEF II, mas também construído e introduzido por uma aluna de PEF II do ano de 2022, que ao levar este experimento para sua casa acabou percebendo que tinha todos os componentes necessários para se montar um outro, sendo estes componentes, 1 pote de danone, 1 barbante e 1 colher. Assim temos 2 experimentos de sinos, o que os torna interessantes para o estudo pois o barbante é diferente o que nos ergue a curiosidade do será que a linha, barbante ou fio influência na propagação da onda? ou até mesmo a colher, pois uma tem material e tamanho (consequentemente área) diferente da outra e o que isso influencia. Bom, ao testar os dois podemos perceber que a frequência da onda que chega aos nossos ouvidos pode ser um pouco mais limpa de ruídos no sino que contém a colher maior, mas será que é mais limpa ou é outra frequência que seria mais perceptível ao meu ouvido? Como podemos ver com esse experimento e ao ter 2 tipos diferentes de material podemos ter uma discussão mais ampla ao colocar em uma aula ou até mesmo em uma discussão inicial sobre tal tema com os alunos, podendo até variar o que colocaremos em sua ponta para ouvirmos a frequência de onda. Este experimento se encontra sem roteiro, mas nesse trabalho já posso trazer algumas perguntas pertinentes a serem feitas ao demonstrar/mostrar aos seus alunos.

- Máquina de ondas:

A máquina de ondas é um experimento elaborado para mostrar o funcionamento de uma onda mecânica. Construído e introduzido na BID em 2019 por um aluno de PEF II daquele mesmo ano, a máquina de ondas foi um experimento que o professor de PEF achou que não iria durar com o tempo, mas ele se encontra inteiro e da melhor forma. Podendo parecer algo simples de se montar ele contém em sua essência uma complexidade gigantesca pois foi construído com gravetos (espetos de churrasco), massa de modelar e durex (que seria o corpo deste experimento), inicialmente ao olharmos parece somente uma haste com 2 bolas uma em cada ponta, porém temos que levar em consideração que para que ele seja funcional de uma maneira mais precisa precisa que essas bolas estejam em equilíbrio o que demandaria um tempo e paciência para que seja

montado. Em suma este experimento tem algumas finalidades, sendo algumas dessas mostrar o equilíbrio de certa frequência onde as hastes espalhadas no corpo irão agir de forma harmônica, mostra também a questão de ter “uma parede” no caminho da onda, assim ela vai até o final do corpo, mas encontra uma “resistência” e volta mostrando este fenômeno da ondulatória. Este experimento se encontra sem roteiro.

Figura 7: Máquina de ondas (LaPEMID)



Fonte: Ferrante (acervo LaPEMID 2019)

4.2.2 Astronomia:

Para o experimento sobre astronomia contemos apenas um exemplar na BID, que tem o seu foco nas fases da lua. Sendo este:

- Fases da Lua:

Este experimento é o único que temos voltado para astronomia na BID do LaPEMID. Construído e introduzido na BID pela professora de PEC (Prática de ensino de ciências) este experimento nos mostra as fases da lua por meio de uma caixa totalmente fechada e escura que contém pendurada em sua tampa uma bola de isopor pintada de forma a parecer com a lua, assim ao colocar uma luz por algum dos feixes que contem na caixa e olharmos por outro, podemos ver a penumbra da Lua assim conseguindo mostrar como se dá as fases da lua. Este experimento se encontra sem roteiro e também não contém a lanterna, mas dá para usarmos a lanterna que temos no celular.

4.2.3 Óptica:

Para os experimentos sobre óptica temos dois experimentos na BID, um tendo o foco na mistura de cores de luz (RGB) e o outro tendo o foco para mostrarmos o funcionamento de uma fibra óptica, sendo eles:

- Compositor de cores:

Construído e introduzido em 2019 na BID por um aluno de PEF II daquele mesmo ano, o compositor de cores é um experimento excepcional para mostrarmos como funciona a junção das cores na óptica, o que muitas vezes para as pessoas não são triviais pois estamos acostumados a misturar as cores de tintas e quando vamos para a óptica e mexemos com a luz as misturas se tornam um pouco diferente, começando pelas cores primárias onde nas tintas nós temos as cores primárias como sendo a cor vermelha, azul e amarela, mas para a luz temos como cores primárias a cor vermelha (R), verde(G) e azul(B). Com isso em mente o compositor de cor é montado como uma forma de RGB, tendo um potenciômetro ligado a uma luz de LED, vermelha, verde e azul respectivamente, uma bola oca de isopor com um furo em cima para vermos as cores sendo formadas e assim podendo “brincar” de misturar as cores primárias e assim formando novas cores. Este experimento se encontra sem roteiro.

- Fibra óptica

Construído e introduzido em 2019 na BID por um aluno de PEF II daquele mesmo ano, o experimento de fibra óptica é o mais simples de ser construído, sendo em sua essência uma garrafa PET de 2 litros com um furo em sua área inferior e com um cano para uma vazão mais visual, ele consiste em encher a garrafa com água e deixar com que a água saia pelo furo, assim que a água estiver saindo podemos “jogar” uma luz focalizada (de um laser) por este furo e com isso podemos visualizar a luz fazendo “curva” seguindo a água, mas temos que a luz não se faz curva ela se propaga em linha reta assim como uma onda, então o que acontece? Porque a luz está fazendo uma “curva”? Com esse experimento nós conseguimos mostrar de uma forma visual o que acontece nos cabos de fibra óptica entre outros conceitos da física. Este experimento não contém um roteiro, mas podemos improvisar bem ao passar algumas perguntas aos alunos.

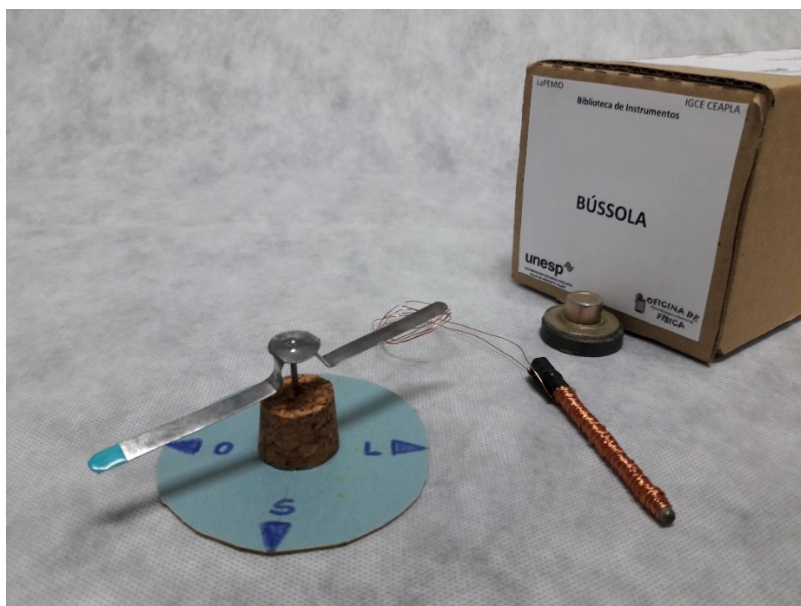
4.2.4 Magnetismo:

Para discutirmos a área do magnetismo, temos na BID um experimento para a criação de uma bússola, sendo ele o único experimento de magnetismo que tem na BID do LaPEMID.

- Bússola:

Construída e introduzida na BID pelo professor de PEF este experimento contém uma bússola feita a partir de uma rolha (para servir como base), um alfinete (que será o apoio com um contato mínimo por conta de sua ponta fina) e um grampo de metal (feito para ser os ponteiros da bússola), assim ao apoiarmos o grampo no alfinete e aproximamos um ímã podemos ver o grampo se direcionando e sendo orientado pelo campo magnético do ímã, com isso podemos explicar coisas como o campo magnético da Terra do “porque a bússola aponta para o norte e não para outra direção?”, entre outras questões mais complexas. Este experimento não contém um roteiro.

Figura 8: Bússola (LaPEMID)



Fonte: Ferrante (acervo LaPEMID 2019)

4.2.5 Eletricidade:

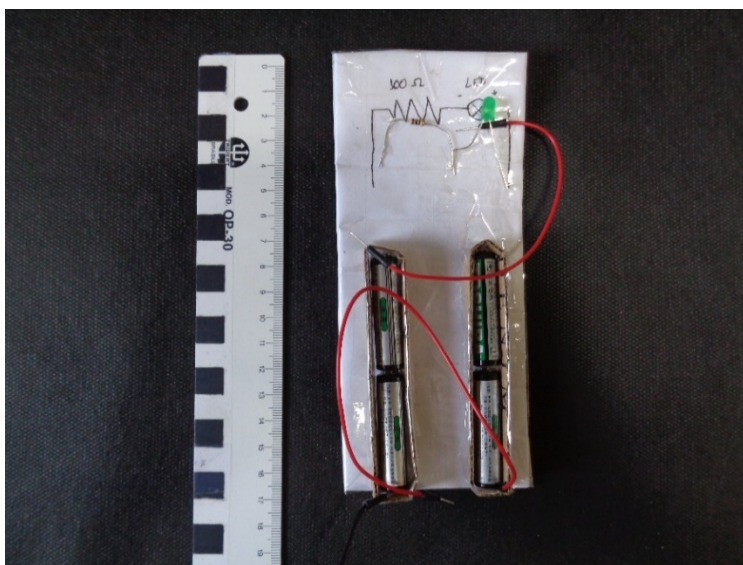
Podemos dizer que a eletricidade é a área da BID do LaPEMID, sendo esta a que mais tem experimentos sendo estes divididos entre os temas de **eletrostática** e **eletrodinâmica**. Primeiro trarei o experimento de eletrodinâmica e posteriormente trarei os experimentos de eletrostática. Sendo eles:

- Circuitos elétricos:

Para o experimento de eletrodinâmica temos 2 experimentos de circuitos, sendo o primeiro um circuito construído e introduzido na BID no ano de 2019 por uma aluna de PEF II daquele mesmo ano, este é um circuito simples de um LED ligado a um resistor em série abastecido por pilhas podendo dar uma ddp de 3V e 6V para o circuito que

acenderá a LED e com ele conseguiremos demonstrar como funciona um circuito simples em série ao adicionarmos mais ddp a ele entre outros conceitos de eletrônica. Este experimento contém um roteiro simples para que possa ser feito o experimento. O nosso segundo circuito foi construído e introduzido na BID no ano de 2022 por alunos de PI (Projetos Integradores) que são alunos de PEF I, sendo este circuito composto por 3 lâmpadas de 12V podendo ser ligadas das diferentes formas de montagem de circuito, em série, paralelo e mista, porém sua alimentação precisa ser feita por uma fonte de 12V, dando para fazer com uma de no mínimo 9V mas ficando muito fraca as lâmpadas, estes circuitos faz com que conseguimos explicar tanto um circuito simples em série, como também em paralelo e misto e ainda seu funcionamento com relação a corrente elétrica que passar por ali. Este experimento não contém o roteiro e também está sem a fonte de tensão.

Figura 9: Circuito elétrico (LaPEMID)



Fonte: Ferrante (acervo LaPEMID 2019)

4.2.6 Eletrostática

Partindo agora para o tema de eletrostática, onde temos a maior parte dos experimentos da BID no LaPEMID, sendo eles:

- Canudo eletrostático:

O canudo eletrostático foi construído e introduzido na BID pelo professor de PEF, esse creio eu que seja o mais simples de ser construído dentre os experimentos aqui descritos, sendo apenas um canudo (que consiga se eletrizar) e papel higiênico, assim ao atritarmos o papel com o canudo o mesmo será eletrizado mostrando assim a questão da

eletrização por atrito e seguindo o roteiro contido em sua caixa, podemos discutir diversos conceitos da eletrostática junto com os alunos. Este experimento contém um roteiro a ser seguido, porém é bem flexível.

Figura 10: Canudo eletrostático (LaPEMID)

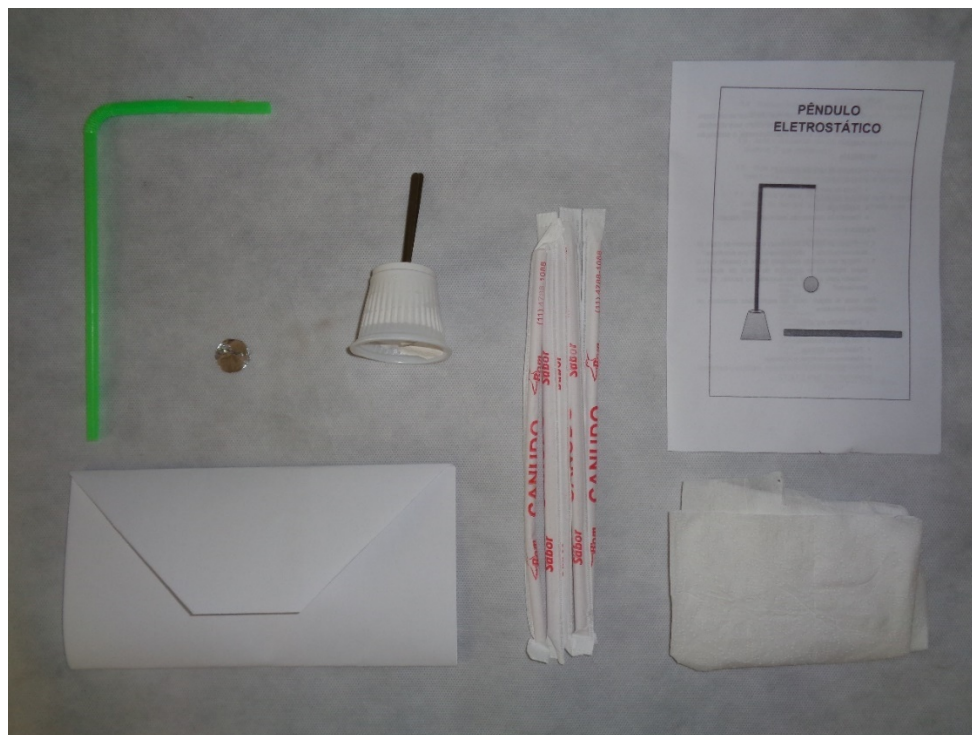


Fonte: Autoria própria (acervo LaPEMID 2022)

- Pêndulo eletrostático Simples:

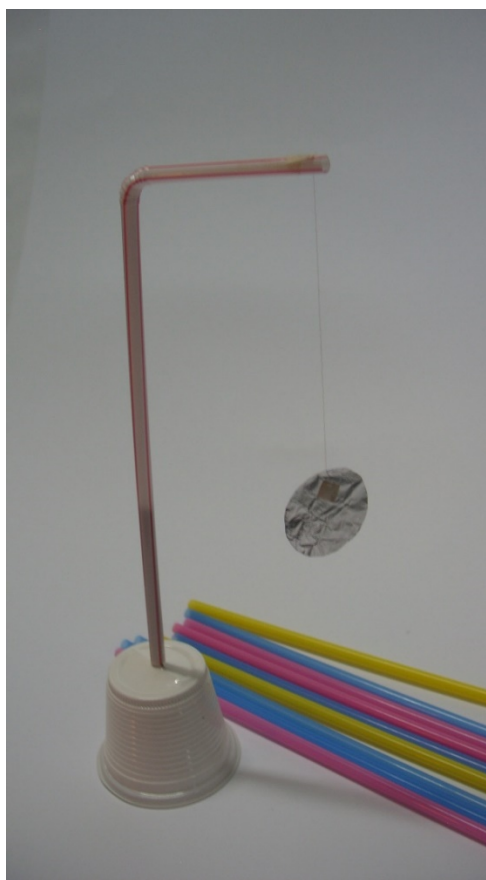
O pêndulo eletrostático simples foi construído e introduzido na BID pelo professor de PEF, este experimento parece simples, sendo constituído por uma base de gesso com uma haste (feita de grampo de fichário), um canudo sendo o corpo do pêndulo, um fio com o pêndulo (feito de papel alumínio) colado no corpo, este experimento contém um roteiro para ser seguido e em sua caixa contém canudos e papel higiênico para gerarmos a eletricidade estática e “brincarmos” com o pêndulo o carregando e com isso podendo ver assim fenômenos como a força de atração e repulsão entre elétrons e prótons, força elétrica, a eletrização por contato e por atrito entre outros conceitos da eletrostática. Com este experimento conseguimos até gerar uma discussão do que é isolante ou não e se é isolante até que “voltagem” ele continua sendo isolante.

Figura 11: Componentes do kit do pêndulo eletrostático simples (LaPEMID)



Fonte: Ferrante (acervo LaPEMID 2019)

Figura 12: Pêndulo eletrostático simples (LaPEMID)

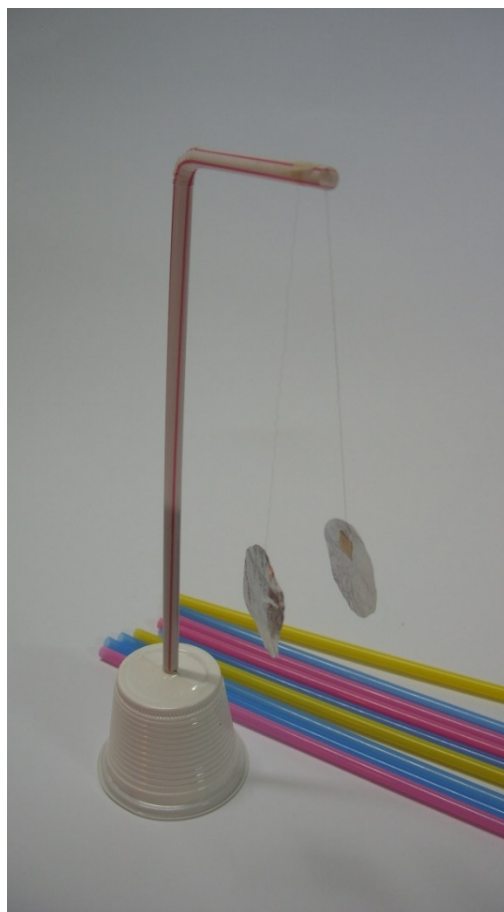


Fonte: André (acervo LaPEMID 2012)

- Pêndulo eletrostático Duplo:

O pêndulo eletrostático duplo foi construído e introduzido na BID pelo professor de PEF, este experimento assim como o pêndulo eletrostático simples é constituído por uma base de gesso com uma haste, um canudo sendo o corpo do pêndulo, porém ao invés de um fio com o pêndulo, teremos 2 fios formando assim um pêndulo duplo. Este experimento contém em sua caixa um roteiro, o pêndulo, canudos e papel higiênico. Neste experimento nós conseguimos ver os mesmos fenômenos que vemos no pêndulo eletrostático simples, porém alguns são mais visíveis com o pêndulo duplo, um que dá para perceber melhor no pêndulo é a questão da dependência da distância na força eletrostática.

Figura 13: Pêndulo eletrostático duplo (LaPEMID)



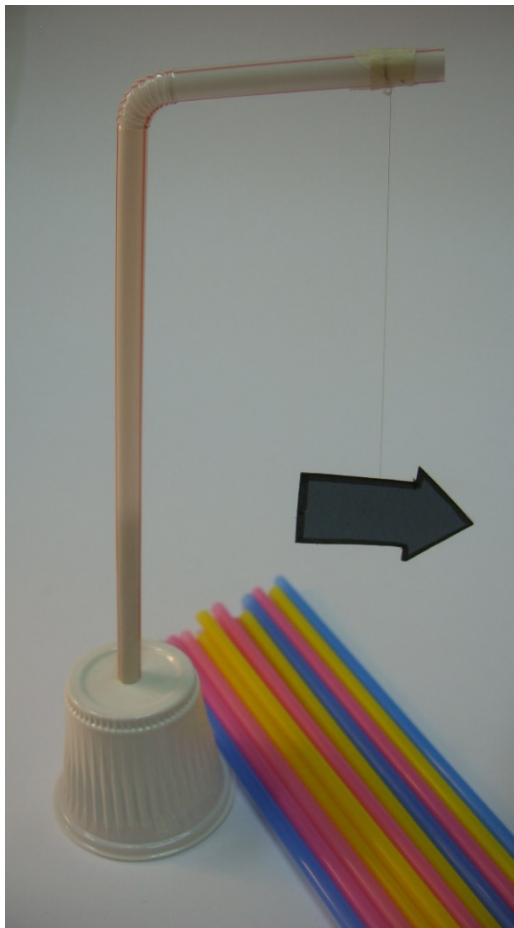
Fonte: André (acervo LaPEMID 2012)

- Vetor eletrostático:

O vetor eletrostático foi construído e introduzido na BID pelo professor de PEF, este experimento é constituído por uma base de gesso com uma haste, um canudo como o corpo para esse vetor, e um fio com o vetor em formato de seta nele podendo assim

demonstrar para onde o vetor aponto, uma particularidade deste vetor é que podemos dar uma carga a seta ao encostarmos nela com o canudo eletrizado, assim mostrando a repulsão como se a seta estivesse fugindo das forças que o canudo exerce à ela.

Figura 14: Vetor eletrostático (LaPEMID)



Fonte: André (acervo LaPEMID 2012)

- Eletroscópio de folha:

O eletroscópio de folha foi construído e introduzido na BID pelo professor de PEF, este experimento é constituído por uma base de gesso com uma haste, um eletroscópio de folha e o prato. Em sua caixa além dos materiais já citados acima também contém um roteiro, papel higiênico e canudo. Com este experimento podemos observar de uma melhor forma a eletrização por contato e por indução assim conseguindo o carregar com ambos os formatos de eletrização.

Figura 15: Componentes do kit do eletroscópio de folha (LaPEMID)



Fonte: Ferrante (acervo LaPEMID 2019)

Figura 16: Eletroscópio de folha (LaPEMID)

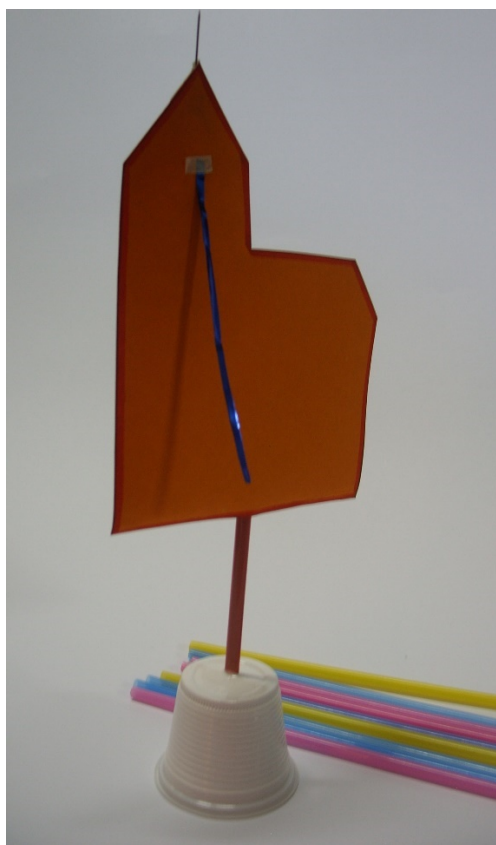


Fonte: Ferrante (acervo LaPEMID 2019)

- Igrejinha eletrostática:

A igrejinha eletrostática foi construída e introduzida na BID pelo professor de PEF, este experimento é constituído por uma base de gesso com uma haste, um para raio com o formato de uma igrejinha (também chamado de predinho eletrostático), sua caixa é composta pelos materiais descritos aqui mais um roteiro, papel higiênico e canudo. Com a igrejinha, além de ela funcionar como um eletroscópio, porém com um formato diferente, ela consegue nos mostrar de uma forma prática do para raio.

Figura 17: Igrejinha eletrostática (LaPEMID)



Fonte: André (acervo LaPEMID 2012)

- Gaiola de Faraday:

A gaiola de Faraday foi construída e introduzida na BID pelo professor de PEF, este experimento é constituído por 3 bases de gesso para poder apoiar a gaiola, a gaiola será uma folha com fitas assim como o eletroscópio de folha, mas com várias fitas. Na sua caixa vem junto aos materiais já citados, papel higiênico, canudo e um roteiro que está em construção. Eletrizando o canudo e carregando a gaiola podemos observar ela funcionando como a igrejinha ou o eletroscópio, porém com ela podemos observar a lei de Gauss assim ao fechar ela como um círculo ela nos mostra que o fluxo elétrico no

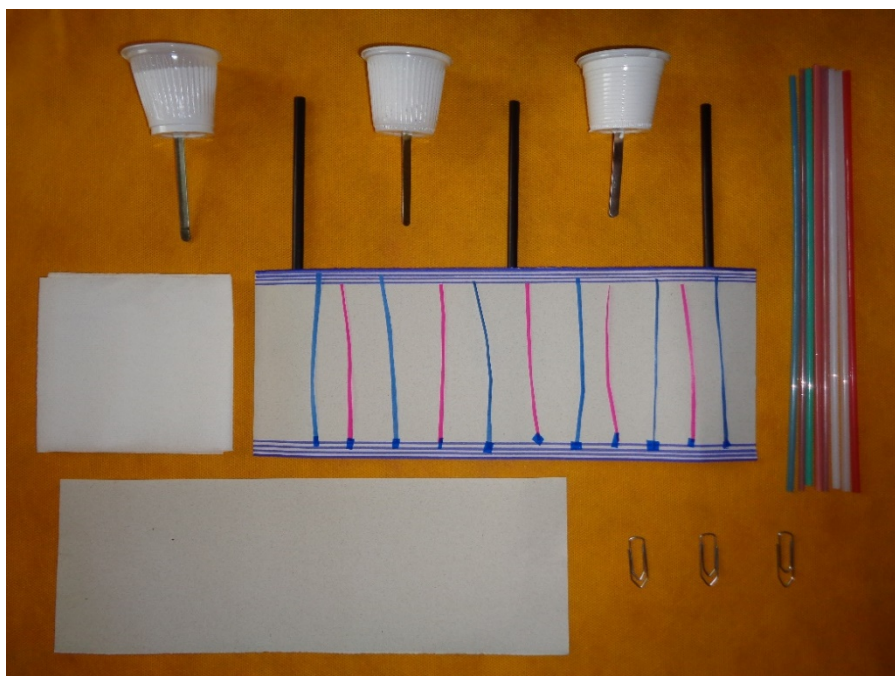
interior da esfera é nulo assim sendo espalhados na superfície exterior do círculo além disso podemos mostrar a polarização ao deixarmos ela com o formato da gaiola e aproximarmos pelo interior um canudinho carregado.

Figura 18: Gaiola de Faraday (LaPEMID)



Fonte: Ferrante (acervo LaPEMID 2019)

Figura 19: Componentes do kit da gaiola de Faraday (LaPEMID)



Fonte: Ferrante (acervo LaPEMID 2019)

- Eletróforo:

O eletróforo foi construído e introduzido na BID pelo professor de PEF, este experimento diferentemente de todos os outros, pelo seu tamanho é guardado em um saco não em uma caixa, no saco temos o eletróforo, placas de PVC para montarmos uma base de PVC e a haste do eletróforo, faltando assim o roteiro. Ao observamos ele, podemos dizer que carregamos a base por atrito com o papel higiênico, e depois carregamos o eletróforo por indução. Podemos então dizer que com o eletróforo conseguimos dar uma explicação entre a eletrização por atrito e por indução.

Figura 20: Eletróforo (LaPEMID)



Fonte: André (acervo LaPEMID 2012)

- Capacitor:

O capacitor foi construído e introduzido na BID pelo professor de PEF, este experimento é constituído por um capacitor e em sua caixa temos papel e canudos para o carregamento do capacitor assim como é feito com o eletroscópio e um roteiro que está em construção. Podemos carregar o capacitor com o eletróforo também o que seria mais rápido que com o canudo. Com o capacitor podemos estudar tanto a eletrização, como coisas mais complexas como a permeabilidade elétrica até a questão de materiais.

Figura 21: Capacitor (LaPEMID)



Fonte: André (acervo LaPEMID 2012)

4.3 Como os kits são guardados na BID do LaPEMIID

Como já dito na proposta da BID no LaPEMID mantivemos a forma do kit guardado em caixas de papelão, porém temos caixas de diversos tamanhos, sendo que elas possuem diferenças em suas alturas, larguras e comprimentos, assim modificando o seu volume e conseqüentemente a forma de guardar determinado experimento. Com isso em mente conseguimos trazer uma discussão conforme a visualização de alguns experimentos guardados em caixas diferentes se determinada caixa seria mais adequada para o acolhimento para aquele experimento em específico.

Assim, antes de entrar nesse assunto preciso mostrar as diferenças entre as caixas as quais guardamos os experimentos, essas caixas são caracterizadas por letras sendo **as mais comuns** de A até D como mostro abaixo:

- **Caixa A:**

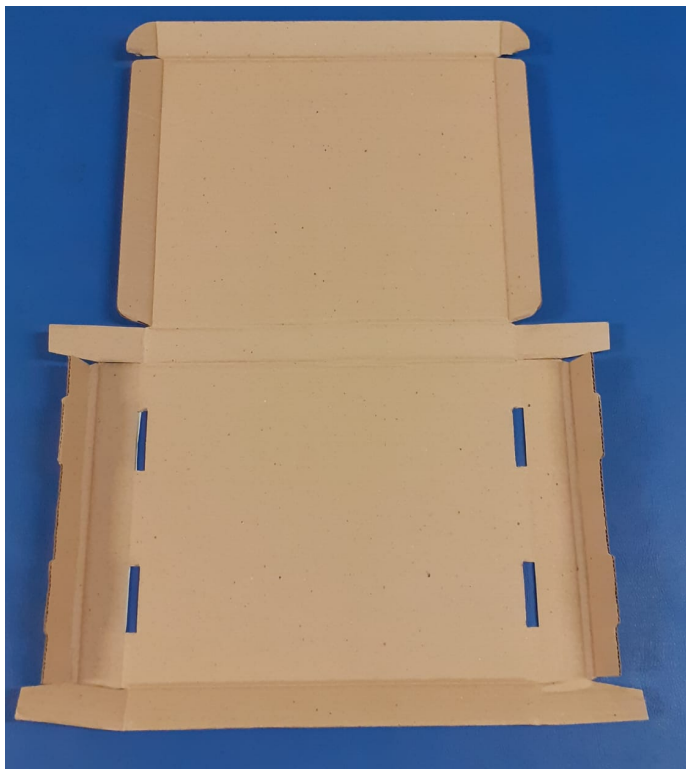
Na caixa A temos o comprimento de 32,5 cm, a largura de 26,0 cm e a altura de 3,5 cm. Esta caixa normalmente é utilizada para guardar jogos, somente com um experimento que é guardado nela, sendo ele a gaiola de Faraday.

Figura 22: Caixa A montada (LaPEMID)



Fonte: Autoria própria (acervo LaPEMID 2022)

Figura 23: Caixa A desmontada (LaPEMID)



Fonte: Autoria própria (acervo LaPEMID 2022)

- **Caixa B:**

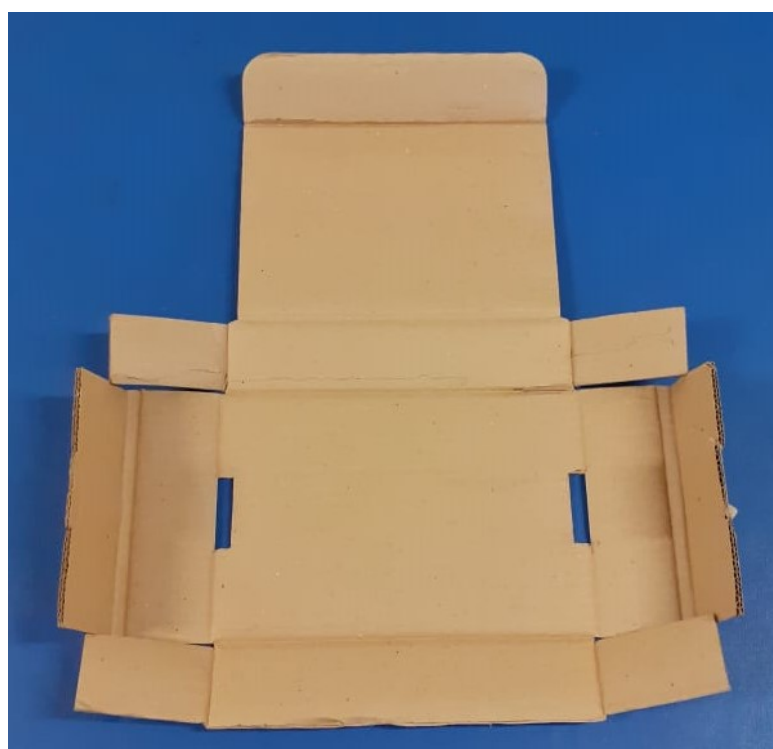
Na caixa B temos o comprimento de 27,5 cm, a largura de 18,5 cm e a altura de 6,0 cm. Sendo normalmente para guardar experimentos como o eletroscópio de folha e a igrejinha eletrostática, mas também temos alguns experimentos guardados nesse estilo de caixa, sendo eles desde a gaiola de Faraday até o pêndulo eletrostático simples.

Figura 24: Caixa B montada (LaPEMID)



Fonte: Autoria própria (acervo LaPEMID 2022)

Figura 25: Caixa B desmontada (LaPEMID)



Fonte: Autoria própria (acervo LaPEMID 2022)

- **Caixa C:**

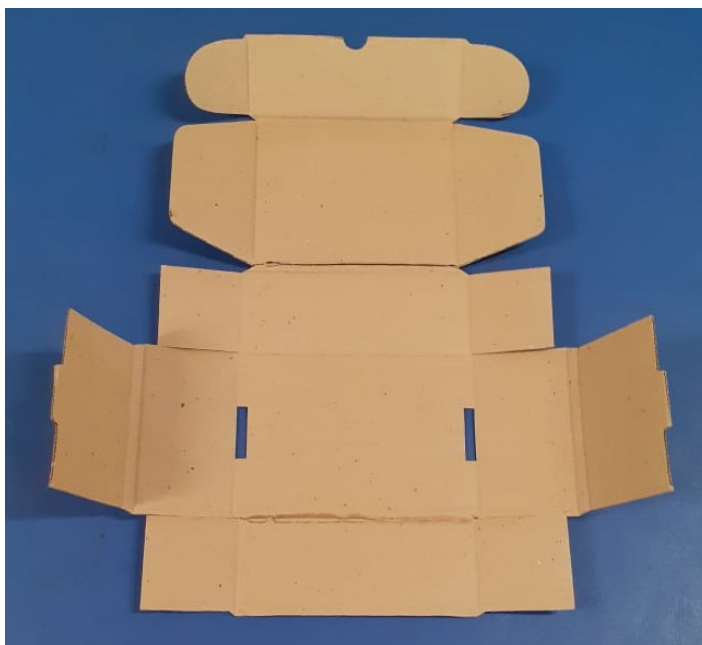
Na caixa C temos o comprimento de 19,5 cm, a largura de 14,5 cm e a altura de 7,5 cm. Das caixas aqui descritas essa é a que menos se utiliza para guardar os experimentos e até mesmo os jogos, sendo assim o experimento que se encontra guardado nesse estilo de caixa é o sino.

Figura 26: Caixa C montada (LaPEMID)



Fonte: Autoria própria (acervo LaPEMID 2022)

Figura 27: Caixa C desmontada (LaPEMID)



Fonte: Autoria própria (acervo LaPEMID 2022)

- **Caixa D:**

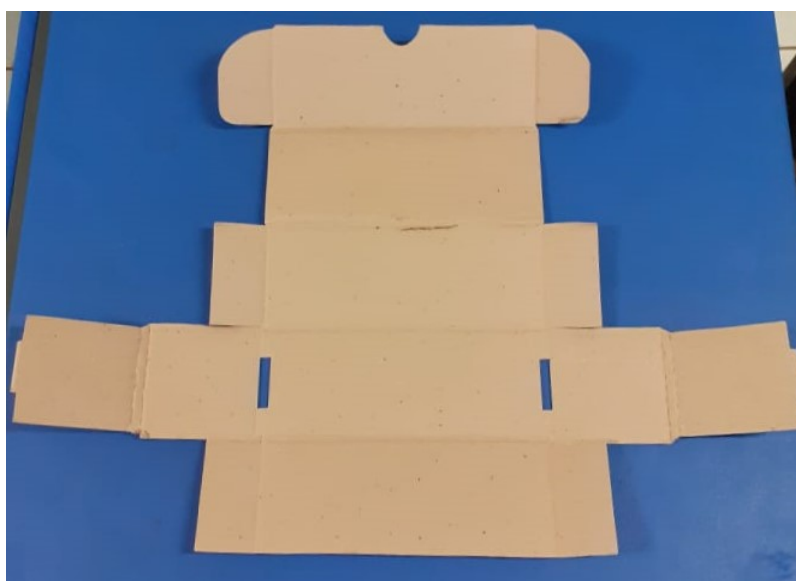
Na caixa D temos o comprimento de 25,5 cm, a largura de 10,0 cm e a altura de 10,0 cm. Esse estilo de caixa se encontra sendo o mais utilizado onde nele guardado temos experimentos como o canudo eletrostático, o pêndulo eletrostático (Simples e Duplo), vetor eletrostático dentre outros experimentos.

Figura 28: Caixa D montada (LaPEMID)



Fonte: Autoria própria (acervo LaPEMID 2022)

Figura 29: Caixa D desmontada (LaPEMID)



Fonte 1: Autoria própria (acervo LaPEMID 2022)

Vale ainda ressaltar que na BID se encontra alguns outros formatos de caixas, porém pouco ou nada utilizadas, dando assim uma ideia de que as que são mais fáceis ou práticas para se guardar os experimentos são esses 4 formatos, sendo utilizado outro formato caso o experimento não caiba em algumas dessas caixas.

Além da organização ao observar que o mesmo experimento era guardado em 2 caixas diferentes, veio uma pergunta para ser respondida: “Qual será a melhor caixa para guardar tal experimento?”

Assim para responder essa pergunta que me veio em mente elegi 2 experimentos sendo eles a gaiola de Faraday e a igrejinha eletrostática, onde ambas são guardadas em 2 estilos de caixas, sendo elas a caixa A e a caixa B para a gaiola e para a igrejinha a caixa B e a caixa D como podemos observar nas imagens a seguir:

Para as primeiras imagens trago as caixas, as quais estão sendo guardadas as gaiolas de Faraday sendo elas então a caixa A e a caixa B.

Figura 30: Kit da gaiola de Faraday caixa A (LaPEMID)



Fonte: Autoria própria (acervo LaPEMID 2022)

Figura 31: Kit da gaiola de Faraday caixa B (LaPEMID)



Fonte: Autoria própria (acervo LaPEMID 2022)

Ao observarmos as duas fotos das caixas de cara temos uma diferença que para mim é a maior o que me fez pender para um tipo de caixa ao invés do outro, essa diferença se encontra nas bases, sendo a imagem da caixa A tendo a sua base com massa de modelar por ter complicação para guardar a base de gesso levando em conta que sua altura é a menor dentre os 4 tipos de caixas descritos acima, porém ela é melhor para organizar e guardar a gaiola, sendo aqui um ponto para ela em relação a caixa B que ao ser guardado nessa caixa a gaiola fica enrolada, podendo assim ser estragada de forma mais fácil durante seu transporte. Pensando e observando as caixas eu achei melhor a caixa B para a gaiola, essa por ter altura suficiente para as bases de gesso e essas bases auxiliarem melhor na montagem e deixarem a montagem para o aluno de forma mais rápida e fácil. Podendo assim ser reposta ou até mesmo restaurada a gaiola caso estrague, prezei a montagem e o funcionamento para o experimento nesse caso.

Para o próximo caso trago imagens agora das caixas que estão sendo guardadas as igrejinhas e, portanto, a caixa B e a caixa D:

Figura 32: Kit da igrejinha eletrostática caixa B (LaPEMID)



Fonte: Autoria própria (acervo LaPEMID 2022)

Figura 33: Kit da igrejinha eletrostática caixa D (LaPEMID)



Fonte: Autoria própria (acervo LaPEMID 2022)

Observando agora as caixas que estão sendo guardadas as igrejinhas podemos observar as diferenças no modo de disponibilizar os itens, a caixa D por ter uma largura menor parece estar com os componentes mais “jogados” e amontoados, enquanto a caixa B por ter uma largura maior aparenta estar mais organizada e bonita para se mostrar. Ambas as caixas aparentam manter os componentes do kit de formas iguais, diferente das gaiolas (o que faz uma diferença), então para decisão/opinião que eu palpitei se deu por qual aparenta ter um transporte mais seguro, já que em ambos não iria mudar o jeito de proporcionar o kit. Assim de forma semelhante a da gaiola tive a caixa B como uma opção mais viável para tal experimento, isto levando em conta a questão do roteiro que não encontrei nas caixas, mas para a disponibilização deste experimento para um aluno é essencial assim como em todos os outros.

5 OS EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO NO ENSINO DE ELETROSTÁTICA

O uso da BID como uma forma alternativa de ensino, assim separamos os experimentos de eletrostática para a realizar algumas atividades didáticas com eles.

A eletrostática pode ser entendida como a forma de uma “eletricidade” estática, ou seja, uma “eletricidade” que está “parada” e não em movimento assim não gerando a corrente e sendo estudado de uma forma mais simplificada o elétron. Dentro da eletrostática temos diversos temas que podemos abordar em aula, sendo estes temas:

- Cargas elétricas.
- Eletrização por:
 - Atrito;
 - Contato;
 - Indução.
- Força eletrostática (Lei de Coulomb).
- Campo elétrico:
 - Direção do campo;
- Lei de Gauss.
- Material:
 - Condutor;
 - Isolante.

Partindo desses temas descritos acima, temos muitas possibilidades para explicar cada tema dentro dos experimentos que se encontram na BID do LaPEMID. Trarei então como uma forma para o ensino os experimentos de eletrostática que temos no LaPEMID como um meio para o ensino, e para qual tema podemos levar ou construir esse experimento.

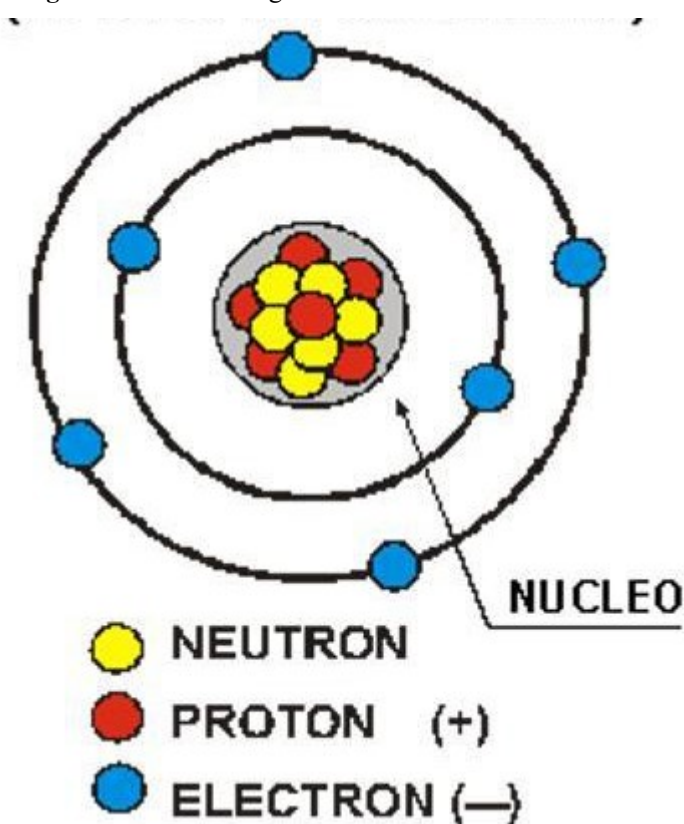
Antes de começar a utilizar os experimentos e explicar sobre a eletrostática, temos que levar em consideração as cargas elétricas, sendo assim temos que passar mesmo que de forma sucinta a relação entre as cargas elétricas elementares (elétrons, prótons e

nêutrons) sendo desses os mais importantes para a explicação e entendimento deste tema os prótons e os elétrons.

Para isso precisamos então passar que para que ocorra a eletrização este um fenômeno que um corpo inicialmente neutro se torna carregado podendo ser positivamente se houver a ausência de elétrons ou negativamente se houver excesso de elétrons.

Para entendermos de forma mais clara essa informação trouxe na figura abaixo a representação da estrutura do carbono segundo o modelo do átomo de Bohr:

Figura 34: Carbono segundo o modelo do átomo de Bohr



Fonte: <https://brainly.lat/tarea/35075747>

Como pode se observar o átomo de carbono se encontra neutro, tendo assim a mesma quantidade entre prótons e elétrons, além disso pode-se analisar que os prótons estão em um núcleo mais denso enquanto os elétrons se encontram mais livre e por consequência disso “retiramos” os elétrons mais facilmente que os prótons. Por isso quando temos um corpo eletricamente carregado estamos falando da ausência ou do excesso de elétrons como dito anteriormente. Assim podemos dizer que a carga elétrica (Q) de um corpo pode ser calculada como sendo:

$$Q = ne^{-} \quad (1)$$

Sendo que Q é a carga do corpo, n é a quantidade de elétrons (sendo falta ou excesso) e e^{-} é a carga do elétron. Sendo que $e^{-} = -1,6 \times 10^{-19}$ com sua unidade no Sistema Internacional (SI) sendo dada como *Coulombs* (C).

Para continuarmos e começar a falar de cada experimento, vale ressaltar que todos os experimentos passam por uma eletrização por atrito para se carregar o canudinho e fazer o experimento ou no caso do eletróforo se carregar a base de PVC, dito isso trarei os experimentos começando do canudo eletrostático até chegar no capacitor sendo este o ultimo experimento que temos de eletrostática no LaPEMID.

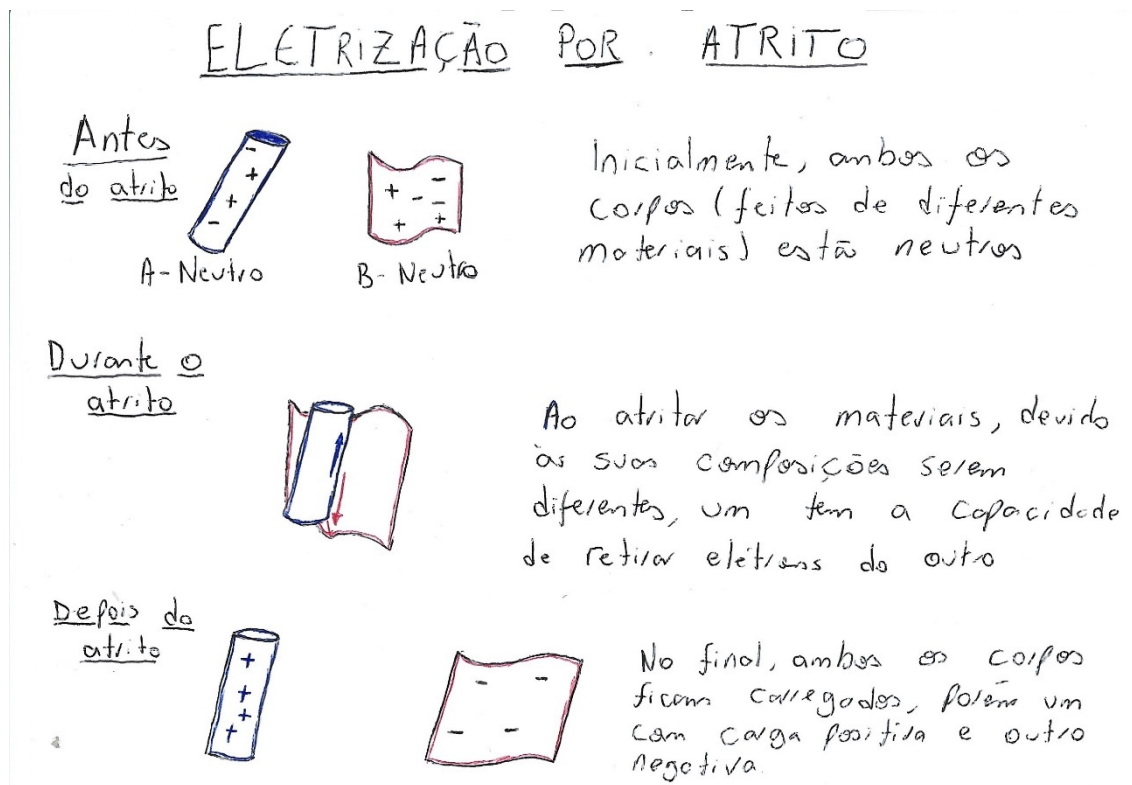
Para começarmos adentrar no assunto vamos partir do canudo eletrostático para explicar a questão da eletrização por atrito, com o canudo em mãos coloque ele na parede e veja o que acontece (ele não vai cair da parede), assim vamos pegar o papel higiênico e o canudo e iremos atritar algumas vezes a fim de carregar o canudo e assim ao colocar na parede novamente, porém agora carregado eletricamente o que vai acontecer? (Assim vamos ver que o canudo “cola” na parede)

Mas porque isso acontece afinal?

Bom para explicarmos isso de uma melhor forma primeiro temos que falar a atração e repulsão entre os elétrons e os prótons, assim de forma análoga a uma conta de matemática simples podemos dizer que se tivermos 2 prótons (2 partículas positivas) e colocarmos esses prótons como sendo 1 cada teremos uma conta de $1 + 1$, tendo assim que eles somente se somam um com o outro assim não “desaparecendo”, se tivermos dois elétrons (2 partículas negativas) teremos de forma análoga $(-1) + (-1)$, assim podendo dizer novamente que ambas as cargas não “desaparecem”, porém se tivermos uma partícula negativa e uma positiva teremos assim $(-1) + 1$, fazendo com que a soma de 0 e assim “desaparecendo” as cargas fazendo com que elas sejam atraídas umas as outras. Com essa analogia podemos dizer que as cargas quando são de partículas iguais iram se repelir (Assim $1 + 1$ forma 2) assim ficam mais espaçadas dando assim a ideia de repulsão, já quando são de cargas opostas (Assim $1 - 1$ forma 0) fazendo com que as cargas se aproximem gerando assim a atração.

Assim nesta forma de eletrização temos uma “doação” de elétrons de um material para outro ao atritarmos ambos os materiais um no outro, como explica a imagem a seguir:

Figura 35: Representação esquemática de eletrização por atrito



Fonte: Stenico (acervo LaPEMID 2022)

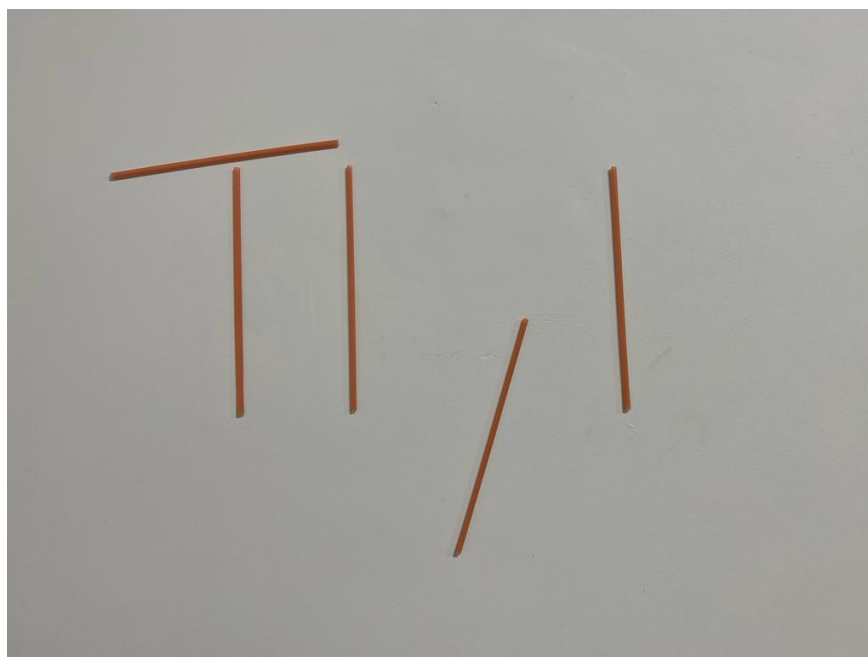
Como podemos ver na imagem acima, primeiro os materiais se encontram neutros. Ao atritar um com o outro temos um material saindo com a carga elétrica positiva (com ausência de elétrons) e o outro saindo com a carga elétrica negativa (com excesso de elétrons). Assim com a canudo carregado, podemos dizer que ele consegue atrair outros corpos que estejam neutros ou até mesmo carregados com a carga oposta a sua o que faz com que o canudo consiga ficar “colado” na parede.

Figura 36: Canudo eletrostático grudado na parede do LaPEMID



Fonte: Autoria própria (acervo LaPEMID 2022)

Figura 37: Canudo eletrostático na parede do LaPEMID



Fonte: Autoria própria (acervo LaPEMID 2022)

Como podemos observar esses canudos foram atritados e colocados na parede durante uma aula de Prática de Ensino e Estágio Supervisionado II no dia 15 / 09 / 2022, esses canudos estão na parede sem cair até agora dia 02 / 11 / 2022 dia em que foram tiradas essas fotos.

Para termos uma noção de qual material “doa” elétrons e qual material recebe a mesma utilização a tabela triboelétrica, assim podemos observar que quanto mais alto na tabela esse material terá uma facilidade maior em doar elétrons e, portanto, quanto mais baixo da tabela o material terá mais facilidade para receber esses elétrons. Abaixo temos uma tabela triboelétrica para a observação.

Figura 38: Tabela triboelétrica

| CARGA | MATERIAIS | OBSERVAÇÕES |
|---------------|------------------|---|
| Positiva ↑ | Pele humana seca | Grande tendência em doar elétrons e ficar altamente positiva. |
| | Couro | |
| | Pele de coelho | É muito usado na eletrização por atrito. |
| | Vidro | O vidro de sua tela de TV fica eletrizado e atrai pó. |
| | Cabelo humano | Pentear o cabelo é uma boa técnica para obtenção moderada de carga. |
| | Nylon | |
| | Lã | |
| | Chumbo | O chumbo retém tanta eletricidade estática quanto pele de gato. |
| | Pele de gato | |
| | Seda | |
| | Alumínio | Deixa escapar alguns elétrons. |
| | Papel | |
| Neutra | Algodão | A melhor das roupas “não estáticas”. |
| | Aço | Não é usado para eletrização por atrito. |
| Negativa ↓ | Madeira | Atrai alguns elétrons, mas é quase neutro. |
| | Âmbar | |
| | Borracha dura | Alguns pentes são feitos de borracha dura. |
| | Níquel e cobre | Escovas de cobre são usadas no gerador eletrostático de Wimshurst. |
| | Latão e prata | |
| | Ouro e platina | Esses metais atraem elétrons quase tanto quanto o poliéster. |
| | Poliéster | Roupas de poliéster têm avidez por elétrons. |
| | Isopor | Muito usado em empacotamento. É bom para experimentos. |
| | Filme de PVC | |
| | Poliuretano | |
| | Poliétileno | |
| | PVC | O policloreto de vinila tem grande tendência em receber elétrons. |
| | Teflon | Maior tendência de receber elétrons entre todos desta lista. |

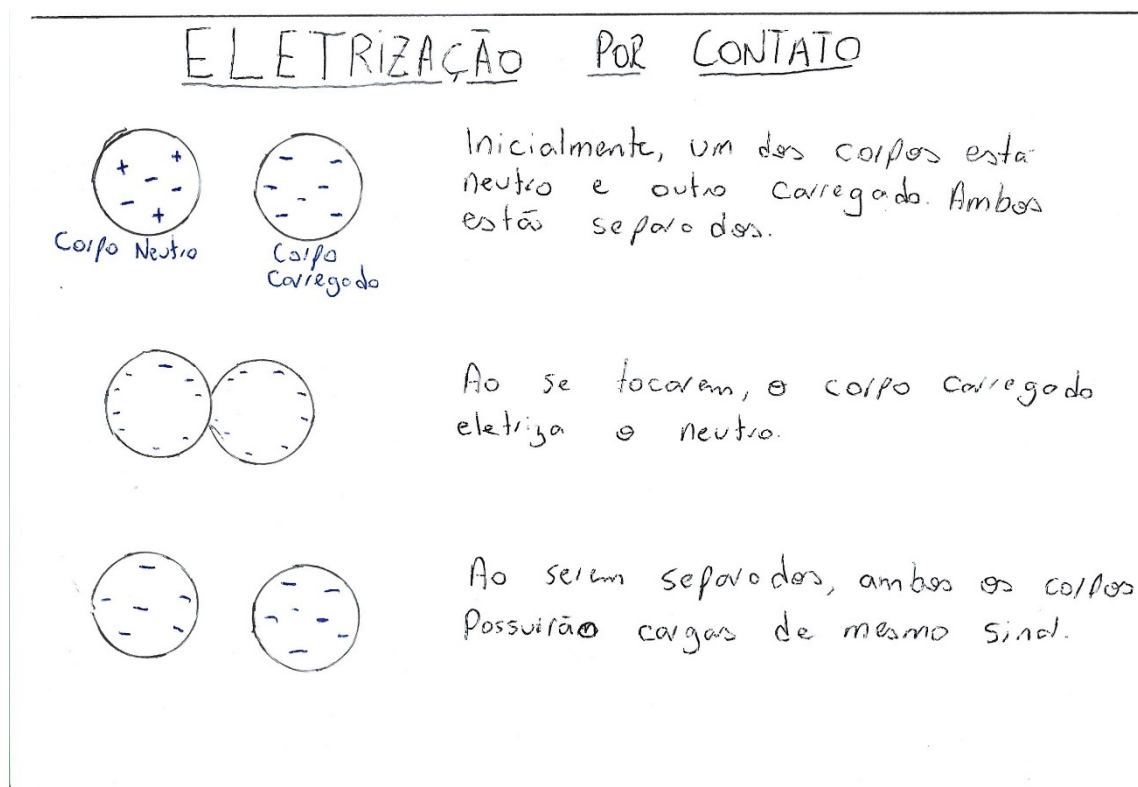
Fonte: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAKwIAB/eletrostatica>

Agora partindo para outros experimentos para mostrar a eletrização por contato, temos os pêndulos tanto o simples como o duplo, o eletroscópio e a igrejinha, sendo que nesses quatro experimentos conseguimos demonstrar se os materiais são condutores ou isolantes e se pegarmos o pêndulo duplo da para perceber de uma forma mais clara a força eletrostática e com os dois últimos podemos mostrar a eletrização por indução também.

Assim começando pela eletrização por contato pode ser descrita de forma breve como uma eletrização que ocorre ao encostarmos um corpo carregado eletricamente em um corpo ou mais corpos que se encontra neutro ou se estiver carregado esteja com mais cargas positivas que o outro corpo (o que vai encostar nele). Ao final desse processo teremos os corpos carregados com o mesmo tipo de carga, com a quantidade dependendo de outros fatores como, o tamanho dos objetos. Outro ponto importante que vale ressaltar é que para que funcione ambos os materiais precisam ser condutores ou maus condutores,

pois objetos isolantes com a diferença de potencial ocasionada não cederá ou receberá elétrons pelo contato, sendo esse um jeito de observarmos se o objeto em questão é isolante ou condutor. Apresentarei abaixo uma imagem explicando o esquema de eletrização por contato:

Figura 39: Representação esquemática da eletrização por contato



Fonte: Stenico (acervo LaPEMID 2022)

Para essa primeira etapa ambos os experimentos citados irão funcionar, pensando nisso descreverei como funcionará para cada experimento essa interação.

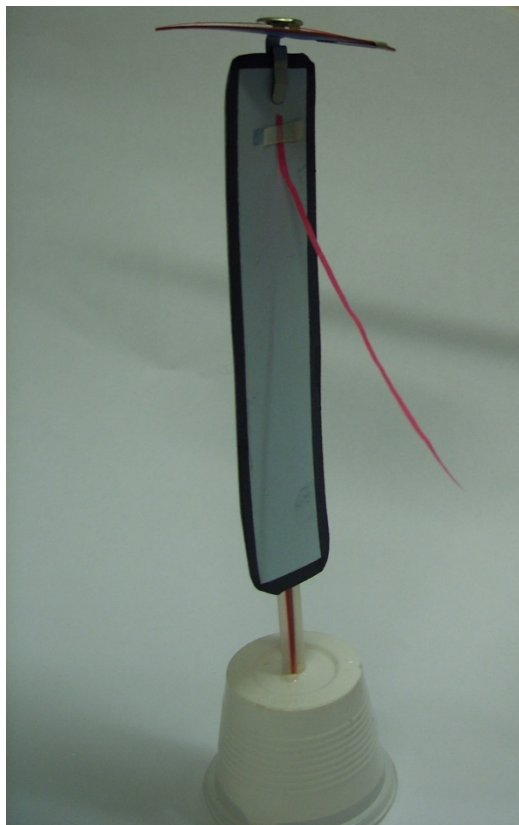
Para os pêndulos basta que a gente encoste no pêndulo para que eles se tornem carregados por contato, fazendo assim com que o pêndulo agora carregado eletricamente com a mesma carga que o canudo atritado com o papel comece a se sentir repellido ao chegarmos com o canudo próximo e atraído ao chegarmos com o dedo próximo, assim com o canudo os pêndulos ficam a uma distância “segura”, sendo essa distância dada pela força elétrica exercida entre as cargas do canudo e as cargas do pêndulo que nesse momento se encontram com o mesmo tipo. Para uma melhor visualização desse fenômeno podemos utilizar o pêndulo eletrostático duplo, pois com ele podemos observar uma relação da dependência da distância na equação de força sendo esta equação:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (2)$$

Observando essa equação podemos dizer que a força eletrostática (F) vai ser igual a uma constante denominada de constante de Coulomb (k), multiplicando a uma razão entre a multiplicação de uma carga (q_1), podendo essa ser a carga de um dos pêndulos no pêndulo duplo e uma carga essa sendo (q_2) o outro pêndulo do pêndulo duplo, essa multiplicação dividida pela distância (r) elevada ao quadrado. Com a constante eletrostática sendo fixa assim e tendo o valor no vácuo de $k=9,0 \times 10^9$ sendo no SI dado por $\frac{N m^2}{C^2}$ como temos também que a força (F) no SI é expressa por Newtons (N).

Partindo agora para os outros dois experimentos que demonstram de forma eficiente a eletrização por contato sendo eles o eletroscópio e a igrejinha eletrostática, nestes para carregar eles temos que ter o contato do canudo eletrizado em suas partes superiores onde apresenta uma parte metálica, sendo na igrejinha sua ponta sendo um clips para demonstrar um para-raios e no eletroscópio o prato, Além do contato precisamos arrastar o canudo de forma que ele passe uma boa parte do canudo inteiro no prato ou clips, assim a gente carrega ambos e a suas fitas de seda essas agora carregadas ficam erguidas, levantando assim do por que para os pêndulos precisamos apenas aproximar e para o eletroscópio e para a igrejinha precisamos passar ele em contato? Essa questão diverge muitos pensamentos, porém a que mais me chama atenção é a de que ao carregarmos o canudo fica carregado como uma forma de várias "bolsas" no decorrer dele, assim para carregarmos os pêndulos seria mais fácil e gastaríamos apenas uma dessas "bolsas", já para carregarmos os outros experimentos precisamos de mais cargas para que as fitas sejam carregadas e se mantenham com a carga a ponto de ficarem afastadas das superfícies do eletroscópio ou da igrejinha, como mostrado na imagem do eletroscópio abaixo.

Figura 40: Eletroscópio de folha carregado (LaPEMID)



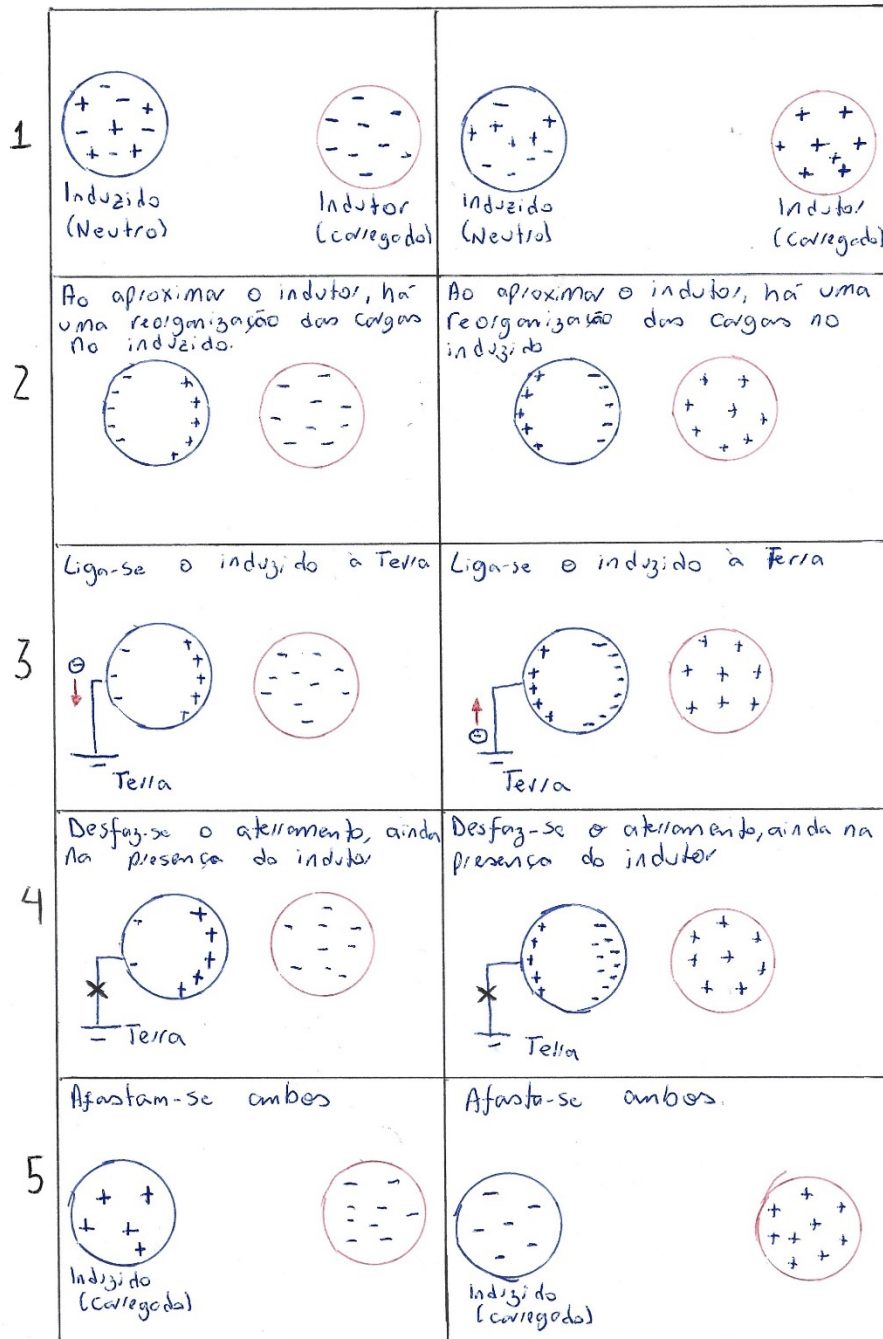
Fonte: André (acervo LaPEMID 2012)

Podemos dizer ao mostrar isso que a fita fica desse jeito por ela estar carregada com a carga oposta ao corpo assim temos a força eletrostática agindo ali e fazendo com que haja repulsão entre a fita e o corpo.

Após apresentar a eletrização por atrito e por contato, temos que mostrar a eletrização por indução essa bem visível e apresentável nesses dois últimos experimentos citados, mas antes de explicarmos como funciona na prática vamos para a teoria. Essa sendo a última das 3 eletrizações descritas aqui, a eletrização por indução precisará de um corpo carregado eletricamente (para nós o canudo carregado através do atrito com o papel), a esse corpo damos o nome de indutor e o corpo no qual queremos carregar damos o nome de induzido. Para carregar chegamos perto do induzido com o indutor, porém não encostamos nele, fazendo com que haja uma reorganização das cargas elétricas dentro dos corpos devido as forças de atração e repulsão entre as cargas. Nesse ponto é aonde aterrmos o induzido, assim criando uma maneira dos elétrons saírem ou chegarem no corpo induzido. Após isso, porém ainda na presença do indutor retira-se o aterramento e afasta o indutor, assim carregando o induzido com a carga de sinal oposto ao indutor. Apresento abaixo uma imagem explicando o esquema descrito.

Figura 41: Representação esquemática da eletrização por indução

ELETRIZAÇÃO POR INDUÇÃO



Com a observação da imagem vale ressaltar que a forma que o terra vai agir vai depender do indutor, assim se este estiver carregado negativamente para o terra haverá uma “fuga” de elétrons e se o indutor estiver carregado positivamente o terra irá agir como se fosse um doador de elétrons para o induzido.

Agora para falar um pouco de como a eletrização por indução funcionará nos experimentos, levarei em consideração que já está carregado por indução e o aluno precisa descobrir se este experimento está carregado por indução ou por contato. Para que ele possa descobrir isso, basta chegar com o canudo (indutor) perto da fita carregada, assim se a fita da igrejinha ou a fita do eletroscópio “fugir” do canudo aproximado temos por convenção que a fita vai estar com a mesma carga do canudo ou seja o experimento foi carregado por contato e se a fita for atraída pelo canudo temos que este experimento foi carregado por indução.

Além desses tipos de eletrização e para alguns de forma mais fácil para a apresentação de alguns outros temas da eletrostática os 4 experimentos aqui descritos servem para mostrarmos o que é condutor, mau condutor ou até mesmo isolante. Ao aproximarmos alguns materiais da fita ou do pêndulo carregados podemos observar se é um condutor ou não. Caso o material aproximado descarregue rapidamente o experimento podemos afirmar que este material é um bom condutor, ao aproximar e o experimento descarregar, porém dessa vez de forma mais lenta podemos afirmar que esse material é um mau condutor (pode ser muito mau condutor, fazendo com que descarregue muito lentamente), caso o experimento não descarregue podemos afirmar que este material é isolante. Ao fazermos isso podemos observar que diversas coisas que para gente é isolante pode ser caracterizado como um mau condutor ou até mesmo com um condutor devido a diferença de potencial (ddp) proposta pelo experimento, materiais como borrachas, alguns plásticos e até mesmo a fita isolante se mostraram mau condutores e não isolantes ao fazer essa experiência, o que abre precedente para a pergunta será que o material é totalmente isolante ou ele será isolante em ambientes específicos?

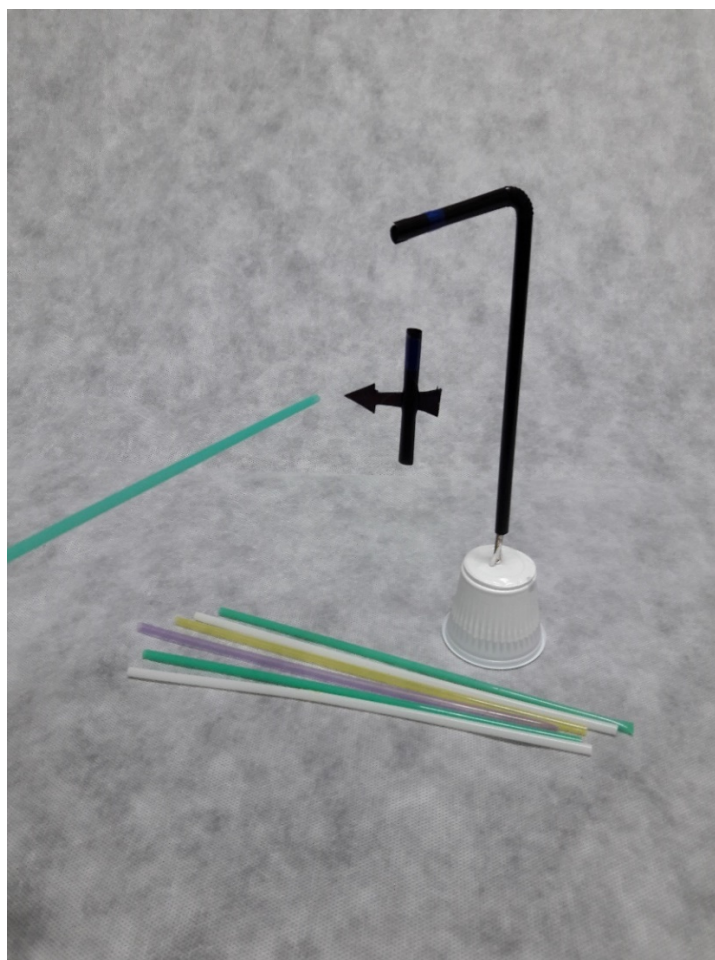
O que pudemos observar é que ao menos esses materiais são isolantes a determinada ddp, porém como essa é relativamente alta eles se tornam uma espécie de maus condutores.

Para mostrar um pouco de forma relativamente clara a questão do campo elétrico e da direção do campo temos o experimento do vetor eletrostático, este experimento que se parece muito o pêndulo porém em sua ponta temos uma seta e não um pêndulo, seu

funcionamento apesar de simples contém uma física muito linda e que poucos observam, mesmo fazendo esses outros experimentos descritos acima.

De forma simples, ao aproximarmos o canudo eletrizado do pêndulo a primeira coisa que acontece não é a sua aproximação ao canudo, e sim a sua orientação de campo e aqui podemos observar essa orientação, assim ao aproximarmos o canudo da seta vemos que a mesma se orienta e fica apontada de forma praticamente fixa para o canudo. Uma peculiaridade interessante que vemos nesses experimentos é que se carregarmos o vetor (da mesma forma que carregamos o eletroscópio por contato) ele mostra o inverso assim ao invés de se orientar e apontar a seta para o canudo, ele “foge”, mostrando assim a parte de trás da seta para o canudo e ponto para o lado oposto dele.

Figura 42: Vetor eletrostático sendo direcionado para o canudo eletrizado

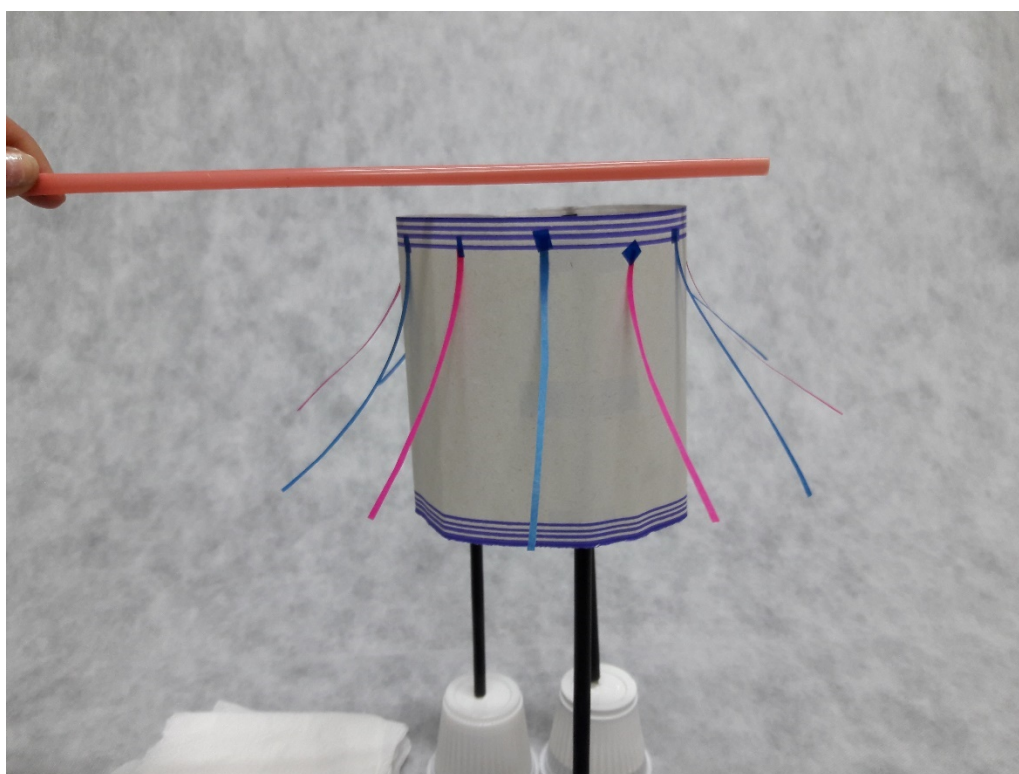


Fonte: Ferrante (acervo LaPEMID 2019)

Seguindo essa linha de campo elétrico temos a lei de Gauss, onde essa fala que o campo elétrico no interior de uma esfera (digamos aqui uma esfera perfeita), é nulo sendo então o campo distribuído pela parte exterior da esfera. Para explicarmos esse fenômeno

e alguns outros temos o experimento da gaiola de Faraday, assim ao carregarmos a gaiola por contato (como carregamos o eletroscópio) teremos que as fitas vão ficar levantadas, porém ao fecharmos a gaiola ela vai agir como uma esfera e estas fitas que antes estavam levantadas iram se abaixar, ao abrirmos elas voltaram a levantar mostrando com isso que a carga elétrica não some só é nula em seu interior como nos diz a lei de Gauss. Além disso com a gaiola podemos mostrar a polarização das cargas no exterior da esfera, assim se tivermos uma gaiola neutra e fecharmos ela ainda assim continuará neutra, ao colocar um canudo carregado perto dela, podemos observar que as fitas de fora se levantam, porém ao removermos o canudo de perto da esfera as fitas iram cair, mostrando assim que não estão carregadas e sim polarizadas.

Figura 43: Polarização gaiola de Faraday



Fonte: Ferrante (acervo LaPEMID 2019)

Agora para finalizar mostrarei uma interação junta do capacitor com o eletróforo, assim de forma sucinta explicarei o funcionamento do eletróforo cujo seu princípio já foi explicado anteriormente ao falar sobre a eletrização por indução, porém no eletróforo diferentemente dos outros experimentos iremos carregar uma base de PVC por atrito e posteriormente carregaremos o eletróforo por indução, assim conseguimos armazenar uma quantidade maior de cargas para carregarmos mais rapidamente o capacitor, este que

também pode ser carregado por canudo eletrizado caso não tenham um eletróforo, só irá demorar mais para que consiga carregar o capacitor de forma efetiva. O capacitor nos mostra um fenômeno que é o carro chefe da eletricidade o famoso “choque” ou podemos dizer a descarga elétrica, assim depois de carregarmos o capacitor com o eletróforo por no mínimo 6 vezes podemos observar a formação de um “raio” entre os dois contatos do capacitor aonde damos o curto circuito para essa observação, enquanto carregamos podemos sentir a energia eletrostática que o eletróforo gera tendo os seus pelos ficando arrepiados e sendo atraídos para o disco do eletróforo.

Essa abordagem é uma das diferentes abordagens possíveis para explicarmos de forma simples algo que em sua concepção é muito detalhado e complicado, os alunos ao manter um contato com a física não só na imaginação como na realidade se encontram mais disposto a certas tentativas de ensino, muitas vezes escutamos que a física é chata por ser algo difícil, que precisa de muita conta e não tem o contato com a realidade. Com uma abordagem sendo de forma sucinta, porém que dá para dar um grau de aprofundamento maior e ainda por cima mostrando como que funciona na prática algo que não é palpável (a eletricidade) poderia trazer mais o interesse dos alunos para diversas áreas, além de que se pensarmos em uma aula contendo interdisciplinaridade podemos relacionar a construção de experimentos não somente de eletrostática como de outra área da física com as aulas de artes. Como podemos ver a física não acaba aqui, sendo ela um meio para a imaginação e para a construção de novos métodos de ensino.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como apresentado por Ramos (1990), a Física trabalhada de forma tradicional, apenas em seu rigor matemático, com resoluções de exercícios sem ao menos apresentarmos os fenômenos estudados, nem mesmo teoricamente, torna-se objeto de desinteresse do aluno. Os experimentos didáticos são então recursos e instrumentos auxiliares para que se possa ir além das fórmulas e deduções, trazendo aos alunos observações e interação que vão além do necessário rigor matemático.

Durante este trabalho, analisamos diferentes áreas do Ensino de Física por meio de experimentos existentes na Biblioteca de Instrumentos Didáticos (BID), localizada no Laboratório de Prática de Ensino, Materiais e Instrumentação Didática (LaPEMID), espaço em que ocorrem aulas de Estágio Supervisionado I e II, da Licenciatura em Física.

Escolhemos para nosso aprofundamento de estudo a eletrostática, tema que apresenta no acervo uma gama grande de experimentos. Tais experimentos não são triviais em suas observações pois, por mexermos com a eletricidade, não podemos observar a olho nu movimentos de cargas elétricas, mas seus efeitos, como atração e repulsão, interpretados como eletrização, polarização, cargas elétricas diferentes, campo elétrico etc.

Em outra perspectiva de análise desse trabalho foi trazer uma reflexão de como são os laboratórios de física. Levando em consideração as ideias de Ferreira (1978), percebemos que o intuito da BID, baseada em materiais de baixo custo, tornam acessível trazer experimentos para uma escola em que não se encontrava laboratório ou até, para aquelas que tinham laboratório, mas com materiais muito sofisticados, em que o acesso fica limitado para interação dos estudantes.

São especialmente relevantes, neste sentido, algumas das principais características dos experimentos de baixo custo, tais como:

- Construção dos experimentos sendo feito por alunos;
- Interação grande entre aluno – experimento – professor;
- Tratar e estudar diversos temas de forma acessível ao aluno.

Outra situação interessante com o uso de tais materiais que podem ser construídos com materiais de baixo custo seria o caso de um determinado experimento não funcionar.

Um exemplo simples é o caso do canudo atritado que não fica grudado na parede. Em casos como este o desafio é refletir em como refazer o experimento, variando os materiais, com outros canudos e se ainda persistir mesmo trocando de canudo. Tais situações motivam o professor, e até mesmo os alunos, a entender detalhes, mais valiosos do ponto de vista do aprendizado do que a mera demonstração. Em tais situações de funcionamento inadequado do experimento didático, pode-se passar o conteúdo sem a demonstração e em outra aula ou dia demonstrar para o aluno aquilo que ele viu em sala.

Com a revisão bibliográfica, podemos observar que muitos professores sendo esses dos anos iniciais até os anos superiores para o curso de Física dizem, ser essencial o uso de laboratórios para um ensino mais amplo e com uma qualidade maior no ensino. Porém poucos professores utilizam o laboratório e quando utilizam é geralmente como uma experiência de cátedra, em que não se permite ao aluno pode mexer no experimento.

Vale ressaltar que devido aos diversos experimentos de baixo custo descritos neste trabalho, abrem-se possibilidades - temas, ideias e até mesmo conceitos - que podemos abordar ao criarmos uma BID na escola, como proposto no trabalho feito por Ferreira (1978), em que a construção, a manutenção e a reposição é feito com participação ativa de alunos da escola em que trabalhou.

No caso da BID estudada, mesmo com o leque de experimentos de baixo custo existente, pode-se abrir espaço para o estudo de outras áreas da física e até mesmo para o acréscimo de novos experimentos e, conseqüentemente, contribuindo para a ampliação do acervo do LaPEMID.

Entendendo o trabalho com experimento de baixo custo e com a Biblioteca de Instrumentos como algo colaborativo, assumido coletivamente, entre estudioso da área, alunos de estágio ou até mesmo fora dele e de professores da área, contribuindo para a formação inicial e continuada de professores.

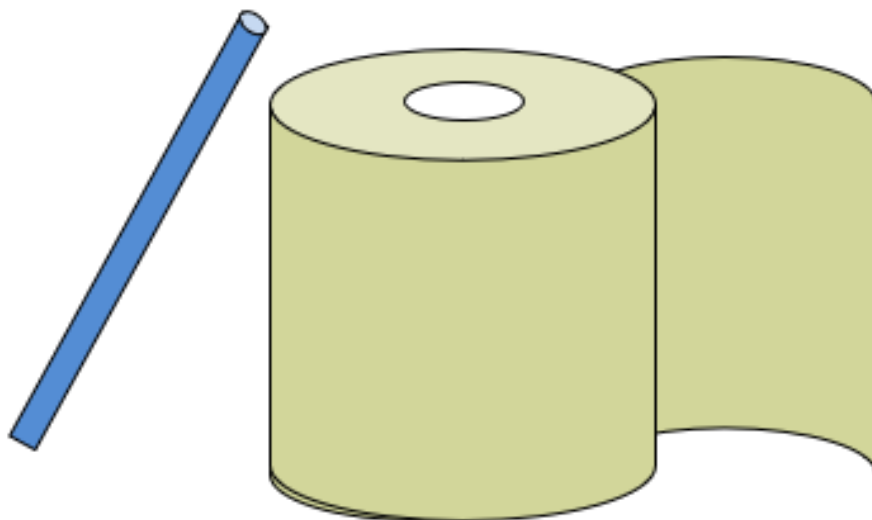
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES FILHO, J. de P. **Atividades experimentais: do método à prática construtivista.** Dissertação (Doutorado), Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal de Santa Catarina: Florianópolis. 2000.
- ANASTASIOU, L. G. C.; ALVES, L. P. **Processos de ensinagem na universidade: pressupostos para as estratégias de trabalho em aula.** 3. ed. Joinville: UNIVILLE, 2004.
- AXT, R.; MOREIRA, M. A. O ensino experimental e a questão do equipamento de baixo custo. **Revista de Ensino de Física.** 13 (dez. 1991), p. 97-103, 1991.
- CHALMERS, A. **A fabricação da ciência.** Edunesp: São Paulo, 1994.
- FERNANDES, C. **O papel do lúdico no ensino de física: utilização de brinquedos para o ensino de ciência.** Trabalho de Conclusão de Curso de Licenciatura em Física, UNESP: Rio Claro. 2020.
- FERREIRA, N. C. **Proposta de laboratório para a escola brasileira – um ensaio sobre a instrumentação no ensino médio de física.** Dissertação (Mestrado), Instituto de Física e Faculdade de Educação, USP: São Paulo 1978.
- FIGUEIREDO NETO, A. F. **A física, o lúdico e a ciência no 1º. Grau.** Dissertação (mestrado), Instituto de Física e Faculdade de Educação, USP: São Paulo. 1988.
- GASPAR, A. **Experiências de Ciências.** Livraria da Física: São Paulo. 2015
- GONSALVES, E. P. **Conversas sobre iniciação à pesquisa científica.** Campinas, SP: Alinea. 2007.
- LEWIS, J. L. **O Ensino da Física Escolar II.** Editorial Estampa, p. 48-89, 1972.
- LÜDKE, M. e ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas.** Rio de Janeiro, EPU, 2013.
- OPPENHEIMER, F.; MALCOLM. A Library of Experiments C. **American Journal of Physics** 32, 220,1964, DOI: 10.1119/1.1970183, disponível em: <http://dx.doi.org/10.1119/1.1970183>
- PAVIANI, N. M. S; FONTANA, N. M. Oficinas pedagógicas: relato de uma experiência. **Conjectura**, Caxias do Sul, V.14, n.2, p.77-88, maio/ago. 2009.
- RAMOS, E. M. de F. **Brinquedos e Jogos no Ensino de Física.** Dissertação (Mestrado) - Instituto de Física e Faculdade de Educação, São Paulo: USP, 1990.

SANTOS, E. I. DOS. **Atividades Experimentais Lúdicas e com Material de Baixo Custo**: Uma experiência com formação continuada de professores de Física. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Física e Faculdade de Educação, São Paulo: USP, 2003.

VALLE, H. S. DO; ARRIADA, E. **“Educar para transformar”**: a prática das oficinas. **Revista Didática Sistemica**, v. 14, n. 1, p. 3-14, 2012.

VAZ, A. de M. **Estrutura e função do laboratório**. Dissertação (mestrado), Instituto de Física e Faculdade de Educação, USP: São Paulo. 1989.

ANEXO 1 – ROTEIRO CANUDO ELETROSTÁTICO**Biblioteca de Experimentos**

**Eletrizando o Canudinho
(eletrização por atrito)**

Biblioteca de Experimentos de Física
Eletrização por Atrito

Introdução:

O canudinho plástico eletrizado irá auxiliar na maior parte dos experimentos de eletrostática que compõem a Biblioteca de Experimentos de Física.

Você vai precisar de:

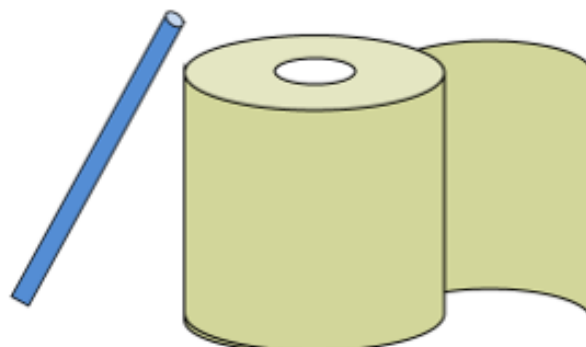
- Canudinhos plásticos para refrescos
(ATENÇÃO: utilize SEMPRE canudinhos **NOVOS**)
- Papel higiênico
(ATENÇÃO: utilize SEMPRE papel higiênico **NOVO**, de preferência os de **POUCA** qualidade)

IMPORTANTE:

- Evite fazer estes experimentos em locais úmidos ou em dias muito chuvosos.
- Depois do experimento jogue fora os canudinhos e o papel higiênico (o reaproveitamento desses materiais pode alterar os resultados de novas observações).
- Cuide para que o papel higiênico não umedeça com o contato de suas mãos. Depois de utilizá-lo algumas vezes no experimento é melhor jogá-los fora e pegar um novo pedaço (seco).

Passo 1. Carregando o canudinho por atrito.

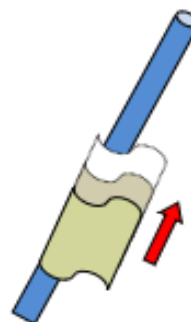
- 1.1. Pegue um canudinho novo (de preferência da embalagem), sem que tenha sido atritado. Coloque-o em uma parede. O que acontece? Ele ficou grudado? Ele caiu?



- 1.2. Vamos utilizar a eletricidade para fazer com que ele "grude" na parede.

1.2.1. Para carregar eletricamente o canudinho pegue um pedaço de papel higiênico e dobre-o.

1.2.2. Segure o canudinho com uma mão e com a outra mão "raspe" o papel com força no canudo (procure não encostar a mão que segura o papel no canudo).



Ou seja, passe o papel por todo o comprimento do canudo fazendo movimentos em apenas uma direção e sentido, como mostra a figura. Aperte o papel no canudinho de forma a aumentar o atrito entre as superfícies. Deve-se usar força suficiente sem estragar o canudinho.

- 1.3. Depois de atritado repita a observação 1.1, ou seja, agora coloque o canudo atritado (podemos chamá-lo de eletrizado por atrito) na parede. O que você notou? Ele ficou grudado? Ele caiu?

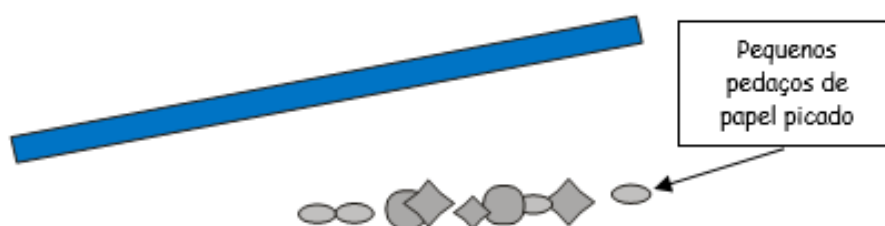
- 1.4. Com seu conhecimento atual, como você explica o item anterior?

Passo 2. Sinal da carga elétrica.

- 2.1. A partir deste experimento você acha que seria possível determinar se a carga existente no canudinho é positiva ou negativa?

Passo 3. O canudinho plástico eletrizado interagindo com outros objetos

- 3.1. Um canudinho plástico novo em geral deve estar eletricamente neutro, ou seja, não verificamos nenhum efeito elétrico como atração ou repulsão de pequenos pedaços de papel.



- 3.2. Tome um canudinho de refresco e um pedaço de papel higiênico. Eletrize-o por atrito, ou seja, "raspe" o canudo com força num pedaço de papel higiênico, tomando cuidado para que sua mão não toque diretamente no canudo.

- 3.3. Você verificou no passo 1 que depois de ser raspado (com força suficiente) o canudo poderá ficar grudado na parede. Será que isso vale para outras superfícies de outros materiais? Experimente colocá-lo em outras superfícies além da parede:

Biblioteca de Experimentos de Física
Eletrização por Atrito

- no vidro,
- no metal da esquadria
- na cortina
- ou qualquer outra superfície.

Eletrizado por atrito ele "gruda" nestas outras superfícies?

DICA:

Se você, não conseguir, tente atritar o canudo com mais força.

O QUE PODE ATRAPALHAR ISSO:

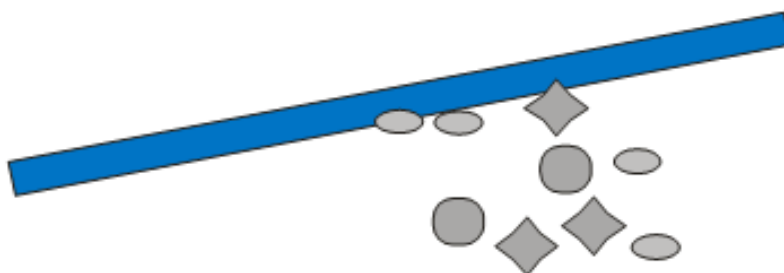
É bom tomar cuidado, pois papel molhado não causa o mesmo efeito, por isso se você suar nas mãos, verifique se isso não está deixando o papel úmido. Você deve prestar atenção para que ao atritar o canudinho no papel higiênico ele não raspe em suas mãos.

- 3.4. Depois de verificar o que ocorreu, passe o canudo na sua mão (sem o papel) e tente colocá-lo novamente nas mesmas superfícies. O que correu desta vez?
- 3.5. Você é capaz de explicar o que ocorreu nas duas situações?

Biblioteca de Experimentos de Física
Eletrização por Atrito

O que pode ser observado após o atrito do papel higiênico com o canudinho plástico de refresco chamamos de eletricidade, e dizemos que o canudinho foi **eletrizado por atrito**.

A eletrização por atrito ocorre frequentemente quando dois corpos de materiais diferentes são atritados. Você se lembra de alguma outra situação onde isso ocorre?



A convenção das cargas elétricas

Como outros conhecimentos científicos ou culturais, foi preciso muito trabalho e a colaboração de diversas pessoas para chegarmos aos modelos que utilizamos para explicar os fenômenos elétricos.

Um dos conhecimentos mais corriqueiros é a denominação das cargas elétricas como positivas (+) ou negativas (-). Mas isso não ocorreu "de uma hora para outra".

Charles François Dufay, francês que viveu no século XVIII, sugeriu existência de dois tipos de eletricidade: uma vítrea e uma resinosa. Considerava também pelas observações da época que corpos com eletricidades de mesma origem se repeliam e aqueles com eletricidades de diferentes origens se atraíam.

Por sua vez um outro contemporâneo do Novo Mundo (das Américas), Benjamin Franklin, explicava os mesmos fenômenos de outra forma: entendia que a existência da eletricidade se dava devido a um fluido único. Acreditava que todo corpo teria uma quantidade normal de tal fluido, sendo então um corpo

Biblioteca de Experimentos de Física
Eletrização por Atrito

eletricamente neutro. Se um corpo fosse atritado com outro diferente, um deles ficaria com excesso de fluido e o outro com falta do mesmo. O corpo com excesso teria mais "fluido elétrico" que o normal (+) e o outro ficaria com menos "fluido" que o normal (-), seriam então "positivos" ou "negativos" com relação a quantidade de "fluido elétrico".

Depois se descobriu que a explicação do *fluido elétrico* ou das eletricidades *resinosa* e *vítrea* eram insuficientes para dar conta do fenômeno da eletricidade.

Com a evolução desses conhecimentos restaram apenas as expressões positiva (+) e negativa (-) atribuídas a dois diferentes portadores de carga elétrica, os prótons e os elétrons, que Dufay e Franklin simplesmente desconheciam.

A eletricidade passou a ser tratada como uma das propriedades de toda a matéria.

Embora a ideia de "fluido elétrico" não tenha sido considerada válida, sobreviveu a denominação positiva e negativa.

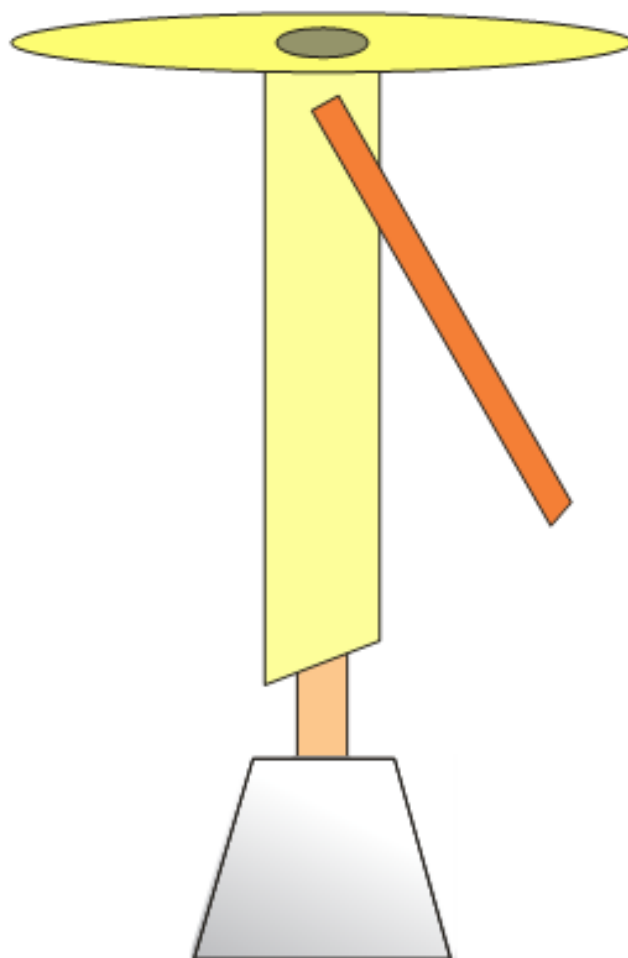
| |
|---|
| Atração e Repulsão (outra convenção) |
|---|

Em termos práticos poderíamos lançar mão de uma analogia entre a Física e a Matemática da seguinte forma:

| | | |
|---|--|------------------------------|
| REPULSÃO → cargas elétricas de mesmo "sinal" (mesma origem) se repelem | (+1) com (+1) = + 2 (-1) com (-1) = - 2 | o resultado NÃO "desaparece" |
| ATRAÇÃO → cargas elétricas de diferente "sinal" (diferentes origens) se atraem (e se "compensam") | (+1) com (- 1) = 0 | o resultado "desaparece" |

ANEXO 2 – ROTEIRO ELETROSCÓPIO DE FOLHA

Projeto Oficina para o Ensino de Física



Eletroscópio de Folha

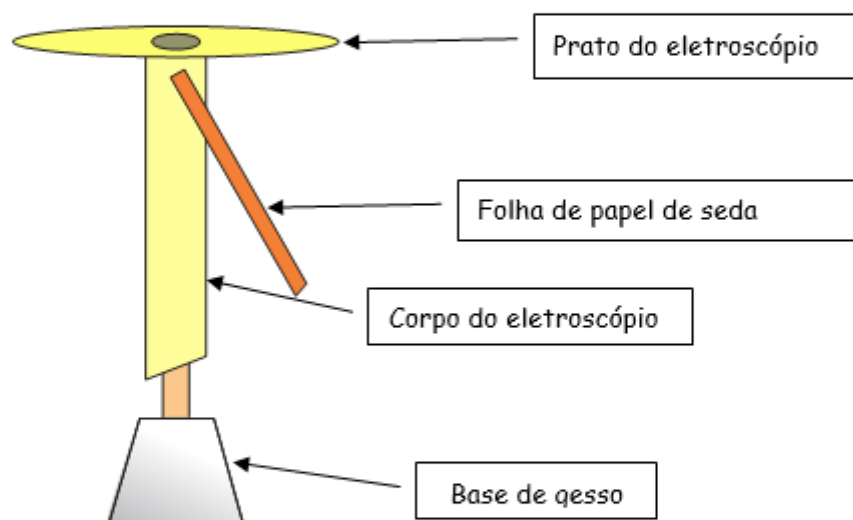
Introdução:

O eletroscópio de folha nos permite dizer se um corpo está ou não carregado eletricamente.

Vamos verificar como o eletroscópio fica carregado eletricamente por contato e por indução.

Montagem:

Pegue o material e monte o eletroscópio como a figura a seguir



Você vai precisar também dos seguintes materiais:

- Canudinhos plásticos para refrescos (utilize canudinhos novos para não modificar os resultados do experimento);
- Papel higiênico.

IMPORTANTE:

- Tome cuidado para não amassar a folha de seda.

Projeto Oficina de Física
Eletroscópio de Folha

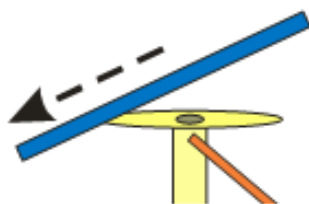
- Evite fazer este experimento em local úmido ou com vento.
- Depois do experimento jogue fora os canudinhos e o papel higiênico e devolva apenas o eletroscópio para a caixa.

Passo 1. Verificando o funcionamento do eletroscópio

- 1.1. Pegue um canudinho que ainda não foi eletrizado. Encoste no prato do eletroscópio o canudo descarregado. O que ocorreu?
- 1.2. Encoste agora o canudo carregado no prato do eletroscópio (isto é, primeiro eletrize o canudinho por atrito). O que ocorreu?
- 1.3. Com o seu conhecimento, procure explicar o que ocorre nas duas situações.

Passo 2. Carregando o eletroscópio por contato

- 2.1. Devemos começar este passo com o eletroscópio de folha eletricamente neutro. Para isso, basta, por exemplo, tocar o prato do eletroscópio com a sua mão.



- 2.2. Carregue o canudinho plástico por atrito com o papel higiênico. Passe todo o canudinho no prato do eletroscópio, como indicado na figura ao lado. O que ocorreu com a folha de papel de seda?

Como você consegue explicar isto?

2.3. Para verificar se o eletroscópio está ou não eletricamente carregado devemos observar a posição da folha (no nosso caso uma folha de papel de seda). Quando está descarregado a folha fica numa posição. Se estiver carregado a folha muda de posição.

2.3.1. Qual a posição da folha para o eletroscópio eletricamente descarregado: aberta ou fechada?

2.3.2. Qual a posição da folha do eletroscópio eletricamente carregado: aberta ou fechada?

2.3.3. Como você explica o item anterior?

| |
|--|
| Passo 3. Verificando a carga do eletroscópio por contato |
|--|

3.1. Para começar este passo você precisa ter certeza que o eletroscópio foi carregado por contato com o canudinho. Para isso repita o passo 2.

3.2. Depois de carregar o eletroscópio de folha com o canudinho atritado, aproxime novamente o canudo carregado do prato, sem tocá-lo (a cerca de 1 ou 2 cm de distância). O que ocorreu com a folha de papel de seda: abriu ou fechou?

3.2.1. Como você explicaria isso?

3.3. Com o eletroscópio carregado por contato, aproxime lentamente o canudinho eletrizado da folha de seda, primeiro a cerca de 15 cm e depois a cerca de 5 cm. O que ocorreu com a folha de seda: abriu ou fechou?

3.3.1. Como você explicaria isso?

3.4. Hoje em dia chamamos as cargas elétricas de positivas ou negativas. Mas isso nem sempre foi assim. Antes de 1900 isto não era usado.

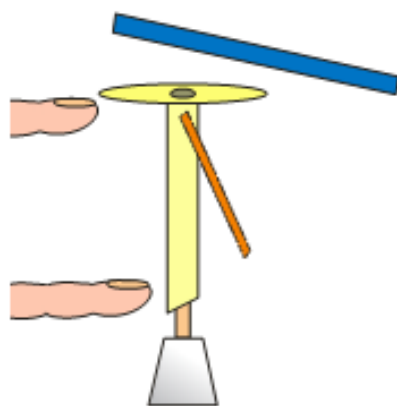
3.5. Corpos eletricamente carregados podem estar com cargas iguais ou cargas diferentes. No caso de nosso experimento estes corpos são o canudinho eletrizado por atrito e o eletroscópio eletrizado por contato. O canudo e o eletroscópio têm o mesmo tipo de eletricidade, pois quem carregou o eletroscópio foi o canudinho eletrizado.

O que significa esta afirmação com base nas observações que você fez? O que ocorre quando corpos estão eletrizados com cargas elétricas de mesmo sinal (positiva ou negativa)?

3.6. Com base nas observações que fez até agora, você seria capaz de dizer se a carga do canudinho é positiva ou negativa? Por quê?

Passo 4. Verificando a carga do eletroscópio eletrizado por indução.

- 4.1. Para começar este passo você precisa ter certeza que o eletroscópio está eletricamente descarregado. Para isso toque o eletroscópio com o dedo.
- 4.2. Aproxime o canudo carregado na horizontal do prato do eletroscópio, sem tocá-lo. Você pode chegar perto, mas não tocar no prato ou na folha. Nesta situação o que ocorre com a folha de seda: fica fechada ou abre?
- 4.2.1. Será que o eletroscópio foi carregado só por causa desta aproximação? Para responder a esta questão, experimente afastar o canudinho eletrizado e verifique o que ocorre com a folha de seda.



- 4.3. Na situação descrita no item 4.2 (mantendo o canudinho eletrizado próximo do eletroscópio com cuidado para não deixá-lo tocar no eletroscópio), você deverá tocar na parte de baixo do eletroscópio ou na parte de cima do chapéu em relação ao

canudinho, como indicado na figura ao lado.
Mas atenção:

- Não retire o canudinho das pontas antes de TOCAR o eletroscópio.
- Procure apenas tocar no eletroscópio e não ficar segurando no mesmo.

4.3.1. Mantendo o canudinho próximo ao eletroscópio (mas sem encostar) e tocando o eletroscópio com seu dedo, o que ocorreu com a folha de papel de seda do eletroscópio: abriu ou fechou?

4.4. Tire seu dedo do prato ANTES de tirar o canudo carregado de perto do eletroscópio (se você não fez isso repita o processo desde o item anterior). Agora retire o canudinho de perto do eletroscópio e não toque no mesmo. Como está a folha de seda do eletroscópio: aberta ou fechada?

4.4.1. Com base no que você viu no item 4.4, você diria que o eletroscópio está eletricamente carregado ou não?

4.5. O processo que descrevemos até este momento no passo 4 chama-se **eletrização por indução**. Vamos ver como o eletroscópio se comporta quando aproximamos o canudinho carregado por atrito.

Projeto Oficina de Física
Eletroscópio de Folha

- 4.6. Com o eletroscópio carregado por indução, aproxime lentamente o canudinho eletrizado da folha de seda, primeiro a cerca de 15 cm e depois a cerca de 5 cm. O que aconteceu com a folha de seda: abriu ou fechou?
- 4.6.1. Você notou a diferença em relação ao que fizemos no passo 3.3?
- 4.6.2. Como você explicaria isso?
- 4.7. O canudo e o eletroscópio carregado por indução estão carregados com eletricidade oposta. O que significa isto para você com base no que você fez?
- 4.8. Se a carga elétrica do canudinho fosse negativa, qual seria a carga do eletroscópio carregado por indução? E se ela fosse positiva?

Projeto Oficina para o Ensino de Física
UNESP - 2003

<http://www.rc.unesp.br/pef/oficina>
oficina.fisica@uol.com.br

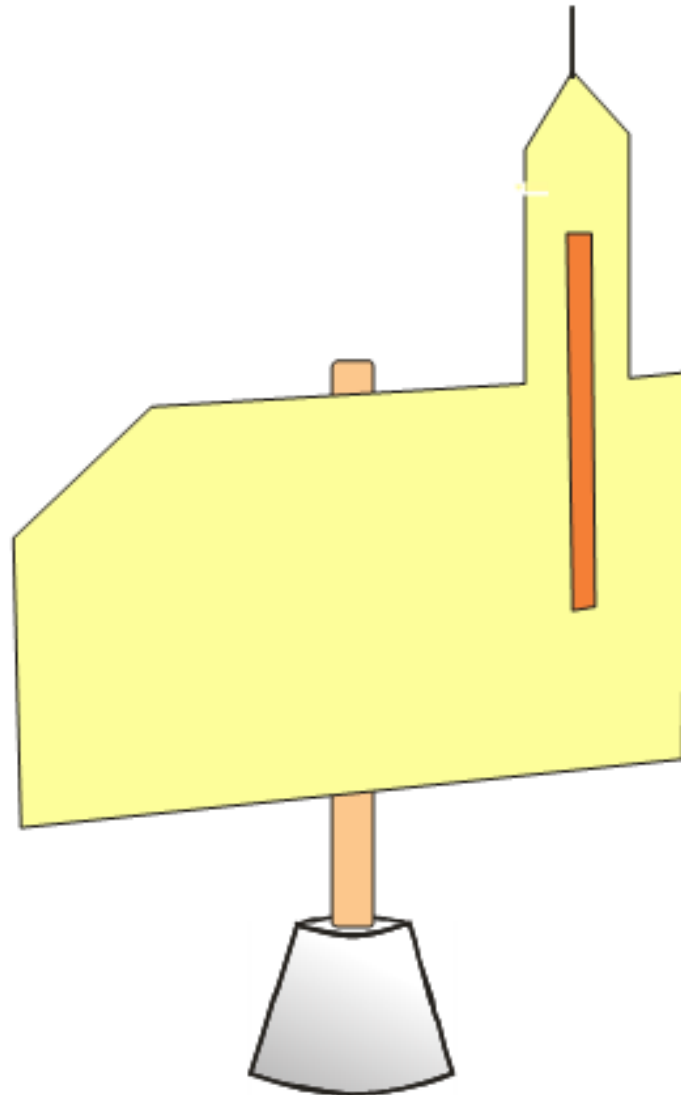
Parcialmente financiado pela FUNDUNESP

RIPE

Rede de Instrumentação para o Ensino de Física

ANEXO 3 – ROTEIRO IGREJINHA ELETROSTÁTICA

Projeto Oficina para o Ensino de Física



Igrejinha Eletrostática

Projeto Oficina de Física
Igrejinha Eletrostática

IMPORTANTE:

- A igrejinha precisa ser manipulado com cuidado para não amassar a folha de seda
- Evite fazer este experimento em local úmido ou com corrente de ar forte.
- Depois do experimento jogue fora os canudinhos e o papel higiênico e devolva apenas o eletroscópio para a caixa

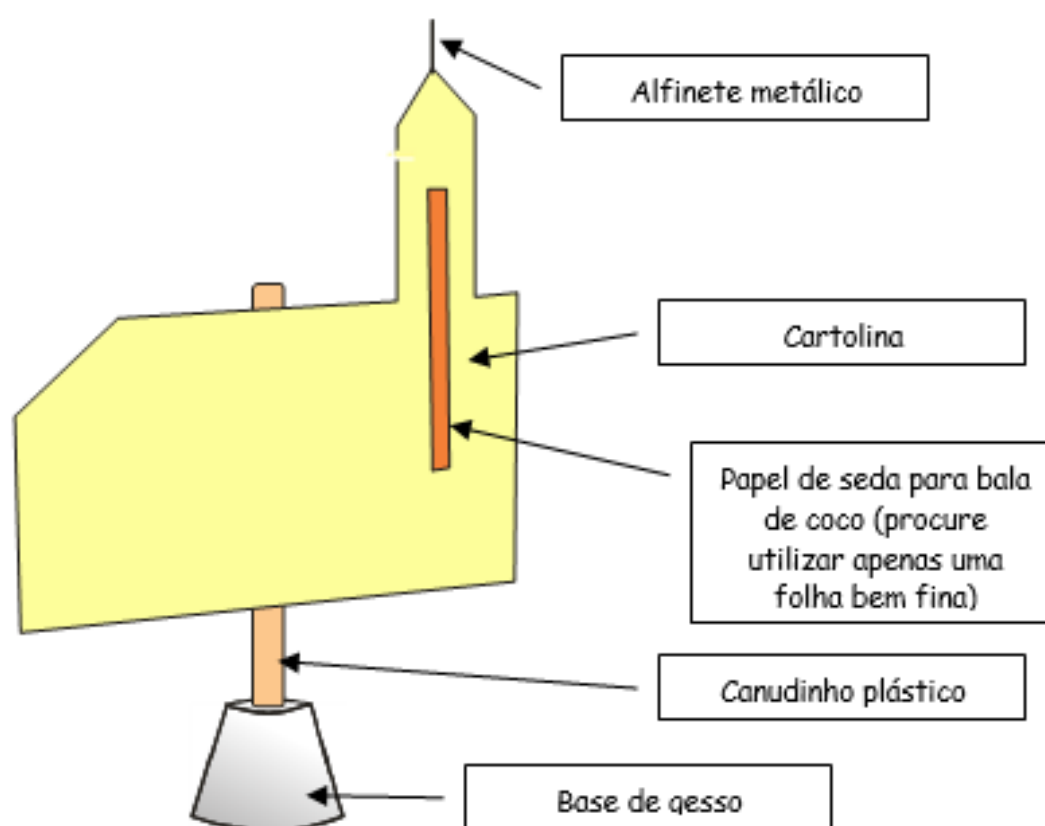
Projeto Oficina de Física
Igrejinha Eletrostática

Introdução:

A Igrejinha eletrostática é essencialmente um eletroscópio de folha. Vamos utilizar este instrumento para verificar o efeito do pára-raios.

Montagem:

Pegue o material e monte a igrejinha como a figura a seguir



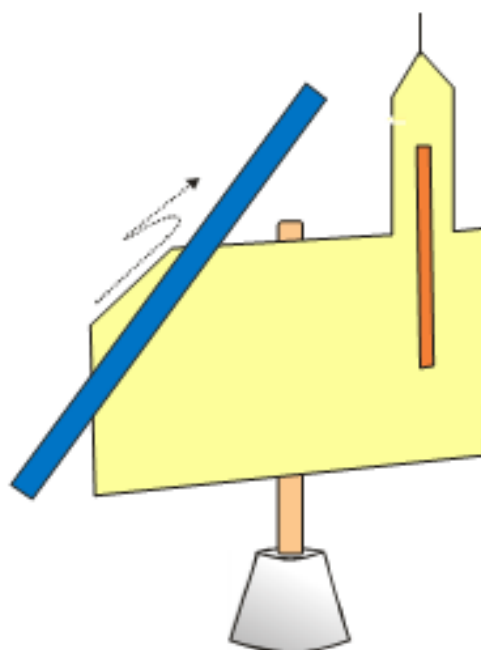
Você vai precisar também dos seguintes materiais:

- Canudinhos plásticos para refrescos (utilize canudinhos novos para não interferir nos resultados do experimento)
- Papel higiênico

Projeto Oficina de Física
Igrejinha Eletrostática

Passo 1. Eletrizando a Igrejinha por contato

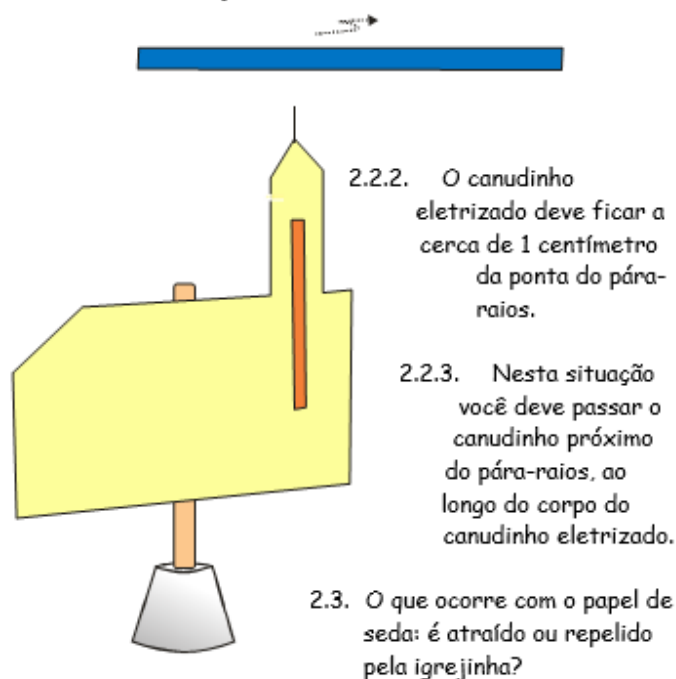
- 1.1. Eletrize a Igrejinha por contato. Para isso eletrize o canudinho por atrito (para verificar se o canudinho está eletrizado você pode ver se ele "gruda" na parede).



- 1.2. Passe o corpo do canudinho eletrizado (ao longo do mesmo) pela lateral da Igrejinha.
- 1.3. O que ocorre com o papel de seda: é atraído ou repelido pelo corpo da Igrejinha?
- 1.4. A carga elétrica do canudinho e da igreja são de mesma origem? Por que?
- 1.5. É possível dizer se são positivas ou negativas? Por que?

Passo 2. Eletrizando a Igrejinha com o pára-raios

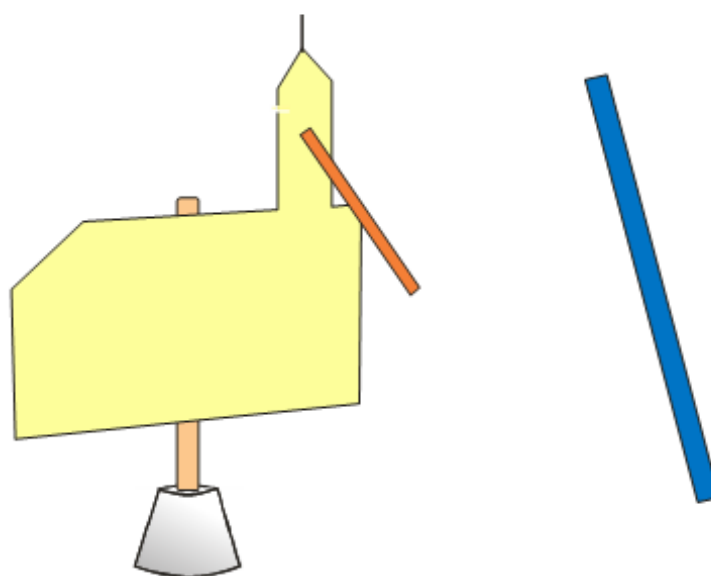
- 2.1. Toque na Igrejinha para garantir que a mesma está sem carga elétrica.
- 2.2. Eletrize o canudinho novamente por atrito e com ele você deverá fazer a seguinte operação:
 - 2.2.1. Aproxime o canudinho do pára-raios, sem porém encostar o canudinho em qualquer parte da igrejinha



- 2.4. A igrejinha está sendo carregada eletricamente pelo canudinho eletrizado? Por que?

Passo 3. Verificando a carga elétrica da Igrejinha

- 3.1. Toque a igrejinha com a mão para descarregá-la.
- 3.2. Eletrize novamente a igrejinha com o auxílio do pára-raios.
- 3.3. Com a igrejinha eletrizada, aproxime o canudinho do indicador de carga (folha de papel de seda), sem no entanto aproximar demais. Para isso mantenha a distância de cerca de 15 cm (mais ou menos a largura de um livro).

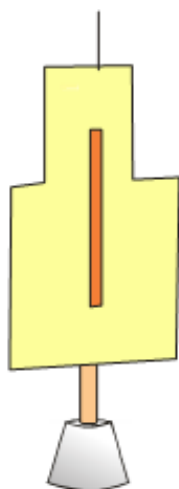
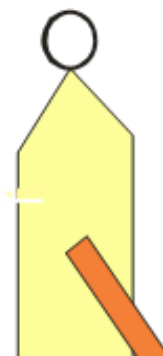


- 3.4. Qual a reação do papel de seda (indicador de carga) a aproximação do canudinho eletrizado: atração ou repulsão?
- 3.5. O que isso significa em termos dos sinais da carga elétrica destes corpos? Por que?

3.6. É possível dizer se a igrejinha está positiva ou negativamente carregada? Por que?

Variações de construção

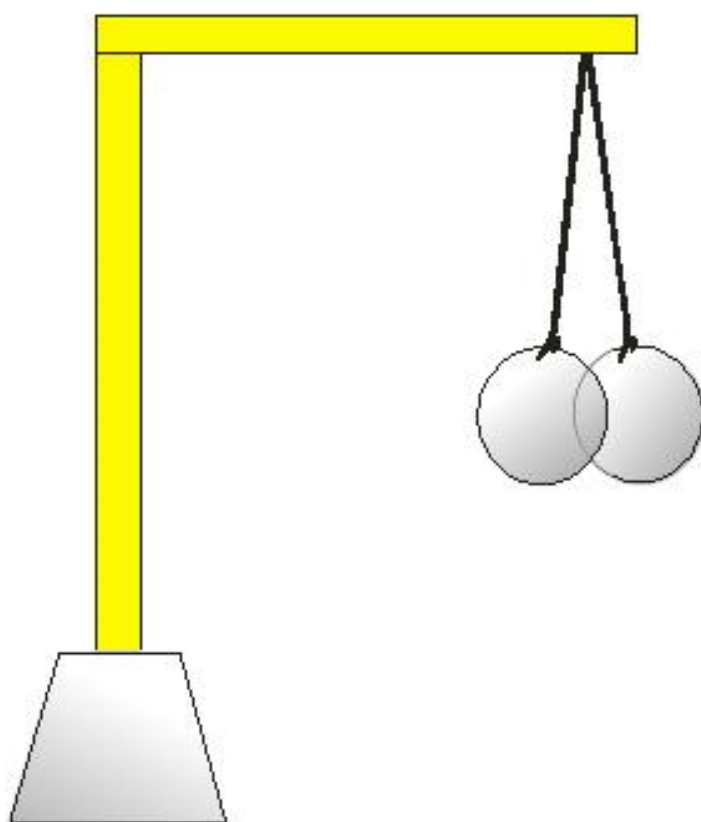
- Se fosse possível fazer um pára-raios arredondado você acha de o resultado do experimento iria variar?



- Poderíamos ter variado a "arquitetura" de nossa construção sem problemas para o funcionamento do pára-raios? Por que?

**ANEXO 4 – ROTEIRO PÊNDBULO ELETROSTÁTICO
DUPLO**

Biblioteca de Experimentos



**Pêndulo Eletrostático
Duplo**

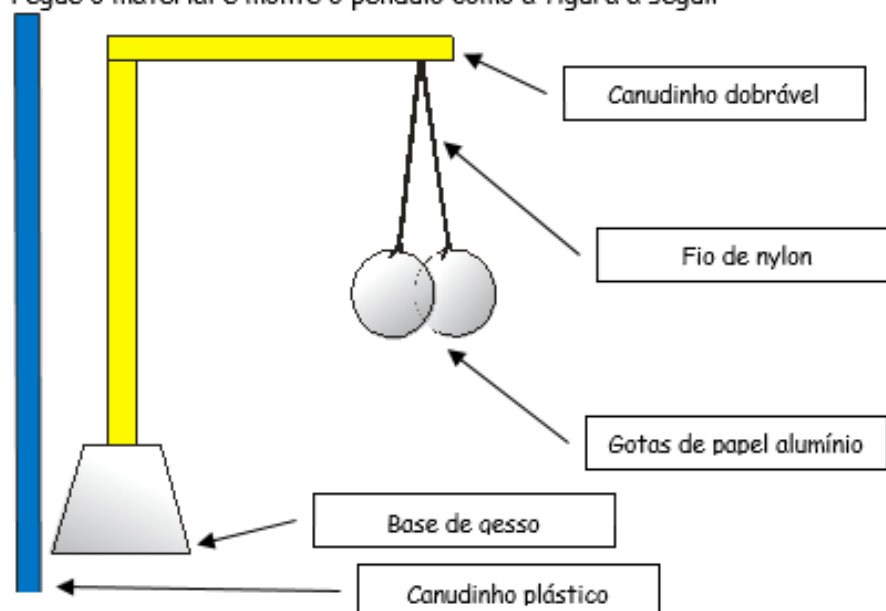
Biblioteca de Experimentos
Pêndulo Eletrostático

IMPORTANTE:

- O pêndulo eletrostático deve ser manipulado com cuidado para não amassar a folha de alumínio e não estourar o fio de nylon.
- Evite fazer este experimento em local úmido ou com corrente de ar forte.
- Depois de realizado o experimento jogue fora os canudinhos e o papel higiênico e devolva apenas o pêndulo duplo e o manual para caixa.

Montagem:

Pegue o material e monte o pêndulo como a figura a seguir



Você vai precisar também dos seguintes materiais:

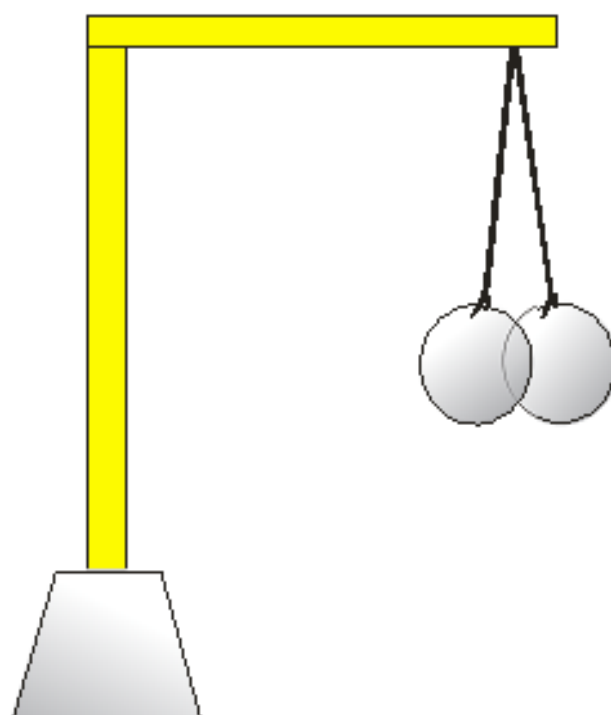
- Canudinhos plásticos para refrescos (utilize canudinhos novos para não interferir nos resultados do experimento)
- Papel higiênico

Biblioteca de Experimentos
Pêndulo Eletrostático

Introdução:

O Pêndulo Eletrostático Duplo nos permite notar a existência de cargas elétricas, os diferentes tipos de eletrização, os fenômenos de atração e repulsão, além de definir materiais condutores e isolantes.

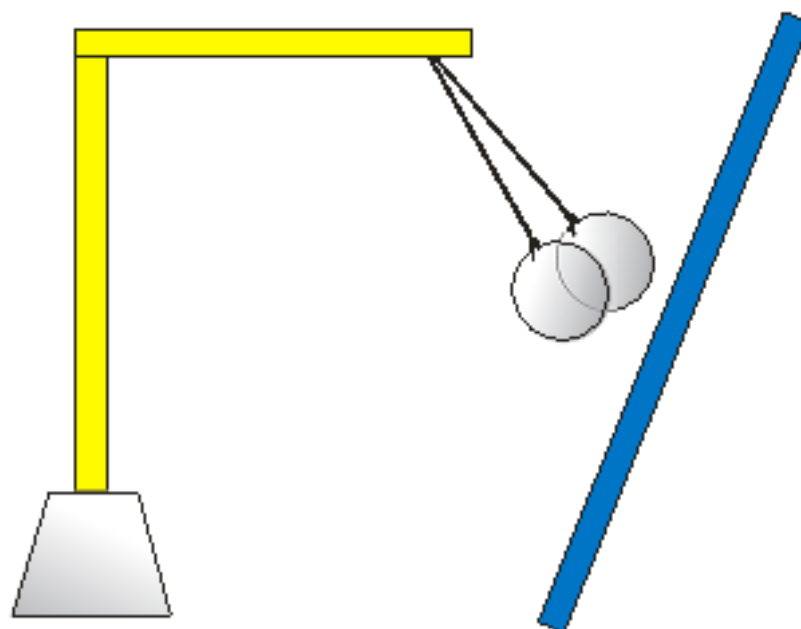
Vamos verificar como o pêndulo pode ficar carregado eletricamente.



Passo 1. Eletrizando o Pêndulo Eletrostático Duplo

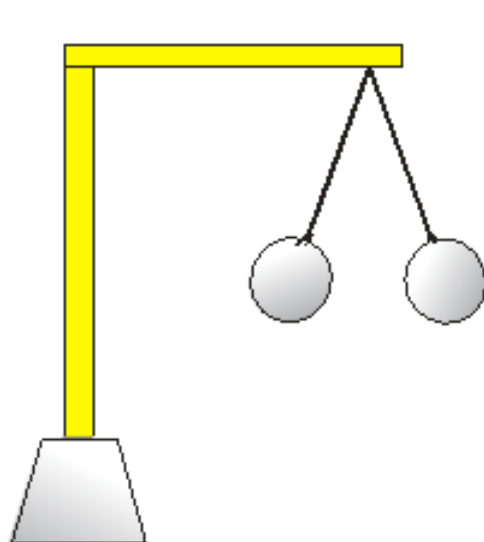
- 1.1. Aproxime o canudinho descarregado das gotas de alumínio. O que ocorreu? Atração ou repulsão?
- 1.2. Agora com o canudinho eletrizado por atrito, o colocamos em contato as gotas de alumínio.
- 1.3. Ao encostar o canudo plástico eletrizado nas folhas de alumínio, o que podemos observar?
 - 1.3.1. O que ocorre entre o canudinho eletrizado e as gotas de alumínio? Atração ou repulsão?

Biblioteca de Experimentos
Pêndulo Eletrostático



- 1.3.2. E entre as gotas de alumínio? O que ocorre?
Atração ou repulsão?
- 1.4. Após eletrizar as folhas, agora aproxime novamente o canudo eletrizado das folhas.
- 1.4.1. O que ocorreu com as folhas de alumínio: Atraíram-se ou repeliram-se?
- 1.4.2. Pelos seus estudos anteriores de eletrostática, o que levou a esse comportamento das folhas de alumínio?
- 1.5. As gotas de alumínio eletrizadas foram eletrizadas por atrito ou por contato?
- 1.5.1. É razoável dizer que elas possuem eletricidade de mesma origem?
- 1.5.2. Assim, podemos dizer que a eletricidade de mesma origem provoca atração ou repulsão elétrica?

Passo 2. Isolantes e Condutores Elétricos



Quando um corpo adquire carga elétrica e se mantém eletricamente carregado, geralmente ele é um ISOLANTE ou está ISOLADO ELETRICAMENTE. Qualquer outro corpo que toque nele e consegue retirar sua carga elétrica por

contato (ou seja, permite que a eletricidade "escape") é chamado de CONDUTOR ELÉTRICO.

Isolante Elétrico:

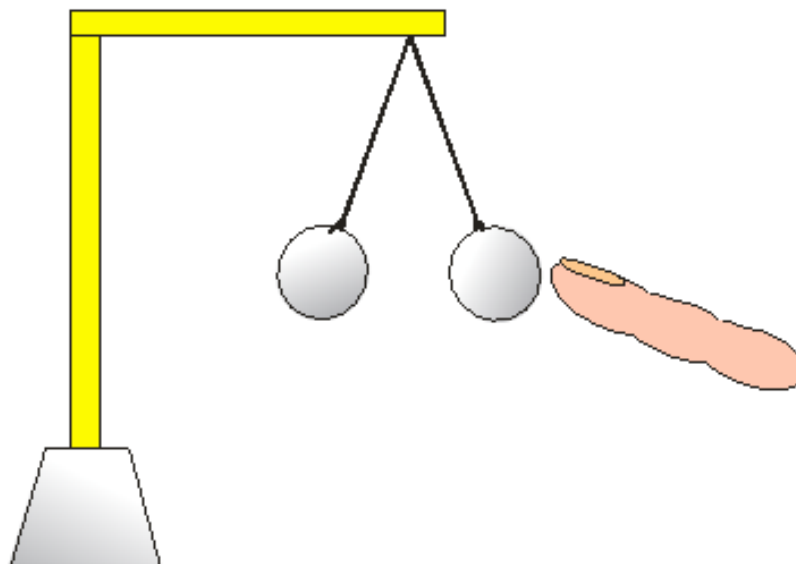
São materiais onde as cargas elétricas têm maior dificuldade para se movimentar. Assim, quando tocamos um corpo carregado com um isolante, o corpo permanece eletrizado.

Condutor Elétrico:

São materiais onde as cargas elétricas têm facilidade para se movimentar. Assim, quando tocamos um corpo carregado com um condutor, a eletricidade pode "passar" por ele e o corpo que estava inicialmente eletrizado se "descarrega".

Biblioteca de Experimentos
Pêndulo Eletrostático

- 2.1. Eletrize o Pêndulo duplo por contato.
- 2.2. Nesta situação, toque as folhas com sua mão. Após o toque as gotas continuam separadas, se repelindo? Ou estão juntas?



- 2.3. Ao encostarmos nossos dedos nas folhas de alumínio subtende-se que eles agiram como condutor ou isolante elétrico?
- 2.4. Carregue novamente o Pêndulo Duplo por contato com o canudinho eletrizado.
Agora toque o pêndulo duplo carregado com um canudinho eletricamente neutro (que não foi atritado).
O que ocorreu com o pêndulo duplo: permaneceu carregado ou descarregou?
 - 2.4.1. Com base nesta observação você diria que o canudinho plástico é isolante ou condutor elétrico?
- 2.5. Vamos testar outros materiais.
Pegue dez materiais diferentes que possui a mão:
lápiz de madeira,
régua,

Biblioteca de Experimentos
Pêndulo Eletrostático

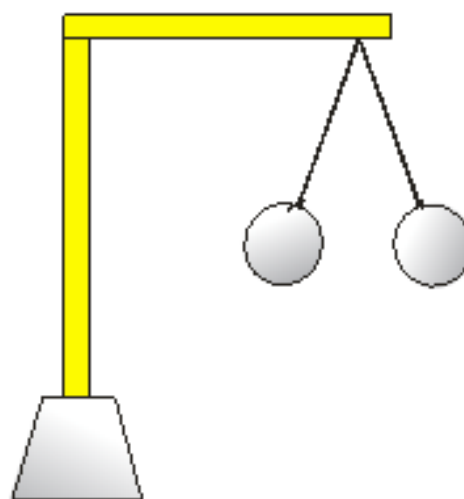
caneta,
papel,
papel higiênico
base de gesso
copinho de café plástico
etc ...

Vamos testar quem é isolante e quem é condutor elétrico.

- 2.5.1. Primeiro pense antes de fazer o experimento:
qual deles você achar que é condutor e qual você acha
que é isolante?
Por quê?

- 2.5.2. Agora teste com a
ajuda do pêndulo
eletrostático duplo.

- 2.5.3. Primeiro carregue o
pêndulo por contato
com o canudinho
atritado e depois toque
com o material nas
folhas de Alumínio.
Se elas fecharem o
material é **CONDUTOR ELÉTRICO**.
Se elas permanecerem abertas ele é **ISOLANTE
ELÉTRICO**.



Você vai se surpreender com alguns materiais!

- 2.6. Analise o material que utilizamos em nosso equipamento experimental:
canudinho,
papel higiênico,
folha de alumínio,
fio de nylon.
Qual deles é isolante e qual deles é condutor elétrico?
- 2.7. Você conseguiria explicar por que o canudinho consegue grudar?
- 2.8. E por que o papel higiênico depois de atritado não fica?

Biblioteca de Experimentos
Pêndulo Eletrostático

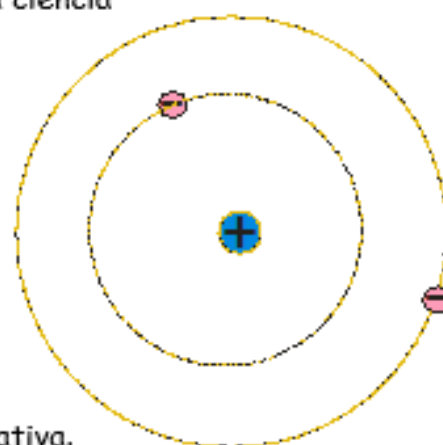
Até o momento já trabalhamos com dois processos de eletrização: por atrito (como observado com o canudinho de refresco no passo 1) e por contato (como ocorre com o papel alumínio do Pêndulo Eletrostático).

Há ainda um outro processo de eletrização (por indução) que observaremos em outros experimentos.

Você certamente já deve ter ouvido falar em átomo. A palavra átomo significa indivisível em grego, e segundo a noção moderna de química o átomo de um certo elemento químico é a menor partícula que ainda guarda todas as qualidades (característica) físico-químicas deste elemento.

O desenho a seguir ilustra como a ciência representava o átomo em 1910.

Chama-se modelo planetário de Rutherford-Bohr. Imaginava-se que o átomo seria como um minúsculo Sistema Solar, onde o núcleo (o "sol") seria constituído partículas com carga elétrica positiva e a eletrosfera (os "planetas") por partículas com carga elétrica negativa.



Hoje em dia chamamos convencionalmente as cargas elétricas de positivas ou negativas. Mas isso nem sempre foi desta forma. Antes do século XVIII não se usava esta designação.

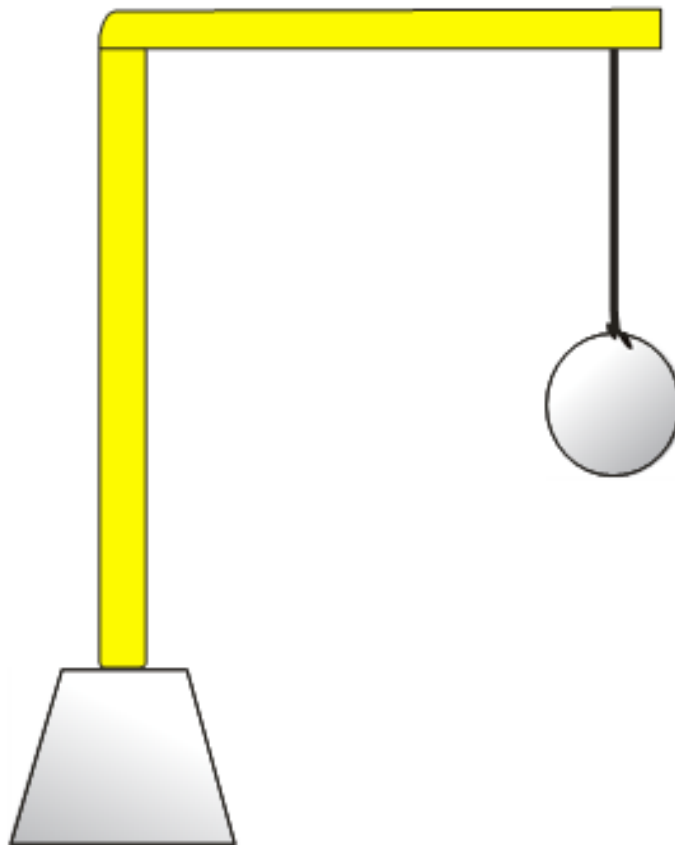
2.9. Tomando por base este modelo você conseguiria explicar por que, quando o canudo é atritado, ele gruda na parede, por exemplo?



Ramos, E. M. de F.; Sartorello, J. H. Roteiros da Biblioteca de Experimentos de Física: Pêndulo Eletrostático Duplo. Publicação Avulsa. Oficina de Aprendizagem e Ensino de Física: Rio Claro, SP, 26/09/2011, 8 p.

**ANEXO 5 – ROTEIRO PÊNDBULO ELETROSTÁTICO
SIMPLES**

Biblioteca de Experimentos



**Pêndulo Eletrostático
Simples**

Biblioteca de Experimentos
Pêndulo Simples Eletrostático

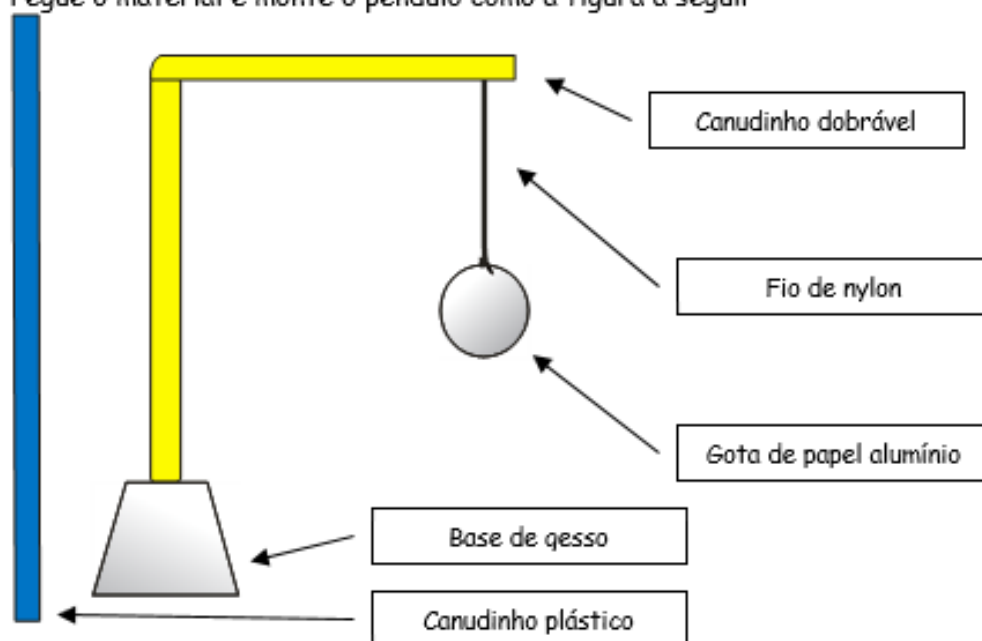
Introdução:

O pêndulo eletrostático nos permite dizer se um corpo está ou não carregado eletricamente.

Vamos verificar como o pêndulo pode ficar carregado eletricamente.

Montagem:

Pegue o material e monte o pêndulo como a figura a seguir



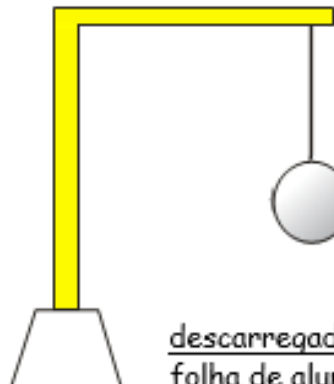
Você vai precisar também dos seguintes materiais:

- Canudinhos plásticos para refrescos (utilize canudinhos novos para não interferir nos resultados do experimento)
- Papel higiênico

IMPORTANTE:

- O pêndulo precisa ser manipulado com cuidado para não amassar a folha de alumínio.
- Evite fazer este experimento em local úmido ou com corrente de ar forte.
- Depois do experimento jogue fora os canudinhos e o papel higiênico e devolva apenas o pêndulo simples para a caixa.

Passo 1. Testando o Pêndulo Simples com objetos em diferentes estados de eletrização (eletricamente carregados ou não)



Com este experimento vamos observar a interação do canudo com o Pêndulo descarregado.

- 1.1. Para ter certeza que o Pêndulo está descarregado toque com a mão na gota de alumínio (Al) antes de começar.
- 1.2. Pegue um canudo descarregado (antes de ser atritado) e aproxime-o da folha de alumínio.

1.2.1. O que ocorreu?

A folha de alumínio foi atraída ou repelida pelo canudinho eletricamente descarregado?

1.3. Vamos observar agora como o Pêndulo reage à aproximação de um canudinho eletrizado.

1.3.1. Pegue um canudo sem uso e eletrize-o por atrito com o papel higiênico.

1.3.2. Agora o aproxime da folha de alumínio do pêndulo sem que eles se toquem (deixando uma distância de cerca de 10 cm da gota).

1.3.3. O que ocorreu?
A gota de alumínio foi atraída ou repelida pelo canudinho?

1.3.4. Podemos dizer que o Pêndulo reage ao canudo eletrizado? Como?

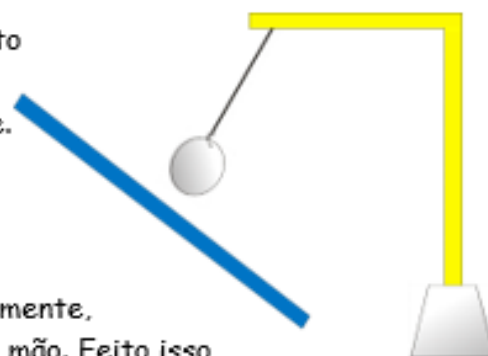


Se por acaso o canudinho encostou na folha de alumínio você deve descarregar eletricamente o pêndulo. Para isso toque a gota com a mão e repita a observação anterior.

Passo 2. Eletrizando o Pêndulo Simples

Agora vamos observar o que ocorre quando deixamos o canudinho atritado (eletrizado por atrito) tocar na gota de alumínio do pêndulo eletrostático.

- 2.1 Eletrize o canudinho por atrito e aproxime-o do pêndulo permitindo que a gota o toque.
- 2.2 Depois que a gota tocou o canudo eletrizado, ela foi atraída ou repelida?
- 2.3 Para fazer a observação novamente, temos que tocar a gota com a mão. Feito isso repita os passos 2.1 e 2.2.
- 2.4 O Pêndulo Eletrostático pode indicar então se um corpo está ou não carregado eletricamente?



Eletrização por Atrito: O canudo de refresco e o papel higiênico, quando atritados um ao outro, têm a propriedade de trocar cargas elétricas, ou seja, durante o processo ocorre a eletrização por atrito. Verificamos que nesta condição, o canudinho pode, por exemplo, atrair pequenos pedaços de papel e "grudar" na parede.

Eletrização por Contato: Alguns materiais - como o alumínio - quando em contato com um corpo eletricamente carregado (como no caso o canudo de refresco) adquire carga elétrica. Isso ocorre devido a troca de cargas elétricas, ou seja, durante o processo ocorreu a eletrização por contato da gota de alumínio, quando os corpos ficam com cargas de mesmo tipo.

3. Você conseguiria dizer se elas são positivas ou negativas?

4. É possível eletrizar um canudinho por contato com outro?



Ramos, E. M. de F.; Sartorello, J. H. Roteiros da Biblioteca de Experimentos de Física: Pêndulo Eletrostático Simples. Publicação Avulsa. Oficina de Aprendizagem e Ensino de Física: Rio Claro, SP, 26/09/2011, 4 p.