

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**GUILHERME ALMEIDA DE SOUZA PEREIRA**

**SALA DE AULA INVERTIDA, AULAS REMOTAS E AVALIAÇÕES  
ATRAVÉS DE EXPLICAÇÕES EM VÍDEOS: O USO DE PRÁTICAS  
EXPERIMENTAIS NO ENSINO DOS PROCESSOS DE  
ELETRIZAÇÃO.**

**ALFENAS/MG  
2021**

**GUILHERME ALMEIDA DE SOUZA PEREIRA**

**SALA DE AULA INVERTIDA, AULAS REMOTAS E AVALIAÇÕES  
ATRAVÉS DE EXPLICAÇÕES EM VÍDEOS: O USO DE PRÁTICAS  
EXPERIMENTAIS NO ENSINO DOS PROCESSOS DE  
ELETRIZAÇÃO.**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado  
Nacional Profissional em Ensino de Física -  
MNPEF - do Programa de Pós-Graduação da  
Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL - MG -  
como parte dos requisitos necessários para  
obtenção do título de mestre em Ensino de Física.  
Orientador: Prof. Dr. José Antônio Pinto  
Coorientador: Prof. Luciano Soares Pedroso

**ALFENAS/MG**

**2021**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal de Alfenas

P436s Pereira, Guilherme Almeida De Souza.  
Sala de aula invertida, aulas remotas e avaliações através de explicações em vídeos: o uso de práticas experimentais no ensino dos processos de Eletrização. / Guilherme Almeida De Souza Pereira – Alfenas/MG, 2021.  
72f. il. –

Orientador: José Antônio Pinto.  
Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Universidade Federal de Alfenas, 2021.  
Bibliografia.

1. Processos de eletrização. 2. Sala de Aula Invertida. 3. Explicações em vídeos. I. Pinto, José Antônio. II. Título.

CDD-530

**Guilherme Almeida de Souza Pereira**

Sala de Aula Invertida, aulas remotas e avaliações através de explicações em vídeos: O uso de práticas experimentais no ensino dos processos de eletrização

A Banca examinadora abaixo-assinada aprova a Dissertação/Tese apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física pela Universidade Federal de Alfenas. Área de concentração: Física/Astronomia

Aprovada em: 26 de fevereiro de 2021

**Prof. Dr. José Antônio Pinto**

Instituição: Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL-MG

**Prof. Dr. Ihosvany Camps Rodriguez**

Instituição: Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL-MG

**Prof. Dr. Matusalém Martins Lanes**

Instituição: Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET



MG Documento assinado eletronicamente por Jose Antonio Pinto, Professor do Magistério Superior, em 02/03/2021, às 21:41, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por Matusalém Martins Lanes, Usuário Externo, em 02/03/2021, às 21:47, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por Ihosvany Camps Rodriguez, Professor do Magistério Superior, em 03/03/2021, às 08:55, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.unifal-mg.edu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0,informando\\_o\\_codigo\\_verificador\\_0465569\\_e\\_o\\_codigo\\_CRC\\_F7F0A455](https://sei.unifal-mg.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0,informando_o_codigo_verificador_0465569_e_o_codigo_CRC_F7F0A455).

**Dedico este trabalho a minha esposa Ingrid Bettio Almeida que me motivou, incentivou e me apoiou durante todo o desenvolvimento deste.**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por sempre me guiar em busca dos meus objetivos e se fazer presentes em minha vida.

À minha esposa Ingrid Bettio Almeida por ser meu alicerce. Muito obrigado por me apoiar durante o desenvolvimento deste trabalho, por me motivar e sobretudo por apoiar o meu desenvolvimento pessoal e profissional. Obrigado por confiar em mim.

À Universidade Federal de Alfenas pela oportunidade.

Ao meu orientador Prof. Dr. José Antônio Pinto, por tamanha dedicação em me guiar na execução deste trabalho.

Ao Coorientador Prof. Luciano Soares Pedroso pelas valiosas contribuições.

Aos membros da banca Prof. D.Sc. Matusalém Martins Lanes e Prof. Dr.

Ihosvany Camps Rodriguez pelas ideias e correções.

Agradeço a CAPES pelo apoio ao curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - MNPEF - do Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL – MG.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior — Brasil (CAPES) — Código de Financiamento 001.

Demore o tempo que for para decidir o que você quer da vida, e depois que decidir não recue ante nenhum pretexto, porque o mundo tentará te dissuadir.

Friedrich Nietzsche, 1833.

## RESUMO

Neste trabalho apresentamos resultado de uma pesquisa de mestrado na qual investigamos a realização de práticas experimentais relacionadas aos processos de eletrização na forma remota. A forma remota para esta abordagem se deu devido a adaptações do ensino a nova realidade estabelecida mediante a pandemia do Coronavírus COVID 19. Para a realização das atividades experimentais foram distribuídos kits com aparatos de baixo custo para os nove estudantes da unidade curricular do terceiro ano do Ensino Médio, onde aconteceu a intervenção pedagógica aqui relatada. Nossas expectativas foram a de que teríamos algumas dificuldades na implementação da proposta por se tratar de práticas experimentais e principalmente por acontecer na formatação remota. Utilizamos a metodologia proposta pela Sala de Aula Invertida (SAI), de modo a termos um melhor aproveitamento do tempo disponível. Elaboramos videoaulas teóricas e tutoriais em vídeos para a explanação teórica e o passo a passo experimental respectivamente. Utilizamos como método avaliativo explicações em vídeos feitas pelos estudantes sobre os fenômenos observados experimentalmente. Consideramos que as atividades desenvolvidas foram, dentro das expectativas, positivas e que traz consigo um caráter inovador. Apontamos também sugestões para trabalhos futuros que possam dar continuidade na pesquisa aqui apresentada.

**Palavras-chave:** Processos de eletrização. Sala de Aula Invertida. Explicações em vídeos.

## **ABSTRACT**

In this study, we present the results of a master's research in which we investigated the performance of experimental practices related to electrification processes carried out remotely. The remote approach was due to tuition adaptations resultant from the Corona virus pandemic COVID-19. Nine students from the third year in high school received low budget experimental sets in order to perform the electrification practices, which the pedagogical intervention described in this work took place. Our initial expectations were that we would have some difficulties implementing the proposal because it is about experimental practices and mainly because of its remote approach. We used the Flipped Classroom (SAI) methodology in order to have a better use of the available time. We elaborated video lessons and video tutorials for theoretical explanations and systematic explanation of the practice, respectively. We used video explanations made by students about the phenomena observed experimentally as an evaluation method. We believe that the activities developed were, within expectations, positive and that it brings with it an innovative character. We also point out suggestions for future work that will continue the research presented here.

Keywords: Electrification processes. Flipped classroom. Video explanations.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
1.1	IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA.....	11
1.2	OBJETIVOS.....	12
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	13
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA E REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>14</b>
2.1	REVISÃO DE LITERATURA.....	14
<b>2.1.1</b>	<b>Eletrização dos Corpos.....</b>	<b>14</b>
<b>2.1.2</b>	<b>Lei de Coulomb.....</b>	<b>18</b>
<b>2.1.3</b>	<b>Aparatos eletrostáticos.....</b>	<b>19</b>
2.2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	23
<b>2.2.1</b>	<b>A experimentação no Ensino de Física.....</b>	<b>23</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Metodologias Ativas.....</b>	<b>24</b>
2.2.2.1	Sala de Aula invertida.....	25
<b>2.2.3</b>	<b>Avaliação escolar.....</b>	<b>27</b>
2.2.3.1	Avaliação através de explicações em vídeos.....	28
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>29</b>
3.1	SALA DE AULA INVERTIDA.....	29
<b>3.1.1</b>	<b>Elaboração das videoaulas.....</b>	<b>30</b>
<b>3.1.2</b>	<b>Tutoriais no formato de vídeo.....</b>	<b>34</b>
3.2	CONSTRUÇÃO DOS APARATOS EXPERIMENTAIS.....	34
3.3	MONTAGEM E EXECUÇÃO DOS EXPERIMENTOS.....	36
<b>3.3.1</b>	<b>Experimento 01.....</b>	<b>36</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Experimento 02.....</b>	<b>38</b>
<b>3.3.3</b>	<b>Experimento 03.....</b>	<b>39</b>
<b>3.3.4</b>	<b>Experimento 04.....</b>	<b>41</b>
3.4	A INTERVENÇÃO.....	42
3.5	AVALIAÇÃO DE APRENDIZAGEM ATRAVÉS DE EXPLICAÇÕES EM VÍDEOS.....	42
3.6	AVALIAÇÃO FEITA PELOS ESTUDANTES, REFERENTE AO	

	PROCESSO METODOLÓGICO ADOTADO NESTA PESQUISA....	43
<b>4</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>45</b>
4.1	EXPERIMENTO – 01.....	46
4.2	EXPERIMENTO - 02.....	48
4.3	EXPERIMENTO - 03.....	50
4.4	EXPERIMENTO – 04.....	51
4.5	RESULTADOS DA 2ª AVALIAÇÃO ATRAVÉZ DE EXPLICAÇÕES EM VÍDEOS.....	53
4.6	RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO RESPONDIDO PELOS ESTUDANTES REFERENTES AS ETAPAS DA PESQUISA.....	57
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>62</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>65</b>
	<b>APÊNDICE A - PRODUTOS ASSOCIADOS À DISSERTAÇÃO.....</b>	<b>68</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A Eletrostática tem desde sua origem uma forte ligação com o caráter experimental da ciência. Alguns pesquisadores afirmam ter sido através da observação que Tales de Mileto (624 a.C. — 546 a.C.) percebeu que um pedaço de âmbar poderia atrair objetos leves após ser atritado contra a pele de um animal. No entanto, não há registros históricos que comprovem tal fato. A primeira citação do fenômeno, chamado na época de efeito âmbar, é de Platão (427-348 a.C) em seu livro denominado Timeu (ASSIS, 2011).

Girolamo Fracastoro (1478 - 1553), fez experimentos com diversos materiais, notando assim que um pedaço de âmbar atritado poderia atrair outro pedaço do mesmo material e outros materiais. Fracastoro percebeu ainda que o diamante atritado também causava o efeito de atração em pequenos objetos.

Outro nome com uma contribuição importante no desenvolvimento dos estudos da eletrostática é o de William Gilbert (1544 - 1603), físico e médico da rainha Elizabeth I. Gilbert notou que outros materiais também poderiam atrair pequenos objetos e, a partir desta observação realizou diversos experimentos usando vidro, enxofre e resinas naturais.

Ainda mostrando a forte ligação entre a eletrostática e a experimentação, pode-se citar a primeira máquina eletrostática que se tem notícia, montada por Otto Von Guericke (1602 - 1686), físico Alemão do século

XVII. Este equipamento consistia em uma bola de enxofre presa a uma manivela, Von Guericke girava a manivela ao mesmo tempo em que encostava a outra mão, calçada de uma luva de couro, na esfera gerando assim atrito entre o couro e o enxofre. Esse atrito entre os materiais fazia com que ambos ficassem eletrizados, a bola de enxofre então passava a atrair pequenos objetos e bolas de enxofre que estavam suspensas próximas a ela. Von Guericke notou também que quando essas esferas se tocavam passavam a repelir uma à outra (ASSIS, 2011).



**Figura 01** - Máquina de Von Guericck.

Fonte: Os Fundamentos Experimentais e Históricos da Eletricidade (ASSIS, 2011)

No início do século XVII, Charles François de Cisternay Du Fay (1698 — 1739), reconheceu a repulsão elétrica como um fenômeno real, diferentemente de outros pesquisadores que acreditavam ser um fenômeno aparente, causado por outras causas que não elétricas (ASSIS, 2011), (BOSS; CALUZI, 2007)

## 1.1 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA

O estudo da Eletrostática é parte extremamente importante da base curricular de Física do ensino médio, seu caráter experimental e suas origens observacionais faz com que os estudantes desenvolvam concepções prévias sobre o assunto ao se deparar com situações cotidianas simples, como tomar um choque ao encostar-se a uma superfície eletrizada. Aproveitar-se destas vivências prévias para trabalhar conceitos como carga elétrica e eletrização tornam-se fundamentais, visto que desperta a curiosidade dos estudantes.

Por outro lado, embora os fenômenos relacionados à eletrostática estejam constantemente relacionados ao cotidiano dos estudantes, seus conceitos se tornam, em sala de aula, um tanto quanto abstratos. Deste modo torna-se bastante importante o uso da experimentação em concomitância com a exposição dos conceitos.

A literatura, bem como as práticas de sala de aula, nos mostra que existem algumas dificuldades e desafios ao lecionar sobre este tema. A falta de aparatos experimentais é algo corriqueiro nos laboratórios tradicionais das

escolas de ensino básico brasileiras (ANDRADE; MASSABNI, 2011), e não há dúvidas que isto gere complicações para o ensino do tema.

Diante desta dificuldade, neste trabalho buscamos elaborar práticas, que pudessem compor um kit experimental de baixo custo para o auxílio do ensino de eletrização eletrostática. Elaboramos também videoaulas que foram distribuídas aos estudantes antes das atividades.

Nossa expectativa inicial foi a de que teríamos algumas dificuldades na implementação da proposta por se tratar de experimentação e principalmente por acontecer na formatação remota. Acreditamos que os estudantes aprovariam a metodologia a ser utilizada para a abordagem do tema.

## 1.2 OBJETIVOS

O primeiro objetivo geral desta pesquisa foi o de “Implementar práticas experimentais relacionadas à eletrostática utilizando a metodologia Sala de Aula Invertida (SAI) com estudantes de 3º ano do Ensino Médio”. O segundo objetivo geral foi o de “Executar avaliações através de explicações em vídeos dos fenômenos presentes nos experimentos propostos”

Ainda tivemos objetivos específicos tais como:

- a) Desenvolver seis videoaulas para o Ensino Médio, relacionadas aos processos de eletrização, estas aulas versam sobre: breve história sobre a eletrostática, modelo atômico, corpos eletrizados e corpos neutros, indução, processos de eletrização, polarização e força elétrica;
- b) Desenvolver quatro tutoriais em vídeos com o passo a passo para realização de experimentos na forma remota que contemplem o conteúdo das videoaulas;
- c) Implementar a metodologia ativa Sala de Aula Invertida na forma remota;

Justificamos este trabalho na necessidade da aplicação de atividade práticas para o melhor entendimento dos conceitos relacionados à Eletrostática. Em especial procuramos aqui construir uma alternativa para implementar Práticas Experimentais em um novo formato, nos moldes apontados por Silva, Pedroso e Pinto (2020) onde os experimentos são

realizados de maneira remota, com materiais de baixo custo e por todos os estudantes.

A avaliação na forma de explicações em vídeos nos pareceu uma maneira inovadora de se avaliar e ao mesmo tempo auxiliar na construção do conhecimento.

Acreditamos que este trabalho possa contribuir com o uso de práticas experimentais no Ensino de Física e em especial no ensino dos processos de eletrização eletrostática.

É importante ressaltar que nosso trabalho tangencia três importantes linhas, a científica, a pedagógica e a tecnológica.

### **1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO**

No capítulo subsequente faremos uma revisão de literatura, focando no estudo dos fenômenos físicos abordados neste trabalho. Faremos também uma apresentação dos referências teóricos que alicerçaram esta pesquisa.

No capítulo três, descreveremos os procedimentos e a metodologia adotada, os instrumentos de coletas de dados e a forma como esses foram tratados.

No capítulo quatro foram apresentados os resultados obtidos na pesquisa.

O capítulo cinco traz nossas considerações finais.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA E REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo faremos uma revisão de literatura onde abordaremos tópicos relevantes para o desenvolvimento da pesquisa. Descreveremos sobre a eletrização dos corpos, os tipos de eletrização, a lei de Coulomb e alguns equipamentos utilizados no estudo da eletrostática.

### 2.1 REVISÃO DE LITERATURA

A Eletrostática é o ramo da Física que estuda cargas elétricas em repouso, o comportamento dos campos elétricos gerados por estas cargas e os fenômenos atrelados a eles. (Roditi, 2005).

Os fenômenos elétricos estão diretamente relacionados à estrutura da matéria, diversos cientistas se propuseram a estudar esta estrutura de modo a entender e explicar estes fenômenos. Um dos conceitos fundamentais da Eletrostática é a ideia de eletrização dos corpos.

#### 2.1.1 Eletrização dos Corpos

A eletrização dos corpos fora notada há muito tempo, e estudada por diversos pesquisadores, a primeira citação que se tem registro foi de Platão (428 a 348 a.C.) em seu livro denominado Timeu. Neste livro Platão não menciona quem teria descoberto este fenômeno, no entanto, a forma casual com que cita o “efeito âmbar” sugere que ele já era de conhecimento de seus leitores. (ASSIS, 2011)

Com o passar dos anos, vários estudos foram feitos para entender o fenômeno da atração de pequenos objetos por outros materiais previamente atritados com substâncias diferentes. Destacam-se nesta busca os nomes de Fracastoro, Du Fay e Gilbert por suas contribuições significativas para o estudo da eletrostática. (ASSIS, 2011)

Todos os objetos são compostos por átomos, estes por sua vez são compostos por um núcleo onde se encontram os prótons e os nêutrons e pela eletrosfera onde se encontram os elétrons. O próton possui carga elétrica

convencionada positiva, enquanto o elétron possui carga negativa, o nêutron, como o próprio nome sugere, não possui carga elétrica. As cargas elétricas dos prótons e dos elétrons têm o mesmo módulo, ou seja, são cargas opostas que se equivalem. (YOUNG; FREEDMAN, 2010)

Dizemos que um corpo está eletrizado quando ele possui um desequilíbrio na sua quantidade de cargas elétricas, ou seja, quando o corpo tem um excesso de cargas elétricas negativas (negativamente carregado) ou um excesso de cargas elétricas positivas (positivamente carregado).

É importante ressaltar o princípio da conservação elétrica, que garante que a *“a soma algébrica de todas as cargas em um sistema isolado permanece sempre constante”* (YOUNG; FREEDMAN, 2010). Deste modo, quando geramos um desequilíbrio na quantidade de cargas elétricas positivas e negativas em um corpo, conseqüentemente há também desequilíbrio em outros corpos pertencentes ao sistema.

Existem algumas formas de se eletrizar os corpos, os chamados processos de eletrização, descreveremos aqui os três principais.

#### **a) Eletrização por Atrito**

A eletrização por atrito se dá quando atrita dois corpos de materiais diferentes um ao outro, alguns materiais possuem uma tendência maior de perder elétrons do que outros, desta forma, um dos corpos irá perder elétrons, ficando positivamente carregado enquanto o outro corpo ganhará elétrons, ficando assim negativamente carregado (MELLO, 2011).

#### **b) Eletrização por Contato**

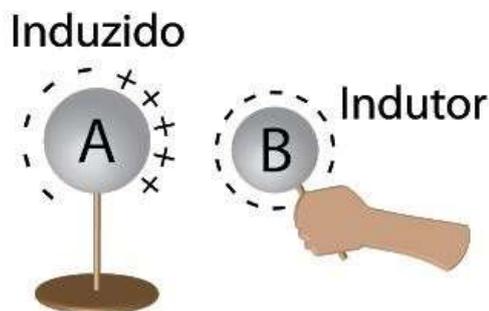
Ao se colocar em contato dois objetos considerados bons condutores elétricos, um inicialmente neutro e o outro eletrizado, o objeto que estava neutro passa a apresentar um desequilíbrio de cargas elétricas, ficando eletricamente carregado com mesmo sinal do objeto que já estava carregado antes do processo (MELLO, 2011).

### c) Eletrização por Indução

O processo de indução ocorre quando aproximamos um corpo inicialmente carregado (indutor), de um corpo, considerado um bom condutor elétrico, inicialmente neutro (induzido). Há então uma separação de cargas no induzido. As cargas iguais às do indutor ficam na região mais afastada dele, uma vez que ficam sujeitas a uma força de repulsão, enquanto as cargas de sinais opostos ficam na região mais próxima ao indutor por estarem sujeitas a uma força de atração. Neste processo temos então a separação de algumas cargas de sinais opostos no induzido.

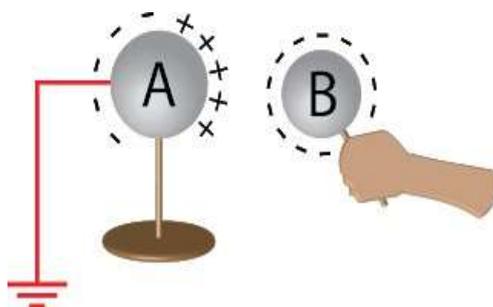
O procedimento de indução não garante por si só a eletrização do induzido, mas apenas uma separação de suas cargas. Para que tenhamos a eletrização por indução devemos, após o processo citado, fazer uma ligação à Terra no induzido, com esta ligação haverá um deslocamento de elétrons no fio, que fará, de acordo com a carga do indutor, que o corpo fique negativamente ou positivamente carregado (MELLO, 2011), veja um exemplo:

Na figura - 02, temos o corpo A com uma separação de cargas, induzidas por um corpo B inicialmente negativo que está próximo ao corpo A. Esta configuração se dá devido as forças de atração e repulsão entre cargas de sinais contrários e cargas de sinais iguais, respectivamente.



**Figura 02** - Separação de cargas por indução induzido.  
Fonte: blog: Física Ilustrada

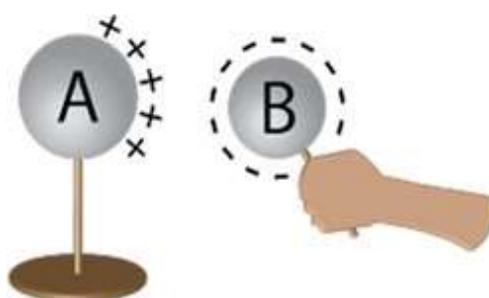
Liga-se então o induzido à Terra (Figura 03), neste momento há uma transferência de elétrons do corpo A para a Terra.



**Figura 03** - Separação das cargas e aterramento na indução.

Fonte: Blog Física Ilustrada

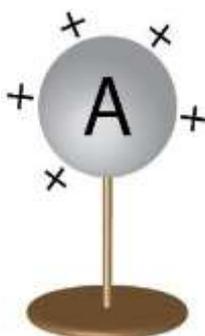
A ligação com a Terra é então desfeita sem que o indutor seja afastado do induzido (Figura 04).



**Figura 04** - Após deligar com a terra.

Fonte: Blog Física Ilustrada

Finalmente podemos afastar o indutor. A Figura 05, mostra o corpo carregado após a indução.



**Figura 05** - Corpo carregado após a indução

Fonte: Blog Física Ilustrada.

#### d) Polarização de cargas

Em um isolante as cargas podem se deslocar um pouco pra frente ou para trás quando há alguma carga nas suas proximidades. A este fenômeno é dado o nome de polarização. (YOUNG; FREEDMAN, 2010).

#### 2.2.1 Lei de Coulomb

A lei de Coulomb determina a força de interação entre duas ou mais cargas, suponhamos que temos duas partículas com cargas  $Q_1$  e  $Q_2$  e ambas interagem entre si produzindo um par de forças,  $\vec{F}_{12}$  (força que a partícula 1 exerce sobre a partícula 2) e  $\vec{F}_{21}$  (força que a partícula 2 exerce sobre a partícula 1) o módulo destas forças é dado por:

$$|\vec{F}_{12}| = |\vec{F}_{21}| = \frac{|Q_1 \cdot Q_2|}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{d^2} \quad (1)$$

Sendo  $k$  uma constante, denominada constante eletrostática,

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \quad (2)$$

e  $d$ , a distância entre as partículas 1

e 2. Portanto:

$$|\vec{F}_{12}| = |\vec{F}_{21}| = \frac{k \cdot |Q_1 \cdot Q_2|}{d^2} \quad (3)$$

A direção das forças é na direção do segmento de reta que interliga as duas cargas. E o sentido depende do produto  $(Q_1 \cdot Q_2)$ , de modo que se  $(Q_1 \cdot Q_2)$  for positivo, ou seja, se as cargas tiverem sinais iguais, haverá uma força de repulsão. E se o produto  $(Q_1 \cdot Q_2)$  for negativo (cargas de sinais opostos) haverá uma força de repulsão.

Podemos ainda estender a Lei de Coloumb para  $n$  cargas exercendo forças sobre uma carga  $Q$ :

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{(Q_1 \cdot Q_2)}{|\vec{r} - \vec{r}_1|^3} + \dots + \vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot (Q \cdot Q_n) \cdot \frac{|\vec{r} - \vec{r}_n|}{|\vec{r} - \vec{r}_n|^3} \quad (4)$$

Que pode ser escrito como:

$$F = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \cdot \left[ \sum_{i=1}^n \frac{|\vec{r} - \vec{r}_i|}{|\vec{r} - \vec{r}_i|^3} \right] \quad (5)$$

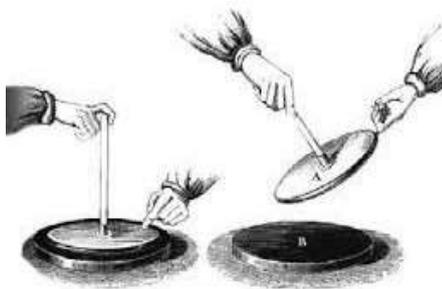
## 2.1.2 Aparatos eletrostáticos

Descreveremos aqui alguns aparatos eletrostáticos que foram desenvolvidos com a intenção de testar e corroborar com os conceitos da eletrostática. Citaremos também equipamentos que são contribuições importantes da eletrostática para o avanço tecnológico.

### a) Eletróforo de Volta

Eletróforo é o nome dado ao equipamento construído por Alessandro Volta (1745-1827) no ano de 1769, quando tentava compreender qual era a natureza das forças elétricas. O Eletróforo de Volta era formado por duas peças, uma placa chamada de “bolo” que era coberta por uma resina e uma peça de metal presa a um suporte isolante de modo que esta pudesse ser suspensa sem que o observador entrasse em contato com o metal.

O uso do Eletróforo de Volta consistia em atritar a resina com algum outro material e posteriormente colocar a peça de metal sobre o “bolo”, a parte de metal fica eletrizado e, ao tocar a mesma era possível sentir um pequeno choque, e em alguns casos ver uma faísca gerada pela descarga elétrica. (PINTO; SILVA; PINTO, 2018).



**Figura 06** - O Eletróforo de Volta  
Fonte: (MEDEIROS; LIMA JR; MONTEIRO JR, 2000)

## **b) Eletroscópio**

Eletroscópio é um equipamento destinado a detectar se um corpo está eletricamente carregado, o primeiro eletroscópio do qual temos registro é o “versorium” criado por William Gilbert e ilustrado em sua obra "De Magnete" (1600), o versorium muito se assemelhava a uma bússola, era constituído de uma agulha não imantada e presa a um pivô (MEDEIROS, 2002). Ao aproximar um objeto carregado da agulha a mesma se movia indicando haver cargas no objeto.

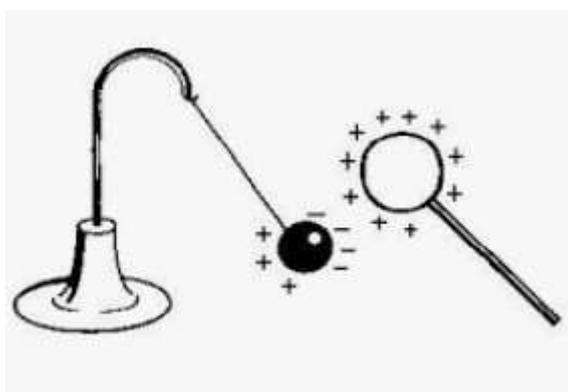
Diversos modelos de eletroscópios foram criados e utilizados ao longo dos anos em pesquisas qualitativas sobre a eletrização dos corpos, atualmente, destacam-se o eletroscópio de folhas e o pêndulo eletrostático para o ensino de eletrostática, modelos estes que são continuamente utilizados nas aulas de Física do ensino médio.

O pêndulo eletrostático é basicamente um objeto que seja bom condutor elétrico preso a um fio isolante, quando aproximamos um corpo eletricamente carregado é possível notar uma força elétrica sobre o pêndulo.

A montagem de um eletroscópio de folhas consiste em uma esfera (feita com um bom condutor elétrico) presa a uma barra metálica e duas folhas finas de metal fixada na outra extremidade. Ao se aproximar um objeto eletricamente carregado da esfera, ocorre uma separação de cargas por indução, fazendo com que a esfera fique ligeiramente carregada com cargas de sinais opostos a do objeto aproximado, deste modo as folhas metálicas também sofrerão um desequilíbrio na quantidade de cargas negativas e positivas, ficando ambas carregadas com cargas de sinais iguais a do objeto que foi aproximado da esfera. Como ambas as folhas estão carregadas com cargas de mesmo sinal elas se repelem mutuamente, afastando-se uma da outra.



**Figura 07** - Eletroscópio de folhas.  
Fonte: (MEDEIROS; LIMA JR, 2000)



**Figura 8** - Pêndulo eletrostático.  
Fonte: Portal do Professor.

### c) Coulomboscópio

O Coulomboscópio é caracterizado *“por ser um instrumento utilizado para indicar a presença do campo elétrico e o sinal da carga elétrica que se encontra em excesso em corpos eletrizados por atrito, contato ou indução.”* (PEDROSO; PEDROSO; COSTA, 2017). Este equipamento pode ser utilizado nas aulas de Física para demonstração do funcionamento da série triboelétrica, da Lei de Coulomb, bem como nas aulas de Química para estudar uma reação de eletrólise. (PEDROSO; PEDROSO; COSTA, 2017).



**Figura 9** - Coulomboscópio de baixo custo.  
Fonte: (PEDROSO; PEDROSO; COSTA, 2017)

#### d) Capacitores

Um capacitor é um dispositivo constituído de dois condutores. Estes condutores podem estar imersos no vácuo ou separados por algum isolante. (YOUNG; FREEDMAN, 2010). A função dos capacitores é a de acumular energia elétrica no campo existente entre seus terminais.

Sabe-se dos estudos da eletrostática que a razão entre a carga elétrica de cada condutor e a diferença de potencial entre os condutores não varia. A essa razão é dada o nome de capacitância (YOUNG; FREEDMAN, 2010).

$$C = \frac{Q}{V_{ab}} \quad (6)$$

Onde:  $C$  representa a capacitância,  $Q$  a carga elétrica e  $V_{ab}$  a diferença de potencial entre os condutores.

Uma maneira mais conceitual de definir a capacitância é dizer que ela representa a habilidade de um capacitor em armazenar cargas. (MUSSOI; VILLAÇA, 2000)

#### e) Transistores de efeito de campo – MOSFET

O transistor de efeito de campo de alta potência, o MOSFET, é um dispositivo amplificador de tensão. O termo MOSFET é a abreviação de *Metal-Oxide-Semiconductor Field Effect Transistor* ou Transistor de Efeito de Campo de Óxido de Metal Semicondutor.

Um MOSFET pode ser do tipo N ou P, os transistores do tipo N interagem com um campo elétrico gerado por cargas positivas, e os do tipo

canal P com um campo gerado por cargas negativas. (PEDROSO; PEDROSO; COSTA, 2017)

Responsável por grandes avanços tecnológicos e pelo aumento da capacidade de processamento de nossas máquinas computacionais o MOSFET é um transistor amplamente utilizado. Sendo assim uma importante contribuição da eletrostática para a eletrônica.

#### **f) Garrafa de Leyden**

Outro importante dispositivo gerado pelos estudos da eletrostática é a “garrafa de Leyden”. Através de uma garrafa com folhas metálicas no seu interior e exterior é possível gerar um capacitor de alta tensão. A primeira “garrafa de Leyden” era na verdade apenas uma garrafa com água dentro. A água funcionava como placa interna enquanto a mão do experimentador como placa externa. (QUEIROZ, 2014)

## **2.2 REFERENCIAL TEÓRICO**

Nas seções que seguiremos apresentaremos o referencial teórico sob o qual o trabalho foi alicerçado. Falaremos, ainda que brevemente, sobre a experimentação no ensino de Física, metodologias ativas, Sala de Aula Invertida, avaliação escolar e avaliação através de explicações em vídeos.

### **2.2.1 A experimentação no Ensino de Física**

Existem diversas dificuldades no processo de ensino no Brasil em geral, no ensino de Física não é diferente. A forma abstrata como muitos conceitos são trabalhados na escola contribuem muito para que estas dificuldades se tornem problemáticas. Desta maneira o uso da experimentação é constantemente apostando como uma forma eficaz de minimizar estas dificuldades, visto que, o conteúdo se torna menos abstrato o que auxilia na produção de uma aprendizagem significativa e consistente (ARAUJO; ABIB 2003). Além de auxiliar no processo de ensino-aprendizagem dos conceitos de Física as atividades experimentais também contribuem para o aprendizado do método científico, de habilidades práticas e da investigação de problemas através de modelos e hipóteses (SILVA; PEDROSO; PINTO, 2020).

### 2.2.2 Metodologias Ativas

O desafio atual passa por conciliar a extensão da informação, a variedade das fontes de acesso, com o aprofundamento da sua compreensão, em espaços cada vez menos engessados (MORAN, 2015).

Vivemos em uma era extremamente tecnológica onde a informação chega de várias maneiras e muitas vezes ao mesmo tempo. Esse bombardeamento de informações vem transformando o processo de ensino e aprendizagem, visto que, cada vez mais o professor perde o status de detentor do conhecimento. Em tempos de pandemia a tecnologia se tornou ainda mais presente no contexto escolar, porém, não é garantia de que o uso da tecnologia por si só gere uma mudança significativa nas práticas pedagógicas.

Neste contexto surgem às metodologias ativas, uma proposta que visa que os estudantes possam atuar de forma ativa na construção do conhecimento (PEIXOTO, 2016). Silberman (1996), citado por Barbosa e Moura (2013, p.54) diz que para facilitar a compreensão dos métodos ativos de aprendizagem podemos basear num provérbio chinês:

O que eu ouço, eu esqueço; O que eu ouço e vejo, eu me lembro; O que eu ouço, vejo e pergunto ou discuto, eu começo a compreender; O que eu ouço, vejo, discuto e faço, eu aprendo desenvolvendo Conhecimento e habilidade; O que eu ensino para alguém, eu domino com maestria.

Em uma aula, atualmente, os professores utilizam-se de diversos tipos de recursos, sejam os chamados tradicionais ou aqueles de cunho tecnológico. Neste âmbito Moran (2015) complementa que estes materiais utilizados na maior parte do tempo na educação presencial e a distância, podem ser escritos, orais e audiovisuais, previamente selecionados ou elaborados. São extremamente importantes, mas a melhor forma de aprender é combinando equilibradamente atividades, desafios e informação contextualizada. Neste contexto Barbosa e Moura (2013) diz que é notório que muitos de nossos professores utilizam a metodologia ativa em suas aulas de maneira inconsciente. Os professores conhecem formas de ensinar e aprender que podem ser consideradas como um tipo de metodologia ativa mesmo que não tenham um método pedagógico previamente estabelecido. A esse respeito, Moran (2015) conclui que:

As metodologias precisam acompanhar os objetivos pretendidos. Se queremos que os alunos sejam proativos, precisamos adotar metodologias em que os alunos se envolvam em atividades cada vez mais complexas, em que tenham que tomar decisões e avaliar os resultados, com apoio de materiais relevantes. Se queremos que sejam criativos, eles precisam experimentar inúmeras novas possibilidades de mostrar sua iniciativa. Moran (2015, p.17)

Com a premissa das metodologias ativas em mente, optamos por tutoriais de experimentos após um conjunto de videoaulas teóricas. Estes tutoriais são na verdade um passo a passo de como realizar um experimento, mas sem a explicação dos fenômenos envolvidos nos mesmos, para que, ao realizar e visualizar o fenômeno, o estudante possa construir hipóteses acerca dos conceitos envolvidos com base na teoria já estudada. Neste sentido o professor trabalha como um mediador ao discutir e questionar as hipóteses apresentadas gerando assim uma reformulação por parte dos estudantes até que o conhecimento esteja alinhado à explicação científica daquele fenômeno.

#### 2.2.2.1 Sala de Aula Invertida

Nos dias atuais as pessoas utilizam-se das tecnologias digitais para diversos objetivos e contextos. Pode-se inferir que seu uso na comunicação, no lazer e na cultura são realidades que se encontram presentes de forma efetiva, real e contínua no nosso cotidiano. Porém, em outros contextos a sua inserção ainda é tímida e chega a ser desprezada, como por exemplo, no ambiente escolar. Aparentemente, existe um distanciamento das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) da sala de aula, apesar de serem frequentemente utilizadas pelos professores e estudantes em outros contextos e/ou cenários. No ambiente escolar, as metodologias de ensino e aprendizagem, baseiam-se quase que exclusivamente na ideia de “transmissão” de conhecimentos, de forma unilateral, do professor para os estudantes, tendo este apenas um papel passivo nos processos de ensino e aprendizagem. Em algumas situações, o professor utiliza-se do projetor multimídia como ferramenta auxiliar, sem, no entanto, propor uma inovação metodológica por meio das tecnologias digitais.

Na contramão do desprezo, surgem as metodologias ativas que vêm ganhando espaço em nossa sociedade, já que apresentam como característica principal a participação ativa dos estudantes nos processos de ensino e aprendizagem (FILATRO, CAVALCANTI, 2018).

A *Flipped Classroom*, ou Sala de Aula Invertida pode ser compreendida como um modelo de ensino que inverte a lógica tradicional de organização da sala de aula. Na SAI, os estudantes têm a oportunidade de conhecer os conceitos e/ou fenômenos envolvidos, por meio de vídeos ou outros recursos interativos e posteriormente utilizam o ambiente escolar para trocas de experiências e resolução de problemas (BARSEGHIAN, 2011). As tecnologias digitais envolvidas nesse contexto de ensino e de aprendizagem são recursos importantes para utilização de metodologias ativas no ambiente escolar e em especial para Sala de Aula Invertida. Nobrega, *et al* (2018) destaca que os professores que se utilizam da Sala de Aula Invertida tendem a buscar apoio nas tecnologias digitais como suporte e embasamento às atividades realizadas (NOBREGA, DAVID, SILVA, 2018).

Neste intuito, segundo Bishop e Verleger (2013), a Sala de Aula Invertida pode ser entendida como uma técnica de ensino-aprendizagem compostas por dois momentos: orientação individual fora da sala de aula através do uso de tecnologia e atividades interativas em sala de aula.

Assim, no primeiro momento utiliza-se das tecnologias digitais para que seja feita uma exposição do conteúdo, utilizando-se, a priori, de leituras e questionários fechados. Em sala de aula o tempo é dedicado às discussões em grupos, questões e respostas e sobretudo a investigação e resolução de problemas PAVANELO e LIMA (2017).

Estudos feitos por Moran e Milsom (2014) destacam alguns aspectos positivos relatados após o uso desta metodologia como: melhor desempenho dos estudantes em avaliações, maior interesse e mais confiança em seu próprio potencial e uma considerável melhora no nível das discussões feitas em classe (PAVANELO e LIMA 2017).

Considerando a quantidade de informações nas quais os estudantes têm acesso diariamente, o momento atual de pandemia e os resultados positivos relatados em estudos de caso, consideramos que a Sala de Aula Invertida é a melhor abordagem para o trabalho que se propões no momento.

### **2.2.3 Avaliação escolar**

O termo avaliação escolar, ou mais precisamente avaliação da aprendizagem começou a ser utilizado no Brasil no final da década de 1960, substituindo, posteriormente, o termo exame escolar. Podemos diferenciar estes dois termos pensando em suas características. Um exame tem como principal função classificar os estudantes, tendo assim uma predileção pela seletividade dos destes. Já a avaliação tem como objetivo o acompanhamento da aprendizagem, de uma forma mais inclusiva e menos seletiva. (LUCKESI, 2012).

A avaliação escolar é um tema de bastante importância no sistema educacional, cuja função principal seria a de não simplesmente mensurar a aprendizagem dos estudantes, mas de acompanhar o desenvolvimento intelectual deles, intervir e contribuir neste processo. (FERNANDES, 2009).

Não há na literatura um consenso em como avaliar, uma vez que, a avaliação está servindo a um projeto pedagógico. Projetos pedagógicos diferentes levam em consideração culturas e momentos diferentes. Há, no entanto alguns aspectos que parecem recorrentes e concordantes na literatura como o fato de que não há neutralidade ao avaliar e de que a avaliação pode e deve contribuir com o desenvolvimento da aprendizagem (ZUCULA; ORTIGÃO, 2016).

Pensando em como utilizar ferramentas avaliativas que contemplem o objetivo da avaliação escolar e nos afasta da ideia de exames escolares, optamos por fazer a avaliação através de explicações em vídeos.

#### **2.2.3.1 Avaliação através de explicações em vídeos**

Pesquisas sobre avaliação através de explicações em vídeos são ainda escassas na literatura, destaca-se entre os trabalhos a pesquisa feita por, Filipecki e Barros (1999).

Filipecki e Barros (1999) fazem um apontamento de possíveis obstáculos que impedem que as habilidades que deveriam ser desenvolvidas através do uso de laboratórios no ensino de Física sejam totalmente contempladas. Neste apontamento ressaltam que o não desenvolvimento pleno destas habilidades implica em uma desvalorização das práticas experimentais.

Propõe então o uso de explicações em vídeos feitos por estudantes, como um complemento avaliativo das aulas de laboratório. Por ser uma estratégia lúdica e devido à familiaridade dos estudantes com as câmeras dos smartphones, os pesquisadores defendem que esta estratégia se mostra bastante motivadora. Além de despertar uma maior motivação dos estudantes citam também outros aspectos positivos como a necessidade de que os estudantes sejam intuitivos, tenham clareza e elaborem uma sequência lógica para a gravação das videoaulas (FILYPECKI; BARROS, 1999).

### **3 METODOLOGIA**

A reduzida carga horária das unidades curriculares de Física no Ensino Médio acaba dificultando algumas estratégias de Ensino. A utilização de Prática Experimental neste nível de ensino acaba sendo prejudicada por esta falta de tempo. Nossa predisposição inicial era de usar a Sala de Aula Invertida para facultar a execução de práticas experimentais nas aulas presenciais. A pandemia do coronavírus, COVID-19, mudou a realidade do Ensino no Brasil. No 1º semestre de 2020 as aulas foram suspensas e na sequência o ensino remoto emergencial surgiu de forma majoritária entre as instituições de Ensino Médio. Procuramos adaptar o projeto de pesquisa, aqui executado, a esta nova realidade.

Descreveremos na sequência a Metodologia, que com as devidas adaptações a esta nova realidade, passamos a implementar. Iniciaremos descrevendo a aplicação da Sala de Aula Invertida na nossa pesquisa. As seções posteriores versam sobre a elaboração das videoaulas e dos tutoriais, a construção do kit experimental, a montagem e execução dos experimentos, a intervenção realizada e por fim as avaliações feitas por nós e pelos estudantes.

#### **3.1 SALA DE AULA INVERTIDA**

Planejamos inicialmente utilizar a metodologia de ensino Sala de Aula Invertida com o objetivo de otimizar o tempo para executar práticas experimentais durante as aulas presenciais. Nesta nova realidade adaptamos o planejamento para a execução de experimentos durante os encontros com os estudantes no horário de aula na forma remota. A metodologia de ensino utilizada nesta atividade de pesquisa foi a Sala de Aula Invertida associada a práticas experimentais sobre eletrização dos corpos. A SAI contribui de forma significativa para que os estudantes tenham, no momento da aula, conhecimentos prévios sobre o tema abordado para que possam realizar com bom desempenho os experimentos propostos pelo professor.

Para implementar a metodologia da Sala de Aula Invertida preparamos videoaulas, com duração de aproximadamente cinco minutos, onde abordamos

temas como força elétrica, processo de eletrização, eletrização por atrito, contato e indução. Para realização da aula no momento de reunião no formato remoto (aula online) o professor preparou tutoriais de como executar os experimentos.

### **3.1.1 Elaboração das videoaulas**

As videoaulas foram gravadas utilizando o aplicativo para *smartphone* denominado *XRecorder*, este aplicativo é gratuito e pode ser baixado na *Play Store*. Foram montadas apresentações em PowerPoint e apresentadas juntamente com a explicação do professor através da gravação da tela do *smartphone*.

São seis videoaulas que versam sobre: a história da eletrostática, carga elétrica e os processos de eletrização, indução e polarização.

Descreveremos na sequência cada uma das aulas e posteriormente deixaremos o link para visualização e utilização dela através do Youtube.

Aula 01 - Um breve apanhado histórico da eletrostática.

Objetivo geral: Mostrar as origens dos estudos da eletrostática.

Objetivo específico: Relacionar o conteúdo a ser estudado com a observação e com a experimentação.

Nesta aula, fizemos um resumo histórico do desenvolvimento da eletrostática, ressaltando os principais nomes e suas contribuições.

Disponível em: <https://youtu.be/ut4cLuhYBJ4>



**Figura 10** - Aula 01: O começo da história.  
Fonte: o autor

### Aula 02 - O Modelo Atômico.

Objetivo geral: Introduzir os conceitos de modelo atômico e carga elétrica.

Objetivos específicos: Apresentar o modelo atômico de Sommerfeld; explicar a diferença de um corpo eletrizado para um corpo neutro e introduzir o conceito de corpos eletricamente carregados.

Nesta aula abordamos questões relacionadas ao átomo, descrevemos o modelo atômico de Sommerfeld, que é adequado para a explicação dos fenômenos eletrostáticos estudados no ensino médio. Explicamos também o que é a carga elétrica fundamental e qual a diferença de um corpo eletrizado para um corpo neutro.

Disponível em: <https://youtu.be/XSqY3tjQzF4>



**Figura 11** - Aula 02: O modelo atômico  
Fonte: o autor

### Aula 03 - Eletrização por atrito e eletrização por contato.

Objetivo geral: Caracterizar a eletrização como um processo de transferência de elétrons entre corpos.

Objetivos específicos: explicar o processo de eletrização por atrito; explicar o processo de eletrização por contato.

Na terceira videoaula, falamos sobre eletrização, explicamos que eletrizar um corpo é promover um desequilíbrio entre as cargas, ou seja, fazer com que o corpo passe a ter um excesso de prótons ou de elétrons. Explicamos também dois tipos de eletrização, a eletrização por atrito e a eletrização por contato.

Disponível em: <https://youtu.be/hGvyU3rHGdY>



**Figura 12** - Aula 03: Eletrização por atrito e eletrização por contato.  
Fonte: o autor

Aula 04 - Eletrização por indução.

Objetivo geral: explicar sobre o processo de eletrização por indução.

Objetivo específico: explicar a separação de cargas elétricas provocada pela indução.

Na aula de número quatro tratamos do processo de eletrização por indução eletrostática, encerrando assim as explicações dos três principais processos de eletrização abordados no ensino médio.

Disponível em: <https://youtu.be/zE1YxLCxK2k>



**Figura 13** - Aula 04: Eletrização por indução.  
Fonte: o autor.

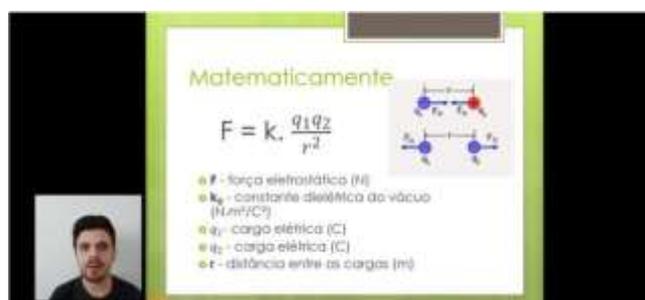
## Aula 05 - Força elétrica.

Objetivo geral: apresentar as características da força elétrica.

Objetivo específico: explicar qualitativamente a relação da força elétrica com o módulo das cargas e a distância entre elas.

Nesta aula apresentamos o conceito de força elétrica, sua proporcionalidade direta com as cargas e proporcionalidade inversa com o quadrado da distância entre elas. Abordamos com um viés predominantemente qualitativo a Lei de Coulomb.

Disponível em: <https://youtu.be/1d5joxGnJhw>



**Figura 15** - Aula 06: Força elétrica.  
Fonte: o autor

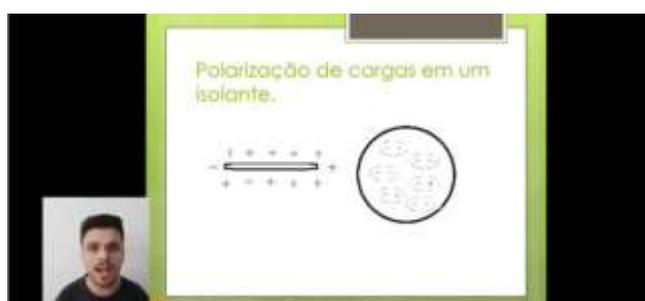
## Aula 06 – Polarização

Objetivo geral: Explicar o conceito de polarização

Objetivo específico: Mostrar a diferença da indução que ocorre em condutores elétricos e a polarização que ocorre em dielétricos

Esta aula apresenta o conceito de polarização em um dielétrico.

Disponível em: <https://youtu.be/V2D1Z5qYS6k>



**Figura 16** - Aula 06: Polarização  
Fonte: o autor

### 3.1.2 Tutoriais no formato de vídeo

Elaboramos tutoriais explicando aos estudantes o passo a passo para a realização dos experimentos. O formato foi escolhido por acreditarmos ser, para o atual momento, uma opção mais adequada que roteiros, comumente utilizados no ensino, para a execução de práticas experimentais. A realidade do ano escolar em 2020 aproximou muito os estudantes, e os professores de diversas ferramentas tecnológicas e, tornaram os vídeos, feitos por professores ou mesmo por estudantes algo familiar no meio acadêmico.

Os tutoriais de cada experimento basicamente foram divididos em duas partes, em um primeiro momento os estudantes viam o passo a passo, porém não viam o experimento sendo concluído. Desta maneira, ao realizar o experimento o estudante não sabia exatamente o que iria acontecer. Foi solicitado a eles, que ao verem o tutorial dissessem o que achavam que iria acontecer e, posteriormente, executassem o experimento.

Na segunda parte dos tutoriais em vídeos, realizamos o experimento de fato, mostrando assim o resultado que posteriormente foi mostrado aos estudantes para que eles pudessem realizar uma comparação com o resultado que haviam obtido.

No apêndice A deste trabalho estão contidos os links para cada um dos tutoriais em vídeos.

## 3.2 CONSTRUÇÃO DOS APARATOS EXPERIMENTAIS

Para a construção dos aparatos experimentais, utilizamos materiais de baixo custo e de fácil acesso, de modo que o experimento pudesse ser replicado por outros professores sem grandes dificuldades. Desta forma, o kit experimental foi composto por:

- 1 Coulomboscópio,
- 1 Eletróforo de Volta,
- 1 Novelo de lã,
- 1 Placa de PVC,
- 1 Lata de refrigerante,
- 2 Canudos,

- 10 Folhas de papel toalha
- 2 bolas de soprar.

O Coulomboscópio de baixo custo foi elaborado pelo coorientador deste trabalho professor Luciano Soares Pedroso. A montagem do Coulomboscópio encontra-se mais bem detalhada no apêndice A deste trabalho.



**Figura 17** - O Coulomboscópio de baixo custo.  
Fonte: o autor

O Eletróforo de Volta foi feito com uma forma de pizza de 35cm de diâmetro, que foi colada com cola quente a um pedaço de 10 cm de cano de policloreto de vinila (PVC), plástico feito exclusivamente de petróleo. Os demais materiais são facilmente encontrados no comércio já na forma que foram usados.



**Figura 18** - Eletróforo de Volta  
Fonte: o autor.

Para a entrega dos kits em meio a pandemia do novo coronavírus (COVID-19), eles foram devidamente higienizados e levados a escola, onde os estudantes têm buscado seus materiais escolares durante toda a pandemia, seguindo protocolos da escola.



**Figura 19** - Kit experimental entregue aos estudantes  
Fonte: o autor.

### 3.3 MONTAGEM E EXECUÇÃO DOS EXPERIMENTOS

Os tutoriais de cada experimento basicamente foram divididos em duas partes, em um primeiro momento os estudantes viam o passo a passo, porém não viam o experimento sendo concluído. Desta forma o estudante, ao realizar o experimento não sabia exatamente o que iria acontecer.

Na segunda parte dos tutoriais em vídeos, realizamos o experimento de fato, mostrando assim o resultado aos estudantes para que eles pudessem realizar uma comparação com o resultado que haviam obtido.

#### 3.3.1 Experimento 1

Objetivo geral: Evidenciar os processos de eletrização por atrito, contato e indução e o conceito de polarização.

Objetivo específico: Oportunizar aos estudantes o desenvolvimento de habilidades para montagem e execução de práticas experimentais.

Materiais necessários: placa de PVC, novelo de lã, Eletroforo de Volta, canudo de plástico e um pedaço de papel alumínio.



**Figura 20** - Materiais utilizados no experimento 1  
Fonte: o autor.

Utilizamos uma régua que não faz parte do kit, porém a mesma pode ser substituída por qualquer outro material que o estudante tenha em casa e se encaixe na mesma função.

### **Orientação dada no tutorial**

Primeiramente deve-se montar o pêndulo que será utilizado, para tanto se prende o canudo na ponta de uma linha (ou de um pedaço da lã que integra o kit) e fixa a outra extremidade da linha em alguma superfície alta, de modo que este fique pendurado. Encapa-se então uma extremidade do canudo com o papel alumínio, e deixa-se a outra extremidade da forma que se encontra.

A lã deve ser atritada contra a placa de PVC, de modo que ambas fiquem carregadas com cargas de sinais opostas, posteriormente o eletróforo de Volta deve ser posicionado sobre a placa de PVC, após um pequeno intervalo de tempo coloca-se a mão sobre a superfície superior do eletróforo, neste momento é possível sentir um choque de intensidade leve. Com o eletróforo devidamente eletrizado, deve-se aproximá-lo primeiramente da parte do canudo que está sem o papel alumínio, o canudo será atraído (devido a polarização) e ficará junto ao eletróforo. No segundo momento aproxima-se o eletróforo da parte do canudo que está com o papel alumínio, ele será atraído, agora por indução e ao entrar em contato com o eletróforo de Volta será eletrizado com carga de mesmo sinal do eletróforo. Após a eletrização por contato, aproxima-se novamente o eletróforo da região do canudo que está com o papel alumínio, e agora ela será repelida por terem cargas de mesmo sinal.

### Avaliação

Espera-se que o aluno compreenda e posteriormente saiba explicar os conceitos envolvidos no experimento. Uma explicação consistente deve falar sobre:

- a eletrização por atrito entre a lã e a placa; (1 ponto)
- o processo de indução ocorrido no eletróforo de Volta; (2 pontos)
- a eletrização por indução do eletróforo; (2 pontos)
- a polarização da parte do canudo que está sem o papel alumínio e sua devida atração; (1 ponto)
- a indução eletrostática no papel alumínio; (1 ponto)
- a eletrização por contato entre o eletróforo e o papel alumínio; (2 pontos)
- a repulsão que ocorre entre os materiais eletrizados com cargas de mesmo sinal. (1 ponto)

### 3.3.2 Experimento 2

Objetivo geral: Demonstrar os processos de eletrização por atrito, indução eletrostática e repulsão elétrica.

Objetivo específico: Diferenciar um bom condutor elétrico de um material dielétrico.

Materiais necessários: uma lata de refrigerante, dois canudos, a placa de PVC (como apoio) e folhas de papel toalha.



**Figura 21** - Materiais utilizados no experimento 2  
Fonte: o autor

### **Orientação dada no tutorial**

Este experimento deve ser feito em duas partes, na primeira, atrita-se um canudo de refrigerante com o papel toalha e, posteriormente o aproxima da latinha de refrigerante que se encontra na posição horizontal sobre a placa de PVC, neste momento é possível notar a latinha ser atraída pelo canudinho, fazendo assim com que a mesma role sobre a placa.

Na segunda parte, posiciona-se a latinha na vertical, e coloca sobre ela, na posição horizontal o canudo que já foi eletrizado na primeira parte, atrita-se então o outro canudo também contra o papel toalha, e então o aproxima do canudo que está sobre a lata. É possível notar assim uma força de repulsão entre os canudos (que estão com cargas de mesmo sinal).

### **Avaliação**

Uma boa explicação deste experimento deve conter:

#### **1ª Parte do experimento**

- a explicação sobre a eletrização por atrito entre o papel toalha e o canudo; (2 pontos)
- citar a série triboelétrica; (2 pontos)
- citar e explicar o fenômeno de indução elétrica na lata para justificar a atração entre cargas opostas. (2 pontos)

#### **2ª Parte do experimento**

- explicitar que após atritar ambos os canudos com o papel toalha eles se encontram com cargas de mesmo sinal; (2 pontos)
- justificar a repulsão elétrica entre os canudos. (2 pontos)

### **3.3.3 Experimento 3**

Objetivo geral: Ratificar os processos de eletrização por atrito e polarização.

Objetivo específico: Demonstrar a atuação da força elétrica.

Materiais necessários: um pedaço de lã, uma régua, os dois canudos e folhas de papel toalha.



**Figura 22** - Materiais utilizados experimento 3.  
Fonte: o autor

### **Orientação dada no tutorial**

Os estudantes foram orientados a fazer a montagem de um pêndulo utilizando a régua como suporte, a lã como o cabo do pêndulo e na ponta posiciona-se um canudo na horizontal. Então se eletriza o outro canudo pelo atrito com folhas de papel toalha e aproxima-se do canudo que está pendurado. Ao aproximar do canudo neutro o canudo eletricamente carregado surgirá força de atração entre os canudos provocando o giro do que está pendurado.

### **Avaliação**

Uma boa explicação do experimento três deve:

- elucidar os conceitos de eletrização por atrito entre papel toalha e o canudo; (1 ponto)
- explicar a polarização no canudo que está inicialmente neutro; (1 ponto)
- Explicar a força de atração de um corpo eletricamente carregado para um corpo eletricamente neutro. (3 pontos).

### 3.3.4 Experimento 4

Objetivo geral: Mostrar o processo de polarização na água.

Objetivo específico: Elucidar a atração elétrica entre um dielétrico eletrizado e uma substância em estado neutro.

Materiais necessários: uma bexiga e uma torneira com vazão de água.



**Figura 23** - Materiais utilizados experimento 4.  
Fonte: o autor

#### Orientação dada no tutorial

Os estudantes são orientados a atritar a bexiga contra os cabelos (ou pelo de algum animal) e aproxima a mesma de uma torneira aberta de modo que haja um pequeno filete de água. Será notado neste experimento uma curvatura no filete de água causada pela força elétrica entre a bexiga e o filete de água.

#### Avaliação

A explicação deste fenômeno consiste em:

- elucidar a eletrização por atrito entre a bexiga e o cabelo; (2,5 pontos)
- justificar a atração da água através do fenômeno da polarização das moléculas de água. (2,5 pontos).

### 3.4 A INTERVENÇÃO

Fizemos a intervenção pedagógica para implementar nossa proposta de atividade em uma turma de nove estudantes do 3º ano do ensino médio regular da rede particular de ensino. A opção por estes aconteceu por se tratar de uma turma onde o pesquisador atua como professor. A decisão se deu por ser no 3º ano deste nível de ensino que os fenômenos relacionados com a Eletrostática são abordados. O número reduzido de estudantes, pareceu adequado para realização de práticas experimentais.

É importante ressaltar que, além dos materiais fornecidos pelo professor e possíveis pesquisas feitas na internet, os estudantes tiveram acesso também a apostila fornecida pelo sistema de ensino como fonte de leitura.

A intervenção pedagógica foi dividida em dois momentos previstos na metodologia da Sala de Aula Invertida. Em um primeiro momento foram enviados aos estudantes links com as quatro primeiras videoaulas. Os estudantes foram incentivados pelo professor a assistir às aulas e se preciso repetissem o procedimento para se inteirar dos fenômenos a serem abordados nas aulas de forma remota. Posteriormente foram enviados aos estudantes os tutoriais dos experimentos que realizaram com acompanhamento do professor durante as aulas online.

### 3.5. AVALIAÇÃO DE APRENDIZAGEM ATRAVÉS DE EXPLICAÇÕES EM VÍDEOS

A pandemia do coronavírus COVID-19 conduziu a algumas mudanças no projeto inicial desta pesquisa uma delas foi a opção por fazer as avaliações de aprendizagem através de explicações em vídeo feitos pelos estudantes.

O processo avaliativo inicia com a gravação, pelos estudantes, de explicações em vídeo sobre cada um dos experimentos executados. Para cada experimento cada estudante deveria gravar um vídeo ou mais vídeos visando:

- a) Mostrar como realizar cada experimento proposto pelo professor.
- b) Explicar os fenômenos físicos visualizados no experimento.

Os vídeos foram avaliados pelo professor com o objetivo de verificar qual conhecimento construído por cada estudante. Outro aspecto observado foi o que deveria ser abordado com cada um deles para que construíssem uma aprendizagem significativa. As explicações foram avaliadas sob três aspectos: procedimental, conceitual e atitudinal.

Após a avaliação, pelo professor, dos vídeos, feitos pelos estudantes, é possível identificar as fragilidades na aprendizagem de cada um e reprogramar a atividade de ensino com o objetivo de buscar uma aprendizagem mais significativa. A identificação dos saberes dos estudantes facilita a elaboração da estratégia de ensino. Após este trabalho de diagnóstico, o professor, através de uma aula online (ao vivo) realizada através do Google Meet, discutiu com os estudantes a execução dos experimentos realizados e as explicações dadas por eles para cada experimento.

Diante do diagnóstico das possíveis deficiências na explicação dos fenômenos, e visando uma aprendizagem mais significativa tendo em vista que o professor ao assistir a explicação em vídeo passa a ter um conhecimento maior de como o estudante explica o fenômeno. Foi então planejada e executada uma nova atividade aula visando uma segunda avaliação através de explicação em vídeo com a expectativa de explicações mais adequadas para os fenômenos estudados.

### 3.6 AVALIAÇÃO, FEITA PELOS ESTUDANTES, REFERENTE AO PROCESSO METODOLÓGICO ADOTADO NESTA PESQUISA

Para esta avaliação foi feito um questionário com respostas múltiplas para ser respondido pelos estudantes. A Figura - 24 traz o modelo das questões apresentadas no questionário.

Avalie de 0 a 8 cada sua dificuldade em:

---

Entender as explicações das aulas, em vídeos

0 1 2 3 4 5 6 7 8

Nenhuma dificuldade          Extrema dificuldade

---

Entender as explicações, em vídeos, de como realizar os experimentos

0 1 2 3 4 5 6 7 8

Nenhuma dificuldade          Extrema dificuldade

**Figura 24** - Modelo do questionário distribuído aos estudantes para avaliarem o processo metodológico adotado nesta pesquisa.

Fonte: o autor

O questionário foi elaborado com questões de respostas múltiplas para avaliar a percepção dos estudantes sobre processo metodológico adotado nesta pesquisa. Para fazer o tratamento dos dados deste questionário as respostas foram agrupadas em três níveis. Quando, por exemplo, a questão tratava de grau de dificuldade encontrado pelo estudante, as respostas 1, 2 e 3 ocupariam o grupo denominado **pouca dificuldade**. As respostas 4, 5 e 6 foram agrupadas com **média dificuldade**, enquanto 6, 7 e 8 ficariam no, **muita dificuldade**. (BRAGA; RAMOS; PINTO; 2019). O questionário foi aplicado através do Google formulários, onde foi permitido a cada estudante apenas uma única resposta.

## 4 RESULTADOS

Neste capítulo apresentamos os resultados coletado em nossa pesquisa.

As videoaulas e os tutoriais foram elaborados pelo professor pesquisador e distribuídos aos estudantes para que pudessem se preparar para a realização dos experimentos na aula online.

Durante a intervenção a discussão sobre as videoaulas e tutoriais foram ricas e participativas extrapolando ao planejamento e estendendo o tempo previsto. Em um acordo do professor com todos os estudantes, as realizações dos experimentos ficaram para serem feitas fora do horário da aula online e as explicações em vídeo foram entregues em duas etapas sendo a primeira com uma semana e a segunda com duas.

A Tabela 01 traz as datas agendadas para a entrega.

Tabela 01 - Datas agendadas para a entrega pelos estudantes das explicações em vídeos.

	<b>Experimento 01</b>	<b>Experimento 02</b>	<b>Experimento 03</b>	<b>Experimento 04</b>
<b>Estudante - 01</b>	30/11/2020	11/10/2020	11/10/2020	22/10/2020
<b>Estudante - 02</b>	30/11/2020	22/10/2020	11/10/2020	11/10/2020
<b>Estudante - 03</b>	30/11/2020	11/10/2020	22/10/2020	11/10/2020
<b>Estudante - 04</b>	30/11/2020	11/10/2020	22/10/2020	22/10/2020
<b>Estudante - 05</b>	30/11/2020	11/10/2020	22/10/2020	22/10/2020
<b>Estudante - 06</b>	30/11/2020	22/10/2020	11/10/2020	11/10/2020
<b>Estudante - 07</b>	30/11/2020	22/10/2020	22/10/2020	11/10/2020
<b>Estudante - 08</b>	30/11/2020	22/10/2020	22/10/2020	11/10/2020
<b>Estudante - 09</b>	30/11/2020	22/10/2020	11/10/2020	22/10/2020

Fonte: o autor

A Tabela 02 traz a data de entrega pelos estudantes das explicações em vídeos.

Tabela 02 - Data de entrega pelos estudantes das explicações em vídeos.

	<b>Experimento 01</b>	<b>Experimento 02</b>	<b>Experimento 03</b>	<b>Experimento 04</b>
<b>Estudante - 01</b>	02/12/2020	08/10/2020	08/10/2020	14/10/2020
<b>Estudante - 02</b>	01/12/2020	21/10/2020	08/10/2020	08/10/2020
<b>Estudante - 03</b>	30/11/2020	08/10/2020	11/10/2020	08/10/2020
<b>Estudante - 04</b>	29/11/2020	10/10/2020	21/10/2020	22/10/2020
<b>Estudante - 05</b>	29/11/2020	11/10/2020	21/10/2020	11/10/2020
<b>Estudante - 06</b>	02/12/2020	21/10/2020	08/10/2020	08/10/2020
<b>Estudante - 07</b>	30/11/2020	13/10/2020	13/10/2020	13/10/2020
<b>Estudante - 08</b>	30/11/2020	22/10/2020	22/10/2020	12/10/2020
<b>Estudante - 09</b>	29/11/2020	21/10/2020	21/10/2020	21/10/2020

Fonte: o autor

Nota: as explicações em vídeos do experimento 01 tiveram que ser entregues após as demais devido a fatores climáticos.

Fizemos uma avaliação das explicações em vídeos elaboradas pelos estudantes considerando os aspectos procedimentais, conceituais e atitudinais. Na avaliação procedimental levantamos questões relacionadas à realização dos experimentos. Na avaliação conceitual verificamos se os conceitos pertinentes ao fenômeno foram abordados de forma correta. Na avaliação atitudinal, verificamos elementos como atitudes adequadas e atitudes inadequadas.

Na sequência estão apontados os resultados apresentados pelo estudante sobre cada experimento.

#### 4.1 Experimento - 01

##### Avaliação procedimental

A Tabela 03 traz os resultados da avaliação procedimental referente ao experimento - 01.

Tabela 03 - Resultados da avaliação procedimental referente ao experimento 01

Estudante	Experimento 01
01	Realiza o experimento de forma adequada.
02	Realiza o experimento de forma adequada.
03	Realiza o experimento de forma adequada.
04	Realiza o experimento de forma adequada.
05	Realiza o experimento de forma adequada.
06	Realiza o experimento de forma adequada.
07	Não conseguiu realizar o experimento.
08	Realiza o experimento de forma adequada.
09	Realiza o experimento de forma adequada.

Fonte: o autor

##### Avaliação conceitual

A Tabela 04 traz os resultados da avaliação conceitual, referente ao experimento - 01.

Tabela 04 - Resultados da avaliação conceitual referente ao experimento 01 (continua).

Estudante	Experimento 01
01	Explica a eletrização por indução que acontece no eletróforo de volta. Explica a eletrização por contato entre o canudo e o eletróforo. Não explicita a eletrização por atrito. Não cita a polarização na parte do canudo que está sem o papel alumínio.
02	Cita o processo de indução para a eletrização do eletróforo de Volta. Explica a eletrização por contato entre o canudo e o eletróforo. Não explica completamente os processos de eletrização que ocorrem no experimento. Não cita a polarização na parte do canudo que está sem o papel alumínio.
03	Explica de forma errônea o processo de eletrização do eletróforo de Volta. Utiliza o termo popular máquina de choque ao invés de Eletróforo de Volta. Não explica a polarização do canudo sem o papel alumínio. Não explica a eletrização por contato.

Tabela 04 - Resultados da avaliação conceitual referente ao experimento 01 (conclusão).

<b>Estudante</b>	<b>Experimento 01</b>
<b>04</b>	Explica eletrização por atrito. Explicita o processo de indução entre eletróforo e canudo com papel alumínio. Explica a eletrização por contato. Explica a indução eletrostática. Cita de maneira equivocada que o eletróforo está negativamente carregado. Explica de forma errônea o processo de eletrização do eletróforo de Volta.
<b>05</b>	Explica a eletrização por atrito entre a placa e a lã. Utiliza a série triboelétrica de forma adequada. Explica a polarização. Utiliza animações que melhoram muito o entendimento da explicação. Comete um equívoco ao explicar eletrização por contato. Explica de forma errônea a eletrização do eletróforo de Volta ao dizer que o mesmo se eletriza por contato.
<b>06</b>	Explica a eletrização por atrito. Cita a polarização na placa e a indução no eletróforo. Fala erroneamente que a lã tinha elétrons de cargas positivas. Explica com alguns equívocos a eletrização do eletróforo de Volta. Utiliza a palavra energia ao invés de cargas.
<b>07</b>	Não realizou o experimento.
<b>08</b>	Explica a eletrização por atrito entre a placa e a lã. Utiliza a série triboelétrica de forma adequada. Explica a eletrização por contato e a consequente repulsão. Explica de forma errônea a eletrização do eletróforo de Volta ao dizer que o mesmo se eletriza por contato.
<b>09</b>	Explica a eletrização por atrito Cita a polarização no canudo sem o papel alumínio e a indução na parte com o papel alumínio. Não explica o processo de eletrização do eletróforo de Volta. Não explica a eletrização por contato entre papel alumínio e eletróforo. Fala muito rápida atrapalha a explicação dos conceitos.

Fonte: O autor

### Avaliação atitudinal

A Tabela 05 traz os resultados da avaliação atitudinal referente ao experimento - 01.

Tabela 05 - Resultados da avaliação atitudinal referente ao experimento 01. (Continua)

<b>Estudante</b>	<b>Experimento 01</b>
<b>01</b>	A gravação permite uma boa visualização do experimento. Apresenta as ideias com clareza..
<b>02</b>	A gravação permite uma boa visualização do experimento. Apresenta as ideias com clareza.
<b>03</b>	Apresenta as ideias com clareza. A proximidade de uma janela dificulta a visibilidade do experimento.
<b>04</b>	A gravação permite uma boa visualização do experimento. Apresenta as ideias com clareza. A trilha sonora na parte da explicação fica um pouco alta em determinados momentos.
<b>05</b>	A gravação permite uma boa visualização do experimento. Apresenta as ideias com clareza. Utiliza ferramentas de edição que facilitam muito o entendimento da explicação.
<b>06</b>	A forma não centralizada com que prende o canudo atrapalha a visualização.

Tabela 05 - Resultados da avaliação atitudinal referente ao experimento 01. (Conclusão)

<b>Estudante</b>	<b>Experimento 01</b>
<b>07</b>	Não realizou o experimento.
<b>08</b>	A gravação permite uma boa visualização do experimento. Apresenta as ideias com clareza.
<b>09</b>	A gravação permite uma boa visualização do experimento. Fala acelerada dificulta o entendimento.

Fonte: o autor

## 4.2 Experimento – 02

A Tabela 06 traz os resultados da avaliação procedimental referente ao experimento — 02.

Tabela 06 - Resultados da avaliação procedimental referente ao experimento 02.

<b>Estudante</b>	<b>Experimento 02</b>
<b>01</b>	O estudante realizou o experimento de forma muito adequada.
<b>02</b>	Parte 1: realizada de forma adequada. Parte 2: não foi realizada.
<b>03</b>	Parte 1: realizada de forma adequada. Parte 2: não foi realizada.
<b>04</b>	Realizou o experimento de maneira adequada embora tenha tido uma pequena dificuldade no início da parte 1.
<b>05</b>	O estudante realizou o experimento de forma adequada.
<b>06</b>	Parte 1: realizada de forma adequada. Parte 2: não realizada.
<b>07</b>	Parte 1: realizada de forma adequada Parte 2: não realizada.
<b>08</b>	O estudante realizou o experimento de forma muito adequada.
<b>09</b>	O estudante realizou o experimento de forma muito adequada.

Fonte: o autor

## Avaliação conceitual

A Tabela 07 contém os resultados da avaliação conceitual, referente ao experimento 02.

Tabela 07 - Resultados da avaliação conceitual referente ao experimento 02. (Continua)

<b>Estudante</b>	<b>Experimento 2:</b>
<b>01</b>	Parte – 1 Explicou de forma adequada. Precisa deixar mais claro que quem movimenta é o elétron (cargas negativas). Utilizou magnetismo (ímãs) como exemplo. Parte 2: Explicação errada, cita uma possível absorção dos elétrons dos canudos pelalata. Cita erroneamente uma repulsão entre dois corpos supostamente neutros.
<b>02</b>	Parte 1 Explicou de forma clara, entretanto poderia ter trocado algumas palavras. Utilizou a palavra partícula enquanto o mais usual seria carga Utiliza o termo expeli ao invés de repele pra falar das forças entre cargas de mesmos sinais.

Tabela 07 - Resultados da avaliação conceitual referente ao experimento 02. (Conclusão)

<b>Estudante</b>	<b>Experimento 2:</b>
<b>03</b>	Utiliza, de forma repetida, o termo energia quando deveria utilizar cargas. Utiliza o termo energizado quando deveria utilizar eletrizado.
<b>04</b>	Citou a série triboelétrica falando sobre tendência de ganhar ou perder elétrons. Confunde-se algumas vezes no vídeo, no entanto, consegue fazer as correções. Na explicação da parte 2 poderia ter frisado que cargas iguais se repelem.
<b>05</b>	Explicação sucinta, porém bem feita. Não fala em força de atração Não explica o porquê o canudo fica negativamente carregado. Não explica totalmente o motivo da atração entre os canudos por não citar polarização do canudo neutro.
<b>06</b>	Utiliza o termo energia ao invés de carga Dificuldade em entender a explicação devida a fala estar com volume muito baixo.
<b>07</b>	Fala em repulsão e não em atração. Fala que o canudo fica menos positivo, não deixando claro que o canudo fica eletricamente negativo.
<b>08</b>	Explicação boa. Ao citar atração e repulsão fala em semelhantes se repelirem, quando deveria utilizar cargas iguais, ou de mesmo sinal, se repelem.
<b>09</b>	Fala que o canudo ficará cheio de cargas negativas quando deveria dizer que o mesmo está com excesso de cargas negativas. Não explica como acontece a separação das cargas na latinha Não explica o motivo da atração entre os canudos (polarização do canudo neutro)

Fonte: o autor

### Avaliação atitudinal

A Tabela 08 nos mostra os resultados da avaliação atitudinal referente ao experimento - 02.

Tabela 08 - Resultados da avaliação atitudinal referente ao experimento 02. (Continua)

<b>Estudante</b>	<b>Avaliação atitudinal</b>
<b>01</b>	O experimento ficou muito bem filmado com boa iluminação, assim como a explicação. Não apareceu o rosto da estudante e nem imagens de outras pessoas.
<b>02</b>	Utiliza um fundo branco para mostrar o canudo e o papel toalha o que dificulta a visualização.
<b>03</b>	Posiciona-se na frente da câmera de forma inteligente de forma a mostra a boca sem mostrar o rosto o que torna a explicação mais clara e possível de ser acessada por deficiente auditivo. Apostila atrapalha a visualização plena do experimento.
<b>04</b>	Mostra-se a vontade e seguro com a realização das gravações. Expõe o rosto na apresentação, o que pode ser solucionado com edição do vídeo.
<b>05</b>	Explica de forma sucinta e bastante segura. Não exhibe o rosto.
<b>06</b>	A voz muito baixa dificulta a compreensão
<b>07</b>	Apresenta as ideias com clareza Não exhibe o rosto. A gravação permite uma boa visualização do experimento.

Tabela 08 - Resultados da avaliação atitudinal referente ao experimento 02. (Conclusão)

<b>Estudante</b>	<b>Avaliação atitudinal</b>
<b>08</b>	Apresenta as ideias com clareza Não exhibe o rosto. A gravação permite uma boa visualização do experimento. Não mostra o processo de atrito entre papel toalha e canudo.
<b>09</b>	Apresenta as ideias com clareza Não exhibe o rosto. A gravação permite uma boa visualização do experimento. Coloca legenda no vídeo indicando qual experimento está sendo realizado.

Fonte: o autor

### 4.3 Experimento - 03

#### Avaliação procedimental

A Tabela 09 contém os resultados da avaliação procedimental, referente ao experimento três.

Tabela 09 - Resultados da avaliação procedimental referente ao experimento 03.

<b>Estudante</b>	<b>Experimento 03</b>
<b>01</b>	Realiza o experimento de forma adequada.
<b>02</b>	Realiza o experimento de forma adequada, entretanto não utiliza o canudo no pêndulo.
<b>03</b>	Realiza o experimento de forma adequada.
<b>04</b>	Realiza o experimento de forma adequada.
<b>05</b>	Realiza o experimento de forma adequada.
<b>06</b>	Realiza o experimento de forma adequada.
<b>07</b>	Realiza o experimento de forma adequada.
<b>08</b>	Realiza o experimento de forma adequada.
<b>09</b>	Realiza o experimento de forma adequada.

Fonte: o autor

A Tabela 10 traz os resultados da avaliação conceitual referente ao experimento — 03.

Tabela 10 - Resultados da avaliação conceitual referente ao experimento 03.

<b>Estudante</b>	<b>Experimento - 03</b>
<b>01</b>	Não explica o motivo da atração (Polarização do corpo neutro)
<b>02</b>	Faz uma boa explicação da atração, mas não aborda sobre Polarização.
<b>03</b>	Faz uma boa explicação da atração, mas não aborda sobre Polarização.
<b>04</b>	Faz uma boa explicação da atração, mas não aborda sobre Polarização.
<b>05</b>	Não explica o motivo da atração (Polarização do corpo neutro)
<b>06</b>	Cita erroneamente eletrização por contato e eletrização por indução. Fala em gerar elétrons. Trata o fio de lã como se fosse condutor. Não consegue explicar o fenômeno físico associado ao experimento.
<b>07</b>	Trata a polarização como se fosse indução falando que os elétrons vão para o lado oposto do canudo inicialmente neutro.
<b>08</b>	Faz uma boa explicação da atração, mas não aborda sobre Polarização.
<b>09</b>	Fala que o canudo está eletricamente negativo antes do atrito com o papel toalha. Não consegue explicar com clareza o fenômeno físico envolvido no experimento

Fonte: o autor

## Avaliação atitudinal

A Tabela 11 traz os resultados da avaliação atitudinal, referente ao experimento três.

Tabela 11 - Resultados da avaliação atitudinal referente ao experimento 03.

<b>Estudante</b>	<b>Experimento – 03</b>
01	Apresenta as ideias com clareza Não exhibe o rosto. A gravação permite uma boa visualização do experimento.
02	Apresenta as ideias com clareza Não exhibe o rosto. Realiza o experimento com a lã para solucionar o problema de não estar conseguindo realizar com o canudo pendurado. A visualização do canudo sobre a toalha branca fica prejudicada.
03	Apresenta as ideias com clareza Não exhibe o rosto. Mostra a parte da montagem do pêndulo.
04	Apresenta as ideias com clareza. Mostra o rosto durante as filmagens A visualização fica um pouco prejudicada pela luminosidade do ambiente. Utiliza o vídeo para enviar mensagem ao professor sobre outro experimento.
05	Apresenta as ideias com clareza. Explicação bastante sucinta. Não exhibe o rosto
06	Não exhibe o rosto O processo de atrito entre canudo e papel toalha não é mostrada com clareza.
07	Apresenta as ideias com clareza. Não exhibe o rosto
08	Apresenta as ideias com clareza Não exhibe o rosto. A gravação permite uma boa visualização do experimento. Não mostra o processo de atrito entre o canudo e o papel toalha.
09	Não exhibe o rosto. A gravação permite uma boa visualização do experimento. Coloca uma legenda no vídeo indicando qual experimento está sendo realizado.

Fonte: o autor

## 4.4 Experimento - 04

### Avaliação procedimental

A Tabela 12 traz os resultados da avaliação procedimental, referente ao experimento — 04.

Tabela 12 - Resultados da avaliação procedimental referente ao experimento 04. (Continua)

<b>Estudante</b>	<b>Experimento 04</b>
01	Realiza o experimento de forma adequada.
02	Realiza o experimento de forma adequada.
03	Realiza o experimento de forma adequada.
04	Realiza o experimento de forma adequada.
05	Realiza o experimento de forma adequada.
06	Realiza o experimento de forma adequada.

Tabela 12 - Resultados da avaliação procedimental referente ao experimento 04. (Conclusão)

Estudante	Experimento 04
07	Realiza o experimento de forma adequada.
08	Realiza o experimento de forma adequada.
09	Realiza o experimento de forma adequada.

Fonte: o autor

### Avaliação conceitual

A Tabela 13 contém os resultados da avaliação conceitual, referente ao experimento — 04.

Tabela 13 - Resultados da avaliação conceitual referente ao experimento 04.

Estudante	Experimento – 04
01	Faz uma boa explicação da atração, se aproxima da explicação de polarização ao dizer que não há separação de cargas na água, no entanto, não cita e nem explica a polarização de fato.
02	Faz uma explicação da razoável do fenômeno, mas não aborda sobre Polarização. Fala erroneamente em separação de cargas na água.
03	Utiliza o termo energia quando deveria utilizar cargas. Utiliza o termo energizado quando deveria utilizar eletrizado.
04	Não explica corretamente o fenômeno.
05	Faz uma boa explicação da atração, mas não aborda sobre Polarização. Fala em colocar a bexiga em contato com a água quando na verdade trata-se apenas de aproximar.
06	Não explica corretamente o fenômeno. Fala em superfícies em contato. Fala de materiais com apenas uma carga positiva e uma negativa.
07	Faz uma boa explicação da atração, mas não aborda sobre Polarização.
08	Faz uma boa explicação da atração, mas não aborda sobre Polarização.
09	Faz uma boa explicação da atração, mas não aborda sobre Polarização.

Fonte: o autor

### Avaliação atitudinal

A Tabela 14 nos mostra os resultados da avaliação atitudinal, referente ao experimento — 04.

Tabela 14 - Resultados da avaliação atitudinal referente ao experimento 04. (Continua)

Estudante	Experimento – 04
01	Apresenta as ideias com clareza A gravação permite uma boa visualização do experimento. Realiza um experimento extra com base no tutorial do professor.
02	Apresenta as ideias com clareza. Informalidade ao usar uma criança em seu experimento. O fundo não permite uma boa visualização do filete de água.
03	Apresenta as ideias com clareza A gravação permite uma boa visualização do experimento.
04	A visualização fica um pouco prejudicada pelo ângulo da filmagem e o fundo branco. Mostra o rosto durante as filmagens

Tabela 14 - Resultados da avaliação atitudinal referente ao experimento 04. (Conclusão)

<b>Estudante</b>	<b>Experimento – 04</b>
<b>05</b>	Apresenta as ideias com clareza. Explicação bastante sucinta.
<b>06</b>	A gravação permite uma boa visualização do experimento. Não mostra o rosto durante as filmagens Informalidade ao usar um cachorro em seu experimento.
<b>07</b>	Apresenta as ideias com clareza. Informalidade ao usar uma criança em seu experimento. O fundo não permite uma boa visualização do filete de água.
<b>08</b>	Apresenta as ideias com clareza. O fundo não permite uma boa visualização do filete de água.
<b>09</b>	Apresenta as ideias com clareza. O fundo não permite uma boa visualização do filete de água. Informalidade ao usar uma criança em seu experimento.

Fonte: o autor

Após a primeira avaliação foi possível diagnosticar algumas dificuldades que os estudantes tiveram. A análise destas respostas pautou as atividades de ensino visando à preparação para a segunda avaliação.

#### **4.5 Resultados da 2ª avaliação através de explicações em vídeo.**

Apresentamos nesta seção os resultados obtidos na avaliação das novas explicações em vídeos realizadas pelos estudantes.

#### **Avaliação procedimental**

Ao fazermos a análise procedimental inicial dos 4 experimentos realizados pelos 9 estudantes pudemos perceber que a grande maioria havia seguido o procedimento correto. Desta forma para a segunda avaliação estes casos não precisaram realizar mudanças no procedimento experimental.

No experimento 01, um dos estudantes relatou não ter conseguido realizar o mesmo dentro do tempo hábil para a primeira avaliação. Este estudante realizou o experimento 01 apenas após a intervenção e procedimentalmente realizou de forma bastante adequada.

Quanto ao experimento 02, alguns estudantes não haviam realizado a segunda parte deles, após a intervenção eles realizaram seguindo o procedimento adequado. Ainda sobre o experimento 02 um dos estudantes havia realizado o mesmo sem o canudo pendurado ao pêndulo e mesmo após intervenção o estudante manteve desta forma. Porém este pequeno equívoco

no procedimento não atrapalhou a avaliação conceitual, uma vez que, ao realizar com o barbante está se manteve inalterada.

### Avaliação conceitual

As Tabelas que seguem são referentes a avaliação conceitual dos estudantes, para tanto fizemos uma comparação entre os primeiros vídeos produzidos por eles e os vídeos produzidos após a intervenção.

Tabela 15 - Análise da evolução conceitual do estudante 01.

Estudante 01	Houve retrocesso	Não houve evolução	Evolução plausível	Evolução significativa
Polarização			X	
Indução eletrostática				X
Eletrização por atrito		X		
Eletrização por indução			X	
Eletrização por contato		X		

Fonte: o autor.

Tabela 16 - Análise da evolução conceitual do estudante 02.

Estudante 02	Houve retrocesso	Não houve evolução	Evolução plausível	Evolução significativa
Polarização				X
Indução eletrostática				X
Eletrização por atrito			X	
Eletrização por indução			X	
Eletrização por contato			X	

Fonte: o autor

Tabela 17 - Análise da evolução conceitual do estudante 03.

Estudante 03	Houve retrocesso	Não houve evolução	Evolução plausível	Evolução significativa
Polarização			X	
Indução eletrostática		X		
Eletrização por atrito			X	
Eletrização por indução			X	
Eletrização por contato			X	

Fonte: o autor

Na primeira versão dos experimentos o estudante 03 utilizava erroneamente os termos energizado e energia em detrimento aos termos eletrizado e cargas elétricas. Na segunda versão, o estudante passou a utilizar os termos adequados.

Tabela 18 - Análise da evolução conceitual do estudante 04.

<b>Estudante 04</b>	<b>Houve retrocesso</b>	<b>Não houve evolução</b>	<b>Evolução plausível</b>	<b>Evolução significativa</b>
<b>Polarização</b>				X
<b>Indução eletrostática</b>				X
<b>Eletrização por atrito</b>			X	
<b>Eletrização por indução</b>				X
<b>Eletrização por contato</b>			X	

Fonte: o autor

Tabela 19 - Análise da evolução conceitual do estudante 05.

<b>Estudante 05</b>	<b>Houve retrocesso</b>	<b>Não houve evolução</b>	<b>Evolução plausível</b>	<b>Evolução significativa</b>
<b>Polarização</b>				X
<b>Indução eletrostática</b>			X	
<b>Eletrização por atrito</b>			X	
<b>Eletrização por indução</b>				X
<b>Eletrização por contato</b>				X

Fonte: o autor

Tabela 20 - Análise da evolução conceitual do estudante 06.

<b>Estudante 06</b>	<b>Houve retrocesso</b>	<b>Não houve evolução</b>	<b>Evolução plausível</b>	<b>Evolução significativa</b>
<b>Polarização</b>		X		
<b>Indução eletrostática</b>			X	
<b>Eletrização por atrito</b>			X	
<b>Eletrização por indução</b>		X		
<b>Eletrização por contato</b>		X		

Fonte: o autor.

Tabela 21 - Análise da evolução conceitual do estudante 07.

<b>Estudante 07</b>	<b>Houve retrocesso</b>	<b>Não houve evolução</b>	<b>Evolução plausível</b>	<b>Evolução significativa</b>
<b>Polarização</b>			X	
<b>Indução eletrostática</b>			X	
<b>Eletrização por atrito</b>			X	
<b>Eletrização por indução</b>				
<b>Eletrização por contato</b>				

Fonte: o autor.

A estudante 07 não realizou a primeira versão do experimento 01 alegando não ter conseguido sucesso, desta forma não há como avaliar uma possível evolução nos conceitos de eletrização por indução e, eletrização por contato presentes apenas no experimento 01. Ambos os conceitos são citados na versão final do experimento 01 com relativa assertividade.

Tabela 22 - Análise da evolução conceitual do estudante 08.

<b>Estudante 08</b>	<b>Houve retrocesso</b>	<b>Não houve evolução</b>	<b>Evolução plausível</b>	<b>Evolução significativa</b>
<b>Polarização</b>				X
<b>Indução eletrostática</b>				X
<b>Eletrização por atrito</b>				X
<b>Eletrização por indução</b>			X	
<b>Eletrização por contato</b>			X	

Fonte: o autor.

Tabela 23 - Análise da evolução conceitual do estudante 09.

<b>Estudante 09</b>	<b>Houve retrocesso</b>	<b>Não houve evolução</b>	<b>Evolução plausível</b>	<b>Evolução significativa</b>
<b>Polarização</b>			X	
<b>Indução eletrostática</b>			X	
<b>Eletrização por atrito</b>			X	
<b>Eletrização por indução</b>				X
<b>Eletrização por contato</b>			X	

Fonte: o autor

### Avaliação atitudinal

Nesta segunda avaliação procuramos verificar se houve ou não, evoluções atitudinais na elaboração das explicações em vídeos referentes aos quatro experimentos. Categorizamos esta evolução em: Evolução significativa; Evolução plausível; não houve evolução e houve retrocesso.

Tabela 24 - Avaliação da evolução atitudinal dos estudantes.

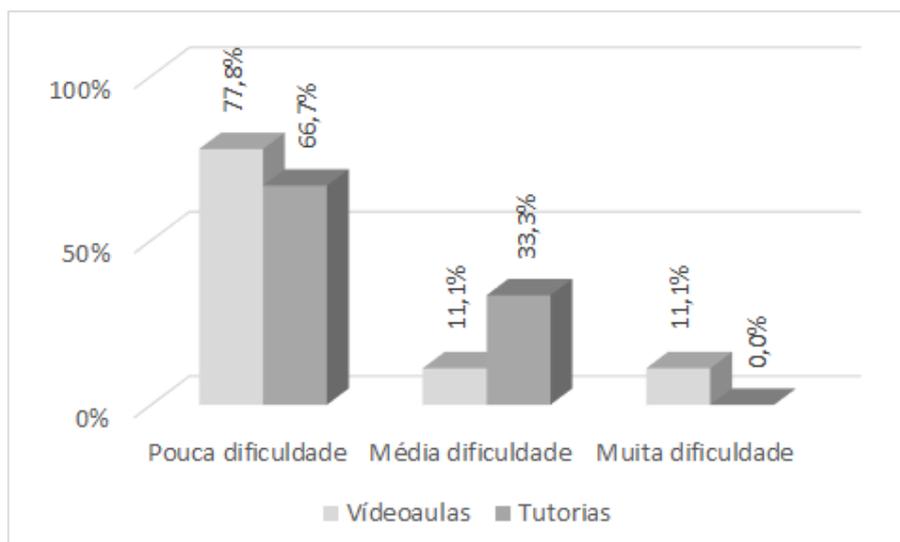
Estudante	Houve retrocesso	Não houve evolução	Evolução plausível	Evolução significativa
01			X	
02			X	
03			X	
04				X
05				X
06			X	
07		X		
08			X	
09				X

Fonte: o autor.

#### 4.6 Resultados do questionário respondido pelos estudantes, referente às etapas da pesquisa.

Os estudantes avaliaram através de um questionário vários quesitos referentes a esta ação de ensino. O instrumento de coletas tinha respostas múltiplas que foram agrupadas em: pouca dificuldade, média dificuldade e muita dificuldade.

As respostas referentes às questões “Entender as explicações das videoaulas” e “Entender as explicações, em vídeos, de como realizar os experimentos” estão apresentadas no Gráfico - 01.

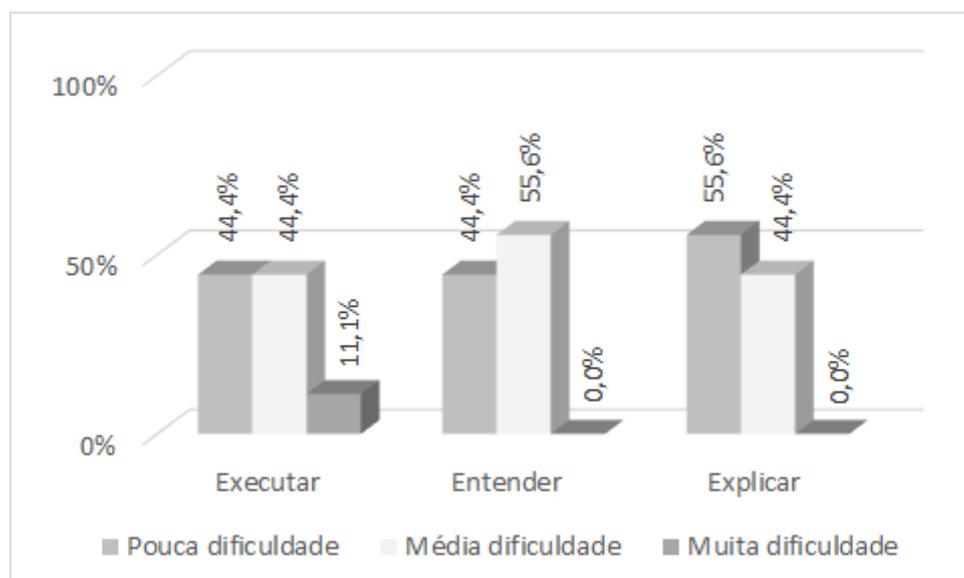


**Gráfico 01** – Respostas referentes às questões “Entender as explicações das videoaulas” e “Entender as explicações, em vídeos, de como realizar os experimentos”

Fonte: o autor

As respostas dos estudantes mostram que eles tiveram pouca dificuldade entender as aulas e os tutoriais em vídeo.

O Gráfico - 02 traz as opiniões dos estudantes sobre a dificuldade em “Executar os experimentos”, “Entender os fenômenos físicos envolvidos em cada um dos experimentos” e “Explicar, em vídeo, os fenômenos físicos envolvidos em cada experimento”.



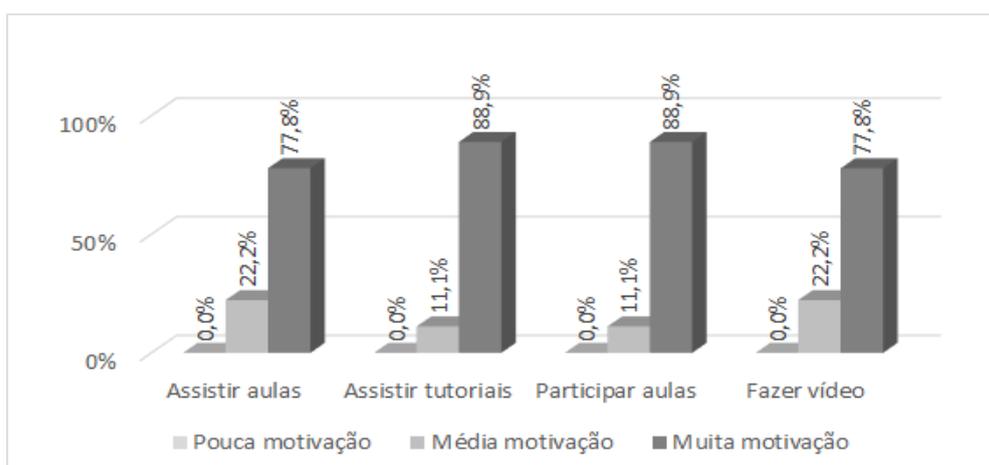
**Gráfico 02** – Respostas referentes às questões “Executar os experimentos”, “Entender os fenômenos físicos envolvidos em cada um dos experimentos” e “Explicar, em vídeo, os fenômenos físicos envolvidos em cada experimento”.

Fonte: o autor.

Nos vídeos é possível verificar que todos os estudantes executam os experimentos de forma adequada. Entretanto apenas 44,4% responderam que tiveram este nível de dificuldade.

Utilizamos o questionário para avaliar a motivação dos estudantes. Mantendo o formato de análise, classificamos as respostas dos estudantes em pouca motivação, média motivação e muita motivação.

O gráfico - 03 traz as respostas dos estudantes sobre a motivação que eles tiveram em: “Assistir as videoaulas”; “Assistir os tutoriais explicativos de como realizar os experimentos”; “Participar das aulas remotas para tirar as dúvidas com o professor” e “Fazer o vídeo para explicar os fenômenos físicos de cada experimento”.



**Gráfico 03** - Respostas referentes às questões: “Assistir as videoaulas”; “Assistir os tutoriais explicativos de como realizar os experimentos”; “Participar das aulas remotas para tirar as dúvidas com o professor” e “Fazer o vídeo para explicar os fenômenos físicos de cada experimento”.

Fonte: o autor

Os estudantes ainda responderam questões abertas relacionadas ao estudo de eletrização desta forma.

As respostas dos estudantes em relação a questão “Escreva tudo que você NÃO GOSTOU durante o estudo de eletrização da forma como foi feito” encontram-se na Tabela 25.

Tabela 25 - respostas dos estudantes em relação a questão “Escreva tudo que você NÃO GOSTOU durante o estudo de eletrização da forma como foi feito”

<b>EA</b>	Gostaria de ter tido menos trabalho braçal e mais mental (exercícios) por conta do Enem e vestibulares.
<b>EB</b>	Ficou um pouco confuso sobre qual material tem mais facilidade de ceder elétrons, por conta de alguns desses serem mais difíceis de achar na Tabela da série triboelétrica.
<b>EC</b>	Gostei de tudo
<b>ED</b>	Do resultado não-imediato de alguns experimentos (que eventualmente foram concluídos).
<b>EE</b>	Gostei de todo o experimento, porém senti dificuldade na parte de filmagem, melhor local, melhor ângulo e ter que editar posteriormente. Mas no final deu tudo certo.
<b>EF</b>	Infelizmente tivemos intempéries climáticas que nos impediram em demasia da realização do projeto, me levando a crer que não conseguiria realizá-lo.
<b>EG</b>	Achei a matéria interessante, logo, compreendi com facilidade
<b>EH</b>	Oq eu não gostei mt foi q é meio complicada a matéria, mas é mt bom
<b>EI</b>	O principal fator que desgostei foi a explicação dos fenômenos dos experimentos, visto que eu não consegui ser detalhista o suficiente, nem ter convicção certa se o que estava falando estava de fato correto.

Nota: As frases estão apresentadas exatamente como foram escritas pelos estudantes

Fonte: o autor.

O estudante A parece trazer um sentimento de reivindicação de aulas que atendam de forma direta as demandas dos processos seletivos para entrada nas universidades.

Com relação a questão “Escreva tudo que você GOSTOU durante o estudo de eletrização da forma como foi feito” trouxe aspectos interessantes. A Tabela 26 nos mostra as respostas dos estudantes a esta questão.

Tabela 26 - respostas dos estudantes em relação a questão “Escreva tudo que você GOSTOU durante o estudo de eletrização da forma como foi feito”

<b>EA</b>	Eu entendi os processos pelos experimentos ao vivo
<b>EB</b>	A realização do experimentos que deram certos, foi importante para entender na prática como funciona a eletrização e a explicação do professor ficou bem entendível.
<b>EC</b>	A forma caprichosa do Guilherme em montar os kits e as aulas em vídeo, as experiências em geral que trouxeram um acréscimo em conhecimento Aprendizagem de uma forma mais dinâmica, "lúdica" e interativa.
<b>ED</b>	Gostei de como estudamos a matéria, de cada experimento e de cada explicação que o professor nos ofereceu.
<b>EE</b>	Gostei de reproduzir os experimentos e ter que explicar os fenômenos de cada, assim aprendi muito mais, e tenho certeza que nunca vou esquecer essa matéria.
<b>EF</b>	A realização do projeto está sendo extremamente satisfatória e os experimentos são instigantes de se realizar.
<b>EG</b>	Da forma com que os corpos conversam entre si, e do processo de carregá-lo com diferentes cargas. As transmissões e ações dessas cargas em diferentes cenários
<b>EH</b>	Gostei de fazer, aprendi bastante, é diferente, não entendia direito, mas foi só pesquisando q ia entendendo.
<b>EI</b>	Gostei da prática, de observar o que estava acontecendo enquanto realizava o experimento e me surpreender com o resultado.

Nota: As frases estão apresentadas exatamente como foram escritas pelos estudantes  
Fonte: o autor

De forma geral os estudantes demonstraram um gosto forte por práticas experimentais, e o mais extraordinário foi que eles tiveram que resolver seus problemas sem que o professor ou seus pares fizesse para eles.

A Tabela 27 traz o resultado das sugestões apontadas pelos estudantes ao responderem a questão “Escreva suas sugestões para melhorar o ensino e a aprendizagem dos processos de eletrização”.

Tabela 27 - resultado das sugestões apontadas pelos estudantes ao responderem a questão “Escreva suas sugestões para melhorar o ensino e a aprendizagem dos processos de eletrização”.

<b>EA</b>	Além dos experimentos com materiais, seria possível uma maior diversidade de testeem algum programa de computador q simule outros experimentos.
<b>EB</b>	Quanto a ordem de mandar os vídeos, poderia ser feita pelos experimentos que conseguiu realizar primeiro ao invés de tirar no sorteio, pois alguns desses dependem do tempo e a umidade do ar para realizar.
<b>EC</b>	Gostei de tudo, acho que apenas precisamos ter mais prática c os equipamentosutilizados e a colaboração do clima kkk
<b>ED</b>	Nada a acrescentar.
<b>EE</b>	Fazermos os experimentos juntos, na escola é filmarmos lá da próxima, assim que asaulas voltarem.
<b>EF</b>	Creio que o único deslize acontecido tenha sido o incidente com o columboscópio, apesar de ser algo pequeno, complicou bastante a realização do projeto.
<b>EG</b>	Da forma com que os corpos conversam entre sí, e do processo de carrega-lo com diferentes cargas. As transmissões e ações dessas cargas em diferentes cenários
<b>EH</b>	Continuar assim msm, pois está muito bom.
<b>EI</b>	A realização de algumas atividades de teórica para reforçar ainda mais

Nota: As frases estão apresentadas exatamente como foram escritas pelos estudantesFonte: o autor.

O estudante A faz uma sugestão relevante referente a simulação, uma observação pertinente e adequada para o ensino de eletrostática tendo em vista ser um tema bastante abstrato. O estudante EF lamenta o não funcionamento do Coulomboscópio, o que realmente trouxe um prejuízo nesta atividade de ensino.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Realizar práticas experimentais na modalidade de ensino presencial, com turmas reduzidas e com laboratórios bem estruturados não é uma tarefa tão difícil. Realizar práticas experimentais com aparatos de baixo custo e de forma remota é uma atividade extremamente complexa. Mesmo com todas as adversidades no percurso consideramos que a atividade de ensino aqui estudada foi inovadora e relevante. Inovadora por ter conseguido, com relativo sucesso, a execução de práticas experimentais de forma remota. Relevante por dar a dimensão da complexidade deste tipo de atividade e por trazer uma alternativa de avaliação, através de explicações em vídeos, adequada ao ensino remoto e possível também no ensino presencial.

Com relação à avaliação procedimental, o relativo sucesso atingido, indica que é sim possível realizar experimentos na forma remota. Dentre os nove estudantes apenas um não conseguiu realizar o experimento 01 no primeiro momento, mas conseguiu para a segunda etapa.

Conceitualmente também tivemos um resultado satisfatório. Nos conceitos de: polarização, indução eletrostática e eletrização por atrito 88,9% dos estudantes apresentaram algum tipo de evolução (plausível ou significativa). A respeito da eletrização por indução 77,8% mostraram evolução. E por fim com relação a eletrização por contato em 66,7% dos casos houve evolução. Importante ressaltar que em nenhuma das explicações em vídeos houve retrocesso conceitual.

Os dados coletados nos resultados nos sugerem uma relação com o número de experimentos em que o conceito aparece. Os fenômenos da eletrização por atrito e polarização estão presentes em todos os quatro experimentos. Enquanto o fenômeno da eletrização por contato, que teve menor índice de evolução, está presente em apenas um.

Ao analisar as explicações em vídeos sob a ótica atitudinal, foi possível perceber que a grande maioria dos estudantes (88,9%) tiveram algum tipo de evolução. Acreditamos ter sido um resultado relevante, visto que o quesito atitudinal está diretamente ligado ao empenho dos estudantes em regravar as explicações. Em um mundo cada vez mais tecnológico e conectado esse

resultado mostra que os estudantes souberam levar a sério as explicações em vídeos, algo que pode se tornar corriqueiro em breve.

Dentre as dificuldades enfrentadas devemos destacar o clima. Para a realização dos experimentos aqui propostos a umidade do ar se mostrou um fator complicador. A solução foi realizar os experimentos em dias e horários com menor umidade, o que acabou mudando em alguns momentos o planejamento.

Outra dificuldade encontrada foi com relação ao uso do Coulomboscópio. Da forma que o nosso Coulomboscópio foi projetado poderia ter sido usado em todos os experimentos para detectar qual o sinal da carga presente nos objetos. No entanto, ao realizar alguns testes e tocar a antena com um material condutor carregado, o circuito foi danificado. Uma possível solução é a de proteger o circuito com dois diodos Zener (15V) em série entre si, com polaridades opostas, e com as extremidades conectadas nos terminais da porta (G) e fonte (S) do MOESFET. E ainda com a possibilidade de inserção de uma resistência de alto valor entre a porta e antena.

Acreditamos que este trabalho contribuirá para a implementação de práticas experimentais de forma remota nos moldes apontados por Silva, Pedroso e Pinto (2020), ou seja, com aparatos experimentais construídos pelos professores que vão utilizar em suas aulas ou pelos estudantes.

Apontamos como possibilidade de trabalhos no futuro a utilização de práticas experimentais na forma remota abordando outros fenômenos físicos nos três anos do ensino médio. É possível realizar experimentos de baixo custo, fácil aquisição, fácil montagem, e fácil execução o que facultaria aos estudantes na sua própria residência realizar atividades experimentais propiciando a construção de um conhecimento mais significativo.

A Avaliação feita através de explicações em vídeo mostrou-se muito relevante na modalidade de ensino na forma remota tendo em vista que as avaliações escritas com as atuais facilidades de comunicação entre os estudantes não são avaliações totalmente confiáveis. Acreditamos que este formato de avaliação pode contribuir de forma significativa para qualidade do ensino na forma remota e a distância. Implementar avaliações dos estudantes do ensino médio utilizando a ferramenta da explicação em vídeo pode ser uma

grande alternativa para novas pesquisa sobre avaliação do ensino não presencial.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, M. L. F.; MASSABNI, V.G. **O desenvolvimento de atividades práticas na escola: um desafio para os professores de ciências.** Ciênc. educ. (Bauru), v.17, n.4, p.835-854, 2011. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-73132011000400005&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132011000400005&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 21 out. 2020.  
<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132011000400005>.
- ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. (2003). Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades. **Revista Brasileira de Ensino da Física**, v.25 n.2, p.176 — 194. Disponível em:  
[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-11172003000200007&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172003000200007&lng=en&nrm=iso). Acesso 21 de out. de 2020.
- ASSIS, A. K. T. **Os fundamentos experimentais e históricos da eletricidade.** São Paulo: Livraria da Física, 2011.
- BARBOSA, E. F.; MOURA, D. G. **Metodologias ativas de aprendizagem na Educação Profissional e Tecnológica.** B. Tec. Senac, Rio de Janeiro, v.39, n.2, pg. 448-67, maio/ago. 2013.
- BARSEGHIAN, T. **Three trends that define the future of teaching and learning.** 2011. Disponível em: <http://blogs.kqed.org/mindshift/2011/ther-trendsthat-define-the-futur-of-traching-and-learning>. Acesso em 20 out. 2020.
- BOSS, Sérgio Luiz Bragatto; CALUZI, João José. **Os conceitos de eletricidade vítrea e eletricidade resinosa segundo Du Fay.** Rev. Bras. Ensino Fís., São Paulo , v. 29, n. 4, p. 635-644, 2007 . Disponível em  
[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-11172007000400023&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172007000400023&lng=en&nrm=iso). Acesso em 10 Jan. 2021.  
<https://doi.org/10.1590/S1806-11172007000400023>.
- FERNANDES, D. **Avaliar para aprender: fundamentos, práticas e políticas.** São Paulo: Editora UNESP, 2009.
- FILATRO, A.; CAVALCANTI, C. C. **Metodologias inovativas na educação presencial, a distância e corporativa.** São Paulo: Saraiva Educação, 2018.
- FILIPECKI, A. T.; BARROS, S. S. Uma nova estratégia para o laboratório de Física no 2º grau: elaboração de vídeos pelos estudantes. In: **ENPEC, ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, II, 1999, Valinhos. Atas...** (CD-ROM) Porto Alegre: ABRAPEC, 1999.
- Física Ilustrada** < <http://fisicailustrada.blogspot.com/>> imagens disponíveis em:  
<http://fisicailustrada.blogspot.com/2017/02/eletrizacao.html> acesso 27 out 2020.
- HEWITT, P. G. **Física conceitual.** 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- LUCKESI, C. **Avaliação da aprendizagem escolar: estudos e proposições.** Cortez Editora, 22a. ed. São Paulo: Cortez Editora, 2012.

MEDEIROS, A. As Origens Históricas do Eletroscópio. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo, v.24, n.3, p.353-361, setembro. 2002. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-11172002000300013&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172002000300013&lng=en&nrm=iso)>. acesso on acessado em 21 de outubro 2020.

MEDEIROS, A., LIMA JUNIOR, N., MONTEIRO JUNIOR, F. N. (2000). A coerência texto-imagem no estudo de eletróforos em livros didáticos de Física. In: **Atas do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física**, Florianópolis.

MEDEIROS, A. & LIMA JR, N. Identificando Pressupostos e Contextos de Validade em Experimentos com Eletroscópios. **VII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, UFSC**, Florianópolis, Março 2000.

MELLO, V. L. **Instrumentação para o Ensino de Física III**. – São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe, CESAD, 2011.

MORAN, J.M. Mudando a educação com metodologias ativas. **Coleção Mídias Contemporâneas. Convergências Midiáticas, Educação e Cidadania: aproximações jovens**. Vol. II. Foca Foto-PROEX/UEPG, 2015.

MUSSOI, Fernando Luiz Rosa; VILLAÇA, Marco Valério Miorrim. Capacitores. **Apostila do Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina**. Gerência Educacional de eletrônica. 3ª Edição. Florianópolis, 2000.

NOBREGA, P. P.; DAVID, P. B.; SILVA, A. S. R. Sala de aula invertida e fatores intervenientes da aprendizagem: experiência em uma Instituição federal de ensino superior com uma turma de alunos de graduação. **Revista Científica de Educação a Distância**, v. 10, n. 18, 2018.

PAVANELO, E.; LIMA, R. **Sala de Aula Invertida: a análise de uma experiência na disciplina de Cálculo I**. Bolema, Rio Claro, v. 31, n. 58, p. 739-759, Aug. 2017. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-636X2017000200739&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-636X2017000200739&lng=en&nrm=iso). Acesso em 21 de out de 2020. <https://doi.org/10.1590/1980-4415v31n58a11>.

PEDROSO, L. S; PEDROSO, M. L. S.; COSTA; G. A. da. Construção e Validação de um Coulomboscópio de Baixo Custo - CBC. IN: **XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física — SNEF**, 2017, São Carlos. Anais... São Carlos, 2017. p.1-7.

PEIXOTO, A, G. O Uso de metodologias ativas como ferramenta de potencialização de aprendizagem de diagramas de caso de uso. **Revista Espacios** v.40 n. 23 p. 18. Ano 2019..

PEIXOTO, A. G. PEIXOTO, A.G. **O uso de metodologias ativas como ferramenta de potencialização da aprendizagem de diagramas de caso de uso**. Periódico científico outras palavras. Brasília, v. 12, n. 2, 2016.

PINTO, K, L DOS S, P; SILVA, A, P, B da; PINTO J, A, F. Entre o planejamento e a execução: desafio de uma abordagem histórica para ensinar eletrostática. **Experiências em Ensino de Ciências** v.13, n.4 2018

**Portal do professor** < <http://portaldoprofessor.mec.gov.br> > imagem disponível em: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=4782> acesso 22 jan 2021.

QUEIROZ, A. C. Máquinas Eletrostáticas. Disponível em:  
<https://www.coe.ufrj.br/~acmq/eletrostatica.html>. Acesso 22 jan 2021.

RODITI, I. **Dicionário Houaiss de Física**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2005.

SILVA, A. A. B; PEDROSO, L. S. e PINTO, J. A. O uso de práticas experimentais na formação de professores em tempos de pandemia: uma proposta de ensino que contempla a construção e utilização do fotogate para o estudo do movimento. IN. PEIXOTO, R. **Formação inicial e continuada de professores: políticas e desafios**. 1.ed. — Curitiba, PR: Bagai, 2020. Recursodigital. Disponível em: <https://bit.ly/3jE1JIZ>. Acesso em 13 de out 2020.

YOUNG, H; FREEDMAN, R. **Física III Eletromagnetismo**. 12ª Edição. Pearson Higher Education, 2010. ISBN: 9788588639348.

ZUCULA, A. F; ORTIGÃO, M, I R. Avaliação da aprendizagem e exame: uma revisão bibliográfica. **Educação Matemática na Contemporaneidade: desafios e possibilidades**. São Paulo — SP, 13 a 16 de julho de 2016.

## **APÊNDICE A - PRODUTOS ASSOCIADOS À DISSERTAÇÃO.**

Durante a realização deste trabalho foram desenvolvidos alguns produtos de ensino.

Entre os produtos desenvolvidos estão:

### **1. Videoaulas sobre eletrização**

#### **1.1 Aula – 01**

Disponível em: <https://youtu.be/ut4cLuhYBJ4>

#### **1.2 Aula – 02**

Disponível em: <https://youtu.be/XSqY3tjQzF4>

#### **1.3 Aula – 03**

Disponível em: <https://youtu.be/hGvyU3rHGdY>

#### **1.4 Aula – 04**

Disponível em: <https://youtu.be/zE1YxLCxK2k>

#### **1.5 Aula – 05**

Disponível em: <https://youtu.be/1d5joxGnJhw>

#### **1.6 Aula – 06**

Disponível em: <https://youtu.be/V2D1Z5qYS6k>

### **2. Tutoriais em vídeo sobre os experimentos de eletrização**

#### **2.1 Tutorial - Relacionado ao experimento 01**

Disponível em: <https://www.youtube.com/playlist?list=PLNqAiRYXM-wAD8izXJNWik48lmhvKZIkX>

#### **2.2 Tutoriais - Relacionado ao experimento 02**

Disponível em: <https://www.youtube.com/playlist?list=PLNqAiRYXM-wCluXwVL9jMiOVZ1PT-iri>

### **2.3 Tutorial - Relacionado ao experimento 03**

Disponível em: <https://www.youtube.com/playlist?list=PLNqAiRYXM-wAV1cCJbcmrouqoFjshned6>

### **2.4 Tutorial - Relacionado ao experimento 04**

Disponível em: <https://www.youtube.com/playlist?list=PLNqAiRYXM-wATeCymGxCrTtYEOBUh23Th>

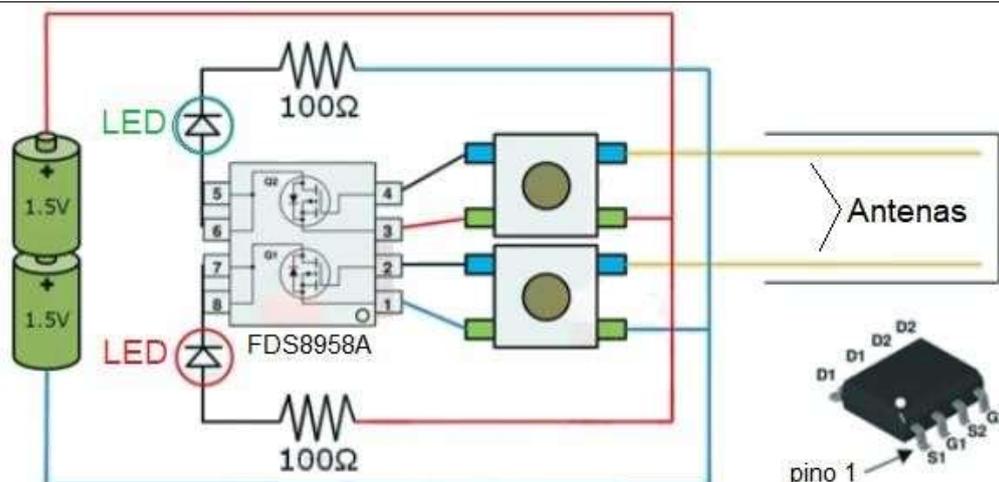
## **2 Construção do Coulomboscópio**

Descreveremos aqui como foi feita a montagem do Coulomboscópio proposto neste trabalho.

### **3.1 Esquema de montagem**

A construção do Coulomboscópio sugerido neste trabalho (CBC) é bastante simples, sendo necessários os materiais mostrados na figura 25, ou seja, um MOSFET FDS 8958A (transistores de efeito de campo que, diferentemente de transistores comuns, funciona como um comutador controlado por tensão). que será usado como uma chave, sendo responsável por caracterizar a interação entre o campo elétrico do objeto eletrizado e os LEDs, cabos de fios para se efetuar as conexões, um LED vermelho e um LED verde para indicação de campo elétrico positivo ou campo elétrico negativo, duas pilhas de 1,5 V, dois resistores de  $100 \Omega$  e dois botões do tipo *push botton*.

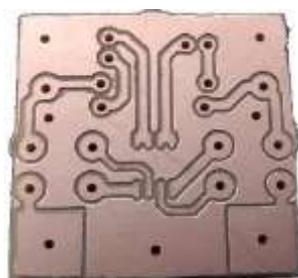
**Figura 25** - Circuito do Coulomboscópio



Fonte: o autor

Para esta dissertação foi construído uma placa de circuito impresso com a finalidade de tornar o aparato ainda mais fácil de manipular pelos estudantes, conforme a figura 26.

**Figura 26** - Placa do circuito do Coulomboscópio



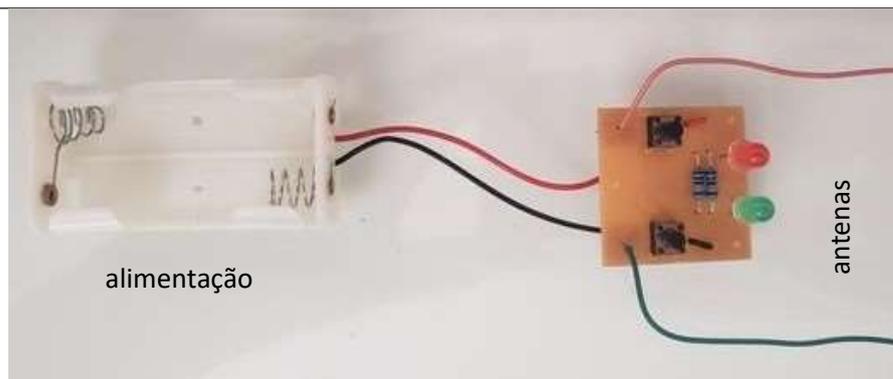
Fonte: o autor

**Figura 27** - Montagem do Coulomboscópio



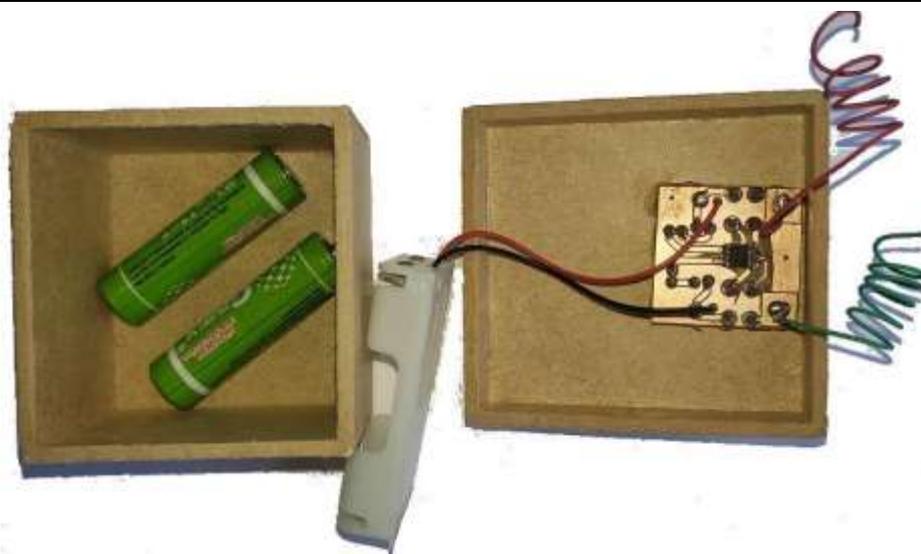
Fonte: o autor

**Figura 28** - Montagem do Coulomboscópio



Fonte: o autor

**Figura 29** - Montagem do Coulomboscópio na caixa



Fonte: o autor

### 3.2 Funcionamento do Coulomboscópio

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=kv0c3zJB4-o>

## 4. Artigos escritos durante a realização da pesquisa

Durante a realização desta pesquisa produzimos dois artigos (Mestrando com os orientadores) que estão sendo publicados na forma de capítulos de livros:

- 1- **Construção e validação de um Coulomboscópio de baixo custo.** No livro: Ciências Exatas e da Terra: Exploração e Qualificação de Diferentes Tecnologias 4. Ponta Grossa — PR. Ed. Atenas. 2021.

páginas. 64-76. Disponível em: <https://www.atenaeditora.com.br/post-ebook/3771>. Visitado em: 20/01/2021.

## 2- **Experimentação na forma remota em tempo de distanciamento**

**social: Uma abordagem sobre os processos de eletrização.** No livro: Práticas Experimentais para o Ensino de Ciência: Construindo alternativas adequadas à realidade educacional brasileira. Ed. Bagai. 2021. 12 páginas. <https://editorabagai.com.br/product/praticas-experimentais-para-o-ensino-de-ciencia-construindo-alternativas-adequadas-a-realidade-educacional-brasileira/>. Disponível em: [https://drive.google.com/file/d/1t67RGWCK\\_i-NAyZaeYwsUs8zhUizFGMh/view](https://drive.google.com/file/d/1t67RGWCK_i-NAyZaeYwsUs8zhUizFGMh/view) Visitado em: 31/01/2021.