

CONSTRUÇÃO E VIVÊNCIA DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO UTILIZANDO EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO NO ENSINO DE ELETRIZAÇÃO

DEVELOPMENT AND EXPERIENCE OF A TEACHING SEQUENCE USING LOW-COST EXPERIMENTS IN ELECTRICITY EDUCATION

Bianca de Melo Guimarães

bmg@discente.ifpe.edu.br

Pedro Henrique Avelino de Andrade

pedro.andrade@pesqueira.ifpe.edu.br

RESUMO

Neste artigo buscamos relatar e desenvolver uma sequência didática na área da eletrostática, aplicada e analisada através de uma vivência em sala de aula, realizada na turma do 5º período de ensino médio integrado de Edificações do IFPE - campus Pesqueira. Tendo como foco a investigação e análise de como a implementação de experimentos confeccionados com materiais de baixo custo, contribui para o processo de aprendizagem dos alunos de física no ensino médio. Para embasar esta proposta, foi desenvolvida uma oficina experimental, de caráter quali-quantitativo, ancorada na interseção entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), com o objetivo principal de evidenciar por meio de demonstrações experimentais os fenômenos de eletrização (por atrito, contato e condução) e a Lei de Coulomb, e mediante disso, desenvolver uma sequência de ensino. Um aspecto central da nossa análise consiste em avaliar o impacto desses recursos didáticos alternativos no desempenho dos estudantes, em relação ao conteúdo abordado, visando, com isso, aprimorar a sequência didática com base nos resultados observados.

Palavras-chave: Ensino de Física, Fenômenos de eletrização, Experimentos de baixo custo, CTSA.

ABSTRACT

In this article we seek to report and develop a didactic sequence in the area of electrostatics, through classroom experience, applied in the 5th period of integrated high school in Buildings at IFPE - Pesqueira campus. Focusing on the investigation

and analysis of how the implementation of experiments made with low-cost materials contributes to the learning process of physics students in high school. To support this proposal, an experimental workshop was developed, of a qualitative and quantitative nature, anchored at the intersection between Science, Technology, Society and Environment (CTSA), with the main objective of highlighting, through experimental demonstrations, the phenomena of electrification (by friction, contact and conduction) and Coulomb's Law, and through this, develop a teaching sequence. A central aspect of our analysis consists of evaluating the impact of these alternative teaching resources on student performance, in relation to the content covered, with the aim of improving the teaching sequence based on the results observed.

Keywords: Physics Education, Electrification Phenomena, Low-Cost Experiments, STSE (Science, Technology, Society, and Environment)

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho de conclusão de curso (TCC) apresenta a pesquisa desenvolvida pela autora com a proposta da criação de uma sequência de ensino (SE) para ensino médio, aplicada e analisada através de uma vivência em sala de aula, realizada na turma do 5º período de ensino médio integrado de Edificações do IFPE - campus Pesqueira. Tendo como tema o uso de experimentação de baixo custo no ramo da eletricidade, mais especificamente, processos de eletrização (por atrito, contato e condução) e lei de Coulomb.

Um dos ramos da física chama-se Eletricidade, ao estudar esse assunto, podemos destacar a eletrostática, caracterizado pelo estudo das cargas elétricas, com isso podemos destacar a eletrização, nome dado ao processo físico responsável pela transferência de cargas elétricas entre os corpos. Um exemplo deste fenômeno é quando atritamos (esfregamos) certos materiais como pente no cabelo, estes adquirem a propriedade de atrair pequenos pedaços de papel ou lã (MELLO, 2011). Existem três tipos de eletrização, além do atrito, tem por contato e indução. Outro tópico que pode ser abordado é a energia elétrica (lei de Coulomb). Logo, surge-se a ideia de uma sequência didática para estes assuntos.

Como o próprio tema sugere, nos apropriamos de alguns artifícios, tais como o uso da experimentação no ensino da eletrização. Por conveniência será utilizado materiais de baixo custo e/ou recicláveis, uma vez que são simples de serem trabalhados, e de fácil aquisição (WISNIEWSKI, 1990), o que nos permite trabalhar com um leque de variedades nas aplicações e procedimentos da sequência de ensino, pensando também na minimização do impacto ambiental causado pelos objetos de estudo. Devemos também levar em consideração que a grande maioria das escolas públicas não disponibiliza um laboratório de física, e se possuem, não se adequa a todos os assuntos recorrentes.

Um dos principais pontos abordados por Carvalho (2010) em sua obra é na caracterização da modelagem pronta a qual os alunos são submetidos, conhecido como "receita de cozinha", onde o aluno apenas segue um passo a passo pronto pré-estabelecido. Esse tipo de abordagem pode ter um impacto relativamente negativo no desempenho do aluno, pensando nisso, cria-se uma necessidade de um

plano de aula mais interativo entre aluno-assunto, dando-lhe um pouco mais de liberdade e autonomia para estimular a aprendizagem.

Para esse tipo de proposta, é apropriado o uso de uma oficina experimental em sala de aula, para esta pesquisa então, a realizamos com base em Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), onde, através do trabalho de Santos e Mortimer (2002) que aborda este tema, relacionamos o impacto dessa abordagem para demonstrar os processos de eletrização e a lei de Coulomb de maneira mais interativa. E além disso, averiguarmos o desempenho dos alunos perante a esse tipo de proposta, submetendo também atividades avaliativas para processo de análise. Segundo Pedretti et al. (2006), os estudos CTS proporcionam novas maneiras de compreender a educação, preservando a transformação no lugar da transmissão, e da ação no lugar da passividade, tal educação denominada Educação Científica, promove a justiça social, a práxis e a cidadania.

Em suma, nosso principal objetivo é a elaboração de uma proposta de sequência de ensino (SE) voltada à física do ensino médio, referente aos processos de eletrização, como mencionado, utilizando experimentos demonstrativos produzidos com materiais de baixo custo. Essa SE foi pensada para ser aplicada e analisada através de uma vivência de ensino em sala de aula, com foco em coletar dados, e verificar se a proposta desenvolvida é, de fato, eficaz para aprendizagem do aluno perante o assunto proposto.

Com esse pensamento, este trabalho segue um roteiro da seguinte maneira: realização do levantamento da literatura sobre o tema proposto e experimentação; preparação de uma sequência de ensino embasada na bibliografia analisada; aplicação da intervenção em turma do ensino médio; por fim, coleta de dados e produção da análise através da vivência.

Esperamos que, através desta proposta, possamos de fato construir uma sequência didática para o ensino médio de física, a qual contenha atualizações e melhorias em relação àquelas que foram analisadas na revisão bibliográfica para a realização desta pesquisa. Presumimos que as aplicações de ensino com base em experimentação seja um facilitador didático para os professores aplicarem aos seus alunos de ensino médio, fazendo com que eles sejam capazes de compreender de maneira prática o funcionamento de fenômenos estudados. Além de ter uma dinâmica diferente em sala de aula como de praxe, acreditamos que com isso, os estudantes possam ter uma experiência diferente, produtiva e mais proveitosa.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para a revisão bibliográfica faremos uso de artigos de uma biblioteca digital de acesso livre e modelo cooperativo de publicação: a plataforma SCIELO¹. Além desta plataforma, será realizada uma busca por produções relevantes à temática deste projeto no banco de dados do Programa Nacional de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF, 2022), e também o google acadêmico, ambos disponibilizam em suas plataformas uma vasta produção acadêmica com acesso livre. E também, utilizaremos bibliotecas físicas para adquirir livros impressos.

¹ Biblioteca Eletrônica Científica Online (do inglês: *Scientific Electronic Library Online* - SciELO): Disponível em: <<https://www.scielo.br/>>

O referencial teórico desta pesquisa constituiu-se de a) uma breve descrição da revisão de literatura referente ao tema abordado b) um levantamento de trabalhos com propostas de ensino com experimentação.

2.1 Eletrostática

O tema proposto foi sobre eletricidade, ramo da física que estuda as cargas elétricas, com foco nos processos de eletrização e força elétrica. Para tal, iremos nos apropriar de livros didáticos de ensino médio e superior, além de artigos científicos, TCCs, dissertações, entre outros, para nos aprofundarmos mais sobre o tema.

Para a preparação deste tema, houve a necessidade de um estudo prévio dos assuntos, então procuramos auxílio em alguns livros de física, tais como o de nível superior Fundamentos da Física: Eletromagnetismo volume 3, de Halliday et al. (2016); Curso de física básica 3: eletromagnetismo, de Nussenzveig (2013). Assim como os livros do ensino médio: Física em Contexto volume 3, de Pietrocola (2016); Tópicos de Física: volume 3, de Doca et al. (2012); Compreendendo a física: Eletromagnetismo e física moderna, de Gaspar (2013); Coleção Física aula por aula, de Silva e Barreto Filho (2010); Física Volume único de Sampaio e Calçada (2005). Os livros apresentam a teoria de forma esclarecedora, o Fundamentos e Tópicos de física deixam bem claro o conceito da lei de Coulomb, de forma teórica e através de demonstrações da equação, no de Pietrocola deixa a desejar em alguns aspectos por ser mais resumido, mas ainda consegue passar o conteúdo principal do tema, com bons exemplos, inclusive opções de experimentações a partir do assunto abordado

Como mencionado anteriormente, a eletricidade é um dos ramos da física que estuda cargas elétricas. Para Doca et al. (2012), os estudos da eletricidade iniciam-se em meados do século VI a.C. tendo sua descoberta realizada pelo filósofo e matemático grego Tales de Mileto (640-545 a.C) quando observou a interação do atrito entre uma resina de fósil, conhecido como âmbar, e tecidos de pele de animal. O que chamou a atenção de Mileto foi a propriedade do âmbar de atrair pequenos pedaços de palha e penas de aves, quando atritado, esses foram os primeiros índices do fenômeno que mais tarde conheceríamos como atração eletrostática. Então, dentro deste assunto podemos destacar a eletrostática, que basicamente é responsável pelo estudo de cargas elétricas estáticas.

2.1.1. Cargas Elétricas

A noção de carga elétrica não estava bem estabelecida até 1747, quando Benjamin Franklin (1706-1790) propôs uma teoria que considerava que a carga elétrica poderia sofrer transferência entre corpos, ou seja, um tipo de fluido que podia ser transferido de um corpo para outro. Nessa suposição, acreditava-se que o corpo que perdia esse fluido se tornaria eletricamente negativo, com falta de carga elétrica, enquanto o que recebia, ficava positivo com excesso de carga elétrica. Hoje sabemos que é o contrário, nesse caso de transferência de elétrons o corpo com excesso de elétrons fica eletrizado negativamente e o corpo com menos elétrons se torna eletrizado positivamente (DOCA et al. 2012).

Sabemos que no núcleo de um átomo encontram-se partículas chamadas prótons e nêutrons, e ao seu redor, movem-se os elétrons, na região da eletrosfera.

Segundo Pietrocola et al. (2016) os elétrons e prótons têm algo em comum, chamado de cargas elétricas, que pode ser positivo (próton) ou negativo (elétron), diferente do nêutron (que não possuem cargas). O valor numérico dessa carga é denominado de carga elementar (e), e foi medida experimentalmente pelo físico Robert Millikan (1868-1953) no início do século XX, o resultado obtido é mostrado na eq 01.

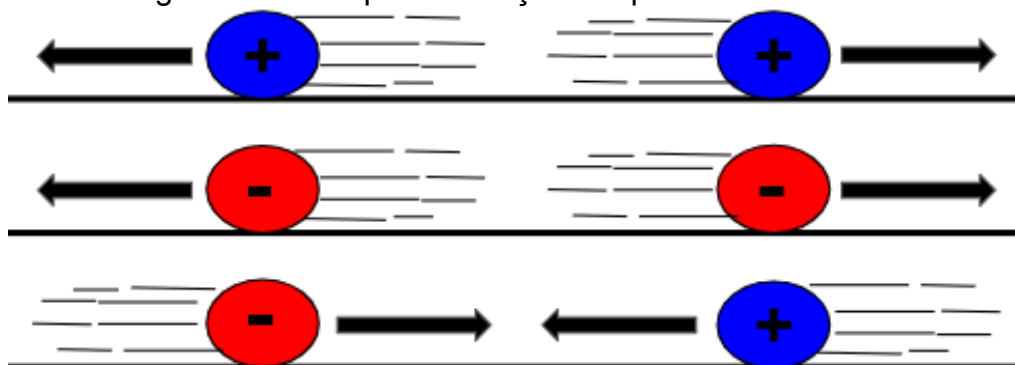
$$e = 1,67 \cdot 10^{-19} C \quad (01)$$

Conseqüentemente, a carga do elétron é dada pelo mesmo valor com o sinal negativo $-1,67 \cdot 10^{-19} C$, e do próton, positivo: $+1,67 \cdot 10^{-19} C$, enquanto para o nêutron é nulo (0). A unidade da carga elétrica no Sistema Internacional de Medida (SI) é denominada Coulomb (C), em homenagem ao físico francês Charles Coulomb (1736-1806) que desenvolveu uma lei que mede as forças de interações elétricas entre corpos carregados (PIETROCOLA et al. 2016), qual veremos em mais detalhes ainda neste capítulo.

2.1.2. Processos de eletrização

Antes de adentrarmos nos processos de eletrização é importante deixarmos claro o conceito do princípio da Eletrostática. Basicamente, a Eletrostática é fundamentada em dois princípios. O primeiro princípio seria o da atração e repulsão, que baseia-se em uma interação das partículas eletrizadas, se tiverem cargas de mesmo sinal se repelem, enquanto as de sinais opostos se atraem, conforme mostrado na Fig. 01. Já o segundo princípio é o da conservação das cargas elétricas, onde afirma-se que em um sistema eletricamente isolado não terá troca cargas elétricas com o meio exterior, ou seja, isso quer dizer que a soma algébrica total das cargas elétricas existentes em um sistema eletricamente isolado é constante. (DOCA et al. 2012).

Figura 01: Princípio da atração e repulsão eletrostática



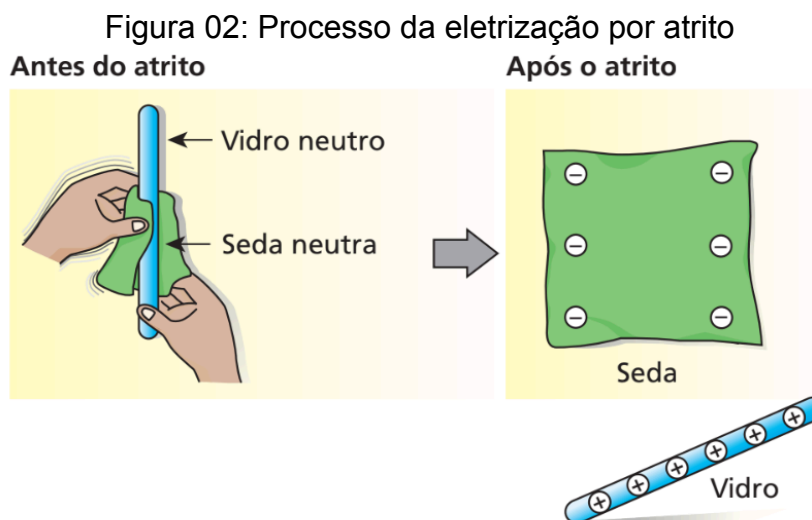
Fonte: próprio autor

Uma das características das cargas elétricas é que elas não podem ser criadas ou destruídas, ou seja, qualquer fenômeno ou reação de interação entre elas, resultará em um número total de prótons e de elétrons que irá permanecer inalterado (SILVA e BARRETO FILHO, 2010). Em suma, em um sistema isolado, a carga elétrica total é constante.

Doca et al. (2012) demonstra que podemos denominar a eletrização como processo pelo qual um corpo originalmente neutro passa a ser eletrizado devido à alteração no número de seus elétrons.

Existem três processos básicos de eletrizar um corpo para a atração e repulsão: o atrito, o contato, e a decorrência da indução eletrostática. O que ocorre nesses processos onde um condutor de eletricidade é eletrizado é a passagem das cargas elétricas em excesso, que se deslocam para a sua superfície. Outro ponto a se destacar é que quando um isolante é eletrizado, as cargas elétricas em excesso não irão se mover, visto que esse isolamento dificulta o movimento das cargas (SAMPAIO e CALÇADA, 2005).

Segundo Sampaio e Calçada (2005) a eletrização por atrito ocorre quando atritamos entre si duas substâncias (objetos) diferentes, nesse procedimento as cargas elétricas ficam com cargas de sinais opostos. Como podemos ver no exemplo da figura 02.



Fonte: Doca et al. (2012)

No exemplo da figura 02, o vidro inicialmente neutro foi atritado com a seda também neutra, em seguida o vidro ficou com as cargas positivas enquanto a seda ficou eletricamente negativa. Perante Silva e Barreto Filho (2010), o corpo que perde ou cede elétrons ficará sempre eletrizado positivamente, enquanto o que recebe elétrons fica eletrizado negativamente. Para verificar quais corpos irão perder ou receber elétrons podemos verificar numa tabela chamada de série triboelétrica (fig 03). Nela, identificamos que os materiais que vem antes é que perdem elétrons para o material posterior.

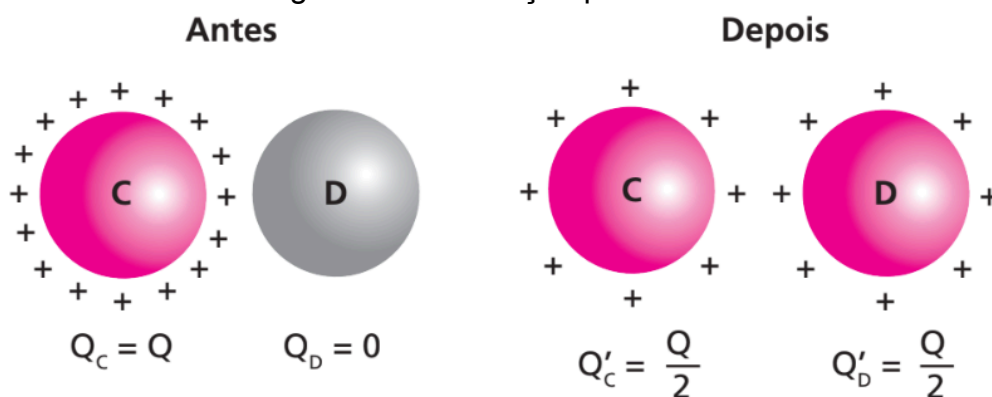
Figura 03: Tabela da série triboelétrica

Série triboelétrica	
pele de coelho	⊕ ↓ ⊖
vidro	
cabelo humano	
mica	
lã	
pele de gato	
seda	
algodão	
âmbar	
ebonite	
poliéster	
isopor	
plástico	

Fonte: Doca et al. (2012)

Agora se considerarmos dois condutores, um neutro e outro com carga elétrica, por exemplo, positiva. Ao colocarmos esses corpos em contato, o condutor eletrizado passará cargas para o neutro, fazendo com, ao serem separados, o corpo inicialmente neutro fique eletrizado com cargas de mesmo sinal (SILVA e BARRETO FILHO, 2010). Vale ressaltar que o corpo neutro, além de adquirir carga de mesmo sinal, a soma algébrica das cargas elétricas após o contato deve ser a mesma que antes, conforme mostra figura 04.

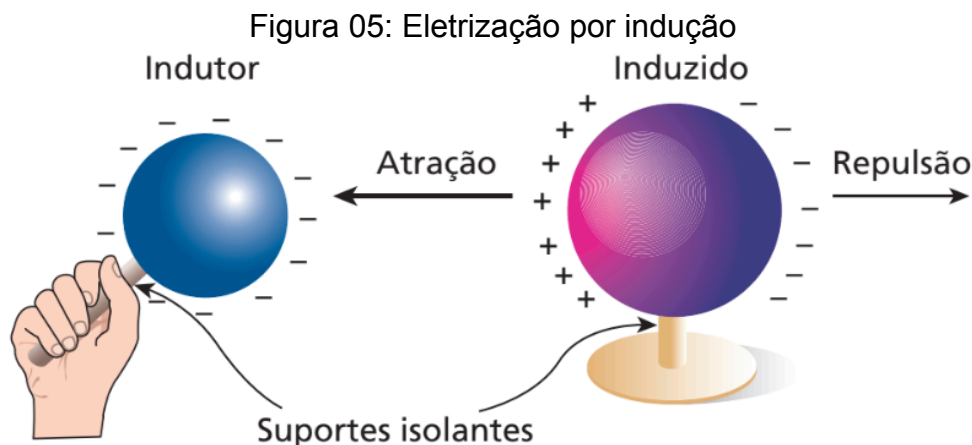
Figura 04: Eletrização por contato



Fonte: Doca et al. (2012)

Um ponto que podemos destacar sobre esse tipo de eletrização é sobre o aterramento. Nesse caso, sempre que um condutor solo está eletrizado e é posto em contato com a terra, ele vai se neutralizar. Se ele estiver eletrizado negativamente, o excesso de elétrons irá para a terra, enquanto se for eletrizado positivamente, subirão elétrons de maneira que no final terá um corpo naturalizado (DOCA et al. 2012).

Por fim, temos a eletrização por indução. Sampaio e Calçada (2005) afirmam que a indução eletrostática é um fenômeno no qual as cargas elétricas de sinais opostos são separadas. Nesse processo, ao aproximarmos (sem tocar) um condutor que esteja eletrizado a um outro neutro, teremos uma redistribuição de seus elétrons livres. Para Doca et al. (2012), isso ocorre devido às cargas existentes no condutor eletrizados atraem ou repelem os elétrons livres do corpo neutro, fazendo com que tenha um rearranjo das cargas elétricas nesse corpo. O condutor eletrizado é chamado de indutor, enquanto o condutor neutro é o induzido. No exemplo abaixo (fig. 05), o indutor possui carga negativa, o que faz com que os elétrons livres do induzido procurem ficar o mais longe possível do indutor.



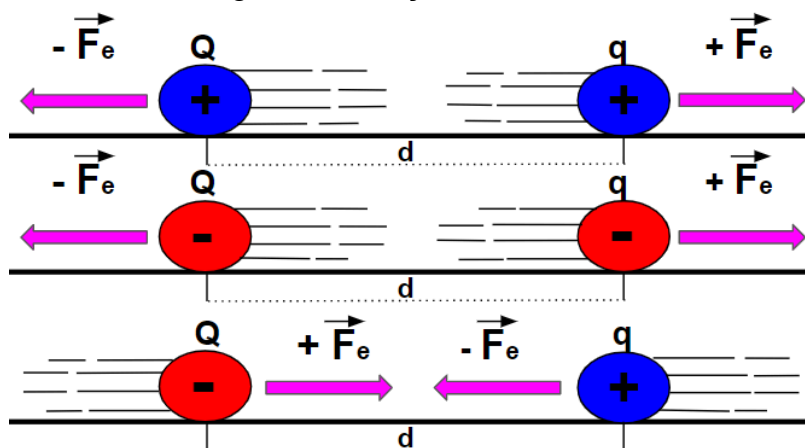
Fonte: Doca et al. (2012)

Para que a indução eletrostática eletrize um condutor, é necessário realizar mais um procedimento. Nesse caso, precisa-se ligar o induzido à terra após a indução, para que a terra envie ou retire os elétrons na parte oposta à indução. Após isso, corta-se o contato do induzido com a terra, e afasta o indutor, com isso, o induzido ficará eletrizado seja negativamente ou positivamente (DOCA et al. 2012).

2.1.3. Lei de Coulomb

A Lei de Coulomb é uma lei que estabelece os conceitos da força eletrostática. Segundo Doca et al. (2012), ela foi proposta em 1785 pelo francês Charles Augustin de Coulomb (1736-1806), onde estabeleceu uma lei matemática que rege as interações entre partículas eletrizadas. Coulomb propôs, através do método newtoniano, uma estratégia para reformular a interação eletrostática entre as partículas, a qual se manifestava por meio de forças de atração e repulsão, dependendo dos sinais das cargas, conforme fig. 06.

Figura 06: Força eletrostática



Fonte: próprio autor

Conforme vemos na figura 06, quando duas partículas eletrizadas de mesmo sinal interagem (positivo e positivo; negativo e negativo) temos uma força eletrostática de repulsão. Em contrapartida, a interação das cargas eletrizadas com sinais opostos terá uma força eletrostática de atração. Repare que, como a força é uma grandeza vetorial, ela terá direção, módulo e sentido, logo, as forças no sentido à esquerda na direção horizontal de distância “d” recebem um sinal negativo, enquanto para direita é positivo, perante o segmento da reta que as une.

Logo, podemos concluir que, perante Doca et al. (2012), ao considerarmos duas partículas eletrizadas interagindo uma com a outra, de cargas “Q” e “q”, em uma certa distância “d” uma da outra, teremos uma força eletrostática. De acordo com a Lei de Coulomb, podemos expressar a intensidade da força da seguinte maneira:

$$F_e = K \frac{|Q \cdot q|}{d^2} \quad (02)$$

Onde “K” é a constante eletrostática, seu valor depende do meio em que as cargas estão, e é calculada de acordo com a permissividade absoluta, que, por conveniência é mensurada no vácuo. Com isso, essa constante, no SI passa a ser “ $K_0 = 9,0 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2 \text{ C}^{-2}$ ”.

A partir disso podemos mensurar outros tipos de grandeza relevantes na eletrostática, tais como campo elétrico e potencial elétrico. Para Sampaio e Calçada (2005), existe uma região ao redor das cargas elétricas que faz com que os efeitos elétricos ocorram nas suas proximidades, devido à existência de um campo elétrico. Nesse campo, também é averiguado que as cargas podem armazenar energia potencial, denominada de energia potencial elétrica. Portanto, podemos afirmar que uma carga “Q” de um condutor que produz um campo elétrico, também pode ser caracterizado por uma grandeza escalar, chamada potencial eletrostático. Como esses assuntos não estão contidos no nosso foco de aplicação, então não iremos entrar em muitos detalhes, porém é relevante destacar que dentro da eletrostática possui outros campos de estudo com exceção dos destacados neste trabalho.

2.2. Ensino com experimentação

Após o levantamento teórico do assunto que abordamos, é necessário destacar a fundamentação para aplicação experimental. Para a preparação desta intervenção, foi realizada uma pesquisa mais apurada em relação às metodologias de ensino com experimentação, mais especificamente com materiais de baixo custo. Nesse processo, além dos livros sobre experimentação, como “Física Mais que Divertida” de Valadares (2012), nos apropriamos também de ferramentas online para facilitar no manejo e confecção dos experimentos, entre eles plataformas de vídeo e de artigos científicos, tais como: Youtube; SCIELO; banco de dados da MNPEF, Google Acadêmico, entre outros.

Um dos principais livros que tomamos como fonte teórica para esse processo foi “Ensino de Física” de Carvalho et al. (2010), com ênfase no ensino através da experimentação, nos possibilitou uma compreensão de como desenvolver oficinas em sala de aula. Esse tipo de prática experimental começou a ganhar mais espaço em planejamentos do ensino de Física na escola média desde o século XIX (LANETTA et al. 2007 apud CARVALHO et al. 2010, p. 53), o principal objetivo disso seria aproximar os alunos à física através do contato direto com fenômenos físicos. Ainda perante Carvalho et al. (2010), existem duas maneiras de ministrar uma aula experimental: a visual, que seria através da exibição dos experimentos, neste o professor é o único em contato com os experimentos; ou manipulativa, quando os alunos são submetidos a manipularem os experimentos, seja individual ou em pequenos grupos. Essa prática tem como objetivo comprovar o que o aluno aprendeu em sala de aula.

Um ponto relevante a se destacar é que, esse tipo de mudança em sala de aula, nem sempre costuma dar certo, e que carece um preparo antecipado para isso. O professor deve, portanto, ter capacidade de se adequar aos problemas da transposição didática, visto que, estaria saindo da metodologia convencional utilizada diariamente nas aulas. Outro fator a salientar é o de ficar em alerta para verificar se, após o método aplicado, não irá aumentar o grau de dificuldade de aprendizado do aluno para os assuntos apresentados, e dessa maneira pensar no que pode ser feito para melhorar o seu desempenho. Uma maneira de realizar isso seria aplicando e averiguando, através dos experimentos de baixo custo e dos recursos de multimídias que possam ser utilizados durante a aula, de maneira que o ministrante possa aprimorar sua oficina posteriormente, tanto no que se remete ao tema de eletrostática (MELLO, 2011).

De acordo com a pesquisa levantada, uma das abordagens teóricas e metodológicas que consideramos ter certa relevância para a realização da intervenção é a base em CTS. Seguindo a proposta do trabalho de Santos e Mortimer (2002) “Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira”, onde se destaca a importância dessa ferramenta para articulações em sala de aula. Santos e Mortimer (2002) afirma que os currículos têm como objetivo adequar os alunos para o ato da cidadania, caracterizado por abordagem de conteúdos científicos no seu âmbito social. O avanço dos problemas ambientais e das discussões sobre natureza do conhecimento científico e a importância que tem na sociedade, destaca-se o movimento que passou a pensar criticamente sobre os conceitos relacionados entre ciência, tecnologia e sociedade.

2.2.1. Sequência didática

Através desse procedimento, podemos pensar também na criação de uma sequência didática apropriando-se das abordagens utilizadas em sala, e das avaliações verificadas durante a aplicação, levando em conta a opinião dos alunos. Para Oliveira (2009), a sequência didática nada mais é que um processo interativo, que tem como objetivo a elaboração de um conjunto de decisões, onde os processos tenham significados, e as estratégias possuam maior desempenho, dando valor a opinião do aluno e as circunstâncias nelas expostas.

Segundo Moraes (2015), a utilização de experimentos didáticos para práticas educacionais é uma importante ferramenta no ensino de Ciências, mais especificamente no Ensino de Física. Em seu trabalho, Moraes aponta a importância dos experimentos didáticos no Ensino de Física como forma de auxílio perante à Aprendizagem Significativa de Ausubel. Frisando a relevância na produção de materiais didáticos científicos para a aprendizagem do aluno.

As sequências didáticas de fato podem possuir suma relevância para a aprendizagem, principalmente quando pensamos em suprir certos tipos de carências, seja na educação do ensino de física ou em ferramentas disponibilizadas. Como no caso de Vivas (2017), que desenvolveu uma sequência didática com foco no Ensino de Física para surdos, onde, se apropriou de experimento mecânico e um eletrônico para o ensino de ondas sonoras como uma forma de visualização e percepção, o que possibilita pessoas com problema de audição terem uma noção mais realista do fenômeno físico.

Logo, seguindo a proposta de abordagem CTS e demais fundamentações, uma vez que a escolha do tema da eletrização e força elétrica esteja definido, foi necessário o desenvolvimento do nosso próprio método de ensino, nos adequando dentro dos padrões permitidos e limitados para aplicação de intervenção. Uma vez que identificamos os principais pontos dessas ferramentas e a coligação para a sala de aula, realizamos um plano de aula para a aplicação da proposta, a qual destacamos em mais detalhes a seguir na metodologia.

3. METODOLOGIA

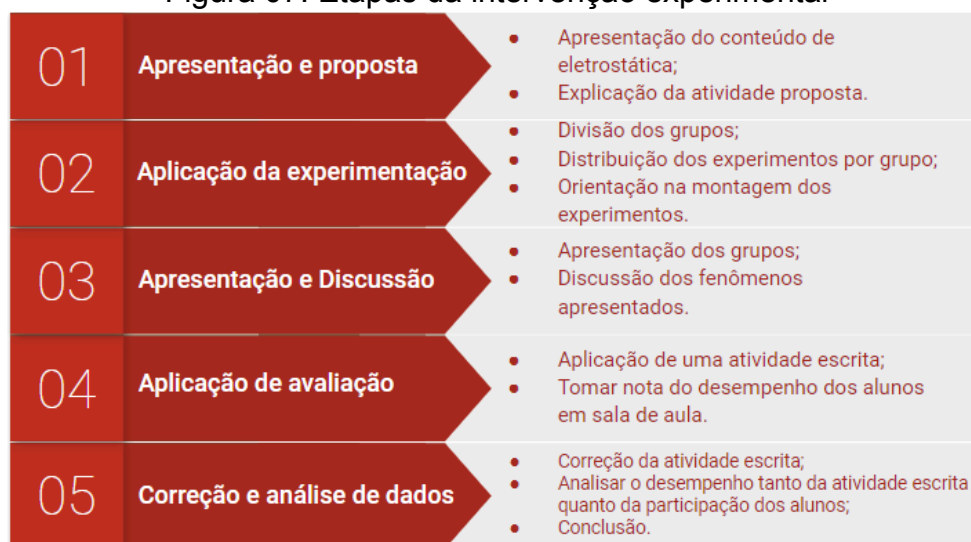
A metodologia desta pesquisa tem um caráter quali-quantitativo, mas predominantemente qualitativo. Figueiredo (2013) afirma que esse tipo de pesquisa é uma auto expressão do pensamento ou opinião coletiva, respeitando-se a dupla condição qualitativa e quantitativa. Nesse sentido, buscamos não só fazer o levantamento dos dados contabilizados para análise, como compreender e considerar a opinião do aluno para melhor desenvolver uma sequência didática.

Esse tipo de prática não é tão incomum, trabalhos como os de Mello (2011), Valadares (2012), Alves (2005), Silva (2011), Silva (2016), Mello (2011) e Santos (2004), nos apresentam experimentos fáceis de confeccionar, e demonstram o contato dos alunos os manipulando também. Isso nos ajuda no desenvolvimento da metodologia, com eles, conseguimos ter uma noção e nos basear em como se comportar nesse tipo de intervenção, além de nos dar ideia de aplicações e avaliações.

Pensando nisso, nossa ideia foi desenvolver uma metodologia de aula experimental “manipulativa”, com foco em desenvolver uma sequência de ensino, com a proposta de que o aluno também possa interagir com a aula, nesse caso, ter contato direto com os experimentos. Outro fator seria a autonomia dos alunos,

dando a eles a liberdade para tirarem conclusões a partir dos seus próprios resultados, caracterizado como Grau II de liberdade perante a tabela desenvolvida por Carvalho (2010) em seu trabalho, sobre o Grau de liberdade professor/aluno em aula de laboratório. Com isso, elaboramos uma estratégia e desenvolvemos um plano de aula para ser aplicado em turmas de terceiro ano do ensino médio que estão cursando física, com duração de 2 aulas, que seguirá os passos das etapas da Figura 07.

Figura 07: Etapas da intervenção experimental



Fonte: próprio autor

Seguindo os passos descritos acima, a intervenção é descrita como: 1) a apresentação do conteúdo juntamente com uma breve explicação experimental do que deve ser feito, no caso descrever a proposta aos alunos; 2) dividir os alunos em grupos ou duplas, onde cada um ficará responsável por preparar um experimento previamente selecionado, segundo instruções do ministrante e de um manual; 3) breve apresentação dos alunos com os experimentos preparados por eles, junto de uma discussão sobre os fenômenos, com perguntas e diálogos com os alunos; 4) aplicação de uma atividade escrita para avaliação, assim como tomar notas do desempenho dos alunos em sala de aula; 5) correção da avaliação para fins de análise de dados, tanto da atividade escrita quanto do desempenho apresentado em sala de aula, posteriormente fazendo o fechamento da sequência de ensino para conclusão da pesquisa.

No que se remete ao passo 02 da figura 07, para auxílio dos alunos, é distribuído um manual previamente desenvolvido, contendo uma folha com descrição do nome do experimento, material utilizado, passo a passo da montagem e também a avaliação para responderem sobre a aula. Sobre a escolha do experimento para a aplicação dessa intervenção, buscamos trazer opções de fáceis manipulações, viáveis e que são feitas com materiais alternativos de baixo custo e/ou reciclável, conforme mostra a figura 08, denominado de “cabo de guerra elétrico”. A princípio gostaríamos de aplicar mais de um experimento na intervenção, porém como o tempo de aula é limitado e demandaria mais trabalho, optamos por permanecer apenas com o escolhido. O referencial teórico contribuiu para a seleção dos experimentos, mas também nos apropriamos do canal “manual do mundo”² da

² Fonte: Canal Manual do mundo. Disponível em: < <https://www.youtube.com/@manualdomundo> >.

plataforma do Youtube, uma vez que é mostrado todo o procedimento de montagem e aplicação.

Figura 08: Experimento selecionado para a intervenção



Fonte: próprio autor

Os materiais para esse experimento consiste de: 1) 2 balões de látex, 1 latinha de metal, fitas coloridas (para marcação), folha de papel ou tecido TNT (tecido não tecido). Quanto à confecção, é bastante intuitivo, uma vez que orientado corretamente. Para o procedimento é feito uma marcação no centro do TNT, onde será posto a latinha, e mais duas marcações nas laterais, essa aplicação deverá ser feita sob uma superfície. O foco do experimento é submeter o aluno a atritar os balões, deixando-os carregados, e através da indução eletrostática, eles disputam para ver quem consegue jogar a latinha para mais longe. A ideia é estimular a curiosidade do aluno, e também a sua competitividade, fazendo com que o interesse em participar aumente. Acrescentamos pequenos brindes de bombons para recompensar os participantes pela interação.

Após a aplicação do procedimento experimental, realizamos uma atividade avaliativa, no qual podemos ver os resultados, tanto dessa aplicação quanto de todo o procedimento, na seção seguinte.

4. RESULTADOS E ANÁLISE

Uma vez que a metodologia estava estabelecida, realizamos a aplicação da intervenção na turma de ensino médio integrado do IFPE campus pesqueira no dia 23/07/2024. A turma contava com a presença de 29 alunos, conforme se confere na Figura 09. Quanto ao procedimento aplicado, deu-se seguindo a sequência da figura 07, visto na seção 3.

Figura 09: Sala de aula da intervenção



Fonte: próprio autor.

No primeiro momento foi dada uma aula abordando o tema proposto, para tal, utilizamos slides como apoio, o que facilitou para a compreensão do assunto, visto que a principal ideia era resumir e relembrar o conteúdo já visto por eles. Levamos cerca de 20 minutos de explicação.

Na segunda etapa, levando em conta o experimento escolhido para a aula e a quantidade de alunos em sala, estabeleceu-se realizar uma divisão em duplas para a intervenção da experimentação, mostrado na Figura 10. Isso nos possibilitou um monitoramento e auxílio mais adequado para cada aluno, caso ocorresse algum problema individual. Nessa fase, que durou cerca de 30 minutos, os alunos conseguiram lidar bem com os materiais expostos, seguindo o passo a passo do manual entregue, realizando com êxito a montagem dos experimentos. O que consideramos um ponto positivo, o manual e a distribuição dos materiais previamente selecionados, deixando-os à disposição do aluno, facilitou e ganhou tempo para aplicação.

Figura 10: divisão em duplas para a experimentação



Fonte: próprio autor.

Notamos que a cooperação em dupla foi um grande acerto, não só pela proposta ser no formato de competição, mas também no quesito de colaboração, onde os alunos tinham apoios de seus respectivos parceiros.

Seguindo para a terceira etapa, exposta a proposta da competição dos alunos, onde haveria a disputa no cabo de guerra elétrico, conforme mostra a Figura 11. A maioria conseguiu executar o que foi proposto, porém alguns levaram um pouco mais de tempo para realizar, mas no fim, todos concluíram. Acreditamos que por ser uma interação manipulativa, mais manual, e por ser a aplicação do experimento propriamente dito, leva-se um pouco mais de tempo, tanto pros alunos aplicarem, quanto para eles aproveitarem e interagirem.

No que se refere a parte competitiva em ação, conseguimos identificar que foi bem aceita, uma vez que esse tipo de prática estimula a competitividade do aluno, despertando o interesse e atizando ainda mais a curiosidade deles em aplicar e reaplicar repetidas vezes. Contata-se que agraciar os competidores com bombons também auxiliou na estimulação da experimentação.

Figura 11: aplicação do experimento

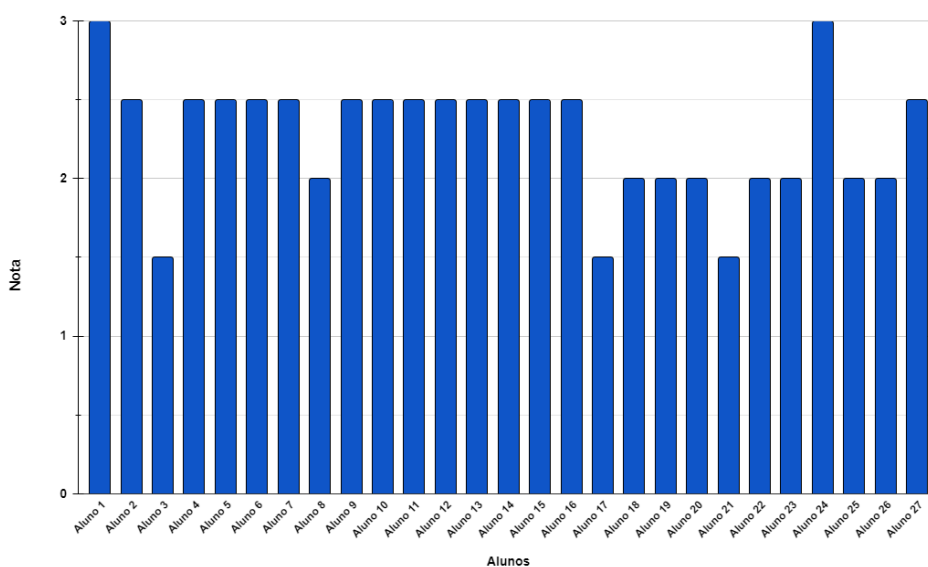


Fonte: próprio autor.

Após a intervenção do experimento, seguimos para aplicação da avaliação por escrito. Nessa quarta etapa, realizada de maneira individual, foi proposto uma atividade de 5 questões, referente ao assunto vivenciado durante a aula. Esse exercício não teve um nível de dificuldade muito grande, nem de cálculos matemáticos, visto que a ideia principal dessa prova seria avaliar o desempenho do aluno no conceito teórico. Nessa fase, apenas 27 alunos participaram.

Por fim, averiguamos e corrigimos a avaliação escrita, as amostras dos resultados podem ser conferidas na tabela da Figura 12. Essa aplicação tinha um conceito de peso 3 (de 0 a 3), no qual, o professor responsável da turma iria atribuir essa pontuação nas notas dos alunos como um acréscimo de atividade extra.

Gráfico 01 - Nota da avaliação por Aluno



Fonte: próprio autor.

Podemos notar na tabela acima, um bom desempenho por parte dos alunos, tendo uma nota média de 2,3 (77% de acerto da prova), o que, por sua vez, acaba sendo um resultado bastante positivo, visto que a avaliação tinha apenas 5 questões com peso 3. E, cerca de 81,5% dos alunos conseguiram notas acima de 2 (66% de acertos), ou seja, a grande maioria dos alunos obtiveram pontuação acima da média escolar. Outros dados estatísticos referentes às notas que identificamos e achamos relevante destacar, são: a mediana e moda com 2,5 cada uma; o valor mínimo de 1,5; e máximo 3.

Vale ressaltar que, devido ao número de alunos ser pequeno, não é estatisticamente comprovado que este método irá retornar dados iguais a estes apresentados, caso seja aplicado em demais turmas. Logo, esses dados se remetem exclusivamente à turma aplicada, tendo um foco maior em analisar o desempenho qualitativo ao quantitativo. Para averiguar os dados estatísticos de uma maneira mais ampla, deve ser aplicado numa escala maior, em diferentes escolas, e não apenas em uma única turma.

Através das avaliações, podemos concluir que, o fato de termos obtido um resultado positivo, se deu não só pelo nível de dificuldade, mas também pela interação que os alunos tiveram com a parte manual do conteúdo. Visto que, esse foi outro tipo de avaliação que fizemos, onde aferimos o desempenho do aluno na evolução da aula, através de observação, interação e diálogo, aferimos que, de fato tiveram uma evolução acerca da aprendizagem. Tudo isso contribui para que possamos pensar em montar um tipo de sequência didática através da vivência em sala de aula.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a conclusão da aplicação realizada em sala de aula, podemos afirmar que o tipo de metodologia utilizado cumpriu as expectativas previstas para a proposta que tínhamos em mente. Quanto a escolha do experimento, ficamos satisfeitos com o resultado que obtivemos, onde, a princípio havíamos selecionado mais de um experimento, mas devido ao tempo de aula ser curto, acabamos escolhendo o que melhor se encaixava com a proposta.

Referente ao experimento escolhido, conseguimos abordar os temas propostos na aula expositiva, e aplicarmos alguns dos principais conceitos como a eletrização por atrito e indução. A interação direta com o experimento, fazendo um alicerce da teoria com a prática foi algo bem recebido e proveitoso durante a intervenção, e casou bem com a ideia de propor um tipo de competição através da aplicação, o que possibilitou um aumento significativo na interação dos alunos. Com isso, inferimos que o tipo de aplicação experimental se mostrou positivamente conveniente para a aprendizagem do aluno nos assuntos de eletricidade.

Porém é de suma importância destacamos a relevância do preparo prévio para esse tipo de intervenção, pois essas propostas têm condições específicas para funcionar corretamente, desde a separação do material, local de aplicação, interação dos alunos, entre imprevistos que podem ocorrer e devemos estar preparados para tudo. Outro ponto a se destacar é o tempo que deve ser cumprido, para isso desenvolvemos um roteiro com as etapas e a média de tempo previsto em cada uma delas, isso nos possibilitou não extrapolar o limite permitido, como também termos

um caminho para seguir durante a regência. Ou seja, com mais tempo, é possível desenvolver uma proposta mais elaborada com mais experimentos, e os resultados provavelmente também seriam positivos.

No que se remete a avaliação aplicada, mesmo cumprindo-se eficaz, poderíamos ter pensado num tipo de atividade diferente, visto que, apenas abordamos o tema apenas com a teoria, deixando de lado cálculos matemáticos e experimentação. A escolha e nível das questões foi realizado levando em consideração o tempo que teríamos disponível, então adequamos para encaixar no roteiro de intervenção, nesse quesito funcionou devidamente como previmos.

Para suprir esse empecilho avaliativo, realizamos uma análise do aluno na aula experimental através de observação, interação, perguntas referente ao assunto. Concluímos que durante a aula teórica, os alunos prestaram atenção, o que foi um ponto muito positivo para o progresso da aula, perguntavam quando tinham dúvidas, e interagem quando necessário. Na aplicação experimental, a interação deles aumentaram gradativamente, visto que, nessa etapa, implica uma aplicação manual por parte dos alunos, o que fez com que os estimulasse mais no interesse deles para o assunto proposto.

Quanto às notas das avaliações dos alunos, tendo um desempenho positivo, já era algo esperado, não só pelo nível de dificuldade que escolhemos, mas acreditávamos que a interação direta com a parte manual do assunto, despertaria um interesse maior em aprender aquilo que eles estavam manipulando. Uma vez que, muitos dos conteúdos físicos abordados em sala de aula, tem um conceito mais abstrato, ao fazermos uma ligação direta com o aluno, faz com que atice mais a curiosidade do aluno, para se questionarem e buscarem as respostas para aquele fenômeno.

Dito isto, para propostas futuras, podemos considerar a repetição da aplicação metodológica para outros tipos de experimento, não só no que se remete ao tema de eletricidade, quanto outros que abrangem a física. Levando sempre em consideração o tipo de experimento a ser aplicado, e se há ou não, a possibilidade de uma aplicação com competição, o que deixa mais interativo a abordagem. Em suma, uma sequência didática para aplicar em sala de aula com proposta experimental é bem vista nesse aspecto, o que seria mais um fruto deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS

ALVES, V. C.; STACHAK, M. **A importância de aulas experimentais no processo ensino aprendizagem em física: eletricidade**. XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física, p. 1-4, 2005.

CARVALHO, Anna M. P. **As práticas experimentais no ensino de Física**. Separata de CARVALHO, A. M. P; et al. **Ensino de Física**. Coleção Ideias em Ação. São Paulo: Cengage Learning, 2010, cap 03, p. 53-78.

DOCA, R. H.; BISCOLOLA, G. J.; BOAS, N. V. **Tópicos de Física: Volume 3**. 18.ed. São Paulo, Editora Saraiva, 2012.

Figueiredo, M. Z. A., Chiari, B. M., & Goulart, B. N. G. de. (2013). Discurso do Sujeito Coletivo: uma breve introdução à ferramenta de pesquisa quali-quantitativa. **Distúrbios Da Comunicação**, 25(1). Recuperado de <<https://revistas.pucsp.br/index.php/dic/article/view/14931>>.

GASPAR, A. **Compreendendo a física: Eletromagnetismo e física moderna**. v.3. 2 ed. São Paulo: Ática, 2013.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física**. 10.ed, Vol. 3. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

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

MNPEF. **Mestrado profissional de Física**, 2022. Disponível em: <<http://www.www1.fisica.org.br/mnpef/dissertacoes>>. Acesso em: 27, jun 2022.

Moraes, José Uibson Pereira, and Romualdo S. Silva Junior. "Experimentos didáticos no ensino de física com foco na aprendizagem significativa." **Lat. Am. J. Phys. Educ.** Vol 9.2 (2015): 2504-1.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de física básica 3: eletromagnetismo**. 5.ed. rev. São Paulo: Edgard Bliicher, 2013.

OLIVEIRA, M. M. (org). **CTSA: experiências multi e interdisciplinares no ensino de ciências e matemática**. - Recife: Ed. do Organizador, 2009. 509p.: il. - (Serie Formação de professores: 2).

PEDRETTI, E. G.; BENCZE, L.; HEWITT, J.; ROMKEY, L.; JIVRAJ, A. **Promoting Issues-based STSE Perspectives in Science Teacher Education: Problems of Identity and Ideology**. Science and Education, vol. 17, n. 8/9, p. 941-960, 2006.

PIETROCOLA, M., et. al. **Física em contextos, 3: ensino médio**. 1 ed. São Paulo: Editora do Brasil, 2016 - (Coleção física em contextos).

SAMPAIO, J. L.; CALÇADA, C. S. **Física: volume único**. 2 ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2005.

SANTOS, E. I.; PIASSI, L. P. C.; FERREIRA, N. C. **Atividades experimentais de baixo custo como estratégia de construção da autonomia de professores de Física: uma experiência em formação continuada**. XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física. 2004.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Rev. Ensaio**. Belo Horizonte. v.02, n.02, p.110-132. jul-dez, 2002.

SCIELO. **Scientific Electronic Library Online**. Disponível em: <<https://www.scielo.br/>>. Acesso em: 27, jun 2022.

SILVA, C. X.; BARRETO FILHO, B. **Física aula por aula**. vol 3. 1ed. São Paulo: Editora FTD, 2010.

SILVA, N. J. Uma abordagem histórica e experimental da Eletrostática. **Rev.**

Estação Científica (UNIFAP). Macapá, v. 1, n. 1, p. 99-113, 2011.

SILVA, José Carlos Xavier; LEAL, Carlos Eduardo dos Santos. Proposta de laboratório de física de baixo custo para escolas da rede pública de ensino médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, 2016.

THENÓRIO, I. **Canal Manual do Mundo.** Disponível em: <<https://www.youtube.com/@manualdomundo>>. Acesso em: 22 de fevereiro de 2024.

VALADARES, E. C. **Física mais que divertida.** 3.ed. Minas Gerais: Editora UFMG, 2012.

Vivas, D. B. P., Teixeira, E. S., & Cruz, J. A. L. (2017). Ensino de Física para surdos: um experimento mecânico e um eletrônico para o ensino de ondas sonoras. **Caderno Brasileiro De Ensino De Física**, 34(1), 197–215. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2017v34n1p197>

WIŚNIEWSKI, G. **Utilização de Materiais de Baixo Custo no Ensino de Química Conjugados aos Recursos Locais Disponíveis.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC. 1990.

APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO APLICADO EM SALA

- 1) Quando um corpo exerce sobre o outro uma força elétrica de atração, pode-se afirmar que:
- a) Um tem carga positiva e o outro, negativa.
 - b) Pelo menos um deles está carregado eletricamente.
 - c) Um possui maior carga que o outro.
 - d) Os dois são condutores.
 - e) Pelo menos um dos corpos conduz eletricidade .
- 2) Analise e assinale com **V** verdadeiro ou **F** falso: Um condutor **A**, eletrizado positivamente é colocado em contato com outro condutor **B**, inicialmente neutro.
- () **B** se eletriza negativamente, pois na eletrização por contato as cargas positivas irão atrair as negativas, deixando B com mais elétrons.
- () **B** se eletriza positivamente, pois na eletrização por contato os corpos adquirem carga de mesmo sinal.
- () Durante a eletrização ocorre uma movimentação de elétrons em virtude de o condutor **A** (positivo) buscar estabilidade nos elétrons do corpo **B**.
- 3) Sobre a Eletrização, é correto afirmar que: denomina-se eletrização o fenômeno pelo qual um corpo _____ passa a ser eletrizado devido à alteração no número de seus _____.
- a) positivo; prótons. b) negativo; elétrons. c) neutro; elétrons. d) neutro; prótons. e) nenhuma das alternativas.
- 4) Atrita-se um bastão de vidro com um pano de lã. Ambos se eletrizam? Quais os sinais das suas cargas?
- a) Sim. O bastão com carga negativa e a lã positiva.
 - b) Sim. O bastão com carga positiva e a lã negativa.
 - c) Sim. Ambos negativos.
 - d) Não. Apenas o bastão se eletriza com carga negativa e a lã permanece neutra.
 - e) Não. Apenas o bastão se eletriza com carga positiva e a lã permanece neutra.
- 5) Explique em poucas palavras o processo de eletrização que você aprendeu com o experimento desenvolvido por seu grupo.