

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



MÁQUINAS ELETROSTÁTICAS NO ENSINO FUNDAMENTAL: UMA PROPOSTA
EDUCACIONAL PARA MOTIVAR O ENSINO DE FÍSICA CONDUZIDA POR UMA
APRENDIZAGEM SOCIOCULTURAL

JORGE LUÍS MOURA LESSA

MOSSORÓ - RN
FEVEREIRO DE 2020

JORGE LUÍS MOURA LESSA

**MÁQUINAS ELETROSTÁTICAS NO ENSINO FUNDAMENTAL: UMA PROPOSTA
EDUCACIONAL PARA MOTIVAR O ENSINO DE FÍSICA CONDUZIDA POR UMA
APRENDIZAGEM SOCIOCULTURAL**

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de
Física - polo 09 UFERSA – Universidade
Federal Rural do Semi-Árido, como parte dos
requisitos necessários à obtenção do título de
Mestre em Ensino de Física.

Orientador:
Prof. Dr. Geovani Ferreira Barbosa

**MOSSORÓ - RN
FEVEREIRO DE 2020**

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

L638m Lessa, Jorge Luís Moura Lessa. Máquinas eletrostáticas no ensino fundamental: uma proposta educacional para motivar o Ensino de Física conduzida por uma aprendizagem sociocultural / Jorge Luís Moura Lessa. - 2020.

171 f.: il.

Orientador: Geovani Ferreira Barbosa.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Física, 2020.

1. Eletrostática. 2. oficinas. 3. eletróforo.
4. máquina eletrostática. 5. aprendizagem sociocultural. I. Barbosa, Geovani Ferreira Barbosa, orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

JORGE LUÍS MOURA LESSA

MÁQUINAS ELETROSTÁTICAS NO ENSINO FUNDAMENTAL: UMA PROPOSTA EDUCACIONAL PARA MOTIVAR O ENSINO DE FÍSICA CONDUZIDA POR UMA APRENDIZAGEM SOCIOCULTURAL

Dissertação apresentada ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), polo 09, do Centro de Ciências Exatas e Naturais (CCEN) da Universidade Federal Rural do SemiÁrido (UFERSA), como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

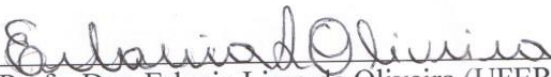
Linha de Pesquisa: Física no Ensino Fundamental.

Defendida em: 07 / 02 / 2019.

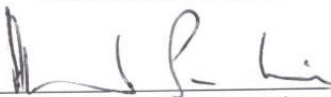
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Geovani Ferreira Barbosa. (UFERSA)
Presidente



Profa. Dra. Erlania Lima de Oliveira (UFERSA)
Examinador Interno



Prof. Dr. Alexsandro Pereira Lima (UFRN)
Examinador Externo

DEDICO

Aos meus familiares,

*Ao meu estimado filho Lucas Gabriel Oliveira
Lessa,*

A minha querida esposa,

*E aos meus professores e colegas do curso de
mestrado que buscam inovar suas práticas
pedagógicas mostrando o valioso aspecto
cultural da Física em nossas vidas.*

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Odeneide Mora Lessa e João Batista Lessa pela presença firme em minhas questões de vida.

À minha grande família, irmãos, irmãs e sobrinhos sempre presentes nas horas difíceis.

À graça de Deus, que nos desafios diários me possibilita perceber a beleza e encantos da vida, mesmo nas horas difíceis.

Agradeço ao professor orientador Dr. Geovani Ferreira Barbosa pela valiosa contribuição no desenvolvimento deste trabalho.

Ao professor Dr. Carlos Ruiz pela gentileza nas correções do referencial pedagógico.

Aos professores do MNPEF do pólo 09 da UFRSA pelo empenho e dedicação nas aulas ministradas.

Ao professor François em ceder e apoiar gentilmente sua turma na Escola Professora Luiza de França, bem como a participação dos alunos da oitava série desta escola.

Ao professor Dr. Helio por se dispor a ler a primeira versão deste ensaio e apontar um caminho mais pertinente no início desta empreitada.

Agradeço aos meus colegas de mestrado pelas horas de descontração e companhia no desenvolvimento do curso.

À sociedade Brasileira de Física (SBF) pela coordenação deste programa de mestrado.

A todos os meus colegas que de alguma forma me incentivaram a construir esta proposta.

“É preciso fazer o possível hoje, para que possamos fazer amanhã o que é impossível fazer hoje”. (Palavras pronunciadas no “Simpósio sobre educação”, na Unicamp em maio de 1982).

RESUMO

MÁQUINAS ELETROSTÁTICAS NO ENSINO FUNDAMENTAL: UMA PROPOSTA EDUCACIONAL PARA MOTIVAR O ENSINO DE FÍSICA CONDUZIDA POR UMA APRENDIZAGEM SOCIOCULTURAL

JORGE LUÍS MOURA LESSA

Orientador: Prof. Dr. Geovani Ferreira Barbosa

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal Rural do Semiárido, no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

Neste trabalho realizamos uma análise nas duas versões do livro Fundamentos Experimentais e Históricos da Eletricidade de Assis e na teoria sócio histórica de Vygotsky para desenvolver uma atividade de cunho pedagógico relacionada ao ensino de Física em ciências para alunos da oitava série do ensino fundamental. Na sua conversão em sala de aula, foram formatadas oficinas, através de textos e práticas experimentais com interações dos alunos socializando com os colegas e o professor seu desenvolvimento cognitivo. Nessa ação, foi possível falar sobre máquinas eletrostáticas e apontá-la como possível estratégia metodológica na transposição didática do conteúdo da eletrostática. A sequência didática tratou qualitativamente os conceitos de carga elétrica, campo elétrico e capacitores com alunos divididos em grupos, para assistir aulas teóricas, ler e interpretar textos temáticos, bem como construir e testar experimentais fáceis de serem desenvolvidas no ambiente de sala de aula. Nesta proposta de trabalho foram utilizados materiais de baixo custo para gerar o produto educacional concretizado por meio de três aparatos eletrostáticos: eletróforos, uma máquina de Wimshurst e a chuva elétrica de Kelvin. O suporte educacional permitiu a construção do conhecimento dentro da *ZDP* com interações sociais, em que o aluno pode associar os fenômenos presentes no produto educacional a teoria sem prescindir objetos elétricos e eletrônicos do seu convívio. O modelo de ensino apresentado torna possível na ação docente uma interação com maior valorização das relações sociais ligadas à temática eletrostática facilitando a compreensão do conteúdo. Os resultados do pós-teste e do questionário de avaliação indicam indícios eficazes na aprendizagem do aluno e interesse pela Física.

Palavras-chaves: Eletrostática, oficinas, eletróforo, máquina eletrostática, aprendizagem sociocultural.

ABSTRACT

MÁQUINAS ELETROSTÁTICAS NO ENSINO FUNDAMENTAL: UMA PROPOSTA EDUCACIONAL PARA MOTIVAR O ENSINO DE FÍSICA CONDUZIDA POR UMA APRENDIZAGEM SOCIOCULTURAL

JORGE LUÍS MOURA LESSA

Orientador: Prof. Dr. Geovani Ferreira Barbosa

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal Rural do Semiárido, no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

In this work we performed an analysis in the two versions of the book *Experimental and Historical Foundations of Electricity* in Assisi and in Vygotsky's socio-historical theory to develop a pedagogical activity related to the teaching of Physics in science for students of the eighth grade of elementary school. In their conversion in the classroom, workshops were formatted, through texts and experimental practices with interactions of students socializing with colleagues and the teacher their cognitive development. In this action, it was possible to talk about electrostatic machines and point it out as a possible methodological strategy in the didactic transposition of the electrostatic content. The didactic sequence dealt qualitatively with the concepts of electric charge, electric field and capacitors with students divided into groups, to attend theoretical classes, read and interpret thematic texts, as well as, to build and test experiments that are easy to be developed in the classroom environment. In this work proposal, low-cost materials were used to generate the educational product achieved through three electrostatic devices: electrophores, a Wimshurst machine and Kelvin's electric rain. Educational support allowed the construction of knowledge within the ZDP with social interactions, in which the student can associate the phenomena present in the educational product with theory, as well as with the electrical and electronic objects of his / her life. The teaching model presented makes it possible in the teaching action an interaction with greater appreciation of social relations linked to the electrostatic theme, facilitating the understanding of the content. The results of the post-test and the evaluation questionnaire indicate effective evidence in the student's learning and interest in Physics.

Keywords: Electrostatics, workshops, electrophorus, Electrostatics machine, socio-cultural learning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Fragmento de âmbar.....	38
Figura 2	– Versorium.....	39
Figura 3	– A pipa de Benjamim Franklin.....	40
Figura 4	– Coulomb e sua balança de torção	40
Figura 5	– Máquina de Guericke	41
Figura 6	– Eletroscópio de Du Fay.....	42
Figura 7	– Série triboelétrica.....	44
Figura 8	– Eletrização de uma esfera por contato. Em (a) esfera carrega negativa - mente, em (b) esfera carrega positivamente.....	45
Figura 9	– Eletrização de uma esfera por indução. Em (a) separação das cargas na esfera (b) esfera é aterrada e em (c) esfera carregada positivamente.....	45
Figura 10	– Esquema das posições relativas das bandas de condução (BC) e de valência (BV) para condutores, semicondutor e isolante.....	47
Figura 11	– Esquema da balança de torção apresentada por Coulomb.....	48
Figura 12	– Força entre duas cargas.....	49
Figura 13	– Força resultante entre mais de duas partículas no sistema.....	50
Figura 14	– Campo elétrico estabelecido por duas cargas.....	52
Figura 15	– Carga nas armaduras de um capacitor.....	53
Figura 16	– Local de aplicação do produto educacional.....	56
Figura 17	– Resposta dos alunos 4, 5 , 6, 7.....	60
Figura 18	– Resposta do aluno 1, 7, 8, 9.....	61
Figura 19	– Alunos testando materias para caracterizá-los como condutoes ou isolante.....	63
Figura 20	– Resposta do aluno sobre a característica de um material.....	64
Figura 21	– Resposta do aluno 4.....	65
Figura 22	– Teste da atração de uma latinha, em (a), alunos usam canudo de plástico para atrair a latinha e em (b) sujeitos disputam quem consegue atrair a latinha com o canudo mais eletriza.....	65
Figura 23	– Alunos testando eletroscópios diversificados.....	66
Figura 24	– Resposta do aluno.....	66
Figura 25	– Alunos preparando uma garrafa de Leyden.....	68

Figura 26	– Resposta do aluno.....	69
Figura 27	– Apresentação do eletróforo para turma.....	69
Figura 28	– Resposta do aluno 3.....	70
Figura 29	– Eletróforo nas proximidades de um eletróscópio de folhas.....	70
Figura 30	– Resposta do aluno	71
Figura 31	– Descarga do eletróforo em uma lâmpada fluorescente.....	71
Figura 32	– Resposta do aluno	72
Figura 33	– Resposta do aluno	72
Figura 34	– Resposta do aluno	73
Figura 35	– Oficina para confeccionar o eletróforo. Em (a) aluno monta o aparelho, em (b) alunos testam o eletróforo que fizeram.....	74
Figura 36	– Apresentação da máquina de Wimshurst em sala de aula.....	75
Figura 37	– Mecanismo de funcionamento da máquina de Wimshurst.....	75
Figura 38	– Exibição da chuva elétrica de Kelvin.....	76
Figura 39	– Respostas dos alunos para as alternativas das questões 1 e 2 do pré-teste e pós-teste.....	79
Figura 40	– Respostas dos alunos para as alternativas da questão 3 do pré-teste e pós-teste.....	80
Figura 41	– Respostas dos alunos para as alternativas da questão 4 no pré-teste e pós-teste.....	81
Figura 42	– Respostas dos alunos para as alternativas da questão 8 do pré-teste e pós- teste.....	82
Figura 43	– Respostas dos alunos para as alternativas da questão 11 no pré-teste e pós-teste.....	83
Figura 44	– Respostas dos alunos para as alternativas da questão 12 no pré-teste e pós-teste.....	84
Figura 45	– Respostas dos alunos para as alternativas das questões 13 e 14 do pré- teste e pós-teste.....	85
Figura 46	– Respostas dos alunos para as alternativas das questões 15 e 16 do pré- teste e pós-teste.....	87
Figura 47	– Respostas dos alunos para as alternativas das questões 17 e 18 do pré- teste e pós-teste.....	88
Figura 48	– Respostas dos alunos para as alternativas das questões 19, 20 e 21 do	90

	pré-teste e pós-teste.....	
Figura 49	Quantidade de acertos dos alunos nos testes.....	91
Figura 50	Respostas de dois alunos da turma.....	93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	–	Familiaridade da turma com atividades experimentais.....	59
Tabela 2	–	Expectativa da turma em participar das atividades com experimentos...	59
Tabela 3	–	Algumas perguntas sobre a avaliação da proposta de ensino pelos alunos.....	89

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACR	Atração – Contato – Repulsão
APL	Atividades Práticas de Laboratório
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CBEF	Caderno Brasileiro de Ensino de Física
CBL	<i>Calculator Based Laboratory</i>
GREF	Grupo de Reelaboração do Ensino de Física
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
MNPEF	Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física
PCNs	Parâmetros Curriculares Nacionais
RBEF	Revista Brasileira de Ensino de Física
SI	Sistema Internacional de Unidades
UFRN	Universidade Federal do Rio Grande do Norte
UFERSA	Universidade Federal Rural do Semi-Árido
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UNIVESP	Universidade Virtual do Estado de São Paulo
ZDP	Zona de Desenvolvimento Proximal

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	25
1.1	ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO.....	27
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	29
2.1	A MEDIAÇÃO NA ABORDAGEM VYGOTSKYANA.....	29
2.1.1	A Formação Social da Mente - O Papel da Interação Social.....	31
2.1.2	Desenvolvimento das Funções Mentais Superiores.....	32
2.1.3	Vygotsky e o Ensino de Física.....	33
2.2	SEÇÃO DE REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	35
2.3	UM BREVE HISTÓRICO DA ELETROSTÁTICA E DAS MÁQUINAS ELETROSTÁTICAS.....	38
2.3.1	Propriedades da Carga Elétrica.....	43
2.3.2	Processos de Eletrização.....	43
2.3.2.1	Eletrização por Atrito.....	44
2.3.2.2	Eletrização por Contato.....	45
2.3.2.3	Eletrização por Indução.....	45
2.3.3	Condutores e Isolantes.....	46
2.4	LEI DE COULOMB.....	47
2.5	CAMPO ELÉTRICO.....	51
2.6	CAPACITORES.....	53
3	APLICAÇÕES DOS PRODUTOS EDUCACIONAIS.....	56
3.1	DESCRIÇÃO DA PROPOSTA DE TRABALHO.....	57
3.2	PERFIL DA TURMA.....	59
3.3	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS.....	61
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	77
4.1	ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS OBTIDOS A PARTIR DO PRÉ-TESTE E DO PÓS-TESTE.....	77
4.2	COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS ENTRE CADA ITEM DO PRÉ-TESTE E DO PÓS-TESTE.....	88
4.3	ANÁLISE DA OPINIÃO DOS ALUNOS.....	89
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	91

6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	94
	APÊNDICE A - O PRODUTO EDUCACIONAL.....	90
	SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	130
	APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO DE RECEPTIVIDADE E PRÉ-TESTE.....	150
	APÊNDICE C – TEXTO DE APOIO.....	156
	APÊNDICE D - PROPOSTA DA ATIVIDADE EXPERIMENTAL.....	159
	APÊNDICE E - PROPOSTA DA ATIVIDADE EXPERIMENTAL.....	162
	APÊNDICE F - PROPOSTA DA ATIVIDADE EXPERIMENTAL.....	164
	APÊNDICE G – TEXTO DE APOIO.....	168
	APÊNDICE H - PROPOSTA DA ATIVIDADE EXPERIMENTAL.....	170
	APÊNDICE I - TEXTO DE APOIO.....	172
	APÊNDICE J - TEXTO DE APOIO.....	174
	APÊNDICE K – QUESTIONÁRIO DA ACEITAÇÃO E APLICABILIDADE DA PROPOSTA.....	176
	APÊNDICE L - PROPOSTA DA ATIVIDADE EXPERIMENTAL.....	178

1 - INTRODUÇÃO

O processo de ensino e aprendizagem enfatiza que os conhecimentos de Física devem possuir significados integrados à vivência do professor e dos alunos, de forma a auxiliar o crescimento cognitivo delegado pelo trabalho em equipe, onde o sujeito mais experiente exponha sua opinião de forma clara e objetiva. Em meio a esta mensagem, também, não existe surpresa quando apontamos que em pleno século XXI, ensinar física ainda é uma tarefa muito difícil, seja pela sua ausência nas primeiras séries do ensino fundamental, ou mesmo pelas deficiências dos alunos com aspectos ligados aos conhecimentos básicos de leitura e interpretação de textos, bem como aqueles da matemática de base. Estas limitações dificultam o processo de ensino, quando almejamos certo nível de cognição para o desenvolvimento desta ciência no processo de ensino-aprendizagem.

Segundo Costa (2018), as dificuldades enfrentadas no Ensino de Física passam por situações, nas quais o aluno não consegue relacionar a física que lhe é apresentada na sala de aula, com o seu dia-dia, e muitas vezes associa a disciplina a uma matemática complicada, não conseguindo alcançar o nível de abstração necessário. O resultado da pouca interação dos alunos é comumente destacado pelas notas baixas, culminando no desencanto dos agentes envolvidos no processo de ensino e aprendizagem. Sias (2006) ressalta como essas dificuldades são refletidas nas avaliações nesta disciplina, causando um grande número de reprovações.

O desafio recorrente passa ser uma mudança de postura contínua do professor de Ciências e Física, em buscar alternativas diversificadas, que prendam a atenção dos discentes, valorizando os vários saberes dentro da heterogeneidade da sala de aula. Para Costa (2018), a tarefa do professor, frente a esse contexto, é procurar combater as dificuldades de seus alunos, proporcionando-lhes experiências de aprendizagens eficazes, buscando atualizar-se sempre que possível com instrumentos pedagógicos eficazes. Isto implica, conforme Lima e Takahashi (2013), na necessidade de incorporação da prática pedagógica de atividades que estimulem o estudante a construir e associar tais conhecimentos, com capacidade de induzir o sujeito a gostar e procurar discutir física. Esta realidade conduz a novos desafios para as escolas e para os professores em particular, a fim de manter os alunos mentalmente ativos nas salas de aula e de promover ambientes mais favoráveis para a aprendizagem (QUINTAS e CARVALHO, 2016).

Uma metodologia voltada para oficinas de Física representada por meio de uma sequência didática apresenta objetivos capazes de desmistificar a forma como o professor

ensina os conceitos de Ciências e Física. Sales e Barbosa (2013) levam em consideração este método de ensino, ilustrando-o como um caminho lúdico e prazeroso, apto a reduzir a dicotomia teoria-prática, em que o docente oportuniza aos seus alunos momentos para vislumbrar uma Física fenomenológica, contextualizada e interdisciplinar. Em uma ação prática, esses autores usam materiais facilmente encontrados no dia-dia para confeccionar aparatos experimentais simples e claros na condução do entendimento dos fenômenos físicos em estudo.

A proposta de implementar as oficinas pedagógicas está envolvida com os embasamentos legais referentes às reformas educacionais: A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional LDB/1996 e aquelas sugeridas pelos PCNs+. O cerne dessas fundamentações sugere oportunidades para desenvolver competências e habilidades no alunado propagando situações pertinentes ao seu contexto de vida contemporâneo. Sales e Barbosa (2013) firmam um alicerce pedagógico na teoria de interação sociocultural de Vygotsky, com forte estímulo na participação ativa dos estudantes desdobrando trabalhos em grupos dentro dessas oficinas.

A didática valoriza os diferentes saberes e linguagens dos participantes em torno do experimento e dos fenômenos evidentes, para facilitar a obtenção de significados cientificamente corretos pelos alunos (SIAS, 2006). Frente a esse cenário, a figura do professor deixa de ser aquela de único detentor e transmissor do conhecimento para ser um mediador, fazendo com que os alunos sejam mais ativos no processo de ensino-aprendizagem (COSTA, 2018; SIAS, 2006).

Lima e Takahashi (2013) analisam os conteúdos para serem ensinados em ciências, nesta perspectiva, eles consideraram as condições que contribuam na inclusão do estudante no discurso contemporâneo, abrangendo informações científicas e tecnológicas vigentes. Neste processo, passa a ser importante o reconhecimento da realidade social e cultural do estudante, simbolizada pela escola e a comunidade para os quais o currículo é dirigido.

Na proposta deste trabalho, abordamos os conceitos da eletrostática, que na maioria das situações, muitos professores do ensino fundamental e médio deixam de abordar com seus alunos, devido ao grau de complexidade para o entendimento. Aqui foram trabalhados os conceitos de: carga elétrica, campo elétrico e capacitores.

Para Lima e Takahashi (2013, p.1), as dificuldades apresentadas por grande parte dos adolescentes ingressantes no ensino médio repercutem na aprendizagem dos conceitos de física, que poderia ser minimizada, caso os professores de Ciências introduzisse os conceitos básicos já nos primeiros anos do ensino fundamental. Os mesmos autores atribuem grande

relevância ao ensino dos conteúdos de carga e campo elétrico direcionados aos fenômenos eletrostáticos, considerado como a base para a compreensão do eletromagnetismo em seu todo. Sampaio e colaboradores (2017) corroboram com a metodologia do uso da experimentação assessorada com aulas expositivas.

Sendo assim, o objetivo geral desta pesquisa é elaborar oficinas possibilitando uma aprendizagem da eletrostática, aplicando materiais fáceis de adquirir e manipular em sala de aula. Para tornar possível essa ação elencamos nos objetivos específicos: usar um eletróforo para obtenção de corpos carregados por atrito, contato e indução; explorar experimentos sobre atração e repulsão, igualmente mensurar diferenças entre materiais condutores e isolantes; promover discussões dando ênfase aos conceitos e fenômenos físicos relacionados a uma máquina eletrostática; possibilitar a contextualização da física apresentada através da carga elétrica (eletrização), campo elétrico (para-raios), capacitores (desfibrilador) para despertar nos participantes, a curiosidade pelos conceitos físicos e entendimento do processo de desenvolvimento científico com suas consequências e aplicações práticas; aplicar a teoria do sócio-interacionismo apontada por Vygotsky, direcionada às aulas regulares no ensino fundamental; verificar se o estudo sobre eletrostática e máquinas eletrostáticas estimula os alunos e ajuda-os a reconhecer a importância da Física no dia a dia; reforçar o ponto de vista pedagógico que permita os alunos da oitava série do ensino fundamental se interessar pela física pensando na eletrostática como tema gerador.

1.1 - ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Este trabalho está organizado em cinco capítulos e apêndices, descritos na sequência abaixo. O capítulo inicial apresenta a problemática sobre a qual se justifica a elaboração deste trabalho. O capítulo 2 é reservado a uma breve discussão sobre o referencial teórico através da teoria da interação social de Vygotsky, seu alicerce pedagógico é firmado no estímulo do trabalho em grupo e na troca de significado, entre estes membros, com o intuito de se estabelecer condições para aquisição dos significados cientificamente corretos, neste percurso destaca a figura do professor como organizador e mediador das ideias, que promovem os alunos em um processo mais ativo do ensino-aprendizagem. Depois fizemos uma revisão literária que serviu de material de apoio na montagem desta dissertação. Abordamos, também, o conteúdo da física desenvolvido na aplicação do trabalho, através de rápidos relatos ligados à história da eletrostática e suas máquinas, mantendo uma conexão com os conceitos de carga elétrica, campo elétrico e capacitores. O capítulo 3 constitui a metodologia empregada no desenvolvimento do material instrucional. Aqui, são apresentados a área de estudo, os sujeitos

participantes, a sequência didática das oficinas e os instrumentos de coleta de dados. Já no capítulo 4, descrevemos os resultados e análises dos dados dos questionários e testes. Nos questionários, os alunos avaliaram a proposta. A estatística básica aplicada aos testes desdobrados no início e outro no final do trabalho, comparou em um pré-teste os conhecimentos iniciais do tema, já estabelecidos no cognitivo do aluno com ocorrência de mudança conceitual do pós-teste. No capítulo 5 é apontado às considerações finais da proposta. Por fim, nos apêndices estão os materiais instrucionais produzidos e empregados neste trabalho.

2 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nossa escolha por um referencial teórico fundamentado na hipótese da interação social de Lev Vygotsky está vinculada com a proposta de ensino deste trabalho. Em seu desenvolvimento incluímos situações-problema do dia a dia, exploradas com vistas a motivar o aluno a buscar as respostas em várias etapas da experimentação. Dentro destas intenções, o professor estimula seus alunos a desenvolver tais atividades em grupo, observando situações cotidianas, utilizando materiais simples e de fácil confecção capaz de conduzir os sujeitos às descobertas significativas. Ao esboçar esta proposta, o professor favorece ações relacionadas à mediação do conhecimento passíveis de ser fundamentada nos pressupostos teóricos de Vygotsky, que considera o desenvolvimento cognitivo do ser humano atrelado ao mundo e grupo social do seu convívio. Diante dessa relação, Pereira e Junior (2014) reforçam a importância de abranger com esse alicerce pedagógico, o ensino de Física pela forma como tem sido utilizado em diversos projetos de pesquisa e de desenvolvimento, privilegiando a função da linguagem conjuntamente com as relações sociais, onde as trocas de saberes entre os diferentes membros do grupo estabelecem estruturas cognitivas fundamentais no processo de ensino e aprendizagem.

Para apresentar as ideias de Vygotsky, vamos considerar o artigo estruturado por Pereira e Junior (2014). Assim sendo, estabelecemos a ordem de apresentação iniciada com uma abordagem no processo de mediação elencado por Vygotsky, em seguida é explorada a noção referente ao papel da interação social no processo de formação da mente, por fim abrangemos as questões do desenvolvimento das funções mentais superiores e como essa teoria contribui para o Ensino de Física.

O capítulo, também, apresenta uma seção de revisão bibliográfica, um relato histórico da eletrostática envolvente, onde se inclui máquinas pertencentes ao seu contexto nas descobertas científicas, bem como os conceitos de carga elétrica, campo elétrico e capacitores.

2.1 - A MEDIAÇÃO NA ABORDAGEM VYGOTSKYANA

Mediar envolve fazer uma diferenciação entre os processos psicológicos elementares e as funções mentais superiores. O processo elementar envolve situações como acordar, buscar alimento e água, se comunicar com indivíduos da mesma espécie, comuns a seres humanos e animais em geral. As funções psicológicas dizem respeito a atividades mentais ligadas a prática de lembrar, raciocinar, interpretar, discernir etc. Segundo Rego (2014, p. 39),

as funções mentais superiores são sofisticadas, quando comparadas aos processos elementares, sobretudo, porque envolvem mecanismos intencionais, ações conscientes e controladas, seu amago mobiliza processos voluntários, que permitem o indivíduo se posicionar frente a uma situação do espaço e momento presente.

Segundo Vygotsky, no processo de diferenciação entre as funções mentais elementares e as superiores, deve-se levar em conta que, as formas superiores são definidas como, aquelas que envolvem uma mediação estabelecida na crença, que um sujeito mais capaz desenvolve tal processo de mediação, geralmente personificado no sujeito mais experiente do grupo, que gera estímulos, dá pistas, aponta possíveis alternativas para obter certo tipo de comportamento. Na intenção de atingir a atividade mental e nervosa (formas superiores de memória), a figura do mediador também submete meios externos concebidos como signos. Esclarecendo essa proposição, Pereira e Junior (2014, p. 524) atribuem que, as formas superiores de memória acontecem com o desenvolvimento de um método de memorização baseado no uso de signos.

Os signos atuam como meios auxiliares tanto no plano individual como no coletivo. Assim, ao atribuir meios externos no processo de mediação, eles contribuem decisivamente na natureza da atividade mental pretendida. A título de exemplo de um signo relevante, é possível fazer menção ao aparelho celular e suas múltiplas funções como a de despertador, que lembra o sujeito à hora de levantar ou quando combinamos um encontro com um colega para uma partida de futebol, conseqüentemente outras memórias são mobilizadas, tais como os acessórios (meiões, tênis apropriado para a função, a própria bola, bomba de encher) que devemos levar para desenvolver a atividade esportiva. Ao considerar o uso de signos, Vygotsky visualiza um meio auxiliar para solucionar problemas psicológicos, destacados pela ação de recordar, pensar, distinguir diferentes objetos, entre outros. Justifica-se neste raciocínio a atuação dos signos como ferramentas psicológicas no mecanismo de interação social, onde posteriormente podem influenciar o comportamento futuro da pessoa. De acordo com Pereira e Junior, os signos são parte do contexto social e cultural em que os indivíduos estão imersos. No contexto social, a interação entre o indivíduo e o meio social acarreta na apropriação de signos. Moreira (1999, p. 113) destaca que, é a partir do contato com os membros do seu convívio, que a pessoa vai captar os sentidos dos signos, percebendo se os significados atribuídos pelo seu consciente correspondem àqueles compartilhados pelo grupo no qual está inserido. Tais proposições estão presentes na obra de Vygotsky: *A formação social da mente*. Diante dessa teoria, no ambiente escolar, o professor deve atrelar a instrução científica com a mediação do conhecimento, privilegiando as diferentes formas de pensar e

agir, para que os participantes se envolvam e tirem conclusões acerca do conceito levantado. Então, partindo dos conceitos cotidianos, os indivíduos manipulam, fazem observações, comparam, diferenciam e trocam significados capazes de desenvolver processos psicológicos interpretados pelo próprio eu, no subconsciente, ou no grupo dos alunos conduzindo as interpretações almejadas.

2.1.1 - A formação social da mente - o papel da interação social

O contexto social e cultural, sob o qual o indivíduo fica subjugado, constitui o meio crucial para o desenvolvimento cognoscitivo do sujeito. O destaque especial dessa tese de Vygotsky concebe a declaração firme de que o amadurecimento das funções mentais superiores da pessoa, decorre da interação social com membros da sua espécie. Sobre esse enunciado, Pereira e Junior (2014, p. 527) expressam que, a memória, a atenção voluntária e a formação de conceitos no plano psicológico do indivíduo são formadas por signos externamente aplicados ao grupo do seu convívio. Como exemplo, imagine que um filho solicite a ajuda do pai para localizar uma bola, quando o pai interage com a criança recobrando os prováveis locais onde o objeto possa estar (armário do quarto, casa do vizinho, debaixo da cama etc.), um desses ambientes é capaz de estabelecer uma reflexão, na qual o filho pode encontrar o brinquedo. A análise dedutiva focada nos ambientes externos ao ser, estabelecida pela interação social entre pai e filho é capaz de trazer à tona a memória, recobrando a possível localização da bola. É dando uma atenção especial, ao meio no qual o indivíduo está incluso e se relacionando, que se consegue despertar suas funções mentais superiores, mediadas por sistemas de signos.

Dessa maneira, a mediação representa um conceito fundamental na concepção social desenvolvendo a mentalidade humana. Os signos desempenham construções sociais ligadas a: capacidade de planejar ações, imaginação, memória voluntária, conceber consequências para uma decisão, entre outras que remetem à essência da concepção de aprendizagem no sujeito. Pereira e Junior (2014) identificam nas atividades construídas no plano social a necessidade de serem mediadas pelos signos, que atuam como um meio de interação social e mais tarde se tornara um meio de controle no plano individual. Esta proposição de Vygotsky mostra como as tarefas que conseguimos fazer hoje, pensando sozinhos, usando os símbolos, são originadas daquilo que fizemos no passado com ajuda de outros nas interações sociais. Para explicar como a mente é formada durante o processo de interação social, Vygotsky propõe a existência de um modelo de transferência da atividade externa para o plano interior, dentro do qual uma fala social é convertida em pensamento gerando um processo de internalização, que ele

caracteriza como uma reconstrução interna da mente ocasionada por um estímulo externo. Segundo Vygotsky (1981), todas as funções mentais superiores são relações sociais internalizadas. Isto significa que na interação social com um sujeito é preciso fazer uma análise do seu funcionamento mental fora dele.

Quando pensamos nas origens sociais das funções mentais associadas ao ensino, um novo termo é pertinente, passa-se a introduzir o conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal (*ZDP*), determinada pela distância entre aquilo que o sujeito consegue fazer por si mesmo (desenvolvimento real) e as tarefas que consegue desenvolver somente com ajuda de outras pessoas mais experientes (desenvolvimento potencial). Ao criar o conceito de zona de desenvolvimento proximal, Vygotsky explica a diversidade estabelecida na capacidade de alcançar o conhecimento, sendo que a *ZDP* delimita aquilo que o sujeito consegue fazer sem interferência de outros, e o que só é alcançado com a colaboração de outro indivíduo em um processo de imitação. Na perspectiva vygotskyana, a zona de desenvolvimento proximal é determinante em termos de aprendizado na transição para o desenvolvimento potencial, onde futuramente o indivíduo assume o protagonismo correspondente ao desenvolvimento real. Daí resulta uma condição muito favorável para a área de ensino, interpretada por Pereira e Junior, (2014), onde o professor mediador deve adotar uma metodologia adequada sempre à frente do desenvolvimento real, como objetivo central a meta deixa de ser focada em tarefas que os indivíduos apenas dominam parcialmente, mas que agora é capaz de participar de sua execução mediante a assistência e a supervisão do professor.

2.1.2 - O desenvolvimento das funções mentais superiores

O método genético faz parte de um dos temas mais explorados por Vygotsky, seu interesse é estudar as funções mentais superiores concebidas pela análise genotípica. A análise do método genético na teoria de Vygotsky mostra que, ela não deve ser comparada a outras teorias da psicologia do desenvolvimento, porque ela não se limita apenas as estruturas cognitivas, envolve o estudo acurado das funções mentais superiores comuns aos seres humanos com interposição dos signos. Não podemos esquecer o signo como algo aplicado externamente ao grupo de convívio do sujeito. Segundo Vygotsky é através da interação social que as pessoas conseguem novas habilidades mentais. Neste percurso, elas associam novos meios auxiliares, os instrumentos e signos com as funções mentais superiores, ligando o pensamento à linguagem. Pelo instrumento, algo mais concreto, se faz alguma coisa. Já o signo representa algo que detém significado, ele é mais abstrato. O desenvolvimento

cognitivo ocorre, quando a progressão de um método de memorização baseado no uso de sistemas de signos, faz a mediação com instrumentos.

Vygotsky relaciona na aprendizagem escolar os níveis de desenvolvimento real e o potencial. Este último nível recebe maior atenção por ser aquele onde se processa um maior estágio de desenvolvimento. Para provar sua hipótese Vygotsky usa um grupo com crianças orientadas pelo mesmo professor. Ele constata haver uma relação entre as diferentes capacidades de aprender nas atividades, que uma criança consegue realizar com ajuda de outras, na forma como acusam um indicativo maior da sua situação de desenvolvimento confrontada com aquela que consegue realizar sozinha. Vygotsky atribuiu essa distorção de aprendizagem às distintas idades mentais dos alunos. Na lógica teórica de Vygotsky, o ensino deve ser centrado não no sentido de atingir aquilo que o aluno já sabe, porque isto já é inerente ao seu desenvolvimento real. Assim, a transmissão do conhecimento deve ser aplicada à frente do desenvolvimento cognitivo do aprendiz. Nesta situação, a zona de desenvolvimento proximal provoca a aprendizagem em virtude das interações sociais e novas fronteiras são demarcadas dentro da zona de conhecimento.

2.1.3 - Vygotsky e o ensino de física

Visto que a introdução de um novo signo na atividade psicológica causa uma transformação fundamental nas funções mentais superiores. Pereira e Junior (2014, p. 531), vislumbram nas inovações como um novo texto de apoio, um experimento didático, uma simulação computacional, meios de causar mudanças na atividade cognoscitiva dos alunos. A noção de introduzir novas ferramentas psicológicas baseadas no uso de signos diversificados dentro da sala de aula possibilita outras maneiras de mobilizar a atividade mental dos discentes. Isto vai de encontro à lógica estabelecida do bom ensino ser aquele que se coloca à frente das tarefas que os indivíduos apenas dominam parcialmente, predomina, agora, nesta visão as tarefas nas quais o sujeito é capaz de participar de sua execução mediante a assistência e a supervisão do professor. Sob o ponto de vista das concepções espontâneas, informais, que dão origem a ciência de senso comum, que já são parte da estrutura cognitiva do aprendiz, segundo Vygotsky, isto não atrapalha a aquisição dos conceitos científicos.

Conforme (GASPAR, 2014, p. 22), as concepções cotidianas e o aprendizado científico podem conviver juntos no plano psicológico do aluno, vai ser um determinado contexto dentro da atividade desenvolvida, que o fará recorrer a mais pertinente delas, isto é justificado porque, elas têm a notável característica de serem individuais e reflexivas. Dessa forma, na rotina das aulas o conhecimento formal é parte da edificação de uma nova estrutura

cognitiva e a substituição do conceito espontâneo pelo científico, não acontece de forma imediata. A linha do pensamento de Vygotsky estabelece que, o ensino bem-sucedido deva usar vários artifícios para despertar o interesse dos estudantes pelo assunto a ser explorado com toda a sua potencialidade. É fundamental neste processo a interação entre os próprios alunos e o professor, para que atuem em conjunto e compartilhem um retorno na busca de significados para o aprendizado. Então, é a partir dessas considerações pedagógicas que propomos um conjunto de atividades voltadas para o ensino de física na oitava série do ensino fundamental.

O desenvolvimento desta proposta pedagógica envolve: aulas expositivas, textos contextualizando a histórica na produção do conhecimento científico e aplicação de atividades experimentais. Os materiais desenvolvidos contêm conceitos da eletrostática adaptáveis à realidade escolar e podem ser aplicados ao contexto dos eletróforos e máquinas eletrostáticas. A intenção é possibilitar um espaço para interações sociais dentro das atividades práticas onde os participantes aprendam conceitos de física de uma forma mais significativa, desenvolvendo habilidades. Para tanto uma ação pedagógica deve estabelecer interações sociais ao relacionar signos e instrumentos ligados à eletrostática. Assim, ao se valer de pêndulos eletrostáticos, canudo eletrizado, eletróforos, garrafas de Leiden, entre outros materiais condutores e isolantes, aplica-se os conhecimentos dos tópicos da eletrostática responsáveis pela fenomenologia observada na máquina de Wimshurst e da chuva elétrica de Kelvin, tem-se o um material capaz de estabelecer o processo de mediação como linguagem potencial de motivar os participantes em sala de aula. Na ação é relevante perceber, se há mesmo entendimento da proposta estabelecida para cada participante na tarefa, isto inclui a presença do professor mediador estabelecendo discussões sobre a montagem e possíveis influências de fatores externos que possam interferir no resultado do experimento.

O professor deve observar o momento que, a turma interage com os objetos de aprendizagem (textos e experimentos), se os alunos partilham de uma linguagem adequada condizente com a interpretação dos resultados obtidos, estabelecendo a discussão dos fenômenos envolvidos para considerar a tarefa como eficaz. Cabe ao professor mediar diversas estratégias ligadas à atividade para manter os alunos mentalmente ativos promovendo discussões de ideias e análises críticas das situações na sala de aula estabelecendo um ambiente mais favorável à prática da aprendizagem. Na perspectiva de Vygotsky, Gaspar (2014, p. 11-30) sugere uma atividade experimental com interações sociais dando impulso ao objeto de estudo, para tanto, partindo de uma ação consciente o professor faz indagações, que estimulam o cognitivo do aluno dentro daquilo que sua mente já concebe sobre o assunto. Vai

ser a intervenção mediada, que possibilita o aluno argumentar interiorizando a linguagem partilhada pelos integrantes do seu grupo sobre os conceitos envolvidos que conduz ao entendimento do assunto.

É sempre importante colocar o aluno diante de uma situação nova – zona de desenvolvimento proximal - materializada através de um experimento vivenciado a frente do conhecimento das tarefas que ele consegue fazer sozinho – desenvolvimento real - para despertar sua motivação permitindo o alcance das funções mentais superiores. Neste percurso, Gaspar propõe que ela seja compreendida por todos os estudantes para alcançar os limites da ZDP com a participação de um parceiro mais capaz na atividade, onde há o compartilhamento das perguntas propostas e das respostas firmadas na linguagem estabelecida. Dentro da perspectiva de Vygotsky, as práticas experimentais com esses fins são imprescindíveis. Gaspar, *Id*, sugere uma atividade experimental em sala de aula fundamentada na pedagogia sócio histórica e uso dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's) como elemento orientador no seu planejamento. As oficinas em eletrostática propõem apresentar ao jovem uma ferramenta a mais na sua forma de pensar e agir.

2.2 - SEÇÃO DE REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esta sessão reúne uma breve revisão de livros, dissertações, teses e artigos entre os anos 2000 - 2018. Ela tem o objetivo de auxiliar no desenvolvimento da pesquisa, tanto no ponto de vista de estruturação do trabalho como de método. Todas elas focam no uso de objetos de aprendizagem como ferramenta da área de Ensino de Física.

Em 2004, Guerra e colaboradores na obra Faraday e Maxwell: Eletromagnetismo da indução aos dínamos apresenta uma maneira de ensinar ciência fazendo o aluno perceber que a produção do conhecimento técnico-científico é parte da cultura humana, assim como a literatura, a pintura, a música, o cinema. Eles mostram como a história do eletromagnetismo foi construída, através de uma ciência não linear e de intenso confronto de ideias.

Em 2006, Carvalho, D. S. em seu trabalho com o título: Utilização do gerador eletrostático de Van Der Graaff na aprendizagem dos conceitos da eletrostática, tratou do uso da prática experimental ligada a um gerador eletrostático construído com material alternativo e de baixo custo aplicado como um recurso didático no processo de ensino-aprendizagem dos conteúdos da eletrostática. O intuito da dissertação foi proporcionar um ensino atrativo, pautado no ato experimental, utilizando-o como meio motivacional na assimilação dos saberes. A pesquisa envolveu uma revisão bibliográfica, direcionada ao ensino da física

utilizando a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel. Os resultados apontaram que, os experimentos utilizados permitiram boa compreensão dos conceitos da eletrostática. A pesquisa tratou, ainda, da descrição, funcionamento e fenomenologia dos componentes e montagem e princípio básico do funcionamento do gerador eletrostático.

Em 2006, Sias, D. B escreveu seu trabalho de dissertação: A aquisição automática de dados proporcionando discussões conceituais na física térmica do ensino médio. A autora relatou as dificuldades vivenciadas no ensino de física e propôs a utilização de dispositivos *Calculator Based Laboratory - CBL* para aquisição automática de dados que contribuíram com uma aprendizagem mais significativa em física. Sua aplicação nos laboratórios didáticos de física térmica para o nível médio abordou tópicos do ensino médio e outros ligados a questão contextual fundamentada nas teorias de aprendizagem de Ausubel e Vygotsky. O produto educacional do trabalho compreende material instrucional na forma de textos, guias experimentais, material hipermídia e teste interativo em *Flash MX* envolvendo os conteúdos abordados.

Já em 2010, Monteiro e colaboradores escreveram um artigo com o título: As atividades de demonstração e a teoria de Vygotsky: um motor elétrico de fácil construção e de baixo custo. Os autores lançaram uma proposta para minimizar os efeitos das dificuldades presentes no ensino dos conceitos científicos, proporão atividades de cunho didático passíveis de serem contextualizadas pelos fenômenos eletromagnéticos em nível fundamental II. Eles apresentaram e explicaram uma montagem fácil e de baixo custo utilizando um motor elétrico feito a partir de ímãs, fios condutores e uma pilha com amparo no princípio sócio histórico de Vygotsky.

Duas outras obras publicadas em 2011 e 2018, a primeira e segunda edição do livro: Os Fundamentos Experimentais e Históricos da Eletricidade de Assis, T. A. K. ilustram uma diversidade de fenômenos da eletricidade com uso de experimentos da eletrostática de forma muito cautelosa utilizando materiais facilmente encontrados no cotidianos das pessoas.

Em 2013, foi o livro com o título: A física através de experimentos, cujo autor é Peruzzo, J. Esta obra possui experimentos interessantes para o uso em sala de aula. A proposta desse autor envolveu a utilização de materiais simples e de fácil obtenção, podendo ser desenvolvidos no ambiente da própria sala de aula, o mesmo apresenta uma análise detalhada dos fenômenos ocorridos e dos resultados obtidos. A obra induz o leitor de modo que ele obtenha resultados com análises, conclusões e implicações práticas.

Em 2013, Sales, G. B. e Barbosa, M. N abordaram em uma dissertação sobre o ensino de Física por meio de oficinas, os autores proporão a desmistificação do ensino de

Física, com uma proposta pedagógica lúdica. Como procedimento metodológico, esses escritores adotaram a pesquisa-ação pela prática da observação participativa, fundamentada nas teorias Ausubel e Vygotsky em que ocorra a sintonia entre o ambiente sociocultural, e o desenvolvimento cognitivo em busca de alternativas eficazes para alcançar melhorias na forma do ensino de Física.

Em 2014, amparado na metodologia de Vygotsky, Gaspar em seu livro: *Experiências de Ciências*, recomenda uma aprendizagem que empregue interações sociais capazes de desencadear no aspecto motivacional do estudante a troca de experiências entre professor e os alunos. A intenção é promover o conteúdo apresentado de uma forma mais acessível passível de conduzir o conhecimento aos estudantes buscando a eficácia na atividade proposta. O autor orienta como o professor que adotará essa obra, deve proceder em todas as etapas do experimento adequando-o na estrutura cognitiva dos discentes. O livro é destinado a professores de ensino fundamental e médio.

Já em 2014, no livro: *Atividades Experimentais no Ensino de Física*, também sobre a autoria de Gaspar, A., é apresentado uma nova visão baseada na teoria de Vygotsky, em que se propõe mostrar bases pedagógicas e metodológicas para contribuir no uso da atividade experimental, de modo a tornar o ensino de Física proveitoso. A partir de uma síntese da teoria pedagógica de Lev Vygotsky, Gaspar ressalta a validade do resultado de suas pesquisas quando confrontadas com as recentes buscas científicas em neurociência, em seguida, apresenta propostas de atividades experimentais em Física apoiadas nos princípios pedagógicos que considera relevante.

Quintas, M. J. e Carvalho, P. S. (2016) publicaram o artigo intitulado: *Ensino Interativo na Abordagem da Eletricidade numa Escola Portuguesa*. Os trabalhos aplicados em algumas escolas portuguesas associam a abordagem sobre os conceitos de eletricidade por meio de atividades práticas laboratoriais e tecnologia da informação. Eles usaram durante a investigação fichas, relatórios de aula, inquéritos e entrevistas em dois grupos de alunos concebidos pelo grupo experimental e o de controle.

Em 2017, a dissertação de Marcondes, J. V. R: *Uma Proposta de Ensino de Eletrostática com Auxílio do Gerador de Van De Graaff*, tratou dos conceitos da eletrostática através do uso do gerador de Van Der Graaff. O autor argumenta que a atividade didática permitiu o estabelecimento das noções básicas do conteúdo da eletrostática. O alicerce pedagógico da proposta se vale do modelo construtivista da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS). Adequada à realidade da escola, esta proposta metodológica buscou atingir a estrutura cognitiva do alunado aplicando o binômio teoria prática.

2.3 - UM BREVE HISTÓRICO DA ELETROSTÁTICA E DAS MÁQUINAS ELETROSTÁTICAS

Os gregos antigos, por volta de 700 a. C., friccionavam na pele de animais o âmbar (uma seiva), Figura 1, para atrair pedaços de palha, fiapos da vestimenta, penas ou sementes. Este efeito ficou conhecido como efeito âmbar. Segundo Moysés (2009. p. 3), o nome do âmbar, em grego, é *elektron*, tal palavra originou o termo eletricidade e fundamentaria o nome do elétron.

Figura 1- Fragmento de âmbar.



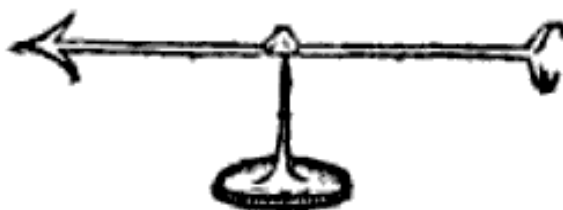
Disponível em: <<https://pedrasmensageiras.com/ambar-amuleto-resina>>. Acesso em: 27/06/2019

No início do século XVII, o conhecimento humano sobre os fenômenos elétricos se limitava apenas à observação de raios e as propriedades do âmbar. No Egito antigo, já era conhecido uma espécie de peixe (enguia elétrica), que produzia um doloroso choque elétrico. Naquele período, alguns dos fenômenos elétricos já faziam parte da convivência das pessoas e concebiam as primeiras experiências, porém ninguém sabia explicar cientificamente o que seriam. Essa lacuna permaneceu sem elucidação por um longo período, com advento do século XVII, o homem iniciou uma jornada investigativa desmistificando minuciosamente esses fenômenos, capacitando-o ao longo do tempo uma compreensão cada vez mais acurada dos mesmos.

Uma das primeiras mentes empenhadas na investigação dos fenômenos elétricos foi William Gilbert. Em 1600, ele publicou a obra, *De magnete* explicando satisfatoriamente como a Terra se assemelhava a um grande ímã, para tanto modelou uma esfera de magnetita.

Gilbert dedicou-se à época, em traçar uma investigação entre as diferenças da atração elétrica e a magnética, constatou que além do âmbar, podia eletrizar outras substâncias por atrito, mostrou como as atrações elétricas e as magnéticas eram mais intensas quando se encurtava o espaço entre os objetos usados em seus experimentos. É dele a autoria dos nomes eletricidade e do *versorium*, Figura 2, bem como dos termos força e atração elétrica. Gilbert é considerado o fundador da ciência elétrica.

Figura 2: *Versorium* de Gilbert.



Disponível em: <https://www.google.com/search?q=versorium+de+gilbert&client=firefox-b&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiT9KZ8oXjAhXyHbkGHcu8AGoQ_AUIECgB&biw=1366&bih=654#imgsrc=ILZ6aKfBWnnM:>>. Acesso em 25/06/2019.

Stephen Gray, em 1729, demonstrou a existência de materiais condutores e isolantes, os trabalhos de Gray constituem um dos legados mais significativos na história da eletricidade (ASSIS, 2018, p. 231). Em seus experimentos revelou a propriedade dos materiais condutores e isolantes. Em 1733, Du Fay reproduziu por atrito as experiências de Gray, o resultado delas revelou o mecanismo da atração/contato/repulsão (ACR), Du Fay propôs, ainda, a existência de dois tipos de eletricidade: a vítrea e a resinosa (ASSIS, 2011, p. 99). Tal feito posteriormente seria aplicado ao famoso princípio da atração e repulsão. Em 1747, Benjamin Franklin e seus colaboradores inventaram a teoria do fluído elétrico, seus trabalhos, ainda, conceberam a distinção clássica entre os corpos eletrizados positivos e os negativos. O século XVIII foi marcado por outras descobertas de Franklin junto ao seu grupo de colaboradores, a Figura 3 representa a ilustração, que eternizou no imaginário popular o cientista desvendando a natureza elétrica dos relâmpagos, posteriormente associada às mesmas descargas elétricas produzidas nas máquinas eletrostáticas e garrafas de *Leyden*. O grupo de cientistas sob sua liderança, ainda, produziu o para-raios e estabeleceu o preceito da conservação da carga elétrica (BRAGA *et. al*, 2004, p. 19).

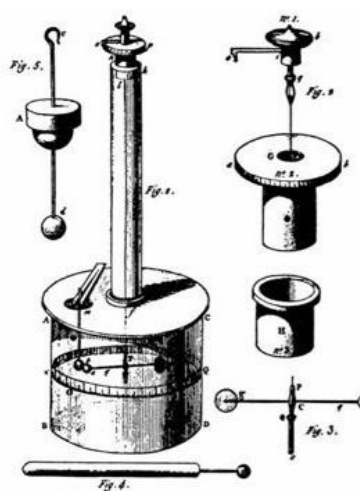
Figura 3 - A pipa de Benjamim Franklin.



Disponível em: <[https://www.thoughtco.com/thmb/pdWYv64BmA9E2CwcY27ReVGxZXs=/78x0/filters:no_upscale\(\):filters:no_upscale\(\):filters:no_upscale\(\):filters:no_upscale\(\):max_bytes\(150000\):strip_icc\(\)/GettyImages-AB30686-58f861e15f9b581d59087ecb.jpg](https://www.thoughtco.com/thmb/pdWYv64BmA9E2CwcY27ReVGxZXs=/78x0/filters:no_upscale():filters:no_upscale():filters:no_upscale():filters:no_upscale():max_bytes(150000):strip_icc()/GettyImages-AB30686-58f861e15f9b581d59087ecb.jpg)>. Acesso em: 25/06/2019.

Entre 1785 e 1791, Charles Augustin de Coulomb, observado na Figura 4, desenvolveu a teoria sobre a repulsão e a atração entre corpos com cargas elétricas, usando a balança de torção. A famosa Lei de Coulomb do eletromagnetismo revelou que, o módulo da força entre as cargas é proporcional ao produto delas e inversamente proporcional ao quadrado da distância que as separa.

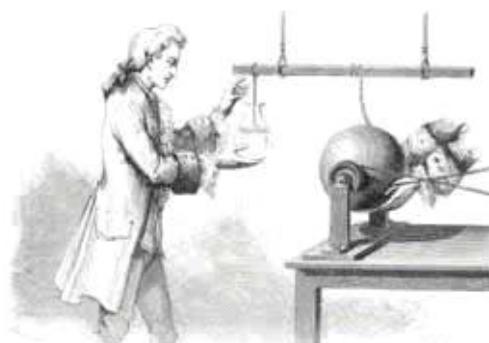
Figura 4 - Coulomb e sua balança de torção.



Disponível em: <<https://sergiorbtorres.blogspot.com/2018/06/hoje-14-de-junho-e-aniversario-de.html>>. Acesso em: 25/06/2019.

Em 1663, Otto Von Guericke construiu uma esfera de enxofre, que girava em torno de um eixo, sua intenção era provar que, a atração gravitacional era de natureza elétrica. A manifestação elétrica da esfera aparecia quando ela girava e ao mesmo tempo fazia atrito com o algodão, uma vez eletrizada o artefato possibilitava uma atração em objetos leves, como penas, pêlos e fiapos de roupa. Para ele foi à chance de investigar mais detalhadamente os fenômenos da atração, repulsão e a produção de faíscas elétricas. A Figura 5 mostra a esfera giratória de Guericke, ela representa a primeira máquina elétrica na história, surgia assim o gerador elétrico, que seria padronizado para ser usado por mais de um século.

Figura 5 - Máquina de Guericke.

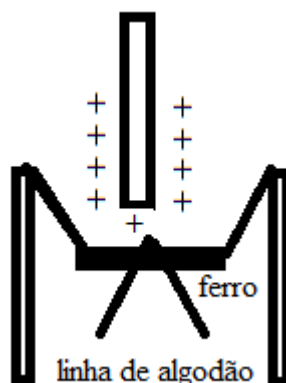


Disponível em: <https://www.google.com/search?client=firefox-b&biw=1217&bih=574&tbm=isch&sa=1&ei=0L4SXb7bJ6K_5OUPs76IoAw&q=maquina+de+otton+von+Guerik&oq=maquina+de+otton+von+Guerik&gs_l=img.3...2360.51484..54606...11.0..0.196.6674.0j44.....0....1..gws-wiz-img.....0..0i67j0j0i30j0i8i30j0i24.bz-siNQnd2M#imgsrc=NuYHFKQWBESQoM>. Acesso em: 25/06/2019.

Em 1746, muitos pesquisadores se questionavam sobre a possibilidade de armazenar a energia elétrica numa garrafa de vidro, surgiam os primeiros capacitores na forma conhecida como garrafa de Leyden. Esse tipo de condensador se tornou um acessório comum em muitos laboratórios pelo mundo devido a sua alta capacitância.

Normalmente não são observadas mudanças na aparência de um corpo ao ser carregado eletricamente, é preciso aproximá-lo de substâncias leves para perceber as interações elétricas. Os primeiros instrumentos criados para detectar essa propriedade foram: o *perpendículo* de Fracastoro, o *versório* de Gilbert e a linha pendular de Gray. É provável que o primeiro eletroscópio tenha sido construído por Du Fay em 1737, seu método consistia em pendurar um fio dobrado em partes iguais sobre uma barra de ferro, esses dois segmentos quando carregados abriam na forma de um V invertido, Figura 6. Esse instrumento precisa estar isolado eletricamente da Terra para que possa armazenar uma carga elétrica e apresentar alguma propriedade visível, perceptível pela carga adquirida, onde se vislumbra um ângulo de abertura entre as duas partes do fio.

Figura 6 – Esquema representando o Eletroscópio de Du Fay.



Fonte: Elaborada pelo autor.

O autor da primeira série triboelétrica da história foi Wilcke, ele inventou em 1762 o eletróforo, porém quem o aperfeiçoou e o popularizou foi Alessandro Volta. Um eletróforo possui duas partes: a base isolante que é eletrizada por atrito e um cabo isolante preso a um condutor. Para carregar o eletróforo, primeiro a base isolante é eletrizada por atrito com uma flanela seca de algodão ou toalha de papel, em seguida o condutor é posicionado sob ela para separar cargas. O toque com o dedo na superfície do condutor escoia essas cargas por aterramento, basta separar o disco da base e erguê-lo pelo cabo isolante, ao encostar novamente a ponta do dedo nos limites do coletor é possível perceber uma faísca.

Em 1867, uma experiência eletrostática extraordinária mostrava que a água atuava como um condutor de cargas passível de gerar energia elétrica. O gerador eletrostático gotejante ou chuva elétrica de Kelvin foi elaborado por Lord Kelvin. O princípio de funcionamento do aparelho consiste em deixar a água sair da base de um recipiente isolante, que fica próximo a uma arruela eletrizada, que previamente induz cargas neste líquido. As gotas eletrizadas despençam da base do depósito, passam através da arruela e são depositadas em outro recipiente isolado eletricamente. Outro aparato eletrostático fascinante foi desenvolvido por volta de 1880, James Wimshurst criou uma máquina eletrostática que gerava altas voltagens: A máquina de Wimshurst. Esse gerador tem em sua estrutura dois discos, que giram em sentidos contrários, possibilitando a geração de eletricidade obtida pela regra da indução eletrostática. Tais máquinas foram um dos artifícios empregados na descoberta dos raios X. Em 1895, havia grande interesse por máquinas eletrostáticas para servir de fonte de alta tensão nos tubos de Crookes. A máquina de Wimshurst foi uma das poucas que sobreviveu à competição com os motores elétricos modernos de indução. Ela ainda pode ser vista em alguns laboratórios e feiras de ciência.

A ênfase nos trabalhos discutidos acima revelaria como a carga elétrica se relaciona com a propriedade fundamental da matéria que é a força elétrica, manifestada quando atritamos, alguns objetos de natureza distinta, que passam a atrair ou repelir outros corpos.

As experiências feitas em laboratórios permitem verificar que a força elétrica sendo de atração ou repulsão possui relação de proporcionalidade direta com valor absoluto dependente do produto dessas cargas, sendo ainda inversamente proporcional ao quadrado da distância que separa tais cargas. Para representar a carga elétrica usamos o símbolo Q ou q , sua unidade de medida é simbolizada pela letra C (Coulomb). As cargas elétricas podem ser positivas (+), também chamadas de prótons ou negativas (-) que são os elétrons, as duas constituem as partículas elementares dos átomos. Toda carga elétrica que faça parte dos átomos são chamadas de partículas elementares incluindo os nêutrons, que são destituídos de carga elétrica resultante.

2.3.1 - Propriedades da carga elétrica

Nas aulas experimentais é possível mostrar para os alunos que ocorre atração eletrostática quando as cargas elétricas apresentam sinais opostos, por sua vez a repulsão é evidente quando essas cargas contem sinais iguais.

Nas interações elétricas, a carga elétrica sempre é conservada, em um processo dessa natureza, acontece apenas deslocamento das cargas dos corpos envolvidos, responsável pela noção da conservação da carga elétrica. Assim quando eletrizamos um corpo, provocamos um desequilíbrio nas suas cargas, que pode ser restabelecido no processo de neutralização, falamos que as cargas do corpo em questão foram neutralizadas.

2.3.2 - Processos de eletrização

A eletrização de materiais é processo presente em nosso cotidiano e por isso deve ser estudada com os alunos do ensino fundamental. Diversos acidentes podem ser evitados, se as crianças já souberem como explicar tais fenômenos na natureza, com o intuito de evitar a ocorrência de uma fatalidade. A Tribologia é a área da ciência que estuda as vantagens e as desvantagens da presença ou ausência de atrito. No caso dos fenômenos elétricos nos falamos da triboeletricidade.

2.3.2.1 Eletrização por atrito

Se dois materiais de natureza diferentes são friccionados um contra o outro, eles ficam eletrizados. Acontece o processo de transferência de cargas sendo que um deles ganha elétrons e fica carregado de forma negativa e aquele que doou os elétrons passa a ter uma carga positiva. Se o professor tiver disponível alguns materiais, é possível construir uma série triboelétrica em sala de aula, como a que está representada na Figura 7. Uma experiência clássica sobre processo de eletrização por atrito pode ser vislumbrada atritando papel higiênico com um canudo de plástico, que se for aproximado em seguida dos pêlos do braço ou de papéis picados causa uma atração elétrica. Isto acontece porque o canudo encontra-se carregado.

Figura 7 - Série triboelétrica apresentando os materiais mais comuns no estudo da triboeletricidade.

Pele humana	
Couro	
Pele de coelho	
Vidro liso	
Cabelo humano	
Fibra sintética	
Lã	
Pele de gato	
Seda	
Alumínio	
Papel ou papelão fino	
Algodão	
Madeira	
Âmbar	
Borracha dura	
Poliéster	
Isopor	
Filme PVC	
Poliuretano	
Polipropileno	
Silicone	
Teflon	

Disponível em: <<https://static.todamateria.com.br/upload/ta/be/tabelatriboelettrica.jpg>>. Acesso em: 27/06/2019.

2.3.2.2 Eletrização por contato

A eletrização por contato é possível quando um corpo condutor está eletrizado e é encostado em outro corpo que está neutro. Podem acontecer duas situações distintas para um corpo carregar desta maneira: Consideremos o caso do bastão com carga negativa, que faz contato com a esfera isolada, nesta situação elétrons do bastão são transferidos para esfera eletrizando-a de forma negativa e a carga do bastão diminui como pode ser observado na Figura 8 (a). A Figura 8 (b) representa a situação na qual o bastão com carga positiva toca na esfera e recebe parte de seus elétrons. No final do processo o bastão teve parte de suas cargas neutralizadas e continua positivo, enquanto que a esfera fica eletrizada de forma positiva. Na eletrização por contato os corpos ficam carregados com cargas de mesmo sinal uma vez que cessa o processo.

Figura 8 - Eletrização de uma esfera por contato. Em (a) esfera carrega negativamente, em (b) esfera carrega positivamente.

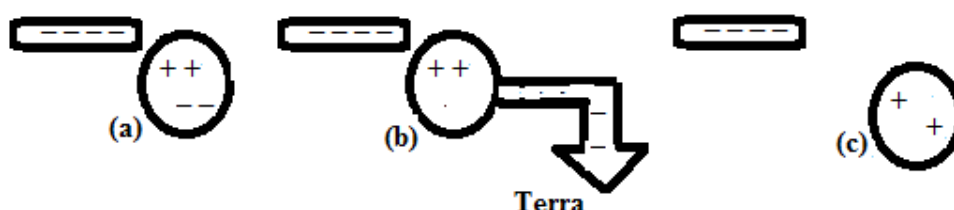


Fonte: Elaborada pelo autor.

2.3.2.3 Eletrização por indução

Para carregar um corpo pelo processo de indução, previamente eletrizamos outro corpo e o aproximamos, sem tocar, do primeiro corpo, que se encontra neutro e isolado. O corpo eletrizado (indutor) atrai as cargas do corpo neutro (induzido), que passa por um processo de separação de suas cargas elétricas. A Figura 9 revela como acontece o processo de indução elétrica.

Figura 9 - Eletrização de uma esfera por indução. Em (a) separação das cargas na esfera (b) esfera é aterrada e em (c) esfera carregada positivamente.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Em (a), a aproximação do corpo carregado modifica a distribuição de cargas do corpo neutro, as cargas de sinal contrário se aproximam e as de mesmo sinal se afastam. Em (b), o indutor ainda se encontra afastado do induzido, que exibe uma conexão com um fio condutor ligado a Terra, possibilitando a transferência dos seus elétrons para a superfície terrestre. Em (c), o fio condutor é desligado da esfera e o bastão eletrizado é retirado das proximidades, suas cargas se redistribuem na superfície da esfera, que agora fica eletrizada de forma positiva.

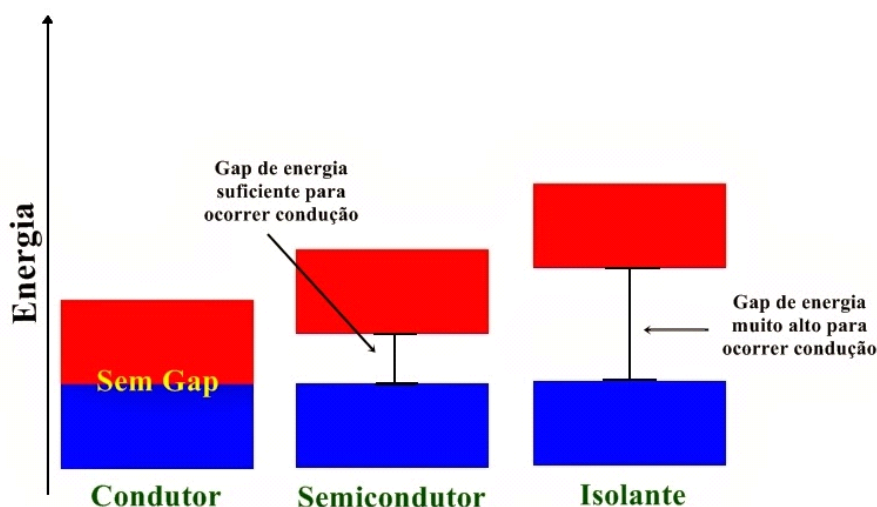
2.3.3 Condutores e isolantes

A distinção entre os materiais condutores e isolantes está conectada à presença de elétrons livres ou elétrons de condução, que são abundantes nos condutores e pouco destacados nos isolantes.

Neste ponto é necessária uma abordagem básica na teoria quântica aplicada aos átomos de um sólido, uma vez que, são eles que governam a condução elétrica. A união dos átomos no cristal permite falar em níveis de energia praticamente constantes, denominadas bandas permitidas. Nesse tipo de banda os portadores de carga conseguem transitar, quando no mesmo cristal existe níveis de energia, que os elétrons não podem ter, fala-se em banda proibida. A teoria das bandas de um sólido usa a equação de Schrödinger para estudar o movimento dos elétrons em sua estrutura. Em virtude da complexidade do tema vamos seguir a explicação elaborada por Santos (2015, p. 86), por essa abordagem os sólidos contêm duas bandas: a banda de valência (BV) que liga os átomos do sólido e a banda de condução (BC) responsável pela condução elétrica. Enquanto a BV está preenchida por elétrons imóveis que impedem a condução elétrica, por sua vez a BC possui espaços, que permitem o transporte de cargas pelos elétrons.

A distinção entre uma substância isolante e uma semicondutora envolve o fator de separação entre a BC e a BV, mensurado em termos da energia, cuja unidade é o eletrônvolt (eV). Essa energia controla a possibilidade de levar o elétron da BV para BC, Figura 10, e é mais conhecida pelo nome energia de gap (E_g). Nos materiais isolantes a E_g é maior que a dos semicondutores, quanto menor seu valor mais fácil se dá a condução do elétron, o que acaba tornando esse material apropriado para aplicação na área da eletrônica. Porém, quando se pensa em uma substância condutora, há uma superposição entre a BC e a BV, que permite um lugar para existência de elétrons livres típicos dos metais.

Figura 10 – Esquema das posições relativas das bandas de condução (BC) e de valência (BV) para condutores, semicondutor e isolante.



Disponível em: <<http://1.bp.blogspot.com/PuuGoQpStJw/UnxAkPLtn3I/AAAAAAAAABKc/ggEjnczNUFA/s1600/1.jpg>>. Acesso em: 27/02/2020.

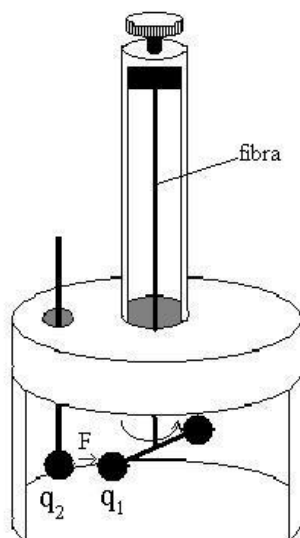
Na terminologia clássica falamos que os condutores possuem baixa resistência elétrica, enquanto os isolantes se destacam pela resistência elétrica elevada. No entanto, dependendo da diferença de potencial aplicado a um material isolante, este pode apresentar-se como condutor. Para exemplificar tal situação ilustramos (APÊNDICE D) um circuito com pilhas de 1,5 V, fios condutores, um LED e um palito de madeira, configurado como isolante. Este mesmo palito pode se tornar um material condutor descarregando um eletroscópio em um experimento da eletrostática onde vigora voltagens da ordem de 10^3 a 10^4 Volts.

Os dielétricos correspondem à outra denominação dada aos isolantes. Existe ainda na categoria de materiais semicondutores, o destaque do silício e o germânio, e materiais supercondutores que apresentam baixa resistência elétrica em temperaturas bem reduzidas.

2.4 - A LEI DE COULOMB

O eletroscópio permitiu descobrir o tipo de carga elétrica contida em um corpo, faltava revelar o fenômeno responsável pela interação elétrica entre as cargas. Em 1785, Coulomb apresentou um arranjo experimental, à balança de torção, Figura 11, a Academia Francesa de Ciências. O aparato consiste de uma barra isolante com esferas metálicas de mesma massa, em seus extremos, o centro da barra está conectado por uma fibra delgada a um micrômetro.

Figura 11 - Esquema da balança de torção apresentada por Coulomb.



Disponível em: <https://upload.wikimedia.org/wikibooks/pt/5/5e/Balanca_torcao.jpg>. Acesso em: 22/02/2020.

Conforme Shigekiyo et al (2007, p. 37) na operação experimental para estabelecer a lei de interação entre as cargas elétricas de Coulomb, deve se posicionar na vertical outra barra isolante com uma esfera eletrizada de carga q_2 no seu extremo. Ao introduzir q_2 no orifício do dispositivo, ocorre o toque em uma das esferas neutras da barra horizontal deixando-a eletrizada por contato com uma carga q_1 . Uma vez eletrizadas acontece uma repulsão devido à ação da força elétrica entre elas ($\vec{F}$) ocasionando uma entorse no fio avaliada no micrômetro, que mede o ângulo de torção para diferentes espaços entre as cargas q_1 e q_2 . A força de repulsão elétrica dessas cargas é equilibrada pela força de torção no fio. Na continuidade do experimento são feitas rotações no cabeçote produzindo torques no fio, que reduzem o deslocamento angular sofrido pela barra para que caia pela metade. Dessa maneira, se a esfera móvel, q_1 , se afastar 12° da fixa, q_2 , no equilíbrio, quando diminuir esse ângulo pela metade (6°) são feitos quatro giros (42°) no cabeçote do micrômetro, ou seja, $42^\circ + 6^\circ = 48^\circ = 4 \times 12^\circ$. Da mesma forma, se reduzir outra vez o ângulo 6° pela metade (3°) o cabeçote gira (189°), precisa aumentar a força de torção em quatro vezes, pois $189^\circ + 3^\circ = 192^\circ = 4 \times 48^\circ$. O método empregado revela que para diminuir o ângulo inicial pela metade é preciso a força de torção no fio ser aumentada quatro vezes. Logo, o torque produzido pela interação das cargas demonstra que o módulo da força de interação é inversamente proporcional ao quadrado da distância entre as cargas q_1 e q_2 , ou seja,

$$\vec{F} \propto 1/r^2$$

Essa mesma experiência de Coulomb, repetida com diferentes quantidades de carga, estabelece que as intensidades das forças elétricas serão diretamente proporcionais ao produto das quantidades de cargas nas esferas q_1 e q_2 , matematicamente expressa por,

$$\vec{F} \propto q_1 q_2$$

Como o torque restaurador da fibra torcida é proporcional ao ângulo com que gira, uma medida desse ângulo fornece o método quantitativo da força elétrica de atração ou repulsão (SERWAY e JEWETT, 2008, p. 681), ou seja, quando o conjunto é girado de um ângulo θ , o fio faz um torque restaurador proporcional a este ângulo. Então, na situação de equilíbrio, o torque mecânico que gira a fibra é um produto ($\sigma \theta$) onde, σ é a constante elástica e θ representa o ângulo de rotação do braço b da força. O torque da interação elétrica produzido pelas cargas q_1 e q_2 é dado por $\vec{F} b$, então:

$$\sigma \cdot \theta = \vec{F} b$$

O resultado dessa interação, também, permite o alcance das seguintes relações de proporcionalidade da força elétrica:

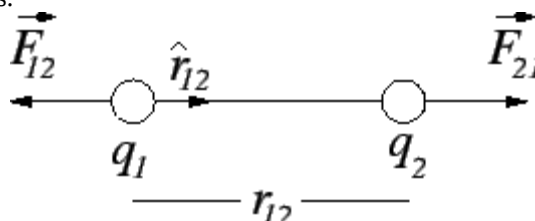
$$\vec{F} \propto 1/r^2 \quad \vec{F} \propto q_1 q_2$$

A famosa lei de Coulomb é, então, representa por essa relação na forma:

$$\vec{F}_{2(1)} = \kappa \frac{q_1 q_2}{|r_{12}|^2} \hat{r}_{12} = -\vec{F}_{1(2)} \quad (1)$$

A equação 1 apresenta $\vec{F}$ como a força que age de uma carga para outra, onde r é a distância que separa tais cargas, por fim $\hat{r}_{12}$ é a razão $\mathbf{r}_{12} / |\mathbf{r}_{12}|$ que constitui o vetor unitário da direção da carga 1 para a carga 2, apresentado na Figura 12. A relação matemática mostra que a força é diretamente proporcional ao produto das cargas e inversamente proporcional a distância entre elas. As representações $\vec{F}_{2(1)}$ e $-\vec{F}_{1(2)}$ constituem o par ação e reação da terceira lei de Newton.

Figura 12 - Força entre duas cargas.



Disponível em: < https://www.algosobre.com.br/images/stories/fisica/coulomb_07.gif >. Acesso em: 27/06/2019.

A constante de proporcionalidade k é adotada em termos de maior praticidade no eletromagnetismo usando o Àmpere, uma das unidades do Sistema Internacional (SI), a corrente elétrica apresenta a quantidade de carga, em coulombs (C), que atravessa a uma área

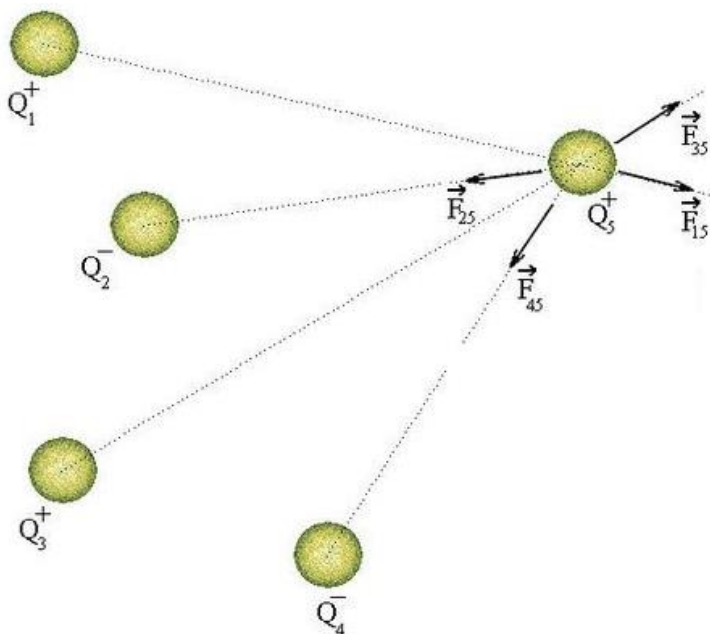
de secção de um condutor cada unidade de tempo. Com estas considerações a constante k é descrita na forma:

$$\kappa \equiv \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cong 8,98755 \times 10^9 \text{ N.m}^2 / \text{C}^2$$

A lei de Coulomb se assemelha bastante com a lei da gravitação universal desenvolvida por Newton, ambas são forças de campo. Porém existem diferenças marcantes entre elas: enquanto as forças de natureza elétrica são de atração ou repulsão, as forças gravitacionais são apenas de atração, além disso no contexto da realidade física a constante G vale $6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{Kg}^2$, enquanto equivale a $k = 9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$. As forças elétricas ($\vec{F}_e$) são mais intensas que as forças gravitacionais ($\vec{F}_g$), analisadas nos parâmetros de um próton e um elétron, respectivamente, a relação $\vec{F}_e / \vec{F}_g$ é da ordem de 10^{39} . É importante considerar que a magnitude desse valor da força elétrica só é perceptível a distâncias muito pequenas a nível atômico, sua ação em grandes escalas é insignificante.

Em situações que existem mais de duas cargas elétricas no sistema, sob cada uma delas, é estabelecida uma força elétrica em virtude da sua interação com as outras. Na ilustração, Figura 13, quatro partículas carregadas interagem nas vizinhanças da partícula 5, a força elétrica total é uma soma vetorial que constitui o princípio da superposição.

Figura 13 - Força resultante entre mais de duas partículas no sistema.



Disponível em: < <https://upload.wikimedia.org/wikibooks/pt/thumb/d/db/Cargas.jpg/700px-Cargas.jpg> >.
Acesso em: 23/02/2020.

Neste caso as interações elétricas entre as cargas agem aos pares com cada carga exercendo força sobre a partícula Q_5 , que para o caso geral é representada pela partícula q_i , cuja resultante vetorial da força eletrostática é dada pela lei de Coulomb, na seguinte forma:

$$\vec{F}_i = \sum_{j \neq i} \vec{F}_{i(j)} = \frac{q_i}{4\pi\epsilon_0} \sum_{j \neq i} \frac{q_j}{(r_{ji})^2} \hat{r}_{ji} \quad (2)$$

2.5 - CAMPO ELÉTRICO

O conceito de campo elétrico abre caminho para uma reformulação na Lei de Coulomb, na medida em que propõe como duas cargas elétricas percebem a existência uma da outra no processo de interação à distância. Entende-se que cada carga elétrica modifica o espaço a sua volta e é capaz de interagir com uma força em outras cargas nos pontos ocupados por elas. Desse modo ao se considerar duas cargas q_1 e q_2 , Figura 12, o campo elétrico serve como agente intermediário para comunicar a força que a carga q_1 exerce em q_2 , esta por sua vez também manifesta um campo elétrico no espaço ocupado por ela aplicando uma força em q_1 . Isto implica que a força elétrica sobre um corpo carregado é exercida pelo campo elétrico produzido por outros corpos carregados (YOUNG, 2009, p. 13).

Consideremos o campo elétrico produzido por uma $q_1 = Q$, que estabelece sobre a carga $q_2 = q_0$, uma força elétrica. Tanto o campo como a força elétrica constituem grandezas vetoriais cujas notações são: $\vec{F}$ e $\vec{E}$. O campo elétrico é definido pelo quociente da força $\vec{F}$ pela carga q_0 :

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} \quad (3)$$

Ou seja, conhecendo-se o valor do campo elétrico no espaço é possível determinar o valor da força elétrica sobre uma carga q_0 . A unidade do campo elétrico no Sistema Internacional de Unidades é N/C (Newton/Coulomb). A definição mais completa dessa relação usa o limite da carga q_0 tendendo a zero tornando seu campo elétrico desprezível, sendo expresso por:

$$\vec{E} = \lim_{q_0 \rightarrow 0} \frac{\vec{F}}{q_0} \quad (4)$$

Se considerar no espaço uma única carga q e em seguida inserir, a uma certa distância r dela, uma carga q_0 em um ponto P, o campo elétrico produzido por q , produz uma

força elétrica de Coulomb representada por, $\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq_0}{|\vec{r}|^2}$, que substituída na relação

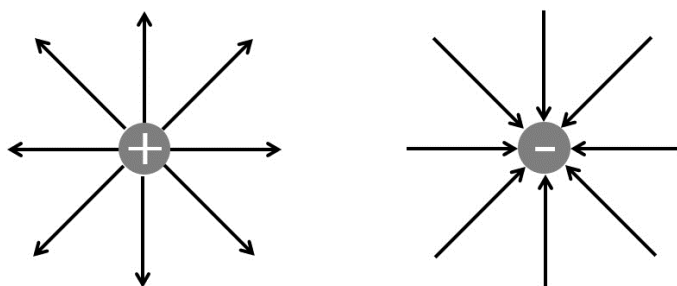
$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$, resulta o campo elétrico no ponto P:

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{|\vec{r}|^2} \quad (5)$$

A Eq. 5 revela o caráter vetorial do campo elétrico sendo igual ao da força elétrica, que atua sobre a carga de prova, q_0 . Quando a carga elétrica q é positiva seu campo elétrico aponta para fora, no caso de q ser negativa o campo elétrico tem sentido para dentro, Figura 14. No entanto, este campo varia de um ponto para outro formando um conjunto infinito, o campo vetorial. As linhas de força representam conjuntos de linhas imaginárias com um vetor força atuando sob a carga de prova tangente a linha naquele ponto, quanto mais distante da carga fonte menor será o vetor campo elétrico no ponto considerado, porém a linha de campo é constante. Logo, conhecida a posição da partícula carregada é possível determinar a orientação do seu campo elétrico em pontos próximos considerando o sinal da carga q .

Em um sistema de coordenadas retangulares (x, y, z) as componentes do campo elétrico $\vec{E}$ traduzem uma função de coordenadas (x, y, z) no ponto.

Figura 14 - Campo elétrico estabelecido por duas cargas no espaço.



Disponível em: < <https://blogdoenem.com.br/wp-content/uploads/2016/05/2-1-9.gif> >. Acesso em: 22/02/2020.

Nas situações do campo elétrico apresentar componentes vetoriais constantes no espaço, se caracteriza um campo elétrico uniforme envolto na região.

Quando a carga está distribuída em uma superfície, os conjuntos de cargas produzem, cada uma, seus respectivos campos elétricos para agir sobre uma carga de teste q_0 colocado em um ponto P nos limites desta superfície cada carga $(q_1, q_2, q_3, \dots)$ interage com q_0 . Pelo Princípio da Superposição de Forças, a resultante das forças $\vec{F}_0$ é expressa por:

$$\vec{F}_0 = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots = q_0 \vec{E}_1 + q_0 \vec{E}_2 + q_0 \vec{E}_3 + \dots$$

Para um campo elétrico total $\vec{E}$ em P, usando a relação abaixo resulta que:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_0}{q_0} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots, \text{ que constitui o princípio da superposição dos campos elétricos em P.}$$

Quando se trata de um corpo o sistema de carga é considerado distribuído de forma uniforme sob toda a sua extensão. Neste caso, escolhe-se um elemento de carga Δq para ser modelado na Eq. 5 e fornecer o campo elétrico $\mathbf{E}$ no ponto $\mathbf{P}$. Se aplicar nessa distribuição o princípio da superposição aos elementos da carga até o i -ésimo delas no sistema considerado, com r_i representando a distância do elemento ao ponto $\mathbf{P}$, passa-se a considerar elementos de carga infinitesimalmente pequenos Δq_0 o campo elétrico total é:

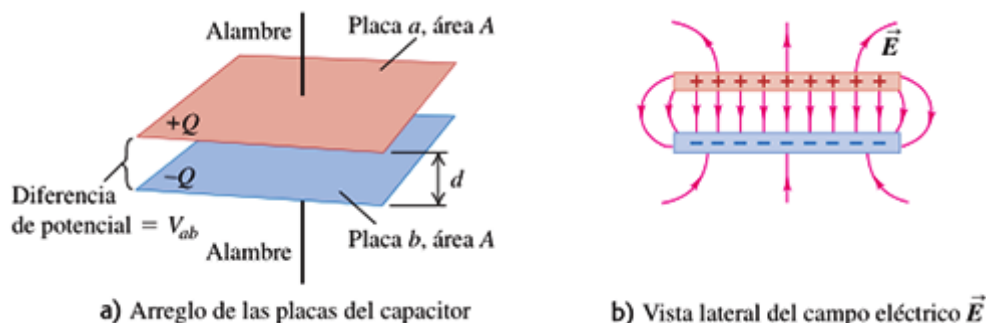
$$\mathbf{E} = k_e \lim_{\Delta q_i \rightarrow 0} \sum_i \frac{\Delta q_i}{r_i^2} \hat{\mathbf{r}}_i = k_e \int \frac{dq}{r^2} \hat{\mathbf{r}} \quad (6)$$

Se esta distribuição de cargas acontece ao longo em uma linha deve-se considerar uma densidade linear de carga contínuas no comprimento, l ($\lambda \equiv Q / l$), quando for numa superfície a densidade da carga é superficial, A ($\sigma \equiv Q / A$) e em um volume tem-se uma densidade volumétrica da carga, V ($\rho \equiv Q / V$).

2.6 - CAPACITORES

Um dos dispositivos práticos usados para armazenar cargas elétricas é um sistema que apresenta um dielétrico entre dois condutores, esta arrumação constitui um capacitor ou condensador. Na presença de um campo elétrico o capacitor é o dispositivo mais apropriado para armazenar energia na forma de energia potencial. Apesar dos diferentes tamanhos e formas o arranjo comumente aceito é o do capacitor de placas paralelas, Figura 15 (a). Nessa ilustração aparecem duas placas paralelas de mesma área A separadas por uma distância d , quando o capacitor está carregado um condutor apresenta carga $+Q$ e outro uma carga $-Q$. Quando esses condutores, também chamados de armaduras, estão conectados aos terminais de uma bateria, uma das armaduras recebe elétrons enquanto a outra cede cargas negativas ao gerador, é dessa forma que elas carregam uma fica positiva e a outra negativa.

Figura 15 - Carga nas armaduras de um capacitor. Em (a) arranjo das placas de um capacitor, em (b) vista lateral do campo elétrico $\vec{E}$.



Disponível em: <<https://4.bp.blogspot.com/-RzVDK16uZY8/Wdp530wiacI/AAAAAAAAABU8/mtKnZ7EX07kc15n1lsAWr0BnMVWBhgOZQCLcBGAs/s1600/EM%2BCapacitor%2Bsencillo.png>>. Acesso em: 22/02/2020.

Apesar do campo elétrico conter linhas de campo deformadas nas bordas das placas, Figura 15 (b), é admitida uma separação entre esses condutores, representada por um valor d muito menor que o tamanho das placas, isto torna possível considerar entre elas um campo elétrico uniforme.

No processo de carga do capacitor elétrons são deslocados de uma placa para outra, até atingirem cargas com módulos iguais formando superfícies equipotenciais, mas de sinais diferentes. A carga total no capacitor possui valor nulo, então a carga armazenada no capacitor diz respeito, apenas, à diferença de potencial estabelecida pelas cargas, $+Q$ e $-Q$, acumuladas individualmente em cada um desses condutores.

A diferença de potencial entre os condutores é semelhante à voltagem da bateria, como o campo elétrico entre as placas têm relação de proporcionalidade com a carga elétrica Q , isto permite inferir uma relação onde o potencial V entre as placas, também, é proporcional a Q , dessa forma a razão entre Q e V representa C , que é a capacitância do capacitor dada por:

$$C = \frac{Q}{V}, \quad (7)$$

As unidades *Coulomb* por *Volt* constituem o *farad* ($1F = 1 \text{ Coulomb/ Volt}$). A capacitância diz respeito a quantidade de carga que o capacitor armazena por unidade de diferença de potencial.

A energia armazenada no capacitor depende de sua capacitância. Para o cálculo dessa capacitância vamos supor uma carga Q sobre as placas para em seguida calcular o campo elétrico entre elas e determinar a diferença de potencial no local. Já foi mencionado que no capacitor de placas paralelas a dimensão das placas é considerada muito maior que a distância entre elas para desconsiderar as distorções no campo elétrico em suas bordas. Se nas placas do

capacitor aplicarmos a lei de Gauss - considerando o princípio da superposição dos campos elétricos - teremos que $\vec{E} = \sigma / \epsilon_0$, como σ é o módulo da densidade de carga em cada placa e seu valor corresponde a $\sigma = Q / A$, substituindo essa relação no vetor campo elétrico resulta que $\vec{E} = \frac{Q}{\epsilon_0 A}$, mas no campo elétrico uniforme a voltagem corresponde a $V = E.d = 1 \frac{Q.d}{\epsilon_0 A}$, se tais relações são substituídas na (Eq. 7), equação do capacitor de placas planas abaixo teremos:

$$C = \frac{Q}{V} = \epsilon_0 \frac{A}{d} \quad (8)$$

A Eq. 8 mostra que, a capacitância é proporcional a área das placas e inversamente proporcional a distância entre estes condutores, onde ϵ_0 representando uma constante universal, mais apropriada nas questões envolvendo somente capacitores.

Em termos de energia no capacitor, seu armazenamento corresponde ao trabalho realizado na separação das cargas dos seus condutores, uma vez carregado o valor absoluto da carga Q e a diferença de potencial final são ilustradas na relação, obtida a partir da Eq. 7:

$$V = \frac{Q}{C}$$

Se durante um instante do processo de carga no capacitor considerarmos elementos q de carga e v para a diferença de potencial, tem-se de acordo com a Eq. 7, $v = q/C$. Um certo trabalho adicional dW sobre o elemento de carga dq resulta que:

$dW = v dq = q dq / C$, quando aplica-se uma integral sobre essa carga posta no capacitor obtém-se o trabalho necessário, para carregar por completo esse condensador, que vai de 0 até seu valor final Q , assim:

$$W = \int_0^Q dW = \frac{1}{C} \int_0^Q q dq = \frac{Q^2}{2C} \quad (9)$$

No termino do processo o trabalho empregado é armazenado na forma de energia potencial, onde a carga final corresponde a relação $Q = CV$. Se no arranjo da Eq. 9 trocarmos W por U temos:

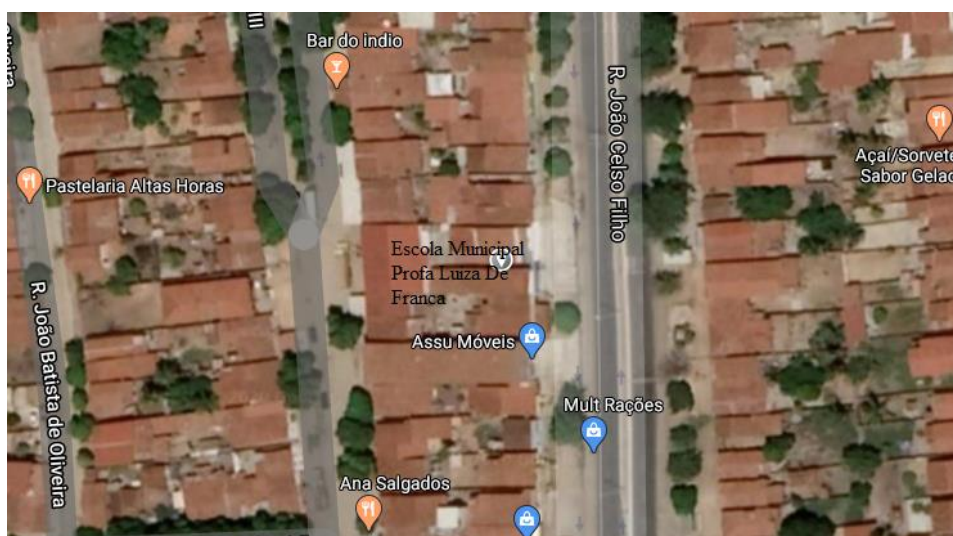
$$U = \frac{Q^2}{2C}$$

Esta equação representa a energia potencial acumulada em um capacitor.

3 – APLICAÇÕES DOS PRODUTOS EDUCACIONAIS

A população alvo deste estudo são alunos do oitavo ano do ensino fundamental II de uma escola do município de Assu/RN. A Escola Pública Municipal Professora Luiza de França está localizada na Rua João Celso Filho, 1540, bairro São João, Figura 16, Açu – RN. Suas dependências contam com 7 salas de aulas, nas quais a referida escola atende as etapas de ensino da educação infantil ao Ensino Fundamental II, funcionando no turno matutino e vespertino.

Figura 16 – Local de aplicação do produto educacional.



Disponível em: <<https://www.google.com/maps/place/R.+Jo%C3%A3o+Celso+Filho,+1554+-,+A%C3%A7u+-,+A+Definir+RN,+59650-000,+Brasil/@-5.587807,-36.9078177,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x7b0f3a5e22117df:0x9bbe66c57fe39d0!8m2!3d-5.587807!4d-36.905629?hl=pt-BR>>. Acesso em: 27/02/2020.

O conteúdo da eletrostática não estava previsto dentro do planejamento do professor de ciências que é licenciado em matemática. Diga-se de passagem, nenhum conteúdo de Física seria explorado porque a ementa contemplava apenas unidades voltada para biologia, mesmo estando em vigor a implementação para o ano de 2019 da Base Nacional Comum Curricular em Ciências da Natureza (BNCC). No Ensino Fundamental, esta base distribui o conteúdo de ciências da 8ª série do ensino fundamental nas unidades temáticas: matéria e energia, vida e evolução, terra e universo. Apesar de ela ter sido aprovada em dezembro de 2017, foi estendido um prazo de dois anos, para ser implantada no ensino fundamental do território nacional. Segundo o professor de ciências que ministra as aulas na turma, o livro didático de Ciências foi adotado sem prever ou mesmo estar adaptado àqueles conteúdos propostos pela base. Somente em 2020, com adoção de um novo livro de ciências abrangendo as unidades temáticas previstas da base é que a turma teria as aulas em conformidade com o documento vigente.

Diante do exposto, nós propusemos que a implementação da proposta de ensino acontecesse na primeira semana do mês de julho de 2019, em uma turma do 8º ano no turno vespertino, composta por 20 alunos dos quais 16 são meninos e 4 meninas na faixa etária entre 12 e 14 anos. Porém, durante a aplicação do produto compareceram em média 13 alunos, estas ausências estavam ligadas a fatores externos como falta de água na escola e a algumas desistências. A proposta foi realizada em um total de dez encontros durante o mês de julho.

3.1 - DESCRIÇÃO DA PROPOSTA DE TRABALHO

Para desenvolver esta proposta foram produzidos e aplicados questionários, testes de concepções espontâneas, textos e guias das atividades experimentais relacionadas às oficinas, levando em consideração uma seleção dos tópicos da eletrostática que são importantes e significativos para alunos desta etapa de ensino. Dentre eles, destacamos os tópicos: carga elétrica, campo elétrico e capacitores.

Para verificar noções referentes ao público-alvo, foram aplicados dois questionários, no primeiro deles conhecemos melhor a turma, sua familiaridade com atividades experimentais e a receptividade com disciplina de Física. O segundo questionário foi aplicado após a prática do produto para que os alunos avaliassem a aceitação e aplicabilidade da proposta.

Após essa introdução pôs-se em prática a ferramenta na forma de oficinas de ensino, na qual os participantes assistiram às aulas teóricas, leram e interpretaram textos temáticos, elaboraram e realizaram os experimentos facilitadores da aprendizagem dos conceitos fundamentais da eletrostática.

A abordagem do material foi dividida em dez encontros, sendo o primeiro e o último para aplicação de questionários e testes. Nos demais, fundamentamos os conhecimentos básicos da eletrostática aliados a história da ciência. Somente no oitavo e nono encontro explora-se a fenomenologia dos conceitos da eletrostática das unidades concernentes ao eletróforo e da máquina de Wimshurst e da chuva elétrica de Kelvin. A sequência apresentada revelou a evolução dos conceitos físicos envolvidos na história entre os séculos XVII e XVIII e nas suas aplicações tecnológicas nos dias atuais.

Todas as atividades foram desenvolvidas com demonstrações de baixo custo e de fácil construção para serem utilizadas em sala de aula de qualquer escola, seja da zona urbana

periférica ou da zona rural. O objetivo é que, em tais atividades sejam explicadas para ou pelos alunos, os fenômenos físicos a partir da análise qualitativa, explicando a Física presente no experimento abordado em aula. Conforme o modelo apresentado por Monteiro e colaboradores (2010), cada experiência é dividida em partes contendo: apresentação da atividade, procedimento de montagem e exploração em sala de aula.

As atividades foram desenvolvidas com os alunos sobre a orientação do professor mediador. A ação didática se deu com a presença e participação dos estudantes nas atividades desenvolvidas por meio de interpretação de textos temáticos, envolvimento nos experimentos demonstrativos e nas propostas de experimentos com construção e teste dos aparatos pelo próprio aluno. Desencadeamos dentro desta proposta, as intervenções didáticas envolvendo o eletróforo de Volta, a máquina de Wimshurst e a chuva elétrica de Kelvin.

No experimento do eletróforo, apresentamos a fenomenologia desencadeada pelo seu estampido e na sua aproximação da ponta instalada em um eletroscópio de folhas, na oportunidade fizemos interações sobre o elemento chave da matéria: a carga e o campo elétrico, responsáveis pelos fenômenos observados. Na proposição da atividade, também foram realizadas intervenções na mediação do conhecimento conectando a teoria com perguntas orientadoras da atividade experimental, para desencadear uma interação social em torno dos conceitos dos materiais condutores e isolantes, capacitores como a garrafa de Leyden e o eletróforo.

Dada à especificidade da máquina de Wimshurst e da chuva elétrica de Kelvin, realizou-se uma atividade de demonstração com a máquina alternativa de garrafa PET e uma estrutura em canos de PVC no gerador eletrostático de Kelvin. Nesta ação, os participantes perceberam e explicaram a fenomenologia da eletrização e a função dos materiais condutores e isolantes comuns no eletróforo, máquina de Wimshurst e na Chuva elétrica de Kelvin. São situações nas quais o professor e alunos realizaram análises qualitativas, explicando os fenômenos a partir da teoria que foi explorada anteriormente em sala de aula.

Todas as etapas foram acompanhadas com observação por meio de filmagens, fotografias e anotações, referentes ao desenvolvimento da experiência e conceitos de física envolvidos nos trabalhos em grupos.

As experiências podem ser adaptadas à realidade escolar e feitas em grupos na sala de aula ou mesmo no laboratório de física, caso a escola possua. Também, é possível que estas atividades possam ser realizadas individualmente em casa pelo estudante para estimular a autonomia científica. A intenção é encorajar o sujeito sobre a experimentação em Ciências. Processo no qual ele segue as etapas de construção do equipamento, formula explicações

sobre os conceitos esclarecedores dos fenômenos observados. Se durante o percurso, o aluno puder interagir socializando seus resultados com colegas e o professor em sala de aula, seu desenvolvimento cognitivo acontecerá dentro da teoria de Vygotsky.

3.2 - PERFIL DA TURMA

Para conhecer melhor a turma, no primeiro dia de execução da proposta, os estudantes responderam um texto, versando sobre a sua familiaridade com as atividades experimentais e receptividade com disciplina de Física, conforme pode ser observado na tabela 1.

Tabela 1- Familiaridade da turma com atividades experimentais.

Durante o seu ensino fundamental o professor (a) de ciências já realizou alguma atividade experimental?	Nº de alunos
Muitas vezes.	1
Poucas vezes.	1
Nenhuma vez.	12

Fonte: Elaborada pelo autor.

A maioria das respostas, cerca de 86% dos estudantes, mostra que os sujeitos participantes nunca se envolveram com atividades de cunho experimental durante o nível fundamental. A tabela 2 revela que 64% dos estudantes demonstraram em suas respostas interesse em aprender participando diretamente das atividades propostas associando a teoria com a prática.

Tabela 2 - Expectativa da turma em participar das atividades com experimentos.

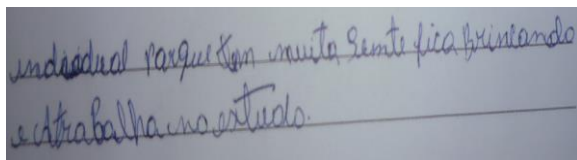
Sobre a possibilidade de você realizar um experimento em ciências?	Nº de alunos
Gostaria de participar, seria proveitoso testar a teoria na prática.	9
Gostaria de participar, apenas por curiosidade.	4
Não vejo proveito em participar.	1

Fonte: Elaborada pelo autor.

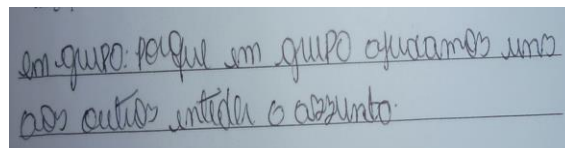
Os alunos foram avaliados através de uma pergunta subjetiva, quanto à sua disposição em participar das atividades experimentais se preferiam fazer junto aos colegas de sala ou sozinhos, para tanto deviam responder a seguinte indagação: “No caso da sua participação em uma atividade prática, você prefere montar o experimento em grupo ou de

forma individual? Explique o motivo”. Selecionamos quatro respostas dadas pelos alunos 4, 5, 6 e 7, respectivamente, apresentadas na Figura 17.

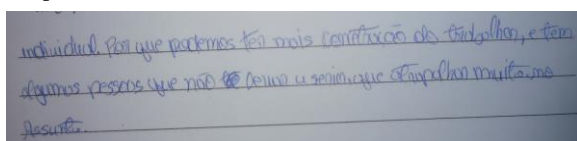
Figura 17 - Resposta dos alunos 4, 5, 6, 7, respectivamente, sobre a preferência de execução das aulas experimentais.



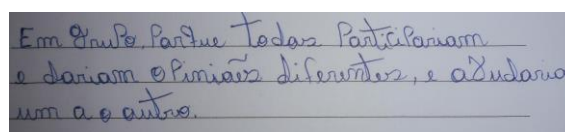
Individual porque tem muita gente fica brincando e atrapalha no estudo.



Em grupo porque em grupo ajudamos uns aos outros entendem o assunto.



Individual porque podemos ter mais concentração do trabalho, e tem algumas pessoas que não leva a sério, que atrapalha muito no assunto.



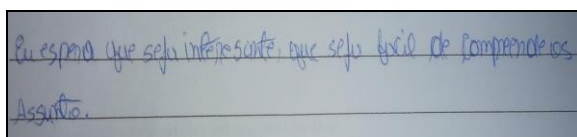
Em grupo porque todos participariam e dariam opiniões diferentes, e ajudaria um ao outro.

Fonte: Elaborada pelo autor.

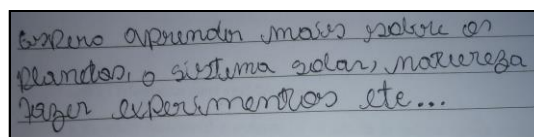
As atividades práticas em grupo constituem uma maior oportunidade de interação social e dão maior possibilidade de desenvolvimento cognitivo aos indivíduos envolvidos, este é o constituinte básico na teoria de Vygotsky. É justamente esta forma de participação, que vai de encontro ao interesse de 71% da turma, em suas respostas, eles consideraram o trabalho em grupo um facilitador da aprendizagem. Para eles, a troca de conhecimentos torna a aquisição das soluções dos problemas mais ágeis das tarefas. Outra parte da turma (29 %) preferiu realizar as atividades práticas de maneira individualizada por acreditar que aprendem melhor sozinhas, em virtude do receio de não aceitarem sua opinião, ou mesmo, por falta de concentração de alguns membros da turma, que atrapalham a resolução dos problemas.

Também, foram colocadas outras questões referentes à receptividade, expectativa e conhecimentos iniciais da turma sobre a disciplina de Física em ciências para o 8º ano do ensino fundamental. As respostas de quatro alunos com relação aos questionamentos estão ilustradas na Figura 18. Quando se perguntou sobre as expectativas em relação à disciplina de Física, os alunos 1, 7, 8 e 9 responderam de acordo com Figura 18:

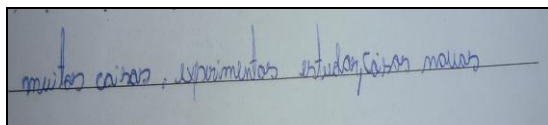
Figura 18 - Resposta dos alunos 1, 7, 8 e 9.



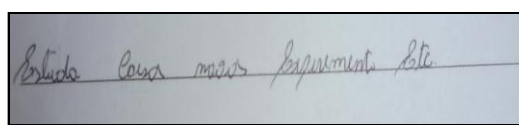
Eu espero que seja interessante, que seja fácil de compreender o assunto.



Espero aprender mais sobre os planetas o sistema solar, natureza, fazer experimentos etc...



Muitas coisas, experimentos, estudar coisas novas.



Estudar coisas novas experimentos etc.

Fonte: Elaborada pelo autor.

A expectativa de 43% dos participantes demonstra interesse em aprender física de maneira prazerosa através de assuntos excitantes e acessíveis a realidade de mundo que vivem. Oito alunos (57%) não souberam responder à questão, por não saber do que trata à física, sendo assim desconheciam a função desta área da ciência.

Em parte, acreditamos que a ciência apresentada, até aquele momento, a esses alunos no nível fundamental, não considerou nenhum conceito de Física. Este quadro deve mudar, segundo a Base Nacional Curricular Comum (2017, p. 323) para Ciências da Natureza no Ensino Fundamental, os currículos de Ciências devem contemplar a unidade temática Matéria e Energia, que passam a dar maior atenção aos tipos de energia utilizados na visão em geral, na perspectiva de construir conhecimento sobre a natureza da matéria e os diferentes usos da energia. Em nossa interpretação, tais alíneas contemplam este produto educacional.

3.3 - DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Conforme já foi mencionado, a proposta metodológica foi realizada por meio de dez encontros durante o mês de julho de 2019, sendo que o primeiro e o último deles foram usados para os testes e questionários. Do segundo ao sétimo encontro, desenvolvemos atividades que serviram para estabelecer as concepções científicas a respeito da progressão dos produtos educacionais aplicados durante o oitavo e nono encontro, concretizados pelo eletróforo de Volta, a Máquina de Wimshurst e a Chuva elétrica de Kelvin.

A proposta pedagógica foi desenvolvida e executada com os alunos divididos em grupos ou, ainda de forma coletiva através da leitura e interpretação de textos históricos sobre a eletricidade e na participação nas atividades experimentais temáticas. De acordo com a Base Nacional Comum Curricular (2017, p. 319), a área de Ciências da Natureza precisa assegurar aos alunos do Ensino Fundamental o acesso à diversidade dos conhecimentos científicos

produzidos ao longo da história, bem como a aproximação gradativa aos principais processos, práticas e procedimentos de investigação científica.

Nos encontros, empregamos materiais de apoio como data show, notebook e textos didáticos, estas aulas duraram em média 100 minutos. Na estratégia de ensino aplicamos vídeos, aulas expositivas e experimentais. Neste contexto, estimulamos o diálogo entre os participantes, que deviam buscar a solução das questões do material impresso na forma de textos e guias experimentais entregues em cada encontro. Destacamos que todas as atividades desenvolvidas referentes às respostas dos questionários dos textos e da prática experimental ao final das aulas foram devolvidas ao professor mediador como catalogação de material para o desenvolvimento deste trabalho de dissertação.

Foram produzidos e aplicados três textos intitulados de: *Uma abordagem histórica na descoberta dos fenômenos elétricos, Surgimento e aplicação dos capacitores e O contexto histórico para apresentar a máquina de Wimshurst e chuva elétrica de Kelvin* (Apêndices C, H e K). Nas leituras os estudantes deveriam perceber como a Física pode modificar suas maneiras de enxergar e compreender o mundo que os cerca.

Buscamos atingir uma aprendizagem por meio da interação, realizando a leitura e interpretação destas obras junto aos alunos, para que eles pressentissem como a jornada de conhecimento levada pelo desenvolvimento histórico-social da eletrostática, pode ser interessante, a ponto de motivar o sujeito a tornar-se um leitor mais consciente dos fenômenos do seu entorno e se sentir mais motivado a aprender.

Na programação planejada, todas as aulas deveriam ser desenvolvidas em sala de aula, porém durante as etapas experimentais, a umidade dos dias chuvosos nos fez adaptar boa parte das oficinas de eletrostática para a sala dos professores, que possui ar condicionado. Devemos lembrar que a instituição de ensino, onde aplicamos a proposta educacional, não possui laboratório de Ciências. O cronograma com o planejamento de todos os encontros pode ser encontrado no Apêndice A.

Como o primeiro encontro serviu para aplicar os testes e questionários, iniciou-se o segundo encontro abordando as primeiras concepções científicas sobre a eletrostática. Em sua sistematização, abordaram-se problemas referentes à imagem da ciência, explorando a estrutura atômica da matéria e introduzimos o conceito de carga elétrica. Para executar a proposta em sala de aula, inicialmente, despertou-se a intuição da turma sobre a constituição da matéria e o átomo, com um vídeo. Em outro vídeo foi abordado sobre o contexto histórico relevante das noções preliminares do surgimento da eletrostática. Os alunos tiveram a oportunidade de conhecer alguns dos pesquisadores pioneiros dos fenômenos elétricos. Nessa

oportunidade foi proposta a construção de *Versorium* de Gilbert para mostrar a turma e explicarmos como o seu inventor manuseou o aparato para investigar a eletrostática. Em seguida, propomos questões problematizadas de forma dialogada e escrita referente ao texto (Apêndice C, p. 179) adaptado do livro - Faraday e Maxwell: eletromagnetismo da indução aos dínamos - para mostrar aos educandos, a imagem da formação da ciência como uma construção de um conhecimento edificado dentro seu próprio contexto histórico e cultural, sempre buscando explicar os conceitos físicos direcionados à eletrostática. Nessa aula, os alunos aprofundaram ideias iniciais acerca da estrutura atômica e foram introduzidas as primeiras noções sobre a carga elétrica.

No terceiro encontro apresentou-se uma abordagem sobre os materiais condutores e isolantes. Esta aula foi dividida em duas partes. Primeiramente, levantamos uma pergunta: *Raios só caem sobre o solo ou eles também sobem do solo aos céus?* A questão visa atrair maior atenção da turma sobre o tema e extrair suas ideias espontâneas referentes aos relâmpagos. Após as discussões com os alunos, finalizamos este momento, com o vídeo *Brasil País dos Raios – Ep. 02/03*, com duração de 15 minutos, disponível no endereço: <https://www.youtube.com/watch?v=q6sTUOAisa8&t=20s>, o recurso serviu para confrontar as concepções espontâneas dos estudantes com o fenômeno em questão. Nesta aula, usamos recursos de slides ilustrando a constituição da matéria, os materiais condutores e isolantes.

Na parte final do encontro, os alunos foram divididos em dois grupos para participar de uma atividade experimental. Disponibilizamos um guia experimental nas equipes, na qual os estudantes deviam testar vários materiais, conectando-os entre os fios do circuito elétrico com duas pilhas de 1,5 V para acender ou não acender um LED e classificar os materiais como condutores ou isolantes, como observado na Figura 19.

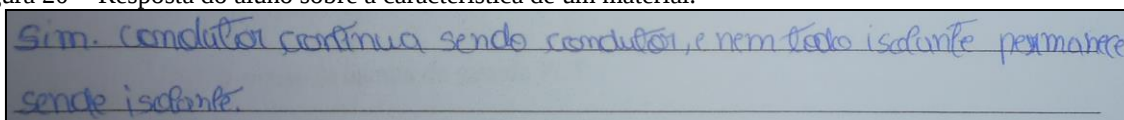
Figura 19 - Alunos testando materias para caracterizá-los como condutores ou isolantes.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Em outra parte da atividade com um eletroscópio, propomos e testamos uma hipótese para conceber se esta classificação era absoluta ou relativa, ou seja: *Um condutor é sempre condutor? E um isolante é sempre isolante?* De antemão o professor mediador demonstrou como carregava e descarregava o eletroscópio, em seguida testou dois materiais já avaliados pelos alunos: o papel alumínio e a madeira. A Figura 20 mostra a resposta de um aluno sobre esse questionamento.

Figura 20 - Resposta do aluno sobre a característica de um material.



Sim. Condutor continua sendo condutor, e nem todo isolante permanece sendo isolante.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Os alunos observaram que dependendo de certas condições relacionadas à carga elétrica, um material isolante pode se apresentar como condutor elétrico.

No quarto encontro, foram usados recursos de slides para exposição da teoria sobre o processo de eletrização por atrito e o mecanismo da atração-repulsão. A fim de abordar o assunto em sala de aula, os estudantes foram divididos em duas equipes, a primeira delas deveria grudar um canudo na parede usando, apenas, guardanapos de papel. Os participantes da segunda equipe foram incumbidos de atrair os cabelos da cabeça de um colega da turma com uma bexiga cheia.

As primeiras tentativas dos alunos foram frustradas, houve troca de informações entre os participantes do tipo: *Tem que esfregar o papel no canudo, igual ao que a gente viu no quadro (slide)*. A lembrança da explicação tornou a tarefa possível e algumas tentativas deram certo. Neste momento, o professor (mestrando) interveio fornecendo informações que tornaram a tarefa possível para os demais integrantes da turma. No final da atividade, os alunos usaram um canudo eletrizado para atrair papéis picados espalhados sobre uma mesa.

Durante a atividade os alunos responderam algumas perguntas de uma interação social envolvendo os conceitos de corpo neutro e eletrizado. Na primeira situação, sem usar o papel, deviam explicar porque o canudo não ficava preso à parede e depois do processo de fricção entre os dois, pronunciariam o que permitia a tarefa tornar-se possível. O aluno 4 respondeu conforme a Figura 21.

Figura 21 - Resposta do aluno 4.

Porque o canudo estava neutro.
O canudo ficou eletrizado por
Atrito.

Porque o canudo estava neutro. O canudo ficou eletrizado por atrito.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Na oportunidade, os alunos foram arguidos se o aumento de temperatura do canudo após o processo de atrito era a causa da eletrização. Para elucidar a dúvida na demonstração, o professor mediador aproximou uma vela acesa do papel picado e eles constataram que, não ocorreu atração dos pedacinhos de papel pela chama da vela. Nessa ocasião explicou-se que, o fogo aumenta a ionização do ar transformando-o em um melhor condutor.

Na parte final da aula, os alunos participaram de uma proposta experimental para demonstrar o mecanismo da atração e repulsão de uma latinha. Os alunos associaram o movimento da latinha à ação da força elétrica usando um canudo eletrizado por atrito. Eles conseguiram atrair a lata sem fazer contato, como mostrado na Figura 22 (a) e improvisaram uma espécie de cabo de guerra elétrico, vence quem deixar o canudo mais eletrizado atraindo a latinha, Figura 22 (b).

Figura 22 - Teste da atração de uma latinha, em (a), alunos usam canudo de plástico para atrair a latinha e em (b) sujeitos disputam quem consegue atrair a latinha com o canudo mais eletrizado.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Não foi possível verificar o fenômeno da repulsão durante o experimento, porque não conseguimos induzir uma carga superficial na lata, devido à sua área superficial ser bem maior que a do canudo. Essa parte ficou para ser verificada na atividade experimental da eletrização por contato entre o canudo eletrizado e eletroscópio pendular.

No quinto encontro foram utilizados slides para apresentar, inicialmente, a teoria da eletrização por indução e recapitularmos experimentos da aula anterior, para que os alunos analisassem a polarização das cargas de um corpo neutro pela aproximação de um indutor carregado. A partir desta análise, ressaltou-se como é feita a ligação do corpo neutro com a Terra, deixando-o com uma carga oposta à do corpo indutor. Para despertar maior atenção da turma, também, foi apresentado um eletroscópio de folhas através da exposição de um modelo explicando-se o funcionamento do aparato.

Na parte final da aula, os alunos foram divididos em três grupos para participarem de uma oficina com os materiais dispostos sobre a mesa e um aparato montado para servir de guia, cada equipe preparou um tipo de eletroscópio: o de cartolina, o de folhas e o pendular.

No final da atividade proposta, os participantes testaram os aparelhos, como pode ser visto na Figura 23, explorando os fenômenos da eletrização por contato e indução.

Figura 23 - Alunos testando eletroscópios diversificados.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A Figura 24 mostra que os alunos foram capazes de responder aos questionamentos corretamente após a intervenção experimental abordada em sala de aula.

Figura 24 - Respostas dos alunos.

4. Que tipo de eletrização (atrito, contato ou indução) carrega o eletroscópio?
<i>indução</i>
5. Para onde vão às cargas do eletroscópio no momento da descarga?
<i>vão para a terra</i>
6. Por que as folhas se afastaram? Por que as folhas do aparelho ficaram abertas?
<i>elas se afastam porque tem a mesma carga</i>

Indução. Vão para a Terra. Elas se afastam porque tem mesma carga.

Fonte: Elaborada pelo autor.

No sexto encontro, foi abordado sobre as noções básicas envolvendo o conceito de campo elétrico e o poder das pontas. Considerando sua característica abstrata foram reproduzidas algumas situações comuns ao dia a dia do aluno, ainda, foi solicitado um esboço em desenho das linhas do campo elétrico gerado por carga positiva e negativa. Trabalhamos interações sociais com indagações, nas quais envolvemos junto aos alunos discussões da ação das linhas de força da carga geradora, como entes responsáveis pela alteração no espaço, capaz de provocar uma possível força elétrica de atração ou repulsão na carga de prova. Consideramos este aspecto importante na compreensão dos educandos acerca das interações elétricas, que passam pelo espaço entre o corpo eletrizado e o nosso causando descargas elétricas.

Para garantir uma boa participação da turma e estabelecer as concepções científicas do tema foi apresentado um vídeo sobre os raios para os estudantes relacionarem o fenômeno com o campo elétrico e, também com suas concepções espontâneas sobre os raios. Na compreensão da atividade, os alunos puderam relacionar os fenômenos ligados à blindagem eletrostática e o funcionamento do para-raios com referência no poder das pontas.

No início do sétimo encontro, foi trabalhado um vídeo tratando da construção de um capacitor. Em seguida, os alunos foram divididos em grupos para participar de uma oficina onde deveriam construir e testar uma garrafa de Leyden. Nesta proposta cada grupo fez seu próprio capacitor como está representado na Figura 25.

Figura 25 - Alunos preparando uma garrafa de Leyden.



Fonte: Elaborada pelo autor.

No processo de carga, explicamos que os integrantes da equipe deveriam descarregar algumas vezes um canudo previamente eletrizado por atrito no capacitor, a descarga seria possível ao segurar a garrafa de Leyden em uma das mãos e aproximar o dedo da outra mão da esfera de alumínio. A tarefa em sala de aula ficou prejudicada devido à umidade do dia chuvoso. Na ocasião, explicamos aos participantes que a umidade prejudica os processos eletrostáticos, dessa forma os efeitos observados foram discretos. Mas, quando mudamos para uma sala com ar condicionado, os alunos observaram o mecanismo de descarga da garrafa de Leyden.

Para apresentar os episódios do desenvolvimento histórico da eletrostática foi aplicado um texto abordando o espírito colaborativo na construção do conhecimento científico, o surgimento dos capacitores e a produção do conhecimento técnico-científico com suas aplicações práticas em aparelhos elétricos e eletrônicos contemporâneos (ver Apêndice H). Após a leitura, os alunos foram convidados a refletir e opinar sobre o texto, em seguida, responderam questões direcionadas à sua interpretação. De início deveriam realizar uma análise sobre a veracidade de uma frase que credits todas as descobertas da eletricidade delegadas a uma única pessoa. Em seguida deveriam fazer menções ao uso dos capacitores e informar que aparelhos na casa deles contêm esse dispositivo. A Figura 26 apresenta a resposta de um aluno para duas perguntas.

Figura 26 - Respostas do aluno sobre as perguntas discutidas acima.

Falsa, Porque varias Pessoas
Colaboraram nas descobertas da
Ciência.
telas touch screen das celulares, caixas
eletrônicas, teclados de computadores
televisão, na minha casa, televisão
Geladeira, liquidificador, ventilador.

Falsa, porque várias pessoas colaboram nas descobertas da ciência. Tela touch screen dos celulares, caixas eletrônicas, teclados de computadores, televisão. Na minha casa televisão, geladeira, liquidificador, ventilador.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Com essas discussões foi possível viabilizar para a oitava série do ensino fundamental, uma breve abordagem de Física que é importante para os alunos ao ingressar no ensino médio.

No oitavo encontro foram explorados os conhecimentos físicos em eletrostática das aulas anteriores com um dos produtos educacionais desenvolvidos durante este trabalho de mestrado, o eletróforo de Volta. No momento da demonstração, a forma chamativa do aparelho prende a atenção dos estudantes e torna possível muitas interações sociais, conforme apresentado na Figura 27.

Figura 27 - Apresentação do eletróforo para turma.

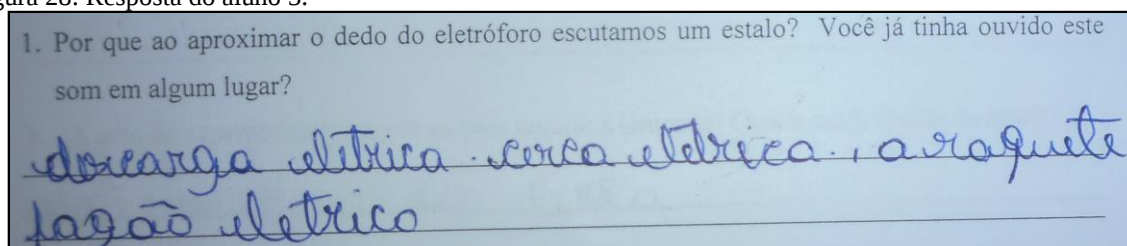


Fonte: Elaborada pelo autor.

Assim, a apresentação do eletróforo na sala de aula foi dividida em duas etapas. Na primeira delas, foi explorada a estrutura do eletróforo e o seu mecanismo de funcionamento. Os alunos prestaram bastante atenção para a demonstração chamativa do processo de carga e descarga do eletróforo, nos dois momentos foi possível ouvir um leve estampido e se a sala estiver escura é possível enxergar, até mesmo, a faísca durante o descarregamento.

Para envolver os participantes em uma interação social, discutiu-se a origem do estalo entre a aproximação do dedo e o eletróforo, e se o som é familiar a outras situações do dia-dia. Na intervenção, o aluno 3 respondeu de acordo com a Figura 28.

Figura 28: Resposta do aluno 3.



Descarga elétrica. Cerca elétrica, a raquete e fogão elétrico.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Essa ação mostrou-se produtiva dentro da zona de desenvolvimento proximal, pois os alunos puderam relacionar cognitivamente os elementos chave dos fenômenos observados à carga elétrica e o campo elétrico com diversas situações vivenciadas por eles fora da escola.

Para tornar mais convincente a presença da carga elétrica no eletróforo, realizou-se as demonstrações de simulação de um para-raios, aproximando, sem encostar, o eletróforo carregado da ponta metálica instalada em um eletroscópio de folhas, como pode ser observado na Figura 29.

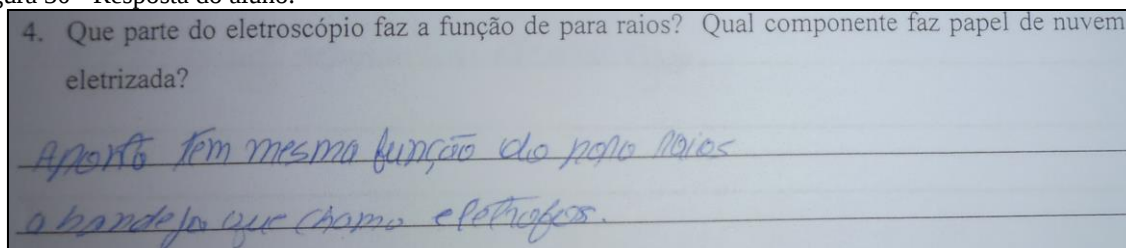
Figura 29 - Eletróforo nas proximidades de um eletroscópio de folhas.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Os alunos foram arguidos sobre a observação de algum movimento nas folhas do eletroscópio. A Figura 30 mostra a resposta de um aluno acerca da exploração do fenômeno.

Figura 30 - Resposta do aluno.



A ponta tem a mesma função do para-raios, a bandeja que chama eletróforo.

Fonte - Elaborada pelo autor.

Nesta atividade os participantes constataram porque o local preferencial para o raio “cair” é no para-raios, devido ao fato de estar mais elevado nas construções, para verificar a preferência das descargas elétricas atingirem o para-raios protegendo o entorno.

Em outra interação social que foi desenvolvida dentro da zona de desenvolvimento proximal, abordou-se mais uma vez o conceito de ionização do ar. Lembrando que já tínhamos abordado com os alunos, em outra oportunidade, sobre o processo de ionização do ar através de uma chama de uma vela. Nesse contexto, os alunos puderam perceber que o eletróforo é o agente responsável pela ionização do ar, que resulta na faísca.

Na segunda demonstração, o eletróforo foi carregado e descarregado através de uma lâmpada fluorescente como pode ser observado na Figura 31.

Figura 31 - Descarga do eletróforo em uma lâmpada fluorescente.

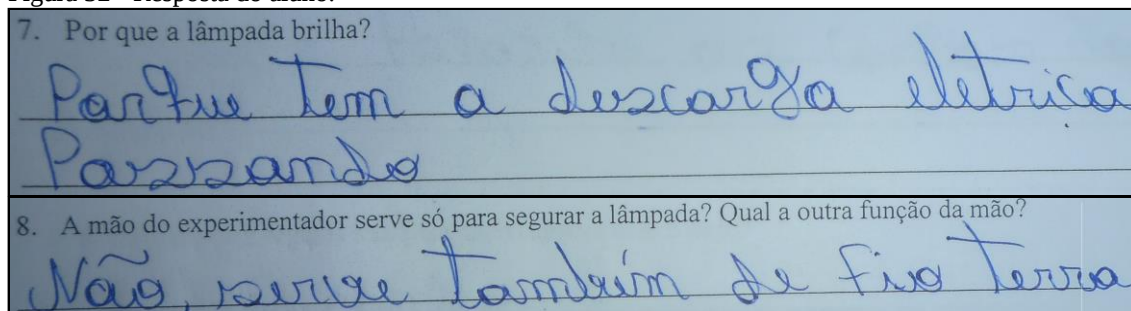


Fonte: Elaborada pelo autor.

Nos dois casos, a lâmpada recebe uma descarga elétrica e emite uma luz repentina, em um ambiente escurecido, o experimento é percebido de forma mais convincente. O brilho

emitido pela lâmpada possibilita as interações sociais, que é abordada pela teoria de Vygotsky. A Figura 32 mostra a resposta de um aluno que participou da demonstração.

Figura 32 - Resposta do aluno.



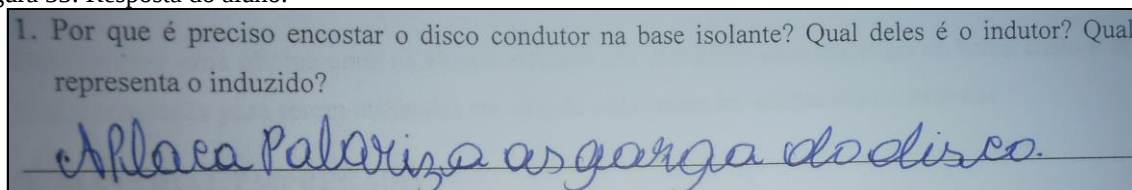
Porque tem a descarga elétrica passando. Não, serve também de fio terra.

Fonte: Elaborada pelo autor.

O potencial natural do eletróforo permite mais uma interação social em torno do conceito dos materiais condutores e isolantes. Na argumentação dos alunos, observou-se o entendimento da função dos materiais condutores e isolantes presentes no aparato. No caso da base condutora, argumentaram que ela deveria estar apoiada sobre o suporte isolante para impedir sua descarga para a Terra. Muitas das respostas foram compartilhadas pela interação social entre os alunos e o professor mediador (mestrando) que direcionou as comprovações observadas através da aula experimental. Percebe-se a importância de explorar ao máximo as características do experimento para obter mais verificações experimentais em torno da teoria em estudo, isto deixou a atividade mais rica, graças às observações dos alunos.

Já na segunda parte da abordagem experimental com o eletróforo de Volta, o fenômeno da indução foi abordado com os alunos. A Figura 33 mostra a resposta de um aluno sobre essa etapa da aula experimental.

Figura 33: Resposta do aluno.



A placa polariza as cargas do disco.

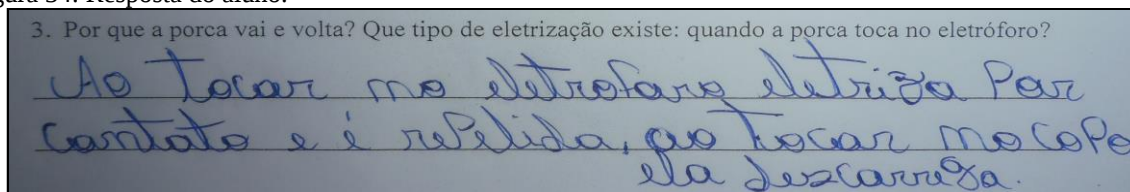
Fonte: Elaborada pelo autor.

Nesta parte, os alunos fizeram confusão entre os componentes do eletróforo que atuam como indutor e o induzido e não souberam responder. Durante as intervenções o professor mediador explicou que a necessidade de encostar o disco condutor (induzido) na base isolante (indutor), previamente, eletrizada por atrito, serve para polarizar as cargas da base do disco. Explicou-se para os alunos que a base não transfere cargas, pois é feita de um material isolante.

A fim de explorara ainda mais sobre as teorias da eletrização por meio do eletróforo de volta, a turma assistiu um vídeo: Como fazer máquina de choques com forma de pizza, disponível no endereço eletrônico: http://www.youtube.com/watch?v=vklSPA4ay_4&t+92s. A seguir, o professor mediador repetiu a abordagem experimental desse vídeo utilizando materiais de baixo custo que são: um fio isolante, o eletróforo, um copo e uma porca, ambos de metal.

O aparato experimental despertou a atenção dos alunos para o assunto que o professor mediador desejava abordar naquela aula. Durante a demonstração, o eletróforo eletrizado foi aproximado da porca que é atraída e eletrizada por contato, em seguida ela é repelida e faz contato com o copo neutro e se descarrega, para ser atraída mais uma vez pelo eletróforo desencadeando um processo de vai e vem da porca, até o descarregamento do eletróforo. Na Figura 34 observa-se a resposta de um aluno que participou da aula demonstrativa.

Figura 34: Resposta do aluno.



Ao tocar no eletróforo eletriza por contato e é repelido, ao tocar no copo ela descarrega.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Outra interação possível envolveu as concepções espontâneas dos alunos sobre os capacitores das ambulâncias e hospitais comuns nas cenas de filmes ou novelas, ou seja, em diversos filmes aparece uma vítima que recebeu uma descarga elétrica de uma máquina para fazer o coração voltar a funcionar normalmente. A turma foi arguida sobre os nomes desses equipamentos e do dispositivo elétrico capaz de armazenar as cargas elétricas usadas no momento da descarga no corpo do paciente. Depois de uma breve troca de olhar entre os participantes, a interação social entre eles prossegue, segue abaixo a conversa entre dois colegas de sala:

Aluno 4: *Você lembra o nome? Aquele da ambulância, SAMU, tem no hospital!*

Aluno 9: *Desfibrilador.*

A pronuncia deste participante foi aceito prontamente pelos demais colegas de sala. A resposta da segunda pergunta para os estudantes foi unânime: *É o capacitor.*

Em mais uma aula demonstrativa usou-se o eletróforo para carregar uma garrafa de Leyden, que em seguida foi descarregada pelos alunos.

No final deste encontro, os alunos participaram de uma oficina, Figura 35 (a), para montar um eletróforo com materiais de baixo custo e fácil construção, em seguida utilizaram este dispositivo em sala de aula, Figura 35 (b) como atividades demonstrativas e responderam perguntas relativas aos conceitos já explorados na teoria e em outras práticas.

Figura 35 - Oficina para confeccionar o eletróforo. Em (a) aluno monta o aparelho, em (b) alunos testam o eletróforo que fizeram.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Durante o nono encontro, o professor (mestrando) apresentou mais dois produtos educacionais desta proposta de trabalho: a máquina de Wimshurst e a chuva elétrica de Kelvin.

A abordagem dessas duas máquinas eletrostáticas foi realizada em dois momentos. No primeiro deles, os alunos em grupos trabalharam uma leitura e interpretação do texto: *O contexto histórico para apresentar a máquina de Wimshurst e chuva elétrica de Kelvin* em grupo, disponível no Apêndice K, que associa a compreensão do conhecimento científico ao surgimento de duas máquinas eletrostáticas. Na ação didática, reproduzimos experimentos históricos em eletrostática, testando seus conceitos mais usuais e discutimos a evolução histórica das máquinas eletrostáticas.

No segundo momento, ilustramos a fenomenologia desses geradores de cargas elétricas, iniciamos com a máquina de Wimshurst e finalizamos com a chuva elétrica de Kelvin. Não foi possível evidenciar as descargas elétricas satisfatórias nesses dois geradores elétricos que construímos. Nesse caso, para não interromper o possível entusiasmo da turma, usamos outros vídeos demonstrando tais máquinas em funcionamento. Durante a ação didática, discutimos o funcionamento dessas máquinas com experimentos e perguntas direcionadas à experiência anterior dos estudantes com o eletróforo.

O primeiro protótipo explorado foi à máquina de Wimshurst, que pode ser observada na Figura 36. A exposição do aparato iniciou-se aproveitando a atenção da turma, que voltava seus olhares para a estrutura do gerador. Aqui, estabelecemos interações sociais, para os alunos distinguir na composição da máquina de Wimshurst, as partes condutoras e isolantes de eletricidade. O professor discutiu outras ideias básicas relacionadas às pontas arredondadas dos setores de alumínio, discutimos sua utilidade em evitar a perda de cargas e sobre o poder das pontas.

Figura 36: Apresentação da máquina de Wimshurst em sala de aula.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Na oportunidade, o professor estabeleceu uma conexão com a conservação da energia, ao questionar a origem da energia necessária para máquina entrar em funcionamento, como pode ser visto na Figura 37. Os alunos ainda lembraram sobre o mecanismo da máquina de Wimshurst, o processo de eletrização por atrito entre os metais dos discos e os dos neutralizadores. No início da demonstração, eles tiveram muita dificuldade na compreensão do mecanismo que possibilitava a eletrização da máquina por indução, mas observaram sem dificuldades, a função das garrafas de Leyden no aparato com o conceito de capacitor.

Figura 37: Mecanismo de funcionamento da máquina de Wimshurst para alunos.



Fonte: Elaborada pelo autor.

No momento voltado à exibição da chuva elétrica de Kelvin, como pode ser observado na Figura 38. O professor estabeleceu mais situações direcionadas às interações sociais entre os participantes. Ligamos o comportamento da água como uma substância condutora de eletricidade, ao fato que, durante a queda das gotas de água próximas a um corpo eletrizado, elas adquiriram cargas com sinal oposta ao deste corpo indutor de cargas. A água gotejada é acumulada em uma jarra de Leyden, que funciona como um capacitor que está conectada aos fios condutores que por sua vez está conectada a uma esfera metálica por onde acontece a descarga na forma de faísca.

Figura 38 - Exibição da chuva elétrica de Kelvin.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Na parte de investigação estrutural da chuva elétrica de Kelvin, o professor estabeleceu interações sociais acerca da presença de material isolante na composição da base

estrutural da máquina em PVC. Discutiu-se sobre a função da arruela metálica eletrizada que é posicionada próxima às gotas, na intenção dos estudantes fazerem uma relação com a eletrização por indução. Foi notória a analogia que os alunos fizeram com a presença do fio terra para identificar o fenômeno da indução elétrica, diferenciando das outras formas de eletrização (atrito e contato). Os efeitos discretos da máquina que construímos, não permitiu evidenciar descargas elétricas satisfatórias, além do mais, no dia da apresentação havia o agravamento da umidade relativa do ar, o período referente ao mês de julho costuma ser chuvoso. Para não diminuir a empolgação da turma, o professor mediador usou, mais uma vez, vídeos disponíveis na internet, ilustrando tais máquinas em atividade elétrica. Durante a ação didática, foi discutido o funcionamento dessas máquinas com experimentos e perguntas direcionadas à experiência anterior dos estudantes com o eletróforo.

A estratégia didática aplicada na apresentação de cada produto educacional - eletróforo, máquina de Wimshurst e chuva elétrica de Kelvin - tiveram o propósito de identificar a apreensão cognitiva dos conteúdos elencados durante os encontros. Para tanto, buscamos motivar os discentes a recordar as concepções científicas trabalhadas nos primeiros encontros. Acreditamos que os produtos educacionais elaborados neste trabalho cumpriram essa função. Analisando a aquisição do conhecimento sob o ponto de vista da teoria de Vygotsky, Gaspar (2014, p. 175) afirma que ela se apoia em ideias básicas da aprendizagem como fator determinante do desenvolvimento cognitivo e na relação entre a motivação e o pensamento.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresentamos neste capítulo os resultados alcançados através do pré-teste e pós-teste realizados, dispomos nesse percurso relatos acerca da construção do conhecimento propiciados pelas interações entre os alunos e professor mediador, que edificaram a noção referente aos fenômenos apresentados nos produtos educacionais e, também, do questionário referente à avaliação da proposta pelos alunos.

4.1 – COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS ENTRE CADA ITEM DO PRÉ-TESTE E DO PÓS-TESTE

Exibimos neste tópico, algumas perguntas seguidas de seus respectivos gráficos que apontam resultados das respostas dos alunos aproveitadas, concomitantemente foi realizada uma breve discussão das questões envolvidas no pré-teste e pós-teste. Busca-se, também, evidenciar a contribuição da abordagem experimental utilizando as máquinas eletrostáticas para verificar a evolução conceitual dos participantes durante a aplicação dessa proposta de ensino, por meio de uma análise em primeiro momento da opção cientificamente correta. Dessa maneira iniciaremos com as indagações referentes aos itens um e dois.

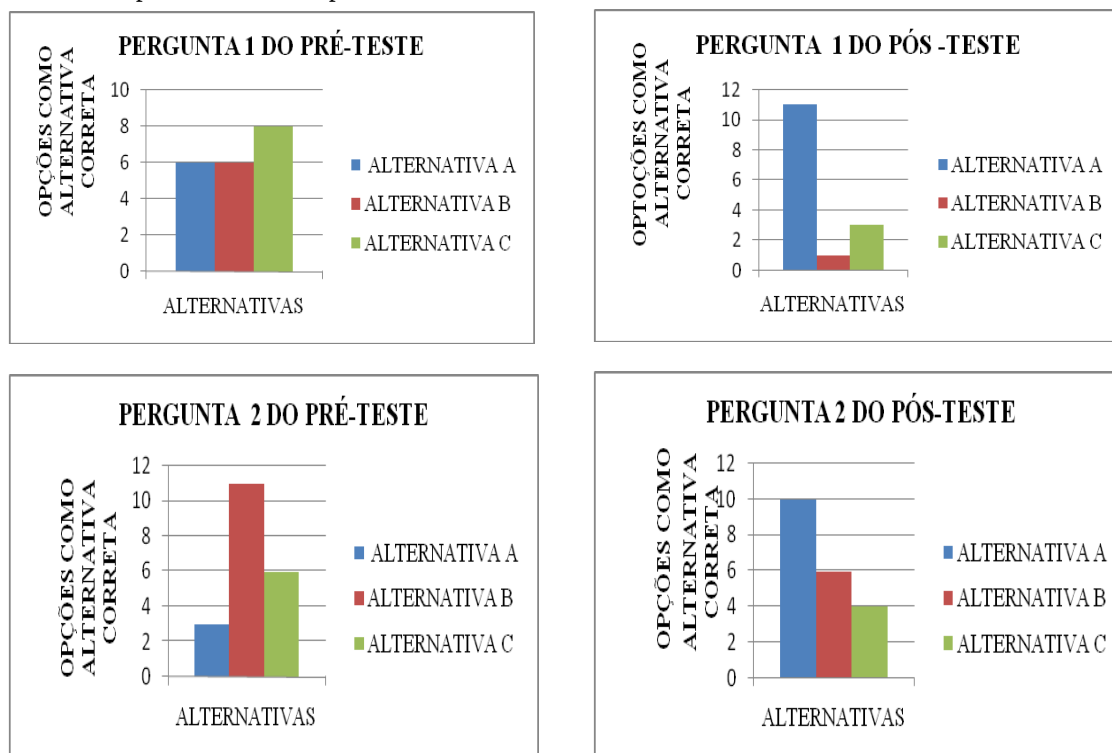
01. A água que bebemos, o ar que respiramos, as células dos seres vivos, os pingos da chuva, grãos de areia, sementes, frutas e legumes que ingerimos, barras de ferro, fios de cobre, rochas, etc., todos são exemplos de

- a) matéria cujo último constituinte são os átomos
- b) corpos que tem volume ocupando um lugar no espaço
- c) corpos que têm massa

02. O estudo da natureza íntima da matéria revela que todo corpo é formado por

- a) Átomos
- b) Células
- c) Água

Figura 39 - Respostas dos alunos para as alternativas das questões 1e 2 do pré-teste e pós-teste.



Fonte: Elaborada pelo autor.

As questões um e dois visaram despertar a percepção do aluno sobre o conceito de matéria como parte de nossa vida e a natureza do elemento comum a toda forma de matéria firmada no átomo. A Figura 39 mostra os resultados no Pré-Teste e Pós-Teste dos estudantes. Nelas os alunos exprimiram nos pós-testes a alternativa **a**, que traz o átomo como o elemento formador de todos os corpos.

Os gráficos acima revelam como boa parte dos alunos passaram a considerar a existência do átomo constituindo a matéria (92% na questão 1 e 83% da questão 2). Pensamos que, a discrepância entre os valores percentuais está relacionada ao fato dos alunos, não terem nenhum contato com a ideia de átomo despertada nas aulas de Ciências no Ensino Fundamental até aquele momento, salienta-se, também, que a noção do átomo por trata-se de um modelo invisível aos olhos, demanda certo tempo para torna-se concebível na estrutura cognitiva do discente. Na Física considera-se essa noção decisiva para dá aos alunos habilidade de relacionar a carga elétrica com os prótons e elétrons dos átomos de todos os objetos. Conforme Sampaio e colaboradores (2017) entender os princípios da eletrostática significa ter a base para compreensão do eletromagnetismo como um todo. Além do mais na perspectiva de Vygotsky, essa compreensão, também, contribui no processo de mediação na conversão das relações sociais em funções mentais superiores. As estratégias dos vídeos sobre o átomo e os episódios do contexto histórico da eletrostática, bem como, o texto da formação

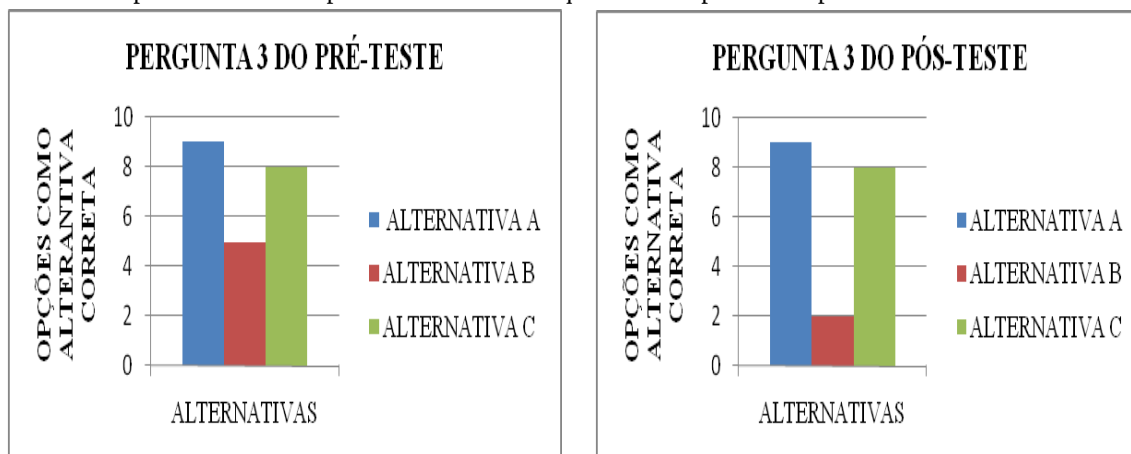
dessa ciência em seu contexto histórico e cultural, possibilitaram trabalhar com os educandos questões dialogadas e escritas com capacidade de despertar as primeiras noções sobre estrutura atômica e carga elétrica. Nas atividades experimentais a construção de *Versorium* e seu manuseio, junto aos discentes, possibilitou investigar propriedades atrativas da eletrostática, essa noção crucial foi debatida na investigação da fenomenologia elétrica presentes na carga e descarga do eletróforo, os alunos analisaram o estampido do fenômeno e o associaram as descargas elétricas das cercas, fogões e raquetes elétricas. Nessa interação social, os educandos conseguiram relacionar a carga elétrica do eletróforo com objetos do cotidiano deles.

Na questão três associou-se a existência da carga elétrica ao átomo, muitos alunos demonstraram dificuldades em reconhecer a origem das cargas advindas apenas dos átomos, que correspondia à alternativa **a**. Conforme a teoria da aprendizagem estipulada por Vygotsky, isto pode ser explicado pela competição entre as concepções científicas e as de senso comum estabelecidos na mente dos estudantes, apesar de concordar com ambas, muitos optaram no pós-teste pelo item **c** da pergunta, que associava a existência das cargas às lâmpadas, relâmpagos, fios de poste e eletrodomésticos (GASPAR, A. 2014). Lembramos que, embora, cada questão tenha apenas uma alternativa correta, deixamos em aberto a opção para o aluno marcar mais de uma alternativa com vistas a verificar o processo de mudança conceitual ou constatar a permanência, na estrutura cognitiva do indivíduo, das concepções científicas e a de senso comum. Esses resultados são apresentados na Figura 40.

03. Associamos a existência da carga elétrica

- a) A partir do átomo elemento que forma a matéria
- b) Apenas a objetos que dão choque
- c) A energia presente nas lâmpadas, relâmpagos, fios de poste e eletrodomésticos

Figura 40 - Respostas dos alunos para as alternativa da questão 3 do pré-teste e pós-teste.



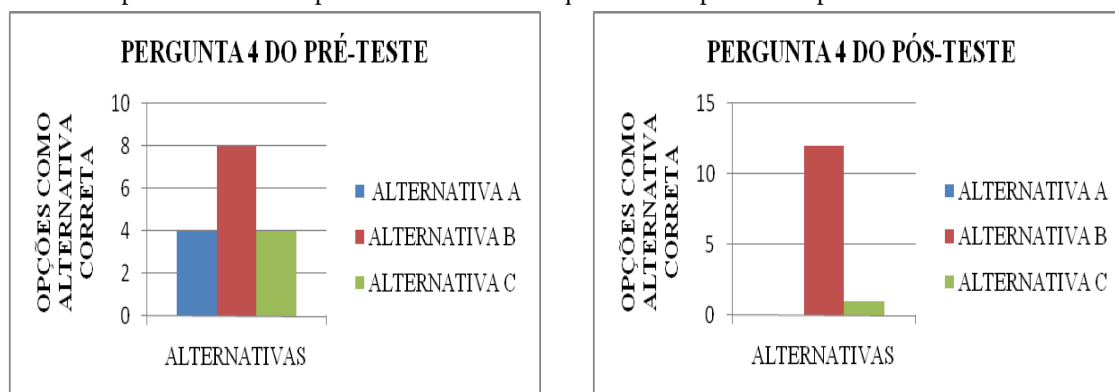
Fonte: Elaborada pelo autor.

Quando foi abordado sobre a constituição básica do átomo, nós obtivemos as seguintes respostas dos alunos conforme a Figura 41.

04. O átomo é formado por muitas partículas dentre elas destacamos

- a) Apenas os prótons
- b) Prótons, elétrons e nêutrons
- c) Somente os elétrons

Figura 41 - Respostas dos alunos para as alternativas da questão 4 no pré-teste e pós-teste.



Fonte: Elaborada pelo autor.

O resultado do pós-teste mostra que os alunos compreenderam a existência das partículas formadoras do átomo (prótons, elétrons e nêutrons) através da alternativa **b**. Esse esclarecimento é significativo para estabelecer a noção de carga elétrica positiva e negativa, bem como, os tipos de eletricidade repulsiva e atrativa. O conceito das cargas elétricas foi debatido junto aos participantes nas oficinas didáticas nos processos de eletrização das substâncias. Segundo Assis (2011), o uso de materiais simples e acessíveis na apresentação

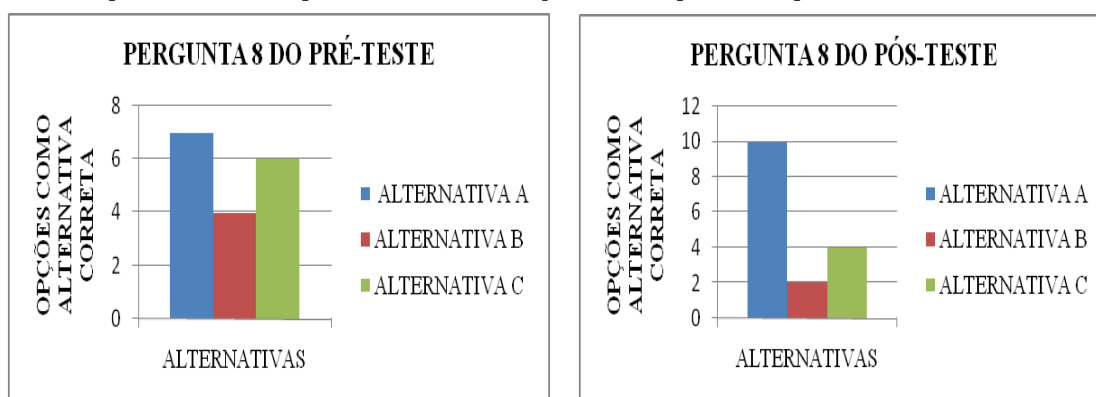
dos fenômenos mais básicos da eletricidade contribui para testar os fenômenos elétricos de forma lúdica e curiosa.

A oitava pergunta do teste envolvia uma noção referente à condição necessária para um corpo ficar eletrizado, o resultado do pós-teste, Figura 42, mostra que a maioria dos estudantes optou pela alternativa **a** (83%), quando o átomo ganha ou perde elétrons.

08. A condição par um corpo ficar eletrizado acontece quando

- a) o átomo ganha ou perde elétrons
- b) apenas se o átomo perde nêutrons
- c) o átomo nunca fica eletrizado

Figura 42 - Respostas dos alunos para as alternativa da questão 8 do pré-teste e pós-teste.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Essa compreensão é útil para revelar o porquê dos objetos à nossa volta não se apresentam de forma eletrizada, igualmente, é válido para justificar como se dão os processos de eletrização muitas vezes questionados nos experimentos juntos aos estudantes. Por exemplo, quando o canudo não ficava fixo à parede sem ter sido previamente atritado com o papel, ou no processo de carga na base isolante do eletróforo e, ainda nos princípios de funcionamento da máquina de Wimshurst e chuva elétrica de Kelvin. Na transposição didática desses tópicos o professor mediador usou slides para expor na turma os mecanismos da eletrização por atrito e a atração-repulsão. Quando os alunos sentiram o aumento de temperatura no canudo durante a fricção, o professor mediador trabalhou a hipótese dessa variação de temperatura ser a causa da sua eletrização. Para tanto, o docente mestrando realizou uma demonstração usando uma vela acesa próxima a uma porção de papel picado e os estudantes constatarem a ausência de atração entre os dois. Nesse ensejo, ainda, foi introduzido o conceito de ionização do ar e discutiu-se a fenomenologia do poder das pontas.

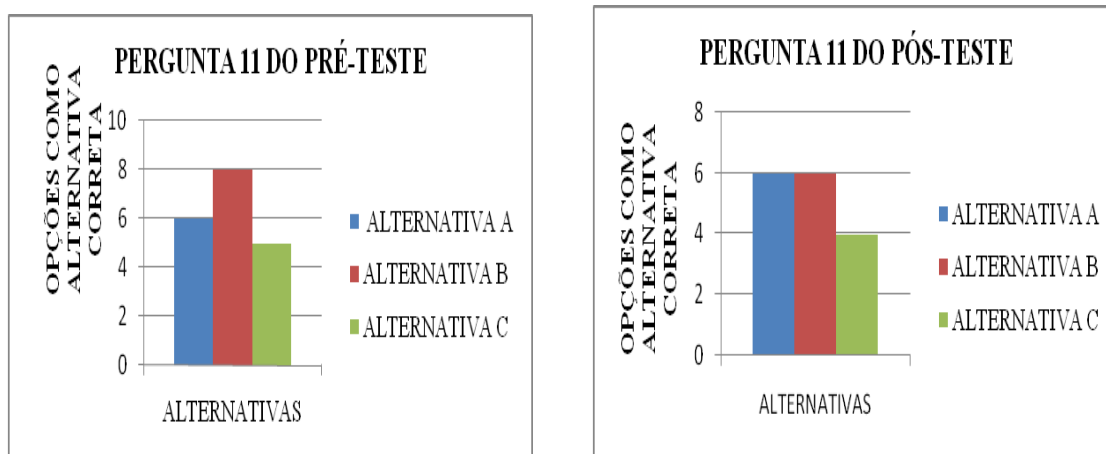
Quando se perguntou na questão 11 sobre a condição básica para o surgimento de uma força elétrica nos corpos eletrizados, o pós-teste, Figura 43, mostra que 50% dos alunos

ainda optaram pela alternativa **a**, que ligava a existência da força elétrica apenas ao fenômeno da atração entre os corpos.

11. Um fenômeno marcante dos corpos eletrizados é que eles podem

- a) apenas atrair outros corpos
- b) depende da natureza de suas cargas podem atrair ou repelir outros corpos
- c) estar ausentes de atração ou repulsão

Figura 43 - Respostas dos alunos para as alternativa da questão 11 no pré-teste e pós-teste.



Fonte: Elaborada pelo autor.

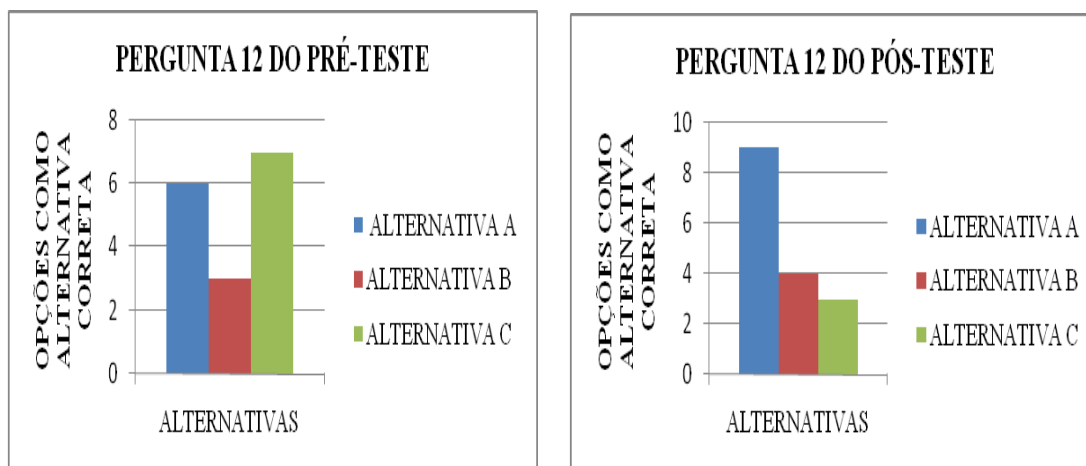
Nessa mesma alternativa, eles, ainda, fizeram escolhas pela alternativa **c**, que associava a presença da força elétrica mesmo sem haver uma atração ou repulsão. A alternativa correta **b** (50%), revelava que a aparição da força elétrica dependia de a natureza das cargas elétricas atrair ou repelir outros corpos. Mais uma vez percebe-se a concorrência entre o senso comum e as concepções científicas já mencionadas pela teoria da aprendizagem de Vygotsky, ao mostrar que os conhecimentos espontâneos e o aprendizado científico têm a característica de ser individuais e reflexivos (GASPAR, A. 2014). Acredita-se que os alunos não compreenderam a pergunta e marcaram de acordo com os conhecimentos que já fazem parte da sua história de vida.

A questão 12 tratou das formas mais comuns de eletrizar um corpo. O pós-teste, Figura 44, revela que a maioria dos alunos (75%) escolheu a alternativa **a**, que corresponde ao contato, atrito e indução.

12. São formas de eletrizar um corpo

- a) O atrito, o contato e a indução
- b) Apenas pelo contato com o corpo eletrizado
- c) Somente quando ligamos um aparelho elétrico

Figura 44 - Respostas dos alunos para as alternativa da questão 12 no pré-teste e pós-teste.



Fonte: Elaborada pelo autor.

As atividades experimentais e os episódios dos textos históricos (APÊNDICE C, H e K) permitiram que os alunos conhecessem e praticassem nas oficinas essas formas de eletrização. Na interação didática, os participantes montaram e testaram eletroscópios, em seguida, demonstraram boa capacidade de responder com sucesso questionamentos relacionados a forma de eletrização e movimento das folhas do aparato, ao afirmar que estavam eletrizadas com a mesma carga elétrica. A aplicação complementar dos fundamentos da *BNCC* que assegura aos alunos do ensino fundamental o acesso à diversidade do saber científico desenvolvido ao longo da história ligando os processos e práticas da investigação científica parece ter dado boa contribuição no número de acertos do item 12.

Quando tratamos nas questões 13 e 14 dos materiais que permitem ou não a condução das cargas elétricas a resposta dos alunos nos pós-testes, a Figura 45 mostra uma prevalência pelas opções cientificamente correta alternativa **b** da questão 13 e **a** do item 14.

As oficinas, que trataram de uma abordagem investigativa acerca dos materiais condutores e isolantes, permitiram os estudantes estabelecer interações sociais com participação promotora de uma compreensão eficaz. Nessa interação os alunos puderam resolver problemas, testar hipóteses, expor suas ideias e participar de forma mais ativa da construção do seu próprio conhecimento. Na mediação conceitual, os alunos puderam identificar nos slides materiais do seu convívio, que permitiam ou não a condução elétrica. Pela atividade prática, os sujeitos testaram essas substâncias ao posicioná-las entre os fios de um circuito elétrico, assim eles verificavam se acendia ou não um LED e classificavam quais eram condutoras ou isolantes. Na mesma prática, o professor mediador testou a hipótese, na qual os alunos avaliaram se a classificação dos materiais feita era absoluta, o teste consistia em verificar se descarregavam ou não um eletroscópio, na interação os participantes

perceberam, que em determinadas condições, um material isolante conduz cargas elétricas. Através desse recurso pedagógico os estudantes conseguiram identificar os materiais que conduziam ou não as cargas elétricas nas estruturas do eletróforo, máquina de Wimshurst e na chuva elétrica de Kelvin.

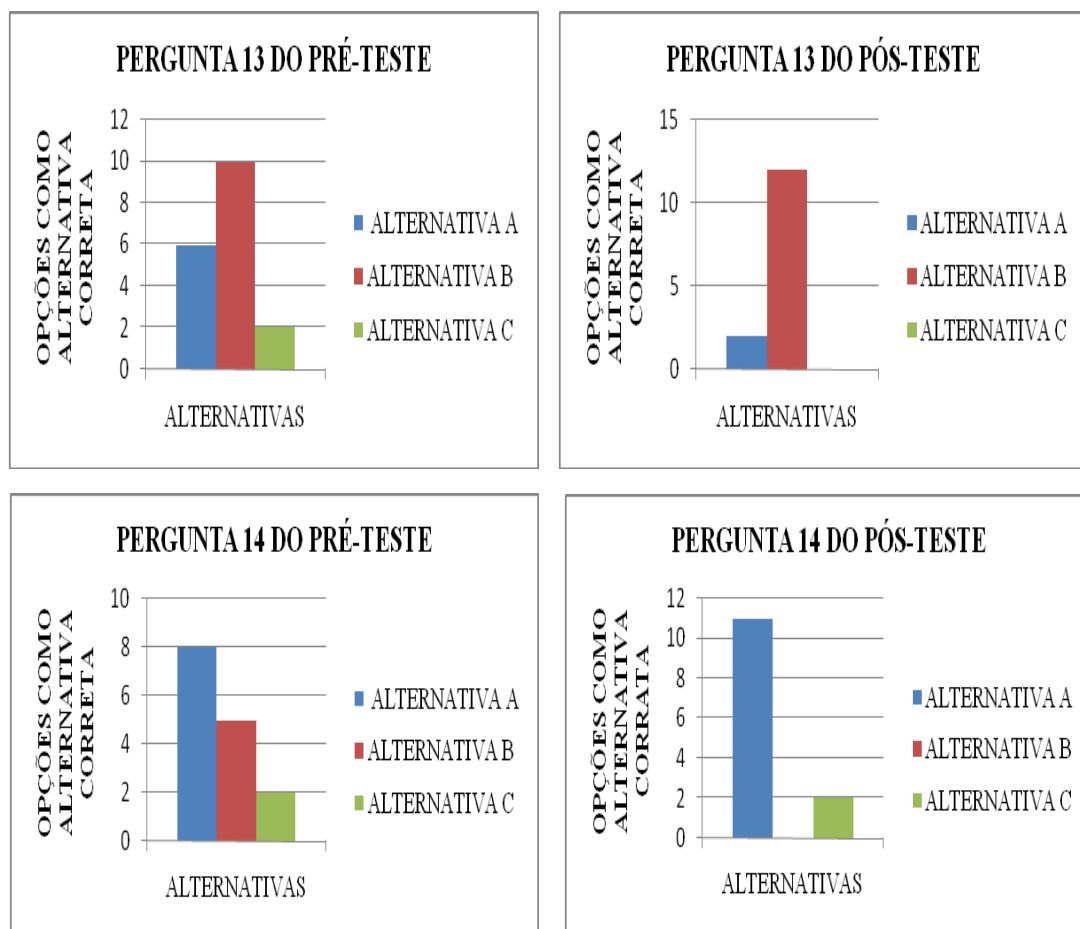
13. Por que os fios são feitos de metal e não de outro material qualquer

- a) Os metais são mais resistentes
- b) Metais transportam a energia
- c) Apenas por serem mais flexíveis e mais baratos

14. O que diferencia um material de outros, permitindo-lhe ou não o transporte de “energia”

- a) Está ligada a característica de serem condutores ou isolantes
- b) Todo e qualquer material conduz energia muito bem
- c) Somente os isolantes conseguem conduzir bem a energia

Figura 45 - Respostas dos alunos para as alternativa das questões 13 e 14 do pré-teste e pós-teste.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Nas questões 15 e 16 os resultados dos pós-testes, Figura 46, permitiram aos alunos constatarem, através do item 15, que o eletroscópio era um aparelho capaz de estudar a presença da carga elétrica na alternativa **c** e com esta noção estabelecer uma ideia sobre o campo elétrico no local, alternativa **a** da questão 16.

Nas oficinas com eletroscópios, os estudantes trabalharam na construção e utilização do dispositivo, para saber, se um canudo estava eletrizado. Durante as atividades, os participantes eram questionados sobre conhecimentos das aulas anteriores que tornavam a tarefa possível. Não foi menos importante a discussão do professor mediador, em sala de aula, envolvendo a noção de campo nas situações das interações gravitacional e magnética sobre objetos do cotidiano. Esse recurso possibilitou, os alunos associarem o campo elétrico a coexistência de uma carga elétrica. Foram abordados os conceitos de ação da força elétrica, campo elétrico e os processos de eletrização. Para tanto, os estudantes eletrizavam canudos por atrito e o aproximavam do eletroscópio, assim puderam constatar como o campo elétrico agia no mecanismo de eletrização por indução ou contato no aparelho. Em uma demonstração com eletróforo de Volta, os alunos usaram conceitos prévios, já trabalhados em sala, e explicaram a ação do campo elétrico no surgimento das forças de atração e repulsão, que justificavam cientificamente o vai e vem de uma porca metálica posicionada entre um copo de metal e o eletróforo. Acredita-se que, as interações sociais mediadas pelo eletroscópio foram decisivas para os alunos acertarem os itens 15 e 16.

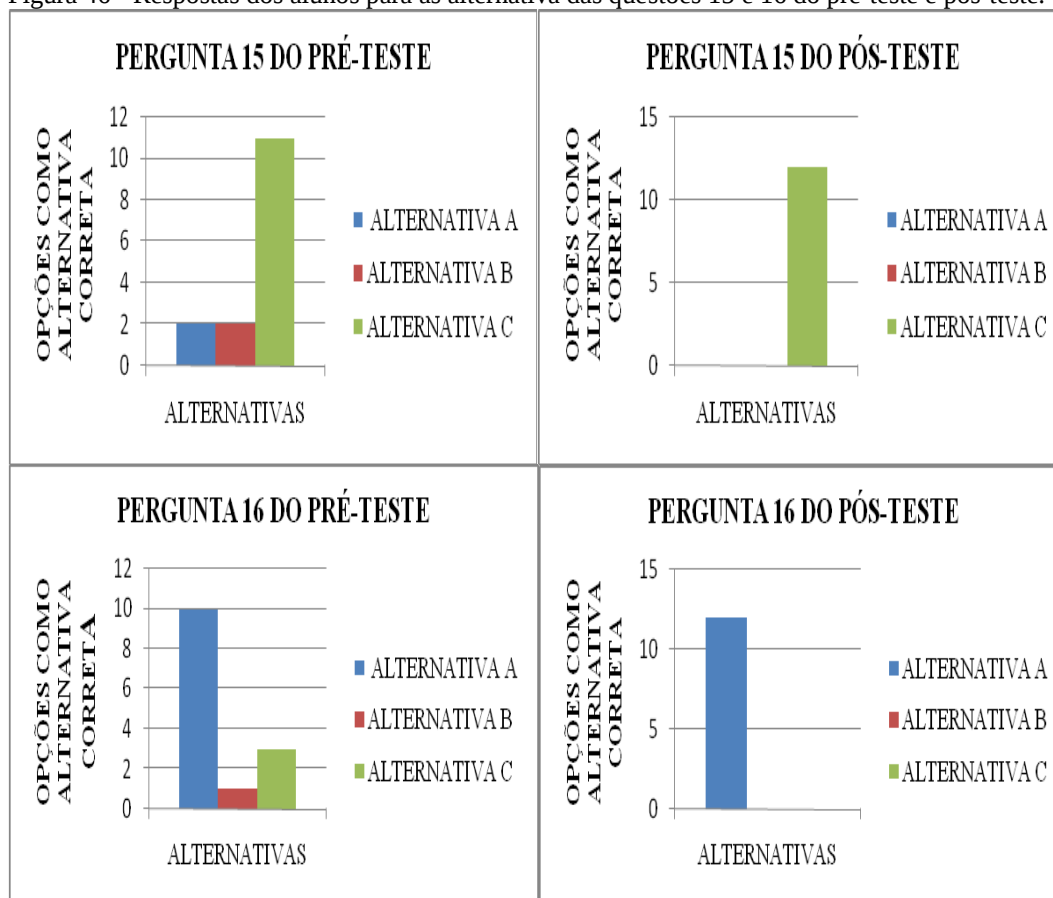
15. É um dos instrumentos usados para verificar a eletrização de um corpo

- a) A mão de uma pessoa
- b) Animais pequenos
- c) Os eletroscópios

16. O que existe ao redor dos corpos eletrizados permitindo sua detecção é

- a) O agente físico campo elétrico de força
- b) O princípio dos corpos ficarem parados
- c) Só acontece algo se empurrarmos com a mão

Figura 46 - Respostas dos alunos para as alternativa das questões 15 e 16 do pré-teste e pós-teste.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Quando foi trabalhado nas questões 17 e 18 as descargas elétricas dos raios. Na pergunta 17, os alunos puderam identificar no para-raios, alternativa **c**, o local preferencial para ser atingido pelos raios. A questão 18 tratou do poder das pontas, os alunos deviam marcar a alternativa **b**. Nos pós-testes da Figura 47 verifica-se uma boa noção referente a esse fenômeno pelos estudantes.

O recurso didático do eletróforo e as aulas audiovisuais sobre descargas elétricas nas nuvens auxiliaram os sujeitos participantes no confronto de seu senso comum carregado de curiosidade com os conceitos científicos. Em sala de aula os alunos responderam questionamentos sobre relâmpagos capazes atrair sua atenção ao alcance das suas concepções espontâneas. Os vídeos relacionados aos raios possibilitaram abordar, junto aos estudantes, o fenômeno com o campo elétrico, à blindagem eletrostática e o funcionamento do para-raios com referência no poder das pontas. Também, foi possível o professor mestrando realizar uma demonstração simulando uma nuvem eletrizada próxima a um para-raios, para fazê-lo aproximou o eletróforo da ponta metálica de um eletroscópio de folhas. Essa mediação permitiu, os alunos perceberem, como as cargas do eletróforo criam um campo elétrico capaz de ionizar o ar, que resulta na faísca. Pensa-se que esse recurso, também, contribuiu no número

de acertos das questões. Tudo indica que, o aluno reconheceu na definição científica a forma mais clara para responder suas dúvidas, o que parece ter contribuído no número de acertos dos itens 17 e 18.

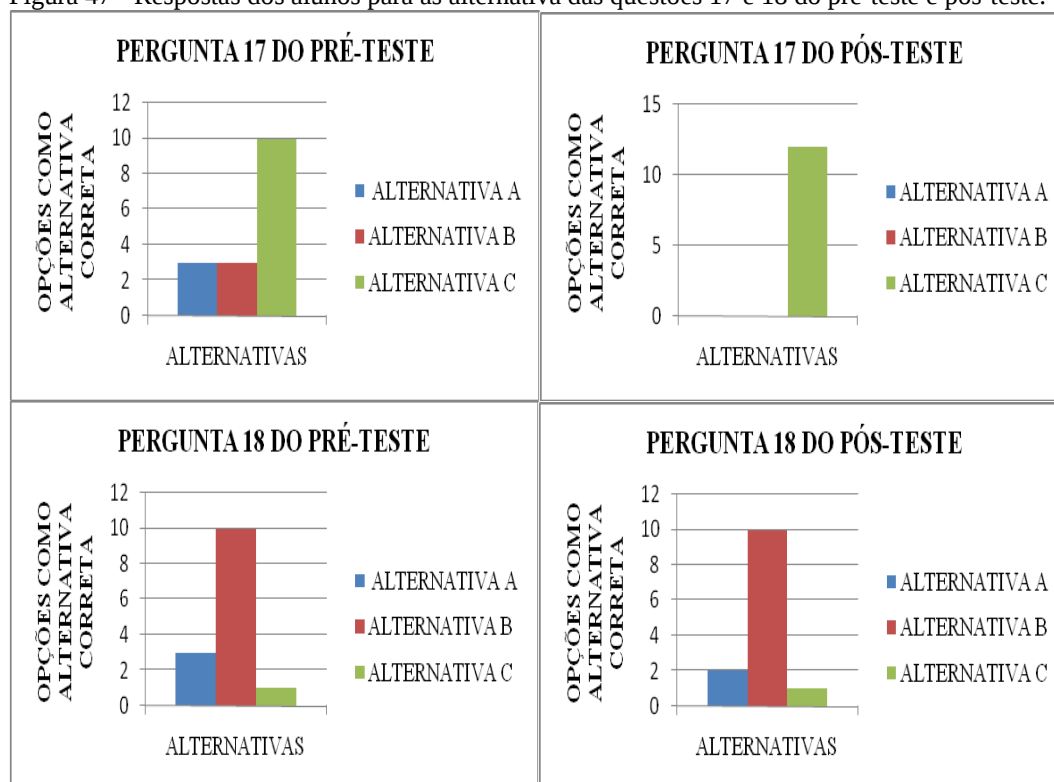
17. O raio ocorre preferencialmente entre um ponto mais baixo da nuvem e um ponto mais alto no solo. Uma forma de evitar danos dessa descarga elétrica é

- a) Ficar embaixo de árvores
- b) Ficar em campo aberto
- c) O pára-raios

18. O fenômeno conhecido como poder das pontas é à base do funcionamento dos pára-raios. Isso acontece porque nas regiões pontiagudas

- a) Existem poucas cargas elétricas
- b) Tem uma maior concentração de cargas elétricas
- c) Não existem cargas elétricas

Figura 47 - Respostas dos alunos para as alternativa das questões 17 e 18 do pré-teste e pós-teste.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Nas perguntas 19, 20 e 21, os estudantes aprenderam que o capacitor, alternativa **a** (100%) da questão 19 constitui o dispositivo elétrico que armazena cargas elétricas. Na questão 20 os alunos reconheceram na história a primeira aparição desse condensador através da garrafa de Leyden, que corresponde à alternativa **b**, e por fim reconheceu no desfibrilador,

alternativa **a** da questão 21 uma das aplicações práticas deste dispositivo em provocar choques controlados em pessoas com problemas no coração.

O texto histórico (APÊNDICE H) direcionado ao surgimento dos capacitores e sua aplicação nos recursos tecnológicos atuais, bem como, a oficina dos capacitores permitiram o estudante montar e testar seu próprio capacitor. O aluno pode carregar sua garrafa de Leyden com um canudo eletrizado ou ainda no eletróforo. O recurso deu oportunidade do participante se envolver significativamente nas atividades propostas. Na interpretação do texto, os alunos analisaram a veracidade da frase, que creditava as descobertas da eletricidade a uma única pessoa, fizeram menções a utilidade dos capacitores e puderam identificar em suas residências esse dispositivo nos aparelhos do seu convívio. O docente mediador, também, propôs uma atividade, onde os discentes reconheceram e explicaram, sem dificuldade, a função do capacitor na máquina de Wimshurst e na chuva elétrica de Kelvin. Na interação social envolvendo cenas da TV com socorro médico, os alunos associaram o eletróforo de Volta ao desfibrilador das ambulâncias e o capacitor como dispositivo capaz de armazenar cargas elétricas para dá os choques controlados com o desfibrilador em pessoas com problemas no coração. Esses fatos devem ter colaborado para os estudantes alcançar as respostas corretas nas perguntas elencadas abaixo. Na Figura 48, os pós-testes revelam uma boa noção dos estudantes com relação ao dispositivo elétrico estudado.

19. O dispositivo usado para armazenar cargas elétricas

- a) É o Capacitor
- b) A pilha
- c) A tomada

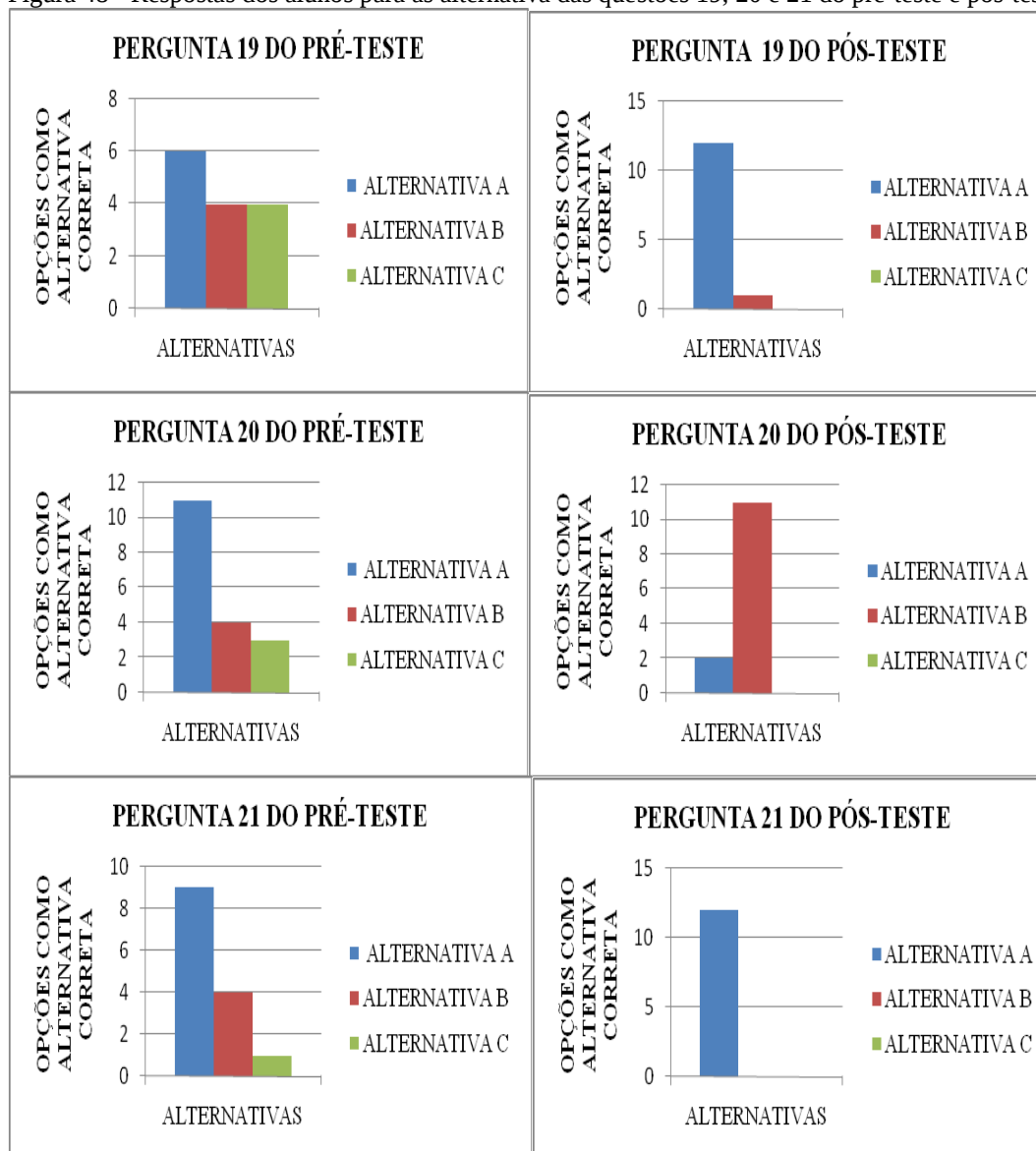
20. Após vencer o desafio de gerar cargas, agora era preciso armazená-la, nesse desafio surgiu

- a) A bateria
- b) A garrafa de Leiden
- c) A pilha

21. A ideia de provocar um choque controlado em pessoas com problemas no coração, levou os médicos a usar um aparelho denominado

- a) Desfibrilador
- b) Bateria
- c) Tomada

Figura 48 - Respostas dos alunos para as alternativa das questões 19, 20 e 21 do pré-teste e pós-teste.



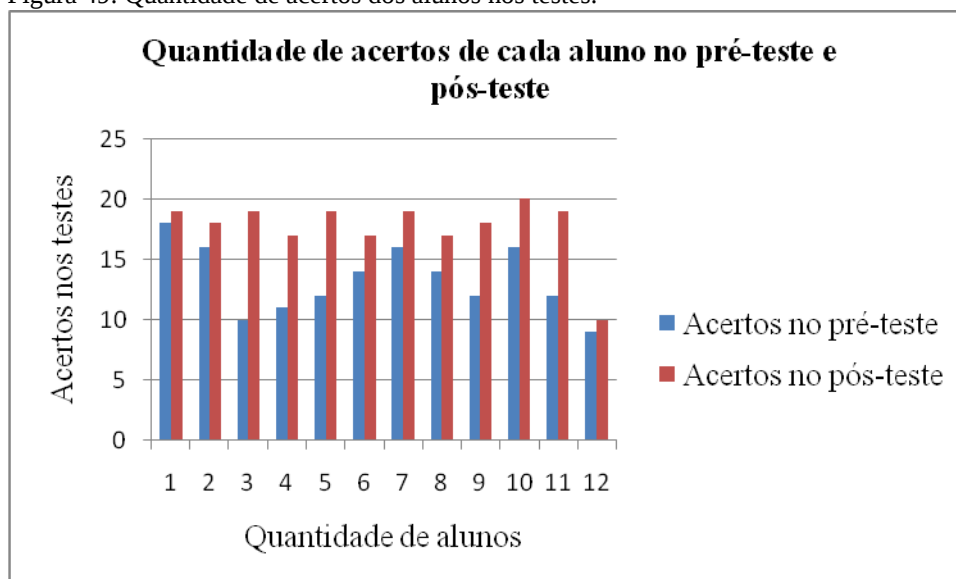
Fonte: Elaborada pelo autor.

4.2 – ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS OBTIDOS A PARTIR DO PRÉ-TESTE E DO PÓS-TESTE

Destacamos nesta parte os resultados obtidos do teste, que abordou os conhecimentos iniciais já concebidos pelos alunos sobre o tema da eletrostática. Durante a aplicação da proposta de ensino, este teste foi empregado nas oportunidades do primeiro e último dia de encontro. Sendo que, no dia do pré-teste participaram 14 alunos e no pós-teste compareceram 12 alunos, acabamos excluindo os dois alunos que não compareceram ao pós-teste. Para analisar cada item consideramos a contagem: 1 (um) para resposta correta e 0 (zero), para resposta incorreta. Os testes contêm, individualmente, 21 questões com três alternativas cada uma, para o aluno marcar verdadeiro ou falso, totalizando 63 itens para serem verificados e

assinalados. A Figura 49 apresenta a quantidade de acertos dos alunos no pré-teste e no pós-teste.

Figura 49: Quantidade de acertos dos alunos nos testes.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Conforme pode ser observado, os alunos obtiveram um resultado médio no pré-teste de $(13,33 \pm 2,77)$, ou seja, um erro relativo de 20,8%. Já no pós-teste, a média de acertos por questão apresentou os valores de $(17,67 \pm 2,60)$ com erro percentual relativo menor, cujo valor corresponde a 14,78%.

4.3 - ANÁLISE DA OPINIÃO DOS ALUNOS

Após a realização das atividades usamos o segundo questionário como forma de avaliar a aceitação e aplicabilidade desta proposta educacional, que transcorreu de maneira anônima para que os estudantes pudessem expor suas opiniões da forma livre de julgamentos. A tabela 3 mostra os resultados para o questionário de satisfação dos alunos

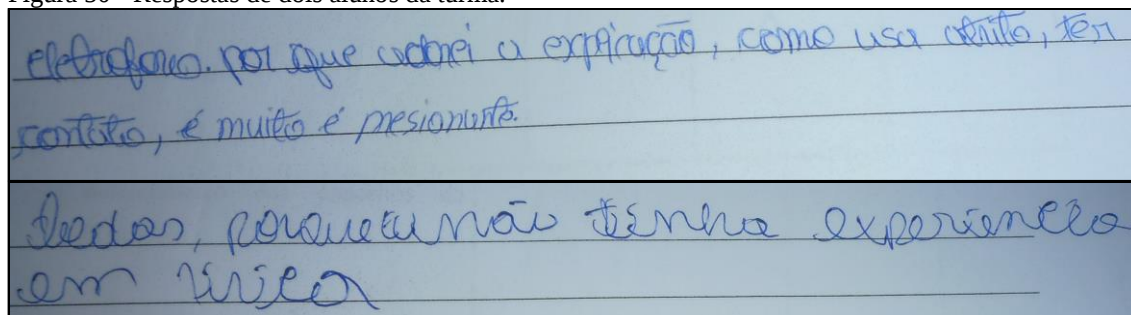
Tabela 3 - Algumas perguntas sobre a avaliação da proposta de ensino pelos alunos.

Opinião	 Concordo	 Concordo em parte	 Discordo
Afirmativa			
1. Gosta de realizar experimentos nas aulas de ciências com Física	11 (92%)	1 (8%)	0 (0%)
2. Considera interessantes as atividades experimentais realizadas nas aulas de Física.	11(92%)	1 (8%)	0 (0%)
3. Gostaria de continuar com aulas experimentais em outros assuntos da Física.	11(92%)	1 (8%)	0 (0%)
4. As aulas experimentais facilitam o entendimento dos conceitos da Física.	11(92%)	1 (8%)	0 (0%)
5. Atividades experimentais ajudam a relacionar o conteúdo da física com o nosso dia-dia.	10 (83%)	2 (17%)	0 (0%)
6. O trabalho em grupo melhora o relacionamento com os colegas.	10 (84%)	1 (8%)	1 (8%)
7. Trabalhar em grupo ajuda no entendimento do conteúdo.	9 (75%)	2 (17%)	1 (8%)

Fonte: Elaborada pelo autor.

Direcionamos aos alunos participantes uma pergunta aberta para que eles pudessem expressar e, também, justificar diante das atividades experimentais desenvolvidas qual (is) delas teria sido mais interessante. Os trechos abaixo mostram como dois alunos significaram suas participações nas atividades experimentais envolvendo o conteúdo da física apresentado nestas práticas, como pode ser visto na Figura 50.

Figura 50 - Respostas de dois alunos da turma.



Eletrômetro. Porque achei a explicação, como usa atrito, tem contato, é muito interessante. Todas porque eu não tinha experiência em física.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Percebemos nas respostas apresentadas, como as atividades com experimentos conquistaram e estimulam o interesse dos alunos da turma em participar das aulas formatadas em práticas experimentais. Isto, já tinha sido constatado no decorrer da aplicação do produto, quando no início de cada encontro os sujeitos participantes costumavam perguntar, se iria ter experimento, porque, gostavam da metodologia empregada nas atividades desenvolvidas com este formato. As palavras acima sinalizam que no trabalho realizado os alunos acreditam na física apresentada como um saber interessante, ao mesmo tempo, mostra que as atividades desenvolvidas apresentam o potencial de despertar o interesse e motivar os estudantes a aprender física praticando.

5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Iniciamos esta proposta educacional, focando nos estudantes que demonstram pouco interesse em aprender Física, assim como na tendência de exclusão da eletrostática dos conteúdos de Física do currículo do ensino médio e fundamental. Inserimos frente a esse contexto uma proposta de trabalho introduzindo conceitos específicos da eletrostática na oitava série do ensino fundamental para despertar o interesse dos alunos em estudar Física na disciplina de ciência aplicada neste nível de base.

O método empregado para instruir os conhecimentos físicos na oitava série do ensino fundamental mostrou ser bastante promissor se for aliado a uma proposta de atividade experimental, que envolva as concepções históricas ligadas ao surgimento da ciência, que no nosso caso, se fundamenta no surgimento da eletrostática. Através dessa proposta pedagógica pudemos desenvolver os conteúdos, favorecendo a contextualização, a compreensão e envolvimento dos alunos nas oficinas e questionários referentes ao tema estudado.

O eletróforo, a máquina de Wimshurst e a chuva elétrica de Kelvin representaram os produtos educacionais desta proposição educacional. Em seu desenvolvimento seguimos uma sequência didática capaz de motivar os alunos na aquisição dos conceitos científicos importantes na compreensão de diversos fenômenos ligados as suas questões de vida. Neste percurso, trabalhamos considerando os conhecimentos espontâneos dos discentes, promovendo o desenvolvimento da leitura de textos reflexivos e a elaboração de hipóteses considerando as interações sociais capazes de conduzir o aluno a elaborar seu próprio conhecimento.

Nas atividades realizadas, em cada experimento, foi possível envolver os alunos durante as montagens, mas sua concentração esteve sempre competindo com uma realidade de um ambiente externo conturbado pelo intenso barulho dos alunos do próprio ambiente escolar, do fluxo intenso dos carros na avenida próxima a escola e aspectos relacionados ao desconforto térmico típico da própria sala de aula e intenso barulho do ventilador.

Um aspecto relevante dessa proposta didática corresponde aos trabalhos em grupo. Nas atividades experimentais com alunos divididos em equipes foi possível evidenciar o compartilhamento de dúvidas. Destacamos dentro desse contexto as divergências dentro de um grupo capaz de chamar a atenção das demais equipes, como aquela atividade prática com o eletróforo em que os estudantes puderam associar o som da descarga elétrica do aparato a aparelhos elétricos do seu cotidiano, no mesmo experimento os alunos familiarizaram o capacitor e sua conexão com desfibrilador em situações para salvar vidas. Práticas assim

puderam gerar o confronto de concepções, aspecto fundamental no desenvolvimento cognitivo do aprendiz.

Durante o confronto de ideias a intervenção do professor (mestrando) como sujeito mais capaz, buscou estabelecer intervenções que permitiram os alunos compartilhar dos conceitos científicos corretos. Neste espaço de tempo, as discussões geradas deram condições do aluno pode participar ativamente da construção do seu próprio conhecimento.

A heterogeneidade dos grupos possibilitou interações estabelecendo situações bastante proveitosas, envolvendo aluno-aluno e professor-aluno, isso pode ser constatado em uma atividade abrangendo o fenômeno do estampido gerado pelo eletróforo durante a sua carga e descarga. A forma como prestaram atenção permitiu que fizessem analogias do som produzido pela descarga com outros similares ligados ao conhecimento cotidiano presentes em cercas elétrica, na raquete de matar mosquito e no acendimento elétrico dos fogões. Ações iguais a esta dão a possibilidade de inserir o estudante no discurso contemporâneo, impregnado de informações científicas e tecnológicas.

A experiência com o eletróforo promoveu uma associação, onde os sujeitos participantes puderam contextualizar a presença da carga elétrica a diversos aparelhos presentes nas suas questões vividas, além de motivar a compreensão dos fenômenos físicos, o recurso também foi capaz de conduzir a uma melhor compreensão dos mesmos.

A formação dos conceitos em nível formal do campo elétrico gerado pelo eletróforo foi fundamental no estabelecimento das concepções científicas ligadas ao para-raios e uso dos capacitores. O confronto das concepções espontâneas dos estudantes com fenômenos observados induziu os grupos a compartilhar os conhecimentos estudados possibilitando interações sociais, nas quais os demais colegas puderam dar suas opiniões.

A sequência didática apresentada para a turma da oitava série do ensino fundamental vislumbrou alcançar um melhor entendimento dos alunos com fenômenos físicos presentes no eletróforo, na máquina de Wimshurst e na chuva elétrica de Kelvin. Ao acrescentar textos com episódios da história de ciência nas atividades foi possível, desenvolver a competência na compreensão de textos pelos alunos e apresentar episódios históricos envolventes da inter-relação entre a ciência, tecnologia e sociedade. Dessa forma, o discente teve contato com os resultados das descobertas científicas conectadas com o contexto histórico e social da época.

Outro propósito desses objetos de estudo é a sua ligação com estabelecimento de situações capaz de levar o aluno a uma maior interação com o conteúdo apresentado, por meio deles o sujeito teve condições de compartilhar entre seus pares conceitos cientificamente corretos, notando como ele faz parte do seu dia-dia.

O auxílio da teoria de Vygotsky nas atividades guiou a organização dos alunos em grupos, este aspecto é essencial para desenvolver interações sociais entre os estudantes, permitindo as trocas dos conhecimentos ligados às situações vivenciadas. A progressão dos trabalhos concebeu situações de aprendizagem direcionadas para atingir o nível de desenvolvimento potencial. Então, a partir dos saberes já estabelecidos, no cognitivo dos alunos na faixa da oitava série do ensino fundamental, trabalhamos conceitos científicos atuando dentro da zona de desenvolvimento proximal, *ZDP*, do aprendiz com expectativas desses conhecimentos evoluírem acima dessa estrutura de conhecimento.

Ponderando os resultados obtidos, podemos considerar através da metodologia proposta um meio viável de construir os conceitos de eletrostática para os alunos da oitava série do ensino fundamental. Consideramos que desenvolvendo um suporte teórico, capaz de orientar o mecanismo de interação aluno-aluno e professor-aluno, podemos orientar o processo de ensino e aprendizagem dos conceitos abstratos da eletrostática.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSIS, A. K. T. **Os fundamentos experimentais e históricos da eletricidade**. São Paulo: Editora Livraria da Física 2011.

ASSIS, A, K, T. **Os fundamentos experimentais e históricos da eletricidade**. Montreal: Apeiron, Montreal, 2018. Disponível <<http://www.ifi.unicamp.br/~assis>>. Acesso em 23/05/2018.

BRASIL. **Senado Federal. Lei 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional**. Brasília: Senado Federal, 1996. Disponível <<http://portal.mec.gov.br/seed/arquivos/pdf/tvescola/leis/lein9394.pdf>>. Acesso em: 19 jun. 2018.

_____. **Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros curriculares nacionais: matemática**. Brasília: MEC/SEF, 1997. Disponível<<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro03.pdf>>. Acesso em: 19 jun. 2018.

_____. **Ministério da Educação e Cultura. Orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. V 2. Brasília: MEC, 2002. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2018.

Como fazer máquina de choques com forma de pizza. Disponível<https://www.youtube.com/watch?v=vklSPA4ay_4&t=92s>. Acesso em: 6/09/2018.

Como fazer uma máquina de choques caseira para feira de ciências. Disponível<<https://www.youtube.com/watch?v=Lxe4FAI-g6s&t=39s>>. Acesso em: 11/10/2018.

Construindo Eletroscópios de folhas. Disponível<<http://faiscas.com.br/eletrosc.html>>. Acesso em: 24/11/2017.

DA COSTA, M. P. F.; GUIMARÃES, H. P. **Ressuscitação cardiopulmonar – uma abordagem multidisciplinar**. São Paulo: Atheneu, 2006.

Detector de elétrons caseiro (eletroscópio – experiência de física). Disponível<<https://www.youtube.com/watch?v=qAsesJkyZ4Q>>. Acesso em: 6/09/2018.

Eletróforo de volta. Disponível. <[https://www.ifi.unicamp.br/~assis/Ana-Elitha-dos-Santos-Amaral\(2008\).pdf](https://www.ifi.unicamp.br/~assis/Ana-Elitha-dos-Santos-Amaral(2008).pdf)>. Acesso em: 26/02/2018.

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

O eletróforo de Volta. Disponível < <http://www.coe.ufrj.br/~acmq/eletroforo.html> >. Acesso em 01/03/2018.

GASPAR, A. **Experiências de ciências.** – 2. Ed. – São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.

MAIA, R. N. P. *et al.* **Aspectos da teoria de Vigotski no processo de medição de grandezas físicas na universidade.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 33, n. 3, p. 822-838, 2016.

Máquina de Wimshurst. Disponível <<http://faiscas.com.br/experimentos.html>>. Acesso em: 24/11/2017.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem.** São Paulo: EPU, 1999a. 195p.

_____. **Aprendizagem Significativa.** Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1999b. 130p.

MOREIRA, M. A. & MASSON, N. T. **Interfaces entre teorias de aprendizagem e ensino de ciências/física.** Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2015.

MONTEIRO, M. A. A. *et al.* **As atividades de demonstração e a teoria de Vigotski: um motor elétrico de fácil construção e de baixo custo.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 27, n. 2: p. 371-384, 2010.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de física básica.** V. 3. São Paulo: Edgard Blucher, 2009.

OSTERMANN, F. e Cavalcanti, C. J. H. **Teorias de Aprendizagem.** Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2010.

PEREIRA, A. P. de & JUNIOR, P. L. **Implicações da perspectiva de Wertsch para a interpretação da teoria de Vygotsky no ensino de Física.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 31, n. 3, p. 518-535, 2014.

PERUZZO, J. **A Física Através de Experimentos: Eletromagnetismo, Física Moderna e Ciências Espaciais.** V. III. Irani (SC): 2013.

Porta Pilhas Feito com Tampas de Refrigerante - Simples & Prático. Disponível < <https://www.youtube.com/watch?v=TOGL-393IHs> >. Acesso em: 31/08/2018.

REGO, T. C. **Vygotsky: uma perspectiva histórico-cultural da educação.** 25. ed. – Petrópolis, RJ: Vozes, 2014.

SERWAY, R. A.; JEWET J. J. W. **Princípios de física**. São Paulo: Cengage Learning, 2008. (Eletromagnetismo, 3).

SANTOS, C. A. **Energia e matéria: da fundamentação conceitual as aplicações tecnológicas**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2015.

SHIGEKIYO, C. T. *et al.* **Os alicerces da Física, 3: eletricidade**. – 14. ed. São Paulo: Saraiva, 2007.

SIAS, D. B. **A aquisição automática de dados proporcionando discussões conceituais na física térmica do ensino médio**. 2006. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Física. Disponível <https://www.if.ufrgs.br/public/tapf/reis_v25_n6.pdf>. Acesso em: 26/02/2018.

YOUNG, H. D. **Física III: eletromagnetismo**. São Paulo: Addison Wesley, 2009.

UNIVESP - Universidade Virtual do Estado de São Paulo. Licenciatura em Física. **Disciplina: Práticas para o Ensino de Física II – Fenômenos elétricos**. Disponível <<https://www.youtube.com/watch?v=MoUBOh17EvA>>. Acesso em 06/09/2018.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1998a.191 p.

_____ **Pensamento e linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 1998b.194 p.