O ENSINO DE ELETROSTÁTICA EM UMA PERSPECTIVA INVESTIGATIVA: ANALISANDO O PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DE CONHECIMENTO CIENTÍFICO DE ESTUDANTES DA 3ª SÉRIE DO ENSINO MÉDIO DO IFES CAMPUS LINHARES

Rovilson de Oliveira Mota

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

Orientador:
Dr. Geide Rosa Coelho

Vitória
Outubro, 2016

ROVILSON DE OLIVEIRA MOTA

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

Orientador:
Dr. Geide Rosa Coelho

Vitória
Outubro, 2016

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

Mota, Rovilson de Oliveira, 1977-
M917e O ensino de eletrostática em uma perspectiva investigativa analisando o processo de construção de conhecimento científico de estudantes do ensino médio do IFES campus Linhares / Rovilson de Oliveira Mota. – 2016.
132 f. : il.

Orientador: Geide Rosa Coelho.
Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Exatas.

1. Física - Estudo e ensino. 2. Eletrostática. 3. Aprendizagem. 4. Ciência - Estudo e ensino. I. Coelho, Geide Rosa. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Exatas. III. Título.

CDU: 53

MNPEF
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

" O ENSINO DE ELETROSTÁTICA EM UMA PERSPECTIVA INVESTIGATIVA: ANALISANDO O PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DE CONHECIMENTO CIENTÍFICO DE ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO DO IFES CAMPUS LINHARES"

Rovilson de Oliveira Mota

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Sociedade Brasileira de Física em parceria com a Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em 07 de Outubro de 2016.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Geide Rosa Coelho
(Orientador)
PPFEnFis/UFES

Prof. Dra. Simone Aparecida Fernandes Anastácio
(Membro Interno)
PPFEnFis/UFES

Prof. Dr. José Bohland Filho
(Membro Externo)
IFES

Obrigado por acreditarem em mim!

A minha esposa Mariana Frizera Borghi Mota, que me apoiou desde o início e sempre acreditou em meu potencial, aos meus pais Vera Lúcia e Afonso Cláudio, aos meus irmãos e Sogro e Sogra José Francisco e Maria Elizabeth e toda família com amor e gratidão.

AGRADECIMENTOS

Ao nosso DEUS, por tudo que fez por nós e pela Vida!

Agradeço ao meu orientador Professor Dr. Geide Rosa Coelho pela orientação, na qual tenho muita admiração. Pela paciência, confiança, oportunidade e dedicação para a minha formação acadêmica e profissional. Obrigado!

A todos os demais Professores do PPGEnFis, suas orientações e aulas que sempre farão diferença para seus orientandos.

A todos os amigos feitos nas turmas do PPGENFIS.

A todos aqueles, que não citei aqui e me ajudaram a alcançar mais este objetivo.

A Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) que me permitiu a elaboração deste trabalho.

Ao Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), Campus Linhares, que adequou os meus horários, permitindo meu estudo, e consentiu a elaboração deste trabalho no Campus.

A CAPES pelo apoio financeiro prestado através da bolsa.

Aos amigos do IFES campus Linhares.

Enfim, agradeço a todos que colaboraram para a elaboração deste trabalho.

“Ensinar é um exercício de imortalidade. De alguma forma continuamos a viver naqueles cujos olhos aprenderam a ver o mundo pela magia da nossa palavra. O professor, assim, não morre jamais”.

Rubem Alves

“A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original”.

Albert Einstein

RESUMO

O ENSINO DE ELETROSTÁTICA EM UMA PERSPECTIVA INVESTIGATIVA ANALISANDO O PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DE CONHECIMENTO CIENTÍFICO DE ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO DO IFES CAMPUS LINHARES

Rovilson de Oliveira Mota

Orientador:
Dr. Geide Rosa Coelho

Neste trabalho desenvolvi e validei uma sequência de ensino, assim como analisei as dimensões conceituais, atitudinais e procedimentais de estudantes da 3ª série do ensino médio em atividades educacionais desenvolvida com uma abordagem investigativa em eletrostática. O ensino por investigação proporcionou aos estudantes, em minhas investigações, posturas mais ativas no processo de ensino e aprendizagem e, por isso, contribuiu para o processo de inserção desses sujeitos na cultura científica escolar. Realizei, assim, uma pesquisa com uma abordagem qualitativa a partir do desenvolvimento de uma unidade de ensino investigativa com o tema eletrostática, sendo que neste estudo foram incluídas atividades experimentais sobre eletrostática. Com essas atividades experimentais possibilitamos aos alunos da 3ª série do ensino médio do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) – Campus Linhares, Espírito Santo (ES), a participarem do seu processo de aprendizagem, agindo, questionando, levantando hipóteses e testando-as através da interação com experimento numa tentativa de fazer com que atitudes mais críticas e reflexivas viessem à tona. Todo o processo de intervenção foi realizado no Laboratório do Campus com o desenvolvimento de 5 atividades com duração de 120 min. Para produção dos dados utilizamos filmagens, gravações em áudio e as respostas dos estudantes às atividades da unidade de ensino. Para análise das dimensões procedimentais e atitudinais utilizei a categorização produzida por Souza (2014) e para análise da dimensão conceitual busquei através das respostas dos alunos e das interações discursivas, os sentidos atribuídos pelos estudantes aos conceitos compartilhados em sala. Os resultados apontaram que a atividade investigativa, do modo como foi conduzida, possui potencial para desenvolver algumas dimensões conceituais, atitudinais e procedimentais como, por exemplo: Força elétrica, campo elétrico, trabalhar em grupo de forma colaborativa, buscar o diálogo entre os estudantes respeitando as diferenças, estruturar ideias por meio de desenho, linguagem escrita ou linguagem oral, e elaboração de hipóteses.

Palavras-chave: Ensino de física. Atividade investigativa. Blindagem eletrostática. Conceitos, atitudes e procedimentos.

Vitória

Outubro, 2016

ABSTRACT

THE TEACHING OF ELECTROSTATIC UNDER AN INVESTIGATIVE PERSPECTIVE THAT ANALYSES THE PROCESS OF SCIENTIFIC KNOWLEDGEMENT CONSTRUCTION OF THE STUDENTS FROM HIGH SCHOOL GRADE AT IFES LINHARES CAMPUS

Rovilson de Oliveira Mota

Supervisor:
Dr Geide Rosa Coelho

In this work, we developed and validated a teaching sequence, as well as we analysed the conceptual, attitudinal and procedural dimensions of students of the 3rd grade of high school during some educational activities developed with an investigative approach in electrostatics. Investigative teaching propitiated for the students, in my investigations, proactive attitudes in the teaching and learning process and therefore contributes for the insert of this individual into the scientific culture. This way, I realized a research with a qualitative approaching starting from the development of an investigative teaching material where the subject was electrostatics, which included experimental activities for this topic. These experimental activities were carried out by 3rd grade high school students from the Federal Institue of Espirito Santo (IFES, in Portuguese) – Linhares Campus, Espirito Santo (ES) – in order to aggregate their learning process by acting, questioning, formulating and testing hypothesis, while interacting with the experiments as an attempt of raising their critical and reflexive attitudes. This interaction was carried out in the Linhares campus laboratory and each of the 5 activities lasted 120 min. The data was collected using filming and audio recording equipment, and consisted of written responses from the students of that teaching unit. For analysis of the attitudinal and procedural dimensions I used the categorization procedures developed by Souza (2014) and for analysis of the conceptual dimension I used the student responses of the discursive interactions and of the meanings attributed by the students to the concepts shared in class. The results show that the investigative activities, as realized in this study, have the potential to develop conceptual, attitudinal and procedural dimensions such as collaborative teamwork, respect of the diversities through dialogue between students, idea structuring by the use of drawings, development of written and spoken language, and the creation of hypothesis.

Keywords: Physics teaching. Investigative activity. Electrostatic shield. Concepts, attitudes and procedures.

Vitória

Outubro, 2016

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 13

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 17

2.1 O ENSINO DE CIÊNCIA POR INVESTIGAÇÃO 17

2.1.1. O ensino de ciências por investigação: contexto histórico 19

2.1.2. Perspectivas atuais para o ensino por investigação: estabelecendo uma interlocução com as diretrizes curriculares nacionais 25

2.1.3. Ensino por investigação – interações possíveis na sala de aula e o papel do aluno e professor 26

2.2 APRENDIZAGEM NA PERSPECTIVA SÓCIOCULTURAL 28

2.2.1 A aquisição de atitudes e procedimentos em ciências 30

3. OBJETIVOS DA PESQUISA 32

3.1 OBJETIVO GERAL 32

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 32

4. METODOLOGIA 33

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO 33

4.2 CARACTERIZAÇÃO DA INSTITUIÇÃO E DOS SUJEITOS PARTICIPANTES DA PESQUISA 34

4.3 OS MATERIAIS CURRICULARES E SEUS USOS 35

4.4 CARACTERIZAÇÃO DA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA 36

4.5 MAPEAMENTO DO AMBIENTE E CONTEÚDO DE APRENDIZAGEM 41

4.6 COLETA DE DADOS 42

4.6.1. Dados utilizados para análise da aprendizagem conceitual 42

4.6.2. Dados utilizados para análise dos conteúdos procedimental e atitudinal 43

4.7 METODOLOGIA PARA ANALISE DE DADOS 44

4.7.1. Analisando a dimensão conceitual 44

4.7.2. Método de analise dos dados para investigar a aprendizagem procedimental e atitudinal... 45

5. ANÁLISE DOS DADOS 50

5.1 PROCESSO DA CONSTRUÇÃO DE CONCEITOS, ATITUDES E PROCEDIMENTOS.... 50

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....

7. APÊNDICES.....

Apêndice I .....

Apêndice II .....

1. INTRODUÇÃO

Em particular, motivar os alunos nas aulas de física não tem sido uma tarefa muito simples. No ano de 2016, eu[1] completo quatorze anos como professor deste domínio de conhecimento sendo que doze desses anos em turmas de pré-vestibular em escolas particulares do Estado do Espírito Santo. Nestes pré-vestibulares, eu possuía uma aula por semana em cada turma, na qual eu entrava em sala, lecionava de maneira expositiva tendo um único objetivo: de "passar" todo o conteúdo dos cronogramas de vestibulares. Não promovia debates, nem levantamento de hipóteses ou utilizava metodologias diferentes e tampouco considerava os conhecimentos cotidianos dos estudantes.

Nos dois últimos anos (desde 2015), atuo como professor de física no ensino público federal, no Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) – Campus Linhares, onde tenho três aulas de física por semana em cada turma, tenho menos alunos em sala e mais tempo para preparar as aulas. Nesse novo contexto percebo o quanto fui alheio aos problemas dos alunos, mas agora procuro fazer o melhor, nos moldes da minha formação continuada.

Nos anos em que atuei como professor de pré-vestibular, no início de cada ano letivo, percebia que os alunos, "ainda cheios de gás", pareciam motivados e interessados nas aulas, mas com o tempo e com as mesmas aulas expositivas, o desinteresse e as perguntas do tipo "onde e quando vou usar isso em minha vida?" iam se acumulando e gerando um total abatimento em relação às aulas de física. Agora, consigo compreender que esse tipo de pensamento dos alunos indicava que as aulas ministradas não estavam fazendo sentido algum, ou seja, para eles essas aulas poderiam trazer uma visão distorcida das ciências, oferecendo um conjunto de conteúdos muito fechados e que não resultam em produção significativa de conhecimento científico.

Isso me deixou muito desmotivado e por algumas vezes pensei em mudar de profissão, mas com a possibilidade na formação continuada com mestrado

---

[1] Professor autor dessa dissertação

profissional veio à motivação para melhora das minhas aulas, pois com aulas direcionadas a área de ensino de física, aprendi, por exemplo, a ouvir mais os alunos, gerar debates entre grupos, dentre outras dimensões que incorporei no meu fazer docente.

Pensando nesse contexto notei a necessidade de repensar as minhas práticas pedagógicas e atitudes para inserir os alunos na dinâmica da aula e melhor ensiná-los. Para tal fim, durante as minhas aulas no mestrado, um estudo me pareceu mais completo: O Ensino por Investigação (EI). Ao ler os livros de Antoni Zabala (1998), Pozo, Gomez - Crespo (2009) e artigos e livros da área como: Azevedo (2004) e Carvalho (2009) percebi, fazendo uma análise cuidadosa que as dimensões conceitual, atitudinal e procedimental nas aulas de física passam a ter propósitos mais concretos, quando são trabalhadas a partir de uma sequência de ensino e de atividades de caráter investigativo.

Nesse momento cabe apresentar a dimensão Conceitual (C) que se refere a um conjunto de fatos, objetos ou símbolos que possuem características comuns (o que se deve saber). A dimensão Procedimental (P) que o professor quer que o aluno aprenda a fazer: procedimentos, técnicas, métodos, conjunto de ações ordenadas para a realização de um objetivo (o que se deve saber fazer). Por fim, a dimensão Atitudinal (A) que refere-se a um conjunto de valores, atitudes e normas que regram a nossa vida na sociedade (como se deve ser), essas dimensões podem contribuir de forma significativa para o ensino e aprendizado em ciências. Segundo Pozo, Gomez- Crespo (2009) utilizar algum tipo de conhecimento científico requer dos alunos que adotem atitudes diferentes com respeito ao aprendizado e á ciência e que adquirem certos procedimentos efetivos para adotar essas atitudes e usar os conhecimentos conceituais adquiridos.

Baseando-se no exposto acima, sentimos a necessidade de pensar e repensar a escola e o currículo que reflete sua prática pedagógica, podendo deixar de lado os currículos engessados como descrita por Carvalho (2009, p. 2-3),

> Exige-se agora que o ensino consiga conjugar harmoniosamente a dimensão conceptual da aprendizagem disciplinar com a dimensão formativa e cultural. Propõe-se ensinar Ciências a partir do ensino sobre Ciências. O conteúdo curricular ganhou novas dimensões ao

> antigo entendimento do conceito do conteúdo. Passa a incluir, além da dimensão conceitual, as dimensões procedimentais e atitudinais.

Para deixar para trás esses currículos e buscar melhorias no ensino, desenvolvemos uma intervenção com alunos do ensino médio de uma escola pública federal mediante o desenvolvimento de uma unidade de ensino investigativa para construir o conhecimento de eletrostática. Para essa pesquisa, analisamos cinco atividades educacionais dessa unidade com intuito de compreender a aquisição de conceitos, procedimentos e desenvolvimento de atitudes de estudantes de ensino médio.

A perspectiva do Ensino por Investigação traz o professor como mediador de todo o processo educativo, pois é ele quem estimula a argumentação, que alterna o seu discurso com os dos estudantes, tendo o objetivo estimular nos alunos momentos de discussões, que levam à construção do seu conhecimento, tirando-os aluno da postura passiva e colocando-os como o agente construtores do conhecimento. Vieira (2012, p. 3), argumenta que “há uma tentativa de envolver os alunos cognitiva e afetivamente, sem lhes dar respostas prontas e prévias, sem conduções muito marcadas pela mão do professor”. Para tentar melhorar a qualidade das minhas aulas e diminuir a angústia de certos alunos em relação aos meus métodos de ensino, escolhi pesquisar a respeito do Ensino por Investigação, com ajuda de uma sequência didática que foi desenvolvida para trabalhar com atividades experimentais investigativas na tentativa de contribuir para o aprendizado dos estudantes em ciências e sobre aspectos da ciência.

Essas atividades investigativas sempre partem de uma situação problema, o que potencializa o estudante a desenvolver uma reflexão do fenômeno em estudo, o que proporciona aos alunos debates, elaboração de hipóteses (AZEVEDO, 2004). Além disso, a mediação feita pelo professor é fundamental, pois neste momento o aluno deixa a posição passiva e passa a ter uma posição central do processo de aprendizagem. Em nossa pesquisa, as atividades são feitas em grupos, permitindo aos integrantes emitirem um juízo sobre a conduta e seus sentidos, como: respeito, diferentes ideias, responsabilidades, compromissos, dentre outros (POZO, GOMEZ - CRESPO,

2009; ZABALA 1998). Os estudantes convivem com esses embates, podendo ser ou não conflitantes, o que leva a uma negociação de novos significados.

Na Universidade do Espírito Santo (UFES), com a aprovação no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física (PPGEnFis), pude realizar o curso de mestrado profissional no qual pesquisei sobre vários autores e após estudar várias dissertações de outros colegas tentei buscar entender como os alunos constroem o conhecimento científico e eu como mediador como analisar toda essa dimensão.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 O ENSINO DE CIÊNCIA POR INVESTIGAÇÃO

O que sustenta as aulas em um ambiente escolar são as aprendizagens que elas proporcionam. Nesse contexto, os professores, necessitam repensar a forma de abordagem de seus conteúdos, buscando estratégias que propiciem e favoreçam a autonomia e o protagonismo dos alunos, deixando de lado o ensino tradicional que é marcado com aulas expositivas, memorizações e reproduções de conceitos, sem a construção de significados por parte dos alunos.

O Ensino por Investigação (EI) traz o professor como mediador de todo o processo educacional, como quem promove a argumentação e o início de um discurso, mesmo não tendo uma unidade de definição e formato. Nesse contexto, o EI configura-se como uma importante estratégia para o ensino de ciências na medida em que fomenta a participação ativa do aluno no processo de produção de seu conhecimento.

O professor como mediador, nessa proposta, passa a motivar o aluno a investigar, evidenciar seus conhecimentos prévios, a levá-lo a conhecer uma nova linguagem, a promover informações que volte os seus olhares para o que é novo em seu cotidiano e a estimulá-los eles a se relacionarem, cada vez que possível, com o que estão aprendendo nas aulas. Segundo Mortimer e Scott (2002, p. 284),

> [...] o processo de aprendizagem não é visto como a substituição das velhas concepções, que o indivíduo já possui antes do processo de ensino, pelos novos conceitos científicos, mas como a negociação de novos significados num espaço comunicativo no qual há o encontro entre diferentes perspectivas culturais, num processo de crescimento mútuo. As interações discursivas são consideradas como constituintes do processo de construção de significados.

Nas salas de aula e nos laboratórios, o conhecimento científico é construído, pois nesses ambientes temos interações qualificadas entre professor e alunos e entre os próprios alunos, para o desenvolvimento da aprendizagem

(MORTIMER; SCOTT, 2002). Porém, ainda hoje, a maioria dos professores, inclusive eu, leciona de maneira tradicional, com aulas exclusivamente expositivas, seja por experiências estabelecidas durante a formação inicial e/ou continuada, por falta de recursos didáticos, econômicos, políticos, dentre outros. Nessa perspectiva tradicional de ensino, o professor é o transmissor do conhecimento ou do conteúdo a ser ministrado e o aluno mero receptor, deixado de lado o desenvolvimento do estudante. Diferentemente, o EI através de atividades com caráter investigativo possibilita o desenvolvimento da autonomia e da capacidade de tomar decisões, permite que os alunos tenham suas ideias iniciais, questionamentos, hipóteses, levantadas para a busca de soluções para os problemas. O aluno não pode ser um receptor de conteúdos e fórmulas que não trazem significados, pois isto tudo será somente uma informação momentânea. Segundo Azevedo (2004, p. 22),

> Utilizar atividades investigativas como ponto de partida para desenvolver a compreensão de conceitos é uma forma de levar o aluno a participar do seu processo de aprendizagem, sair de uma postura passiva e começar a perceber e agir sobre o seu objeto de estudo, relacionando o objeto com acontecimentos e buscando as causas dessa relação, procurando, portanto, uma explicação causal para o resultado de suas ações e/ou interações.

A partir das discussões apresentadas anteriormente, chamo a atenção para a necessidade de mudança seja nos currículos escolares, nos métodos de ensino/avaliação seja na formação de professores, pois no *Campus* onde leciono percebo muitos alunos reclamando dos professores, dos métodos de ensino, das avaliações, etc.

Fundamentamos nossa intervenção a partir dos referenciais de Azevedo (2004), Carvalho (2009; 2013) e Borges (2002), pois estes nos ajudam a compreender o ensino por investigação. Nos aproximamos dos pressupostos apresentados por Mortimer e Scott (2002) sobre o processo de aprendizagem, no qual eu e os alunos éramos os responsáveis pelo planejamento da investigação, refletindo sobre os problemas e buscando estratégias para resolvê-los. Como descrito por Carvalho (2004, p. 21),

> Para que uma atividade possa ser considerada uma atividade de investigação, a ação do aluno não deve se limitar apenas ao trabalho de manipulação ou observação, ela deve também conter características de um trabalho científico: o aluno deve refletir, discutir,

> explicar, relatar, o que dará ao seu trabalho as características de uma investigação científica.

Neste contexto, podemos destacar Azevedo (2004), que chama atenção para a possibilidade de existência de diferentes tipos de atividades investigativas e Sá *et. al* (2007) que afirmam que as atividades investigativas podem assumir diferentes configurações, sendo o debate e a argumentação dimensões fundamentais do processo educacional nessa perspectiva de ensino. Com essas atividades, os alunos são levados a ter uma atitude mais autônoma e o professor passa a ser o mediador de todo o processo educacional. Isso significa que é o professor quem estimula a argumentação e o início de um discurso, tendo como objetivo inserir os alunos em uma prática discursiva que os coloca como agentes construtores do conhecimento.

No Ensino por Investigação, base da minha dissertação, o aluno juntamente com o professor estrutura as etapas de resolução do problema, buscando evidências para sustentar as ideias, levantando hipóteses para explicar o fenômeno, elaborando conclusões, analisando os resultados e relatando seus resultados. Segundo Leite (2015, p.11),

> É necessária uma transformação no enfoque das situações de ensino-aprendizagem, uma vez que o professor e a escola devem ter como objetivo principal a formação de sujeitos críticos e reflexivos, sendo necessário, portanto, mudanças nas práticas pedagógicas. A mudança a qual nos referimos não é apenas de currículo, mas nas relações ocorridas no ambiente escolar, que devem promover uma educação reflexiva, questionadora e responsável perante o desenvolvimento social.

Vários fatores motivam essas mudanças de atitudes, um deles é o fraco resultado das avaliações dos estudantes brasileiros em eventos nacionais (IDEB e PAEBS).

2.1.1. O ensino de ciências por investigação: contexto histórico

Por volta de 1890, John Dewey destacava que o ensino de ciências era por demasiado expositivo sem a ação dos alunos, ressaltava a importância da experimentação nas construções científicas, assim como o valor formativo dos seus métodos.

Vieira (p. 22, 2012) relata discussões de John Dewey,

> [...] preocupavam com instituições sociais, principalmente a escola, que não acompanhavam as mudanças ocorridas nos Estados Unidos com o desenvolvimento econômico baseado somente nos interesses capitalistas, no início do século XX. Suas indagações eram fundamentadas em torno da educação escolar como possibilidade de construção de uma sociedade mais humana. Ele queria reconstruir a concepção do conhecimento vigente integrando-o aos objetos da ciência, chamando essa integração de experiência. Dessa forma, o que é importante para a vida humana, agora se torna importante para a ciência.

Inquiry como é conhecido o ensino por investigação nos Estados Unidos da América (EUA), sob forte influência de John Dewey, é tido como uma estratégia de ensino para que os alunos possam aprender com mais significado. John Dewey descreve pela primeira vez sobre *Inquiry* no livro *The Theory of Inquiry*, publicado em 1938 (ZÔMPERO; LABURU, 2011). Na literatura, encontram-se diferentes conceituações de *inquiry*, como: ensino por descoberta; aprendizagem por projetos; questionamentos; resolução de problemas, dentre outras. A perspectiva de ensino com base na investigação possibilita o aprimoramento de raciocínio e das habilidades cognitivas dos alunos, e também a cooperação entre eles, além de possibilitar que eles compreendam a natureza do trabalho científico.

Segundo John Dewey o ensino de ciências só enfatizava o acúmulo de informações completadas, sem levar o estudante a entender a ciência como uma ferramenta que ajuda a transformar pensamentos (RODRIGUES; BORGES, 2008), sustentando que a ciência é mais que um corpo de conhecimento a ser estudado e que sofre influência das relações entre ciência e sociedade (DEWEY, 1959). Destacava a ideia que os alunos deveriam ser pensadores ativos na construção do ensino e não apenas decorarem o conteúdo, sem utilizarem seu raciocínio. Comenta sobre os principais estágios do método científico como sendo a indução, a dedução, a lógica matemática e articula os objetivos do ensino por investigação para desenvolver o pensamento e a razão (RODRIGUES; BORGES, 2008). O método seria um modelo eficaz para utilizar as experiências dos estudantes que consistia em:

- ✓ Definição do problema;
- ✓ Sugestão de uma solução (Formulação de hipóteses);
- ✓ Coleta de dados durante o experimento;

- ✓ Formulação de conclusões.

Na segunda metade do século XIX, a ciência era apontada como uma disciplina importante para a formação dos indivíduos e era diferenciada das demais. Zômpero e Laburú (2011) destacaram que, nesse período, a prática experimental ganhou ênfase no ensino de ciências, sendo defendida também pelo cientista e filósofo Herbert Spencer, que descreve que as atividades de laboratório fornecem informações claras e precisas sobre a natureza, não encontradas nos livros. No período de 1920, os objetivos da educação científica eram voltados principalmente para desenvolvimento individual dos alunos, ajudando a formar cidadãos capazes de elaborar conclusões a partir de evidências, tornando-o ativo no processo de ensino e aprendizagem. Assim, surgiu o movimento progressista que descrevia o ensino baseado no cotidiano do aluno, na atividade que agrupa a teoria à prática. Esse movimento destaca a importância das interações socioculturais na aprendizagem, ideia está também defendida por Vigotski. A educação científica teve seus olhares voltados para esses valores sociais, no qual segundo John Dewey o ensino servia para preparar os alunos para a vida (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011).

John Dewey afirmava que a ciência era constituída tanto por estruturas conceituais, quanto por procedimentos que foram construídos e revisados ao longo da história (SÁ, 2009). Segundo Rodrigues e Borges (2008, p. 6),

> Desta forma, o estilo de ensino por investigação era agora visto como uma forma de desenvolver as habilidades de resolução de problemas específicos, mas de significância social ao invés de uma forma de disciplinar o raciocínio indutivo. Preparar os estudantes para a vida em uma democracia implica que a educação precisa fornecer as habilidades e a disposição para formular questões significativas e importantes para eles, e uma vez que existe um aspecto colaborativo na sociedade democrática, os estudantes também precisam desenvolver a capacidade de investigar de forma cooperada.

As ideias de John Dewey, apesar de inovadoras para educação, inicialmente não foram implementadas no sistema educacional norte americano, devido à oposição do modelo econômico da época. Somente ao longo do século XX elas começaram a se difundir nos EUA e em outros países. Contudo, com o surgimento de novos departamentos de pesquisas em ciências e com a formação de professores, engenheiros, e também o constante aumento de

cientistas, um movimento adverso na educação argumentava que o ensino de ciências estava perdendo o seu rigor acadêmico, pois estava muito centrado no aluno e que esse rigor era necessário para o desenvolvimento intelectual dos alunos (DEBOER, 2006).

Em 1957, surge um afrontamento aos americanos, os Russos lançam um satélite (Sputnik) ao espaço antes, que segundo Barrow (2006), leva o EUA a questionarem a forma e a qualidade de ensino promovido pelos professores de ciências e, é claro, os currículos aplicados nas escolas. Logo, com objetivo de fazer com que os alunos pudessem pensar como cientistas, houve alteração nos currículos de ciências, articulado pelo biólogo Josef Schwab. Destacando, portanto, as habilidades individuais dos alunos, como observação, inferência, entre outras.

Alguns anos depois, o ensino de ciências outra vez é reformulado na perspectiva investigativa e social, visando também o desenvolvimento científico e tecnológico. Nessa visão, o ensino por investigação orientava os estudantes a pesquisar em problemas sociais de forma geral. E para analisar a educação científica nos EUA, a empresa americana *National Science Foundation* (NSF) financiou um projeto de pesquisa que mostrou que os professores têm muita dificuldade em trabalhar com o ensino por investigação devido à vários fatores semelhantes aos encontrados por professores no Brasil (RODRIGUES; BORGES, 2008). Em uma tentativa de elucidar o que os alunos deveriam saber para se tornarem cientificamente alfabetizados, surgi em 1989 do documento Project 2061 - *Science For All Americans* (AAAS, 1989). No qual recomendava que “ensino de ciências deveria ser consistente com a natureza da investigação cientifica e que os estudantes deveriam estar a par das coisas ao seu redor” (Rodrigues; Borges, 2008).

Com mesmo pensamento, a *National Research Council* (NRC) colaborou com a definição de alfabetização científica através da publicação do *National Science Education Standards* (NRC, 1996). Nessa perspectiva, os estudantes deveriam ser capazes de:

- ✓ Experimentarem a riqueza e o entusiasmo de quem compreende o mundo natural;
- ✓ Utilizarem processos e princípios científicos apropriados para tomar decisões particulares;
- ✓ Engajarem de forma inteligente em discussões e debates que envolvam temas que dizem respeito à ciência e à tecnologia;
- ✓ Aumentarem a produtividade econômica utilizando conhecimento, compreensão e habilidades que uma pessoa letrada cientificamente possui em sua carreira (RODRIGUES; BORGES, 2008).

Com o tempo e novas perspectivas, surgiram nos EUA outros documentos como “Investigação e os Parâmetros Curriculares Nacionais de Ciências: Um Guia para Ensino e Aprendizagem” (*Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning*) com intenção de melhorar o ensino de ciências.

Segundo Sá (2009, p. 19), no Brasil, os reflexos foram sentidos já em 1961 quando foi sancionada a Lei de Diretrizes e Bases (LDB) da Educação, Lei 4.024, de 21 de dezembro de 1961, que propunha alterações nas recomendações sobre os conteúdos programáticos de cada disciplina. Enquanto as reformas anteriores, a partir da Reforma Francisco Campos, de 1931, prescreviam detalhadamente o conteúdo programático de cada disciplina, a nova LDB conferiu maior liberdade às escolas no estabelecimento dos programas. Cada Estado da Federação assumiu parte da responsabilidade pela normatização do ensino.

Aconteceram também às reformas curriculares no ensino de ciências, devido à sociedade brasileira passar por um momento histórico de escassez, no qual havia a necessidade de matéria prima e produtos industrializados que faltavam no momento e se não bastasse estava ocorrendo a segunda guerra mundial. Isso significa que o Brasil dependia de um progresso nas ciências e na tecnologia e para isso, uma mudança curricular no ensino de ciência, pois assim, os jovens seriam preparados para suprir a demanda de novos pesquisadores e consequentemente impulsionar o desenvolvimento científico no país (KRASILCHIK, 2000). Com o objetivo de potencializar a investigação

científica no Brasil foi desenvolvido um projeto no Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura, o IBECC, no qual foram traduzidos materiais didáticos produzidos pelos EUA e Inglaterra. Segundo Barra e Lorenz (1986, p. 1982),

> [...]embora muito se tenha feito em termos de tradução e divulgação dos novos materiais, bem como de treinamento de professores para a sua utilização, no que se refere especificamente à melhoria da aprendizagem, os resultados demonstram que, em geral, os mesmos ficaram aquém do esperado [...] a falta de recursos das escolas, aliada ao despreparo dos professores, dificultou a utilização, em larga escala, dos novos materiais didáticos.

A Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) participou desse processo por meio do seu antigo Colégio de Aplicação da Faculdade de Filosofia de Minas Gerais, atual Colégio Técnico da UFMG – Coltec, enviando professores para fazerem cursos na Inglaterra. O papel do IBECC, descrito por Barra e Lorenz (1986), era promover melhorias na formação dos alunos que ingressariam no ensino superior de ciência. Para que isso ocorresse de forma concreta e sólida o IBECC formulou projetos para melhoria no ensino de ciências de escolas de nível básico tendo como ponto principal o desenvolvimento de investigações científicas pelos alunos através de procedimentos experimentais em sala. Assim, o IBECC passou a produzir kits de química para realizações de experimentos que foram comprados pelo ministério da educação e distribuídos nas escolas. Posteriormente, instituiu um projeto chamado “Iniciação Científica”, que passou a produzir kits para complementar o ensino de química, biologia e física. Essa crescente mobilização científica no Brasil devido à iniciativa do IBECC buscava o desenvolvimento do ensino de ciências e vinha de encontro com a crescente valorização da ciência e da tecnologia no cenário internacional. Segundo Krasilchik, (2000, p.85),

> Na medida em que a Ciência e a Tecnologia foram reconhecidas como essenciais no desenvolvimento econômico, cultural e social, o ensino das Ciências em todos os níveis foi também crescendo de importância, sendo objeto de inúmeros movimentos de transformação do ensino, podendo servir de ilustração para tentativas e efeitos das reformas educacionais.

Portanto, a abordagem do ensino por investigação é bem consolidada nos Estados Unidos e até mesmo na Europa, no Brasil ela tem se desenvolvido

lentamente e ainda não se encontra bem estabelecida. Isto pode ser decorrente do fato de que a abordagem de ensino que envolve atividades investigativas só aparece nos Parâmetros Curriculares Nacionais de 1997 (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011).

2.1.2. Perspectivas atuais para o ensino por investigação: estabelecendo uma interlocução com as diretrizes curriculares nacionais

Vários aspectos sobre a natureza da ciência como: aprender ciências, aprender sobre ciência, dentre outros, fazem avaliações sobre a ciência dentro do ensino, pois as visões atuais de ensinar ciência por investigação buscam compreender a natureza da investigação científica dentro de outros contextos (TRÓPIA, 2009). Segundo Sandoval (2005, p. 638),

> [...] em sociedades democráticas contemporâneas, os cidadãos necessitam compreender a natureza do conhecimento e da prática científica a fim de participar eficazmente em decisões políticas e interpretar o significado das novas implicações científicas em suas vidas. [...] É preciso que os cidadãos compreendam a ciência, seus poderes e limites, não porque isso é bom para a ciência, mas porque isso é crucial para a democracia.

Por isso, a inserção do aluno no mundo científico é um desafio para todos, tornando-o familiarizado com o ambiente científico, linguagem científica, ou seja, abrindo sua mente para compreender esse mundo tão fascinante. Para Carvalho; Sasseron (2011) o processo de “enculturação científica” (entendimento das relações existentes entre ciência e sociedade, a compreensão da natureza da ciência e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática) dos alunos, deve ser vista como um dos objetivos da educação científica. Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) (BRASIL, 1998) e PCN+ do Ensino Médio (BRASIL, 2002) sugerem um conjunto de competências a serem alcançadas para a área das ciências, no qual a física deve apresentar-se como um conjunto de competências específicas que permite perceber e lidar com fenômenos naturais presentes no cotidiano que estão relacionadas às três grandes competências (i) representação e comunicação; (ii) investigação e compreensão; (iii) contextualização sociocultural. A Base Nacional Curricular Comum (BNCC), embora com muitas *críticas*, sobretudo à presença, à ausência ou o excesso de conteúdos da

proposta curricular, apresenta processos de investigação como um dos eixos de formação dos estudantes no processo de enculturação científica. Outro avanço é o diálogo com políticas públicas anteriores como: PCN e PCN+, não esquecendo sua grande influência com agentes privados em sua construção, chamados de “parceiros” pelos agentes públicos (está a serviço das grandes empresas). Como descrito por Freitas (2016) “Tratam-se de instituições financeiras, empresas, fundações e instituições filantrópicas, geralmente financiadas pelo deslocamento de impostos de grandes corporações”. Sem contar que não respeita a diversidade é uniformizadora.

Em relação ao tema de Física abordado nessa pesquisa (tratando-se de base curricular) a eletrostática é fundamental para o desenvolvimento da aprendizagem e desenvolvimento da eletrodinâmica e do eletromagnetismo, assim como para compreensão de equipamentos elétricos como motores e dentre outras possibilidades são processos contínuos que se referem a mudanças que se dão ao longo da vida, integrando aspectos físicos, emocionais, afetivos e sociais. Ficando claro, acima, que as políticas públicas colaboram para a melhorias na educação.

2.1.3. Ensino por investigação – interações possíveis na sala de aula e o papel do aluno e professor

Hoje encontramos vários estudos direcionados à dimensão afetiva do comportamento humano com abordagens que dão destaque às interações sociais, destacando-se o papel determinante do outro no desenvolvimento e na constituição do indivíduo, por exemplo, o professor e o aluno (LEITE; TASSONI, 2002). No caso professor e aluno ou aluno e aluno, e esses com os objetos de aprendizagem, temos que potencializar um ambiente propício as interações sociais na sala de aula, na tentativa de constituir um ambiente dinâmico, dialógico e alternativo (SOUZA; SASSERON, 2012). Segundo Daher (2008, p.3),

> No convívio social, a aquisição de conhecimento, apesar de constante, é incompleta em formar o indivíduo para vivência em sociedade. Ela é complementada pelo processo de ensino e

> aprendizagem desenvolvido no convívio escolar. Sendo assim, professor é o agente de fomento da busca pelo conhecimento a ser desenvolvido no aluno, e assim feito, só depende do próprio aluno para que o processo de aprendizagem seja realizado com sucesso.

No decorrer do meu trabalho, fui observando e procurando compreender o significado do propósito de ensinar física por investigação, mas estava muito enganado, pois ensinar física por investigação não significava lançar uma atividade sem entender o que de fato é a atividade; e, colocar os estudantes para investigar sua solução, sem considerar as rotinas desenvolvidas pelo professor/aluno nessa perspectiva de ensino. Com as leituras de alguns artigos pude perceber a importância dess abordagem e pude compreender que uma atividade investigativa parte de uma situação-problema e sua aplicação em sala de aula está atrelada a uma mudança de rotina do professor e do aluno.

No Brasil e, principalmente no Espírito Santo (ES), o ensino por investigação é relativamente pouco discutido (MUNFORD; LIMA, 2007). Para a compreensão da abordagem investigativa estudamos as propostas trazidas por: Azevedo (2004), Borges (2002), Carvalho (2006), Munford; Lima (2007), dentre outros, pois defendem a ideia de que o ensino por investigação inclui atividades assumidas como problemas.

Segundo Azevedo (2004, p. 21-22).

> Só haverá a aprendizagem e o desenvolvimento desses conteúdos envolvendo a ação e o aprendizado de procedimentos se houver a ação do estudante durante a resolução de problemas: diante de um problema colocado pelo professor, o aluno deve refletir, buscar explicações e participar com mais ou menos intensidade das etapas de um processo que leve à resolução do problema proposto, enquanto o professor muda sua postura, deixando de agir como transmissor do conhecimento, passando a agir como um guia.

Não é fácil para o professor nem para o aluno essa tomada de consciência de suas ações, manipulativa para intelectual, pois conduzir o aluno em sala não é uma tarefa muito fácil. Seria muito mais simples lançar logo o conteúdo de forma expositiva e pronto.

Nessa mudança de atitude o aluno vai atuar como investigador vai levantar suas hipóteses, coletar seus dados, organizar sua análise, elaborar suas conclusões fundamentado em seu trabalho investigativo.

Segundo Zabala (1998, p. 208),

> O papel ativo e protagonista do aluno não se contrapõe à necessidade de um papel igualmente ativo por parte do educador. É ele quem dispõe as condições para que a construção que o aluno faz seja mais ampla ou mais restrita, se oriente num sentido ou noutro.

Atualmente, no estado do ES e em boa parte do Brasil com o MNPEF, o Ensino por Investigação tem sido difundido. Na Pós-Graduação em Ensino de Física da UFES (PPGnFis) tem gerado artigos e dissertações com essa temática como: (i) A construção de conhecimentos científicos nas aulas de física utilizando atividades investigativas de João Mauro da Silva Junior (2015), (ii) O ensino de eletrodinâmica em uma perspectiva investigativa: analisando os desdobramentos sobre a aprendizagem de estudantes de Domingos Rodrigues Souza Junior (2014) e (iv) Uma intervenção educacional com enfoque no ensino por investigação: Abordando as temáticas termodinâmica e óptica de Rosa Maria Ambrozio (2014). Esses trabalhos contribuíram para a realização dessa dissertação e colaboram para as melhorias na minha formação continuada.

2.2 APRENDIZAGEM NA PERSPECTIVA SOCIOCULTURAL

Para compreender o processo de aprendizagem que ocorre entre aluno/aluno e aluno/professor com os objetos de aprendizagem e com a experiência do professor apresento a citação de Driver et. al (1999, p. 34)

> O conhecimento e o entendimento, inclusive o entendimento científico, são construídos quando os indivíduos se engajam socialmente em conversações e atividades sobre problemas e tarefas comuns. Conferir significado é, portanto, um processo dialógico que envolve pessoas em conversação e a aprendizagem é vista como o processo pelo qual os indivíduos são introduzidos em uma cultura por seus membros mais experientes. À medida que isso acontece, eles ‘apropriam-se’ das ferramentas culturais por meio de seu envolvimento nas atividades dessa cultura.

Pois, uma pessoa mais experiente pode contribuir com os menos experientes a estruturar suas ideias, tornando possível que essa pessoa desempenhe um papel melhor em sua sociedade. “Quem aprende precisa ter acesso não apenas às experiências físicas, mas também aos conceitos e modelos da ciência convencional” (DRIVER *et. al*, 1999).

Portanto, o aprendizado em sala passa a ser um artifício dialógico em que o aluno negocia significados, interações com os outros alunos, com o professor, e com os objetos de aprendizagem (OSTERMANN; CAVALCANTE, 2010). Isso pode ser melhor compreendido a partir dos estudos desenvolvidos por Vigotski assim como aponta Carvalho (2013) que afirma que as mais elevadas funções mentais do indivíduo emergem de processos sociais. Segundo Duarte (2000, p. 106),

> [...] a análise do desenvolvimento da criança precisa, portanto, partir do mais desenvolvido para o menos desenvolvido. Poderíamos afirmar que o adulto desenvolvido é a chave para a compreensão do desenvolvimento infantil. Mas também não podemos esquecer que esse desenvolvimento infantil se dá pela interação com o adulto já desenvolvido. Isso diferencia a ontogênese da filogênese, pois o desenvolvimento histórico do gênero humano partiu de si mesmo e não da interação com uma forma mais evoluída de ser.

Na perspectiva sociocultural podemos dizer que a aprendizagem e o desenvolvimento do aluno também estão conectados pelo fato de vivermos em meio social, ou seja, os processos caminham juntos mesmo que de forma paralelo. Podemos entender melhor quando nos remetemos aos conceitos de zona de desenvolvimento, pois o aprendizado deve ser combinado de alguma maneira por ao menos dois níveis de desenvolvimento, que segundo Vigotski (1991, p. 57 e 58) são:

> [...] zona de desenvolvimento real, isto é, o nível de desenvolvimento das funções mentais da criança que se estabeleceram como resultado de certos ciclos de desenvolvimento já completados.
>
> [...] zona de desenvolvimento proximal...é a distância entre o nível de desenvolvimento real, que se costuma determinar através da solução independente de problemas, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da solução de problemas sob a orientação de um adulto ou em colaboração com companheiros mais capazes.

Portanto, optamos, em nosso trabalho, por atividades em grupo com objetivo muito específico, fazer com que os alunos venham construir o conhecimento durante as intervenções, pois em grupo e atuando na zona de desenvolvimento proximal potencializamos aos alunos a troca de experiência, internalização de símbolos, o engajamento cognitivo, levantamento de hipótese, debates e discussões, estabelecimento de analogias, concordância, oposição e outras experiências (CARVALHO, 2013).

2.2.1 A aquisição de atitudes e procedimentos em ciências

A perspectiva sociocultural que temos defendido em nosso trabalho nos diz que aprender ciências representa a inserção dos estudantes em uma nova forma de pensar típico da cultura científica escolar (DRIVER *et.al*, 1999). Para essa inserção é importante que os estudantes se apropriem, dessa cultura, por meio da linguagem, dos conceitos, representações, atitudes e procedimentos dessa cultura.

Os conteúdos atitudinais e procedimentais têm sido objeto de ensino e das práticas avaliativas de alguns professores, como podemos destacar nos trabalhos de João Mauro da Silva Junior (2015) (A construção de conhecimentos científicos nas aulas de física utilizando atividades investigativas), Domingos Rodrigues Souza Junior (2014) (O ensino de eletrodinâmica em uma perspectiva investigativa: analisando os desdobramentos sobre a aprendizagem de estudantes), mas não constitui uma prática corriqueira. Vale ressaltar que essas atitudes sempre estiveram presentes nos currículos escolares, entretanto, não de um modo explícito. Se as atitudes não tiveram um papel central nos currículos de ciência, os procedimentos também não foram seu objetivo principal, pois a dimensão mais evidenciada no contexto escolar é a do conhecimento conceitual, como se o procedimento desempenhasse um papel secundário, acompanhando e facilitando as aprendizagens conceituais (POZO, GOMEZ - CRESPO, 2009).

Os procedimentos, segundo Zabala (1998) se destacam em estratégias, destrezas, técnicas e habilidades que se relacionam com um conjunto de etapas ou regras a serem seguidas para realização, por exemplo, de uma atividade, levando o aluno a pensar e fazer coisas que vão além de uma atividade proposta. Para ampliar a discussão sobre a aprendizagem em ciências estabelecemos a partir de Mortimer e Scott que esse “processo de aprendizagem não é visto como a substituição das velhas concepções, que o indivíduo já possui, pelos novos conceitos científicos, mas uma a negociação de novos significados” (MORTIMER; SCOTT, 2002, p.284). A formação de conceitos científicos, segundo envolve uma ação consciente do sujeito, que

deve dominar seu conteúdo ao nível de sua definição e de suas relações conceituais.

A aprendizagem de procedimentos e atitudes, dentro do processo de ensino, se torna tão importante quanto à de conceitos. E só haverá a aprendizagem e o desenvolvimento desses conteúdos, envolvendo a ação e a aprendizagem de procedimentos, se houver a ação do estudante (como: o saber ser, saber fazer...) durante a resolução de um problema (AZEVEDO, 2004).

Portanto, o processo de ensino e aprendizagem passa pela dimensão dialógica em que estudantes e professores negociam significados por meio da linguagem, a partir das interações estabelecidas no plano social da sala de aula entre os sujeitos e os objetos de aprendizagem típicos de uma determinada cultura (OSTERMANN; CAVALCANTE, 2010). Isso significa dizer que se aprende na correspondência e na internalização de formas, conceitos, atitudes e procedimentos culturalmente constituídos na cultura científica escolar. Compreendemos também que, nesse processo de negociação, não devemos esperar que os estudantes substituam as concepções alternativas quando posto diante do conceito científico, pois cada um desses conceitos tem sua própria gênese, o que ocorre muitas vezes é uma hibridização entre o discurso científico e cotidiano (CREPALDE, AGUIAR JR., 2013). Segundo esses autores, essa hibridização é o esforço que os sujeitos empreendem para que os enunciados abstratos da ciência tenham sentido social e pessoal relevantes.

Ao assumirmos os pressupostos do ensino por investigação como a abordagem de ensino, consideramos que as atividades proporcionam não somente a aprendizagem de conceitos, mas também o desenvolvimento de atitudes e aquisição de procedimentos proporcionando ao aluno a apropriação de conteúdos típicos da cultura científica escolar. Queremos dizer com isso que as atividades investigativas estimulam o desenvolvimento do pensamento crítico e reflexivo dos estudantes, provocam a argumentação, a socialização de ideias e conhecimentos na sala de aula concebendo, aos sujeitos inseridos nessa prática, experiências genuínas de produção de conhecimento (MUNFORD; LIMA, 2007).

3. OBJETIVOS DA PESQUISA

3.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver e validar uma sequência de ensino investigativa com abordagem em eletrostática.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Compreender como os conceitos de eletrostática dos estudantes são estruturados a partir dos conhecimentos compartilhados na sala de aula;

Analisar a aquisição de atitudes e procedimentos de estudante ao longo da intervenção.

4. METODOLOGIA

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO

A pesquisa[2] pode ser considerada um conjunto de ações que visam a descoberta de novos conhecimentos e tem como objetivo produzir conhecimento para uma disciplina acadêmica, contribuindo para o avanço da ciência e para o desenvolvimento social. *Perquirere* é a palavra que provém do latim para o termo pesquisa, que significa “perseverança”. Ela pode ser compreendida como habilidade de elaboração própria, capacidade de questionamento ou diálogo (DEMO,1991).

A pesquisa de cunho qualitativo começa a ter força e vem se mostrando promissora com uma abordagem investigativa a partir de 1980, pois iniciam novas metodologias nas pesquisas sociais (WARDE, 1990). Até 1970 a pesquisa era voltada para dados estatísticos que analisavam a evasão, não se preocupavam ou refletia-se sobre as causas do fracasso escolar (MACHADO, 2010). Em nossa pesquisa abordamos a forma qualitativa, pois queremos compreender, buscar explicações, valores e significados num meio social, com finalidade de superar a ideia de ciência pronta e inquestionável (SCARPA; MARANDINO, 1999). Como a participação dos alunos e do professor é fundamental nesse tipo de pesquisa, os dados são obtidos mediante a observação e o contato direto e interativo com a situação objeto de estudo. Segundo (SATO, 2008, p. 171),

> A forma de aproximação dos “pesquisadores profissionais” com o coletivo e o trabalho realizado deixam entrever que o processo de desenvolvimento da “pesquisa-intervenção” é o resultado de um processo de negociação entre os envolvidos e que depende das circunstâncias presentes.

---

[2] Segundo a definição de Richardson (1989, p. 70) “método em pesquisa significa escolha de procedimentos sistemáticos para a descrição e explicação dos fenômenos”. Assim, o trabalho de pesquisa deve ser elaborado de acordo com normas requeridas por cada método de investigação.

A negociação pode acontecer em qualquer instante ou em uma pequena observação, a partir do momento em que entramos no contexto no qual se dá a pesquisa, suas perguntas e propostas já constitui uma intervenção no contexto, em termos, culturais e psicossociais: a dimensão cultural e a singularidade das trajetórias das instituições e organizações coletivas estão fortemente presentes. Portanto a inteiração entre os sujeitos da pesquisa é fundamental (SATO, 2008, p.173).

O desenho do nosso ambiente de aprendizagem no Instituto foi elaborado de acordo com as atividades investigativas e com o número de alunos, para posteriormente analisarmos as contribuições do ambiente que favorece o conhecimento científico.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DA INSTITUIÇÃO E DOS SUJEITOS PARTICIPANTES DA PESQUISA

A pesquisa intervenção foi desenvolvida no IFES, Campus Linhares (Figura 1), situado na Avenida Filogônio Peixoto nº 2220, Bairro Aviso, Linhares, Espírito Santo, Brasil e contou com a participação de quatro turmas da terceira série do ensino médio, do ano letivo de 2016, duas do turno matutino e duas do turno vespertino totalizando 112 estudantes.

Figura 1. Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), Campus Linhares, ES, Brasil

Os alunos tiveram suas identidades preservadas, não sendo divulgada nenhuma informação. A pesquisa teve autorização dos alunos a partir das assinaturas do Termo de Consentimento e Esclarecimento, que se encontra no Apêndice I dessa dissertação. Esta pesquisa foi realizada respeitando o

programa de conteúdos que seguem as orientações, conteúdos e atividades previstas no Programa Pedagógico de Curso (PPC) da Instituição.

O Campus oferece dois cursos de formação técnica de nível médio: Administração (ADM), ligada à área de humanas, e Automação (AUT), ligada à área de exatas, sendo que as aulas ministradas nas turmas da ADM são as mesmas da AUT, totalizando 16 turmas de ensino médio distribuídas em turnos matutino e vespertino. Para esta dissertação foram selecionadas quatro turmas de 3ª série, com aproximadamente 28 alunos cada, em média 18 meninas e 10 meninos, nas quais as aulas de física eram geminadas, totalizando 120 minutos por semana. As turmas que participaram da pesquisa foram 3º ADM e 3º AUT, matutino, e 3º AUT e 3º ADM, vespertino, nas quais os alunos foram divididos em grupos de seis alunos e permaneceram no mesmo grupo durante toda intervenção.

4.3 OS MATERIAIS CURRICULARES E SEUS USOS

Ao planejarmos as aulas buscamos novos rumos e estratégias, com intuito de alcançar objetivos que proporcionassem um aprendizado para outras dimensões do conteúdo conceitual, como das atitudes e procedimentos, e não lecionar de forma automática levando na maioria das vezes a aula tradicional (expositiva). Essas ações, planejadas por nós professores para adequar o ensino e a aprendizagem faz com que surjam novos materiais curriculares, pois passamos a ter diferentes formas de abordar os conteúdos a partir de problematizações e momentos de intervenções pedagógicas mais qualificadas. Esses materiais nos proporcionam certos critérios que levam a tomar decisões, tanto no planejamento como na intervenção, para melhorar o processo de aprendizagem (ZABALA, 1998).

Assim, com diferentes tipos de atividades investigativas sobre eletrostática, foi elaborada uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) (CARVALHO, 2013) que contempla textos conceituais, questões abertas articuladas a situações experimentais e, até mesmo, simulações computacionais. Parte dessa SEI foi avaliada em um trabalho piloto, momento em que contei com a participação voluntária de doze alunos: seis meninas e seis meninos, do primeiro ano de

ADM no período extraclasse. Levei-os ao laboratório e separei-os em dois grupos com seis alunos cada e testei o material elaborado utilizando as atividades 1 e 2 (a primeira referente aos processos de eletrização utilizando canudos de refrigerantes e a segunda sobre blindagem eletrostática). Segui todos os procedimentos que havia delineado e notei a necessidade de fazer algumas modificações.

Algumas modificações foram aparentemente simples, mas fizeram muita diferença na hora de mediá-los durante as intervenções. Dentre essas modificações, considerei importante não deixar os experimentos na mesa no início das aulas, pois os alunos dispersam-se facilmente. Também retirei uma questão proposta, pois não alcançou o objetivo esperado em se constituir como uma atividade investigativa. Portanto, essa sequência de ensino foi elaborada para que durante as intervenções, nos envolvêssemos de forma ativa e direta em todos os momentos pedagógicos. Por essa razão que os alunos foram mantidos nos mesmos grupos, para se relacionarem diretamente com os conteúdos conceitual, procedimental e atitudinal e, assim, posteriormente poderíamos analisar cada tipo de atividade em uma perspectiva processual de cada grupo. Para as atividades utilizamos como suportes: textos da unidade de ensino, quadro branco, simulação computacional, experimento e recurso multimídia. Dessa forma, os alunos criaram um ambiente onde puderam potencializar a relação entre respeito, ensino e aprendizagem.

Vale ressaltar que esta Sequência de Ensino Investigativa (SEI) constitui, portanto, o produto do meu mestrado profissional e foi desenvolvida especificamente para essa pesquisa.

4.4 CARACTERIZAÇÃO DA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA

A SEI constitui uma ferramenta no processo de mediação do conhecimento na tentativa de ampliar a dimensão dialógica em minhas aulas para que os alunos deixem de ser meros receptores de informações para serem agentes principais da construção do conhecimento. Segundo Carvalho (2004, p. 2).

> Essa passagem da ação manipulativa para ação intelectual através da tomada de consciência de suas ações, não é fácil nem para os alunos nem para o professor, pois não é fácil conduzir

> intelectualmente o aluno por meio de questões, de sistematizações de suas ideias e de pequenas exposições. É muito mais fácil expor logo o conteúdo a ser ensinado.

Procuramos propor atividades que aproximassem os estudantes do fazer científico, pois o aluno é levado nas atividades a refletir, discutir, explicar e relatar sobre o fenômeno (AEVEDO, 2004). Assim, a SEI utilizada para construção dessa dissertação foi montada com um conjunto de três partes:

- ✓ A Primeira: Um texto de apoio sobre eletrostática baseado em minha vida acadêmica e experiência lecionando, e três livros didáticos que foram selecionados durante as disciplinas do mestrado: (i) Física Clássica de Caio Sérgio e José Luiz (2004); Física Conceitual de Paul G. Hewitt (2012) e Os Fundamentos da Física de Ramalho, Nicolau e Toledo (2009) abordando assunto do cotidiano do aluno mostrando a importância da física no seu dia-dia, mas também questões e situações clássicas de exames. Este texto encontra-se nos Conceitos e Atividades de Investigação Básica em Eletrostática do Apêndice II desta dissertação.
- ✓ A Segunda: Apresentam cinco atividades investigativas: cada uma das atividades propunha apresentar uma questão problema (geralmente a última pergunta que fechava a atividade) que potencializava a articulação de evidência com a teoria, que encaminhava os estudantes para o teste de hipóteses, estimulava o debate e argumentação na sala de aula. Essas dimensões caracterizam a atividade investigativa. Por isso, as atividades se aproximam mais da perspectiva da questão aberta de Azevedo (2004) do que do laboratório aberto, apesar das situações experimentais envolvidas.

Zabala (1998) descreve que os conteúdos de aprendizagem não se reduzem a aqueles que contribuem unicamente para uma disciplina tradicional, mas, também, incluem aqueles que possibilitam o desenvolvimento das capacidades motoras, afetivas, de relação interpessoal e de inserção social. Nas atividades com recursos tecnológicos não tivemos somente o fator motivação, trouxemos também os objetos de aprendizagem que, continham imagens, animações, experimentos e arquivos digitais que atrelando uma teoria a uma prática com fins pedagógicos, contribuíram para o ensino (SOSTERIC; HESEMEIER 2002). Segundo Audino e Oliveira (2010, p.2 e 3),

> A inclusão das novas tecnologias em quase todos os ambientes na atualidade e a crescente e constante necessidade de aprimoramento profissional e atualização de metodologias, nos coloca diante de um momento em que a informática e, sobretudo, a *Internet*, constitui-se uma realidade sem volta, reconfigurando nosso cotidiano.

Na Figura 2, temos um objeto de aprendizagem, a exemplo do applet[3] que foi utilizado para simular a rigidez dielétrica do ar, a eletrização por atrito e o campo elétrico. Esse tipo de objeto de aprendizagem deve, e pode ter um papel relevante para a aprendizagem de ciências. Além disso, amplia o repertório de recursos metodológicos para trabalharmos em sala de aula e também possibilita minimizar a falta de determinados equipamentos nos laboratórios das escolas.

Figura 2. Exemplo de um applet mostrando John Travoltagem. Fonte: https://phet.colorado.edu/sims/html/john-travoltage/latest/john-travoltage_pt_BR.html

Sendo assim, a apropriação dos conceitos de eletrostática dos estudantes foi interpretada ao longo da intervenção e as dimensões procedimentais e atitudinais foram analisadas utilizando alguns episódios selecionados de atividades desenvolvidas com um grupo de alunos que falaremos mais adiante.

- ✓ A terceira: questões qualitativas para aplicação dos conhecimentos conceituais compartilhados na sala de aula ao longo da intervenção.

---

[3] Software simulador de experiências.

Portanto, trabalhando no formato de SEI e com as atividades investigativas que não têm uma configuração única, ou seja, podem assumir diferentes configurações (AZEVEDO, 2004; SÁ *et. al*, 2007; ZOMPERO e LABURÚ, 2011), montamos o quadro 1 de atividades da nossa SEI.

Quadro 1. Resumo das atividades realizadas.

	FORMATO	MATERIAL CURRICULAR	CONTEÚDO	TEMPO
ATIVIDADE 1 Eletrização por Atrito	Texto de Sistematização e questão aberta articulada à situação experimental	Texto impresso e Experimento	Conceitual, Procedimental e Atitudinal	2 Aulas
ATIVIDADE 2 Blindagem Eletrostática	Texto de Sistematização e questão aberta articulada à situação experimental	Texto impresso e Experimento	Conceitual, Procedimental e Atitudinal	2 Aulas
ATIVIDADE 3 Eletroscópio de Folhas	Texto de Sistematização e questão aberta articulada à situação experimental	Texto impresso e Experimento	Conceitual, Procedimental e Atitudinal	2 Aulas
ATIVIDADE 4 Indução Eletrostática	Texto de Sistematização e questão aberta articulada à situação experimental	Texto impresso e Experimento	Conceitual, Procedimental e Atitudinal	2 Aulas
ATIVIDADE 5 Rigidez Dielétrica	Questão aberta associada a Simulação Computacional	Applet Simulador	Conceitual, Procedimental	2 Aulas

4.5 MAPEAMENTO DO AMBIENTE E CONTEÚDO DE APRENDIZAGEM

Todas as atividades foram realizadas no laboratório do *Campus* Linhares, que possui um espaço amplo com toda estrutura necessária. As aulas tinham duração de 60 min cada, eram geminadas e o trabalho desenvolvido teve duração de quatro semanas (07 de março até 04 abril). Durante as atividades, parte do tempo, foi direcionada à leitura dos textos no qual eram mediadas por mim e ao longo desse processo os alunos trabalhavam em grupos. Essas atividades eram intercaladas com aulas expositivas e possuíam graus de aberturas de investigação diferenciados (BORGES, 2002). Essas aulas expositivas, na maioria das vezes, eram destinadas a dúvidas dos conteúdos estabelecidos. Sendo assim, a organização dos conteúdos abordados em cada uma das aulas realizadas em fevereiro e março foi representada pelo fluxograma apresentado na Figura 3.

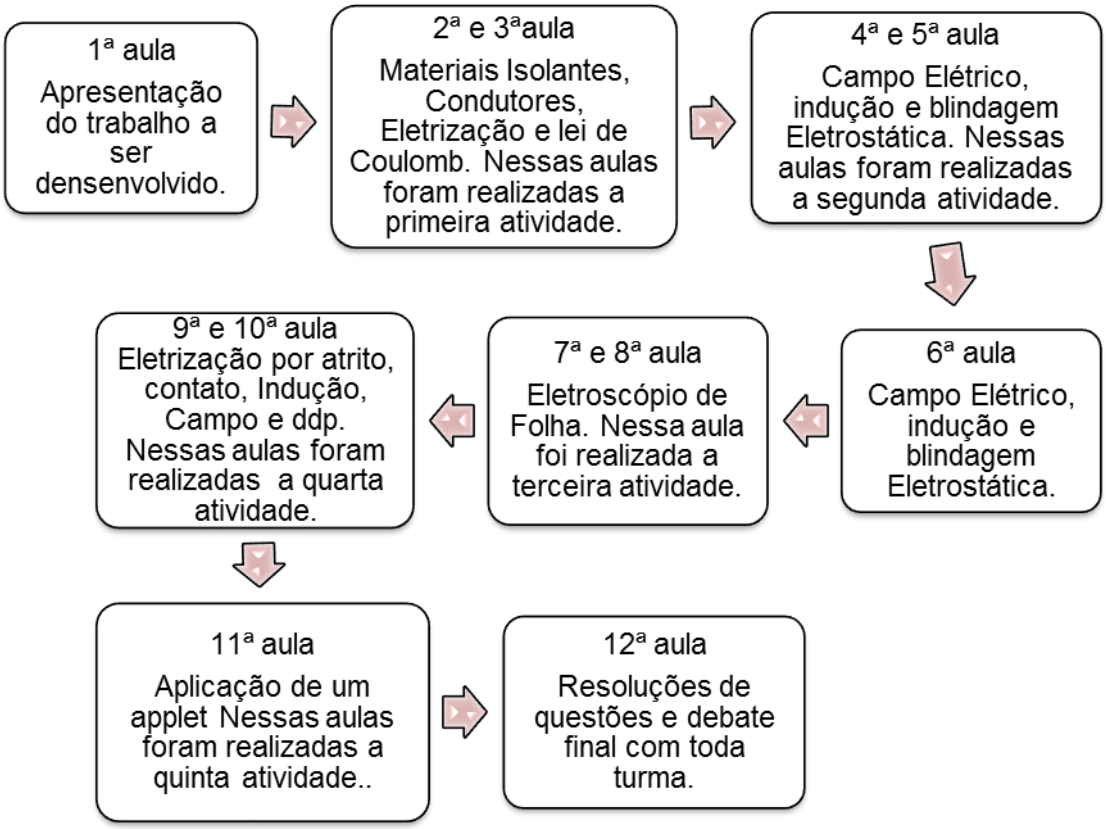


Figura 3. Fluxograma de organização sequencial das atividades.

4.6 COLETA DE DADOS

Para as evidências a respeito das dimensões conceitual, procedimental e atitudinal foram coletados dados das atividades investigativas durante as aulas de eletrostática que ocorreram no laboratório do Campus de Linhares. Para isso, também foram adquiridos os dados das análises das informações da atividade de simulação computacional em que os alunos foram organizados no laboratório de informática e em dupla desenvolveram as atividades.

As atividades foram desenvolvidas de acordo com o fluxograma apresentado na Figura 3, que aborda as atividades investigativas do tipo questão aberta (AZEVEDO, 2004; CARVALHO, 2013). O desenvolvimento da maioria das atividades foi gravado em áudio e vídeo, e também utilizamos os textos produzidos pelos grupos para posterior análise. Nas 11ª e 12ª aulas, os alunos responderam questões abertas, debatemos sobre o conteúdo de eletrostática e fizemos uma análise crítica das nossas atitudes na sala de aula: eu enquanto professor mediador tentando me colocar em uma perspectiva mais dialógica com os estudantes e eles, dentro desse contexto dialógico, incentivados a participarem mais ativamente na constituição da trama científica estabelecida na sala de aula.

4.6.1. Dados utilizados para análise da aprendizagem conceitual

Em nosso estudo, buscamos os indicadores da aprendizagem conceitual com duas atividades contendo cinco questões abertas cada. O fato de as atividades serem do tipo abertas permitiu variações nas respostas à medida que os conteúdos eram desenvolvidos. As atividades foram aplicadas em grupo e sem consulta ao material da SEI. Essas atividades foram aplicadas no final de cada intervenção, no qual foi solicitado aos alunos que dissertassem sobre o conteúdo, levando-se em conta tudo o que eles aprenderam durante as aulas. A intenção foi estabelecer uma articulação com os discursos dos estudantes na sala de aula durante a resolução das atividades para que pudéssemos compreender os sentidos produzidos pelos estudantes sobre os conceitos de

eletrostática compartilhados na sala de aula. A Figura 4 apresenta uma das questões do tipo aberta que os alunos responderam.

Considere um eletroscópio de folhas descarregado. São realizadas as seguintes operações:
Aproxima-se um bastão eletrizado positivamente do eletroscópio;
Ainda com o bastão próximo ao eletroscópio, liga-se o fio terra próximo das folhas do eletroscópio;
Após certo tempo desfaz-se a ligação com a terra e afaste o bastão.
Descreva o que acontece em cada operação e determine o sinal da carga no eletroscópio após essas operações. Por fim, faça uma figura representando o eletroscópio após essas operações.

Figura 4. Terceira atividade aplicada após a intervenção.

4.6.2. Dados utilizados para análise dos conteúdos procedimental e atitudinal

Para obtenção dos indicadores dos conteúdos procedimental e atitudinal potencializados ao longo das aulas, foram feitas gravações em vídeo e áudio de todas as aulas que foram desenvolvidas nas atividades investigativas. No laboratório onde foram realizadas as atividades foi colocada uma câmera que gravava em vídeo e áudio tudo o que ocorria no local. Além disso, em cada grupo, foram colocados gravadores para capturarmos as conversas. Isso nos permitiu analisar cuidadosamente as dimensões procedimental e atitudinal, além de termos evidência dos sentidos atribuídos aos conceitos pela via do discurso que circulava na sala de aula.

4.7 METODOLOGIA PARA ANÁLISE DE DADOS

A seguir descreverei os procedimentos que utilizamos para analisar os dados produzidos durante a intervenção educacional, baseando-me em alguns referenciais para estudo das dimensões conceitual, procedimental e atitudinal. Para essas análises, utilizei um grupo da turma de administração matutino com cinco alunos, três meninos e duas meninas.

4.7.1. Analisando a dimensão conceitual

Buscando ampliar a interação aluno/aluno e aluno/professor, nos pautamos em uma relação de ensino de forma mais dialógica, considerando o contexto sociocultural dos estudantes que nos possibilita compreender como os conceitos (científicos e espontâneos) são constituídos. Portanto, para descrevermos sobre esses conceitos nos baseamos em Vigotski (2009) a respeito dos conceitos científicos que estabelecem estruturas para o desenvolvimento dos conceitos espontâneos dos alunos e estes não entram em conflito, pois na verdade fazem parte do mesmo processo, como descrito pelo autor. Os conceitos científicos fornecem estruturas para o desenvolvimento ascendente dos conceitos espontâneos do indivíduo (VIGOTSKI, 1987, p.108). Lembrando que, para o desenvolvimento dos conceitos científicos o diálogo é uma ferramenta de extrema importância e Trazzi (2015a) descreve que a linguagem dos alunos é extremamente pessoal e social. A autora também defende que a aprendizagem focada em um indivíduo é limitada, sendo insuficiente para ampliar as relações que podem estar envolvidas nesse processo de aprendizagem.

Para introduzirmos o conceito de abordagem comunicativa no ambiente de investigação nos fundamentamos no trabalho de Mortimer e Scott (2002), que caracteriza os diálogos ocorridos em sala em duas dimensões: aluno/aluno ou aluno/professor. Segundo Mortimer e Scott (2002, p.87,),

> abordagem comunicativa' é central na estrutura analítica, fornecendo a perspectiva sobre como o professor trabalha as intenções e o conteúdo do ensino por meio das diferentes intervenções

> pedagógicas que resultam em diferentes padrões de interação. Nós identificamos quatro classes de abordagem comunicativa, que são definidas por meio da caracterização do discurso entre professor e alunos ou entre alunos em termos de duas dimensões: discurso dialógico ou de autoridade; discurso interativo ou não-interativo.

Com essas dimensões podemos descrever alguns aspectos dessa abordagem, como:

- O uso das falas como mediadora das ações dos alunos;
- O nível de colaboração dos alunos com parceiros mais capazes;
- O uso da língua como expressão das relações e lutas sociais;
- A abordagem comunicativa dos enunciados.

Para a construção do conhecimento científico em um ambiente investigativo consideramos importante fundamentos da abordagem comunicativa que Driver *et. al* (1999) nos apresentam e também as contribuições de Trazzi (2015a) nessa perspectiva.

As aulas em que as atividades investigativas foram realizadas foram agrupadas em episódios que podem ser entendidos como segmentos do discurso da sala de aula com fronteiras temáticas bem nítidas (MORTIMER *et. al*, 2007), e essas sequências discursivas que compõem a aula foram escritas exatamente como ocorridas.

Para desenvolvimento dos conceitos espontâneos a partir dos científicos, por meio desses episódios, analisei as duas atividades contendo cinco questões abertas da unidade de ensino durante as intervenções a partir das gravações em áudio, vídeo e suas respectivas escritas produzidas pelos estudantes.

4.7.2. Método de análise dos dados para investigar a aprendizagem procedimental e atitudinal

Para análise dos conteúdos procedimentais, aos quais incluem-se as regras, técnicas, métodos, estratégias que estão ligadas ao saber fazer e os conteúdos atitudinais que se refere a um conjunto de valores, atitudes e normas que regram a nossa vida em sociedade que está ligado ao saber ser, houve preocupação em perceber como essas análises procederam, o contexto que as

influenciaram e a forma como os estudantes se relacionaram. Para isso, utilizamos as atividades de números 1 a 5 da SEI. Essa análise foi feita, porque nas aulas expositivas tradicionais os procedimentos e atitudes dos alunos não são levados em consideração, pois a base das estratégias de ensino está ligada a dimensão conceitual. Entretanto, trabalhando em uma perspectiva investigativa de ensino, fica evidente a presença de procedimentos e atitudes pois, segundo Azevedo (2004), os alunos devem participar ativamente da intervenção sendo mediados pelo professor.

Os procedimentos e atitudes foram analisados a partir do sistema de categorização proposto por Souza (2014), conforme disposto no quadro apresentado no quadro 2, baseado em Pozo, Gomez-Crespo (2009).

Quadro 2. Procedimentos e atitudes empreendidas em cada episódio. (Produzido por Souza (2014) adaptado a partir de Pozo, Gómez - Crespo(2009)).

Tipos de Aprendizagens	Categorias de aprendizagens	Aprendizagens inferidas ao longo da atividade
Atitudinal	Atitudes com respeito à ciência	A1: Ter um posicionamento crítico e investigativo perante situação-problema
	Atitudes com respeito à aprendizagem de ciências	A2: Trabalhar em grupo de forma colaborativa A3: Buscar o diálogo entre os estudantes respeitando as diferenças
Procedimental	1. Aquisição da informação	P1: Estruturar ideias por meio de desenho, linguagem escrita ou linguagem oral
	2. Interpretação da informação	P2: Interpretar ideias estruturadas e executar procedimentos
	3. Análise da informação e realização e inferências	P3: Elaborar Hipóteses P4: Desenvolver/Aplicar modelos explicativos P5: Testar hipóteses
	4. Compreensão e organização conceitual da informação	P6: Realizar inferências P7: Construir sínteses P8: Fazer Generalizações para outros contextos
	5. Comunicação da Informação	P9: Realizar exposição oral P10: Elaborar relatório

Os conteúdos procedimentais dos alunos estão relacionados a um conjunto de regras, técnicas, métodos, habilidades, estratégias e procedimentos sendo que cada um está inserido em uma categoria mais geral, por exemplo, P2 (Interpretar ideias estruturadas e executar procedimentos) que está inserido na segunda categoria (*Interpretação da informação,* quadro 2) no qual o conjunto dessas ações ordenadas leva a realização de um objetivo que está relacionado com o desenvolvimento das capacidades do aluno em fazer coisas que vão além de uma atividade proposta. É o que o professor quer que o aluno aprenda a fazer, adquirir conhecimento através de suas ações, contrapondo ao que muitas vezes ocorre, de maneira automática e sem percepção (POZO, GOMEZ - CRESPO, 2009; ZABALA, 1998).

Os conteúdos atitudinais, referem-se a um conjunto de *valores, atitudes e normas* que regram a nossa vida em sociedade (ZABALA, 1998). São valores amplos da sociedade com princípio ou ideias éticas que permitem as pessoas emitirem um juízo sobre a conduta e seus sentidos, por exemplo: solidariedade, respeito aos outros, compromisso, cooperação e responsabilidade. Ou seja, podemos falar que são tendências ou pré-disposição para atuar de certa maneira, cooperando em grupo, emitindo sua opinião diante dos demais e participando das tarefas. Pozo e Gomez - Crespo (2009) e Zabala (1998) propõem que os conteúdos atitudinais envolvem *valores, atitudes* e *normas* podendo ser descritos como:

- ✓ *Valores* → dimensão afetiva: ética, moral, solidariedade, compromisso, dentre outros;
- ✓ *Atitudes* → dimensão comportamental: pré-disposição para atuar, padrões de conduta, dentre outros;
- ✓ *Normas* → componente cognitivo: Padrões ou regras de comportamento que devemos seguir em determinadas situações, dentre outros.

Pozo e Gomez- Crespo (2009) descrevem também que, os conteúdos atitudinais são mais complicados de serem abordados e até mesmo avaliados, pois não se restringem apenas aos conteúdos conceituais das áreas específicas do conhecimento, no qual os professores estão preparados a

treinar estudantes a resolver problemas, observa-se isso no insignificante peso das atitudes nas avaliações.

5. ANÁLISE DOS DADOS

5.1 PROCESSO DA CONSTRUÇÃO DE CONCEITOS, ATITUDES E PROCEDIMENTOS

Apresentarei, em primeiro momento, as principais evidências construídas a partir do trabalho piloto com a sequência de ensino que foi realizado com os alunos do primeiro ano do IFES-Campus Linhares. Inicialmente estruturei a sequência de ensino e, após o término da sua primeira versão, pedi á cinco professores com experiência de mais de anos em sala de aula que fizessem uma leitura crítica e dessem sugestões para melhorias. Após esta revisão pude desenvolver a sequência com outro grupo de alunos.

Com a autorização do Instituto, reservei por uma semana o laboratório de física e convidei os alunos da turma de primeiro ano vespertino de Administração (ADM) para testar parte do material produzido (trabalho piloto) e fazer uma análise da aquisição de atitudes e procedimentos. Ressalto que, pelo fato dos alunos que participaram serem da primeira série do ensino médio, eles ainda não tiveram contato ainda com o conteúdo de eletrostática.

Chegando ao laboratório, formamos dois grupos de seis alunos cada e pedi que se sentassem ás mesas (Figura 5), estas foram previamente preparadas com os experimentos. Passei inicialmente algumas instruções e recortes de revistas com conteúdo envolvendo eletrostática no cotidiano. Então, percebi falta de atenção dos alunos com a atividade. Ao deixar os experimentos em cima da mesa desde o início da instrução, acabei interferindo no processo, pois eles começaram a se entreter e brincar com os experimentos.

Figura 5. Alunos realizando leituras do livro de atividades do trabalho piloto.

Percebi também que, durante as aulas, os alunos ficaram um pouco incomodados com a câmera filmadora, mesmo estando desligada, pois estava utilizando-a, neste momento, somente para tirar fotos. Essa primeira intervenção, serviu para observar problemas que puderam ser sanados, tendo sido fundamental para o andamento do trabalho, como o exemplo citado anteriormente, não iniciar as instruções e leituras com os experimentos dispostos em cima da mesa ou, ainda, não iniciar a unidade de ensino sem antes acostumar os alunos com a câmera filmadora na sala de aula.

Realizei o mesmo processo com outros doze alunos, já com algumas correções, e pude notar que a intervenção foi muito melhor, pois o tempo não ficou comprometido com distrações, apesar de algumas brincadeiras que ocorrem naturalmente no ambiente da sala de aula. Esse trabalho piloto serviu para que eu fizesse melhorias, de maneira positiva, para aplicação de toda a sequência de ensino e também como fruto deste trabalho, escrevi um resumo estendido para o Encontro de Física de 2016.

Nessa seção apresentarei a análise dos dados da SEI já revisada, assim como discussões pertinentes entre os resultados obtidos a partir dos objetivos estabelecidos para essa pesquisa. Descreverei as intervenções realizadas na ordem em que aconteceram, buscando compreender o processo de construção dos conceitos em eletrostática, dos procedimentos e atitudes que foram estabelecidas durante a intervenção educacional.

Para análise das atitudes e procedimentos utilizei a categorização produzida por Souza (2014), conforme disposto no quadro 2, procedimentos e atitudes empreendidas em cada episódio. Para analisarmos a dimensão conceitual nos baseamos em Vigotski (2009) a respeito dos conceitos científicos/espontâneos dos alunos e com contribuições de Trazzi (2015b) para compreendermos os sentidos produzidos pelos estudantes para os conceitos de eletrostática. Segundo Trazzi (p. 121, 2015b),

> Os conceitos cotidianos ou espontâneos se constituem nas atividades práticas nas quais o indivíduo se envolve, na relação com o meio físico e social; o percurso de sua formação segue uma via do objeto para o conceito. Na formação dos conceitos científicos, o caminho é inverso: do conceito para o objeto. Esse conceito, porém, não reflete o objeto em sua manifestação externa, como conceito empírico, e por isso sua relação com o objeto só é possível no conceito, na relação com outros conceitos, ou seja, num sistema de conceitos. Embora os percursos de desenvolvimento desses conceitos sigam direções opostas, seus processos estão interligados, ao passo que um cria as condições para o desenvolvimento do outro e vice-versa.

Optei por analisar a produção de conhecimento para a dissertação, as produções dos estudantes e os discursos que circularam na sala de aula referente as atividades de números 1 á 4, que foram desenvolvidas na segunda metade do mês de fevereiro até o mês de março de 2016 nas turmas do 3º ADM e 3º AUT. Inicialmente, em sala de aula, discutimos sobre o modelo planetário do átomo e orientei um diálogo para o estudo de eletrostática no dia-a-dia. Após esse diálogo, levei parte da turma para o laboratório para iniciarmos as intervenções. No laboratório, organizei os alunos em dois grupos de seis a oito componentes. Realizamos as atividades e no decorrer das intervenções entreguei a SEI impressa para leituras dos textos introdutórios, (Figura 6).

Figura 6. Alunos iniciando as atividades da unidade de ensino.

INÍCIO DAS CONVERSAS COM OS ALUNOS

Professor - Meninos (as) deem uma olhada nos recortes de revistas;

- Façam uma leitura das seções 1.1 e 1.5.1 da sequência de ensino investigativa (SEI) p. 5 e 10.

Antes que começassem as atividades procurei deixar um clima provocativo em relação às perguntas para caracterizar uma atividade investigativa. Abaixo, transcrevo parte das discussões que surgiram ao longo da realização das atividades, preservando a identidade dos estudantes que foram caracterizados por nomes fictícios.

ATIVIDADE 1 – PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL – 1ª Aula

***PRIMEIRO EPISÓDIO DE ENSINO* – Apresento o problema sobre eletrização**

Apresento a seguinte pergunta: Como proceder para que os canudos de plásticos fiquem grudados na parede? (Aqui, estou tentando desencadear um processo dialógico na sala de aula).

Durante as observações e leituras da SEI fui tentando estimular os estudantes para que fossem lançando hipóteses para solucionar o problema. Essa mediação desencadeou um processo dialógico entre eles. Nas intervenções fui buscando a fala dos alunos, “suas vozes”, mas não respostas prontas, pois teríamos uma abordagem *comunicativa de autoridade* (MORTIMER; SCOTT, 2002).

Pude participar junto com os estudantes da construção de uma solução para o problema. Isso foi intrigante para mim, pois o que ocorria, na maioria das vezes, quando eu lecionava como professor de colégios particulares, era que eu solucionava as atividades e os alunos eram meros receptores de informações. Ao fazer análise dos vídeos e áudios dessa atividade pude perceber o quanto foi difícil sair da postura de professor expositor pois, em várias ocasiões, me observei interferindo nas ações dos alunos e fazendo

perguntas que só tinha uma única resposta. Fato esse que irei comentar adiante.

Após discussões, inicia-se elaboração de hipóteses para solução da atividade.

Albert – "Esfrega o canudo em algo diferente..."

Professor – "Por que vocês estão pensando em materiais diferentes"?

Sem respostas!

Professor – "Olhem a série triboelétrica que está na p. 10 da SEI".

Neste momento Albert levanta uma hipótese, que tem tanta importância quanto à ação manipulativa na execução de uma tarefa (VIGOTSKI, 1994), mas eu direciono os alunos para uma possível resposta que gostaria de ouvir ao invés de somente mediá-los.

Mariana – "Poderia ser a caneta professor"?

Professor – "Sim, proceda"!

Mariana – "Pessoal, atritar é esfregar!

Coulomb – "Então, só esfregar o canudo no cabelo que da certo".

Nesse momento os estudantes apresentam suas primeiras hipóteses sobre a questão e, portanto, temos evidenciado o ***Procedimento P₃*** (elaboração de hipóteses) e com uma abordagem interativa e de autoridade (MORTIMER E SCOTT, 2002). Os alunos realizam o procedimento, mas não conseguem alcançar o objetivo.

Professor – "Vocês leram na SEI, tentem lembrar. Para eletrizar é necessário o que"?

Notem, nessa frase eu espero uma única resposta do tipo complete a frase, afastando um pouco da atitude que se espera de um professor ao assumir o ensino por investigação como abordagem de ensino em ciências.

Coulomb – "É atritar"!

Professor – "Porque no atrito gera..."? (Novamente, espero

única resposta).

Coulomb –"Gerar energia para trocas de carga"!

Professor –"Muito bem".

Albert – "Chama os colegas e inicia os procedimentos".

Neste momento o aluno Albert chama a atenção para o trabalho em grupo, ***Atitude A₂*** (Trabalho em grupo de forma colaborativa), durante o diálogo eu induzi uma resposta e com isso evidenciamos o *conceito de energia* que para o aluno, é resultado de um processo de transformação para que ocorra a eletrização.

Eles começam a proceder para que o canudo fique grudado na parede. Esfregam os canudos no papel, vidro, cabelo, mas não conseguem grudá-lo.

Professor – "Acho que vocês não estão fornecendo energia

necessária para troca de elétrons, logo devemos fazer o que?"

Albert – "Estou pensando aqui, que energia é essa?"

Professor – "Esfrega o pano de lã no seu braço!"

Galileu imediatamente começa a esfregar o pano de lã em seu braço.

Professor – "O que você está sentindo Galileu?"

Galileu – "que a energia está esquentando!"

Professor – “Que tipo de energia é essa”?

Galileu – “Que está quente”!

Albert – “Calor”!

Professor – “Energia em trânsito! Então, para trocar mais elétrons

é necessário mais energia! Proceda”.

Galileu – “Pessoal, acho que se nós esfregarmos os canudos nos panos vai ser melhor, mais energia para troca de elétrons”!

Albert – “E mais forte e rápido vai deixar o canudo mais eletrizado”.

Mariana – “Entendi, a energia cinética se transforma em calor”!

Professor – “Muito bem, e agora”?

Note que temos o conceito de *calor* sendo articulado pelos alunos e o processo de transformação de energia cinética em calor. Eles também associam o calor com sensação térmica (o fato de estar quente) e constitui uma concepção alternativa mas, ao mesmo tempo, ele traz a dimensão da transformação da energia cinética em calor, que incorpora os conceitos que são corretos do ponto de vista científico escolar. Temos um conceito cotidiano e tem sua base na experiência de vida do indivíduo (VIGOTSKI, 2000). O conceito de *energia* foi utilizado algumas vezes pelos alunos, o que nos traz o entendimento de que é um conceito vindo das aulas anteriores, que os alunos tiveram, ou das concepções alternativas. Como descrito por Crepalde e Aguiar Jr. (2013, p. 301), “os conceitos cotidianos e científicos têm a sua própria gênese, isto é, possuem cada um a seu modo, a sua história [...] na sua permanente inter-relação com o mundo social”. Percebemos uma dimensão da hibridização dos conceitos científicos e espontâneos no discurso do estudante e, essa dimensão, está associada ao processo de negociação envolvido na aprendizagem de conceitos.

Durante o diálogo dos alunos podemos notar novamente a dimensão do trabalho em grupo sendo potencializada e, por isso, a ***Atitude A_2*** (Trabalho em

grupo de forma colaborativa), ***Atitude A_3*** (Buscar o diálogo entre os estudantes respeitando as diferenças) e o ***Procedimento P_3*** (Elaborar Hipóteses). Mas, podemos perceber que eu interfiro muito em suas ações.

Após o levantamento de hipótese, eles iniciam novamente o processo de eletrização fornecendo mais energia para troca de elétrons.

Os alunos, Vera e Galileu, que até então pouco tinham participado começam a realizar o experimento...

Vera – "Consegui grudar o canudo! Olha... eu fiz assim olha..."

Note que temos aqui a aquisição da informação, ***Procedimento P_1*** (Estruturar ideias por meio de desenhos, linguagem escrita ou linguagem oral). Vera conseguiu grudar o canudo esfregando-o mais e explicou para os outros colegas, sugerindo assim o ***Procedimento P_5*** (Testar hipóteses).

Ao analisarmos esses episódios, percebemos o conceito de *energia* sendo evidenciado por construções que refletem o discurso do meio social ou devido aos conhecimentos dos anos anteriores e também pudemos perceber nas questões respondidas pelos alunos após as intervenções, vejamos as Figuras 7 a 11, que apresentam as questões e respostas dadas pelos estudantes.

Neste experimento são usados os seguintes materiais, canudos de plástico (refrigerantes ou sucos), confetes de papel, bexiga de assoprar, paredes (da própria sala) e um pano de lã. Esses materiais são de fácil acesso para a realização do experimento. E antes de iniciarmos as perguntas, faça a leitura das seções 1.1 e 1.5.1 da sua unidade de ensino.

Figura 1. Bexiga de assoprar, canudos de plástico.

Pergunta 1. Como proceder para que os canudos de plástico fiquem grudados na parede?

Pergunta 2. O que faz o canudo ficar grudado na parede? Explique.

Pergunta 3. Porque com o tempo os canudos que estavam grudados na parede caem? Explique?

Pergunta 4. Procedam, utilizando os confetes e os materiais sobre a mesa, para atrair a maior quantidade de confetes de uma só vez sem tocá-los.

Figura 7. Pergunta da atividade de número 1.

Deve-se proceder atritando o canudo na parede fornecendo energia e promovendo a troca de elétrons, sendo assim, como característica da eletrização por atrito, os sinais do canudo e da parede ficam opostos, logo irão se atrair.

Figura 8. Resposta dada pela aluna Mariana à Pergunta 1.

Devemos atritar o canudo no material diferente para trocar energia com os elétrons e depois encostar o canudo na parede.

Figura 9. Resposta dada pelo aluno Coulomb à Pergunta 1.

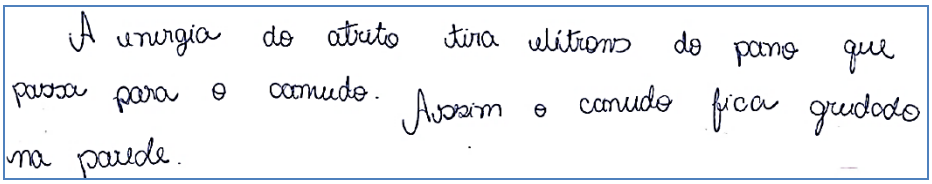

A energia do atrito tira elétrons do pano que passa para o canudo. Assim o canudo fica grudado na parede.

Figura 10. Resposta dada pela aluna Mariana à Pergunta 1.

Na resposta anterior, o aluno não pensa nos processos de transformação de energia para solução do problema e, sim, que a energia tira os elétrons do pano. Isso é um avanço, que se remete até mesmo na incorporação de conceitos aprendidos anteriormente.

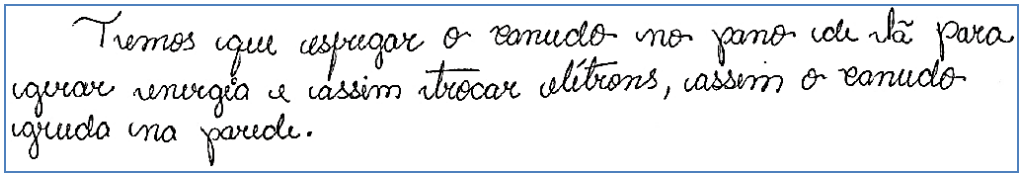

Temos que esfregar o canudo no pano de lã para gerar energia e assim trocar elétrons, assim o canudo grudo na parede.

Figura 11. Resposta dada pela aluna Vera à Pergunta 1.

Expondo mais uma pergunta: O que faz o canudo ficar grudado na parede?

Albert – "A energia dos elétrons!"

Mariana – "Os elétrons com os prótons, pois atrai o negativo

com o positivo."

Professor – "Mas, de que forma os elétrons com os prótons?"

Mariana – "É a atração!"

Professor – "O que é essa atração?"

Albert – "Força elétrica!"

Vera – "Isso, cargas de sinais opostos se atraem."

Neste episódio, podemos observar novamente as ***Atitudes*** A_2 (Trabalhar em grupo de forma colaborativa)***,*** A_3 (Buscar o diálogo entre os estudantes respeitando as diferenças) e o ***Procedimento*** P_1 (Estruturar ideias por meio de desenhos, linguagem escrita ou linguagem oral)***.*** E outro conceito é mencionado pelos alunos, o conceito de *força elétrica.* Os alunos compreendem que o sentido dessa força é devido á interação entre cargas de sinais opostos. Após esse momento, explico para eles que o canudo estando negativo induz cargas de sinais opostos na parede o que gera uma força elétrica de atração.

***SEGUNDO EPISÓDIO* – Uma nova pergunta para gerar debate.**

Professor – “Notem que um dos canudos que estava “grudado” na parede caiu!” Por que isso acontece?

HIPÓTESE E TESTES INICIAIS

Albert – “O elétron volta para onde ele estava!”

Vera – “ Não, perde a força Albert!”

Professor – “ Mas como perde essa força?”

Vera – “Não sei...”

Galileu – “Muito complicado explicar isso...”

Professor – “O que acha Mariana?”

Mariana – “Acho que as cargas saem e perde as forças...”

Professor – “ Acaba ocorrendo uma troca de cargas elétricas com o ambiente. A força elétrica vai ficando com intensidade menor e o peso do canudo o derruba.”

Notem que eu, acabo explicando tudo em vez de perguntar novamente: Como assim as cargas saem? Para provocá-los e novas hipóteses serem levantadas. Mas, o conceito de *força* é novamente mencionado vindo de uma construção sociocultural referente às atividades práticas do indivíduo durante seu processo de desenvolvimento. Aqui eles falam de uma interação elétrica **“O elétron volta para onde ele estava!”** Querendo mencionar sobre um dos processos de eletrização. Além disso, falam das interações entre cargas (força) em: **“Acho que as cargas saem e perde as forças...”** o que pode ser uma formação de conceito como produção de sentidos no diálogo para o entendimento de força ou efeito das práticas de alfabetização e desenvolvimento científico, devido à mudança da natureza dos próprios

conceitos (CREPALDE e AGUIAR Jr, 2013). Também podemos perceber o conceito de força nas questões respondidas pelos alunos após as intervenções, que foram as perguntas de número 2 e 3, (Figura 7), que obtive respostas dadas pelos alunos como as apresentadas nas Figuras 12 de 15.

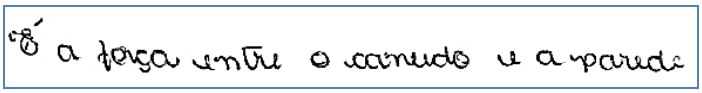

É a força entre o canudo e a parede

Figura 12. Resposta dada pelo aluno Albert à Pergunta 2.

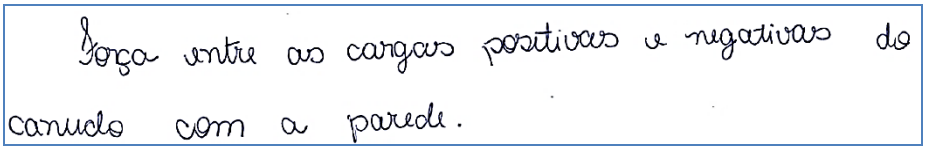

Força entre as cargas positivas e negativas do canudo com a parede.

Figura 13. Resposta dada pelo aluno Galileu á Pergunta 2.

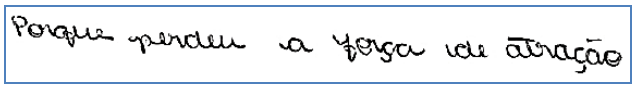

Porque perdeu a força de atração

Figura 14. Resposta dada pela aluna Vera à Pergunta 2.

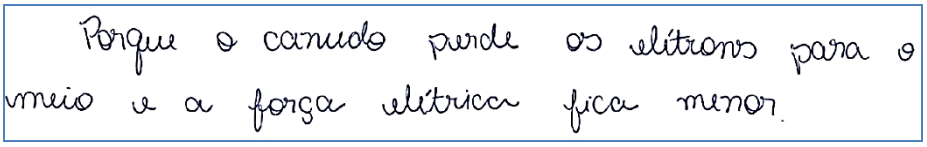

Porque o canudo perde os elétrons para o meio e a força elétrica fica menor.

Figura 15. Resposta dada pelo aluno Albert à Pergunta 2.

***TERCEIRO EPISÓDIO* – Um desafio para estimular o trabalho em grupo.**

Professor – “Procedam, utilizando os confetes e os materiais sobre a mesa, para atrair a maior quantidade de confetes de uma só vez sem tocá-los”.

Albert – “Vamos usar um objeto maior”!

Professor – “Mas, porque um objeto maior”.

Albert – “Porque vai atrair mais, pois é maior”.

Mariana – “Tem maior área de contato”.

Professor – “ok! Proceda” (Galileu pega a caneta e atrita no cabelo e consegue atrair alguns papeis, mas poucos).

Professor – “Muito pouco! Tenta algo diferente, pois eu quero a maior quantidade possível. Olha o que vocês têm sobre a mesa”.

Vera – “Atritar uma bexiga...”

Professor – “Está melhorando, mas pode atrair mais”!

Neste episódio, podemos notar o diálogo entre estudantes e o professor, o levantamento de hipóteses e o ***Procedimento P_5*** (Testar hipóteses).

Um diálogo é iniciado entre os alunos e depois de alguns minutos.

Albert – “Temos que atrair mais...”

Mariana – “Sim, mas vamos usar o plástico, pois tem maior

área de contato e usar materiais diferentes.”

Professor – “Para que você quer mais área de contato?”

Mariana – “Pois, é mais fácil de atritar.”

Albert – “Isso, melhor para atritar e acumular mais cargas.”

Professor – “mas como acumular mais cargas?”

Albert – “Esfregando mais.”

Professor – “para que esfregar mais?”

Albert – “gerar mais energia!”

Professor – “Isso, mais energia para trocar mais elétrons

e assim atrair mais confetes.”

Mariana – ”Olha professor, agora deu certo! Atritei mais

e aproximei dos confetes.”

Coulomb – “Show!

Novamente tivemos o diálogo entre mim e estudantes (aqui destaco a tentativa de mudar minha atitude ao assumir o ensino por investigação como perspectiva de ensino, foram três questões que estimularam a construção de argumentos para sustentar a solução dos problemas propostos) assim como, o levantamento de hipóteses e os testes das hipóteses. Nesse episódio é possível perceber que através do diálogo os alunos estão chegando a uma

melhor solução e respondendo de maneira correta sobre a eletrização por atrito.

***QUARTO EPISÓDIO DE ENSINO* – Eletrização por Indução.**

Peço para os alunos que façam a leitura das seções 1.5.2 e 1.5.3. da sequência de ensino investigativa.

Apresento a seguinte pergunta: Ao aproximarmos o plástico dos confetes, eles sobem! Por quê?

Albert – "Devido à eletrização."

Vera – "Quando chega perto o plástico puxa os confetes."

Professor – "Sim, mas que processo é esse?"

O tipo de pergunta que eu fiz, faz com que eu espere uma única resposta possível. Neste caso não constitui um ambiente investigativo, pois estou induzindo uma resposta.

Mariana – "Seria contato..."

Albert - "Não, teve atração por indução."

Albert ao mencionar atração está se referindo ao conceito de força.

Professor – "Ok! Mas, responda quem é o responsável pela indução?"

(Os alunos iniciam um diálogo, mas não conseguem responder).

Dou um exemplo sobre o campo gravitacional: Olha, quando solto a caneta ela cai! Devido a que?

Mariana – " A aceleração gravitacional."

Professor – "Isso, a aceleração gravitacional, pois é um

tipo de campo. Esse campo gravitacional leva informações

de quem o gerou, no caso a Terra."

Mariana – "Eu sei! Foi o campo do plástico!"

Professor – “Mas, que campo é esse do plástico?”

Coulomb – “Acho que é o eletrostático.”

Albert – “Sim, o campo elétrico!”

Professor – “Muito bem!”

Neste episódio podemos notar o diálogo entre os alunos e a busca por analogia quando menciono: o campo gravitacional: Olha, quando solto a caneta ela cai! Tento construir um consenso com o grupo e também evidenciando ***Atividade A₃*** (Buscar o diálogo entre os estudantes respeitando as diferenças), e o conceito de *Campo Elétrico*. Agora vamos para a próxima atividade.

ATIVIDADE 2 – PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL – 3ª Aula

***PRIMEIRO EPISÓDIO DE ENSINO* – Apresento o problema sobre blindagem**

Apresento a seguinte pergunta - Para vocês o que vem a ser blindagem?

HIPÓTESES INICIAIS

Albert – “Aquilo que não passa tiro.”

Coulomb – “É um material muito denso.”

Mariana – “Algo que não possibilita a passagem de cargas.”

Albert - “Isolamento de cargas.”

Nesse momento os estudantes apresentam suas primeiras hipóteses e, portanto, temos evidenciado o ***Procedimento P₃*** (Elaborar Hipóteses). Além disso, vão trazendo para sala de aula os conhecimentos construídos em outro contexto sociocultural, a blindagem aqui não vem no contexto da Física, mas vem do seu conhecimento, por exemplo, sobre dispositivos que impedem a passagem de tiro, portanto, temos evidenciado o ***Procedimento P₃*** (Elaborar Hipóteses).

Professor: Então poderíamos dizer que é algo que não deixaria a carga entrar?

Galileu – “E nem sair”.

Albert – “Acho que sim, nem entrar e nem sair. É um bloqueador”.

Professor: Um avião em pleno voo quando é atingido por um raio, o que acontece?

Vera – “Ele cai! Huahuahuahuahu...”

Albert – “Acho que não acontece nada, pois se não ele não levantaria voo.”

Mariana - “Nada professor, pois está blindado! Certo?”

Professor – “Certo! Mas, o que é blindar eletrostaticamente?”

Mariana – “Hummmmmmm....”

Albert – “A carga se dissipa no avião.”

Nesse momento busco estabelecer uma relação dialógica com e entre os estudantes de um grupo evidenciando a ***Atitude A₃*** (Buscar o diálogo entre os estudantes respeitando as diferenças).

Professor: Não seriam ondas?

Mariana – “É mesmo, ondas eletromagnéticas! E pergunta para Coulomb, certo fala ae.”

Coulomb – “Acho que já estudamos isso...”

Albert – “Sim! No segundo ano. Acho que as ondas batem e refletem.”

Podemos perceber nos diálogos o conceito de *onda* já estudado pelos alunos, pois o estudo sobre ondulatória está na grade curricular do 2º ano do curso e eles estão no 3° ano.

SEGUNDO EPISÓDIO – Alunos realizam experimento sobre blindagem.

Professor – “Liguem para o celular de um dos alunos que recebe a ligação (toca uma música).”

Professor – “Embrulha o celular com papel alumínio e pede para um dos alunos ligar novamente, cai na caixa postal (viva voz). (Os alunos ficam surpresos).”

Albert - “Aconteceu à blindagem, certo professor?”

Professor – “Sim!”

Professor - “explicam o fenômeno.”

Neste momento o aluno Albert tem um posicionamento perante a situação, ***Atitude A_1***.

***TERCEIRO EPISÓDIO DE ENSINO* – Uma nova pergunta para gerar debates.**

Como proceder para capturar uma onda eletromagnética? Utilizando somente os materiais que estão sobre a mesa.

Mariana - “Como assim capturar?”

Professor – “Exemplo: Deixá-la presa no celular.”

Vera - “Muito complicado! Não tenho ideia.”

Os alunos discutem e começam a estabelecer uma relação dialógica em grupo evidenciando a ***Atitude A_3***.

Coulomb – “Coloca o celular sobre a mesa e joga o papel alumínio sobre.”

Professor – “Vamos proceda, capture a onda. (Eles verificam e não funciona).”

Albert – “Acho que enrolar no papel alumínio,... não, primeiro

liga e depois enrola no papel alumínio.”

Professor - “Proceda...”

Após procedimentos os alunos conseguem realizar o objetivo.

(Ficam felizes)...

Nesse momento da aula Coulomb apresenta uma hipótese para solução do problema. Os estudantes trabalharam de forma colaborativa evidenciando a ***Atitude*** A_2 (Trabalhar em grupo de forma colaborativa), testaram suas hipóteses e estruturaram suas ideias por meio da linguagem oral evidenciando o ***Procedimento*** P_1 (Estruturar ideias por meio de desenho, linguagem escrita ou linguagem oral). Logo depois o professor dá prosseguimento à aula.

Professor: Agora, me expliquem esse fenômeno?

Dalton – “O papel não deixa passar cargas...”

Professor – “Cargas?”

Dalton – “Não, Ondas!”

Albert – “Porque quando fechou a onda fica presa lá dentro.”

Vera – “Hummmmmmm...”

Mariana – “O celular recebeu a onda, e quando colocamos o papel alumínio em volta capturamos a onda Vera.”

Podemos observar, acima, uma interpretação da informação **Procedimento** P_5 (Interpretar ideias estruturadas e executar procedimentos) e ao final do diálogo, explico o fenômeno. Por fim, faço uma discussão sobre o que ocorreu depois da atividade, pois, os alunos apresentavam evidências de que a onda elétrica é na verdade onda eletromagnética.

ATIVIDADE 3 – PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL – 6ª Aula

***PRIMEIRO EPISÓDIO*– Verificar se os objetos sobre a mesa estão eletrizados.**

Inicio o episódio com a seguinte pergunta – Como proceder para verificar se os objetos sobre a mesa estão ou não eletrizados utilizando o eletroscópio de folhas.

No início eles discutem entre si e lançam as primeiras hipóteses.

Coulomb – "Encosta o bastão (cano de pvc) nele."

Professor – "Sem encostar Coulomb."

Albert – "Quando nós aproximarmos o bastão perto do eletroscópio às folhas deve abrir certo?"

Mariana – "Então é para fazer as folhas se abrirem."

Professor – "Verificar se os objetos estão eletrizados!"

Coulomb – "Aproxima um do outro se atraírem é porque estão eletrizados!"

Professor – "Sim, mas aproximar quem?"

Albert – "Pode ser o bastão da bexiga?"

Professor – "Sim, mas tenta utilizar o eletroscópio."

Vera e Coulomb – "Pega o bastão e aproxima do eletroscópio."

Albert – "ok! ((Pega o bastão e aproxima, mas nada acontece!))"

Mariana – "Sem cargas!"

Professor – "As folhas não se abriram, pois o bastão está descarregado."

Albert – "Entendi, sem cargas o bastão sem o campo!"

Professor – “Muito bem!”

Neste episódio o aluno Albert nos dá pistas que o eletroscópio é um dispositivo importante para analisar a existência de corpos eletrizados. Ou seja, se as folhas abrem é um indício de um corpo eletrizado. É uma hipótese, portanto evidenciamos o **Procedimento P_3** (Elaborar Hipóteses). Mas este é um entendimento que esperamos que os alunos tenham sobre o funcionamento do eletroscópio e, logo depois, eu direciono e explico sobre o fato do bastão está descarregado e Albert articula suas ideias sobre a compreensão do campo elétrico. Evidenciamos a ***Atitude A_3*** (Buscar o diálogo entre os estudantes respeitando as diferenças) e os ***Procedimentos P_3*** (Elaborar Hipóteses) ***e Procedimento P_5*** (Testar hipóteses). Continuando a problematização sobre eletrização dos corpos lanço a seguinte questão: Como proceder para que as folhas do eletroscópio se abram.

Albert – "Colocar um material eletrizado, o bastão, próximo do eletroscópio."

Vera – "Então esfrega o bastão."

(Mariana eletriza o bastão e aproxima do eletroscópio, as folhas se abrem e temos um momento de alegria).

Vera – "Show! As folhas ficam abertas."

Professor – "Explique porque as folhas se abrem."

Coulomb – "É devido ao atrito!"

Professor – "Não, o atrito é para eletrizar o bastão. "Vera – "O contato."

Professor – "Não, Mariana chegou perto, mas não encostou."

Mariana – "É a indução através do campo."

Professor – "Que campo?"

Mariana – "Campo elétrico."

Nesse episódio podemos observar evidencias dos ***Procedimentos*** P_3 (Elaborar Hipóteses) ***e*** P_5 (Testar hipóteses) e o *conceito* de *campo elétrico* sendo novamente citado. Mas eu como mediador do discurso poderia incentiva-los a fazerem o teste no eletroscópio encostando o bastão no dispositivo e, a partir daí eles analisarem para compreenderem que não se trata só de contato ou só de indução.

Professor - Como proceder para que as folhas do eletroscópio permaneçam abertas?

Vera – "Eu sei! É só encostar que fica!"

Professor – "Proceda."

Mariana – "Pega a lã e atrita no plástico e logo após encosta, encosta plástico no eletroscópio."

As folhas se abrem e permanecem abertas! Alegria por parte dos alunos.

Nesse episódio os alunos resolveram rapidamente o objetivo da atividade, então perguntei o que mantem as folhas do eletroscópio abertas?

Albert – "Porque a bolinha está eletrizada!"

Mariana –"Eu eletrizei a bolinha e ela conduziu através daquele fio ali."

Professor – "Conduziu o que?"

Mariana – "As cargas."

Vera – "E nas folhas uma fica positiva a outra negativa."

Professor – "Não!"

Albert – "Deixa eu falar, eu sei!"

Professor – "Fala!"

Albert – "O isopor na borda do eletroscópio está isolando as cargas."

Professor – "Não!"

Coulomb – "É porque as folhas ficaram com mesma carga."

Professor – "Muito bem, mas não é somente mesma carga, mesmo sinal de carga também. Mas, o que é responsável por deixar as folhas abertas?"

Mariana – "A repulsão."

Professor – "Sim! E repulsão é uma...?

Albert – "Força."

Professor – "Muito bem, força. Mas, vocês devem saber que é uma força do tipo elétrica com sentido de repulsão."

Neste episódio eu nego a hipótese de Albert e sou enfático com o discurso do estudante Vera. Além disso, é nítido o discurso de autoridade (nega qualquer possibilidade de construção a partir da ideia apresentada pelo aluno), mas evidenciamos novamente a ***Atitude*** A_3(Buscar o diálogo entre os estudantes respeitando as diferenças) e os ***Procedimentos*** P_3 (Elaborar Hipóteses) ***e*** P_5 (Testar hipóteses) no qual tivemos o diálogo entre os estudantes respeitando as diferenças e os mesmos testando hipóteses e eu buscando uma única resposta ao perguntar ***E repulsão é uma...?*** e o conceito de força aparecendo novamente.

ATIVIDADE 4 – Através de um objeto eletrizado, induzir cargas elétricas em uma lata de alumínio (refringente) e *guiá-la* como, por exemplo, um carrinho remoto.

Apresento a seguinte pergunta – Como proceder para que a lata de alumínio possa ser guiada por um dos materiais sobre a mesa, porém sem tocá-la. Como se fosse um carrinho de controle remoto.

Albert – "Vamos usar o cano!"

Professor – "Mas, como?"

Albert – "Acho que temos que carregar o cano negativamente."

Mariana – "Também podemos usar as bexigas e o plástico!"

Albert – "Certo, Mariana você carrega o cano e o Coulomb carrega

o plástico e depois é só chegar perto."

Professor – "Perto para que?"

Mariana – "Para guiá-lo!"

Professor – "Porque vocês querem carregar dois objetos para atrair

A lata de alumínio?"

Albert – "Pois, vou carregar os dois com elétrons negativos."

Professor – "Elétrons negativos?"

Albert – "Não, elétrons já são negativos!"

Professor – "Ok! Proceda."

Nesse episódio evidenciamos o ***Procedimento P_3*** (elaborar hipóteses), e as ***Atitudes A_2*** (Trabalhar em grupo de forma colaborativa), e ***A_3*** (buscar o diálogo entre os estudantes respeitando as diferenças)**,** pude notar que os alunos estão mais engajados em resolver as atividades da forma como elas foram colocadas.

(Os alunos iniciam um diálogo)

Coulomb – "Temos o plástico e o cano!"

Mariana – "O cano deve ser melhor."

(Coulomb esfrega o pano no plástico e pergunta): Pode encostar?"

Professor – "Não, só aproximar!"

Mariana toma iniciativa, pega o plástico eletrizado aproxima da lata e começa a guiá-la.

Vera – "Até então só observando, afirma funciona!"

Albert – "Professor, quanto mais leve o material mais fácil de atrair?"

Professor – "Sim, alguém sabe o porquê? Ninguém responde!"

Professor – "Pois, a força de atrito ficaria menor!"

Nesse episódio, como ninguém respondeu a pergunta eu apresento logo a resposta, ao invés de buscar alternativas para que eles respondam e evidenciamos o ***Procedimento P_5*** (Testar hipóteses) e as **Atitudes *A_1***: (Ter um

posicionamento crítico e investigativo perante situação-problema), ***A_2*** (Trabalhar em grupo de forma colaborativa) e ***A_3*** (Buscar o diálogo entre os estudantes respeitando as diferenças), no qual pude observar os alunos interagindo mais entre si e agindo de forma colaborativa para resolver o problema.

Professor – "Lembram o que é força de atrito?"

Mariana – "Força de resistência! È o que freia a latinha"

Professor – "Muito bem! Agora, me explica a física por trás desse experimento."

Albert – "Ao aproximarmos o plástico carregado atraiu a lata!"

Mariana – "É, primeiro atritamos o plástico e depois aproximamos para atrair a lata."

Professor – "Mas, atrair como?"

Coulomb – "Acho que é porque separa as cargas da lata."

Albert – "É por indução!"

Professor – "Ok! Indução, mas através de quem?

Coulomb – "Do campo!"

Professor – "Isso ai o campo elétrico."

Vera – "Entendi, muito legal!"

Após o diálogo, explico que houve indução devido o *campo elétrico* e *força* de atração entre plástico eletrizado e lata induzida.

Percebemos o conceito de *campo elétrico* evidente no discurso dos estudantes e nas questões respondidas pelos alunos após as intervenções. Na Figura 16 apresentada a questão e nas Figuras 17 a 19 as respostas dadas pelos alunos.

Neste experimento são usados os seguintes materiais, lata de alumínio vazia, uma bexiga de assoprar, pano de lã e canos pvc os materiais utilizados neste experimento são de fácil acesso para a realização do mesmo.

Figura 3. Bexiga de assoprar e lata de alumínio

Antes de iniciarmos as perguntas faça a leitura da seção 1.9

Pergunta 1. Recordando as atividades 1 e 2, como proceder para que a lata de alumínio possa ser guiada por um dos materiais sem tocá-los na lata?

Pergunta 2. Explique o fenômeno, como é possível sem tocar na lata fazê-la mover-se? Que interação é essa? Explique.

Figura 16. Pergunta da atividade de número 4.

Na Indução é necessário um item eletrizado que pelas cargas opostas gerará um campo elétrico.

Figura 17. Resposta dada pelo aluno Coulomb.

A lata é guiada por causa do campo elétrico.

Figura 18. Resposta dada pela aluna Vera à Pergunta 1.

Porque o campo induz cargas na lata e a força elétrica atrai.

Figura 19. Resposta dada pelo aluno Albert à Pergunta 2.

Na resposta da Figura 19, podemos observar uma explicação mais correta sobre o fenômeno no qual o grupo fala sobre a indução e posteriormente a atração elétrica.

A partir desse momento, apresentarei a análise dos dados da intervenção computacional no qual foi utilizando um *apple*, “John Travoltagem”, que está disponível no site Phet Colorado (https://phet.colorado.edu/sims/html/john-travoltage/latest/john-travoltage_pt_BR.html). Descrevendo as intervenções realizadas na ordem que aconteceram, busquei compreender o processo de construção da noção de *rigidez dielétrica* por parte dos estudantes.

Iniciei a aula apresentando a seguinte situação problema: “Ao clicar com o mouse no pé de John Travolta e mexer de um lado para o outro o que vocês observam”?

Einstein – “Atritando!”

Professor – “Ok! Mais o quê?

Einstein – “As cargas negativas da terra estão ficando com John”.

Einstein – “Essas cargas vão para a mão dele e gera uma ddp com a maçaneta.”

Vera – “Ai, as cargas saltam para maçaneta”.

Einstein – “Vera, primeiro rompe a rigidez do dielétrico”.

Professor – “E o que é dielétrico”?

Coulomb – “É a resistência do ar”!

Nesse momento os estudantes apresentaram suas hipóteses sobre a questão e, portanto, temos evidenciado o ***Procedimento P₃*** (elaboração de hipóteses) e ***Atitude* A₃** (buscar o diálogo entre os estudantes respeitando as diferenças).

Professor – “O é responsável por romper a rigidez do ar”?

Einstein – “A ddp entre o corpo dele e a maçaneta”.

Professor – “Essa ddp gera o que entre os dois”?

Coulomb – “Estou pensando”!

Professor – “Um campo”!

Vera – “O campo elétrico”!

Professor – “Volta à mão de John para o início e atrita mais. Agora vai aproximando lentamente da maçaneta”.

Coulomb aproxima até romper a rigidez dielétrica do ar.

Professor – “O que faz romper essa rigidez?”

Einstein – “A ddp que gera o campo”.

Professor – “Mas, quando rompe o campo elétrico é...”?

Einstein – “Muito grande, por isso rompe”!

Professor – “Sim, campo muito intenso tornado o ar que é um isolante um condutor”!

Com aplicação da simulação e com a ação mediada e organizada que favorece a formação de conceitos científicos pude perceber que os alunos estão compreendendo os conceitos e de *rigidez dielétrica*, *campo elétrico*, e também sobre o *poder das pontas*. E para justificar melhor essa compreensão, podemos observar nas Figuras 20 a 22 as respostas dadas pelos alunos da pergunta número 1 a seguir.

Pergunta 1. Clique com o mouse na mão de John e afaste da maçaneta o máximo possível. Agora clique no pé e atrite com o carpete por várias vezes, retornando na mão de John, clique e aproxime lentamente observando o resultado. Explique o que acontece utilizando seus conhecimentos adquiridos durante nossas aulas?

Quando atrita-se o pé do John com o carpete, seu corpo fica carregado negativamente, devido ao poder das pontas, a um acumulo de eletrons nas pontas dos dedos. Com isso, quando aproximamos as pontas do dedos perto da maçaneta, ha quebra do dialeto do ar, devido a diferença de potencial. Com isso os eletrons passam das pontas do dedo para a maçaneta.

Figura 20. Resposta dada pela alunaMariana à Pergunta 1.

Primeiramente há o processo de eletrização por atrito, onde a concentração de eletrons fica gigantesca dentro dele, onde ele está isolado da terra e não há a passagem de eletrons. Quando ele aproxima o dedo da massaneta de ferro, os eletrons se concentram no dedo dele, devido o poder das pontas, onde as cargas negativas tendem a querer escapar do corpo, para que haja a neutralização do corpo. E como a diferença de potencial é gigantesca devido a quantidade de carga concentrada no dedo, acaba por romper a rigidez dielétrica do ar, que é a que resiste a passagem de eletron.

Figura 21. Resposta dada pelo aluno Albert à Pergunta 1.

Quando afastamos a mão de John transaltagem e atritamos o pé dele ao carpete, há o acumulo de eletrons em malta, se acumulamos uma grande carga elétrica há o aumento do campo. Quando aproximamos a mão dele na maçaneta acorre o rompimento dielétrico do ar descarregando o John.

Figura 22. Resposta dada pelo aluno Coulomb à Pergunta 1.

Após término da aplicação do material que constava de três partes: parte teórica, parte com as atividades experimentais e atividade com simulação computacional. Apliquei cinco atividades abertas na tentativa de buscar mais respostas da dimensão conceitual.

Peço aos alunos que falem de forma resumida quais foram os objetivos das atividades.

Mariana – "Estudar a eletrização!"

Professor –"E quais foram os processos de eletrização?"

Mariana –"Indução, através do campo."

Albert – "Contato."

Professor – "Como funciona a eletrização por contato?"

Albert – "troca de elétrons."

Vera – "Atrito, quando esfregamos materiais diferentes!"

Professor – "Mas, para eletrizarmos por atrito era necessário o que?"

Mariana – "Velocidade.!

Albert – "Energia para troca de elétrons."

Mariana – "Sim, isso que eu ia falar, porque mais velocidade mais energia."

Após análise das atividades foi observado que os objetivos desse trabalho foram alcançados. Analisamos os conceitos de eletrostática compartilhados na sala de aula e a aquisição de atitudes e procedimentos de estudante ao longo das intervenções. Os alunos afirmaram que o novo método de ensino é mais eficaz, pois eles podem questionar mais e realizar o experimento, investigar, para verificar se suas hipóteses estão corretas. Além de terem posicionamento crítico em relação à opinião dos outros.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante o meu ensino médio pensava que o estudo de ciência era somente para aprender leis básicas, fórmulas e passar no vestibular. Na graduação basicamente a mesma coisa, aprender leis básicas, fórmulas e passar em um concurso público. No momento em que comecei a lecionar percebi que a influência do professor e os métodos de ensino modificavam pensamentos e opções dos alunos em diversos níveis. Mesmo assim, até o momento da minha formação continuada, não mudei em quase nada os meus métodos de ensino. Continuei com minhas aulas expositivas e às vezes montava um experimento, com objetivo de incentivar os alunos em sala. Eu não entendia que o aprendizado é um processo que demanda certo tempo, que envolve negociações de significados entre os participantes e que é importante à interação social, motivo este de termos nos baseados nas ideias socioculturais de Vigotski pois, dessa forma, passamos a ter negociação de significados entre os alunos/alunos e alunos/professores e é uma forma de obtermos aprendizagem em ciências.

Assim, em minha pesquisa de mestrado, pude repensar os meus métodos de ensino, pois alguns referenciais teóricos me permitiram perceber o que me afligia e a falta de participação dos alunos durante minhas aulas. Aprendi muitas coisas, passei a ouvir mais os alunos, a deixá-los pensar antes de fornecer respostas prontas, percebi que eles devem aprender ciência para se tornarem cidadãos capazes de tomar decisões a respeito do mundo que nos rodeia, e que para enfrentar o futuro que está por vir é necessário que o ensino de ciência alfabetize-os cientificamente.

Pensando nesses desafios o ensino por investigação, em minha opinião, pareceu a melhor solução para maioria desses problemas, pois com as atividades investigativas é possível fazer com que o aluno tenha oportunidade de discutir, comunicar e expor suas hipóteses, críticas, seja em pequenos ou grandes grupos.

Por outro lado, trabalhar nessa perspectiva investigativa não foi uma tarefa das mais fáceis, pois a mudança de postura de um professor acostumado com

aulas extremamente expositivas para ser aquele que questiona, problematiza e sistematiza a partir dos conhecimentos produzidos nas atividades investigativas, foi árdua. Também destaco a dificuldades dos alunos, que estavam acostumados com a velha e tradicional ideia do professor de Física dando o conteúdo com muitas fórmulas para resolução dos exercícios.

Entretanto, pude perceber a partir dos resultados, que os alunos tiveram a possibilidade de inserção em uma cultura científica, tão importante para o indivíduo em nossa sociedade (SOUZA; SASSERON, 2012). Esses resultados também apontaram que a atividade investigativa, do modo como foi conduzida, possui potencial para desenvolver algumas dimensões conceituais, atitudinais e procedimentais como, por exemplo: trabalhar em grupo de forma colaborativa, buscar o diálogo entre os estudantes respeitando as diferenças, estruturar ideias por meio de desenho, linguagem escrita ou linguagem oral, e elaboração de hipóteses e testes das mesmas. Sendo que os conceitos atribuídos em eletrostática durante as intervenções pode ter vindo da experiência de vida do aluno ou por construções que refletem o discurso do meio social. Como exemplo de conceitos durante as atividades evidenciamos: força elétrica, campo elétrico, calor e transformações de energia: cinética em calor que no nosso caso foi uma concepção alternativa – sensação térmica.

Portanto, considerando o objetivo da pesquisa, verifiquei a possibilidade de visualizar acertos e insucessos em sua realização. No entanto, com essa formação continuada posso afirmar que as aulas ministradas por mim passam a ter mais fundamento, ter diálogos entre aluno/aluno e aluno/ professor.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004. p.19-33,

AUDINO, D. F.; OLIVEIRA, F. **Relatos da Experiência de Desenvolvimento do Objeto de Aprendizagem de Geografia** "O Efeito da Ação Humana Nos Solos". In: ENCONTRO NACIONAL DOS GEÓGRAFOS, XVI. Anais. Porto Alegre, 2010.

BARRA, V. M.; LORENZ, K. M. **Produção de materiais didáticos de Ciências no Brasil**, período: 1950-1980. Ciência e Cultura, São Paulo, v. 38, n. 12, p. 1970-83, dezembro de 1986.

BARROW, L. H. A brief history of inquiry: from Dewey to standards. **Journal of Science Teacher Education**, v.17, n.3, 2006. p.265-278.

BORGES, A. T. Novos Rumos Para o Laboratório Escolar de Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino Física**, v. 19, n. 3, dez. 2002. p.291-313.

BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais**: ciências naturais. Brasília: MEC/SEF, 1997.

CALÇADA C.S, SAMPAIO J.L, **Física Clássica**: **Eletricidade**, Atual Editora 1998, São Paulo SP, ISBN 85-7056-879-7

CARVALHO, A. M. P. O ensino de Ciências e a Proposição de Sequências de Ensino Investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. (org.). **Ensino de Ciências por Investigação**: Condições para Implementação em Sala de Aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

CARVALHO, Ana. Maria Pessoa. Critérios estruturantes para o Ensino de Ciências. 1-17, 2004. In: CARVALHO, Ana Maria Pessoa (org.); **Ensino de**

Ciências, Unindo a Pesquisa e a Prática. São Paulo: Cengage Learning, 2009.

CARVALHO, A. M. P; SASSERON, L. H. Alfabetização Científica: Uma Revisão Bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16(1), 2011. p. 59-77.

CREPALDE, R. S.; AGUIAR JR., O. G. A formação de conceitos como ascensão do abstrato ao concreto: da energia pensada à energia vivida. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, V18(2), p. 299-325, 2013.

DAHER, A. F. B. **Aluno e Professor**: Protagonistas do Processo de Aprendizagem. Mato Grosso do Sul: 2008.

DEBOER, G. E. Historical Perspectives on Inquiry Teaching in Schools. In: FLICK, L. B.; LEDERMAN, N. G. (Eds.). **Scientific inquiry and nature of science**: Implications for teaching, learning, and teacher education Dordrecht: Springer, 2006. p. 17-35.

DEMO, P. Pesquisa: **Princípios científico e educativo**. 2. ed. São Paulo: Cortez: Autores Associados, 1991.

DEWEY, J. **Democracia e Educação**: Introdução à Filosofia da Educação. 3. ed. São Paulo: Comp. Ed. Nacional, 1959.

DRIVER, R; ASOKO, H; LEACH, J; MORTIMER E; SCOTT, P. **Construindo conhecimento científico na sala de aula.** Pesquisa no ensino de química. O Aluno em Foco. N. 9, maio de 1999.

DUARTE, N. A Anatomia do Homem é a Chave da Anatomia do Macaco: a dialética em Vygotsky e em Marx e a questão do saber objetivo na educação escolar. **Educação & Sociedade**, ano XXI, n. 71, 2000.

FERRARO N.G, JUNIOR F R, SOARES P. A. T, **Os Fundamentos da Física 3**, Editora Moderna, 10ª edição, São Paulo SP, 2009.

FREITAS, A. A Base Nacional Comum Curricular e a educação banqueira. **O problema da influência de agentes privados na construção dos conteúdos mínimos a serem ensinados nas escolas brasileiras.** Sáo Paulo, 2016.

GABRE, S. **Contribuições da pesquisa intervenção na construção de um projeto educativo no museu de arte: pensando a mediação cultural para a pequena infância**. Seminário de pesquisa em educação da região sul. IX ANPED SUL, 2012.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6.ed. São Paulo: Atlas, 2008.

HEWITT P. G.; **Física Conceitual**, Editora Bookman, 11ª edição, São Paulo SP, ISBN 978-85-7780-890-8, 2012.

_____. Índice de Desenvolvimento da Educação Básica Disponível em: <http://ideb.inep.gov.br/resultado/resultado/resultadoBrasil.seam?cid=4267055 >. Acesso em: 18 jan. 2016.

LEITE, V. L. **O Estudo das Diversas Formas de Produção de Energia em uma Abordagem CTSA**: Buscando Indícios de Alfabetização Científica de Estudantes do Ensino Médio**.** Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória 2015.

LEITE, S. A.; TASSONI, E. C. M. A Afetividade em Sala de Aula: As Condições de Ensino e a Mediação do Professor. In: AZZI, R. G.; SADALLA, A. M. F. A. (Org.). **Psicologia e formação docente**: desafios e conversa. São Paulo: Casa do psicólogo, 2002.

MACHADO, V. C. Considerações a respeito da pesquisa educacional brasileira e das investigações de tipo etnográfico e sua relação com a geografia. **Revista Percurso-NEMO**. Maringá, v.2, n.2, p.163-180, 2010.

MORTIMER, E.F. **Evolução do Atomismo em Sala de Aula:** Mudança de Perfis Conceituais. 292 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. H. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 7, n. 3, 2002. p. 283-306.

MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. de C. Ensinar Ciências por Investigação: Em quê Estamos de Acordo? **Revista Ensaio**, v. 1, 2007.

NRC (*National Research Council*) *National Science Education Standards*: observe, interact, change, learn. Alexandria, Virginia: National Academy Press. 1996.

_____. Olimpíada Internacional de Física Disponível em: < http://www.olimpiadascientificas.com/olimpiadas/olimpiadas-de-fisica/ipho/ > Acessado em 12 de fevereiro de 2016.

OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. H. **Teorias de Aprendizagem:** Texto Introdutório. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Física, 2010.

KRASILCHIK, M. **Reformas e Realidade e:** O Caso do Ensino das Ciências. São Paulo em Perspectiva, v. 14, n. 1, 2000. p. 85-93.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. **A Aprendizagem e o Ensino de Ciências**: do Conhecimento Cotidiano ao Conhecimento Científico. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

_____. Programa de Avaliação da Educação Básica do Espírito Santo Disponível em: < http://www.paebes.caedufjf.net/ > Acessado em 18 de Janeiro de 2016.

RODRIGUES, B.A.; BORGES, A.T. O Ensino de Ciências por Investigação: **Uma Reconstrução Histórica**. Anais do XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. Curitiba, 2008.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social**: métodos e pesquisa. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1989.

SANDOVAL, W. A. Understanding students ’practical epistemologies and their influence on learning through inquiry. **Science Education**, v.89, n.4, p. 634-656, 2005.

SÁ, E. F. **Discursos de Professores Sobre o Ensino de Ciências por Investigação**. 2009. Nº fl. 203 Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação da UFMG, Belo Horizonte, 2009.

SÁ, E. F. de; PAULA, H. de F; LIMA, M. E. C.; AGUIAR, O. G. de. **As Características das Atividades Investigativas Segundo Tutores e Coordenadores de um Curso de Especialização em Ensino de Ciências.** In: Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, 6, Florianópolis, SC, Atas..., 2007.

SATO, Leny. Pesquisar e Intervir: **Encontrando o caminho do meio**. In: CASTRO, L. R de e BESSET, V. L. (Orgs.) Pesquisa-intervenção na infância e juventude. NAU: Rio de Janeiro, 2008

SCARPA, D.L. & MARANDINO, M. Pesquisa em ensino de Ciências: **Um estudo sobre as perspectivas metodológicas**. Em Atas do II Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Cd-rom. Porto Alegre: IF-UFRGS, 1999.

SOSTERIC, M.; HESEMEIER, S. **When is a Learning Object not an Object:** A first step towards a theory of learning objects. International Review of Research in Open and Distance Learning, [S.l:s.n], v.3, n.2, out. 2002.

SOUZA, V. F. M.; SASSERON, L. H. **As Interações Discursivas no Ensino de Física**: a promoção da discussão pelo professor e a Alfabetização Científica pelos alunos. Ciência e Educação, v. 18, n. 3, 2012, p. 593-611.

SILVA JUNIOR, J. M. **A construção de Conhecimentos Científicos nas Aulas de Física Utilizando Atividades Investigativas**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória 2015.

TRAZZI, P. S.S. **Ação mediada em aulas de Biologia**: um enfoque a partir dos conceitos de fotossíntese e respiração celular. 2015. 178f. Tese de Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Vitória, 2015.

TRAZZI, P. S.S; OLIVEIRA, I. M. **A ação mediada no processo de formação dos conceitos científicos de fotossíntese e respiração celular em aulas de biologia:** Investigações em Ensino de Ciências**.**

TRÓPIA, G. **Percursos históricos de ensinar ciências através de Atividades investigativas no século xx**. Encontro Nacional de pesquisa em Educação em Ciências. Florianópolis, 2009.

VIEIRA, F. A. C. **Ensino por Investigação e Aprendizagem Significativa Crítica:** Análise Fenomenológica do Potencial de uma Proposta de Ensino**.** Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, 2012.

VYGOTSKI, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. São Paulo, SP: Martins Fontes, 2009.

VYGOTSKI, L. S. **Pensamento e linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 1987. **A Formação Social da Mente:** O Desenvolvimento dos Processos Psicológicos Superiores. São Paulo: Martins Fontes, 2003.

WARDE, M. O papel da pesquisa na pós-graduação em educação. **Cadernos de Pesquisa**. São Paulo (73): p. 67–75, maio de 1990.

ZABALA, A. **A prática Educativa:** Como Ensinar. Tradução: Ernani F. da Rosa. Porto Alegre: Artmed, 1998.

ZÔMPERO, A. F.; LÁBURU, C. E. **Atividades Investigativas no Ensino de Ciências: Aspectos Históricos e Diferentes Abordagens**. Revista Ensaio, Belo Horizonte, v. 13, n. 03, set./dez. 2011. p. 67-80.

7. APÊNDICES

Apêndice I

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado(a) para participar, como voluntário(a), do Projeto de Pesquisa sob o título "O ensino de eletrostática em uma perspectiva investigativa". Após receber os esclarecimentos e as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável. Em caso de recusa, você não sofrerá qualquer tipo de penalidade, de forma alguma. Em caso de dúvida sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com qualquer um dos responsáveis pela pesquisa: Prof Rovilson de Oliveira Mota (Física-IFES-Linhares); email: rovilso.mota@ifes.edu.br e com o orientador da pesquisa Prof Dr. Geide Rosa Coelho (UFES) pelo telefone: (27) 4009-2543, e-mail: geidecoelho@gmail.com. Nesse trabalho, vamos desenvolver uma sequência de ensino investigativa com abordagem em eletrostática e compreender como os conceitos espontâneos de eletrostática dos estudantes são estruturados a partir dos conhecimentos específicos na sala de aula e também analisar a aquisição de atitudes e procedimentos de estudante ao longo da intervenção.

. A coleta de dados será feita na escola (IFES-Linhares) durante as aulas, que poderão ser gravadas em vídeo e/ou áudio e posteriormente utilizadas e analisadas unicamente com o intuito desta pesquisa, não havendo qualquer repasse a terceiros com intuito comercial/financeiro.

Esclarecemos ainda que não haverá nenhum tipo de pagamento ou gratificação financeira pela sua participação. Garantimos também sigilo que assegura a sua privacidade quanto aos dados confidenciais envolvidos na pesquisa. E reiteramos mais uma vez que você tem toda liberdade de se recusar a participar ou retirar seu consentimento, em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado.

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO SUJEITO DA PESQUISA

Eu, _____, abaixo assinado, concordo em participar do estudo como sujeito. Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pelo pesquisador profº Rovilson de Oliveira Mota sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios, caso existam, decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade

Local e data _____,____ de Fevereiro de 2016.

_____

Assinatura do participante

_____

Assinatura do responsável legal

Eu, profº Rovilson de Oliveira Mota, obtive de forma voluntária o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido do sujeito da pesquisa ou representante legal para a participação da pesquisa.

_____

(Aluno:)

Apêndice II

Produto de mestrado
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

CAMPUS LINHARES

Avenida Filogônio Peixoto, Nº 2220 - Aviso – 29901-291 – Linhares –ES

27 3264-5700

Conceitos e atividades de investigação em eletrostática

Por

Rovilson de Oliveira Mota

Rovilson.mota@ifes.edu.br

sob a orientação de

Prof. Dr. Geide Rosa Coelho

geidecoelho@gmail.com

APRESENTAÇÃO

Aluno (a),

Esta Unidade de Ensino Investigativa aborda de forma sucinta conteúdos de Eletrostática privilegiando o ensino por investigação nas dimensões: conceitual, procedimental e atitudinal dos estudantes de nível médio. O material proposto neste trabalho é destinado a vocês e tem como objetivo auxiliar o desenvolvimento das atividades de investigação em sala de aula, com a utilização de experimentos, e recursos computacionais para favorecerem sua aprendizagem.

Prof. Rovilson de Oliveira Mota

INTRODUÇÃO

Esta Unidade de Ensino Investigativo é fruto do Programa de Pós-Graduação em ensino de Física Mestrado Profissional em ensino de Física Polo 12 – UFES– MNPEF e foi aplicada no Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Linhares.

A Unidade está dividida em Três partes:

- ✓ A Primeira: Um texto de apoio sobre eletrostática baseado em minha vida acadêmica e experiência lecionando, e três livros didáticos que foram selecionados durante as disciplinas do mestrado: (i) Física Clássica de Caio Sérgio e José Luiz (2004); Física Conceitual de Paul G. Hewitt (2012) e Os Fundamentos da Física de Ramalho, Nicolau e Toledo (2009) abordando assunto do cotidiano do aluno mostrando a importância da física no seu dia-dia. Este texto encontra-se nos Conceitos e Atividades de Investigação Básica em Eletrostática do Apêndice II desta dissertação.

- ✓ A Segunda: Apresentam cinco atividades investigativas na tentativa, onde: cada uma das atividades propunha a apresentar uma questão problema (geralmente a última pergunta que fechava a atividade) que potencializava a articulação de evidência com a teoria, que encaminha os estudantes para o teste de hipóteses, estimulasse o debate e argumentação na sala de aula. Essas dimensões caracterizam a atividade investigativa. Por isso, as atividades se aproximam mais da perspectiva da questão aberta de Azevedo (2004) do que do laboratório aberto, apesar das situações experimentais envolvidas.

- ✓ A terceira: qualitativas para aplicação dos conhecimentos conceituais compartilhados na sala de aula ao longo da intervenção.

•

PARTE I - MODELO PLANETÁRIO DO ÁTOMO

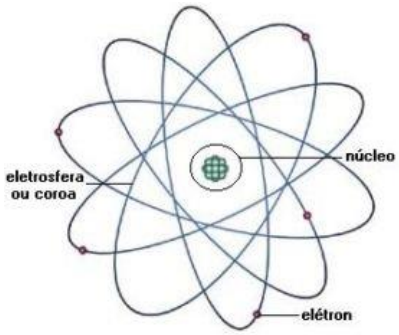


Figura 1. Modelo planetário do átomo. Fonte: http://www.infoescola.com/quimica/modelo-atomico-de-rutherford/

A matéria é constituída por átomos o qual pode ser dividido inicialmente em três partículas, prótons, elétrons e nêutrons.

Núcleo
- Prótons (trocam ações elétricas de atração ou de repulsão
- Nêutrons (não trocam ações elétricas de atração ou de repulsão)

Eletrosfera
- Elétrons (trocam ações elétricas de atração ou de repulsão)

PRINCÍPIO FUNDAMENTAL DA ELETROSTÁTICA

Através de várias experiências e observações como as de Charles Augustin Coulomb (ex: realizou uma experiência histórica com uma balança de torção para determinar a força exercida entre duas cargas elétricas), foi possível comprovar que próton repele próton, elétron repele elétron, e que próton e elétron se atraem mutualmente. Lembrando que os nêutrons não manifestam ações elétricas, logo não atraem ou repelem outra partícula.

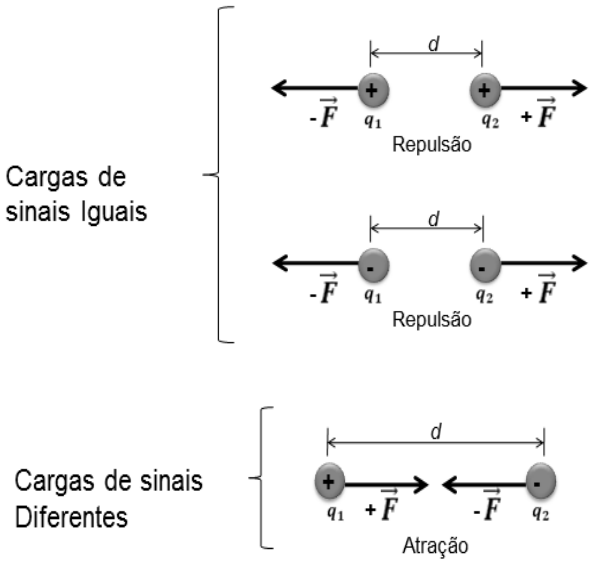


Figura 2. Princípio Fundamental da Eletrostática

Assim conclui-se que, prótons e elétrons apresentam uma propriedade chamada carga elétrica, a qual não está presente nos nêutrons.

Convencionou então, chamar os prótons portadores de cargas positivas (+) e elétrons portadores de cargas negativas (-).

E o corpo neutro? Bom, quando um átomo apresenta o número de prótons igual ao número de elétrons, ele não manifesta propriedade elétrica. Diz–se então que o átomo é eletricamente neutro quando os efeitos das propriedades elétricas das cargas de mesma magnitude e opostos, logo cancelados. Mas, se o átomo perde elétrons de sua eletrosfera, o número de prótons será maior e ele passará a manifestar propriedades elétricas positivas, tornando–se um íon positivo.

Se o átomo recebe elétrons em sua eletrosfera, o número de prótons será menor e ele passará a manifestar propriedades elétricas negativas, tornando–se um íon negativo.

Importante: Quando o número de prótons é maior que o número de elétrons, o corpo está eletricamente positivo e quando o número de prótons é menor que o número de elétrons, o corpo está eletricamente negativo. No corpo eletricamente neutro, número de prótons é igual ao número de elétrons.

CARGA ELEMENTAR

Em 1909, Millikan com a experiência da gota de óleo (Esta importante experiência tinha como propósito ver se a carga elétrica possuía um valor elementar ou se este não existia e a carga se distribuía continuamente onde observava o movimento de pequenas gotas de óleo carregadas) conseguiu medir a carga do elétron analisando cuidadosamente forças gravitacionais e elétricas, encontrando o valor elementar (menor quantidade de carga elétrica encontrada na natureza) e = $1{,}6.10^{-19}$ coulomb (C). Sendo a carga do próton igual em módulo a do elétron então, podemos escrever:

$Q_{próton} = + 1{,}6.10^{-19}$ C e $Q_{elétron} = - 1{,}6.10^{-19}$ C.

Curiosidade

Os prótons e nêutrons são formados por partículas ainda menores, os quarks!

“Mais recentemente, em 1964, o norte-americano Murray Gell-Mann (1929-), que ganharia o Prêmio Nobel de 1969, sugeriu outra hipótese: a matéria poderia ser subdividida em partes ainda menores, chamadas por ele de quarks. Atualmente sabe-se que existem seis tipos de quarks. Desse total, apenas dois entram na composição de prótons e nêutrons. Os demais existiram apenas nos primeiros momentos da criação do Universo e só podem ser recriados dentro dos aceleradores de partículas. Os aceleradores são longas pistas circulares onde os físicos lançam pedaços minúsculos de matéria, uns contra os outros” (www.algosobre.com.br/fisica/quarks.html).

Para formar os prótons e nêutrons é necessário juntar quarks do tipo UP e DOWN nos quais possuem cargas fracionadas do valor elementar, UP + 2/3(e) e Down – 1/3 (e). A formação pode ser observada com a figura abaixo:

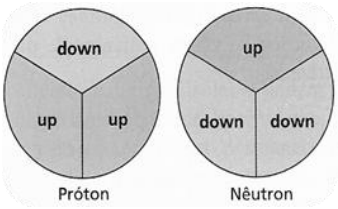


Figura 3. Representação esquemática dos quarks

PRINCÍPIO DA CONSERVAÇÃO DA CARGA ELÉTRICA

Um dos pontos da física estática é que os elétrons são simplesmente transferidos de um material para outro. Assim a carga pode ser conservada para baixos níveis de energias. Para todos os eventos, seja de larga escala ou de nível atômico ou ainda molecular, sempre foi verificado este princípio, chamado de conservação da carga elétrica.

Exemplo 1: Três corpos eletrizados em um sistema isolado.

$Q_A = -5q$	$Q_B = +2q$
$Q_C = 0$	

Sistema isolado

$$\Sigma Q_{Antes} = Q_A + Q_B + Q_C$$
$$\Sigma Q_{Antes} = (-5q) + (+2q) + (0)$$
$$\Sigma Q_{Antes} = -3q$$

Observe que no interior da fronteira do sistema, o somatório das cargas é -3q e após algum processo de eletrização devemos ter o mesmo resultado o que pode ser observado.

$Q`_A = -2q$	$Q`_B = +2q$
$Q`_C = -3q$	

Sistema isolado

$$\Sigma Q`_{Depois} = Q`_A + Q`_B + Q`_C$$
$$\Sigma Q`_{Depois} = (-2q) + (+2q) + (-3q)$$
$$\Sigma Q`_{Depois} = -3q$$

Assim, para um sistema eletricamente isolado, pode-se escrever:

- $$\Sigma Q_{Antes\ \ das\ \ trocas} = \Sigma Q_{Depois\ \ das\ \ trocas}$$

CORPO ELETRIZADO - QUANTIZAÇÃO DA CARGA DO ELÉTRON

Um corpo eletrizado é aquele que possui excesso ou falta de e elétrons e terá um múltiplo inteiro da carga elétrica elementar (e), dado pela Equação 1.

$$Q = \pm n.e \qquad (1)$$

Coloca–se (+) para o caso de falta de elétrons e (-) para excesso.

Onde Q é a quantidade de carga elétrica de um corpo, n a diferença entre o número de elétrons e prótons e e a é carga elementar $1{,}6.10^{-19}$C.

O que significa quantizar? Resposta: Que só pode assumir valores discretos, ou seja, só pode assumir valores inteiros, múltiplos inteiros da carga fundamental (e).

Cargas elétricas possuem valores muito pequenos, então para facilitar foram criados os submúltiplos. Os mais usuais são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Submúltiplos da unidade de carga elétrica

Submúltiplo	Símbolo	Valor
Milicoulomb	mC	10^{-3} C
Microcoulomb	μC	10^{-6} C
Nanocoulomb	nC	10^{-9} C
Picocoulomb	pC	10^{-12} C

PROCESSOS DE ELETRIZAÇÃO

A eletrização consiste basicamente em transferir elétrons de um corpo para o outro. Isso pode ser feito utilizando alguns métodos, os mais comuns são atrito, contato ou indução. Lembrando, condutores: São materiais que permite com maior facilidade que a corrente elétrica circule por ele. Isolantes (ou dielétricos): materiais que não permite que a corrente elétrica circule por ele com facilidade.

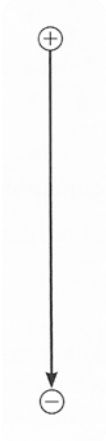
Eletrização por Atrito

Para a eletrização por atrito devemos esfregar (atritar) dois materiais isolantes e diferentes de modo que haja geração de energia, o que irá provocar a movimentação de elétrons da superfície de um corpo para outro. Um dos corpos (isolantes) irá receber elétrons (ficará eletricamente negativo) e o outro irá ceder elétrons (ficará eletricamente positivo). Assim, ficaram carregados com cargas de mesmo módulo, mas com sinais opostos.

Para saber os sinais (positivo ou negativo) das cargas dos corpos basta analisar a série tribo elétrica (tabela ordenada de substância) que fornece uma sequência de nomes em ordem tribo elétrica, apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Série tribo elétrica

Série tribo elétrica
Pele de coelho
Vidro
Cabelo humano
Mica
Lã
Seda
Algodão
Âmbar
Ebonite
Plástico



Podemos observar pela Tabela 2, que a pele de coelho possui uma maior facilidade de ceder elétrons ou o plástico de receber elétrons.

Exemplo 2: Atritando um bastão de vidro em um pano de lã, inicialmente neutros, podemos observar pela série tribo elétrica que, o vidro cede elétrons e a lã recebe os elétrons, Figura 4.

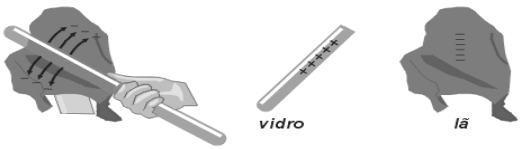


Figura 4. Eletrização por atrito

Fonte: http://coral.ufsm.br/hans/?p=932

Atritando um bastão de ebonite e um pano de lã, inicialmente neutros, podemos observar pela série triboelétrica que, a ebonite recebe elétrons e a lã cede os elétrons, Figura 5.

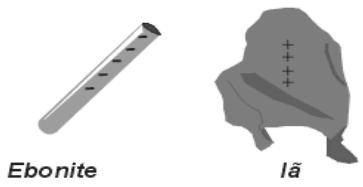


Figura 5. Eletrização por atrito
Fonte: http://coral.ufsm.br/hans/?p=932

É importante observar que, de acordo com o princípio da conservação da carga elétrica, se um dos corpos eletrizados adquiriu carga + q, o outro deverá ter adquirido carga - q.

Eletrização por Contato

Neste caso os corpos são bons condutores para que as cargas elétricas se espalhem pela superfície. Não há energia disponível, mas através da diferença de potencial é possível eletriza-los. Os elétrons migram do corpo de menor para o maior potencial até que se obtenha o equilíbrio (mesmo potencial elétrico). Após o contato a carga elétrica fica com mesmo sinal.

O que é diferença de potencial elétrico? Essa grandeza chamada diferença de potencial é responsável por movimentar cargas elétricas de um ponto para outro. Os elétrons, por exemplo, deslocam–se do menor para o maior potencial. A carga elétrica entre dois materiais após serem atritados armazena certa quantidade de energia potencial elétrica. Assim, por definição, potencial elétrico associado ao ponto é a razão entre a energia potencial da carga e o valor numérico da quantidade de carga. Essa energia é semelhante à energia potencial gravitacional, por exemplo, uma esfera é solta de certa altura, ela cai em direção à terra devido à influência da força de origem gravitacional, embora neste caso não exista repulsão gravitacional, pois as cargas são consideradas puntiformes (tamanho desprezível).

Exemplo 3: Colocando um condutor eletrizado positivamente (A) em contato com um condutor neutro (B), verifica–se que parte dos elétrons de (B) irão migrar para o corpo (A), que possui maior potencial elétrico até alcançar o equilíbrio, Figura 6.

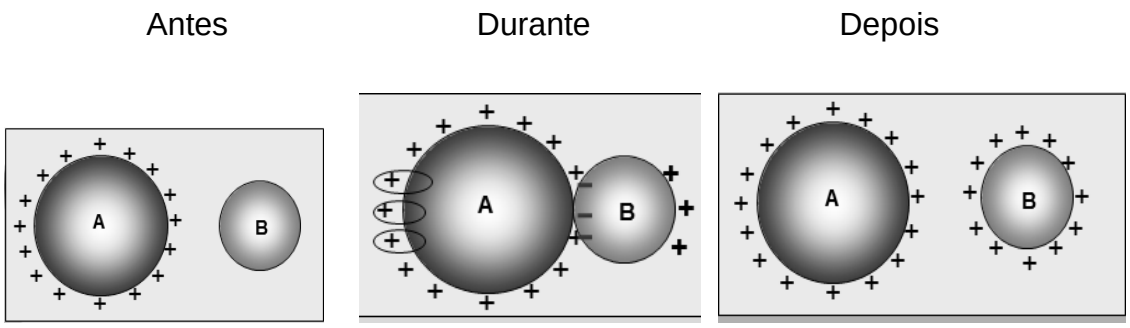


Figura 6. Eletrização por contato

Observe que após o contato os corpos ficam com o mesmo sinal.

Exemplo 4: Colocando um condutor eletrizado negativamente (A) em contato com um condutor neutro (B), verifica–se que parte dos elétrons de (A) irão migrar para o corpo (B) que possui maior potencial elétrico, até entrar em equilíbrio eletrostático, Figura 7.

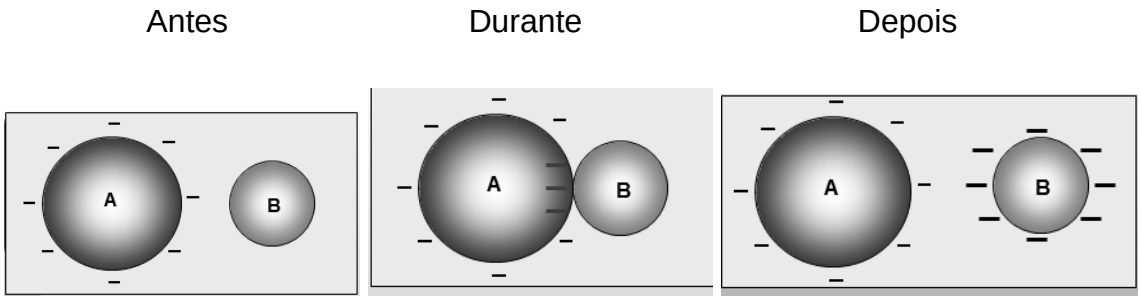


Figura 7. Eletrização por contato

Observe novamente que após o contato, os corpos ficam com cargas de mesmo sinal.

Observação importante: Se B for um material isolante, a carga não se espalha por sua superfície, conserva-se na região do contato.

Em casos particulares, de condutores com o mesmo formato, após o contato cada esfera vai ficar com metade da carga inicial, Figura 8 e para calcular basta fazer a média aritmética, isso só é válido para sistemas isolados.

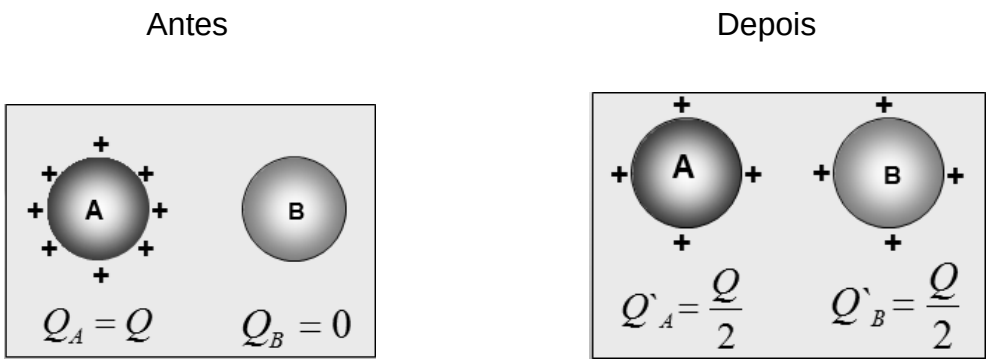


Figura 8. Eletrização por contato

Eletrização por Indução

Neste caso, temos uma “separação” de cargas elétricas em um condutor, sem que ele tenha contato, somente uma aproximação entre o indutor e o induzido.

Indutor: corpo carregado, que, devido ao seu campo elétrico induz movimentações de cargas em outros corpos da vizinhança pode ser constituído de substância isolante ou condutora, Figura 9.

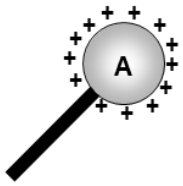


Figura 9. Indutor A

Induzido: corpo geralmente descarregado que ficará no final da indução com carga oposta ao indutor e deve ser constituído de material condutor, Figura 10.

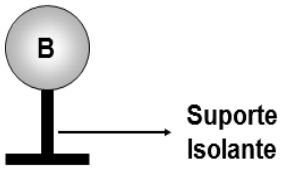


Figura 10. Induzido B

Aproximando um indutor (A) carregado positivamente do corpo (B) temos a indução (separação) das cargas elétricas, como é ilustrado na figura 11.

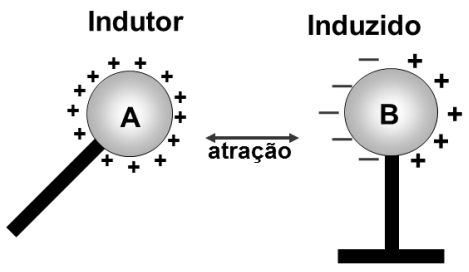


Figura 11. Processo de indução

Observe que, no induzido, teremos iguais quantidades de cargas, porém sinais opostos, ou seja, o lado esquerdo possui –q o lado direito +q e vice-versa.

Ligando-se o induzido a terra pelo lado das cargas positivas, os elétrons sobem pelo fio terra, atraídos pelas cargas positivas do próprio induzido, neutralizando este lado e aumenta ainda mais o excesso de cargas negativas do lado esquerdo, como apresentado na Figura 12.

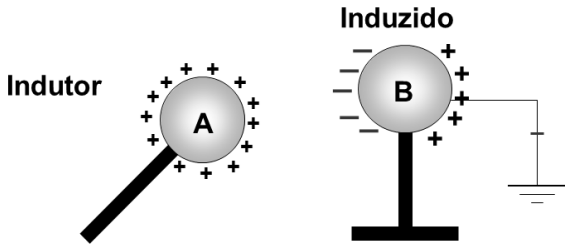


Figura 12. Processo de indução

Desfazendo a ligação com o fio terra, temos a nova configuração, Figura 13.

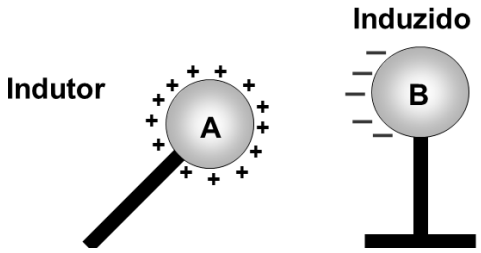


Figura 13. Processo de indução

Se afastarmos o indutor, o induzido toma a nova configuração devido à repulsão dos elétrons em sua superfície, ficando com sinal de sua carga oposto ao do indutor.

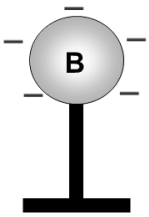


Figura 14. Configuração final do induzido

Observação: Se o indutor estiver carregado com carga elétrica negativa (excesso de elétrons) o processo de indução é o mesmo que o descrito anteriormente, entretanto, com os elétrons descendo para a terra, porém com as configurações de sinais opostas. Assim, no final o induzido ficaria como na Figura 15.

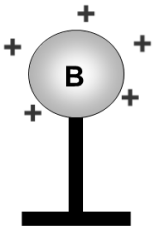
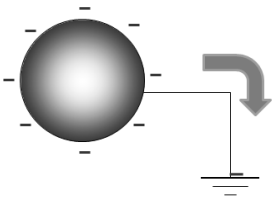
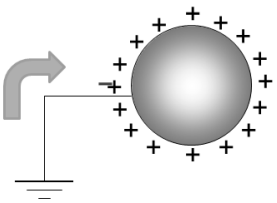


Figura 15. Configuração final do induzido

Ligação do fio terra com o condutor



Quando a carga do condutor é negativa, ele será “descarregado” porque seus elétrons em excesso descerão para terra.



Quando a carga do condutor é positiva, ele será “descarregado” pelos elétrons que subirão da terra.

Figura 16. Ligação a terra

Observação: Indução para isolantes

Quando um corpo eletrizado aproxima-se de um corpo isolante, os elétrons não se movimentam como nos condutores, mas há, em cada molécula, uma pequena separação entre as cargas positivas e negativas denominada polarização.

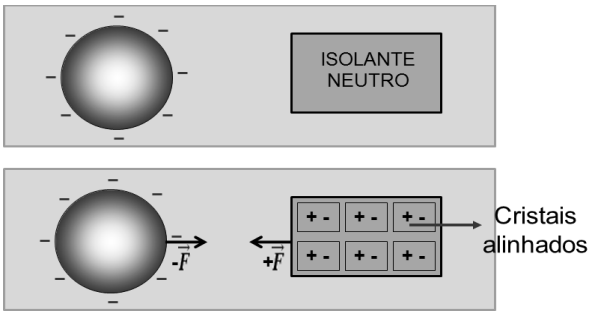


Figura 17. Configuração final do isolante induzido

ELETRIZAÇÃO NO DIA-A-DIA

Em nosso cotidiano, são muitas as ocorrências de eletrização estática, por exemplo:

Eletrização das nuvens – raios e relâmpagos

Partículas de granizo, gelo ou água das nuvens se eletrizam por atrito uma com as outras e com as moléculas que constituem o ar. Assim, com as nuvens carregadas temos indução elétrica com a terra, ou entre nuvem-nuvem, gerando um grande campo elétrico (intensidade máxima do campo elétrico que um dielétrico, isolante, pode suportar sem tornar-se um condutor de eletricidade [“ruptura dielétrica”]) entre terra e nuvem quebrando a rigidez dielétrica, isolante, do ar. A partir dai, temos os raios entre terra e nuvem ou entre nuvem e terra.

Figura 18. Raio caindo em cidade
Fonte: http://www.curtomeubairro.com.br/rs/guri-sistemas-contra-incendio/mural/para-raios-spda

Eletrização de veículos

Carros, caminhões, aviões, e outros se eletrizam por atrito quando, em movimento, o ar se arrasta nas laterais dos veículos atritando-o. Se o dia estiver mais seco, fica mais evidente, pois o ar seco é um bom isolante e dificulta a descarga. Ao sair do veículo, o condutor em contato com o mesmo leva um choque, pois as cargas em excesso escoam para a terra para entrar em equilíbrio.

No caso dos aviões, filamentos metálicos são colocados nas asas para escoamento das cargas e assim previne acidentes. Também em caminhão-tanque temos um filamento metálico para manter contato entre ele e a terra mantendo-o neutro e assim prevenindo acidentes nos postos de gasolina.

Eletrização em Pessoas

As pessoas podem ficar eletrizadas por atrito. Ao pentear os cabelos, ou ao passar os pés em carpetes no chão. O atrito eletriza os cabelos ou os pés com o carpete. Pode ser citado também como exemplo, quando ao vestir ou retirar uma malha de lã, sentimos que os pelos dos braços ficam arrepiados.

ELETROSCÓPIO

O Eletroscópio é um aparato simples utilizado para verificar se um corpo está ou não eletrizado. O funcionamento tem por base a indução elétrica onde os mais comuns são o pêndulo elétrico e o eletroscópio de folhas.

O Pêndulo Eletrostático

É constituído de uma esfera muito leve e condutora; um fio isolante (para que os elétrons não escapem para terra), e também um suporte, como mostrado na Figura 19.

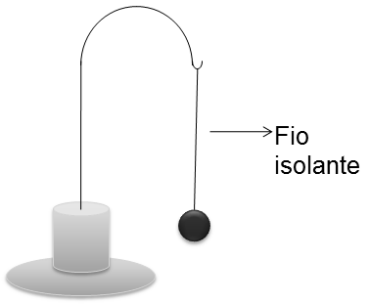


Figura 19. Pêndulo eletrostático

Verificação do fenômeno: Ao aproximar o indutor ocorrerá indução de cargas na esfera do pêndulo, que vai polarizando-a e então a mesma irá aproximar-se do indutor devido à atração columbiana, Figura 20, isto se o indutor estiver carregado, caso contrário nada acontece.

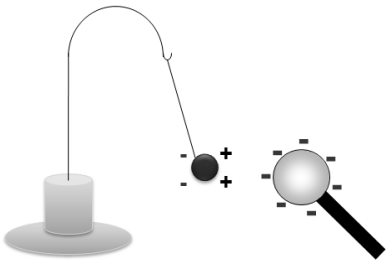


Figura 20. Pêndulo eletrostático

Se encostarmos o indutor na esfera os corpos ficaram eletrizados com sinal do indutor no caso da Figura 21, com carga negativa por possuir maior quantidade de carcas elétricas, e logo depois teremos repulsão eletrostática.

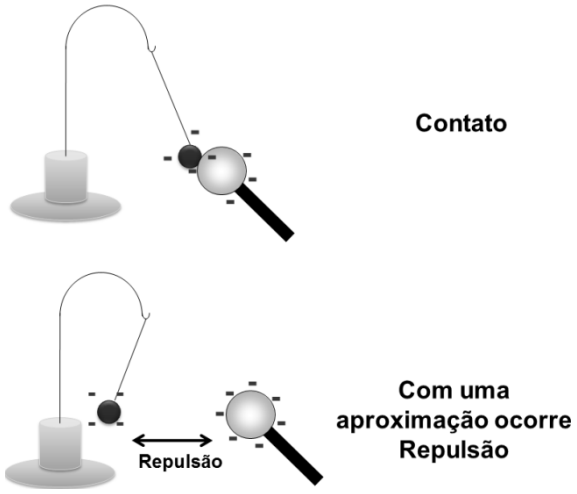


Figura 21. Repulsão entre as esferas

O Eletroscópio de Folhas

O eletroscópio de folhas é constituído com uma esfera condutora, rolha de material isolante, recipiente de vidro, haste metálica e lâminas de ouro (alumínio, ...) como pode ser escrito na Figura 22.

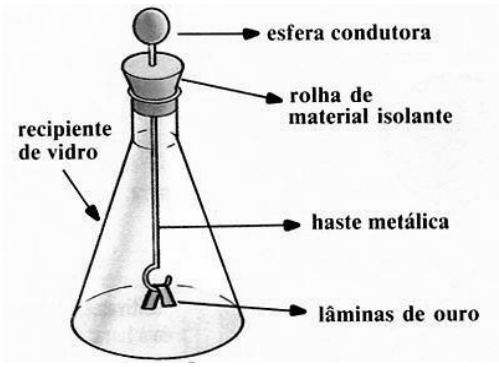


Figura 22. Eletroscópio de folhas

Fonte: http://www.ezuim.com/hotpotatoes/teoria7.htm

As lâminas devem ser leves para observarmos a repulsão eletrostática, por exemplo, lâminas de ouro ou de papel–alumínio.

Verificação do fenômeno: Inicialmente o eletroscópio está neutro e as folhas fechadas na vertical, ao aproximarmos o indutor eletrizado (com qualquer sinal da carga elétrica) da esfera condutora, os elétrons iram fluir para as lâminas ou para esfera ficando com excedente de cargas de mesmo sinal o que faz as folhas se afastarem uma das outras pois geram repulsão elétrica, Figura 23.

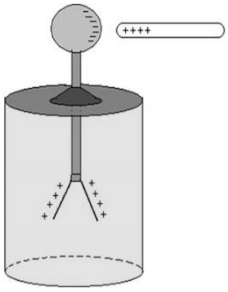


Figura 23. Eletroscópio de folhas induzido

Lei de coulomb – força eletrostática

Neste tópico vamos trabalhar com força, que é uma grandeza vetorial. Devemos caracterizar sua direção, seu sentido e o seu módulo. E também lembrar que uma carga elétrica é puntiforme quando suas dimensões são desprezíveis em relação à distância que a separa de outra.

Esse tipo de força entre duas cargas obedece ao Princípio da Ação e Reação, logo irão ter sempre o mesmo módulo, mesma direção e sentidos opostos. Lembrando-se do princípio fundamental que: cargas de mesmo sinal se repelem e sinais contrários se atraem.

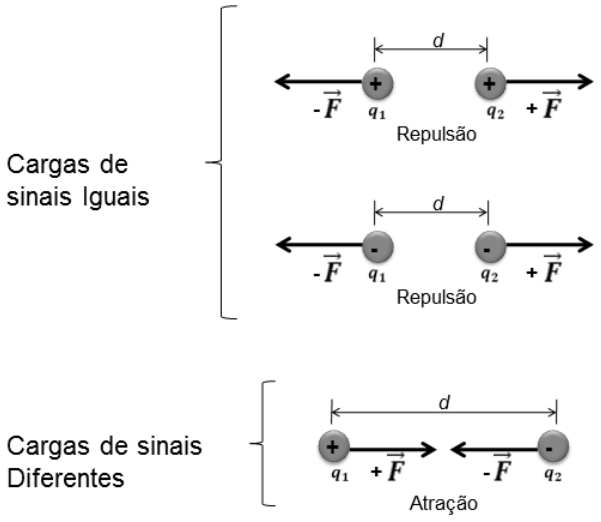


Figura 24. Princípio fundamental da eletrostática

Coulomb interpretou: “A intensidade da força de interação entre duas cargas puntiformes é diretamente proporcional ao produto dos módulos das cargas e inversamente proporcional ao quadrado da distância que as separa”. Assim, para duas cargas puntiformes q e Q em módulo, separadas por uma distância d e com a característica do meio ambiente em que encontra – se. Podemos escrever matematicamente, Equação 2,

$$F = k_0 . \frac{|q| . |Q|}{d^2} \qquad (2)$$

Onde k_0 é a constante de proporcionalidade, denominada constante eletrostática do meio. Que no vácuo e no sistema internacional de medida (SI) temos $k_0 = 9 . 10^9 \, N . m^2 / C^2$.

De maneira não tão usual, podemos escrever assim, Equação 3,

$$F = \frac{1}{4 . \pi \varepsilon_0} . \frac{|q| . |Q|}{d^2} \qquad (3)$$

Onde ε_0 é a permissividade elétrica do vácuo com valor $\varepsilon_0 \cong 8,85 . 10^{-12} \, C^2 / N . m^2$. Logo: $k_0 = \frac{1}{4 . \pi \varepsilon_0} = 9 . 10^9 \, N . m^2 / C^2$.

Analise gráfica da lei de Coulomb com a distância

Coulomb nos garante que $F \propto \frac{1}{d^2}$ e $F \propto |q_1||Q_2|$. (4)

Assim, variando a distância encontramos valores para as respectivas forças, Tabela 3.

Tabela 3. Força x distância

d	F
2d	F/4
3d	F/9
4d	F/16
...	...

Plotando os pares ordenados, obtemos o gráfico da Figura 25.

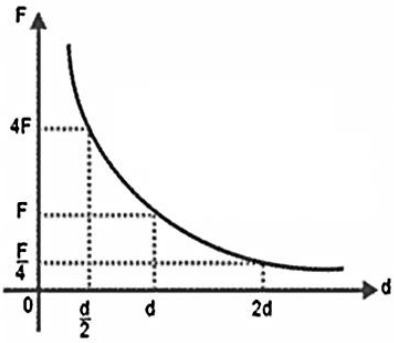


Figura 25. Diagrama da intensidade de força elétrica

CAMPO ELÉTRICO

A ideia de campo pode ser abstrata, mas de maneira simples, podemos falar que campo elétrico é uma região do espaço que leva informações de quem o gerou. Podemos associar uma qualidade do espaço à sua volta, algo como uma “aura”, denominada campo. As forças gravitacionais e elétricas atuam entre corpos que não estão em contato, tanto para uma ou outra existe campo a sua volta.

Exemplo: Campo de uma carga elétrica, podemos falar que é uma região com informações elétricas dessa carga ou campo de um planeta qualquer, região com informações gravitacionais do planeta. Então, dizemos que há campo elétrico quando uma carga aí colocada, em repouso, fica sujeita à ação de uma força elétrica como na Figura 26.

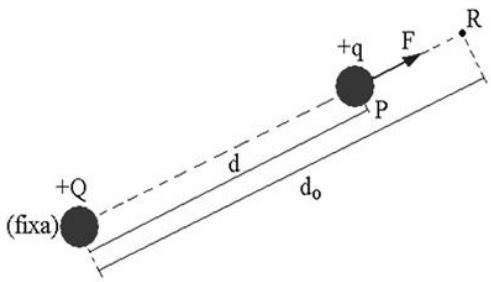


Figura 26. Representação da força elétrica

Fonte: http://www.alunosonline.com.br/fisica/energia-potencial-eletrica-duas-cargas.html

Analisando a figura anterior, a carga chamada de prova +q, carga para testar à presença de campo, é colocada próxima a uma carga chamada fonte +Q, geradora de campo, para verificar tal campo. Notamos que, nas proximidades da carga geradora haverá força elétrica com alta intensidade e à medida que se afasta, a intensidade diminui. Assim, podemos dizer que tal campo determina uma alteração das propriedades da região que o circunda, estabelecendo nela um campo elétrico.

Vetor Campo Elétrico

Para compreendermos o vetor campo elétrico vamos fazer uma analogia com o campo gravitacional terrestre, onde a terra representa uma carga elétrica. Quando um objeto de massa *m* cai em queda livre em direção ao centro da terra de massa *M*, podemos pensar em um campo gravitacional relacionado a uma força gravitacional, força de atração que a terra exerce sobre o objeto de massa *m*. Tomando como *R* a distância entre as duas massas, temos as equações para a força de origem gravitacional, Equações 5 e 6,

$$F_G = G.\frac{M.m}{R^2} \quad (5)$$

$$F_G = m.g \quad (6)$$

Igualando as duas equações teremos o campo de origem gravitacional, Equação 7,

$$g = G\frac{M}{R^2} \quad (7)$$

Da mesma maneira, a força elétrica entre duas cargas puntiformes separadas por uma distância d é dada pela equação, Equação 8,

$$F = K.\frac{|Q|.|q|}{d^2} \quad (8)$$

que pode ser escrita como

$$F = |q|.E \quad (9)$$

Comparando temos a equação para o campo elétrico

$$E = K\frac{|Q|}{d^2} \quad (10)$$

Isso foi verificado de forma tanto experimental como teórica. A unidade de medida é $\frac{N}{C}$. Mais adiante, mostraremos que a unidade também pode ser $\frac{V}{m}$.

Importante observar,

- O campo elétrico em qualquer ponto não depende da partícula de prova q usada na sua determinação.
- Vamos admitir que $q \approx 0$ para que sejam desprezíveis seus efeitos sobre as cargas geradoras de campo.
- Se o campo elétrico não variar com o tempo, teremos um campo eletrostático.

Analise gráfica da equação para o Campo Elétrico com a distância

Coulomb nos garante que

$$E \propto \frac{1}{d^2} \text{ e } E \propto |Q| \qquad (11)$$

Assim, variando a distância encontramos valores para os respectivos campos, Figura 27.

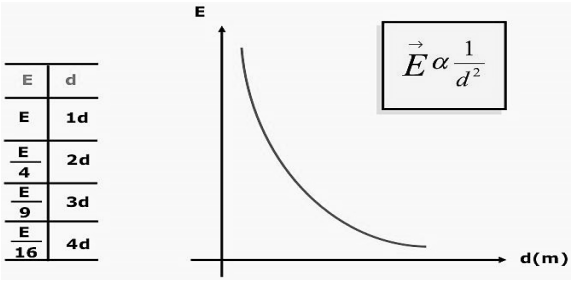


Figura 27. Campo Elétrico x distância

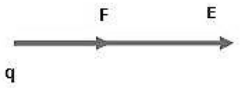
Fonte: http://pt.slideshare.net/fisicaatual/campo-eltrico-7221013

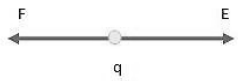
Direção e Sentido do Campo Elétrico

Sendo

$$\vec{F} = |q| . \vec{E} \qquad (12)$$

onde q é a carga de prova, a força e o campo terão sempre a mesma direção, desde que não seja nulo. Para o sentido temos dois casos:

- Se, q > 0 o campo tem o mesmo sentido da força.
- 

- Se, q < 0 o campo tem sentido oposto à força.
- 

-

Linhas de força

As linhas de força são linhas imaginárias que servem para orientar o vetor campo elétrico em direção e sentido. Tem por definição, a mesma direção e o mesmo sentido que o vetor campo elétrico resultante onde este vetor é tangente a essas linhas. É uma maneira útil de descrever o campo elétrico.

Para uma carga puntiforme q>0, a força tem o mesmo sentido do campo. Então ao colocarmos próxima a uma carga elétrica geradora (*Q*) negativa o sentido do $\vec{E}$ será na direção da *Q*.

Assim, para qualquer ponto do espaço próximo a uma *Q* negativa, o campo será de aproximação (convergente), isto é, apontar para *Q*. No caso de *Q* > 0 será de afastamento (divergente) em relação a *Q*. Mostrado na Figura 28:

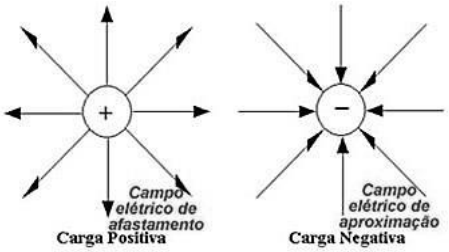


Figura 28. Linhas de indução

Fonte: http://pt.wikibooks.org/wiki/Eletromagnetismo/Campo_el%C3%A9trico (2015)

Resumindo:

Q > 0, o campo é de “afastamento”.

Q < 0, o campo é de “aproximação”.

PARTE II - ATIVIDADES DE INVESTIGAÇÃO

Nas atividades a seguir, vamos utilizar alguns experimentos para iniciar a compreensão de conceitos e leva-los a participar do seu processo de aprendizagem, a agir, questionar, levantar hipótese em uma tentativa de fazer com que vocês desenvolvam uma atitude mais crítica e reflexiva diante dos conhecimentos científicos compartilhados na sala de aula.

PROPOSIÇÃO DAS ATIVIDADES

O objetivo das atividades a seguir é a aprendizagem de conceitos de Eletrostática via Ensino por Investigação. Nessa modalidade de ensino vocês devem-se pensar, debater, justificar suas ideias e desenvolver seus conhecimentos em situações novas.

ATIVIDADE 1

Conteúdo estabelecido:

C1: Reconhecer materiais condutores e isolantes.

C2: Conhecer o processo de eletrização por atrito.

P1: Ler e interpretar o texto, observar e ter estratégias.

P2: Formulação de hipótese

P3: Estabelecer conclusões

A1: Estabelecer o aprendizado em grupo de forma colaborativa emitindo sua opinião diante dos demais e respeitando a fala do outro.

Atividade:

Neste experimento são usados os seguintes materiais, canudos de plástico (refrigerantes ou sucos), confetes de papel, bexiga de assoprar, paredes (da própria sala) e um pano de lã. Esses materiais são de fácil acesso para a realização do experimento. E antes de iniciarmos as perguntas, faça a leitura das seções 1.1 e 1.5.1 da sua unidade de ensino.

Figura 29. Bexiga de assoprar, canudos de plástico.

Pergunta 1. Como proceder para que os canudos de plástico fiquem grudados na parede?

Pergunta 2. O que faz o canudo ficar grudado na parede? Explique.

Pergunta 3. Porque com o tempo os canudos que estavam grudados na parede caem? Explique?

Pergunta 4. Procedam, utilizando os confetes e os materiais sobre a mesa, para atrair a maior quantidade de confetes de uma só vez sem tocá-los.

ATIVIDADE 2

Conteúdo estabelecido:

C1: verificar os conceitos de campo, e blindagem.

P1: Ler e interpretar o texto, observar e ter estratégias.

P2: Formulação de hipótese e construir modelos explicativos

P4: Comparar resultados e estabelecer conclusões

A1: Estabelecer o aprendizado em grupo de forma colaborativa emitindo sua opinião diante dos demais e respeitando-o.

Atividade:

Neste experimento são usados os seguintes materiais, folhas de papel alumínio e celulares.

Figura 30. Folha de papel alumínio e celulares.

Lembrando que, esses materiais são de fácil acesso para a realização do experimento. Antes de iniciarmos as perguntas faça a leitura da seção 1.5.2, 1.5.3 e 1.8 da sua unidade de ensino.

Pergunta 1. O que venha ser blindagem eletrostática?

Pergunta 2. Pergunta 3. Como proceder, utilizando os materiais sobre a mesa, para capturar ondas eletromagnéticas?

ATIVIDADE 3

Conteúdo estabelecido:

C1: Reconhecer os três processos de eletrização (atrito, contato e indução) e o princípio fundamental da eletrização.

C2: Entender o funcionamento do eletroscópio de folhas.

P1: Ler e interpretar texto e ter estratégias de comunicação.

P2: Ter habilidade para manipular o eletroscópio de folhas.

P3: Formulação de hipótese

P4: Construir modelos explicativos e estabelecer conclusões

A1: Ter atitude, iniciativa, pré-disposição e estabelecer o aprendizado em grupo de forma colaborativa emitindo sua opinião diante dos demais e respeitando-o.

A2: Aprender a se posicionar de forma crítica e investigativa perante a situação problema

Atividade:

Neste experimento são usados os seguintes materiais bexiga de assoprar, pano de lã e um eletroscópio de folhas. Os materiais são de fácil acesso para a realização do experimento. Antes de iniciarmos as perguntas faça a leitura das seções 1.7, 1.7.1 e 1.7.2 da sua unidade de ensino.

Figura 31. Bexiga de assoprar e um eletroscópio

Pergunta 1. Utilizando o eletroscópio de folhas, como proceder para verificar se os objetos sobre a mesa estão eletrizados ou descarregados? Explique?

Pergunta 2. Como proceder para que as folhas do eletroscópio se abram? Explique.

Pergunta 3. Como proceder para que as folhas do eletroscópio se mantenham abertas? Explique.

ATIVIDADE 4

Conteúdo estabelecido:

C1: Explicar o fenômeno de indução e atrito através dos conceitos estabelecidos com as leituras e observações.

C2: Reconhecer através da atividade experimental a ação do campo elétrico, força e a indução.

P1: Ler e interpretar texto e ter estratégias de comunicação

P2: Formulação de hipótese

P3: Construir modelos explicativos

P4: Estabelecer conclusões

A1: Ter atitude, iniciativa, pré-disposição e estabelecer o aprendizado em grupo de forma colaborativa emitindo sua opinião diante dos demais e respeitando-o.

A2: Aprender a se posicionar de forma crítica e investigativa perante a situação problema

Atividade:

Neste experimento são usados os seguintes materiais, lata de alumínio vazia, uma bexiga de assoprar, pano de lã e canos pvc os materiais utilizados neste experimento são de fácil acesso para a realização do mesmo.

Figura 32. Bexiga de assoprar e lata de alumínio

Antes de iniciarmos as perguntas faça a leitura da seção 1.9

Pergunta 1. Recordando as atividades 1 e 2, como proceder para que a lata de alumínio possa ser guiada por um dos materiais sem tocá-los na lata?

Pergunta 2. Explique o fenômeno, como é possível sem tocar na lata fazê-la mover-se? Que interação é essa? Explique.

ATIVIDADE 5 – COMPUTACIONAL

Nos últimos anos um número cada vez maior de recursos tecnológicos destinados ao ensino de física, no formato de simulações, softwares dentre outros vem sendo disponibilizados através da rede de computadores. Por exemplo, no Brasil, temos diversos portais como o Phet dentre diversos outros. Sem dúvida é um instrumento capaz de potencializar a reestruturação de práticas pedagógicas, criando novas maneiras de refletir sobre o uso da comunicação, da informação e da interação.

Conteúdo estabelecido:

C1: Compreender o processo de eletrização e fluxo de carga.

P1: Explorar simulação.

P2: Observar e interpretar e a explorar simulação.

P3: Construir modelos explicativos e estabelecer conclusões.

A1: Ter atitude, iniciativa, pré-disposição e estabelecer o aprendizado em grupo de forma colaborativa emitindo sua opinião diante dos demais e respeitando-o.

Atividade:

A atividade agora é de um applet: John Travoltagem. A Figura é de um simulador que está disponível no site Phet Colorado. Toda a atividade deverá ser desenvolvida com o applet em execução. Leiam com atenção os procedimentos descritos a seguir e a seção 1.6 dessa unidade. Qualquer dúvida procurar o professor.

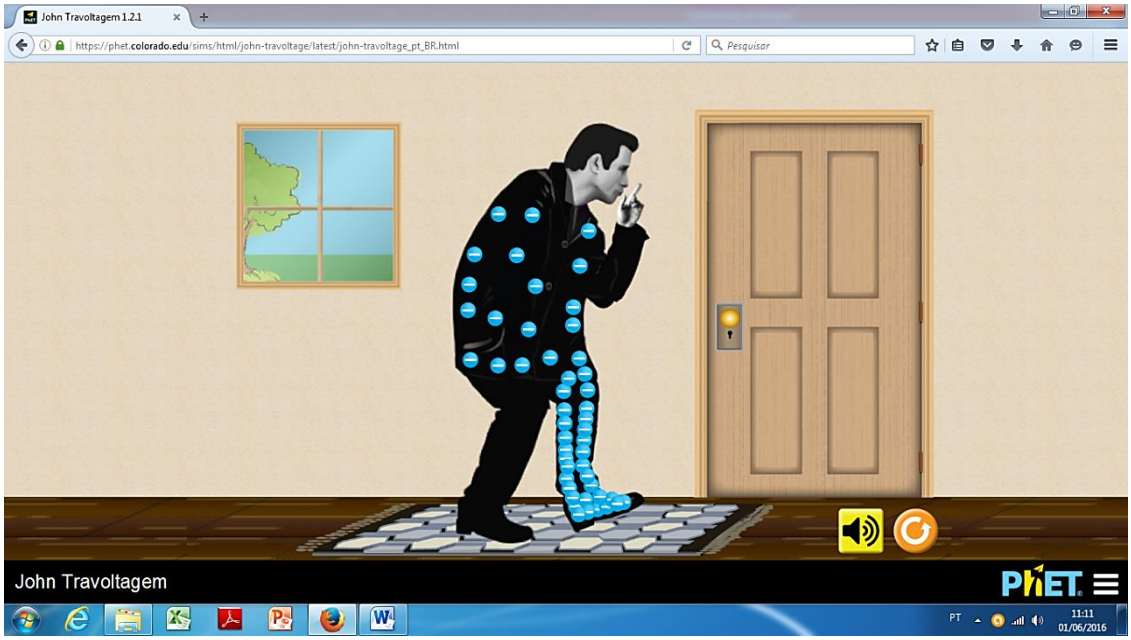


Figura 33. Representação do applet utilizado na questão

Fonte: https://phet.colorado.edu/sims/html/john-travoltage/latest/john-travoltage_pt_BR.html

Observando a figura acima é possível observar os elétrons no corpo de John Travolta e a maçaneta de metal, que serão pontos importantes para as observações durante a simulação. Com o mouse clique na perna de John Travolta e mova para frente e para traz, várias vezes, e observe o que acontece.

Pergunta 1. Clique com o mouse na mão de John e afaste da maçaneta o máximo possível. Agora clique no pé e atrite com o carpete por várias vezes, retornando na mão de John, clique e aproxime lentamente observando o resultado. Explique o que acontece utilizando seus conhecimentos adquiridos durante nossas aulas?

PARTE III - ATIVIDADES QUALITATIVAS

ATIVIDADE 1

Retira-se $1{,}0.10^{13}$ elétrons de uma esfera metálica inicialmente neutra. Assim, descreva uma solução para determinar o sinal da carga elétrica que fica na esfera e o valor algébrico da carga dessa esfera. Dado: carga elementar e = $1{,}6.10^{-19}$C. Caso necessário faça uma leitura dos itens 1.3 e 1.4 da unidade de ensino.

ATIVIDADE 2

Dispõe-se de três esferas condutoras idênticas separadas umas das outras. Duas delas (A e B) neutras e a terceira (C) carregada positivamente. Descreva como proceder para eletrizar as esferas A e B. Obs: Não pode ter contato entre elas.

ATIVIDADE 3

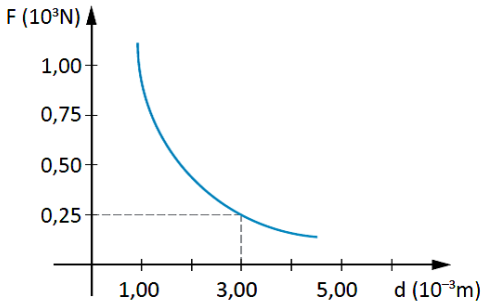
Considere um eletroscópio de folhas descarregado. São realizadas as seguintes operações:

Aproxima-se um bastão eletrizado positivamente do eletroscópio;
Ainda com o bastão próximo ao eletroscópio, liga-se o fio terra próximo das folhas do eletroscópio;
Após certo tempo desfaz-se a ligação com a terra e afaste o bastão.

Descreva o que acontece em cada operação e determine o sinal da carga no eletroscópio após essas operações. Por fim, faça uma figura representando o eletroscópio após essas operações.

ATIVIDADE 4

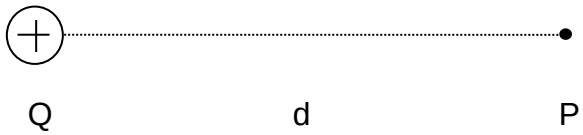
Fazendo uma análise gráfica da lei de Coulomb entre duas cargas puntiformes idênticas obtemos o gráfico abaixo:



Descreva utilizando a lei de Coulomb e os dados do gráfico, como determinar a carga elétrica que gerou tal configuração. Dado: constante eletrostática do meio $k_0 = 9.10^9$ $N.m^2/C^2$.

ATIVIDADE 5

Em um local onde o meio é o vácuo com constante eletrostática k_0, coloca-se uma carga fixa como na figura abaixo:



Indique na figura a direção e o sentido do campo elétrico em P, descreva claramente todo o processo.

AGRADECIMENTO

Agradeço a todos os alunos pela contribuição e envolvimento, por seu tempo dedicado as atividades. Agradeço ao Instituto Federal do Espírito Santo (campus Linhares) que autorizou a aplicação deste material institucional. A MNPEF e CAPES por financiar os estudos, a universidade federal do espírito santo e a ciência que se compõe de erros que, por sua vez, são os passos até a verdade.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, M.C.P.S.; Ensino por Investigação: Problematizando as Atividades em Sala de Aula. In. Anna Maria Pessoa de Carvalho (org). **Ensino de Ciência – Unindo a Pessoa e a Prática**. São Paulo

AUDINO D. F, OLIVEIRA F,; Relatos da Experiência de Desenvolvimento do Objeto de Aprendizagem de Geografia “o Efeito da Ação Humana nos Solos”. Anais XVI Encontros Nacionais dos Geógrafos, Porto Alegre de 25 à 30 de Julho de 2010

CALÇADA C.S, SAMPAIO J.L, **Física Clássica**: **Eletricidade**, Atual Editora 1998, São Paulo SP, ISBN 85-7056-879-7

CARVALHO, A. M. P. **Ensino de Ciências** – Unindo a Pesquisa e a Prática. – São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004

FERRARO N.G, JUNIOR F R, SOARES P. A. T, **Os Fundamentos da Física 3**, Editora Moderna, 10ª edição, São Paulo SP, 2009, ISBN 978-85-16-063338-2

HEWITT P. G.; **Física Conceitual**, Editora Bookman, 11ª edição, São Paulo SP, ISBN 978-85-7780-890-8

ZABALA, A. **A Prática Educativa: Como Ensinar.** Tradução: Ernani F. da Rosa. Porto Alegre: Artmed, 1998.

http://www.infoescola.com/quimica/modelo-atomico-de-rutherford/

www.algosobre.com.br/fisica/quarks.html

http://coral.ufsm.br/hans/?p=932

http://www.curtomeubairro.com.br/rs/guri-sistemas-contra-incendio/mural/para-raios-spda

http://www.ezuim.com/hotpotatoes/teoria7.htm

http://www.alunosonline.com.br/fisica/energia-potencial-eletrica-duas-cargas.html

http://pt.slideshare.net/fisicaatual/campo-eltrico-7221013

http://pt.wikibooks.org/wiki/Eletromagnetismo/Campo_el%C3%A9trico (2015)

https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/travoltage

https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/travoltage

https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/balloons