



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E CIENTÍFICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DOCÊNCIA EM EDUCAÇÃO EM
CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

Sentidos e significados de eletromagnetismo: a relação entre eletricidade e magnetismo situados em uma perspectiva histórica compreendida no período de 1820 a 1831.

Rodrigo Pinheiro Vaz

Orientadora: Profa. Dra. Andreia Garibaldi Loureiro Parente

BELÉM

2017

RODRIGO PINHEIRO VAZ

Sentidos e significados de eletromagnetismo: a relação entre eletricidade e magnetismo situados em uma perspectiva histórica compreendida no período de 1820 a 1831.

Texto preliminar de Dissertação de Mestrado Profissional apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Docência em Educação em Ciências e Matemáticas da Universidade Federal do Pará, para obtenção do título de mestre em Docência em Educação em Ciências e Matemática.

Área de Concentração: Ensino, aprendizagem e formação de professores de Ciências e Matemáticas.

Orientadora: Profa. Dra. Andreia Garibaldi Loureiro Parente

BELÉM

2017

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

V393s Vaz, Rodrigo Pinheiro
Sentido e Significados de eletromagnetismo: : a relação entre
eletricidade e magnetismo situados em uma perspectiva histórica
compreendida no período de 1820 a 1831 / Rodrigo Pinheiro Vaz,
Andrela Garibaldi Loureiro Parente. — 2017.
129 f. : il. color.

Orientador(a): Profª. Dra. Andrela Garibaldi Loureiro Parente
Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em
Docência em Educação em Ciências e Matemáticas, Instituto de
Educação Matemática e Científica, Universidade Federal do Pará,
Belém, 2017.

1. história da ciência. 2. ensino de física. 3. sentidos e
significados de eletromagnetismo. I. Título.

CDD 530.07

RODRIGO PINHEIRO VAZ

Sentidos e significados de eletromagnetismo: a relação entre eletricidade e magnetismo situados em uma perspectiva histórica compreendida no período de 1820 a 1831.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Docência em Educação em Ciências e Matemáticas da Universidade Federal do Pará, para obtenção do título de mestre em Docência em Educação em Ciências e Matemática.

Área de Concentração: Ensino, aprendizagem e formação de professores de Ciências e Matemática. .

Defesa de Mestrado Profissional

Aprovado em: 26 de Junho de 2017.

COMISSÃO JULGADORA:

Profa. Dra. Andrela Garibaldi Loureiro Parente – FEMCI/UFPA

Membro Interno: Prof. Dr. Wilton Rabelo Pessoa – FEMCI/UFPA

Membro Externo: Prof. Dr. Marcelo Costa de Lima – FACFIS/UFPA

Membro Suplente: Prof. Dr. José Jerônimo de Alencar Alves – FACFIS/UFPA

BELÉM/2017

A minha mãe e avó pelos inúmeros incentivos e dedicação, a toda minha família e a minha esposa Lilian Teles pelo companheirismo, paciência e amor.

“SOBRE OMBROS DE GIGANTES”

Possivelmente, em algum momento de sua vida cotidiana ou acadêmica, você já deve ter escutado a célebre frase “*se enxerguei mais longe é porque me apoiei sobre ombros de gigantes*”. Essa frase nos remete a um dos maiores “gênios” da ciência, o físico Inglês Isaac Newton. Caso ainda não tenha conseguido ligar a frase à pessoa, provavelmente você deve ter conhecido Newton devido às suas grandes contribuições para a ciência, como a gravitação, os princípios da óptica, as famosas leis de Newton, etc.

A famosa frase acima está relacionada a um gesto de respeito que Newton prestou àqueles que contribuíram para as teorias as quais ele obteve sucesso em desenvolver. Copérnico, Kepler, Galileu entre tantos outros, todos eles foram o ponto de partida para o desenvolvimento das importantíssimas teorias de Newton. Não pretendo estabelecer uma comparação entre mim e o estudioso inglês, pois contrastar com a produção intelectual de Newton é impensável – devido a sua complexidade e importância, até porque boa parte dessas contribuições de Newton foi realizada quando tinha apenas 24 anos – o que no meu caso já passou um pouquinho. Entretanto, é importante registrar o gesto de respeito que pode até extrapolar para a gratidão.

Nesse rápido e singelo texto pretendo apresentar alguns ombros de gigantes ou gigantes onde pude apoiar-me um dia. Assim, começo esse gesto por onde acredito ser o mais justo possível e, embora sabendo que esta dissertação tem um caráter científico, não me permito deixar de lado a minha fé e mesmo imaginando que ele não estará na banca. Obrigado, **Deus**.

Partimos, assim, para os gigantes na Terra e nesta caminhada começo com aquelas que certamente são os ombros onde eu sempre poderei apoiar-me, são elas: minha avó Ercídia Cáritas Salgado Pinheiro e minha mãe Maria do Socorro Salgado Pinheiro. Também não posso esquecer a minha família. Por isso, o meu muito obrigado.

Não posso deixar de lembrar daqueles com quem, ao longo de dois anos, dividiram conhecimentos, angústia, alegrias e amizade. Aos meus companheiros do mestrado profissional Maria Lopes, Gilmar Amora e Dayane Carvalho e, em especial, a minha amiga Eduarda Silva, muito obrigado. Fica aqui também registrada a minha gratidão aos amigos de outras esferas da vida, mas que não têm sua importância diminuída, são eles: Jocasta Calda,

Rose Ribeiro, Luara Souza, João Nunes, Sebastião Neto, Tiago Sabóia, Luciana Paixão e Silvaney Ferreira.

Os gigantes às vezes nem tem estatura de um, mas conseguem nos erguer a partir de encontros divertidos e alegres para aliviar a tensão de uma pós-graduação. Assim, fica registrado o meu muito obrigado às minhas princesas Maria Eduarda, Malu e Maria Isabel.

Não posso esquecer do que acredito ser o início do grupo sobre Práticas Investigativas e de seus componentes Everaldo do Carmo, Maridalva, Lilian Teles e Luciana Paixão. Nossas leituras e discussões suscitaram inquietações que projetaram novas perspectivas no meu trabalho e formação.

Agradeço à professora Daneile Dorotéia pela imensa ajuda durante o processo seletivo do mestrado. Provavelmente sem sua leitura cuidadosa da intensão de pesquisa e seu incentivo, a minha caminhada tivesse sido mais complicada.

Agradeço ao professor José Moysés Alves pela acolhida em sua disciplina “Afetividade e Construção do Conhecimento”. As discussões e os textos desta disciplina possibilitaram enxergar a docência e a relação entre professor e estudante de uma forma mais humana.

É preciso deixar os agradecimentos aos gigantes que se disponibilizaram a guiar-me na caminhada de construção do texto. Aos professores da banca Wilton Rabelo, Marcelo Costa de Lima e Jerônimo Alves. Em especial, ao professor Marcelo que acompanha o meu desenvolvimento acadêmico e profissional desde a graduação e por quem tenho admiração e respeito.

Não posso deixar de agradecer à Professora Terezinha Valim por sempre lutar por uma educação de qualidade em nossa região.

À minha noiva Lilian Teles pela enorme paciência, amor, carinho e ajuda nos momentos mais distintos na graduação, mestrado e vida. Provavelmente, sem seu apoio, esses momentos tivessem sido mais difíceis de serem vencidos.

Agradeço à FAPESPA pelo auxílio financeiro.

Agradeço de forma especial a minha orientadora Prof.^a Dr.^a Andreia Garibaldi Loureiro Parente pela enorme paciência comigo e grande dedicação para que o trabalho ficasse o mais perfeito possível. Obrigado por nunca ter dado respostas aos meus

questionamentos e sempre ter me motivado a buscá-las. Não tenho como expressar a minha gratidão, provavelmente foi/é o meu maior ombro que me tenha amparado.

RESUMO

A discussão sobre eletricidade, magnetismo e a relação entre eles é fundamental para compreender o desenvolvimento do eletromagnetismo, bem como é a base para o funcionamento de algumas máquinas e situações do cotidiano. Entretanto, pesquisas indicam que estudantes dominam pouco esse assunto. Considerando esse contexto, esta pesquisa trata de **investigar sentidos e significados sobre a relação entre eletricidade e magnetismo, visando desenvolver conceitos relacionados aos fenômenos eletromagnéticos, situados no período entre 1820 a 1831**. Assumindo a orientação teórica e metodológica da pesquisa que utiliza autores como Carvalho (2000), Mortimer (2002), Vygotsky (2001), Gil-Perez (1996) e Martins (2004) foi proposta uma sequência de ensino investigativo – que aborda **o desenvolvimento de noções sobre fenômenos elétricos e magnéticos, em particular da relação entre esses fenômenos fundamentados na história da ciência, situada no período de 1820 a 1831, para estudar sobre o desenvolvimento do eletromagnetismo** –, desenvolvida com uma turma do curso de Física da disciplina Instrumentação para o Ensino da Física I, totalizando 11 estudantes. A realização da sequência ocorreu em 2 (dois) encontros respectivamente aos dias da disciplina. Os materiais produzidos nos encontros foram: vídeos, textos e áudios. Esse material foi analisado segundo Mortimer & Scott (2002) e Vygotsky (2001). Os resultados indicam que os sujeitos da pesquisa conseguiram construir sentidos muito próximos dos significados relacionados aos conteúdos apresentados. Também ficou evidente a necessidade de se utilizar episódios da história da ciência em aulas de ciências, tendo em vista o desconhecimento sobre grande parte dos experimentos históricos e sua importância na compreensão do fenômeno abordado. Uma avaliação da sequência e sua potencialidade no ensino são sugeridas nas possibilidades que advêm de seu desenvolvimento em sala de aula, conferindo ao professor uma ferramenta didática que se apresenta como ponto de partida para novas experiências docentes.

Palavras-chave: História da Ciência, Sequência Ensino Investigativo, Sentido, Significado.

Lista de Figuras

Figura 1 Máquina de Hauksbee	44
Figura 2 Experimento de Stephen Gray	45
Figura 3 Musschenbroek manuseando a garrafa de Leyden.....	46
Figura 4 Benjamin Franklin (1706 - 1790).....	47
Figura 5 Charles François de Cisternay du Fay (1698 - 1739).....	47
Figura 6 Observação da natureza elétrica das descargas atmosféricas por Franklin.....	48
Figura 7 Raia construída por Cavendish para relacionar os efeitos do entorpecimento aos produzidos pela garrafa de Leyden.....	50
Figura 8 Aspecto fisiológico do peixe torpedo.....	50
Figura 9 Luigi Galvani (1737 - 1798)	51
Figura 10 Ilustração da utilização de máquinas eletrostáticas na experiência com as rãs por Galvani.	52
Figura 11 Descargas atmosféricas estimulando a contração dos músculos da rã.....	53
Figura 12 A utilização de diferentes materiais para obter a contração dos músculos da rã	53
Figura 13 Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volta (1745 - 1827).....	54
Figura 14 Gravura da experiência desenvolvida por Giovanni Aldini em 1893.	55
Figura 15 Dispositivo construído por Alessandro Volta, denominado de Pilha de Volta.....	56
Figura 16 Apresentação de Alessandro Volta à Academia Francesa de Ciências.....	57
Figura 17 Hans Christian Oersted (1777 - 1851)	58
Figura 18 Demonstração da experiência de Oersted em 1820.	60
Figura 19 André-Marie Ampère (1775 - 1836).....	61
Figura 20 Balança de Ampère	62
Figura 21 Michael Faraday (1791 - 1867).....	63
Figura 22 Motor homopolar	65
Figura 23 Anel de Faraday e o efeito de Indução eletromagnética entre correntes.....	66
Figura 24 Experimento da Indução Eletromagnética	67
Figura 25 Ilustração de Faraday realizando a experiência da indução eletromagnética.....	67
Figura 26 Grupos formados para a atividade 1.....	77
Figura 27 Configuração de linhas de campos magnético construída pelos estudantes.	87
Figura 28 Estudantes esfregando a palha de aço para produzir limalha de ferro.	88
Figura 29 Estudante interagindo com o experimento.....	89
Figura 30 Estudante interagindo com o experimento.....	89
Figura 31 Estudantes discutindo sobre a orientação das linhas de campo	90
Figura 32 Grupo de estudantes investigando a polaridade das linhas de campo.....	91
Figura 33 Desenho do estudante Manoel.	92
Figura 34 Desenho das linhas de campo Antônio.	93
Figura 35 Imagem produzida por Ana.....	93
Figura 36 Imagem produzida por Lincoln.....	93
Figura 37 Representação de Jorge para as linhas de campo.....	94
Figura 38 Investigando a polaridade das linhas de campo.	95
Figura 39 Observação da corrente elétrica produzindo magnetismo.....	105
Figura 40 Estudantes observando a indução entre correntes.....	108
Figura 41 Manoel apresentando sua hipótese sobre o fenômeno observado.....	109

Lista de Quadros

Quadro 1 Desenvolvendo atividade em sala de aula	72
Quadro 2 Conteúdo.....	73
Quadro 3 Classes do discurso.....	74
Quadro 4 Formas de intervenções.	75
Quadro 5 Perguntas/grupos e respostas.	78
Quadro 6 Como os pombos-correio conseguem se orientar?	84
Quadro 7 Interações de como os pombos-correio se orientam?.....	91
Quadro 8 Questionamentos sobre a produção de eletricidade pela rã.....	100
Quadro 9 Diálogos, interações e novos questionamentos.	101
Quadro 10 Corrente elétrica produzindo magnetismo.....	105

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
CAPÍTULO 1.....	16
LEMBRANÇAS DE UM PASSADO FORMATIVO	16
CAPÍTULO 2 - O CONTEXTO TEÓRICO DA PESQUISA	21
2.1 – OS DESAFIOS DE ENSINAR CONTEÚDOS DE FÍSICA EM SALA DE AULA.	21
2.2 – OS SENTIDOS E SIGNIFICADOS NA TEORIA DE VYGOTSKY	24
2.3 O USO DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE CIÊNCIAS.....	30
2.4 - AS DIFERENTES FORMAS DE EXPLICAR O MESMO FENÔMENO: AS RESSIGNIFICAÇÕES E O DESENVOLVIMENTO DA CIÊNCIA.....	34
2.5 – INVESTIGAÇÃO E O ENSINO DE CIÊNCIAS.....	35
2.6 – A UTILIZAÇÃO DA EXPERIMENTAÇÃO EM SALA DE AULA.....	40
CAPÍTULO 3 - BREVE HISTÓRICO DO SURGIMENTO ELETROMAGNETISMO	43
3.1 – DA ELETROSTÁTICA À ELETRICIDADE ANIMAL.....	43
3.1.2 – DE OERSTED À FARADAY: AS PRIMEIRAS EXPERIÊNCIAS E EXPLICAÇÕES SOBRE O ELETROMAGNETISMO.....	57
CAPÍTULO 4 - METODOLOGIA DA PESQUISA	68
4.2. SUJEITOS DA PESQUISA E O PERCURSO DA PESQUISA.	69
4.2. FERRAMENTA ANALÍTICA DA PESQUISA.	72
CAPÍTULO 5 – ANÁLISES E DISCUSSÕES SOBRE A PESQUISA.....	77
ATIVIDADE 1 – OBSERVAR E RECONHECER OS FENÔMENOS ELÉTRICOS, MAGNÉTICOS E ELETROMAGNÉTICOS NO COTIDIANO.....	77
ATIVIDADE 2 – DISCUSSÕES SOBRE AS PROPRIEDADES MAGNÉTICAS DA TERRA.....	84
ATIVIDADE 3 - A ELETRICIDADE GERADA PELO PORAQUÊ E A RÃ DE GALVANI	96
ATIVIDADE 4: CONSTRUINDO A IDEIA SOBRE ELETROMAGNETISMO.	104
ATIVIDADE 8: A INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA ENTRE CORRENTES.	108
5.1 – DISCUSSÃO DO MOVIMENTO DE APRENDIZAGEM DE ANA E MANOEL	110

CAPÍTULO – 6 DISCUSSÃO E REFLEXÃO SOBRE O CONTEXTO DA PESQUISA	
.....	112
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	116
REFERÊNCIAS	119
ANEXO.....	125

Introdução

Os fenômenos elétricos e magnéticos são motivos de curiosidade desde a Antiguidade Clássica até meados do século XIX. E mesmo passando um longo período após as primeiras tentativas de explicar esses fenômenos, muitas pessoas – ou a maioria dos estudantes da educação básica e superior – compreendem pouco sobre estes fenômenos.

No desenvolvimento deste conhecimento é revelado o processo social, cultural e histórico que envolve a atividade científica. Rejeitar este olhar favorece uma “[...] visão deformada e simplista do conhecimento científico [...]” (GIL-PEREZ, 1996, p. 156). Conceber o conhecimento como um processo de construção humana, é apresentar este conhecimento como reflexo das interações sociais entre os sujeitos, possibilitando a diversidade de ideias que fazem parte do desenvolvimento social, cultural e histórico da sociedade.

As interações vividas pelos sujeitos são decorrentes de suas experiências e o processo social (caráter coletivo) permite vislumbrar o desenvolvimento histórico e cultural de uma sociedade, nas suas maiores diversidades possíveis. É possível observar que existe um caráter coletivo quando se volta o "olhar" para o desenvolvimento da ciência, tecnologia e sociedade.

Em relação à ciência e tecnologia, com o estudo de episódios históricos é possível compreender o caráter coletivo e gradativo da construção do conhecimento científico. Para Martins,

“[...] a ciência não é uma coisa isolada de todos os outros, mas sim faz parte de um desenvolvimento histórico, de uma cultura, de um mundo humano, sofrendo influências e influenciando muitos aspectos da sociedade [...]” (2006, p. XXII).

As intervenções do ser humano na construção do conhecimento científico influenciam aspectos que reconfiguram a sociedade, à medida que ocorre o desenvolvimento histórico, cultural e social.

Esse desenvolvimento mostra o caráter transitório da construção do conhecimento científico, o que permite “[...] observar a influência da ciência e tecnologia nas estruturas sociais, na vida e no cotidiano do ser humano [...]” (MARTINS, 2006, p. XXI). Ao olhar para episódios da história da ciência, percebe-se a influência do desenvolvimento da ciência e da tecnologia nas relações sociais entre os sujeitos em diversas situações de seu cotidiano.

O caráter transitório da construção do conhecimento científico possibilita contrapor a ideia de que “[...] a prática científica está desvinculada da sociedade, da cultura e da vida cotidiana e que não possui uma dimensão histórica e filosófica [...]” (MARTINS, 2006, p. 5). Desta forma, o professor precisa apresentar ao estudante a importância de vincular a construção da prática científica à sociedade, à cultura e à vida cotidiana do ser humano, favorecendo a compreensão do caráter histórico, cultural e social desta prática.

Nesta perspectiva, é interessante ter clareza dos processos metodológicos e conceituais que levaram às grandes descobertas da humanidade, possibilitando compreender o processo de construção do conhecimento, para favorecer, assim, uma visão menos deformada do trabalho científico. Usar a história da ciência poderá ser proveitoso neste sentido.

A utilização da história da ciência possibilita apresentar, aos estudantes, a ciência de forma mais dinâmica e progressiva em sua construção, o que se opõe à noção de linearidade que a maioria dos livros didáticos apresenta. Para Kuhn,

“[...] se a história fosse vista como um repositório para algo mais do que anedotas ou cronologias, poderia produzir uma transformação decisiva na imagem de ciência que atualmente nos domina [...]” (2011, p. 19).

Desta forma, para atingir as mudanças necessárias para a construção do conhecimento científico precisa-se contornar esta forma de apresentar a história da ciência como uma simples cronologia e anedotas.

Essa construção difere da ideia de um conhecimento pronto, a partir de um método científico universal, o que permite vislumbrar a construção do conhecimento científico como uma produção humana, dentro de uma organização mais ampla e complexa. Para Tacca “[...] na história da organização social, à medida que a sociedade produziu conhecimento e novas descobertas foram realizadas pela ciência, apareceram diferentes formas de organização, significação e utilização de conhecimento [...]” (2008, p.139). As descobertas científicas oportunizam reorganizações em níveis sociais e culturais, que afetam diariamente a sociedade e suas relações, promovendo um intenso movimento de redescobertas.

A ideia de conhecimento como um método científico universal chegou às aulas de ciências. Ao ser retratado desta forma, o conhecimento foi colocado como um assunto simples e como uma verdade absoluta (HODSON, 1988). Apresentar o conhecimento desta maneira favorece uma visão simplista da atividade científica ao estudante. Essa visão contribui para o surgimento de obstáculos no processo de aprendizagem do estudante, afastando-o da compreensão do processo de construção do conhecimento como algo dinâmico e transitório.

Ao considerar esta perspectiva, equívocos são gerados sobre a atividade científica, portanto, por vezes, tais desacertos são reflexos da utilização confusa dos experimentos nas ciências, “[...] utilizar processos de investigação no ensino de ciências poderá contribuir para uma visão não deformada do trabalho científico [...]” (GIL PEREZ, 1996, p. 156). Utilizar o processo de investigação em sala de aula possibilita ao estudante entrar em contato com situações que possibilitarão a construção de conhecimento, de forma reflexiva e crítica.

Particularmente, será utilizada a investigação dirigida que “[...] integra práticas de laboratório, atividades de resolução de problemas e a aprendizagem de conceitos [...]” (GIL PEREZ, 1996, p. 157). Essas características trazem elementos diferenciadores para o processo de aprendizagem, onde as atividades estão inseridas em um contexto de práticas e conceitos definidos, tendo os estudantes papéis importantes na construção dos conhecimentos envolvidos na atividade.

Tanto a investigação dirigida quanto a história da ciência demonstram-se apropriados para favorecer a construção de sentidos e significados, já que permitem articular, no ensino, conteúdos procedimentais, atitudinais e conceituais e, assim, poderão favorecer a criação de um ambiente de discussão entre os envolvidos.

O ensino-aprendizagem desses conteúdos, na maioria das turmas da educação básica, é apresentado de forma desarticulada com a história da ciência e ao utilizar o experimento em sala de aula como mecanismo que minimize a fragmentação do ensino de Física, o professor ainda assim, apresenta a experimentação em sala de forma apenas ilustrativa e representativa daquele conceito, favorecendo a construção de sentidos e significados distorcidos da realidade científica e social presente na vida do aluno.

Tendo em vista a história da ciência no ensino, a investigação dirigida, a construção de sentidos e os significados pelos sujeitos, propõe-se uma sequência de ensino investigativo sobre o assunto eletromagnetismo e investiga-se os sentidos e significados suscitados na interação entre os sujeitos que participaram do estudo.

Assim, como produto desta pesquisa, apresenta-se, desenvolve-se e discute-se a elaboração de **uma sequência ensino investigativo, utilizando episódios históricos sobre os fenômenos elétricos e magnéticos que possibilitaram o desenvolvimento do eletromagnetismo, recorrendo a experimentos históricos e às práticas investigativas.** (Ver Apêndice)

Capítulo 1

LEMBRANÇAS DE UM PASSADO FORMATIVO

Começo meu percurso com lembranças de um passado relativamente distante, precisamente no começo de 2008, ano em que ingressei no curso de licenciatura em Física da Universidade Federal do Pará (UFPA). A princípio, não tinha a intenção de continuar na licenciatura, pensava em utilizá-lo como “trampolim” para o curso de Engenharia Civil da própria instituição, no entanto, a participação na semana do calouro mudou o plano inicial.

Durante a semana do calouro, pude entrar em contato com os projetos de extensão da Faculdade de Física (FACFIS), vinculados ao Instituto de Ciências Exatas e Naturais (ICEN). As atividades neste evento e projetos, fizeram com que eu mudasse os meus caminhos até ali projetados. Inicialmente, as primeiras atividades foram ministradas pelo Laboratório de Demonstrações¹ (LABDEMON), pude conhecer o espaço físico do projeto e algumas de suas atividades. No mesmo instante tive contato com o Núcleo de Astronomia² (NASTRO), projeto vinculado ao curso de Física, neste âmbito acredito ter encontrado uma paixão: a Astronomia.

Após essas primeiras experiências, comecei a cursar as disciplinas da graduação, durante o primeiro semestre descobri o prazer de estudar sobre os conteúdos relacionados à Física e os fenômenos da natureza. Neste momento, já começava a declinar da ideia de utilizar o curso de Física como “trampolim”, o que veio a se concretizar no segundo semestre do curso, quando comecei a fazer parte do grupo de graduandos de Física e colaboradores que ministravam aulas para a Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica³ (OBA). Esse foi o meu primeiro contato com a docência e, provavelmente, um dos mais significativos, pois neste momento, percebia a importância de ensinar e ao mesmo tempo de aprender com as crianças, de apresentar uma ciência “nova” aos olhos dos estudantes e o despertar da curiosidade.

¹ O Laboratório de Demonstrações pretende contribuir para a melhor formação: de alunos do ensino fundamental e médio, despertando o interesse pela Física e Matemática, em geral, pelas ciências

² O Núcleo de Astronomia pretende contribuir para a melhor formação: de alunos do ensino fundamental e médio, despertando o interesse pela Astronomia em geral.

³ A Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA) é um evento nacional realizado pela Sociedade Astronômica Brasileira (SAB) e pela Agência Espacial Brasileira (AEB). Tem, como público-alvo, estudante do primeiro ano do ensino fundamental até o último ano do ensino médio das escolas públicas ou privadas, urbanas ou rurais.

Ainda no segundo semestre de 2008, comecei a receber minha primeira bolsa de graduação vinculada ao Museu Interativo da Física⁴ (MINF), projeto este que, assim como os já citados, faz parte da FACFIS. O meu vínculo a este projeto como bolsista durou toda a graduação e com a experiência adquirida e construída desenvolvi meu trabalho de conclusão de curso (TCC), mas, antes de chegar a esta etapa de minha formação, alguns experiências foram surgindo.

Precisamente em dezembro de 2009, o MINF foi convidado a participar do “Ciência na Ilha”, evento organizado pelo Clube de Ciências da UFPA⁵ (CCIUFPA). Esse evento abre a possibilidade do intercâmbio de saberes entre pesquisadores e membros das comunidades ribeirinhas, além de proporcionar aos sócios-mirins do CCIUFPA, a possibilidade de apresentar seus trabalhos de iniciação científica infanto-juvenil. A participação nesse evento levou-me a conhecer as atividades desenvolvidas no CCIUFPA, despertando o interesse em participar delas. Entretanto, devido aos compromissos do curso de graduação não pude participar no ano seguinte, já que tinha uma disciplina do curso de graduação no mesmo horário e dia das atividades do CCIUFPA.

Mesmo não participando de forma efetiva das atividades, pude vivenciar algumas experiências no CCIUFPA neste mesmo ano, como: a aula inaugural, a gincana, a exposição dos trabalhos de iniciação científica infanto-juvenil dos sócios-mirins do Clube e o Ciência na Ilha. Em 2011, pude, enfim, participar como estagiário do CCIUFPA em uma turma do 2º e 3º ano do ensino fundamental. Foi uma experiência enriquecedora e diferenciada, nós estagiários planejávamos semanalmente as aulas dos sábados e fazíamos de forma conjunta, participativa e reflexiva, o que hoje percebo como uma das principais impressões que ficaram marcadas em minha formação durante a passagem pelo CCIUFPA, pois era diferente de tudo o que já havia vivenciado durante a minha graduação, seja como bolsista de projeto de extensão ou durante os estágios supervisionados. Ali conheci uma nova forma e oportunidade do fazer docente.

Assim como as outras turmas, os alunos construíram com mediação dos professores que faziam parte da nossa turma, trabalhos que foram apresentados na EXPOCCIUFPA e no Ciência da Ilha daquele ano, finalizando o ano letivo do Clube de Ciências. Entretanto, uma inquietação foi despertada em mim: será o que fazíamos no CCIUFPA era investigação? Este

⁴ O Museu Interativo da Física tem como meta funcionar como um suporte de educação científica e tecnológica informal, difundindo cultura e conhecimento científico, especificamente na área de Física.

⁵ Para saber mais sobre o projeto, utilizar como leitura a tese da fundadora do CCIUFPA: Gonçalves, Terezinha Valim Oliver. Ensino de ciências e matemática e formação de professores: marcas da diferença. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de educação: tese de doutorado. Campinas, SP, 2000.

questionamento surgiu após eu ter participado de uma oficina da professora da UNESP Silvia Regina Quijadas Aro Zuliani, que na ocasião tinha vindo a Belém a convite do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática (PPGECM).

A oficina foi realizada no primeiro semestre de 2012. Ao participar das atividades propostas pela professora durante a oficina, percebi que os elementos que a professora enfatizava sobre o que viria a ser uma investigação no ensino de ciências, não estavam presentes em minhas práticas vivenciadas no Clube naquele ano. Essa inquietação permaneceu durante a minha preparação para o processo seletivo para o mestrado e durante os anos seguintes de participação no CCIUFPA. Uma situação que reforça a minha preocupação com esta inquietação, foi quando, a partir de algumas leituras sobre o tema investigação no ensino de ciências, tive a oportunidade de estruturar uma aula do Clube de Ciências de acordo com os objetivos de uma prática investigativa. Esse foi o primeiro contato com os referenciais teóricos que neste trabalho utilizarei.

A oficina proporcionou uma nova perspectiva, diferente daquela que desenvolvíamos no Clube e de como abordar os experimentos em sala de aula. Até então, utilizava os experimentos para a simples comprovação de teorias e conceitos, o que Hodson chama de “[...] Experimentos cruciais [...]” (1988, p. 4). A oficina funcionou como ponto de partida para a busca de um referencial teórico que oferecesse embasamento aos meus questionamentos e a minha prática.

Mesmo assumindo o compromisso de tentar fazer diferente, acredito que aquela aula no CCIUFPA não tenha sido significativa para os alunos, fazendo-me perceber quais caminhos seguir. As discussões e inquietações fizeram parte de todo o restante da minha vivência no Clube e na graduação.

No segundo semestre de 2013, defendi meu trabalho de conclusão de curso (TCC) intitulado PESQUISAS DE FARADAY QUE O LEVARAM À DESCOBERTA DA INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA.

O TCC partiu de um trabalho apresentado no XXVII Encontro de Físicos do Norte e Nordeste ocorrido em Belém no ano de 2009. O título do trabalho naquela época foi “A Lei de Faraday e a Criação do Dínamo”. Após esse primeiro contato, percebi em conjunto com meu orientador Prof. Dr. Marcelo Costa de Lima, a importância de resgatar as contribuições de Michael Faraday para a Física. Nosso ponto de partida foi à tradução de textos originais de Faraday, levantamento bibliográfico e empolgantes encontros repletos de muitas discussões sobre a história da ciência.

Ao mesmo tempo em que finalizava o TCC, tive a oportunidade de participar de uma disciplina do mestrado acadêmico do Programa de Pós-Graduação em Ciências e Matemática-PPGECM, intitulada “Práticas Investigativas e Formação de Professores”, ministrada pela professora Dr^a. Andrela Garibaldi Loureiro Parente. Nessa disciplina entrei em contato com o referencial teórico que será utilizado neste trabalho. Naquele momento fui apresentado à investigação dirigida que “[...] integra práticas de laboratório, atividades de resolução de problemas e aprendizagem de conceitos [...]” (GIL PEREZ, 1999, p. 317). Além disso, a investigação dirigida possibilita abordar conceitos específicos da ciência, no caso deste trabalho, os conceitos que estão relacionados à pesquisa e à sequência didática são: a eletricidade, o magnetismo e a relação entre esses dois conceitos, que proporcionará a construção do conceito de eletromagnetismo.

No começo de 2014, abriu a seleção para o curso de mestrado profissional do Programa de Pós-Graduação em Docência em Educação em Ciência e Matemática – PPGDOC. Nessa seleção, fui aprovado e em abril comecei a cursar as disciplinas do programa. Ao mesmo tempo, cursei a disciplina do PPGECM intitulada “Afetividade e Construção do Conhecimento”, ministrada pelo Professor Dr. José Moysés Alves, esta disciplina foi fundamental para a construção de minha problemática.

Durante a disciplina, estudamos o livro “O pensamento de Vigotsky – Contradições, Desdobramentos e Desenvolvimento” (GONZÁLEZ REY, 2013). Na parte final deste livro, estudamos o tópico “Uma proposta em desenvolvimento sobre o tema da subjetividade na perspectiva histórico-cultural”. Tais leituras conduziram-me a pensar nos estudantes como sujeitos do processo de aprendizagem.

Entretanto, ao final da disciplina, resolvi utilizar as ideias de sentido e significado de Vygotsky, o que acompanhou toda a construção da atual pesquisa. Paralelamente, entrei em contato com o documentário intitulado “*Choque e temor: A história da eletricidade*”. Nesse documentário são apresentadas as “evoluções” das ideias sobre os fenômenos provocados pela eletricidade e o começo das discussões a respeito da descoberta do eletromagnetismo.

Os textos lidos durante a disciplina, o contato com o documentário e as discussões sobre investigação dirigida, conduziram-me para pensar como desenvolver os conceitos relacionados ao eletromagnetismo – tendo em vista a elaboração/construção de sentidos e significados. Ao mesmo tempo, pensava na construção de uma sequência de ensino investigativo, na sua realização com estudantes e no estudo e discussão do processo de interação em aulas de Física, mediados pela sequência e por minhas futuras intervenções.

Nessa perspectiva, o objetivo geral e os específicos desta pesquisa, respectivamente, são: construir sentido e significado sobre a relação entre eletricidade e magnetismo com o intuito de desenvolver os conceitos dos fenômenos eletromagnéticos situados no período entre 1820 à 1831 e investigar os sentidos e significados de estudantes sobre a relação entre eletricidade e magnetismo, além de possibilitar o desenvolvimento dos estudantes envolvidos nas atividades sobre as ideias do eletromagnetismo.

Capítulo 2 - O contexto teórico da pesquisa

2.1 – OS DESAFIOS DE ENSINAR CONTEÚDOS DE FÍSICA EM SALA DE AULA.

As pesquisas no ensino de Física apontam que a forma como os conteúdos em sala de aula estão sendo apresentados, não têm a preocupação em valorizar a construção do conhecimento científico de maneira crítica e reflexiva pelo estudante. Nessas pesquisas, como aponta Guerra, os estudantes apresentam dificuldades de aprendizagem e muitas vezes “[...] não demonstram entusiasmo pela ciência e seus desempenhos são quase sempre medíocres [...]” (2004, p. 2). Essa falta de entusiasmo pode estar relacionada à forma como o conhecimento é apresentado aos estudantes, estando preocupada apenas em transmitir informações e conceber os mesmos como receptores do conhecimento.

A abordagem do ensino de Física, como é apontada por Da Rosa (2005), está relacionada com as mesmas perspectivas de quando esta disciplina começou a ser trabalhada no Brasil, ou seja, “[...] o ensino voltado para a transmissão de informações por meio de aulas expositivas utilizando metodologias voltadas para a resolução de exercícios algébricos [...]” (2005, p. 6). O ensino de Física em uma abordagem que não considera a construção de sentidos e significados, visa à resolução de exercícios e o acúmulo de conhecimento para a entrada do estudante em universidades. Assim, apresentam o conteúdo de Física como algo acabado e imutável.

Particularmente, os conteúdos de eletricidade, magnetismo e eletromagnetismo, por exemplo, são apresentados aos estudantes no 3º ano do ensino médio, ou em cursos de licenciatura/bacharelado em Física, ou em áreas de conhecimentos afins da Física. Nesses níveis de ensino, os conteúdos são normalmente desenvolvidos na forma de exercícios numéricos, aulas expositivas e na utilização de experimentos apenas para a comprovação de uma teoria ou explicação de um fenômeno. É comum, por exemplo, que os conceitos sobre o eletromagnetismo estejam vinculados à experiência de Oersted, Ampère e Faraday, o que para Paz “[...] é mostrado de uma forma geralmente banal, tanto a configuração do campo magnético, assim como a própria concepção de campo, circular em torno de um fio percorrido por corrente [...]” (2007, p. 29).

Apresentar caminhos contrários a esse cenário educacional, passa pela criação de espaços que possibilitem aos estudantes compreenderem as diferentes mudanças que o

conhecimento científico sofreu/sofre. Assim, é preciso que o ensino de Física esteja voltado para a formação de um sujeito dentro de uma perspectiva “[...] histórica, social, ética, cultural, aproximada do cotidiano escolar [...]” (DA ROSA, 2005, p. 6). Apresentar o conhecimento, desta forma, possibilita ao estudante compreender os diferentes aspectos que impulsionam/impulsionaram o desenvolvimento do conhecimento científico, favorecendo, assim, uma visão crítica e reflexiva do processo de construção deste conhecimento.

Esse processo de construção favorece a compreensão da produção e desenvolvimento da ciência pelos estudantes, pois, segundo Guerra “[...] traz à tona as diferentes questões a respeito da produção científica [...]” (2004, p. 22). Compreender esse processo possibilita aos estudantes conhecerem e familiarizarem-se com as práticas que integram a atividade científica, gerando possibilidades para que os estudantes desenvolvam autonomia durante o processo de ensino-aprendizagem, o que pode conduzi-los a uma visão menos deformada do trabalho científico (GIL PEREZ, 1996).

A visão defendida, não se refere à atividade científica como uma “receita de bolo” ou um modelo único que basta o estudante seguir que conseguirá construir conhecimento científico, mas fazer com que este estudante tenha consciência do seu papel na construção de conhecimento e que este seja sujeito ativo no processo de ensino-aprendizagem. Apresentar o conhecimento científico, como um processo em construção, possibilita ao estudante compreender as intervenções sociais, culturais, econômicas e epistemológicas que o conhecimento sofreu ao longo de seu desenvolvimento, caracterizando-o como uma produção coletiva do homem.

O conhecimento científico, por ser uma construção humana, nega à compreensão de uma ciência linear e estável, substituindo-a por algo repleto de complexidade e dinamismo. Logo, apresentar a ciência para os estudantes nesta perspectiva necessita de abordagens diferenciadas, como, por exemplo, o uso da história da ciência. Nesse sentido, a história da ciência apresenta-se como uma possibilidade de revelar o processo de construção do conhecimento científico apresentando uma visão de ciência que necessita da intervenção coletiva do ser humano para se desenvolver.

Ao entrar em contato com os episódios da história da ciência, os estudantes têm a possibilidade de compreender o contexto que envolveu a construção do conhecimento

científico podendo diminuir as dificuldades de aprendizagem de alguns conceitos de Física, como: eletricidade, eletromagnetismo, magnetismo, relatividade, etc.

Especificamente, podem-se exemplificar as dificuldades que a maioria dos estudantes apresenta ao entrar em contato com as ideias sobre eletricidade, magnetismo e eletromagnetismo. Tais dificuldades são observadas no decorrer das aulas e nas relações desses conteúdos com o cotidiano dos estudantes, ou seja, é comum que estudantes nas aulas ou durante suas relações sociais não compreendam como alguns equipamentos funcionem, por exemplo: o liquidificador, o ferro de passar roupa, ventilador, a bússola e etc.

Ao mesmo tempo, acredita-se que um dos fatores que contribuem para a dificuldade na aprendizagem dos estudantes, são as relações entre sentido e significado dos estudantes com os conteúdos de eletricidade, magnetismo e eletromagnetismo, ou seja, os sentidos e significados que os estudantes apresentam sobre esses conteúdos, a partir de uma visão distorcida e simplista do conhecimento científico. Esses sentidos e significados correspondem à compreensão de que o estudante apresenta ou constrói da relação do conhecimento científico apresentado em sala de aula, com sua realidade.

Vislumbrando a possibilidade de diminuir essa dificuldade, a pesquisa desenvolvida utilizou-se de uma sequência de ensino investigativo, que teve o objetivo de construir sentidos e significados sobre a relação entre eletricidade e magnetismo com o intuito de desenvolver os conceitos relacionados aos fenômenos eletromagnéticos desenvolvidos no período entre 1820 a 1831, com estudantes de graduação de Física do Campus de Abaetetuba da Universidade Federal do Pará.

Para concretizar o objetivo acima apresentado, foi desenvolvida uma sequência de ensino investigativo, utilizando-se o contexto teórico de aspectos da história da ciência e da investigação dirigida (GIL-Pérez, 1996). É importante ressaltar que a sequência por si só não tem o papel de desenvolver e construir sentidos e significados, pois se acredita que é a partir da presença de diferentes discursos em sala de aula e das mediações entre professor-estudante que será possível investigar, observar e analisar os sentidos e significados.

2.2 – OS SENTIDOS E SIGNIFICADOS NA TEORIA DE VYGOTSKY.

Pensar a aprendizagem requer um movimento de olhar para os caminhos metodológicos e conceituais que envolvem esta atividade. Assim, compreender estes caminhos me possibilita observar o processo de ensino-aprendizagem como um constituinte de conhecimentos oriundos de um movimento individual e social dos estudantes. Para Colinvaux,

"[...] a aprendizagem é definida como um processo de significação que, na sala de aula, gera movimentos individuais e coletivos em torno de algumas formas canônicas de compreensão do mundo material e simbólico [...]" (2007, p. 2-3).

Logo, é necessário compreender que o contexto da aprendizagem se dá em dimensões sociais e individuais que favorecem o desenvolvimento de significações pelos sujeitos durante o processo de ensino-aprendizagem.

Esse processo caracteriza-se pela construção de conhecimento em sala de aula, o que para Vygotsky se reflete na produção de significados ou generalizações (Vygotsky, 2005). A produção de significados possibilita ao sujeito desenvolver significações referentes ao contexto de aprendizagem que está inserido, pois a construção de conhecimento "[...] é sempre dependente da mediação social, da apropriação de significados num sistema simbólico [...]" (MORTIMER, 2006, p. 170). Nesta perspectiva, é necessário analisar a construção de conhecimento a partir do desenvolvimento de significados como produção coletiva em sala de aula.

A ideia apresentada sobre sentido e significado está relacionada às ideias desenvolvidas por Vygotsky (2001). Ao discutir sobre sentido e significado, é necessário estabelecer uma diferença entre esses dois conceitos. Para isso, busca-se o seu entendimento à luz da teoria de Vygotsky. Para Vygotsky "[...] o significado é apenas uma das zonas do sentido, a mais estável e precisa [...]" (2001, p. 181). O significado da palavra permanece estável, mesmo que as mudanças de sentidos sejam constantes. Por exemplo, quando há a referência à palavra eletromagnetismo, existe todo um corpo teórico que conceitua esta palavra, nesta situação, refere-se, aqui, ao significado "dicionarizado" da palavra e ao significado defendido pela comunidade científica, significando, assim, a generalização de uma palavra.

Outro exemplo a ser trazido para a discussão é a palavra trabalho que tem um significado dicionarizado que remete à "[...] Aplicação das forças e faculdades humanas para

alcançar um determinado fim [...]” (FERREIRA, 2010, p. 783). Se o olhar voltar-se para o contexto em que a palavra é empregada, pode-se perceber que há modificações, por exemplo, quando se utiliza a palavra trabalho no contexto de sala de aula de Física, o significado mudará das seguintes formas: “[...] uma força aplicada, produzindo deslocamento na direção da força [...] ou “[...] [...]” (NUSSENZVEIG, 2002, p. 108-109).

Nesta perspectiva, o significado torna-se uma generalização no momento em que ele apresenta-se tanto ao “[...] domínio da linguagem quanto ao domínio do pensamento [...]” (VIGOTSKY, 2008, p. 6). Assim, é no significado que a palavra e o pensamento configuram-se como um processo do pensamento do sujeito, isto é, “[...] o significado é um ato do pensamento [...]” (VYGOTSKY, 2008, p. 6). O ato de pensar do ser humano está carregado de influências de sua realidade, o que possibilita a construção de generalizações para cada contexto que envolve a realidade através do pensamento e da linguagem.

Ao refletir sobre sentido, à luz da teoria de Vygotsky, é preciso deixar claro que não existe apenas esta categoria de sentido nem que esta seja a última concepção de sentido vinculada a Vygotsky. Além desta ideia, existem mais duas concepções de sentido, sendo elas: Sentido Pessoal desenvolvida por A. N. Leontiev (1978) e Sentido Subjetivo desenvolvido por González Rey (1995). Esse último foi o que mais se aproximou das últimas ideias desenvolvidas por Vygotsky no final de sua vida. Nesta pesquisa, faz-se uso das ideias defendidas por Vygotsky sobre sentido e significado publicados em seu livro "Pensamento e Linguagem".

Para conceituar “sentido”, Vygotsky utiliza-se das ideias de Paulhan. Para ele “[...] o sentido de uma palavra é a soma de todos os eventos psicológicos que a palavra desperta em nossa consciência. É um todo complexo, fluido e dinâmico, que tem várias zonas de estabilidade desigual [...]” (VYGOTSKY, 2001, p.181). Os sentidos das palavras apresentam-se inconstantes devido aos diversos contextos em que a palavra pode ser empregada, por exemplo, a palavra *eletricidade* ganhará um sentido que dependerá do contexto para ser empregada. Por exemplo, até o final do século XVIII, não existia nenhuma generalização para a palavra eletricidade, pois dependia do contexto histórico, filosófico e epistemológico da época.

Outros exemplos que se pode considerar relacionados ao contexto que a palavra eletricidade foi usada, nos trabalhos do matemático italiano G. Cardano do século XVI, onde este “[...] alegava as propriedades de valor medicinal que, para alguns, o âmbar teria [...]” (ROCHA et al, 2002, p. 188) e do físico/médico inglês William Gilbert o qual considerava que a eletricidade estava relacionada aos efeitos observados através do âmbar, além de não

considerar uma relação direta com o magnetismo dos ímãs. Em Rocha et al (2002) , Gilbert afirmou “[...] que no ramo da eletricidade determinados corpos, quando atritados, emitiam um *effluvium*, de natureza material, o qual seria liberado pelo calor produzido no corpo, por fricção [...]” (ROCHA et al, 2002, p. 190). Resgatando esses episódios da história da ciência, percebe-se que o conceito de eletricidade passou por diversas mudanças de sentidos, mesmo hoje tendo um significado definido.

Inicialmente, a utilização da ideia de sentido particularmente, estava associada à palavra. No entanto, “[...] as palavras e os sentidos são relativamente independentes entre si [...]” (VYGOTSKY, 2001, p. 182). A independência está ligada à constante mudança de contexto, onde o sentido e as palavras estão sendo empregadas, pois, o sentido vai mudar de acordo com as situações e com os sujeitos que a utilizam. Como foi explanado anteriormente, o sentido carrega consigo a instabilidade e a fluidez devido à mudança de contexto onde a palavra é utilizada.

No desenvolvimento do conhecimento científico, estas mudanças de sentidos, devido ao contexto de utilização da palavra, podem ser observadas com mais nitidez. Por exemplo, a mesma explicação para a queda de uma maçã ou de um objeto no chão foi usada por Newton para explicar a interação entre os corpos celestes no Sistema Solar. Pode-se citar a relação de sentidos de eletricidade ao longo do desenvolvimento desta palavra, pois durante o período de construção da ideia sobre os fenômenos da eletricidade, os sentidos foram sendo modificados a partir da intervenção do homem.

Durante essas intervenções, alguns sentidos foram sendo construídos, como: a eletricidade artificial, eletricidade natural e a eletricidade animal. Esses sentidos estavam relacionados aos fenômenos elétricos que podiam ser observados em algumas situações, como: a atração de penas por bastões, as descargas atmosféricas, as descargas elétricas produzidas por animais e a contração muscular de sapos.

Retornando à palavra trabalho, quando a mãe fala ao filho “Égua, esse menino só me dá trabalho”, a palavra trabalho no contexto da frase modifica-se e ganha um sentido diferente ao significado dicionarizado ou relacionado aos fenômenos físicos. Desta forma, percebe-se que o sentido é mais dinâmico e modifica-se na mesma velocidade que o contexto que a palavra é utilizada.

Esses exemplos estavam relacionados aos sentidos específicos observados nos fenômenos citados, portanto, cada palavra citada, corresponde a um sentido em um determinado contexto social, científico, político e epistemológico, haja vista que os sentidos mudaram à medida que seus interlocutores mudaram, o que revela o caráter simbólico do

sentido, pois “[...] é o simbólico o elemento mediador da relação homem/mundo [...]” (FERREIRA; COSTA, 2011, p. 215).

Vygotsky afirma que “[...] o significado é construído de acordo com as situações vivenciadas pelos sujeitos, sendo uma linha tênue entre o pensamento e a linguagem [...]” (1989, p. 104). As situações vivenciadas pelos sujeitos correspondem ao contexto de construção de significados e, à medida que esses significados são construídos, representam a relação entre as situações e o pensamento, o que terá representatividade na linguagem.

A linguagem na teoria de Vygotsky tem um papel relevante, uma vez que é a partir dela que os seres humanos interagem entre si, o que possibilita observar que a linguagem “[...] é o meio pelo qual o ser humano constitui-se sujeito, atribui significados aos eventos, aos objetos, aos seres, tornando-se, portanto, ser histórico e cultural [...]” (TONETTO; FERREIRA, 2011, p. 213). Assim, a linguagem não está ligada apenas à comunicação, ela corresponde a um processo interno que tem como contexto a cultura e as relações entre os sujeitos. Essas relações e a cultura possibilitam, ao sujeito, estabelecer vínculos que caracterizem a linguagem de acordo com suas vivências, favorecendo a construção do sujeito em uma perspectiva histórico-cultural.

A possibilidade de construir sentido e significado favorece o desenvolvimento e a construção de conceitos pelos estudantes. Para Vygotsky, esses conceitos estão divididos em “[...] conceitos científicos ou não-cotidianos e conceitos cotidianos ou espontâneos [...]” (2005, p.135). Esses conceitos têm relações entre si, mas, constituem-se pelo sujeito de forma diferenciada, carregando aspecto das relações sociais, culturais e históricas do sujeito.

Os conceitos espontâneos referem-se aos conceitos aos quais as crianças desenvolvem a partir de suas práticas diárias, “[...] com as pessoas que a rodeiam, apresentando dados empíricos, adquiridos mediante interações sociais imediatas [...]” (CHIODI; FACCI, 2011, p. 7). Os conceitos que são aprendidos à medida que os sujeitos interagem com indivíduos mais experientes, como, por exemplo, a interação entre pai e filho ou estudante e professor, estão relacionadas aos conceitos espontâneos.

Já os conceitos científicos, “[...] tornam-se apropriados no processo educativo, que é orientado, organizado e sistematizado [...]” (CHIODI; FACCI, 2011, p. 7). Os conceitos científicos estão relacionados aos desenvolvidos de conceito em sala de aula, tendo o professor como mediador deste processo de construção de conhecimento. Ao mesmo tempo, existe relação entre o desenvolvimento dos conceitos espontâneos e científicos, pois, os conceitos espontâneos são a base para o desenvolvimento dos conceitos científicos pelos estudantes.

Na abordagem dessa pesquisa, a relação entre os conceitos poderá surgir a partir dos episódios históricos sobre as ideias de eletricidade e magnetismo – que serão apresentados e discutidos durante o desenvolvimento da sequência de ensino investigativo. A sequência foi elaborada considerando atividades com este propósito e sua articulação para discutir sentidos e significados sobre as relações entre eletricidade e magnetismo.

Ao mencionar o desenvolvimento, é preciso situar a pesquisa usando as ideias defendidas por Vygotsky sobre esse tema. Para ele, o desenvolvimento do sujeito é posterior à aprendizagem, ou seja, “[...] é a aprendizagem que antecede, possibilita e impulsiona o desenvolvimento [...]” (VYGOTSKY, 2001). Desta forma, o sujeito aprende para depois se desenvolver intelectualmente e socialmente, esse desenvolvimento acontece simultaneamente e está relacionado diretamente ao contexto social que vive o sujeito.

Para Palangana, “[...] a aprendizagem constitui-se no processo de apropriação e transformação do saber socialmente elaborado, não sendo imanente ao sujeito, mas construída na relação mediada pelo outro e pela cultura [...]” (2002, p. 113). Assim, quando o sujeito aprende, ele se desenvolve cognitivamente, culturalmente e socialmente, tirando a relação da aprendizagem exclusivamente do indivíduo e objeto a ser estudado. Neste sentido, as relações sociais têm papel importante na constituição do sujeito, que agora partilha o seu desenvolvimento intelectual entre outros sujeitos e a cultura.

Vygotsky estabelece dois níveis de desenvolvimento do sujeito: o desenvolvimento real e desenvolvimento próximo ou proximal. Para ele, “[...] o desenvolvimento real é o nível que expressa o desenvolvimento psíquico que já foi obtido pela criança [...]” (VYGOTSKY, 2001, p. 251). Nesse nível, a criança apresenta os conhecimentos já adquiridos durante suas experiências sócias e cognitivas.

Já o nível de desenvolvimento proximal “[...] é a diferença entre o que a criança pode fazer sozinha e os problemas que ela só pode resolver com a ajuda de outro sujeito mais experiente [...]” (VYGOTSKY, 2001, p. 251). Pode-se considerar este nível como a “região” no desenvolvimento da criança, que compreende o que ela já sabe e ao que ela só pode realizar com a ajuda de sujeitos cognitivamente e socialmente mais experientes.

Vygotsky resgata o caráter social da aprendizagem e do desenvolvimento, pois considera que a passagem do desenvolvimento real para o proximal depende da mediação de outros sujeitos cognitivamente mais experientes.

A mediação no processo de desenvolvimento cognitivo do sujeito tem um papel importante e está ligado diretamente ao nível de desenvolvimento proximal do sujeito. Toda vez que ele consegue alcançar o nível de desenvolvimento proximal, ele o faz através da

mediação. Essa mediação pode estar relacionada entre professor e estudante ou estudante e seu par cognitivo em sala de aula.

2.3 O USO DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE CIÊNCIAS.

Se houver um olhar mais atento ao desenvolvimento do conhecimento científico, é possível perceber que a construção deste conhecimento teve/tem diversas rupturas epistemológicas, filosóficas e culturais. Essas rupturas estão relacionadas ao desenvolvimento destes conhecimentos pelo homem, o que caracteriza a construção do conhecimento científico como construção humana. Pode-se exemplificar essas rupturas em diversos episódios da história da ciência, o que possibilita observar o desenvolvimento dos sentidos e significados relacionados a este conhecimento.

Conceber que existe construção de conhecimento apenas individualmente e de forma isolada, é uma forma simplista de observar o desenvolvimento do conhecimento científico. Ao evidenciar alguns episódios da história da ciência, será notado que o conhecimento científico defendido nesta pesquisa passou por inúmeras modificações e intervenções de diversos sujeitos.

A história da ciência no ensino é apresentada na sequência de ensino investigativo por meio de episódios históricos. Esses episódios têm a intenção de apresentar e discutir modificações e intervenções que se fizeram necessárias ao longo da história da ciência, para compreender o processo de construção do conhecimento que levou a esclarecer as situações observadas nas relações entre fenômenos elétricos e magnéticos, os quais possibilitaram o desenvolvimento do eletromagnetismo.

Trazer o estudo de episódios da história da ciência para o ensino das ciências possibilita ao estudante compreender que a ciência não “[...] se desenvolve em uma torre de cristal, mas sim em um contexto social, econômico, cultura e material bem determinado [...]” (MARTINS, 2006, p. XXIV). A construção do conhecimento científico aconteceu/acontece, mediada por situações que envolvem esse contexto. Assim, considerando o caráter educativo, o professor tem o papel de, por meio da história da ciência, apresentar a construção deste conhecimento de modo a considerar, todas as possibilidades de intervenção do homem.

Assim como o professor, a história da ciência terá um papel mediador, pois sua abordagem poderá trazer clareza sobre os processos de construção do conhecimento científico, ao passo de que o estudo de alguns aspectos da história da ciência é insubstituível, “[...] na formação de uma concepção adequada sobre a natureza das ciências, nas limitações, suas relações com outros domínios [...]” (MARTINS, 2006, p. XXIV). Utilizar a história da ciência possibilita apresentar ao estudante o conhecimento científico como um processo que é

construído e desenvolvido por aspectos sociais e culturais, favorecendo a compreensão das atividades científicas.

É preciso ter clareza de que o aluno terá possibilidade de perceber que a ciência é um processo de construção social e gradativo, e não uma situação isolada que apenas os “gênios” conseguem realizar. Para Martins,

“[...] O estudo adequado de alguns episódios históricos também permite perceber o processo social (coletivo) e gradativo de construção do conhecimento, permitindo formar uma visão mais concreta e correta da real natureza da ciência, seus procedimentos e suas limitações – o que contribui para a formação de um espírito crítico e a desmitificação do conhecimento científico, sem, no entanto, negar seu valor[...]”(2006, p. XXII).

A história da ciência possibilita apresentar a prática científica em um contexto real desta atividade. Além de aproximar os estudantes da construção coletiva e humana do conhecimento científico, a história da ciência pode possibilitar conhecer os procedimentos, metodologias e os contextos socioculturais que levaram cientistas a desenvolverem os conhecimentos e tecnologias desenvolvidas pelo homem. Para PEDUZZI (2001), utilizando-se de materiais apropriados e de qualidade confiável, a utilização da história da ciência pode:

- “[...] Propiciar o aprendizado significativo de equações (que estabeleçam relações entre conceitos, ou que traduzem leis e princípios) que o utilitarismo do ensino tradicional acaba transformando em meras expressões matemáticas que servem à resolução de problemas;
- Ser bastante útil para lidar com a problemática das concepções alternativas;
- Incrementar a cultura geral do aluno, admitindo-se, neste caso, que há valor intrínseco em se compreender certos episódios fundamentais que ocorreram na história do pensamento científico (como a revolução científica do século XVI e XVII, por exemplo);
- Desmistificar o método científico, dando ao aluno os subsídios necessários para que ele tenha um melhor entendimento do trabalho do cientista;
- Mostrar como o pensamento científico se modifica com o tempo, evidenciando que as teorias científicas não são “definitivas e irrevogáveis”, mas objeto da constante revisão;
- Chamar a atenção para o papel de ideias metafísicas (e tecnológicas) no desenvolvimento de teorias científicas mais antigas;
- Contribuir para um melhor entendimento das relações da ciência com a tecnologia, a cultura e a sociedade;
- Propiciar o aparecimento de novas maneiras de ensinar certos conteúdos;
- Melhorar o relacionamento professor-aluno;
- Levar o aluno a se interessar mais pelo ensino de Física [...]”

(2001, p. 157-158).

Os itens apresentados acima correspondem aos fatores favoráveis para a utilização da história da ciência em sala de aula. Respeitar esses aspectos poderá representar uma forma diferenciada de apresentar os conteúdos científicos relacionados aos episódios históricos aos estudantes.

A história da ciência permite possibilidades diferenciadas que favorecem uma educação nas ciências construída, reflexiva e crítica, apresentando o conhecimento científico de forma contextualizada, ou seja, “[...] onde estas ciências sejam ensinadas em seus diversos contextos: ético, social, histórico, filosófico, e tecnológico [...]” (MATTHEWS, 1995, p. 166). A possibilidade de o estudante compreender o processo de construção do conhecimento em seus diversos aspectos, favorece novas perspectivas para que ele conheça a ciência. Além disso, percebe-se pela quantidade de trabalhos e artigos publicados, a situação de crise em que se encontra o ensino de ciências, como afirma Matthews pode ser minimizada, já que a utilização da história da ciência pode:

- [...] Humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade;
- Tornar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo, deste modo, o desenvolvimento do pensamento científico;
- Pode contribuir para um entendimento mais integral e matéria científica, isto é, pode contribuir para a superação do “mar de falta de significação” que se diz ter inundado as salas de aulas de ciência, onde fórmulas e equações são receitadas sem que muitos cheguem à saber o que significam;
- Pode melhorar a formação do professor, auxiliando no desenvolvimento de uma epistemologia da ciência mais rica e mais autêntica, ou seja, de uma maior compreensão da estrutura das ciências, bem como do espaço que ocupa no sistema intelectual das coisas [...] (1995, p. 165).

Os aspectos da história da ciência apresentados acima, revelam a possibilidade de mudança na perspectiva do ensino de Física atual, já que a história da ciência tem ganhado espaço no Brasil e no ensino de ciências (MARTINS, 2006). Isso é percebido nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN“S), documento que guia a educação brasileira. Para este documento, “[...] é essencial que o conhecimento físico seja explicitado como um processo histórico, objeto de contínua transformação e associado às outras formas de expressão e

produção humana [...]” (2000, p.22). Apresentar o conhecimento científico como produção humana e coletiva, oportuniza ao estudante ter clareza dos eventos que possibilitaram o desenvolvimento da ciência.

Entretanto, existem barreiras que dificultam a utilização e o desenvolvimento da história da ciência e o seu papel modificador, reflexivo e crítico no ensino. Para Siegel (1970), existem três principais barreiras, são elas:

- [...] A carência e um número insuficiente de professores com a formação adequada para pesquisar e ensinar de forma correta a história das ciências;
- A falta de material didático adequado (textos sobre história da ciência) que possa ser utilizado no ensino;
- Equívocos a respeito da própria natureza da história da ciência e seus usos na educação [...] (SIEGEL, 1979).

A pouca utilização de aspectos da história da ciência em sala de aula está ligada à formação dos professores que atuam em sala de aula, pois a maioria dos professores não é formada para utilizar esse tipo de abordagem. Além disso, existe um conjunto pequeno de materiais didáticos que utilizam a história da ciência adequadamente, em algumas situações como, por exemplo, nos livros didáticos, a história da ciência é apresentada desconectada dos conteúdos científicos.

A ideia de utilizar a história da ciência como mediador no processo de construção de sentido e significado tem como papel resgatar a construção dos conceitos relacionados aos fenômenos eletromagnéticos. Os aspectos de construção da ciência pelo homem são observados a partir das experiências sociais que os sujeitos envolvidos no processo de construção do conhecimento científico participam. Essas experiências estão permeadas de sentidos e significados que sofrem influência dos aspectos histórico-sociais que os sujeitos envolvidos carregam.

Os fenômenos relacionados à eletricidade e magnetismo que serão apresentados e desenvolvidos, darão oportunidade de investigar os sentidos e significados. Particularmente, os fenômenos que serão utilizados, fazem parte da cronologia do desenvolvimento conceitual do que viria a ser chamado **eletromagnetismo**. Para observar esses fenômenos, dispõe de acervo de experimentos históricos. Entretanto, estes experimentos não serão utilizados nesta pesquisa apenas como objetos de ilustrar ou confirmar uma teoria, ou como aponta Hodson, “[...] a observação científica não é um assunto simples ou estabelece uma verdade absoluta,

assim como sugere vários currículos de ciências, de que este é o único papel dos experimentos [...]” (1988, p.4).

A utilização da história da ciência em conjunto com a sequência de ensino investigativo, que será apresentada nesta pesquisa, possibilitará aos estudantes entrarem em contato com algumas características da investigação no ensino de ciências.

2.4 - AS DIFERENTES FORMAS DE EXPLICAR O MESMO FENÔMENO: AS RESSIGNIFICAÇÕES E O DESENVOLVIMENTO DA CIÊNCIA.

Na história da ciência são recorrentes exemplos, nos quais se observa que fenômenos diferentes podem ser explicados pelas mesmas causas. Por exemplo, “[...] Isaac Newton unificou fenômenos aparentemente desconexos, como a queda de uma pedra e o movimento da Lua em torno da Terra [...]” (MARTINS, 1999, p. 824) ou quando se analisa o desenvolvimento dos conceitos de eletricidade, magnetismo e a relação entre eles. Esses exemplos reforçam a ideia de que em tempos diferentes, a mesma palavra pode ter diversos significados ou generalizações que dependerão do contexto científico, social e epistemológico para se estabelecer.

A palavra, como foi apresentada anteriormente, pode ser caracterizada por sucessivas rupturas em suas significações, ou seja, é comum que a palavra sofra inúmeras ressignificações ao longo de seu desenvolvimento. Essas ressignificações passam por constantes modificações em seu sentido, ou seja, os significados dependem da interpretação que cada sujeito faz em seu cotidiano. Pode-se observar essas modificações, a partir de alguns episódios da história da ciência, pois se verifica que, ao longo de seu desenvolvimento, a ciência passou/passa por constantes processos de ressignificação.

Considera-se o processo de ressignificações como etapa que precede a significação ou generalização de uma palavra. Nessa perspectiva, o desenvolvimento dos significados da palavra eletricidade, por exemplo, passa pelas reformulações. Cada reformulação pode ser encarada, conforme Bachelard, como um “Obstáculo Epistemológico”. Ainda segundo o autor, “[...] é no âmago do próprio ato de conhecer que aparecem, por uma espécie de imperativo funcional, lentsidões e conflitos [...], detectaremos causas da inércia às quais daremos o nome de obstáculos epistemológicos [...]” (2005, p. 17). Os obstáculos epistemológicos representam a inércia do conhecimento científico ao longo do desenvolvimento da ciência – aqui representados pelas constantes ressignificações da palavra

eletricidade ou, utilizando o contexto desta pesquisa, a eletricidade, o magnetismo e o eletromagnetismo.

Nessa situação, percebe-se que essas palavras ao longo do desenvolvimento da ciência tiveram que enfrentar diferentes obstáculos epistemológicos para se constituírem como conceito científico. Ligados ao desenvolvimento dos significados dessas palavras, foram sendo construídos, paralelamente, sentidos que exercem uma função mais ampla para determinar a palavra. Neste caso, podemos utilizar um exemplo apresentado por Bachelard “[...] Por exemplo, a telefone correspondem conceitos que são totalmente diferentes para o assinante, a telefonista, o engenheiro, o matemático preocupado com equações diferenciais [...]” (2005, p. 22). A partir dessa exemplificação e de muitos outros casos do nosso cotidiano, pode-se afirmar que tudo é sentido. Assim, os conceitos de eletricidade, magnetismo eletromagnetismo ou gravitação, estarão vinculados ao sujeito que os usa em seus diferentes contextos no dia a dia.

Então, surge a pergunta: **Por que, então, estudar o significado se tudo é sentido?** A resposta está associada à necessidade de se estabelecer relações entre os significados ou generalizações e os sentidos utilizados pelos estudantes em seu cotidiano. Tentando, por conseguinte, aproximar ao máximo os sentidos apresentados por eles aos significados defendidos pelo conhecimento científico. Essa pergunta permite apresentar a importância de estabelecer uma relação entre o conhecimento científico e o conhecimento cotidiano. Além disso, possibilita reforçar a ideia sobre o objetivo geral desta pesquisa que visa **construir sentidos e significados sobre a relação entre eletricidade e magnetismo com o intuito de desenvolver os conceitos relacionados aos fenômenos eletromagnéticos situados no período entre 1820 a 1831 com estudantes de graduação de Física.**

2.5 – INVESTIGAÇÃO E O ENSINO DE CIÊNCIAS.

A abordagem de investigação no ensino de ciências tem a possibilidade de aumentar o interesse dos estudantes pela ciência, “[...] já que possibilita ao aluno agir, refletir, discutir e relatar o que dará ao seu trabalho características de uma investigação científica [...]” (CARVALHO et al, 1998, p. 20). Essas características possibilitam que o aluno construa seu conhecimento e que tenha uma participação efetiva no processo de ensino-aprendizado. Ou seja, a postura que o estudante assume é mais participativa e atuante, oportunizando ao

estudante ter acesso aos conteúdos procedimentais, atitudinais e conceituais que estão inseridos no ensino de ciências.

Ao mesmo tempo, a postura do professor muda, deixando de agir apenas como um transmissor do conhecimento, e passando a agir como mediador durante o processo de construção do conhecimento em sala de aula. Entretanto, essa nova postura do professor tem que ser mediada por uma formação que favoreça ao professor integrar-se a esta nova perspectiva de compreender o processo de ensino-aprendizado.

Ao entrar em contato com as diversas propostas de investigação, foi possível perceber que cada uma tem particularidades que as caracterizam. A investigar o desenvolvimento dessas práticas na formação inicial de professores, Parente propôs um esquema “[...] definido por PERGUNTAS, PLANEJAMENTO, REALIZAÇÃO E RESPOSTAS [...]” (2012, p. 22). Nesse esquema proposto, cada item poderá trazer diferentes significados sobre investigação, à medida que as propostas forem sendo substituídas.

Nesta pesquisa assume-se a abordagem do ensino por investigação. Particularmente, utilizar-se-á a investigação dirigida, já que ela, “[...] possibilita ao aluno uma participação integrada em sala de aula e visa às práticas de laboratório, atividades de resolução de problemas e a aprendizagem de conceitos [...]” (GIL PEREZ, 1999, p. 317). A investigação dirigida permite ao estudante fazer parte do processo de ensino-aprendizagem como um todo, pois favorece a participação dos estudantes em sala de aula e apresenta as atividades experimentais diferentes da perspectiva de apenas confirmar uma teoria.

Além disso, as práticas desenvolvidas pelo professor apresentam resoluções de problemas aberto aos alunos, incluindo prática de laboratório, o que possibilita a integração entre os estudantes, favorecendo a construção de conhecimento coletivamente. No entanto, a aprendizagem de conceitos, nesta perspectiva, é desenvolvida de forma reflexiva e crítica pelo estudante.

A investigação dirigida critica as práticas de laboratório que são utilizadas como comprovação de uma teoria ou de um conceito apresentado em sala de aula. Ao mesmo tempo, “[...] apresenta a aprendizagem da ciência como uma construção e não apenas uma simples mudança conceitual, mas ao mesmo tempo uma mudança conceitual, metodológica e atitudinal [...]” (GIL PEREZ, 1999, p. 317). A investigação dirigida possibilita a construção do conhecimento científico de forma reflexiva e participativa pelos estudantes. Ao mesmo tempo, esta construção permite a ele ter compreensão dos processos metodológicos, conceituais e atitudinais que favorecem a mudança conceitual pelo estudante.

Com a utilização da investigação dirigida, “[...] pretende-se superar o reducionismo e a visão deformada da natureza do trabalho científico que impregnam a epistemologia espontânea do professor [...]” (GIL PERÉZ, 1999, p. 313). É comum encontrar professores que apresentam o conhecimento científico de forma simplista e como um processo de memorização, o que reflete negativamente na aprendizagem do conhecimento pelos estudantes. Assim, com a investigação dirigida pretende-se superar a forma reducionista e deformada, exibida em sala de aula, quando se apresenta a natureza do trabalho científico para os estudantes que fazem parte da formação do professor e que são transmitidas durante o processo de ensino-aprendizado do estudante.

Além disso, pretende-se ressaltar a completa integração da teoria, prática e os problemas oportunizados, a partir da utilização de “[...] situações com problemas abertos e as práticas de laboratório [...]” (GIL PERÉZ, 1999, p. 313). Utilizar, durante as atividades em sala de aula, a resolução de problemas abertos e as práticas de laboratório possibilita ao estudante fazer parte do processo de construção do conhecimento científico, oportunizando ao estudante, mudar de uma postura acomodada, para uma postura reflexiva e participativa deste processo.

A mudança de postura apresentada pela investigação dirigida inclui vários aspectos essenciais que caracterizam esse tipo de investigação. Esses aspectos podem ser encontrados no trabalho de Gil Perez, (1999, p. 317, tradução nossa), sendo que para este trabalho pretende-se utilizar os seguintes aspectos:

- [...] Apresentar situações problemáticas abertas de um nível de dificuldade adequado (correspondente à zona de desenvolvimento potencial dos estudantes), com o objetivo de que os estudantes possam tomar decisões para esclarecê-las e treinar a transformação de problemáticas abertas em problemas precisos.
- Favorecer a reflexão dos estudantes sobre a relevância e o possível interesse das situações propostas, que dê sentido ao seu estudo (considerando as possíveis implicações CTS, etc.) e evite um estudo descontextualizado, socialmente neutro.
- Potencializar as análises qualitativas significativas que ajudem a compreender e limitar as situações levantadas (a luz dos conhecimentos disponíveis, do interesse do problema, etc.) e a formular perguntas operacionais sobre o que se busca. Trata-se de sair do operativismo cego sem negar, muito pelo contrário, o papel essencial da matemática como instrumento de investigação, que intervém em todo o processo, desde a afirmação a mesmos problemas precisos (com a necessária formulação de perguntas operativas, etc.) até a análise dos resultados.

- Considerar a emissão de hipótese como atividade central da investigação científica, suscetível de orientar o tratamento das situações e tornar explícitas, funcionalmente, as pré-concepções dos estudantes. Insistir na necessidade de fundamentar estas hipóteses e prestar atenção, nesse sentido, à atualização dos conhecimentos que constituíam pré-requisitos para o estudo apresentado. Reivindicar uma cuidadosa operativização das hipóteses, quer dizer, a derivação de consequências testáveis, prestando a devida atenção ao controle de variáveis, etc.
- Conceder toda sua importância à elaboração de desenhos e à planificação da atividade experimental pelos próprios estudantes.
- Favorecer, sempre que possível, a incorporação da tecnologia atual aos desenhos experimentais com o objetivo de favorecer uma visão mais corretada da atividade técnico-científica contemporânea.
- Analisar os resultados à luz do corpo de conhecimento disponível, das hipóteses geradas e dos resultados de outros investigadores (outras equipes de estudantes).
- Favorecer, através dos resultados, as necessárias revisões dos desenhos, das hipóteses, incluindo a abordagem do problema. Prestar particular atenção aos conflitos entre os resultados e as concepções iniciais, facilitando assim, de uma forma funcional, as transformações conceituais.
- Levantar considerações de possíveis perspectivas (replanejamento do estudo em outro nível de complexidade, problemas derivados) e contemplar, em particular, as limitações CTS do estudo realizado (possíveis aplicações, repercussões negativas).
- Demandar esforço de integração que considere a contribuição do estudo realizado, a construção de um corpo coerente de conhecimento, assim como as possíveis implicações em outro campo de conhecimento.
- Conceder uma especial importância à elaboração de memórias científicas que reflitam o trabalho realizado e possam servir de bases para ressaltar o papel da comunicação e o debate na atividade científica.
- Valorizar a dimensão coletiva do trabalho científico organizando equipes de trabalho, facilitando a interação entre cada equipe e a comunidade científica, representada na classe pelo resto das equipes, o corpo de conhecimento já construído (coletados nos textos), o professor como especialista, etc. Perceber, em particular, que os resultados de uma única pessoa ou de uma única equipe não são suficientes para verificar ou falsear uma hipótese e que o corpo de conhecimento constitui a cristalização do trabalho realizado pela comunidade científica e a

expressão do consenso alcançado em um determinado momento [...] (1996, p. 156-157).

Os aspectos listados acima estarão presentes no desenvolvimento da sequência de ensino. Ao mesmo tempo, é necessário promover uma reflexão ao professor que utilizará futuramente o produto desta pesquisa, com o intuito de aproximar este professor com as discussões e reflexões oportunizadas por estes aspectos. A pesquisa apresentada poderá possibilitar argumentos que validem a utilização dos aspectos que caracterizam a investigação dirigida.

Segundo (GIL PEREZ, 1999, p. 313), é fulcral incorporar aspectos da investigação dirigida no planejamento das atividades de sala de aula pelos professores, possibilitando aos estudantes reorganizarem a sua postura e oportunizando uma visão menos distorcida do trabalho científico, pois esta visão favorece alcançar objetivos formativos pelos estudantes, principalmente em relação ao exercício do trabalho científico, o que torna a utilização dos aspectos da abordagem da investigação dirigida, válidos.

Apresentar aos estudantes os aspectos que fazem parte da abordagem da investigação dirigida, possibilita representar uma visão que nesta abordagem “[...] Os alunos aqui são concebidos como jovens pesquisadores que estruturados em equipes de cooperação, abordam situações problemáticas de interesse, interagindo com outras equipes, e com o resto da comunidade científica, representada pelo professor e os textos [...]” (GIL PEREZ, 1999, p. 313). Nas situações apresentadas acima, a postura do estudante em relação à construção do conhecimento é modificada pela própria tomada de consciência do estudante, por meio dos aspectos apresentados na investigação dirigida. Essa tomada de consciência configura-se em um contexto coletivo e social, que em situações vivenciadas em sala de aula, são construídas a partir da interação entre estudantes, professores e os conhecimentos construídos pela comunidade científica.

Acredita-se que estas estruturas melhoram a compreensão da situação da aprendizagem escolar e diminuem a concepção de que os alunos são apenas receptores do conhecimento que é apresentado em sala de aula. Fazer o estudante pensar sobre a construção de suas ideias, possibilita a ele integrar, em sua formação, os contextos que contribuem para a compreensão dos aspectos da atividade científica, favorecendo o desenvolvimento deste estudante a partir do processo de ensino-aprendizado.

Utilizar a resolução de situações problemas aproximando do cotidiano do estudante é de uma relevância significativa, pois, “[...] se aprendemos no nosso dia a dia nós o fazemos

sempre nas relações sociais, em diferentes grupos sociais e com propostas e objetivos diferentes [...]” (TACCA, 2008, p. 139). Cada sujeito aprende de forma diferente, no entanto, as relações sociais em contextos diferenciados contribuem para a aprendizagem, o que caracteriza o cotidiano do estudante como meio que possibilita a compreensão e o desenvolvimento da aprendizagem.

Precisa-se compreender que não existe construção de conhecimento individual, é a partir das relações sociais que o conhecimento é constituído. Para TACCA,

[...]na história da organização social, na medida em que a sociedade produziu conhecimentos e novas descobertas foram realizadas pela ciência, aparecem diferentes formas de organização, significação e utilização desse conhecimento [...]. (2008, p. 139).

A cada produção científica desenvolvida pelo homem, a sociedade e os meios sociais organizam-se, de forma que as significações decorrentes desta produção tornam-se conhecimentos estruturados a partir da utilização desses conhecimentos.

2.6 – A UTILIZAÇÃO DA EXPERIMENTAÇÃO EM SALA DE AULA.

A perspectiva desta pesquisa é utilizar os experimentos de forma crítica e reflexiva com os sujeitos da pesquisa e que estes sejam instrumentos no processo de ensino-aprendizado. Ao utilizar de forma crítica e reflexiva os experimentos pelos os estudantes, há a oportunidade de envolvê-los e apresenta-los aos ideais do desenvolvimento do trabalho científico, utilizando modos alternativos e apropriados, “[...] de aprender ciência, aprender sobre a ciência, e fazer ciência [...]” (HODSON, 1988, p. 3).

Endente-se que a utilização de experimentos em sala de aula requer uma reorganização, pois se acredita que as atividades experimentais precisam ser organizadas de forma a favorecer a autonomia dos estudantes, o processo do diálogo e o levantamento de hipóteses. Compreender as atividades científicas, desta forma, traz novas significações para os sujeitos envolvidos nessas atividades, já que apresenta aos estudantes novas formas de participação nas atividades experimentais. Abordar a experimentação, nesse âmbito, cria possibilidades de estudantes muitos mais participativos, críticos e reflexivos.

Ao abordar o ensino de ciências de forma crítica e reflexiva nas salas de aulas, o professor oportuniza ao aluno o aprender a pensar, o que difere do que é observado nas escolas atualmente, ou seja, um conhecimento pronto e sistematizado pelos currículos e professores. Utilizando-se das práticas investigativas, “[...] é exigido que os estudantes tomem consciência das estratégias que eles utilizam/utilizaram para a resolução do problema que foi

proposto [...]” (PARENTE, 2012, p. 32). No momento em que os estudantes tomam consciência das estratégias utilizadas para resolver determinado problema, essa atitude compreende todo o processo mental e social desenvolvido pelo estudante para solucionar a problemática, tornando-os sujeitos construtores de sua própria aprendizagem.

Utilizar o tratamento de situações em sala de aula com problemas abertos, além de aproximar do que constitui o trabalho científico, incentivando-os a levantar hipóteses, responder e resolver o problema para o aluno, com isso “[...] ao propor um problema, o professor passa a tarefa de raciocinar para o aluno e sua ação não é mais o de expor, mas de orientar e encaminhar as reflexões dos estudantes na construção do novo conhecimento [...]” (CARVALHO, 2013, p. 2). Esse processo favorece a tomada de consciência pelo estudante do processo de construção do conhecimento científico, tornando-o mais atuante em seu processo de ensino-aprendizagem.

A formulação do problema, seja ele teórico ou experimental, “[...] é o primeiro passo para a construção de uma sequência de ensino investigativo (SEI), seguindo nesta construção, os passos seguintes são a sistematização, a contextualização e a avaliação ou aplicação [...]” (CARVALHO, 2013, p. 8-18). Esses passos correspondem à estrutura de uma SEI, onde cada passo será mediado pelo professor, tendo como objetivo a tomada de consciência do estudante no processo de ensino-aprendizagem, favorecendo ao estudante construir de forma crítica e reflexiva o conhecimento desenvolvido nas atividades de uma sequência de ensino investigativo.

A sequência de ensino investigativo poderá possibilitar à pesquisa, construir e estudar os sentidos e os significados a partir da interação social entre os mediadores do processo de ensino aqui utilizado. Para Tonetto e Ferreira, “[...] o sujeito se produz como indivíduo na ação social e na interação, internalizando significados a partir do social [...]” (2011, p. 215). As relações sociais compreendem, em um contexto escolar, momentos que favorecem a construção do conhecimento de forma social e integrada, possibilitando aos estudantes desenvolver significados referentes ao conhecimento científico.

As diversas possibilidades que poderão surgir a partir da utilização da história da ciência e da sequência investigativa para construir sentido e significado, tem o intuito de favorecer os estudantes a atingir o desenvolvimento real a respeito das relações entre eletricidade e magnetismo, percorrendo dialogicamente caminhos que passem pelos desenvolvimentos reais e proximais.

Nessa perspectiva, “[...] fica claro que o desenvolvimento proximal de hoje será o desenvolvimento real de amanhã, e que só ocorre aprendizagem quando o ensino atinge o

nível de desenvolvimento real [...]” (CHIODE; FACCI, 2011, p. 7). O desenvolvimento do estudante dar-se-á à medida que este indivíduo passe do desenvolvimento proximal para o real, esta transição é contínua e enriquecida pelas relações sociais e os processos metodológicos, conceituais e atitudinais que compreendem o processo de ensino-aprendizado.

Esses aspectos abrangem as diferentes histórias relacionadas ao sujeito no curso da sua vida cotidiana, pois ele está inserido em um contexto social e cultural da sua construção. Esses contextos e relações estão presentes na construção conceitual desenvolvida pelo sujeito durante a sua formação acadêmica. As possibilidades apresentadas neste referencial teórico favorecem a construção de uma resposta para a questão de pesquisa já mencionada.

Além da referida construção, há também a elaboração de uma sequência de ensino investigativo para investigar, construir e desenvolver sentido e significado sobre as relações entre eletricidade e magnetismo – significações que possibilitaram o desenvolvimento do eletromagnetismo e que foram orientadas por episódios históricos correspondentes ao período entre 1820 a 1831. Ao mesmo tempo, direciona a análise desta pesquisa para a elaboração de dados no contexto do estudo proposto.

CAPÍTULO 3 - BREVE HISTÓRICO DO SURGIMENTO ELETROMAGNETISMO

Neste capítulo apresenta-se episódios da história da ciência que correspondem às primeiras ideias sobre a relação entre eletricidade e magnetismo, os quais possibilitaram o desenvolvimento do eletromagnetismo. Compreende-se que trazer esses episódios é pertinente para entender como os conhecimentos relacionados a esses temas foram sendo construídos ao longo da história da humanidade.

3.1 – DA ELETROSTÁTICA À ELETRICIDADE ANIMAL

Há indícios históricos de que já se conheciam alguns efeitos produzidos por materiais que atraíam outros materiais, tais efeitos foram observados pelos gregos ao “atritar” o âmbar⁶. A partir do ato de esfregar o âmbar com pele de cordeiro, por exemplo, eram produzidos pequenos choques em pessoas. Além disso, era possível observar o proporcionar o movimento de materiais leves como penas. Esse efeito foi denominado de Elektron ou eletricidade, “[...] e os mágicos de rua e ilusionista que utilizavam a eletricidade, foram denominados de eletricitas [...]”. (BBC, 2011, Episódio I).

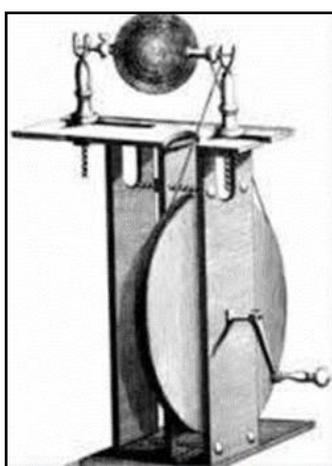
⁶ Âmbar amarelo ou âmbar, resina fóssil proveniente das coníferas do período oligoceno. (O âmbar amarelo, que, friccionado, atrai os corpos leves, chama-se de gr. êlektron, palavra de que se derivam eléktron, eletrônica, eletricidade.) Cf. <http://www.dicio.com.br/ambar/>

Há registro de que havia máquinas que produziam fenômenos elétricos, como a máquina eletrostática desenvolvida em 1663 por Otto Von Guericke (1602-1686), a qual foi aperfeiçoada, por Francis Hauksbee (1666-1713) no final do século XVII. O princípio de seu funcionamento é encontrado nos geradores eletrostáticos, hoje somente disponíveis para fins de ensino em Universidades e escolas, cujos efeitos observados pela geração de energia são arrepios dos pelos dos braços, pequenos choques e descargas elétricas.

Os fenômenos elétricos que fascinavam a sociedade eram alimentados pela eletricidade proveniente da máquina de Hauksbee (Fig. 1). Tanto a produção de eletricidade pela máquina de Hauksbee quanto às descargas atmosféricas (raio-relâmpago) eram pouco estudadas pela comunidade científica da época em que a máquina foi construída. O interesse pelos fenômenos parece ter existido a partir da possibilidade do transporte de eletricidade e de seu armazenamento.

Em 1729, Stephen Gray percebeu que poderia levar o fluído elétrico de um ponto ao outro. Era sabido que os objetos carregados eletricamente perdem, com o tempo, a sua capacidade de produzir efeitos (movimentos em pequenos objetos, por exemplo). Essa perda gradativa de eletricidade em um corpo carregado resultava no escoamento do fluído elétrico (ROCHA et al, 2002).

Figura 1 Máquina de Hauksbee

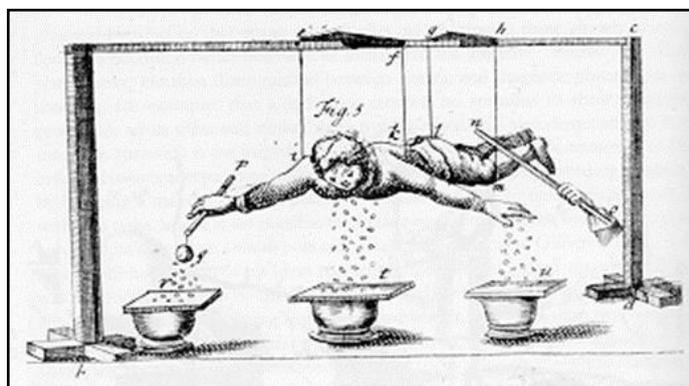


FONTE: http://extensao.cecierj.edu.br/material_didatico/cee1809/imagens/pop_mod03_05.jpg

Já se sabia que o escoamento do “fluído elétrico” poderia conduzir através de alguns materiais “[...] (como o corpo humano, corpos úmidos, metais) (Fig. 2) e que

não conduzia em alguns outros materiais (como o vidro, goma-laca, óleo, e vários tipos de resina) [...]” (JENSEN, 2011, p. 233).

Figura 2 Experimento de Stephen Gray



FONTE: http://www.if.ufrgs.br/fis/EMVirtual/crono/img/dufay_exp.gif

Para evitar que esse fluido escapasse, Pieter Van Musschenbroek (1692-1761), introduziu um fio metálico proveniente da máquina de Hauksbee em uma garrafa de vidro comum (Fig. 3). O fio era introduzido pela tampa de cortiça. “[...] A garrafa foi envolvida com duas superfícies metálicas, uma interna e outra externa. Dentro da garrafa havia água até sua metade [...]” (ROCHA, 2002, p. 197). Depois de retirar o fio, tocar com uma das mãos a extremidade metálica superior da garrafa e, com a outra, a extremidade inferior, era possível sentir descargas elétricas fortes. Há afirmações de que isso foi proveniente de um incidente vivido por Musschenbroek, o qual o levou ao chão ao tocar a garrafa (JENSEN, 2011). O dispositivo inventado por Musschenbroek precedeu os que hoje conhecemos como capacitores, sendo denominada de garrafa de Leyden em homenagem a cidade de Leyden na Holanda.

A partir da experiência da garrafa de Leyden, tinha-se o conhecimento de que a eletricidade poderia passar através de várias pessoas quando elas mantinham o contanto com a garrafa.

Figura 3 Musschenbroek manuseando a garrafa de Leyden



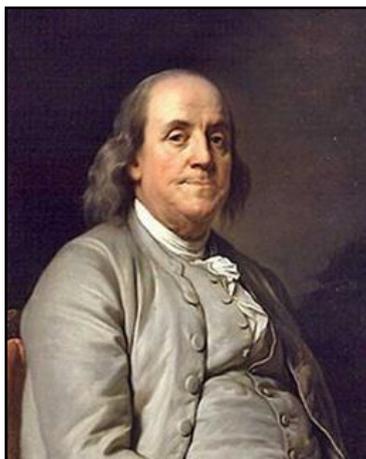
FONTE: <https://www.awesomestories.com/images/user/dfd65e949ee61322c69af63cd21b9d75.JPG>

A garrafa de Leyden possibilitou a proposição de novos experimentos elétricos pela comunidade científica da época. Além disso, “[...] a garrafa virou um objeto de entretenimento para os salões da nobreza da época [...]” (JENSEN, 2011, p.234). PERA (1992) apresenta um relato em que exemplifica essa situação;

“[...] Em um certa ocasião, o físico francês Jean Antoine Nollet (1700-1779) fez uma demonstração na Grande Galeria do Palácio de Versailles, na presença do rei. Produziu choque em 180 soldados de mãos dadas, em que o primeiro homem segurou a garrafa de Leyden, enquanto o último tocou o condutor [...]” (JENSEN apud PERA, 1992, p. 13).

O fenômeno observado e sentido por Musschenbroek não tinha explicação pela comunidade científica da época. A elucidação do fenômeno observado na garrafa de Leyden foi desenvolvida por Benjamim Franklin (1706-1790) (Fig. 4), na metade do século XVIII. Conforme Rocha “[...] para Franklin, as paredes internas e externas da garrafa se eletrizavam com as mesmas quantidades de “fogo elétrico” (fluido elétrico), positivo e negativo, e que não havia passagem de “fogo elétrico” através da parede (isolante [...]” (2002, p. 197).

Figura 4 Benjamin Franklin (1706 - 1790)



FONTE: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/discovirtual/aulas/5039/imagens/eletricidade.jpg>

Neste período existiam duas ideias sobre a natureza da eletricidade, uma defendida pelo naturalista francês Charles François de Cisternay Du Fay (1698-1739) (Fig. 5) e outra defendida por Benjamin Franklin.

Figura 5 Charles François de Cisternay Du Fay (1698 - 1739)



FONTE: http://timerime.com/user_files/91/91093/media/uph1.jpg

Segundo Boss e Caluzi, Du Fay defendia a natureza de dois fluidos elétricos.

“[...] Para Du Fay a matéria elétrica seria como o fogo e a luz, podendo penetrar no interior dos corpos sólidos e líquidos e atravessar o ar. Em um corpo eletrizado, duas correntes seriam produzidas: uma efluente, saindo do corpo em todas as direções, em jatos divergentes e outra, simultânea, afluyente, que penetraria no corpo em jatos convergentes. Se a efluente fosse mais forte, surgiria a eletricidade vítrea e se o afluyente fosse mais forte, surgiria a eletricidade resinosa [...]” (BOSS; CALUZI, 2007, p.635).

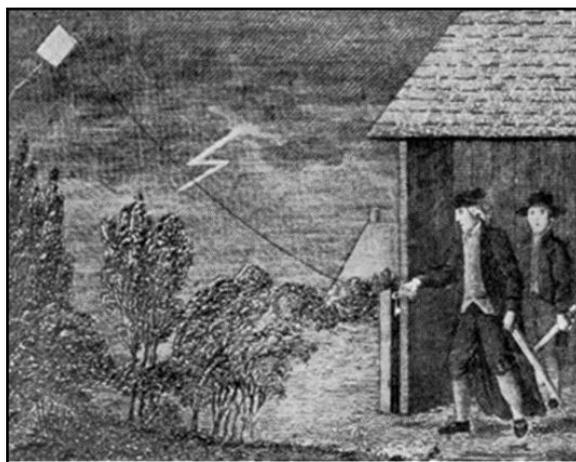
A hipótese defendida por Franklin era de um fluido elétrico único. Segundo Jensen, Franklin

“[...] defendia a ideia de que os corpos eletrizados ficavam com o fluido em excesso (positivo) ou em escassez (negativo), enquanto que os corpos neutros não possuíam nem excesso nem escassez. Um corpo com excesso atraía outro corpo com escassez, enquanto dois corpos em que ambos estivessem com excesso ou com escassez se repeliam [...]” (2011, p. 235).

Além da explicação do efeito observado no experimento da garrafa de Leyden e sobre a natureza da eletricidade, Franklin apresentou seus estudos referentes aos fenômenos relacionados às descargas atmosféricas. Assim, “[...] ele revela a construção do dispositivo que hoje conhecemos como para-raios, este dispositivo tinha intenção de mostrar que o relâmpago era de natureza elétrica [...]” (ROCHA, 2002, p. 198).

Os fenômenos elétricos eram produzidos pelos homens, ou seja, eram artificiais. A relação entre eletricidade artificial e as descargas elétricas naturais foi estabelecida por Franklin para demonstrar a natureza elétrica do raio. Ele ao empinar uma pipa com uma chave presa à linha, observou a formação de faíscas entre sua mão e a chave, semelhantes às que eram observadas em máquinas elétricas.

Figura 6 Observação da natureza elétrica das descargas atmosféricas por Franklin.



FONTE: <http://www.pilotopolicial.com.br/wp-content/uploads/2009/10/raio1.jpg>

Outra observação que foi relacionada aos fenômenos elétricos, “[...] decorreu de relatos de pescadores que afirmavam que existia um peixe, o peixe torpedo, no litoral inglês com um ferrão capaz de derrubar um adulto [...]” (BBC, 2011, Episódio I). Relatos históricos enfatizam que, desde a Grécia Antiga, o peixe torpedo era

observado e chamava a atenção pelos seus efeitos de entorpecimento. O termo entorpecimento representava os efeitos que o peixe era capaz de produzir como a dor.

Ao entrar em contato com relatos das situações que envolviam o peixe torpedado, os estudiosos da época lançaram-se em busca de respostas para os efeitos causados pelo peixe. Durante uma expedição para conhecer e coletar novas espécies, o naturalista italiano Lazzaro Spallanzani (1729-1799) começou a buscar explicações próprias para os fenômenos produzidos pelo peixe torpedado.

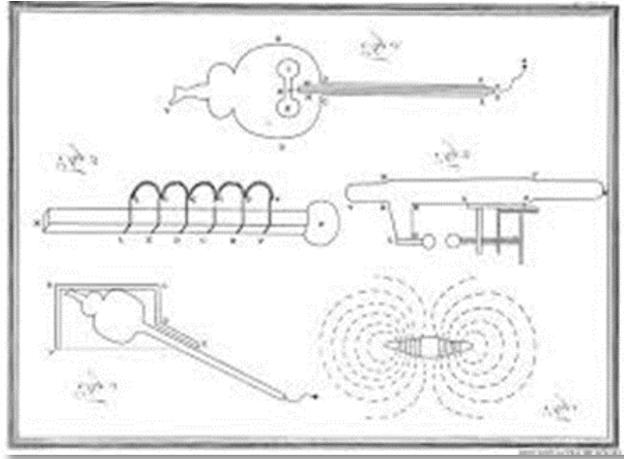
As descrições referentes aos fenômenos observados no peixe foram construídas à medida que os naturalistas entravam em contato com os efeitos que o peixe provocava. A primeira explicação relacionou os efeitos que o peixe produzia com os mecanismos da musculatura de seu corpo. O naturalista Francesco Redi (1626-1697) defendia que esse mecanismo tinha natureza muscular, “[...] posteriormente um discípulo de Redi, afirmou que a forma de foice que é observada nos músculos do peixe é a responsável pelos efeitos de entorpecimento [...]” (JENSEN, 2010, p. 231).

Os efeitos que o peixe produzia foram sendo discutidos e investigados por diversos estudiosos, os quais comparavam os efeitos provocados pelo peixe aos já conhecidos sobre a eletricidade. Essa discussão perdurou até meados do século XVIII.

A experiência de Musschenbroek foi utilizada para estabelecer relações entre os efeitos produzidos pela Garrafa de Leyden com aqueles provenientes do peixe torpedado, para identificar se eram de mesma natureza. Entretanto, os estudos feitos para compreender as relações entre os fenômenos geraram dificuldades, uma vez que não se observava no peixe a produção de faísca, emissão de som e alguns efeitos eletrostáticos (atração e repulsão) percebidos no experimento da Garrafa de Leiden.

Para defender a natureza elétrica dos fenômenos observados no peixe torpedado, (nas duas situações), Henry Cavendish (1731-1827), em 1775, construiu um dispositivo cuja intenção foi estabelecer relações entre o peixe e a garrafa de Leyden, pois considerava que os músculos do peixe comportavam-se de maneira semelhante à Garrafa, ou seja, acumulando energia e liberando-a no momento de captura de presas e no ato da defesa (Fig. 7). Para isso, ele desenvolveu “[...] uma raia artificial de madeira e couro colocando-a ligada a uma quantidade de água salgada e conectada a uma garrafa de Leyden [...]” (JENSEN, 2011, p. 237). Nessa experiência, ele queria mostrar que a natureza do choque provocado pelo peixe torpedado era a mesma da produzida na Garrafa de Leyden. Para Cavendish, o peixe torpedado conseguia acumular fluido elétrico em sua superfície (JENSEN apud CAVENDISH, 1776).

Figura 7 Raia construída por Cavendish para relacionar os efeitos do entorpecimento aos produzidos pela garrafa de Leyden.



FONTE: JENSEN & PRESTES (2011)

Utilizando-se deste experimento, Cavendish conseguiu mostrar que os fenômenos que eram observados no peixe torpedo (fig. 8) e na Garrafa de Leyden eram de mesma natureza, ou seja, elétrica.

Figura 8 Aspecto fisiológico do peixe torpedo



FONTE: JENSEN & PRESTES (2011)

O fato de várias pesquisas estarem sendo realizadas sobre o peixe torpedo naquela época, provavelmente possibilitou o anatomista italiano Luigi Aloisio Galvani (1737-1798) (Fig. 9) a entrar em contato com essas ideias e propor seus próprios estudos acerca da eletricidade utilizando rãs e estabelecer suas ideias sobre a eletricidade animal.

Figura 9 Luigi Galvani (1737 - 1798)



FONTE: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/51/Luigi_Galvani,_oil-painting.jpg.

Inicialmente, Galvani, em 1791, publicou na revista da Academia de Ciências de Bolonha, um artigo intitulado “*De viribus electricitatis in motu musculari commentarius*”. Nesse artigo, Galvani descreve uma série de experiências utilizando rãs, em uma delas, ele observou que ao tocar com o bisturi a rã dissecada, perto de uma máquina elétrica em funcionamento, a perna da rã se contraía (Fig. 10). Quando ligado, o dispositivo produzia fenômenos elétricos, entre eles, a eletrização de objetos. Assim, a rã foi conectada à máquina – mantendo o contato entre a medula espinhal da rã e o músculo do membro inferior dela. À medida que ocorria a descarga elétrica na máquina, a contração muscular era observada, Galvani utilizou apenas as terminações nervosas da medula espinhal e dos músculos da rã, sendo o resto do corpo descartado.

Figura 10 Ilustração da utilização de máquinas eletrostáticas na experiência com as rãs por Galvani.



FONTE: <http://www.theiet.org/resources/library/images/medical/galvani1791.jpg>

Como já se tinha conhecimento das experiências e explicações realizadas por Franklin referente aos fenômenos elétricos produzidos pelas descargas atmosféricas (raios), Galvani teve a intenção de observar se as contrações nos músculos das rãs ocorriam como nas experiências feitas com máquinas elétricas, mas, desta vez, sob a influência das descargas atmosféricas. Diante disso, pendurou várias rãs em ganchos de latão na grade de ferro de seu jardim em dia de tempestade. As descargas atmosféricas provocavam contração nos músculos das rãs.

Continuando seus estudos, Galvani percebeu que as contrações ainda continuavam a acontecer em diferentes situações como utilizando outros materiais, além do latão, para o contato com a rã em ocasiões de descargas atmosféricas (Fig. 11). Uma das situações percebidas por Galvani foi que era necessário utilizar materiais diferentes para observar as contrações nos músculos das pernas das rãs. Para Galvani, ficou evidente a necessidade de conectar a medula nos membros inferiores utilizando os materiais metálicos diferentes. Entretanto, ele não atribuía o efeito de contração da perna da rã à utilização de diferentes materiais metálicos durante as suas experiências (Fig. 12).

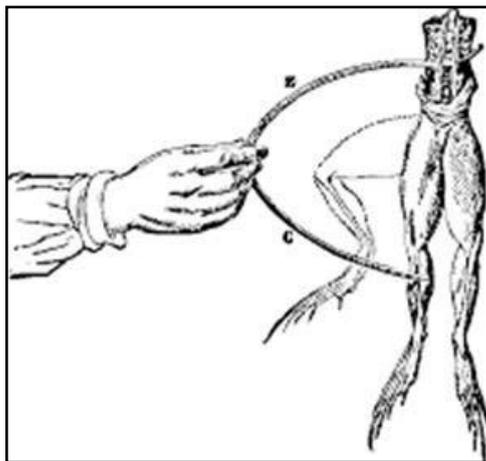
Figura 11 Descargas atmosféricas estimulando a contração dos músculos da rã.



FONTE: <http://media-2.web.britannica.com/eb-media/21/144221-004-35F02B42.jpg>

A experiência com rãs levaram-no a conjectura de que os músculos funcionavam como Garrafas de Leyden, armazenando assim, a eletricidade produzida pelo animal, em outras palavras, Galvani acreditava que o músculo da rã funcionava acumulando tensão elétrica, ou força eletromotriz, como uma Garrafa de Leyden, e que a cada contato com os materiais metálicos ocorria a liberação desta tensão elétrica em forma de movimento. Assim, defendia que a eletricidade já existia no corpo das rãs.

Figura 12 A utilização de diferentes materiais para obter a contração dos músculos da rã.



FONTE: http://4.bp.blogspot.com/-RKvmoIbpx9Y/TiDkkKpHcyI/AAAAAAAAAMo/6CjJAant9A8/s200/Galvani_legs.gif

Para Galvani, “[...] este fluido galvânico percorria um caminho a partir do cérebro, através dos nervos e chegando até os músculos, onde é transformado em movimento [...]” (BBC, 2011, Episódio I). Para Galvani, esse fluido seria outro tipo de eletricidade diferente daquela observada na Garrafa de Leyden, máquina de Hauksbee ou nas descargas atmosféricas, para ele existia uma eletricidade animal, que era intrínseca aos seres vivos.

As experiências e relatos que levaram Galvani a propor a eletricidade animal “[...] fizeram parte de sua monografia, sendo esta amplamente lida e difundida pela comunidade acadêmica daquela época [...]” (TOLENTINO; ROCHA-FILHO, 2000, pág. 36). Um dos cientistas contemporâneo de Galvani que entrou em contato com suas ideias foi o físico italiano Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volta (1745-1827) (Fig. 13). Volta acreditava e achava fascinante a ideia da eletricidade animal proposta por Galvani. Ele fez reproduções e modificações nos experimentos propostos pelo médico italiano (Martins, 1999).

Figura 13 Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volta (1745 - 1827)



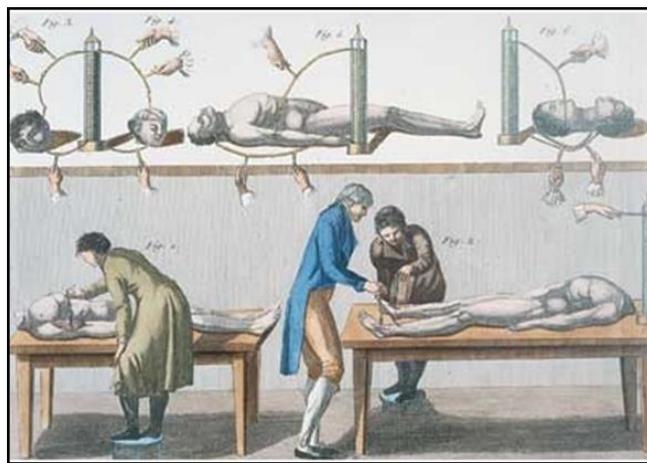
FONTE: <http://media-2.web.britannica.com/eb>

Inicialmente, Volta reproduziu os experimentos propostos por Galvani. No entanto, ele percebeu que era inconsistente a relação entre a rã e a produção de energia elétrica pela mesma. Então, Volta “[...] conjecturou que era o par de metais que produzia o efeito de contração nas pernas das rãs [...]” (MARTINS, 1999, p. 826). Para Volta, a rã seria apenas um meio de detecção da tensão elétrica produzida pelo contato dos metais.

O fato de Alessandro Volta não aceitar as ideias de Galvani levou-o “[...] a escrever uma carta à Giovanni Aldini (sobrinho de Galvani) em 1893, na qual de

declarava a sua posição contrária à hipótese da eletricidade animal [...]” (MARTINS apud HEILBRON, 1970, p. 77). Com o objetivo de defender as posições da eletricidade animal, “[...] Aldini refez as experiências de Galvani utilizando no lugar da rã um cadáver, ligou nas extremidades do corpo uma máquina elétrica e no momento da passagem da corrente, os músculos percorridos pela corrente, faziam tencionar o cadáver, fazendo-o sentar à mesa do auditório [...]” (BBC, 2011, Episódio I) (Fig. 14).

Figura 14 Gravura da experiência desenvolvida por Giovanni Aldini em 1893.



FONTE: http://www.executedtoday.com/images/Giovanni_Aldini_reanimating_corpses.jpg

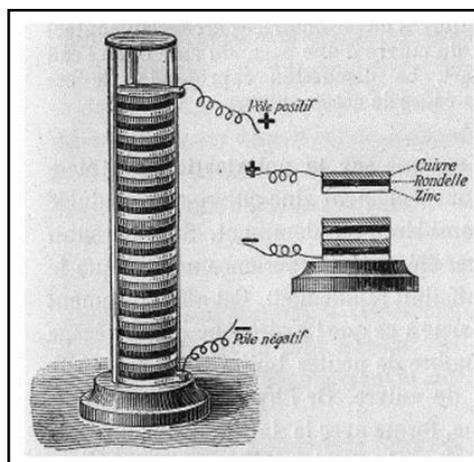
A realização desta experiência teve um impacto profundo nas pessoas que compareceram à apresentação de Aldini, “[...] mais foi na jovem escritora Mary Shelley que teve um efeito maior, possibilitando-a a escrever um dos maiores romances da literatura mundial, “Frankenstein” [...]” (BBC, 2011, Episódio I).

Os efeitos observados por Alessandro Volta tinha como causa o empilhamento de diferentes metais como “[...] Cu/Sn ou Zn/Ag separados por papel ou pedaços de tecidos umedecidos por água salgada [...]” (OKI, 2000, p. 36). A medida que ele fechava o circuito, uma corrente elétrica era produzida nos terminais ligados ao aparato, isto é, uma quantidade pequena de energia elétrica era produzida, o que foi denominado de pilha voltaica pelo processo de empilhamento de metais e papel umedecido (Fig. 15). Mesmo Volta mostrando que não existia consistência na ideia da eletricidade animal, ele não conseguiu explicar como se dá a formação da força eletromotriz na célula voltaica.

Os equipamentos utilizados para detectar a eletricidade “produzida” pela rã não conseguiam mostrar quantidades significativas de eletricidade. O instrumento

utilizado era o eletroscópio⁷ que não conseguia identificar a eletricidade produzida pelos músculos das rãs.

Figura 15 Dispositivo construído por Alessandro Volta, denominado de Pilha de Volta.



FONTE: <http://www.scielo.br/img/revistas/rbef/v31n1/a12fig01.jpg>

Mesmo com grandes avanços, Volta não conseguia exercer uma forte influência do seu dispositivo (pilha voltaica) sobre um eletroscópio. Segundo Martins, “[...] era necessário multiplicar 60 vezes a tensão produzida por um par zinco-prata para produzir uma deflexão de apenas um grau no eletrômetro de Volta [...]” (1999, p. 828).

Durante suas observações, Volta notou que deveria existir uma combinação entre os metais e os condutores não-metálicos (soluções salinas), “[...] ele descreveu que essa combinação deveria ser disposta como prata-líquido-zinco-prata-líquido-zinco-etc [...]” (MARTINS, 1999, p. 829). Essa nova configuração teve êxito, Volta conseguiu produzir uma quantidade significativa de eletricidade, no entanto, não conseguiu explicar como o efeito em seu experimento era produzido.

Em março de 1800, “[...] Volta escreveu uma carta destinada a Sir. Joseph Banks, presidente da Royal Society sobre seu experimento [...]” (GUEDES, 1999, p. 1). Volta publica suas observações em um artigo no mesmo ano, tornando-o muito famoso perante a comunidade científica e mundial. Nesse artigo, além de trazer um contraponto às ideias de Galvani, ele tinha a intenção de obter choques, semelhantes aos produzidos pelo peixe torpedo, já apresentado anteriormente neste trabalho (MARTINS, 1999, p. 830). Entretanto, a explicação para o fenômeno que produzia a

⁷ Artefato para identificação de pequenas cargas de natureza eletrostática, por meio da influência de forças elétricas sobre dispositivos mecânicos.

eletricidade da pilha de Volta foi somente consumada em 1834 por Michael Faraday (1791-1867).

Em 1801, Alessandro Volta apresentou o seu dispositivo eletromotor à Academia Francesa de Ciências, no qual trata sobre a natureza da eletricidade “animal” de Galvani. O desenvolvimento da pilha voltaica possibilitou o surgimento de uma nova era na eletricidade, favorecendo a construção de novas experiências como, por exemplo, aquela que deu origem à noção de eletromagnetismo. Esse novo conhecimento físico só foi possível pela utilização de uma pilha voltaica no começo do século XIX. Assim que Volta revela ao mundo seu experimento e sua posição contrária às ideias de Galvani, a credibilidade do médico foi diminuindo, levando-o a um certo esquecimento.

Figura 16 Apresentação de Alessandro Volta à Academia Francesa de Ciências.



FONTE: [http://www.brasilecola.com/upload/conteudo/imagens/alessandro-volta-e-napoleao\(1\).jpg](http://www.brasilecola.com/upload/conteudo/imagens/alessandro-volta-e-napoleao(1).jpg)

3.1.2 – DE OERSTED À FARADAY: AS PRIMEIRAS EXPERIÊNCIAS E EXPLICAÇÕES SOBRE O ELETROMAGNETISMO.

Hans Christian Oersted nasceu na Dinamarca em 14 de agosto de 1777, sua educação inicialmente foi informal, sendo em alguns momentos realizada por alguns vizinhos ou familiares (MARTINS, 1986). Oersted e seus irmãos “[...] Lendo todos os livros que conseguiram encontrar, adquiriram uma boa formação humanística; na farmácia do pai e através de livros aprendeu química e física [...]” (MARTINS, 1986, p. 90) (Fig. 17). Sua vida acadêmica começou aos 17 anos, “[...] posteriormente graduou-se como farmacêutico em 1795 chegando ao posto de farmacêutico adjunto

da Faculdade de Medicina de Copenhague em 1800 [...]”(MARTINS, 1986, p. 90). Nesse mesmo ano, após uma ampla divulgação da Pilha Voltaica, Oersted começou a fazer experiências sobre a pilha e sobre eletricidade.

Figura 17 Hans Christian Oersted (1777 - 1851)



FONTE: http://www.electronicandyou.com/electronics-history/Hans_Christian_Oersted.jpg

O termo eletromagnetismo foi cunhado por Hans Christian Oersted, em 1820, para representar o efeito magnético da corrente elétrica. Entretanto, alguns indícios já eram conhecidos das relações entre eletricidade e magnetismo três séculos antes de Oersted, sendo comum observar que as bússolas sofriam perturbações quando ocorriam tempestades. Em alguns casos, essa perturbação modificava as polaridades da bússola. Tal relação foi investigada por Benjamin Franklin que, ao fazer experiências com as descargas atmosféricas e bússolas, percebeu que as descargas produziam efeitos de mudanças de direção da agulha da bússola e de orientação da mesma. Mas, ao final destas experiências, ele não considerou o efeito de mudança de direção e orientação da bússola apenas pela descarga atmosférica (MARTINS, 1986).

Outra evidência da relação entre eletricidade e magnetismo era a analogia entre “[...] os polos norte e sul de um ímã e cargas elétricas positivas e negativas [...]” (MARTINS, 1986, p. 93). Essa analogia estava presente ao perceber que os polos dos ímãs tinham a propriedade de atrair e repelir, assim como as cargas elétricas positivas e negativas. Outras experiências contemporâneas a Oersted foram sendo observadas, entre elas, a desenvolvida pelo físico alemão Johann Wilhelm Ritter (1776-1810) feita em 1795. Ritter realizou uma experiência para detectar a influência de ímãs sobre rãs. Ele “[...] mostrou que utilizando um fio de ferro imantado combinado a outro não imantado era possível produzir palpitações em rãs [...]” (GUERRA, 2004, pág. 228).

As experiências realizadas por Ritter não foram bem aceitas pela comunidade científica da época, “[...] devido os fenômenos mostrados por ele serem irregulares em sua observação [...]” (GUERRA, 2004, pág. 229).

A maioria das situações estudadas nesse período tinha, como objetivo, mostrar relações entre eletricidade e magnetismo. Os físicos da época defendiam a ideia de fluido elétrico único, ou de dois fluidos na teoria da condução. Oersted sustentava a ideia de “conflito elétrico”. A partir dessas ideias, construiu conjecturas para a explicação dos efeitos elétricos que a corrente elétrica produzia nos fios. Para Oersted, “[...] Os movimentos opostos de dois fluidos elétricos pelo mesmo fio deveriam gerar algum tipo de luta ou conflito entre as eletricidades e, ao invés de um fluxo contínuo de eletricidade, deveria surgir um movimento entrecortado ou ondulatório [...]” (MARTINS, 1986, p. 96).

Durante esse período, era comum relacionar os modelos oscilatórios para a produção de luz e calor. Oersted acreditava nessa relação e defendeu a ideia de “conflito elétrico”, associando a essas situações, ele acreditava que “[...] quando a corrente elétrica percorresse um fio fino, onde o “conflito” seria mais intenso, suas oscilações poderiam produzir luz e calor [...]” (MARTINS, 1986, pág. 96). A ideia de conflito elétrico orientou o estudioso na busca da relação entre eletricidade e magnetismo, pois ele acreditava que o “conflito elétrico”, além de produzir efeitos químicos, de calor e luminosidade, produziria efeitos de magnetismo em fios.

O ambiente que envolvia as experiências de Oersted propiciou o desenvolvimento de suas pesquisas, “[...] mesmo que ele não tenha comentado o motivo para a realização das suas experiências com corrente elétrica, pode-se afirmar que não foi uma experiência casual ou acidental [...]” (GUERRA, 2004, pág. 231). A realização da experiência foi apresentada durante um curso oferecido por ele no inverno de 1819-1820. O curso trazia um conjunto de conferências sobre eletricidade, galvanismo e magnetismo. A ideia do curso foi observar a possibilidade de estabelecer uma relação entre eletricidade e magnetismo.

Inicialmente, Oersted acreditou que “[...] se fosse possível produzir algum efeito magnético pela eletricidade, isso não poderia ocorrer na direção da corrente, pois havia sido frequentemente tentado em vão; mas que deveria ser produzido por uma ação lateral... [...]” (MARTINS, 1986 pág. 99). Além disso, Oersted já sabia que a corrente elétrica produzia efeitos de luminosidade e de calor, levando-o a acreditar que

o efeito que ocorriam após o calor e a luminosidade, seria o efeito magnético produzido pela corrente.

O estudioso, portanto, “[...] imaginou que o efeito magnético poderia irradiar-se do fio, como a luz e o calor [...]” (MARTINS, 1986 pág. 99), por isso utilizou um fio fino em suas experiências. Ele apresentou a sua primeira experiência utilizando a corrente elétrica e agulhas imantadas. Utilizando-se de uma pilha, um fio fino de platina e uma bússola, começou uma de suas conferências. Na experiência ele colocou o fio percorrido por corrente acima da agulha da bússola, no momento da passagem da corrente no fio, foi possível observar uma pequena mudança na posição da agulha. Nesta experiência, ele, a princípio, observa um fenômeno bem fraco, por isso resolve continuar com seus experimentos. Essa situação mudou, quando começou a utilizar fios mais grossos em suas experiências.

Buscando melhorar os efeitos produzidos pelo seu experimento, Oersted utilizou uma pilha com um “poder” gerador de eletricidade maior que anteriormente. Ao refazer o experimento, observou que a agulha agora sofria influência do magnetismo produzido pela corrente elétrica. Neste momento, ele apresentou a lei fundamental do eletromagnetismo, a saber, que **o efeito magnético da corrente elétrica tem um movimento em torno dela**. Ao final do curso, o pensador conseguiu, a partir de sua experiência, encontrar uma relação entre eletricidade e magnetismo, e explicar como o efeito da passagem da corrente elétrica no fio é apresentado (Fig. 18).

Figura 18 Demonstração da experiência de Oersted em 1820.



FONTE: <http://www.oocities.org/br/saladefisica9/biografias/oersted30.JPG>

O estudioso defendeu a ideia de movimento circular do efeito magnético causado pela ação da corrente elétrica. Para ele, “[...] em torno do fio que conduz a

corrente o „conflito elétrico“ se manifesta sob a forma de dois turbilhões que circulam em torno do fio, em sentidos opostos – um deles atuando sobre o polo norte, e o outro atuando sobre o polo sul da agulha imantada [...]” (MARTINS apud OERSTED, 1820, pág. 99). Mesmo apresentando os resultados e explicação de sua pesquisa, a comunidade científica não aceitou a explicação para o efeito magnético produzido pela corrente elétrica. Ela não aceitava a ideia da corrente elétrica produzir efeitos magnéticos circulares no fio.

As discussões a respeito do movimento circular magnético da corrente, envolveram cientistas renomados da época como André-Marie Ampère (1775-1836) (Fig. 19), François Arago (1786-1853), Humphry Davy (1778-1829) e o jovem Michael Faraday (1791-1867). Todos estes, a partir da experiência de Oersted de 1820, começaram a investigar o novo campo de pesquisa: o eletromagnetismo.

Ampère, ao entrar em contato com a experiência de Oersted, começou a desenvolver paralelamente trabalhos relacionados ao novo campo de pesquisa. “[...]” Em 25 de setembro do mesmo ano, ele apresenta *Memória sobre os efeitos da pilha* onde mostrava que “duas correntes se atraem quando se movem paralelamente, no mesmo sentido” e “se repelem quando se movem paralelamente, em sentidos contrários” [...]” (ROCHA et al, p. 251, 2002). Durante os anos seguintes, Ampère continuou a produzir sobre o tema, por volta de 1827 ele apresenta a sua *Teoria matemática dos Fenômenos eletrodinâmicos Deduzida unicamente da Experiência*. Sendo este trabalho considerado como uma das obras mais belas da Física Matemática.

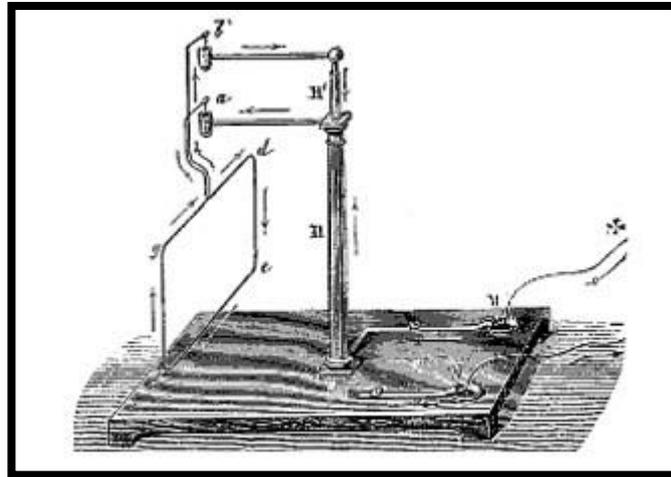
Figura 19 André-Marie Ampère (1775 - 1836)



Ainda neste mesmo período, Ampère desenvolvendo experimentos com espiras e percebeu que elas interagiam como ímãs, levando-o a afirmar que “[...] o magnetismo do ímã natural era uma consequência de ser uma substância magnética composta de uma infinidade de pequeninas espiras por onde passavam correntes, mais tarde chamadas de “correntes amperianas” [...]” (ROCHA et al, p. 251, 2002).

Para explicar a ação de uma corrente elétrica sobre a outra, Ampère desenvolveu um experimento hoje chamado de Balança de Ampère (Figura 20). Nesse experimento, ele apresenta a observação pela primeira vez da influência de correntes elétricas entre si.

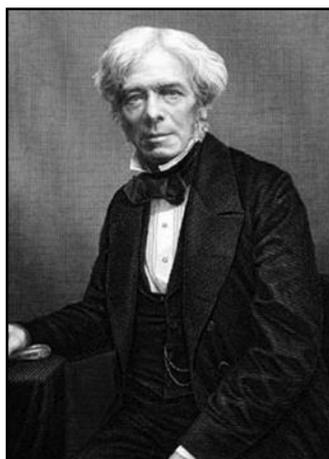
Figura 20 Balança de Ampère



Fonte: http://www.histel.com/z_histel/textos_bio/images_bio/ampere_ga.jpg

Entretanto, foi Michael Faraday (Fig. 21) que possibilitou a compreensão do movimento circular magnético da corrente ao propor o experimento do Motor Homopolar (Fig. 22), construído em 1822. Esse experimento deu início às pesquisas de Faraday que o levaram a propor, anos depois, a produção de corrente elétrica a partir de magnetismo.

Figura 21 Michael Faraday (1791 - 1867)



FONTE: http://faradayclubaward.org/wp-content/uploads/2012/08/Michael_Faraday2.jpg

Após a divulgação das ideias de Oersted, o físico-químico inglês Humphry Davy (1778-1829) começou a investigar o assunto em companhia de seu jovem assistente Michael Faraday (1791-1867). Michael Faraday, químico e físico inglês nasceu na cidade de Newington, tendo, posteriormente, a família Faraday mudado para o noroeste de Londres. A família Faraday praticava a fé cristã, uma das práticas realizadas por essa religião era que os jovens tinham que aprender uma profissão.

Devido a sua religião, que pregava que os jovens a partir do 07 anos precisavam aprender um ofício, Faraday começou a trabalhar como aprendiz da livraria do Sr. George Ribeau. Inicialmente, ele era responsável pela entrega e recolhimento dos jornais, e à medida que sua responsabilidade aumentava, suas tarefas ganhavam importância.

Sendo assim, Faraday começa a exercer uma nova função na livraria, trabalhando agora como encadernador. Essa fase do trabalho de Faraday na livraria oportunizou a entrar em contato com diversas enciclopédias, livros científicos e literatura em geral. Algumas leituras direcionaram Faraday ao interesse da ciência, como, por exemplo, a “[...] Enciclopédia Britânica e o Livro *Conservations on Chemistry*, de Janes Marcet [...]” (VAZ, 2013, p. 15-16).

A partir de 1810, George Ribeau percebendo a importância que Faraday dava à ciência, permitiu que ele se ausentasse do trabalho para assistir algumas palestras. Em 1812, um evento que mudou a vida do jovem Faraday, foi o convite feito por um cliente da livraria e membro da Royal Institution Of Great Britain, William Dance, que

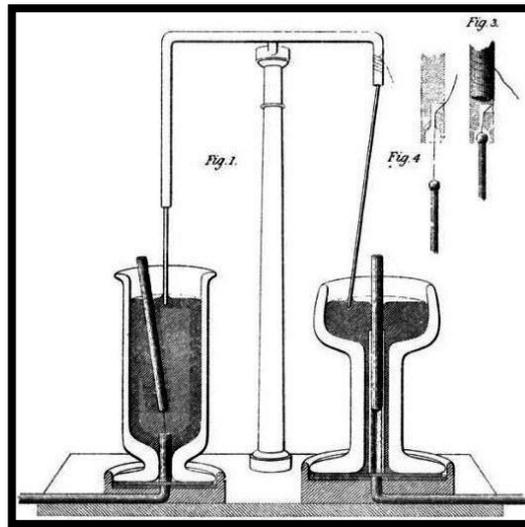
ao receber das mãos de Faraday sua encomenda, ofereceu ao jovem, dois convites para assistir uma série de quatro palestras do renomado químico Humphry Davy.

Durante as palestras, Faraday fez anotações e deu um contexto mais completo tempos depois (VAZ, 2013). William Dance incentivou Faraday a enviar as anotações a Davy, o que foi feito por Faraday com o objetivo de galgar uma oportunidade de trabalho no laboratório de Humphry Davy (BALDINATO, 2000).

Humphry Davy ficou muito surpreso e admirado com as anotações que foram feitas por Faraday, pois tinha um rigor nas descrições impressionante. Entretanto, Davy, naquele momento, não tinha uma vaga disponível para oferecer a Faraday, o que só foi oportunizado a partir de um acidente que o próprio Davy sofreu durante a manipulação de substâncias em seu laboratório (BALDINATO, 2000). O período que Faraday passou sobre a supervisão de Davy, fez com que o renomado estudioso observasse a dedicação e o interesse do jovem. Em 1º de março de 1813, Faraday foi efetivado como ajudante no laboratório da Royal Institution (VAZ, 2013).

A partir desse momento, Faraday começa a desenvolver trabalhos na linha de pesquisa em que Davy trabalhava, o que o possibilitou a entrar em contato com o novo campo de pesquisa, o eletromagnetismo. À medida que Faraday exercia suas funções no laboratório, ganhava notoriedade em seu trabalho. A “[...] primeira grande contribuição de Faraday à comunidade científica foi publicada em uma série de artigos no *Quarterly Journal Of Science* em outubro de 1821, vol. 12, nº 23, na página 74, o artigo *On some new Electro-Magnetical Motions and On The Theory Magnestism*, e, na página 186, *New Electro-magnetic Apparatus [...]*” (VAZ, 2013, pág. 18).

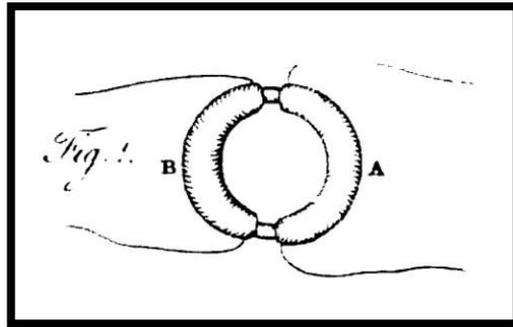
O experimento aí descrito consistia em dois cálices nos quais foi depositado mercúrio líquido, nestes recipientes existiam dois ímãs: no cálice à esquerda – figura 22 –, o ímã tinha mobilidade para se movimentar ao redor de seu eixo. No segundo cálice, o ímã estava fixo na base e a haste pendurada perpendicularmente ao ímã tinha a mobilidade. Na primeira situação, ao fazer uma corrente elétrica passar pelo circuito, o ímã girava ao redor da haste fixa e, na segunda situação, a haste girava ao redor do ímã fixo, Faraday percebeu que mudando o sentido da corrente elétrica, mudava-se o sentido de rotação do fio ou do ímã (Fig. 22).

Figura 22 Motor Homopolar

FONTE: Experimental Researches in Electricity, vol. III

Faraday demonstrou assim, de forma inequívoca, a ação circular da corrente sobre o polo isolado. As publicações e construções experimentais de Faraday vão até 1825, entre este ano e 1831, Faraday não publica nenhum trabalho relativo ao eletromagnetismo. O retorno de Faraday às pesquisas referentes à Física ocorreu em “[...] 29 de agosto 1831, quando ele descreve em seu caderno de anotações um anel de ferro doce, por ele construído [...]” (DIAS, 2004, p. 525). Neste anel, Faraday “[...] enrolou dois circuitos sem que estes se tocassem, no momento em que ocorria a passagem da corrente elétrica na bobina primária, uma corrente elétrica era induzida na bobina secundária que tinha uma agulha magnetizada ligada a mesma [...]” (FARADAY, 1831, pág. 11) (Fig. 23). Aqui Faraday encontrou o efeito de indução eletromagnética entre correntes.

Figura 23 Anel de Faraday e o efeito de indução eletromagnética entre correntes.

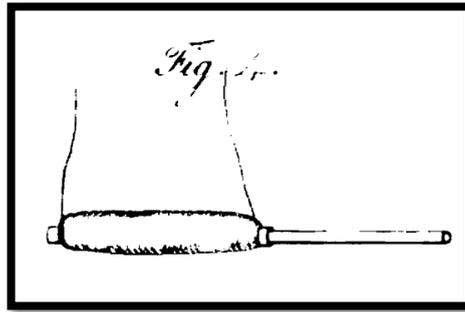


.FONTE: Experimental Researches in Electricity, vol. III

Continuando suas pesquisas, Faraday, em 24 de setembro de 1831, realizou um experimento, “[...] utilizando um cilindro de ferro sobre o qual enrolou 4 pedaços de fio, de aproximadamente 4,3 m cada e o cilindro tinha 10,16 centímetros de comprimento [...]” (FARADAY, 1831) (Fig. 24 e 25). Nesse experimento, Faraday observa o fenômeno que vem anos procurando, a conversão de magnetismo variável em eletricidade. Em seguida, o cilindro foi colocado entre os dois ímãs em barra, e, no momento em que se aproxima ou afastava, o ímã do cilindro e a agulha do galvanômetro defletiam (VAZ, 2013). A experiência apresentada acima mostrou a produção de eletricidade a partir da magnetização variável.

Nessa experiência, Faraday consegue obter o fenômeno inverso produzido por Oersted em 1820 (produção de eletricidade pelo magnetismo), “[...] fornecendo assim, a base para o desenvolvimento de uma nova área do conhecimento [...]” (DIAS, 2004, p. 528).

Figura 24 Experimento da Indução Eletromagnética



FONTE: Experimental Researches in Electricity, vol. III

Figura 25 Ilustração de Faraday realizando a experiência da indução eletromagnética.



FONTE: http://www.daviddarling.info/images/Faraday_history_of_electricity.jpg

As ideias de Faraday possibilitaram a construção e a explicação do funcionamento de equipamentos elétricos, como, por exemplo, motores elétricos, dínamos, funcionamento de hidrelétricas e etc. Os caminhos percorridos e apresentados no texto permitem a compreensão das intervenções do homem na construção do conhecimento científico, favorecendo uma compreensão dos fatos histórico-sociais que levaram esses cientistas a construir tais ideias difundidas e defendidas até os dias atuais.

CAPÍTULO 4 - METODOLOGIA DA PESQUISA

Neste capítulo, será exibido o desenho metodológico utilizado na pesquisa. Primeiramente, aponta-se o tipo de pesquisa adotado e suas relações com este trabalho. Em seguida, descreve-se as atividades que compõem a sequência de ensino investigativo. Além disso, indica-se os sujeitos da pesquisa e a relevância desta pesquisa para a formação inicial de professores. Por fim, detalha-se como será feita a análise à luz do referencial adotado.

Considerando as condições de construção e realização desse estudo, apoia-se na abordagem qualitativa de pesquisa participante. A pesquisa participante atrela a construção de conhecimento e a atuação dos sujeitos envolvidos na transformação de sua realidade, ao fazer isso, gera-se consciência sobre a mesma (ROSA, 2013).

A pesquisa participante pode estimular, nos sujeitos envolvidos, consciência da realidade vivida e das transformações que suas intervenções, em seus contextos, podem realizar. Este tipo de pesquisa valoriza a participação coletiva e estruturada dos sujeitos envolvidos, favorecendo o comprometimento deles no seu processo de investigação.

Nesse sentido, essa abordagem aproxima-se do referencial teórico defendido nesta pesquisa, pois se considera que a participação, discussão, interação e diálogos entre os sujeitos participantes da sequência de ensino investigativo possibilitam a construção de conhecimento científico. Além disso, utiliza-se o contexto das pesquisas que apontam as dificuldades de aprendizagem dos estudantes sobre os conceitos de Física, como uma ação definida para a justificativa da construção e desenvolvimento da referida pesquisa.

Além disso, partiu-se de uma estratégia definida e apresentada no decorrer das atividades que compõem a sequência, o que mantém a aproximação entre esta pesquisa e a abordagem. Para Brandão, a pesquisa participante define-se “[...] como uma proposta metodológica inserida em uma estratégia de ação definida, que envolve seus beneficiários na produção de conhecimento [...]” (2006, p. 113). Essa aproximação está relacionada ao desenvolvimento da sequência e ao contexto conceitual definido em sua estrutura, principalmente ao utilizar a “relação entre eletricidade e magnetismo e o desenvolvimento do eletromagnetismo”.

No apêndice deste trabalho, apresenta-se descreve-se as atividades que compõem a sequência de ensino investigativo. No entanto, a pesquisa não tem a intenção de apresentar a sequência como método pronto e eficaz de intervenção em sala de aula, mas como uma possibilidade que promove inquietações e disposições por parte do professor que desenvolve atividades que estejam inseridas nos contextos teóricos e metodológicos desta pesquisa.

4.2. SUJEITOS DA PESQUISA E O PERCURSO DA PESQUISA.

A sequência de ensino investigativo descrita no apêndice faz parte da dissertação de mestrado profissional e foi aplicada em uma turma de graduação em Física da Universidade Federal do Pará no Campus de Abaetetuba. Ela foi desenvolvida, ao longo de dois encontros, nos dias correspondentes aos da disciplina Instrumentação para o Ensino de Física.

As atividades presentes na sequência foram planejadas para possibilitar discussões sobre a relação entre eletricidade e magnetismo. Diante disso, para a análise realizada neste estudo, foram selecionadas algumas atividades – pois elas permitem condições de interação com os estudantes e, por conseguinte, possibilitam ir ao encontro dos objetivos desta pesquisa, a qual visa construir sentidos e significados sobre a relação entre eletricidade e magnetismo – com o intuito de desenvolver os conceitos relacionados aos fenômenos eletromagnéticos situados no período entre 1820 a 1831.

Durante a atividade 1, os estudantes foram divididos em 3 grupos, com 3 estudantes em cada grupo. Para manter a coerência metodológica, foram utilizados os estudantes que compõe os 3 grupos formados na primeira atividade para a análise desta pesquisa. Cada grupo inicialmente começou com três estudantes e, para designá-los, adotou-se os seguintes nomes fictícios: Lincoln, Wilson, Jorge, Sandra, Carlos, Maria Ana, Rafael, Fernando, Antônio e Manoel.

No entanto, apenas 5 desses sujeitos foram selecionados, pois se acredita que eles estão inseridos no contexto do problema e objetivos desta pesquisa. Os estudantes foram Ana, Antônio, Lincoln, Manoel e Jorge.

Desta forma, foram selecionadas as atividades 1, 2, 3, 4 e 8, nas quais pelo menos 1 (um) estudante, que fazia parte dos grupos da atividade, participou das

discussões, observações e desenvolvimento nas demais atividades. Além disso, a análise foi feita a partir das interações ocorridas com os estudantes participantes dos grupos formados durante a atividade 1 e dos diferentes diálogos surgidos durante as perguntas realizadas. Desta mesma forma, os sentidos investigados e discutidos estarão relacionados a essas situações levantadas anteriormente.

A escolha da disciplina foi feita pela proximidade das atividades a serem desenvolvidas na sequência de ensino investigativo com a ementa da disciplina do curso de Licenciatura em Física, especificamente quando esta trata do planejamento e elaboração de experimentos. A ementa prevê o “[...] Planejamento e elaboração de experimento. Seminário conferência. Trabalhos Científicos: monografia, projetos de pesquisa em física, publicações em física [...]” (Ementário do Curso de Licenciatura em Física, 2015).

Além da proximidade com a ementa da disciplina, a turma foi escolhida, devido os conteúdos de **eletricidade, magnetismo e eletromagnetismo**, já terem sido vistos pelos estudantes, pois os mesmos cursaram as disciplinas básicas do curso, como Física Básica III, na qual, inicialmente, esses conteúdos são desenvolvidos. Ao mesmo tempo, considera-se os conhecimentos adquiridos pelos estudantes durante a educação básica.

Mesmo partindo do pressuposto de que os estudantes já tinham tido contato com esses conteúdos, em algum nível da educação básica ou superior, ressalta-se a sua relevância devido à proposta diferenciada, pois, como é apresentado em pesquisas, há dificuldades na aprendizagem de conceitos relacionados à Física, o que pode ser compreendido mediante “[...] aulas expositivas com ênfase na memorização, a extensa quantidade de conteúdo a ser ministrado pelo professor, a visão de conhecimento pronto e acabado e a reduzida carga horária [...]” (RIBEIRO, 2005, p. 20). Esses problemas estão presentes em todos os níveis da educação e fazem parte de um contexto maior, onde a educação brasileira está inserida.

Para Cudmani e Fontdevila, (1989) esses problemas apresentam-se face à como esses conteúdos são apresentados ou estruturados aos estudantes. Sendo assim, é necessário que haja possibilidades de intervenções em sala de aula diferenciadas, visando à diminuição dessas dificuldades. Neste sentido, o Parâmetro Curricular Nacional (PCN'S, 2000) apresenta como uma possibilidade de minimizar essas dificuldades, a contextualização dos conteúdos científicos com a realidade dos

estudantes. Desta forma, é necessário apresentar aos estudantes como esses conteúdos podem ser observados, desenvolvidos e articulados com a sua realidade.

Assim, foi desenvolvido um conjunto de atividades práticas e experimentais. Estas atividades estão inseridas em um contexto histórico que evidenciam a relação entre eletricidade e magnetismo que, por sua vez, possibilitaram o desenvolvimento do eletromagnetismo. O período desses desenvolvimentos é resgatado nas atividades, compreendendo aos anos entre 1799 à 1831.

Para o primeiro dia, 5 atividades foram realizadas – o que corresponde às primeiras ideias sobre a eletricidade e ao magnetismo, até as discussões que envolveram os cientistas Luigi Galvani e Alessandro Volta. Do primeiro momento da sequência até o próximo encontro decorreu uma semana, tendo em vista que a aula acontecia apenas em um único dia da semana.

No segundo dia mais 5 atividades foram desenvolvidas que compreenderam as primeiras experiências e explicações sobre o eletromagnetismo. Elas estão ligadas historicamente e cronologicamente ao desenvolvimento desse campo da Física. Utilizo réplicas dos experimentos de Faraday construídas a partir dos textos originais de Michael Faraday (Vaz, 2013, p. 52) e dois experimentos ilustrativos de Ampère e Oersted.

A organização em sala de aula foi modificada, tendo em vista a possibilidade da interação mais ampla entre os estudantes, as atividades e o pesquisador. Nas atividades seguintes, foi utilizada uma configuração em sala de aula na qual permitisse que os estudantes pudessem se expressar de várias formas, por exemplo: na forma escrita, na forma falada e a partir das mediações realizadas pelo pesquisador.

O processo de mediação entre as atividades e os estudantes foi feito pelo pesquisador e tinha, como objetivo, possibilitá-los a levantar hipóteses. Nesta situação, as interlocuções, interações e mediações feitas pelo pesquisador entre atividade e estudantes foram necessárias e importantes para o processo de análise das atividades. O material para a análise foi produzido através de gravações em áudio e vídeo. Além destes, também se utilizou o material escrito pelos estudantes durante as atividades.

No item a seguir, apresenta-se o referencial teórico utilizado no processo de análise desta pesquisa.

4.2. FERRAMENTA ANALÍTICA DA PESQUISA.

Para analisar as informações construídas durante os argumentos e intervenções entre os sujeitos da pesquisa, utilizar-se-á a ferramenta analítica desenvolvida por (MORTIMER; SCOTT, 2002). A estrutura analítica que será utilizada “[...] é baseada em cinco aspectos: Intenções do professor, conteúdo, abordagem comunicativa, padrões de interação e intervenções do professor [...]” (2002, p. 285). Esta ferramenta tenta estabelecer relações entre a construção de significados em sala de aula e o contexto social da aprendizagem dos estudantes.

A ferramenta “[...] é baseada em cinco aspectos interrelacionados que focalizam o papel do professor e são agrupadas em três termos de foco de ensino, são eles “[...] 1. Foco de ensino, 2. Abordagem e 3. Ações [...] (MORTIMER; SCOTT, 2002, p. 284). Os aspectos são agrupados da seguinte forma:

- I. **Focos do ensino** – 1. Intenções dos professores e 2. Conteúdo.
- II. **Abordagem** – 3. Abordagem comunicativa.
- III. **Ações** – 4. Padrões de Interação e 5. Intervenções do Professor. (MORTIMER; SCOTT, 2002, p. 284).

A análise das atividades está inserida nesse contexto teórico e nas interações relativas ao levantamento de novos significados durante os diversos momentos da atividade. Entretanto, considera-se que as atividades da sequência, em conjunto com os processos dialógicos, poderão possibilitar investigar e construir sentidos com os estudantes.

A sequência foi estruturada tendo em vista a utilização de ideias e explicações dos estudantes sobre as situações observadas nas atividades. Para isso, as atividades foram desenvolvidas a partir de um problema ou questionamento com o intuito de promover o diálogo entre os alunos e seus pares cognitivamente iguais. Analisando a estrutura que foi desenvolvida na sequência, compreende-se que ela está inserida no primeiro aspecto apresentado por (MORTIMER; SCOTT, 2002). Esses autores afirmam que as atividades em sala de aula precisam ser desenvolvidas, em relação às intenções do professor e ao foco dessas intenções, a partir das seguintes estruturas:

Quadro 1 Desenvolvendo atividade em sala de aula.

Intenções do professor	Foco
	Engajar os estudantes, intelectualmente e emocionalmente no desenvolvimento

Criando o problema	inicial da “estória científica”.
Explorando a visão dos estudantes	Incitar e explorar as visões e entendimentos dos estudantes sobre ideais e fenômenos específicos.
Introduzindo e desenvolvendo a “estória científica”.	Disponibilizar as ideias científicas (incluindo temas conceituais, epistemológicos, tecnológicos e ambientais) no plano social da sala de aula.
Guiando os estudantes no trabalho com as ideias científicas, dando suporte ao processo de internalização.	Dar oportunidade aos estudantes de falar e pensar com as novas ideias científicas, em pequenos grupos e por meio de atividades com toda a classe. Ao mesmo tempo, dar suporte aos estudantes para produzirem significados individuais, internalizando essas ideias.
Mantendo a narrativa: sustentando o desenvolvimento da “estória científica”.	Prover comentários sobre o desenrolar da “estória científica”, de modo a ajudar os estudantes a seguir seu desenvolvimento e a entender suas relações com o currículo de ciências como um todo.

FONTE: Mortimer, E. F. & Scott, P. Atividades Discursivas nas salas de aula de ciências: Uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. *Investigação no Ensino de Ciências - V7(3)*, p. 283-306, 2002.

Prosseguindo com a ferramenta de análise, enfatiza-se a estrutura do conteúdo que prevê a distinção entre “[...] descrição, explicação e generalização [...]” (MORTIMER; SCOTT, 2002, p. 285). Esta distinção está relacionada às interações entre estudantes e professor, e às diversas propostas de apresentação do conteúdo em sala de aula. A seguir, apresenta-se um quadro explicando cada item desses.

Quadro 2 Conteúdo

Descrição	Envolve enunciados que se referem a um sistema, objeto ou fenômeno, em termos de seus constituintes ou dos deslocamentos espaço-temporais desses constituintes.
Explicação	Envolve importar algum modelo teórico ou mecanismo para se referir a um fenômeno ou sistema específico.

Generalização	Envolve elaborar descrições ou explicações que são independentes de um contexto específico
----------------------	--

FONTE: Mortimer e Scott (2002)

Outro aspecto importante na ferramenta utilizada é a abordagem comunicativa. Esta pode ser dividida em duas dimensões, o discurso dialógico ou de autoridade e o discurso interativo ou não-interativo. Essas dimensões estão relacionadas às interações que ocorrem entre professores e alunos em sala de aula, enfatizando as interações entre esses sujeitos.

Pode-se exemplificar as duas dimensões da seguinte forma: quando o professor, durante a atividade em sala de aula, concede aos estudantes a possibilidade do argumento, de expressar suas opiniões ou de permitir outras vozes em sala de aula ao invés apenas da sua, tem-se a abordagem comunicativa dialógica. Contudo, caso o professor não possibilite o diálogo, não leve em consideração a opinião dos estudantes ou apenas o professor tenha voz em sala de aula, considera-se a abordagem como comunicativa de autoridade.

Essas duas abordagens podem ser distinguidas em discurso interativo e não-interativo. A diferença entre esses dois tipos de discurso é a presença de mais de um sujeito no contexto do discurso, primeiro caso, já no segundo evidencia-se apenas um interlocutor. No quadro abaixo apresenta-se como essas classes do discurso podem ser relacionadas.

Quadro 3 Classes do discurso.

	Interativo	Não-Interativo
Diálogo	A – Interativo/Dialógico	B – Não-Interativo/Dialógico
De autoridade	B – Interativo/de autoridade	C – Não-Interativo/de autoridade

FONTE: Mortimer e Scott (2002)

Essas classes são adotadas no contexto das intervenções do professor em sala de aula, neste espaço pode-se analisar as relações entre os estudantes com essas classes. Essas relações podem ser analisadas a partir de pequenos grupos, como por exemplo:

[...] **Interativo/dialógico:** Professor e estudantes exploram ideias, formularam perguntas autênticas e oferecem, consideram e trabalham diferentes pontos de vista.

Não-interativo/dialógico: Professor reconsidera, na sua fala, vários pontos de vista, destacando similaridades e diferenças.

Interativo/de autoridade: Professor geralmente conduz os estudantes por meio de uma sequência de perguntas e respostas, com o objetivo de chegar a um ponto de vista específico.

Não-interativo/de autoridade: Professor apresenta um ponto de vista específico [...]”

(MORTIMER; SCOTT, 2002, p. 288)

Outro aspecto da ferramenta desenvolvida por Mortimer e Scott traz a análise específica de padrões de interação entre professores e estudantes, à medida que eles mudam seus turnos de fala. Esses padrões normalmente podem ser descritos como I-R-A, sendo o “[...] I - Iniciação do professor, o R – resposta do estudante e A – avaliação do professor [...]” (MORTIMER; SCOTT, 2002, pág. 288).

O último aspecto está relacionado às formas de intervenções pedagógicas do professor. Essas intervenções estão atreladas ao trabalho desenvolvido por Scott (1998). Neste trabalho ele considera 6 formas de intervenção e as separa em foco e ações do professor. No quadro abaixo descrevemos cada intervenção.

Quadro 4 Formas de intervenções.

Intervenção do professor	Foco	Ação – o professor:
1. Dando forma aos significados.	Explorar as ideias dos estudantes.	Introduzir um termo novo; parafrasear uma resposta do estudante; mostrar a diferença entre os significados.
2. Selecionando significados.	Trabalhar os significados no desenvolvimento da estória científica.	Considerar a resposta do estudante na sua fala; ignorar a resposta de um estudante.
3. Marcando significados chaves.		Repetir um enunciado; pedir aos estudantes que repitam um enunciado; estabelecer uma sequência I-R-A com um estudante para confirmar uma ideia; usar um tom de voz particular para realçar certas partes do enunciado.
4. Compartilhando significados.	Tomar os significados disponíveis para todos os estudantes de classe.	Repetir a ideia de um estudante para a toda classe; pedir a um

		estudante que repita um enunciado para a classe; compartilhar resultados dos diferentes grupos com toda a classe; pedir aos estudantes que organizem suas ideias aos dados de experimentos para relatarem para toda a classe.
5. Checando o entendimento dos estudantes.	Verificar que significados os estudantes estão atribuindo com situações específicas.	Pedir a um estudante que explique melhor sua ideia; solicitar aos estudantes que escrevam suas explicações; verificar se há consenso classe sobre determinados significados.
6. Revendo o progresso da estória científica.	Recapitular e antecipar significados.	Sintetizar os resultados de experimentos particulares; recapitular as atividades de uma aula anterior; rever o progresso no desenvolvimento da estória científica até então.

Os aspectos e características apresentados anteriormente fazem parte do referencial analítico desta dissertação. Entretanto, em algumas atividades escolhidas para as análises poderá ser utilizado apenas o material escrito pelos estudantes, pois para a utilização da ferramenta proposta por Mortimer e Scott (2002) é necessário que se configure situações dialógicas em sala de aula. Nesta situação, analisa-se esses documentos, a partir do conceito de sentido e significado desenvolvido por Vygotsky (2001). No próximo capítulo, apresentar-se-á o resultado das análises referentes ao desenvolvimento da sequência.

Capítulo 5 – Análises e discussões sobre a pesquisa.

Neste capítulo, apresenta-se as análises e discussões da sequência de ensino investigativo. Foram desenvolvidas 09 atividades em dois encontros, sendo as cinco primeiras realizadas no primeiro dia de encontro e o restante das atividades no segundo dia de atividades.

ATIVIDADE 1 – OBSERVAR E RECONHECER OS FENÔMENOS ELÉTRICOS, MAGNÉTICOS E ELETROMAGNÉTICOS NO COTIDIANO.

A atividade foi desenvolvida no primeiro dia de encontro e teve como objetivo investigar os conhecimentos prévios dos estudantes a respeito dos fenômenos elétrico, magnético e eletromagnético. Em meio a esse contexto, foram apresentadas algumas imagens que tivessem relação com os conceitos apresentados no objetivo da atividade. Em seguida, os estudantes foram divididos em 3 grupos com 3 estudantes em cada grupo, totalizando, nesse primeiro encontro, 9 alunos.

Figura 26 Grupos formados para a atividade 1



FONTE: Fotografia captada pelo autor.

Na atividade 1, cada grupo escolheu duas imagens e tinha que construir perguntas (uma ou mais) relacionadas a **como os equipamentos/situações funcionavam?** e **o que faz com que os equipamentos/situações funcionarem?**. A dinâmica da atividade corresponde com a descrita na sequência de ensino investigativo. Logo, no quadro abaixo as perguntas construídas pelo primeiro grupo são exibidas.

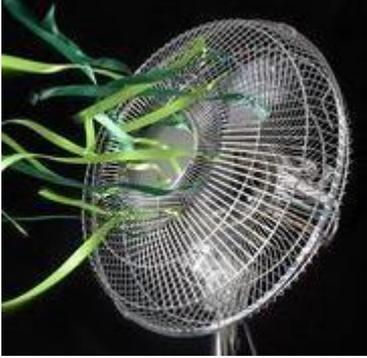
O quadro 1 apresenta as perguntas construídas pelos estudantes, a partir das imagens escolhidas por cada grupo (ver anexo I). O intuito inicial de construir

perguntas foi investigar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre os possíveis conceitos observados nas imagens. Ao mesmo tempo, foi pedido que os mesmos grupos construíssem para as perguntas apresentadas, respostas. A seguir, apresenta-se a produção dos estudantes durante a atividade planejada e descrita na sequência.

Quadro 5 Perguntas/grupos e Respostas.

<p>Grupo 1 – Imagens (Balão grudado na parede e bússola)</p> <p>Perguntas:</p>	<p>Hipótese</p>
<p>Qual o conceito físico que torna possível esse fenômeno representado na imagem?</p>  <p>Fonte: https://i.ytimg.com/vi/LIP8EV_8DoI/hqdefault.jpg</p>	<p>O fenômeno que permite isso acontecer é a eletrização por atrito, que consiste na existência de dois objetos, ambos de materiais diferentes e inicialmente neutros.</p> <p>Hipótese após redistribuição das imagens – Se dá através da eletrização por atrito devido a se tornar possível pela eletrostática. (Grupo 2)</p>
<p>Como funciona esse aparelho?</p>  <p>Fonte: http://br.stockfresh.com/thumbs/freesoulproduction/1619149_vetor-b%C3%BAssola-mar-metal-terra-sinal.jpg</p>	<p>A bússola é um instrumento muito antigo, utilizado geralmente por navegadores, tem o objetivo de orientação geográfica. Esse instrumento funciona devido a apresentar um material imantado que tem a propriedade magnética do alinhamento espontâneo por causa do campo magnético terrestre.</p> <p>Hipótese após redistribuição das imagens – O princípio do funcionamento da bússola se dá devido à orientação do campo magnético terrestre. (Grupo 2)</p>
<p>Grupo 2 – Imagens (Para-raios e peixe poraquê).</p> <p>Perguntas:</p>	<p>Hipótese</p>

<p>Para que serve o para-raios?</p>  <p>Fonte: http://horadesantacatarina.rbsdirect.com.br/imagesrc/16123086.jpg?w=620</p>	<p>O princípio do funcionamento do para-raios se dá através da teoria das pontas, atraindo ou fornecendo cargas elétricas e sendo rompida a rigidez dielétrica do ar e causando os raios.</p> <p>Hipótese após redistribuição das imagens – Serve para descarregar nuvens ou serve de meio para que essa descarga chegue a terra. (Grupo 3)</p>
<p>O que origina a descarga elétrica desse animal?</p>  <p>Fonte: http://www.oarquivo.com.br/images/stories/curiosidades/eletrico_poraque.jpg</p>	<p>Na ocasião, o grupo não construiu resposta.</p> <p>Hipótese após redistribuição das imagens – Pelo que sabemos, ocorre um processo de transformação de energia química em energia elétrica. (Grupo 3)</p>
<p>Grupo 3 – Imagens (farol da bicicleta e Ventilador)</p> <p>Perguntas:</p>	<p>Hipótese</p>
<p>Qual o princípio de funcionamento do farol e quais tipos de energias envolvidas?</p>	<p>Ao colocar a bicicleta em movimento, através das pedaladas, pode-se observar que existe energia cinética neste movimento, a qual se transforma em energia elétrica. Isso se dá em um dispositivo chamado motor elétrico.</p>

 <p>Fonte: http://img.olx.com.br/images/56/567501000231190.jpg</p>	<p>Hipótese após redistribuição das imagens – Inicialmente, o movimento dos pedais (energia cinética), provoca o acendimento da luz. Logo, podemos dizer que há a transformação de energia cinética em elétrica. (Grupo 1)</p>
<p>Quais os tipos de energias envolvidas nesse aparelho?</p>  <p>FONTE: http://cdn.grid.fotosearch.com/FSD/FSD733/x75023581.jpg</p>	<p>Aqui o princípio de funcionamento observado é o inverso do aparelho anterior, o mesmo agora utiliza a energia elétrica. é através do gerador que transforma essa energia em energia cinética.</p> <p>Hipótese após redistribuição das imagens – Energia elétrica, mecânica. (Grupo 1)</p>

FONTE: Autoria própria.

Nesta atividade, optou-se por analisar as perguntas e repostas por acreditar que ao construir as perguntas e, posteriormente, levantar hipóteses para elas, os estudantes poderiam indicar os conhecimentos que eles já carregam sobre o assunto. A primeira pergunta construída pelo grupo, referente à imagem do balão “grudado” na parede, consegue proporcionar um abertura suficiente aos outros estudantes, que facilite o surgimento de hipóteses para a mesma. Neste sentido, compreende-se que eles reconhecem que a imagem trata de um fenômeno físico, quando utilizam a frase “conceitos físicos” e a palavra “fenômeno” e a partir disso revelar seu conhecimentos prévios.

Ao mesmo tempo, ao apresentarem suas respostas, percebe-se a utilização de alguns termos que remetem à explicação dos processos de eletrização.

Particularmente, é possível reconhecer esses conhecimentos prévios no contexto da resposta e nas palavras ou frases **“eletrização por atrito, materiais diferentes, inicialmente neutros, eletrizado negativamente e recebe elétrons”**. No primeiro momento, ao utilizarem essas frases, percebe-se um domínio sobre alguns conceitos que corresponde à esfera de conhecimento sobre processos de eletrização, condutibilidade de materiais e cargas elementares.

A partir da utilização dessas palavras ou frases pelo grupo 1 durante a construção das repostas, nota-se que eles conseguiram relacionar os conhecimentos já construídos ao contexto dos fenômenos elétricos percebidos na imagem do balão “grudado” na parede. As palavras correspondem aos conhecimentos construídos/adquiridos pelos estudantes e que estão inseridas nos contextos de conteúdos desenvolvidos em sala de aula por professores da educação básica ou superior sobre assuntos relacionados aos fenômenos da eletricidade.

Analisando a segunda pergunta respondida pelo grupo 1, percebe-se que os estudantes compreenderam que o objeto em questão, no caso uma bússola, é um aparelho ou mecanismo que tem uma funcionalidade específica. No entanto, a pergunta em si não traz elementos que resgatem essa funcionalidade, o que não significa que ao construir a pergunta os estudantes não apresentem conhecimentos prévios sobre o aparelho, eles apenas não explicitaram.

Ao analisar a resposta, identifica-se algumas palavras ou frases que podem ser consideradas como conhecimento dos estudantes ligado ao funcionamento do aparelho. Ao voltar à resposta, percebe-se que os estudantes utilizam termos específicos para o funcionamento da bússola. Destaca-se aqui alguns destes que apontam como indícios de conhecimento prévios construídos e adquiridos pelos estudantes, são eles: **Instrumentos muito antigos, utilizados por navegadores, orientação geográfica, material imantado, propriedade magnética e campo magnético terrestre**. Assim, admite-se que esses termos estão relacionados ao que eles compreendem sobre o funcionamento da bússola.

Ao mesmo tempo, é perceptível que na resposta do grupo é possível observar uma determinada compreensão dos estudantes sobre o contexto histórico que envolve a utilização da bússola como instrumento de orientação, quando eles utilizam a frase: **“Instrumentos muito antigos e utilizados por navegadores”**. Provavelmente esta aproximação com o contexto histórico deve ter acontecido durante as leituras em livros didáticos, sejam eles na educação básica ou superior. Afirma-se isso, pois é

comum nos livros didáticos de Física os autores utilizarem-se desse contexto para fazer referência ao começo da utilização da bússola como instrumento de orientação.

Parte-se agora para analisar as perguntas e respostas do grupo 2. O grupo escolheu as imagens de uma descarga atmosférica e do peixe poraquê. O grupo, após a discussão interna, apresentou as seguintes perguntas: **Para que serve o para-raio? E O que origina a descarga elétrica desse animal?** Na primeira pergunta, o grupo relacionou a situação da imagem do raio ao funcionamento do para-raio. Entretanto, o objetivo inicial da utilização da imagem era fazer uma relação ao fenômeno da descarga atmosférica. Mesmo assim, ao relacionar a imagem com o funcionamento do para-raios, pode-se sugerir que os estudantes identificaram o fenômeno do raio, o que pode ficar mais claro ao se analisar a resposta dessa pergunta.

Em relação à resposta, percebe-se que os estudantes utilizaram termos que são próximos aos conhecimentos sobre o funcionamento do para-raios e acerca de como é gerada a descarga atmosférica. Assim, ao usarem os termos **“rigidez dielétrica do ar”** e **“cargas elétricas”**, os estudantes indicaram que suas compreensões sobre o funcionamento do para-raios originaram-se do entendimento da produção das descargas atmosféricas. A segunda pergunta está relacionada à imagem do peixe poraquê. O grupo até conseguiu construir uma pergunta, mas não obteve êxito ao produzir uma resposta para a mesma.

Já o grupo 3 construiu perguntas e repostas relacionadas às imagens do farol de bicicleta e de um ventilador. A partir da imagem do farol de bicicleta foi construída a seguinte pergunta: **“Qual o princípio de funcionamento do farol e quais tipos de energias envolvidas?”**. Entende-se que na pergunta os estudantes associaram a imagem do farol aos diferentes tipos de transformação de energia e ao princípio físico que “rege” o fenômeno observado na imagem. Dessa forma, pode-se indicar que os conhecimentos prévios dos estudantes estão ligados ao entendimento de transformação de energia.

Em relação à resposta apresentada pelo grupo, também há a relação com a transformação de energia. Interpreta-se, assim, que os estudantes manifestam os conhecimentos adquiridos quando, no primeiro momento, descrevem a situação que origina a produção de energia cinética (no caso as “pedaladas”), ou seja, eles compreendem que as “pedaladas” estão ligadas diretamente à produção de energia cinética e que esta, posteriormente, produz energia elétrica por um dispositivo que eles chamam de “motor elétrico”.

Entretanto, ao utilizar o termo “motor elétrico”, pode-se sinalizar um eventual equívoco dos estudantes na utilização deste termo, pois a descrição apresentada por eles na construção da hipótese está relacionada ao funcionamento do dínamo.

Assim como na imagem anterior, a pergunta “**Quais os tipos de energias envolvidas nesse aparelho?**”, os estudantes resgatam os de tipos de energia e, conseqüentemente, a ideia de transformação de energia. Neste sentido, compreende-se que os conhecimentos prévios deles nas duas perguntas estão associados ao mesmo tema, ou seja, transformações de energia..

Portanto, afirma-se que as respostas relacionadas a essas perguntas resgataram os conhecimentos prévios dos estudantes sobre transformações de energias. Neste sentido, considera-se que eles compreendem os processos de transformação de energia, mas não conseguiram relacionar especificamente ao dínamo, motor elétrico e indução eletromagnética.

Seguindo a descrição da atividade, foram redistribuídas as imagens, com a condição de que os grupos não poderiam pegar a mesma imagem que utilizaram para construir a pergunta. Sendo assim, o grupo 1 escolheu a imagem do farol da bicicleta e do ventilador. Já o grupo 2 escolheu a imagem do balão grudado na parede e da bússola. Finalizando a redistribuição, o grupo 3 escolheu a imagem da descarga atmosférica e do peixe poraquê.

O grupo 1 apresentou respostas no mesmo contexto do grupo que construiu as perguntas. Estabelecendo, assim, conhecimentos prévios relacionados à transformação de energia. Já o grupo 2, na pergunta referente ao balão, conseguiu trazer um elemento que relaciona o funcionamento da bússola à interferência do campo magnético terrestre. Em sua resposta, tal grupo utilizou o termo “**campo magnético terrestre**” na pergunta relacionada à bússola. Já na resposta para a pergunta sobre o balão “grudado” na parede, o grupo trouxe, para as respostas, expressões como “eletrização por atrito” e “eletrostática”. Por se tratar de termos específicos utilizados no contexto de explicação dos fenômenos que envolvem a imagem, considera-se que este grupo apresentou conhecimentos prévios sobre os processos de eletrização.

O grupo 3, para a pergunta que relaciona a imagem da descarga elétrica, trouxe elementos como as frases “descarregar nuvens” e “faz a descarga chegar à terra” que estão próximas das explicações apresentadas para o funcionamento do para-raio. Na segunda imagem, o grupo respondeu sobre a produção de eletricidade pelo peixe poraquê utilizando-se da frase “processo de transformação de energia química

em energia elétrica”. Nesta frase, percebe-se que o grupo sugere um argumento capaz de explicar superficialmente a produção de eletricidade pelo peixe.

Compreende-se que os estudantes, nessa atividade, trazem conhecimentos prévios relativos aos desenvolvidos em sala de aula sobre os fenômenos elétricos, magnéticos e eletromagnéticos.

ATIVIDADE 2 – DISCUSSÕES SOBRE AS PROPRIEDADES MAGNÉTICAS DA TERRA.

Voltando para a organização da sequência, analisar-se-á a atividade 2, a qual teve como objetivo **levantar hipóteses sobre os conceitos de campo magnético terrestre, campo magnético, atração e repulsão e linhas de força magnética**. Iniciou-se a atividade apresentando situações que relacionadas ao tema em questão. As discussões nos levaram a diferentes argumentos pelos estudantes, incluindo a situação relacionada à orientação de animais como tartarugas e o pombo-correio.

Utilizando-se desse contexto, foi feita a seguinte pergunta: **Como o pombo consegue achar o seu destino final?** Em seguida, algumas hipóteses foram sendo levantadas e, posteriormente, foi pedido que eles escrevessem as hipóteses. Entretanto, os diálogos e questionamentos realizados durante as discussões sobre o funcionamento da bússola e de como o pombo-correio orientam-se, não estão presentes nesta seção, pois o arquivo de vídeo e áudio foi danificado. Mas se traz para a análise, o material produzido pelos estudantes durante as intervenções em sala de aula. Desta forma, analisar-se-á os escritos dos sujeitos utilizando as ideias de Vygotsky sobre sentido e significado. No quadro abaixo se expõe apenas o material escrito produzido pelos estudantes a partir dessas discussões e diálogos.

Quadro 6 Como os pombos-correios conseguem se orientar?

Pergunta: Como o pombo consegue achar o seu destino final?	Resposta
Carlos	Se existe uma tal substância na cabeça do animal magnética , ligada a isso, ele deve se guiar através dos polos magnéticos e geográficos da Terra .
Jorge	Talvez o pombo seja treinado de alguma forma que faça com que o mesmo vá e sempre volte ao seu destino, ou pode-se

	dizer que utilizam alimentos em seu treinamento, de início fazendo com que o mesmo voe por pequenas distâncias, sendo recompensado na sua volta.
Antônio	Através do instinto , que por mais que não saibam para onde irem, têm quase que certeza que tem algo lá.
Fernando	Analogamente, a resposta mais provável é que os pombos se orientam a partir de influências magnéticas que interagem com algumas características da estrutura física do pombo, ou seja, pode haver uma percepção do pombo tornando-o capaz de fazer longas viagens e não se perder.
Lincoln	Ele utiliza o nascer do sol e o pôr do sol .
Maria	Ele consegue, através de algum ensinamento . O pombo foi ensinado a conseguir decorar os pontos de seu trajeto.
Ana	Por hipótese, acredita-se que dentro dos pombos possa existir alguma substância quimicamente magnética , que provoca o deslocamento espontâneo do animal. Pois nesse caso é semelhante ao que acontece com tartarugas quando ocorre o período da desova, em que alguns cientistas acreditam que dentro delas existe algum material magnético .
Sandra	O pombo possui algum tipo de interação magnética , ele pode ver traços desse campo magnético através do vento.

FONTE: Autoria própria.

Acima se apresenta o quadro referente às repostas dos estudantes para o questionamento sobre o pombo-correio. Selecionei alguns dos sujeitos e suas repostas, pois se acredita que eles carregam alguns sentidos relacionados aos significados constitutivos dos fenômenos presentes nos objetivos da atividade. Desta forma, considera-se os argumentos levantados pelos sujeitos Jorge, Lincoln, Ana, Manoel e Antônio para a pergunta levantada. Nesta primeira parte da atividade, contudo, Manoel não será analisado, pois não devolveu seu material escrito.

Lincoln utilizou-se de argumentos como **“sistema de orientação, funciona como uma bússola, campo magnético da Terra”**. Ao trazer essas frases, acredita-se que a estrutura de sua hipótese carrega sentidos que estão relacionados aos significados utilizados para explicar a orientação do pombo-correio.

Ana apresentou conhecimentos que a auxiliaram na construção de uma hipótese para o questionamento, ao relatar, durante a discussão, que entende a situação do pombo-correio como muito próxima ao deslocamento para a desova das tartarugas. Assim, Ana utilizou-se dos termos **“substância quimicamente magnética, semelhante ao que acontece com tartarugas e material magnético”** em seus argumentos para o questionamento apontado pelo pesquisador.

É possível reconhecer, nas palavras utilizadas pela estudante, sentidos que nortearam a construção de suas hipóteses. Compreende-se que os sentidos apresentados por Ana estão inseridos no contexto dos conhecimentos de seu cotidiano. Ao mesmo tempo, a apropriação de alguns sentidos referentes aos conhecimentos científicos é reconhecida, quando ela se utiliza de palavras como “material magnético” e “substância química magnética”.

No caso de Antônio e Jorge, ambos não apresentam argumentos científicos em suas hipóteses, construindo-as a partir de conhecimentos do cotidiano. Antônio aponta argumentos na direção do comportamento natural do animal ao utilizar a palavra “instinto”. Desta forma, a palavra “instinto” orienta a construção de sentido de Antônio, pois o aluno compreende o deslocamento do pombo-correio como situação natural do pássaro. Jorge direciona sua hipótese a uma possível intervenção do homem para a situação da orientação do pombo, já que utiliza a palavra “treinado” para justificar a possibilidade de orientação do pombo-correio. Assim como Antônio, ele apresenta uma hipótese norteada pelo seu conhecimento do cotidiano sobre o assunto.

No segundo momento desta atividade, resgata-se as discussões sobre a imagem da bússola. Entretanto, as hipóteses levantadas pelos estudantes não consideraram argumentos importantes para a explicação dos fenômenos relacionados à bússola. Neste sentido, é necessário desenvolver novas situações que possibilitem construir novos argumentos e hipóteses para compreender o funcionamento da bússola.

Ao mesmo tempo, durante a atividade seguinte, os estudantes indicaram em suas intervenções conhecimentos relacionados à polaridade magnética da bússola. Tal atividade tinha como objetivo incentivar a discussão a respeito da visualização do

campo magnético do ímã. Para isso, parte-se para a seguinte pergunta: **Como é possível observar o campo magnético de um ímã?** Após as primeiras hipóteses dos estudantes sobre a pergunta, foi indicada a utilização de alguns materiais como palha de aço, uma folha de papel e um ímã em barra (para ser usada como limalha de ferro) para o teste das hipóteses. A seguir, apresenta-se alguns diálogos dos estudantes durante o desenvolvimento do experimento.

Figura 27 Configuração de linhas de campos magnético construída pelos estudantes.



FONTE: Fotografia captada pelo autor.

É preciso dizer que a orientação para esta atividade seria do professor, mas, em determinado momento, um dos estudantes disse que sabia como indicar a melhor forma de visualizar as linhas de campo. Desta forma, o professor deixou que os estudantes orientassem e realizassem a atividade, na qual primeiramente eles produziram a limalha de ferro e, em seguida, desenvolveram a atividade. Ao final da produção da limalha de ferro, eles começaram a pensar em situações onde pudessem visualizar o campo magnético do ímã e chegaram à situação que está descrita conforme a figura abaixo.

Figura 28 Estudantes esfregando a palha de aço para produzir limalha de ferro.



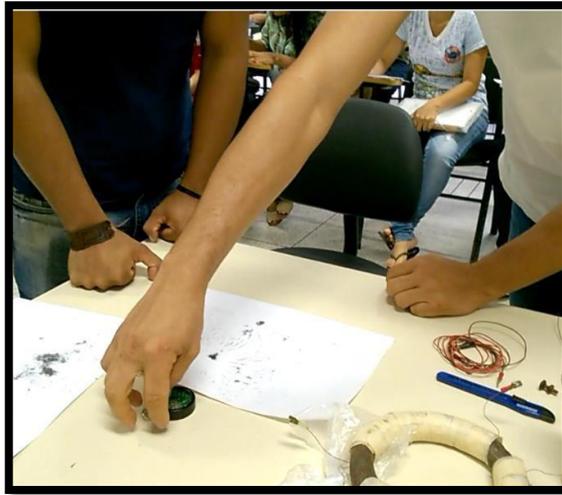
FONTE: Fotografia captada pelo autor.

Em seguida, os estudantes posicionaram o ímã em barra abaixo do papel com a limalha desenvolvida por eles e perceberam a configuração das linhas de campo magnético do ímã.

A seguir, apresenta-se alguns diálogos dos estudantes durante o desenvolvimento do experimento.

Após a observação da representação das linhas de campo produzidas pelos estudantes, o pesquisador pediu que eles desenhassem a sua representação referente às linhas que entram e as linhas que saem. Nesse momento, Manoel pega a bússola e tenta encontrar a polaridade das linhas de campo projetadas no papel. A situação encoraja outros estudantes a ajudar Manoel para encontrar a polaridade das linhas de campo.

Figura 29 Estudante interagindo com o experimento



FONTE: Fotografia captada pelo autor.

Ana: Aproximando a bússola, ela percebeu o norte apontando para o sul. Em seguida, ela afirma: “mas é o sul magnético então, a bússola tá apontado para o norte geográfico”.

Figura 30 Estudante interagindo com o experimento.



FONTE: Fotografia captada pelo autor.

Jorge: Volta a visualizar a representação das linhas de campo e, apontando, fala: “esse lado aqui tá mais afastado (apontando para o papel) e esse outro aqui tá mais aproximado e o que está se afastando iria para o norte”.

Figura 31 Estudantes discutindo sobre a orientação das linhas de campo



FONTE: Fotografia captada pelo autor.

Nesse momento, os estudantes voltam as suas cadeiras e continuam a construção de seus desenhos.

Pesquisador: “Como é a configuração do fluxo?”.

Jorge: “Sai do positivo e vai para o negativo”.

Jorge: “Professor, é que nessa apostila aqui (faz referência ao texto da discussão do pombo-correio) tem uma parte que diz „não podemos comparar com a agulha“, se a gente for perceber, a ponta da agulha está pra lá pra cima, então poderíamos falar que o norte está na extremidade de cima do norte para o sul e vice-versa”.

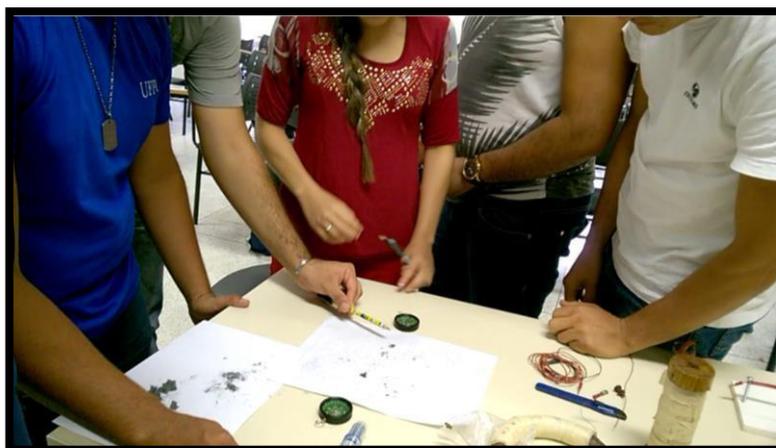
Nesse momento, Manoel, Jorge, Ana e Lincoln voltam à mesa e começam a discutir novamente sobre a representação das linhas de campo.

Ana: “Se aqui for o norte magnético, (leva a bússola até a extremidade da representação das linhas de campo) aqui seria o sul magnético, o norte geográfico é o sul magnético?”.

Jorge: “Olha, a diferença é que elas estão apontando para o mesmo sentido”.

Ana: “Mas é porque se esse for o norte, por exemplo, esse seria o sul, entendeu?” (ver imagem).

Figura 32 Grupo de estudantes investigando a polaridade das linhas de campo.



FONTE: Fotografia captada pelo autor.

Manoel: “De fato, essa bússola tá se orientando com a Terra e aqui a gente tá vendo esse campo aqui (aponta para a representação das linhas de campo na folha de papel)”.

Ana: “Por que eles estão se acumulando nas pontas?”; “Por que se concentra primeiro nas pontas?”

Pesquisador: “Por que tu achas?”

Jorge: “Onde tem a maior concentração”.

Lincoln: “É a extremidade de onde está saindo e entrando. No meio (do ímã) tu não tem essa interação de saindo e entrando onde o fluxo é maior”.

Percebe-se que a maioria das interações no diálogo acima correspondeu a um padrão de interação I-R-P-R-P. Ao mesmo tempo, a classe de abordagem comunicativa se dá em termos de interativo/dialógico, pois o pesquisador apresenta perguntas e considera todos os pontos de vistas dos sujeitos envolvidos na análise. A seguir, apresenta-se um quadro com os 5 aspectos da ferramenta de análise assumida nesta pesquisa.

Quadro 7 Interações de como os pombos-correios se orientam?

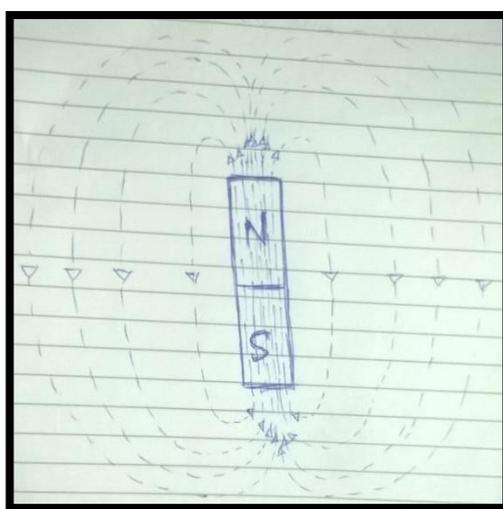
Intenção do pesquisador	<ul style="list-style-type: none"> • Explorar as ideias e visões dos estudantes sobre os fenômenos do magnetismo. • Desenvolver a estória da ciência:
Conteúdo	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentar argumentos que compreenda a explicação da orientação do pombo-correio à formação de linhas de campo magnética.
Abordagem	<ul style="list-style-type: none"> • Interativa/dialógica.
Padrões de Interação	<ul style="list-style-type: none"> • I-R-P-R-P

Formas de Intervenção	<ul style="list-style-type: none"> • Explorar as ideias dos estudantes.
------------------------------	--

Fonte: Autoria própria.

Acredita-se que os diálogos, apresentados acima, podem ter influenciado na atividade de representação das linhas de campo magnético. Assim, direciona-se para os desenhos que estão ligados à representação de linhas de campo magnético observado pelos estudantes. Abaixo, os estudantes apresentam seus desenhos sobre as linhas de campo magnético do ímã. Posteriormente, são exibidos os desenhos de Lincoln, Ana, Manoel, Jorge e Antônio.

Figura 33 Desenho do estudante Manoel

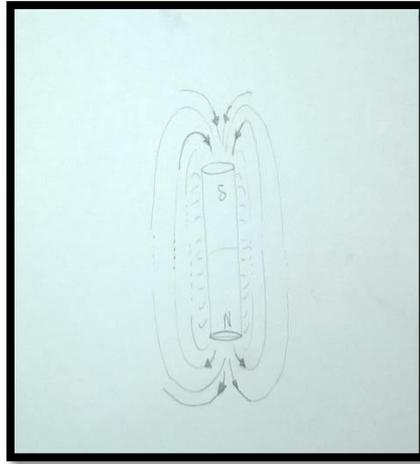


FONTE: Fotografia captada pelo autor.

Nesta imagem, nota-se que Manoel conseguiu relacionar alguns significados importantes da configuração do campo de um ímã, como as linhas de campo e as polaridades do ímã. Pode-se considerar que ele apresenta conhecimento relacionado aos conceitos científicos sobre os fenômenos observados ou discutidos. Possivelmente, os diálogos durante a atividade possam ter influenciado na construção de seu desenho.

Outro estudante que consegue construir um desenho muito próximo da configuração de linhas de campo esperada é Antônio (ver imagem 53), mesmo ele não tendo uma participação efetiva nos diálogos acima. No desenho, se reconhece que ele compreende a ideia de linhas de campo, polaridade de ímãs e orientação dessas linhas. Desta forma, pode-se considerar que o desenho de Antônio apresenta significados relacionados ao conhecimento científico.

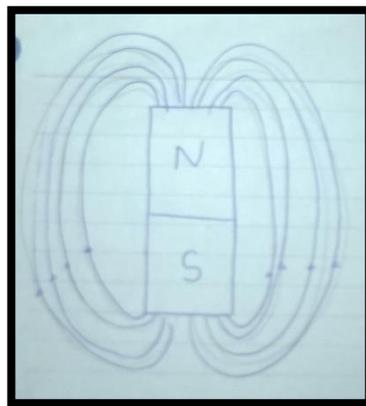
Figura 34 Desenho das linhas de campo Antônio.



FONTE: Fotografia captada pelo autor.

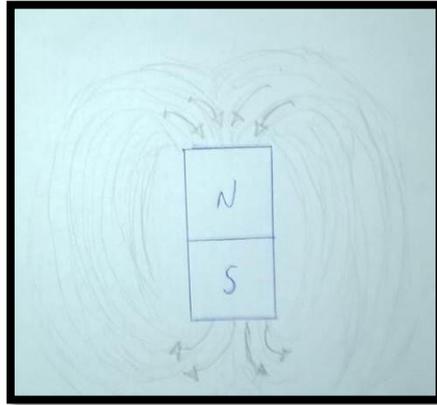
Os estudantes Ana e Lincoln, em seus desenhos, apresentam uma peculiaridade, os alunos conseguem descrever as linhas de campo do ímã, no entanto, apresentam uma configuração dessas linhas equivocadas, mesmo que as adoções delas sejam convencionadas – haja vista que estabelecem que a orientação das linhas parte do sul e vai para o norte. No entanto, eles conseguem reconhecer as linhas de campo e a polaridade do ímã. Assim, entende-se que, em seus desenhos, os estudantes apontam o conhecimento desses conceitos aos utilizá-los em suas representações. Abaixo apresenta-se os desenhos produzidos por esses estudantes.

Figura 35 Imagem produzida por Ana.



FONTE: Fotografia captada pelo autor

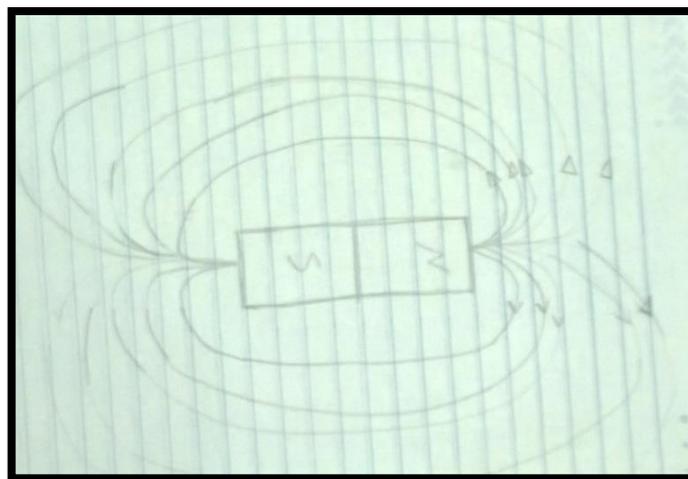
Figura 36 Imagem produzida por Lincoln



FONTE: Fotografia captada pelo autor.

Por fim, evidencia-se a produção de Jorge, a qual apresenta o desenho de como pode ser representada a configuração das linhas de campo magnético. Em seu desenho, ele apresenta os conceitos de linhas de campo magnético, a orientação dessas linhas e as polaridades de um ímã. Ao trazer esses conceitos, é verificado que Jorge estabeleceu argumentos em seu desenho que estão inseridos no contexto de explicação sobre a representação das linhas de campo magnético. Desta forma, ao representar esses conceitos em seu desenho, é possível sugerir que após as discussões e observações durante a atividade, ele se utilizou dos sentidos adquiridos do contexto da atividade para construir sua representação das linhas de campo. Abaixo apresenta-se o desenho produzido por Jorge.

Figura 37 Representação de Jorge para as linhas de campo.



FONTE: Fotografia captada pelo autor.

Antes de passar para a análise da próxima atividade, é necessário ressaltar a importância de uma situação sucedida durante essa atividade, o ocorrido já foi mencionado durante os diálogos apresentados anteriormente: no momento em que ocorria a construção dos desenhos sobre as linhas de campo, a ida de Manoel à mesa onde estava à folha de papel com a limalha de ferro chamou a atenção de outros estudantes. Ele começou a posicionar a bússola na extremidade das linhas de campo projetadas no papel com o intuito de verificar a polaridade dessas extremidades (ver figura 56).

Figura 38 Investigando a polaridade das linhas de campo.



FONTE: Fotografia captada pelo autor.

A intenção dos estudantes ao modificar a configuração do experimento era investigar a polaridade presente nas extremidades das linhas de campo. Assim, considera-se que ao utilizar a bússola com a finalidade de orientação, os estudantes constroem significados de orientação a esse objeto. Em determinado momento, os estudantes voltaram ao texto lido anteriormente, o qual relaciona a orientação dos pombos a uma substância presente no bico do animal como mecanismo de orientação. A discussão e a leitura realizada por eles foram resgatadas durante a investigação da polaridade das extremidades das linhas de campo na figura acima, como se pode perceber nos diálogos apresentados acima.

Diante disso, compreende-se que a descrição da situação vivenciada acima revela uma ressignificação da bússola – a partir da leitura e discussão sobre a substância presente no bico do pombo e que sofre influência do campo magnético terrestre.

ATIVIDADE 3 - A ELETRICIDADE GERADA PELO PORQUÊ E A RÃ DE GALVANI

Esta atividade tinha como objetivo “**resgatar as discussões referentes à imagem do peixe poraquê e relacionar as ideias desenvolvidas por Luigi Galvani. Além disso, esta aula permitirá aos estudantes entrarem em contato com o contexto histórico que envolvia o experimento de Galvani**”. Assim, foram apresentados trechos do documentário “Choque e temor” com o intuito utilizar o contexto experimental observado por Luigi Galvani em suas experiências. É importante ressaltar que devido ao contexto de sala de aula, as atividades 3 e 4 da sequência foram trabalhadas simultaneamente.

Inicialmente, exibiu-se o contexto dos diálogos e discussões presentes durante a atividade que suscitaram, em seguida, as hipóteses levantadas pelos estudantes para a pergunta norteadora da atividade. Neste caso, expõe-se os diálogos entre o pesquisador, Lincoln, Ana, Manoel e Renato.

A atividade iniciou com a apresentação do documentário relacionado à experiência de Galvani com rãs dissecadas. A partir do trecho em que o documentário apresenta a rã sem cabeça, apenas com os membros inferiores e a coluna. E do momento em que perna da rã movimenta-se, após o animal ser conectado a um gerador eletrostático, o pesquisador começa a discussão com a seguinte pergunta:

Pesquisador: “O sapo está vivo ou morto?”

Manoel: “O sapo está morto, mas as células dele estão vivas, porque dá pra ver que ele não está em nenhum processo de putrefação, com certeza ele pegou uma rã tirou a cabeça e só. Mas, mesmo assim, as células não entraram em processo de decomposição”.

Pesquisador: “O que produz movimento no nosso corpo?”

Lincoln: “Os estímulos nervosos”.

Pesquisador: “E como esses estímulos nervosos acontecem?”; “Eles são produzidos por quem?”

Lincoln: “Pelo cérebro”.

Pesquisador: “E como esses impulsos nervosos chegam até os membros?”

Lincoln: “Através dos nervos”.

Pesquisador: “E o que eles carregam nos nervos?”

Ana: “Informações, vindas do cérebro”.

Pesquisador: “Então, como essa rã está movimentando as pernas?”

Ana: “Pelos estímulos do aparelho elétrico (gerador eletrostático)”.

Pesquisador: “Então, é como se o aparelho elétrico funcionasse como o cérebro dela?”; “Por que vocês me disseram que é a partir do cérebro que ela manda esses impulsos nervosos?”.

Os estudantes não apresentaram hipóteses para esse questionamento, levando o pesquisador a apresentar novos trechos do documentário com o intuito de esclarecer dúvidas sobre os procedimentos realizados por Galvani. Os trechos em questão relacionam-se à utilização de fios metálicos no corpo da rã. Durante a cena, Lincoln faz a seguinte pergunta:

Lincoln: “São os mesmos fios?”

O pesquisador, então, retorna ao trecho do vídeo apontado por Lincoln. Em seguida, é feita a seguinte afirmação pelo estudante:

Lincoln: “Isso funcionaria tipo um circuito”.

Pesquisador: “Então, tu estás dizendo que tanto a rã, quanto os fio formam um circuito. Mas, se forma um circuito, então, tá passando eletricidade. Quem está produzindo eletricidade? Quando acontece o movimento da perna da rã?”

Lincoln: “Quando ele coloca o fio em contato”.

Pesquisador: “Então, a partir do contato do fio com o corpo acontece a produção de movimento?”

Lincoln: “Isso!”

Manoel: “Esses fios não estão em contato com nenhuma fonte?”

Manoel: “Ele só pegou os fios e conectou?”

O pesquisador, nesse momento, retorna ao trecho do vídeo.

Jorge: “O fato de ele estar segurando (ele aponta para o trecho do vídeo exibido no quadro) na extremidade que está amarrada no fio, essa parte que está na mão esquerda dele e na mão direita quando ele vai encostar, não estaria transferindo do corpo dele para esse fio para ele dar estímulo na rã?”

Pesquisador: “Mas será que esse estímulo é suficiente para produzir esse movimento?”

Jorge: “As células da rã ainda não estão totalmente mortas quando ele vai encostar a extremidade do fio de cobre, ele vai encostar em algum nervo dela (rã), estimulando o mesmo nervo que vem do cérebro e que recebe os impulsos nervosos que vai fazer

com que ela (rã) obtenha o mesmo movimento que ela recebe como mensagem do cérebro, recebendo agora pelo fio de cobre”.

Renato: “Pode ser a sensibilidade, porque tem partes do nosso corpo mais sensíveis ao toque, por exemplo, no cotovelo. Você pode apertar que não tem, mas pega um martelo e bate no teu joelho que vai ter a reação, se colocar numa parte mais sensível (falando do contato dos fios com o corpo da rã) a carga pode não ser „alta“, mas em compensação [pode ser colocado] na parte mais sensível”.

Pesquisador: “Mas quais os materiais que ele utilizou para trabalhar com a rã?”.

Jorge: “O fio de cobre”.

Pesquisador: “E por que será que ele utilizou o fio de cobre?”

Jorge: “Por ele ter a capacidade de conduzir eletricidade...”

Manoel: “Deixa eu falar a minha conclusão, a rã teoricamente não pode produzir [eletricidade]. Na minha noção de vida, algo morto não produz eletricidade dessa forma. Mas, nesse caso específico, a eletricidade está armazenada em energia química e quando ela (rã) é tocada por esse fio, é transformada em energia elétrica, gerando uma corrente elétrica e gerando esse impulso. É essa minha conclusão, por que de onde vem à energia?”

Pesquisador: “De onde vem à energia do poraquê?”

Manoel: “Eu acredito que seja das células”.

Pesquisador: Então, qualquer ser vivo poderia?

Manoel: “Não, depende. Porque são células especializadas que têm a capacidade de converter energia química em energia elétrica”.

Ana: “No caso das águas-vivas, não sei se é o mesmo efeito ou como é que é em outro tipo de animal. Mas elas também produzem um certo tipo de choque quando elas são tocadas e eu cheguei a ver uma água-viva morta na areia e, se tocasse nela, pegaria choque e eu não sei se estaria associado ao mesmo caso”.

Manoel: “A não ser também que essas células possam ser especializadas em armazenar energia, porque existem dispositivos que conseguem armazenar cargas elétricas”.

Pesquisador: “Que dispositivos são esses?”

Manoel: “O capacitor”.

Pesquisador: “Então, tanto o peixe (poraquê) quanto a rã funcionariam como um capacitor? Porque volta a questão que a gente começou na nossa primeira discussão, (atividade 1) vocês falaram que tem a energia elétrica, que pode ser transformada em

energia do movimento e está relacionada ao ventilador, então, eu não poderia relacionar a mesma coisa com a rã, de alguma forma ela produz uma quantidade de eletricidade ou impulso nervoso e ela consegue liberar essa quantidade de energia, a partir do circuito elétrico que o colega falou anteriormente”.

Manoel: “É poderia também, mas teria que ter uma fonte de onde vem essa energia porque o elétron sair de uma posição para outra, ele tem que ganhar certa energia, por exemplo, lá no gerador tem dois tipos de energia, no caso do ventilador [quando] gira a palheta (faz o movimento com as mãos) é conversão de energia, converte parte da energia elétrica em mecânica. Nesse caso eu só vejo um tipo de energia química: a rã se alimentou, guardou uma certa quantidade de energia”.

Pesquisador: “Mas como assim energia química?”

Manoel: “Reações químicas”.

Pesquisador: “A gente conhece algum processo químico que libere energia?”

Ana: “O sal de cozinha quando diluído em água conduz”.

Pesquisador: “Então, seria a solução do corpo da rã?”

Manoel: “Eu não vou chegar à conclusão de que ela produz energia. Eu não consigo chegar a essa conclusão. Eu acredito que a energia está armazenada de alguma forma e não sei como é essa forma. Quando é conectada, essa energia é transformada em movimento”.

Pesquisador: “Mas, se a energia é armazenada, ela foi produzida por alguma coisa, quem produzia a energia que está acumulada na rã?”

Jorge: “Porque, lá no início (apresentação do trecho do documentário), mostra que ele utilizou o fio ligado no gerador e aplicou um movimento para poder gerar energia e poder estimular o sapo, a não ser que ele tenha usando o mesmo fio desconectando do gerador, mesmo assim esse fio ainda estava carregado e ele utilizou na rã morta”.

Novamente, os estudantes pedem para rever o trecho do vídeo.

Lincoln: “No caso do nosso corpo, quem é que produz esses estímulos nervosos não é o cérebro? No caso, esse fio seria um mero condutor por que estimula alguns órgãos dela”.

Pesquisador: “No primeiro momento, a gente percebeu que ele (a rã conectada ao gerador) conseguia produzir os estímulos a partir do gerador conectado à rã. Aí, em seguida, ele removeu. Já não tinha o cérebro, a parte da cabeça. E agora quem produz os estímulos nervosos?”

Lincoln: “No caso, ele usa duas pontas do fio. Aí ele pegou os fios, colocou uma em cima e a outra em contato”.

Manoel: “Vamos aceitar que a rã produz essa energia elétrica. Como ela faria isso se ela está teoricamente morta?”

Pesquisador: “Se ela produz, como ela produz?”

Os estudantes apresentaram seus questionamentos sobre a produção de eletricidade pela rã. Os diálogos foram desenvolvidos a partir dos padrões de interações I-R-P-R-P. O tipo de abordagem observada no contexto da atividade foi a interativa/dialógica, na qual os diálogos possibilitaram a exploração de diferentes pontos de vista pelos estudantes e professor. O docente apresentou argumentos que tinham a intenção de encorajar os estudantes a construir argumentos e reflexões sobre a situação que relacionava a produção de eletricidade pela rã. Abaixo, o quadro com os 5 aspectos da interação entre os sujeitos.

Quadro 8 Questionamentos sobre a produção de eletricidade pela rã.

Intenção do Professor	<ul style="list-style-type: none"> • Explorar as ideias dos estudantes para a relação entre o peixe poraquê e a rã de Galvani • Desenvolver a estória da ciência: a produção de eletricidade por uma rã.
Conteúdo	<ul style="list-style-type: none"> • Discutir as ideias da eletricidade animal e o desenvolvimento da pilha elétrica.
Abordagem	<ul style="list-style-type: none"> • Interativa/dialógica.
Padrões de interação	<ul style="list-style-type: none"> • I-R-P-R-P
Formas de intervenção	<ul style="list-style-type: none"> • Explorar as ideias dos estudantes e trabalhar os significados no desenvolvimento da estória científica.

FONTE: Autoria própria

Os questionamentos levantados pelo pesquisador tiveram como objetivo encorajar os estudantes a construir hipóteses sobre as questões levantadas inicialmente. A seguir, aponta-se as respostas construídas pelos estudantes e as escolhidas para a análise, partindo da seguinte pergunta: **O que faz os membros inferiores da rã se movimentarem?** Em meio às interações na sala de aula, foram formulados outros questionamentos, como: **A rã produz eletricidade? E como ela produz?** Tais questionamentos fizeram parte das discussões durante a atividade e tiveram papel importante no levantamento de hipótese sobre os fenômenos observados no vídeo.

Neste momento da atividade, houve uma relação com a imagem do peixe poraquê e a experiência realizada por Galvani. Considera-se no contexto da discussão,

assim como Luigi Galvani, que a rã de alguma forma produzia eletricidade, para tanto, utiliza-se alguns trechos do documentário já mencionado anteriormente.

Quadro 9 Diálogos, interações e novos questionamentos.

Pergunta	Resposta
A rã produz eletricidade?/Como ela produz?	Manoel: A energia está armazenada e quando ele toca o fio de cobre é transformada em energia elétrica, passando pelo nervo e fazendo a perna contrair.
A rã produz eletricidade?/Como ela produz?	Jorge: O animal pode produzir energia, ou pequenos impulsos nervosos. No caso da rã, foram cortada partes de seus órgãos e membros, mas possui fios interligados em seu corpo, com a extremidade de um desses fios tocado em uma parte da rã, que pode ser o nervo responsável por transmitir seus movimentos. Com isso, o fio substitui o cérebro, pois o mesmo, de alguma forma, possui alguma carga armazenada.
A rã produz eletricidade?/Como ela produz?	Ana: Posso estar equivocada, no entanto, para justificar como isso é possível, alego que isso é devido a um estímulo dos materiais condutores (metais) no corpo, que apresenta uma energia química armazenada pelos compostos orgânicos do animal, ocorrendo um movimento no animal ao haver a transferência de cargas para um corpo neutro.
A rã produz eletricidade?/Como ela produz?	Lincoln: A rã possui o estímulo nervoso no cérebro mesmo depois de morto, necessitando que haja uma ligação entre o cérebro e seu nervo para que esse estímulo chegue até seus membros.

Fonte: Autoria própria

Este quadro traz as respostas dos estudantes sobre os questionamentos levantados a partir da visualização dos trechos do documentário. Escolhe-se os sujeitos Ana, Jorge, Lincoln e Manoel, pois se compreende que eles tiveram grande participação durante as discussões. Inicia-se afirmando que todos admitiram ser possível a rã produzir eletricidade em suas respostas. Entretanto, cada um traz

particularidades interessantes a serem observadas em seus escritos, mediante os argumentos levantados durante as discussões. Nesse encontro, o estudante Antônio não compareceu.

Os sujeitos Jorge e Ana consideram possível a rã armazenar eletricidade e esta ser a responsável pelo movimento da perna da rã. Neste sentido, os significados sobre a natureza dos fenômenos observados na rã, desenvolvem sentidos nesses estudantes muito próximos dos defendidos por Galvani em suas experiências. Jorge, em sua resposta, relaciona a produção de energia de animais (nesse caso ele provavelmente fez relação com o peixe poraquê) aos fenômenos observados na experiência com a rã.

Pode-se compreender que ao utilizar a frase **“os fios substituem o cérebro”**, Jorge sugere a produção dos impulsos nervosos pelo cérebro ao mesmo tempo em que esses fios podem armazenar carga elétrica, como é percebido em **“pois o mesmo, de alguma forma, possui alguma carga armazenada”**. Considera-se que essas frases apresentam palavras que carregam sentidos e, por conseguinte, estas sugerem que os fios acumulam carga elétrica, sendo ela liberada no momento do contato do fio com o corpo da rã.

Ana, mesmo considerando que a rã produz eletricidade, não relaciona explicitamente a produção de energia elétrica à rã. Ao utilizar a frase **“alego que isso é devido a um estímulo dos materiais condutores (metais) no corpo, que apresenta uma energia química armazenada”**, ela relaciona a produção de eletricidade à utilização dos materiais metálicos e ao corpo da rã. Neste caso, pode-se afirmar que a frase construída foi a que mais se aproximou do discurso de confronto feito por Alessandro Volta, ao experimento de Galvani. É importante ressaltar que até este momento da atividade, Alessandro Volta não havia sido mencionado ou suas explicações para o fenômeno observado na rã.

Já Manoel apresenta argumentos sugerindo que a rã acumula energia elétrica em seu corpo e que, ao manter o contato dos fios, há um estímulo nos nervos, produzindo, assim, a contração dos membros inferiores da rã. Desta forma, os sentidos apresentados pelo estudante na construção de sua hipótese, levam-no a duas possíveis direções: compreender que a rã pode produzir energia ou que apenas acumula em seu corpo, liberando essa energia na forma de movimento e através dos fios de cobre.

Lincoln discorreu sobre a produção de estímulos nervosos através do cérebro. Para ele, os estímulos permanecem mesmo depois da rã morta, sendo possível a

visualização desses estímulos durante o contato com os fios. As frases **“A rã possui o estímulo nervoso no cérebro mesmo depois de morto”** **“necessitando que haja uma ligação entre o cérebro e seu nervo”** permitem observar o estabelecimento de sentidos no que tange à importância do cérebro para a produção de estímulos nervosos pelos animais.

O pesquisador, durante a atividade, envolveu os estudantes na discussão sobre a relação entre produção de movimentos do corpo e o movimento dos membros inferiores da rã. Ao final do diálogo, os estudantes reconheceram que o aparelho eletrostático é o responsável pelos estímulos na rã. Verifica-se que nos trechos retirados dos diálogos desenvolvidos em sala de aula, o surgimento dessa conclusão pode ser analisado a partir dos aspectos apresentados no capítulo anterior.

Nos diálogos acima, o pesquisador envolveu os estudantes na discussão sobre a relação entre a produção de movimentos nos membros inferiores da rã e a produção de eletricidade pelo animal. Os alunos utilizaram palavras nas quais os sentidos estão relacionados ao conceito de eletricidade, como: corrente, circuito, condução de energia, energia química e energia elétrica. Tais palavras carregam os sentidos apresentados pelos estudantes, sendo estes sentidos externados após a observação do vídeo. As respostas apresentam proximidade à explicação de Galvani.

Além disso, percebeu-se que os estudantes não afirmavam categoricamente que a rã produzia eletricidade, ao invés de uma resposta categórica, os discentes traziam, em seus discursos, a “possibilidade” de que o animal pudesse produzir, pois, de alguma forma, ele conseguia armazenar energia – o que Ana chamou de energia química.

Somente após as análises notou-se que os discentes consideraram a produção de energia elétrica pela rã. Percebeu-se também que a aproximação da explicação das experiências de Galvani com as hipóteses levantadas pelos estudantes foi influenciada diretamente pela visualização do vídeo e, principalmente, pela mediação desenvolvida pelo pesquisador.

Compreende-se o que esta influência criou possibilidades de argumentos pelos estudantes, devido a eles não conhecerem o contexto histórico do desenvolvimento das ideias de Galvani e Volta. Neste sentido, os episódios da história da ciência descritos nesta pesquisa têm um papel importante para a compreensão desse contexto.

Ao final da aula, o pesquisador disponibilizou o artigo intitulado **“Alessandro Volta e a invenção da pilha: dificuldade de estabelecimento da identidade entre o galvanismo e a eletricidade”** (MARTINS, 1999). A leitura do artigo teve como objetivo apresentar aos estudantes novos argumentos para o contexto do questionamento apresentado no início da atividade. Foi pedido que eles lessem o texto e que no próximo encontro trouxessem novos argumentos escritos para a pergunta realizada em sala de aula, o que infelizmente não aconteceu, pois nenhum estudante trouxe suas produções textuais.

ATIVIDADE 4: CONSTRUINDO A IDEIA SOBRE ELETROMAGNETISMO.

Nesta atividade, o objetivo foi possibilitar o levantamento de hipóteses sobre as ideias que levaram o físico Hans Christian Oersted a desenvolver o **eletromagnetismo**. Para realizar esta atividade, optou-se pela apresentação de um aparato experimental que demonstrava os fenômenos observados na experiência de Oersted.

Ao mesmo tempo, duas perguntas foram realizadas com a intenção de nortear as discussões e as futuras hipóteses levantadas pelos estudantes. A primeira corresponde a “O que faz a agulha da bússola mexer?” e a segunda “Como é produzido o magnetismo no fio?”. Assim, esse contexto desenvolvido em sala de aula apresentou algumas hipóteses que serão mostradas nos diálogos abaixo. Tais diálogos possibilitaram a construção de hipóteses para os questionamentos levantados. Abaixo alguns desses diálogos.

Pesquisador: “Nós já falamos de eletricidade, magnetismo então: Qual a interação entre eles?”

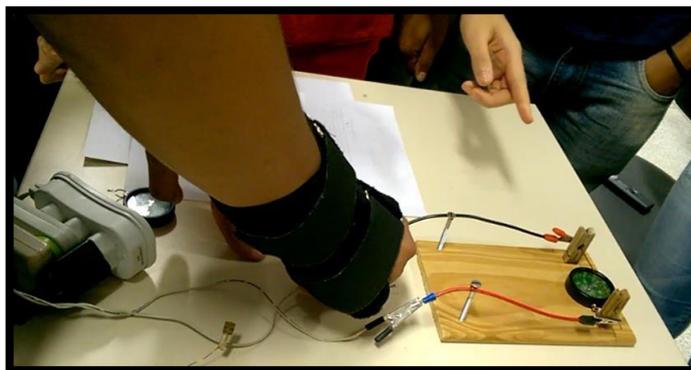
Ana: “Cargas elétricas em movimento gera campo magnético”.

Pesquisador: “Será que isso gera mesmo?”.

Neste momento, o pesquisador apresentou um dispositivo que exibia fenômenos observados por Oersted em 1820.

Pesquisador: “O que está acontecendo aqui?”.

Figura 39 Observação da corrente elétrica produzindo magnetismo.



FONTE: Fotografia captada pelo autor.

Ana: “Está desorientando a bússola”.

Pesquisador: “Como é o comportamento da bússola próxima do fio?”

Ana: “Ela fica desorientada”.

Pesquisador: “Quando a gente liga a fonte ao circuito, qual a intenção de movimento da bússola?”

Lincoln: “Tá indo para o Sul”.

Pesquisador: “E se eu trocar aqui?” (mudando de sentido a corrente)

Diante do último questionamento, o grupo de estudantes praticamente em sua totalidade disse que o direcionamento seria para o norte.

Durante esta atividade, as interações, diálogos e discussões não foram suficientes para analisar a atividade à luz da ferramenta analítica de Mortimer e Scott (2002). Devido a isso, a análise desta atividade estará ligada diretamente ao material escrito produzido pelos estudantes. Neste sentido, após a observação do experimento, o pesquisador pediu que os estudantes respondessem os questionamentos anteriormente feitos. Os sujeitos escolhidos para as análises foram apenas Antônio, Jorge, Lincoln e Ana, haja vista que apresentaram hipóteses de forma escrita, como sugerida pelo pesquisador durante a realização da atividade. O sujeito Manoel não apresentou material escrito.

Quadro 10 Corrente elétrica produzindo magnetismo

PERGUNTAS	HIPÓTESE – ANA
O QUE FAZ A AGULHA DA BÚSSOLA MEXER?	Ela se mexe devido ao campo gerado pela corrente elétrica.
COMO É PRODUZIDO O MAGNETISMO NO FIO?	Pelas cargas em movimento no fio de cobre.

PERGUNTAS	HIPÓTESE – LINCOLN
O QUE FAZ A AGULHA DA BÚSSOLA MEXER?	O campo magnético gerado pela corrente elétrica.
COMO É PRODUZIDO O MAGNETISMO NO FIO?	É produzido pela movimentação de cargas elétricas no fio.
PERGUNTAS	HIPÓTESES – ANTÔNIO
O QUE FAZ A AGULHA DA BÚSSOLA MEXER?	O campo magnético gerado pelo fio de cobre eletrizado.
COMO É PRODUZIDO O MAGNETISMO NO FIO?	Através da eletricidade, que gera conflito entre as cargas.
PERGUNTAS	HIPÓTESES – JORGE
O QUE FAZ A AGULHA DA BÚSSOLA MEXER?	O campo magnético gerado em torno do fio de cobre.
COMO É PRODUZIDO O MAGNETISMO NO FIO?	Através de uma fonte de energia ligada a um circuito, pode-se produzir magnetismo, aproximando a bússola percebe-se a sua perturbação.

Fonte: Autoria própria

O quadro acima traz as hipóteses dos estudantes sobre as perguntas feitas pelo professor. Analisando os estudantes Ana, Antônio, Jorge e Lincoln, percebeu-se que eles carregam em suas respostas, sentidos muito próximos aos significados defendidos pela comunidade científica ou encontrados em livros didáticos.

Aponta-se, nessa ocasião, para a resposta de Antônio à segunda pergunta, pois nela o estudante utiliza a palavra “conflito”, o que a torna interessante, já que está mesma palavra foi utilizada pelo físico Hans Christian Oersted para explicar o fenômeno observado em seu experimento. Entretanto, o físico utilizava o termo conflito elétrico para elucidar sobre as mudanças ocorridas no aparelho, em outras palavras, ele atribuía aos “conflitos elétricos” a responsabilidade pela perturbação sofrida pela agulha da bússola.

Relaciona-se o sentido da palavra empregado para explicar os fenômenos observados pelo estudante aos significados utilizados por Oersted em 1820. Neste sentido, essa relação possibilita compreender que o discurso de Antônio está em um contexto de sentidos concebidos nas primeiras tentativas de se explicar os fenômenos eletromagnéticos.

Ana, Lincoln e Jorge utilizaram argumentos relacionados aos conhecimentos científicos para explicar os fenômenos observados no experimento. Durante o desenvolvimento do experimento, Ana – em sua hipótese nos diálogos apresentados acima – dá indícios de conhecer a relação entre eletricidade e magnetismo, ou seja, o eletromagnetismo. Isso fica evidente ao apresentar sua hipótese sobre o questionamento realizado, quando ela elaborou a frase “**pelas cargas em movimento no fio de cobre**”. Na primeira pergunta ela conseguiu estabelecer argumentos para explicar a situação levantada pela pergunta.

Lincoln, por sua vez, apresentou hipóteses para o primeiro questionamento muito próximas daquelas levantadas por Ana. A partir da frase “**O campo magnético gerado pela corrente elétrica**”, constata-se que essas palavras carregam sentidos que correspondem os significados estabelecidos para responder o questionamento relacionado ao experimento de Oersted. Para a segunda pergunta, Lincoln trouxe argumentos importantes para explicar a produção de magnetismo pela corrente, principalmente, quando formulou a frase “**é produzido pela movimentação de cargas elétricas no fio**”. Esses argumentos compreendem o contexto de explicação para os fenômenos do eletromagnetismo.

Por fim, Jorge, na primeira pergunta, apresentou uma hipótese semelhante àquelas construídas por Lincoln, Ana e Antônio, pois ele considera o campo magnético produzido pelo fio como responsável pela perturbação na bússola. Já na segunda resposta, ele apresentou uma hipótese que explica o funcionamento do experimento, nela o estudante relacionou a produção de magnetismo a partir da energia elétrica. Desta forma, notou-se que Jorge apontou para argumentos que fazem parte do contexto de explicação do experimento apresentado.

Assim, considera-se que os discentes construíram sentidos muito próximos dos significados utilizados para descrever os fenômenos observados no experimento de Oersted. Os estudantes estabeleceram hipóteses importantes para a compreensão dos fenômenos apresentados no experimento e para as perguntas apresentadas inicialmente. Neste contexto, as hipóteses construídas determinaram sentidos que, mediante futuras interações e mediações, produzirão significados sobre o eletromagnetismo.

ATIVIDADE 8: A INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA ENTRE CORRENTES.

Esta atividade teve a intenção de apresentar o contexto histórico que possibilitou a primeira observação da indução eletromagnética. Entretanto, a indução descoberta foi a que relacionava corrente elétrica. Ao mesmo tempo, foi apresentada uma réplica do experimento “Anel de Faraday” desenvolvido por Michael Faraday em 1831.

Partiu-se do experimento “Anel de Faraday” e das seguintes perguntas “**O que faz a agulha do detector se movimentar?**” e “**Como é produzido o campo magnético no experimento?**”. As hipóteses foram sendo desenvolvidas durante a realização do experimento, mesmo os estudantes não o conhecendo previamente.

Para a análise desta atividade, foram utilizadas as discussões que surgiram durante a realização da atividade. As hipóteses levantadas pelos estudantes compreendem as duas perguntas feitas anteriormente. Abaixo, apresentam-se os diálogos que ocorreram durante a realização da atividade.

Pesquisador: “O que aconteceu?” (durante a observação do experimento).

Figura 40 Estudantes observando a indução entre correntes



FONTE: Fotografia captada pelo autor.

Pesquisador: “Existem dois circuitos que não estão ligados diretamente”.

Pesquisador: “Com é que essa energia chega do outro lado (apontando para o dispositivo utilizado como detector), sabendo que não existe uma ligação direta entre os dois circuitos?”.

Lincoln: “A bobina vai criar um campo”.

Pesquisador: “Qual a função do anel?”

Manoel: “Vem uma corrente elétrica, daí passa pela bobina, que gera um campo elétrico e esse campo pode induzir uma nova carga e gerar, nessa outra bobina, que vai passar ali (detector) e vai gerar outro campo magnético e vai pressionar a bússola”.

Figura 41 Manoel apresentando sua hipótese sobre o fenômeno observado.



FONTE: Fotografia captada pelo autor.

Pesquisador: “Será se mudar o sentido da corrente vai mudar o sentido do movimento da agulha?”

Lincoln: “Muda”.

Pesquisador: “O comentário do colega está correto (referindo-se ao comentário do Manoel), mas a única coisa que eu acho que ele se confundiu foi a palavra campo elétrico porque, na verdade, é campo magnético”.

Os sujeitos Ana, Jorge, Lincoln e Antônio não apresentaram argumentos sobre o experimento. Apenas Manoel apresentou uma hipótese sobre as observações realizadas do experimento do “Anel de Faraday”. Devido a isso, analisou-se apenas a fala do Manoel.

Neste trecho, Manoel construiu sentidos muito próximos dos significados utilizados para explicar os fenômenos observados no experimento. Dessa forma, pode-se admitir que ao usar as palavras; “corrente elétrica, bobina e induzir” para construir sua resposta, ele atribuiu sentidos que correspondem à explicação do fenômeno observado.

Entendeu-se, nesta atividade, que o estudante conseguiu construir uma hipótese compatível com os significados presentes no entendimento sobre o experimento “Anel de Faraday”. Entretanto, os demais estudantes não conseguiram

construir hipóteses sobre o experimento, apesar disto, consideraram relevante a hipótese apresentada pelo colega. Ao final das atividades, observou-se que são necessários outros momentos pontuais para resgatar situações e discussões que poderão levar a construir significados sobre a relação entre eletricidade e magnetismo a fim de desenvolver ideias sobre o eletromagnetismo.

Durante as outras atividades que fizeram parte da sequência de ensino investigativo, os estudantes conseguiram construir sentidos relacionados às atividades, discussões e diálogos em sala de aula. Entretanto, não foi possível projetar, nesses sentidos, um processo de significação a posteriori que configurassem na reorganização da aprendizagem dos estudantes.

5.1 – DISCUSSÃO DO MOVIMENTO DE APRENDIZAGEM DE ANA E MANOEL.

Nesta seção, expõe-se discussões a respeito do movimento de aprendizagem de dois sujeitos da pesquisa. A escolha de Ana e Manoel foi devido à proximidade de seus argumentos com o objetivo da pesquisa. Considera-se que a construção do conhecimento científico se dá em duas esferas: social e a individual. Neste caso, as atividades desenvolvidas ao longo dos encontros foram construídas e organizadas para considerar essas duas esferas.

Compreende-se que o sujeito desenvolve-se a partir das relações sociais e que a sala de aula contempla as duas esferas mencionadas. Primeiramente, apresentar-se-á o movimento realizado por Ana, que durante as atividades manteve-se sempre disposta a trazer argumentos novos para as discussões. Ao mesmo tempo, ela se utilizou de sentidos que podem ser considerados como muito próximos aos utilizados em sala de aula ou sugeridos nos livros didáticos.

O movimento que ela realiza, assinala para uma compreensão sobre a relação entre eletricidade e magnetismo, associação cara ao entendimento acerca do desenvolvimento do eletromagnetismo. Em seus argumentos, observou-se que ela elaborou significados ao final das atividades e durante as interações que sustentam essa compreensão. Esses significados foram produzidos por ela no contexto social de sala de aula e revelam a importância desse contexto para a construção de significados.

Manoel, por sua vez, mostrou-se sempre muito atento e aberto às discussões que surgiram durante as atividades. Ao mesmo tempo, em alguns episódios, o estudante mostrou-se surpreso e não convencido de suas observações, como na atividade que apresentou a discussão sobre a produção de eletricidade pela rã.

Ele formulou argumentos que sugerem a compreensão da relação entre eletricidade e magnetismo. Da mesma forma, o movimento que possibilitou essa compreensão é estabelecido à medida que os diálogos e interações acontecem no espaço de sala de aula. O estudante revelou-se surpreso com o tipo de abordagem apresentada pelo pesquisador, pois o fato de utilizar perguntas abertas e relacioná-las ao experimento ainda não tinha sido mostrado a ele.

Notou-se que a sequência desenvolvida com a turma ofereceu uma nova possibilidade de trabalhar com atividades experimentais em sala de aula. Pode-se afirmar isso a partir da preferência de Manoel pelo mesmo tipo de abordagem, mesmo que a princípio não tenha utilizado nenhum referencial para embasar sua prática. O estudante, ao final da mesma disciplina utilizada para desenvolver o produto, apresentou um experimento relacionado ao conceito de empuxo.

Em sua fala, durante a apresentação do experimento, ele deixou claro que tinha utilizado a abordagem investigativa ou começado a experimentação com uma pergunta, semelhante às aquelas que o professor tinha apresentado nos primeiros encontros da disciplina. O gesto de Manoel revela a potencialidade de utilizar ou de apresentar a sequência de ensino investigativo com uma possibilidade de intervenção didática em sala de aula.

Assim, compreende-se que além de construir significados da relação entre eletricidade e magnetismo a fim de possibilitar o entendimento sobre o eletromagnetismo, Manoel ressignificou sua compreensão sobre a experimentação em sala de aula, ao apresentar o “embrião” do que, para ele, seria uma atividade investigativa.

CAPÍTULO – 6 Discussão e reflexão sobre o contexto da pesquisa

As estratégias pedagógicas que são utilizadas em sala de aula não apenas têm a intenção de apresentar a importância dos conteúdos científicos desenvolvidos, mas também são desenvolvidas para que os estudantes percebam a necessidade de relacionar esses conteúdos com seu cotidiano. Essas estratégias são mediadas pelas técnicas e metodologias que os professores usam em suas salas de aula.

Planejar uma aula requer colocar o estudante em situações diferenciadas, possibilitando-o interagir durante todo o processo de ensino-aprendizado desenvolvido em sala. Apresentar situações diferenciadas neste processo favorece ao estudante tomar consciência de sua aprendizagem, tornando-o sujeito responsável pela condução do conteúdo aprendido.

Entretanto, é necessário perceber que não existe a estratégia ou metodologia correta, mas a estratégia que melhor se adequa ao contexto de ensino-aprendizado dos estudantes. No momento em que o professor possibilita ao estudante compreender o dinamismo e a transitoriedade do conhecimento científico – diferentemente do que é apresentado para os estudantes pelo cenário educacional atual, onde o conhecimento configura-se como algo pronto e acabado –, ele apresenta uma perspectiva que reformula os papéis em sala de aula, repassando a autoria do processo de ensino-aprendizagem para o estudante e atuando como mediador entre os conhecimentos e os estudantes.

Observa-se nas escolas o aprendizado dos estudantes como uma reprodução e memorização do conteúdo desenvolvido pelo professor. Tais situações desencadeiam nos estudantes a desmotivação e o desinteresse para aprender conteúdos apresentados em sala de aula. Para Tacca, “[...] a aprendizagem no cenário escolar está orientada mais pela transmissão de conhecimentos verdadeiros, do que pela discussão e reflexão dos conteúdos apresentados [...]” (2014, p.30-31). Essa situação apresenta aos estudantes um mundo feito e linear, entretanto, é necessário orientá-los no sentido de promover a construção do conhecimento de forma reflexiva e crítica.

Apresentar esta visão de mundo aos estudantes favorece a construção de sentidos e significados do conhecimento científico, desarticulando do processo de construção deste conhecimento. Essa construção revela o conhecimento como uma

reprodução de saberes que são apresentados em sala de aula. Pensar em um contexto diferente, passa pela associação da construção do conhecimento pelo homem.

Repensar como apresentar a visão de uma ciência, como construção do homem, passa pela intervenção e mediação direta do professor em sala de aula. Neste sentido, é pertinente apresentar a ciência como algo que se construiu através de questionamentos, observações, levantamento de hipóteses e etc. A dificuldade de se olhar a ciência dessa forma foi percebida durante a realização das atividades, pois foi comum tipos de indagações feitas pelos estudantes, como: “o senhor pergunta muito!” “O senhor não vai dizer as respostas corretas?”. Com perguntas como essas, notou-se que a forma como os conteúdos científicos são desenvolvidos ainda estão dentro da perspectiva de transmissão pelo professor e assimilação por parte dos estudantes.

À medida que o conhecimento científico é apresentado como uma construção humana, há o favorecimento da compreensão dos sentidos e significados, os quais possibilitaram o desenvolvimento deste conhecimento. Assim, sabendo que há transitoriedade dos sentidos e significados durante o processo de construção do conhecimento científico, pode-se perceber, por exemplo, como a relação estabelecida entre eletricidade e magnetismo possibilitou o desenvolvimento do eletromagnetismo.

Para que o entendimento sobre a transitoriedade e o dinamismo que orientam os sentidos e significados, é importante que os estudantes entrem em contato com episódios da história da ciência, pois compreenderão o processo de construção do conhecimento científico. Utilizar episódios da história da ciência proporciona a reflexão dos sujeitos envolvidos na aprendizagem, apresentando aos estudantes o contexto social, epistemológico e metodológico do desenvolvimento da ciência.

Compreende-se que na perspectiva de modificar ou intervir no “como” os estudantes constroem significados em sala de aula, é pertinente resgatar esses episódios da ciência, porque à medida que os contextos em que são desenvolvidos os conhecimentos científicos modificam-se, os significados relacionados a eles também se alteram. Portanto, deve-se dar prioridade em revelar os caminhos que o ser humano percorreu para construir esse conhecimento e reunir argumentos e hipóteses importantes para a compreensão dos estudantes dos fenômenos da natureza explicados pela ciência.

Entretanto, é essencial ressaltar que apresentar os caminhos percorridos pelos cientistas durante a atividade científica apenas a partir de relatos de biografias ou datas a serem lembradas, não apresenta um dos enfoques principais da história da ciência. A

história deve proporcionar espaços relevantes de discussão e reflexão sobre o conhecimento científico construído.

Refletir e discutir são ferramentas fundamentais no processo de ensino-aprendizagem, pois tornam os sujeitos envolvidos neste processo conscientes das atitudes e procedimentos utilizados durante o desenvolvimento das atividades em sala de aula. Pode-se observar o movimento de reflexão e discussão durante as atividades, permitindo desenvolver um espaço de intensos diálogos e interações entre os estudantes e estudantes/professor. O diálogo entre esses sujeitos teve papel importante no transcorrer das atividades e na construção de sentidos e significados, pois foi através destes diálogos que esta construção foi desenvolvida e ressignificada.

A possibilidade do diálogo nas atividades teve a intenção de “dar voz” aos estudantes em sala de aula, situação que acompanham as abordagens sobre a investigação no ensino de ciências defendidas por Gil Perez (1996), Carvalho (2000) e Parente (2012). Quando é permitido que o sujeito se expresse, observa-se que a fala dele é carregada de sentidos que dependerão do contexto vivenciado por ele. O caminho que o estudante em sala de aula fez/fará para construir sentidos que possam chegar a serem significados, passam pelo processo de mediação entre professor e ele.

Essas abordagens apresentam situações de como a investigação no ensino de ciências possibilita a reflexão e a discussão em sala de aula. Na situação defendida por Parente (2012) “[...] este processo pode ser caracterizado por um esquema definido por PERGUNTAS, PLANEJAMENTO, REALIZAÇÃO E RESPOSTAS [...]” (2012, p.22). Tal esquema proporciona aos estudantes participarem mais ativamente do processo de ensino-aprendizado, valorizando a postura e o papel do estudante diante do desenvolvimento deste esquema.

Em cada etapa do esquema apresentado acima, cria-se possibilidade de dar ao estudante condições de participar ativamente da construção de conhecimento em sala de aula. As atividades que compõem a sequência foram sendo desenvolvidas a partir de características defendidas pelos autores mencionados acima. Sendo assim, a sequência traz elementos definidores de cada abordagem e permite ao estudante ter acesso a diferentes contextos de sua aprendizagem.

A pergunta, um dos elementos trazidos por Parente (2012) e que se faz presente no trabalho dos demais autores, foi desenvolvida ao longo das atividades da sequência. Foi possível notar que durante a apresentação das perguntas, sejam elas dando início à atividade ou fazendo parte do processo de mediação entre professor e

estudantes, os alunos não se sentiram confortáveis. Provavelmente, essa atitude retraída sobre as perguntas deve ter relação com a maneira que os conteúdos de ciências (no caso a Física) são apresentados aos estudantes, com a postura do professor de transmissor, com o papel de receptor do conhecimento do estudante e etc.

Geralmente em algumas pesquisas, como as desenvolvidas por (BONADIMAN; NONENMACHER, 2007) e (FOUREZ, 2003) são apresentados argumentos que reforçam essas relações apresentadas acima. O contexto revela a necessidade de atividades que modifiquem essa realidade. Neste sentido, a sequência de ensino investigativo desenvolvida nesta pesquisa, teve a intenção de atuar como uma possibilidade de intervenção didática em sala de aula, buscando utilizar, neste âmbito, o diálogo, o levantamento de hipóteses e discussões. Essa conjuntura favorece a formação de um estudante mais autônomo, crítico e participativo no processo de ensino-aprendizagem.

Ao mesmo tempo, a preocupação estabelecida sobre o processo de ensino-aprendizado dos estudantes reflete-se na formação dos professores. Eles, geralmente, não entram em contato com, por exemplo, os referenciais teóricos e metodológicos desenvolvidos nesta pesquisa em sua formação inicial. Desta forma, é necessária a inclusão dos referenciais com a intenção de promover possibilidades nas práticas dos professores, sejam eles em formação inicial ou na formação continuada.

Assim, tal sequência oferece uma possibilidade aos professores da educação básica, pois exhibe uma estratégia pedagógica diferenciada. Entretanto, não é de interesse desta pesquisa apresentar a sequência como uma “receita de bolo” ou um material pronto que precisa apenas de aplicação, mas como um processo que possibilite a ressignificação da prática do professor nas esferas metodológicas e teóricas.

Considerações Finais

O presente trabalho tem como produto uma sequência de ensino investigativo que se propõe a investigar e construir sentidos e significados sobre a relação entre eletricidade e magnetismo que possibilitou o desenvolvimento do eletromagnetismo. A sequência foi desenvolvida em dois encontros, somando 9 atividades com estudantes de graduação em Física do campus universitário de Abaetetuba.

Notou-se a importância de revisitar o processo formativo dos professores após o desenvolvimento desta pesquisa, pois a construção da atividade de ensino demandou um período longo de aproximação com o referencial teórico desta pesquisa. Percebeu-se quanto o investimento de tempo nas leituras foi importante para estabelecer relações estreitas que ressignifiquem o processo formativo deste pesquisador.

A análise da sequência mostrou a importância de atividades semelhantes a esta. Ao mesmo tempo, acredita-se serem necessários outros encontros que possibilitem novas situações, com o intuito de estabelecer significados sobre outros assuntos, como o eletromagnetismo, que ainda estão em contextos de sentidos.

Compreende-se a importância das atividades da sequência e aponta-se a atividade 1 como um instrumento interessante de ensino e pesquisa, haja vista que oferece a oportunidade de valorizar as perguntas dos estudantes para os fenômenos, bem como conhecer para onde que eles recorrem no momento em que tentam responder as perguntas. Evidenciando, deste modo, não apenas que há o acesso pelo investigador dos interesses exibidos pelos estudantes, mas também pistas sobre o que eles utilizam para construir suas respostas.

Destá forma, acredita-se que a sequência de ensino investigativo mostra-se como uma possibilidade relevante para o ensino de Física. A pesquisa reforça a necessidade de situações que enfatizem aspectos, como: o diálogo, discussões, levantamento de hipóteses e as interações entre professor e estudante e estudante/estudante. Tais aspectos têm a potencialidade de revelar os sentidos que os estudantes carregam, pois “[...] o sujeito se produz como indivíduo na ação social e na interação [...]” (FERREIRA; COSTA, 2011, p. 215). A proposta da sequência resgata a importância das relações sociais e das interações durante o processo de construção do conhecimento, pois possibilita a discussão de hipóteses entre os estudantes.

O diálogo possibilitou, durante as atividades, o acesso aos sentidos construídos e discutidos pelos sujeitos da pesquisa porque foi possível, principalmente, investigar os sentidos ou os conhecimentos prévios dos estudantes por meio da atividade 1. Nesta, os estudantes apresentaram conhecimentos prévios que estabeleciam proximidade com as descrições e explicações previstas para cada imagem.

A investigação obteve êxito apesar da dificuldade observada pelos estudantes durante o contato com a imagem do peixe poraquê. Mas foi possível observar que esta dificuldade perdurou até a atividade que trazia o experimento de Galvani, pois a partir da elucidação do experimento, mediante as discussões presentes nesta atividade, eles construíram significados que explicaram a eletricidade do poraquê.

Os diálogos e as atividades da sequência levaram os estudantes a desenvolver novos sentidos, concretizando o objetivo da sequência, a qual foi construída a partir da ideia de que é na interação que os sujeitos se desenvolvem. Portanto, tal estratégia foi utilizada, primordialmente, para alcançar os sentidos e, advinha do pressuposto de que somente por meio dos diálogos com estudantes e entre eles, os sentidos seriam desvelados. É crucial evidenciar, neste momento, que os sentidos construídos pelos alunos da pesquisa compreendem a produção de magnetismo pela corrente elétrica, a bússola como objeto de orientação, as representações das linhas de campo e indução eletromagnética entre circuitos.

Um aspecto importante do trabalho em sala de aula e que teve papel importante na construção de sentidos foram as perguntas. Elas encorajaram os sujeitos a buscar soluções para o questionamento e, durante o movimento de construção de argumentos, eles tiveram a possibilidade de construir sentidos sobre o objeto envolvido, os quais poderiam vir a se tornar significados.

Os diálogos e interações foram conduzidos pelo professor/pesquisador. Nas atividades o pesquisador foi, paulatinamente, cumprindo o papel de mediador, isto é, lançava argumentos para constantemente produzir nos estudantes inquietações sobre o tema do trabalhado. A mediação ocorria com a intenção de estabelecer o diálogo e, com ele, a apresentação dos sentidos pelos estudantes.

Para assumir o papel de mediador da aprendizagem dos estudantes foi necessário passar por um processo formativo intenso. Foi indispensável, para o autor deste trabalho, reavaliar durante esse processo a sua postura enquanto docente, pois

ainda estava imerso em atitudes que o levavam a conceber uma aprendizagem menos dinâmica e reflexiva.

Neste movimento de redescoberta, foi possível perceber a importância dos diálogos e questionamentos em sala de aula e como a pergunta tem um papel relevante da construção de conhecimento.

Os resultados desta pesquisa não são definitivos, pois se acredita que situações como novos métodos de coleta, novas relações entre os episódios da história da ciência e reelaboração da sequência a partir de novos referenciais teóricos, podem ser discutidas e investigadas. Neste sentido, espera-se que este trabalho contribua para novas pesquisas sobre o ensino-aprendizado de conceitos científicos no âmbito da sala de aula.

Referências

- ARAÚJO, I. R. L.; VIEIRA, A. da S.; CAVALCANTE, M. A. da S. **Contribuições de Vygotsky e Bakhtin na Linguagem: Sentidos e Significados**. Debates em Educação, Maceió, vol. 1, nº 2 Jul/dez. 2009.
- ASSIS, A, K, T. **Os fundamentos Experimentais e Históricos da Eletricidade**. Apeiron Montreal, 2010.
- BALDINATO, J. O. **A Química segundo Michael Faraday um caso de divulgação científica no século XIX**. Dissertação de Mestrado, São Paulo, 2000.
- BARROS, J. P. P. **Constituição e “Sentidos” e “subjetividade”**: aproximação entre **Vygotsky e Bakhtin**. Estudos Contemporâneos de Subjetividade, vol. 1 n. 2, 2012.
- BARROS, J. P. P.; DE PAULA, L. R. C.; PASCUAL, J. G.; COLAÇO, V. de F. R.; XIMENES, V. M. **O conceito de “sentido” em Vygotsky: Considerações epistemológicas e suas implicações para a investigação psicológica**. Psicologia & Sociedade, 21 (2): 174-181, 2009.
- BATISTA, M. C.; FUSINATO, P. A.; BLINI, R. B. **Reflexões sobre a importância da experimentação no ensino de Física**. Acta Scientiarum. Human and Social Sciences, Maringá, v. 31, n. 1, p. 43-49, 2009.
- BELLUCCO, A.; CARVALHO, A. M. P. de.; **Uma proposta de Sequência de ensino investigativa sobre quantidade de movimento, sua conservação e as leis de Newton**. Cad. Bras. Ens. Fis., v. 31, n. 1, p. 30-59, abr. 2014.
- BONADIMAN, H.; NONENMACHER, S. E. B. **O gostar e o aprender no ensino de Física: uma proposta metodológica**. Cad. Bras. Ens. Fís., V. 24, n.2: p.194 – 223, ago.2007.
- BOSS, S. L. B.; CALUZI, J. J. **Os conceitos de eletricidade vítrea e resinosa segundo Du Fay**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 4, pp. 635-644, 2007.
- CACHAPUZ, A.; PRAIA, J.; JORGE, M. **Da Educação em Ciências às Orientações para o Ensino das Ciências: Um Repensar Epistemológico**. Ciência & Educação, v. 10, n.3, p. 363 – 381, 2004.
- CARVALHO, A. M. P. **Produção de Conhecimento científico Pelos Alunos em Sala de Aula de Ciências**. IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. 26 a 29 de Novembro de 2003, Bauru.
- CARVALHO, A. M. P. **Ensino de Ciências por Investigação: Condições para Implementação em Sala de Aula**. São Paulo, 2013.

CASANOVA, M. P. **Metas de Realização e Autoconceitos de Estudantes de Ciências em Contexto de Ensino com Pesquisa.** Ciênc. Educ., Bauru, v. 19, n. 4, p. 823-839, 2013.

CAAMAÑO, A. **El Carácter Interpretativo del Lenguaje Científico.** Textos de Didáctica de la Lengua y de la Literatura, núm. 64, pp. 9-22, 2013.

CHAGAS, A. P. **Os 200 anos da Pilha Elétrica.** Química Nova, 23 de março de 2000.

CHIODI, C. S.; FACCI, M. G. D. **O Significado e o Sentido da Atividade Pedagógica do Professor Alfabetizador.** X Congresso Nacional de Psicologia Escolar e Educacional. Universidade Estadual de Maringá-PR, 3 a 6 de Julho de 2011.

CRUZ, M. N. de.; GÓES, M. C. R. de.; **Sentido, Significado e conceito: notas sobre as contribuições de Lev Vygotsky.** Pro-posições, v. 17, n. 2, (50) – maio/ago. 2006.

COLINVAUX, D. **Aprendizagem e construção/constituição de conhecimento: reflexões teórico-metodológicas.** Pro-Posições, v. 18, n. 3 (54) – set/dez. 2007.

CUDMANI, L. C.; FONTDEVILA, P. **Física Básica: A organização de conteúdos no ensino – Aprendizagem do Eletromagnetismo.** Cad. Cat. Ens. Fis., Florianópolis, 6 (3): p.196-210, dez. 1989.

DIAS, V. S.; MARTINS, R. de A. **Michael Faraday: O caminho da livraria à descoberta da indução eletromagnética.** *Ciência & Educação*, v. 10, n. 3, pp. 517-5730, 2004.

FARADAY, M. **Experimental Researches in Electricity.** Fifteenth series, Philosophical Transactions of the Royal Society of London, vol. 129, p. 1-12, 1839.

FARADAY, M. **Faraday's Diary – Being the Various Philosophical Notes of Experimental Investigation.** London, Vol. 1, sept. 1820 – june, 1832.

FERREIRA, L. S.; COSTAS, F. A. T. **Sentido, Significado e Mediação em Vygotsky: Implicações para a constituição do processo de leitura.** Revista Iberoamericana de Educación, N° 55, pp. 205-223, 2011.

FOUREZ, G. **Crise no Ensino Médio? Investigação em ensino de ciências.** V. 8, n. 2, p. 1-15, 2003.

GIL PÉREZ, D. **Contribucion de La Historia y de la Filosofía de las Ciencias al Desarrollo de um Modelo de Enseñanza/Aprendizaje como Investigación.** Enseñanza de las ciencias, 1993.

GIL PÉREZ, D.; VALDÉS CASTRO, P. **La Orientación de Las Prácticas de Laboratorio como investigación: um Ejemplo Ilustrativo.** Enseñanza de las Ciencias, 1996.

GIL PÉREZ, D. **Uma Alfabetización Científica para El Siglo XXI Obstáculos y Propuestas de Actuación.** Investigación em la Escuela, Nº 43, 27-37, 2001.

GIL PÉREZ, D.; FURIÓ MÁS, C. VALDÉS, P. SALINAS, J. MARTINEZ-TORREGROSÁ, J. GUIASOLA, J. GONZALEZ, E. DUMAS-CARRÉ, A.

GIORDAN, M. **O papel da experimentação no ensino de ciências.** Química Nova na Escola, Nº 10, 1999.

GOFFARD, M. PESSOA DE CARVALHO, A. M. **Tiene Sentido Seguir Distinguiendo entre Aprendizaje de Conceptos, Resolución de Problemas de Lápiz y papel y Realización de Prácticas de Laboratorio?.** Revista Enseñanza de las Ciencias, pp. 311-320, 1999.

GONZÁLEZ REY, F. **As Categorias de Sentido, sentido pessoal e sentido subjetivo: sua evolução e diferenciação na teoria histórico-cultural.** Psi. da Ed., São Paulo, 24, 1º sem. 2007, pp. 155-179.

GONZÁLEZ REY, F. **Pesquisa Qualitativa e Subjetividade – Os processos de Construção da Informação.** Tradução Marcel Aristides Ferrada Silva, CENGAGE Learning, 2010.

GONZÁLEZ REY, F. L. **O social como produção subjetiva: superando a dicotomia indivíduo-sociedade numa perspectiva sócio-cultural.** Estudos Contemporâneos da Subjetividade, vol. 2, n. 2.

GUERRA, A.; REIS, J. C.; BRAGA, M. **Uma Abordagem Histórico-Filosófica para o Eletromagnetismo no Ensino Médio.** Cad. Bras. Ens. Fís., v. 21, n. 2: p. 224 – 248, ago. 2004.

HODSON, D. **Experimento na Ciência e no ensino de Ciências.** Educational Philosophy and theory, Nova Zelândia, v. 20, p.53-66, 1988.

HEWITT, P. H. **Física Conceitual.**

JENSEN, G. M.; PRESTES, M. E. B. **As pesquisas de Lazzaro Spallanzani sobre o fenômeno de entorpecimento e dor causado pelos torpedos.** Filosofia e História da Biologia, v. 6, n. 2, p. 227-250, 2011.

KUHN, T. S. **A Estrutura das Revoluções Científicas.** 10ª edição, São Paulo, Perspectiva, 2001.

LORDELO, L. da R. **A crise da Psicologia: Análise da Construção Histórica e Epistemológica de L. S. Vygotsky.** Psicologia: Teoria e Pesquisa, vol. 27, n. 4, p. 537-544, out/dez. 2011.

LOURENÇO, A. A.; DE PAIVA, M. O. A. **A motivação escolar e o processo de aprendizagem.** Ciência & Cognição, vol. 15, (2), 132-141, 2012.

MARTINS, L. A. P. **História da Ciência: Objetos, Métodos e Problemas.** Ciência & Educação, v. 11, n. 2, p. 305-317, 2005.

MARTINS, R. de A. Introdução: **A História das Ciências e seus usos na Educação.** (2006).

MARTINS, R. de A. **Como não Escrever sobre História da Física – Um Manifesto Historiográfico.** Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 23, nº 1, Março, 2001.

MARTINS, R. de A. **Ørsted e a descoberta do eletromagnetismo.** Cadernos de História e Filosofia da Ciência (10): 89-114, 1986.

MARTINS, R. de A **Sobre o papel da história da ciência no ensino.** Boletim da Sociedade Brasileira de História da Ciência, (9): 3-5, 1990.

MARTINS, J. B. **A Avaliação Escolar Enquanto um Processo Histórico e Dialético: Contribuições da Teoria de Vygotsky.** X Congresso Nacional de Educação – EDUCERE, 7 A 10 de novembro de 2011.

MARTÍNEZ, M. I. C. **La Investigación escolar: un asunto de enseñanza y aprendizaje em la Edducación Secundaria.** Investigación en la Escuela, p. 63-79, 2009.

MATTHEWS, M. R. **Un lugar para la historia y la filosofia em la enseñanza de las ciências.** Comunicación, Lenguaje e Educación. 141-155, 11-12, 1991.

MATTHEWS, M. R. **História, filosofia e ensino de ciências: A tendência atual de reaproximação.** Cad. Cat. Ens. Fis., Florianópolis, v. 12, n. 3, p. 164-214, dez. 1995.

MILLER, S.; ARENA, D. B. **A Constituição dos Significados e dos Sentidos no Desenvolvimento das Atividades de Estudo.** Ensino Em Re-vista, v. 18, n.2, p. 341-353, jul/dez. 2011.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. **Atividade Discursiva em Sala de Aula de Ciências: Uma Ferramenta Sociocultural para Analisar e Planejar o Ensino.** Investigação em Ensino de Ciências, vol. 7(3), pp. 283-306, 2002.

NEVES, M. C. D. **A História da Ciência no Ensino de Física.** Revista Ciência & Educação, 1998, 5(1), 73-81.

OKI, M. C. M. **A Eletricidade e a Química.** Química Nova Na Escola, N ° 12, Novembro 2000.

OKA, M. M. **História da Eletricidade.** Versão 1.0, Novembro de 2000).

OLIVEIRA, J. R. S. **A Perspectiva Sócio-histórica de Vygotsky e suas Relações com a Prática da Experimentação no Ensino de Química.** Revista de Educação em Ciências e Tecnologia, V. 3, n. 3, p. 25-45, nov. 2010.

PAGLIARINI, C. R. **Uma análise da história e filosofia da ciência presente em livros didáticos de Física para o ensino médio.** Dissertação de Mestrado, Instituto de Física de São Carlos, 2007.

PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS (ENSINO MÉDIO). 2000

PARENTE, A. G. L. **Práticas de Investigação no Ensino de Ciências: percursos de formação de professores.** Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, 2012.

PENA, F. L. A.; FILHO, A. R. **Obstáculos para o uso da experimentação no ensino de Física: um estudo a partir de relatos de experiências pedagógicas brasileiras publicados em periódicos nacionais das áreas (1971-2006).** Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, Vol.9, nº 1, 2009.

PENHA, S. P. da.; MORAES, R. B. de.; VIANNA, D. M. **Uma sequência didática para estudo do eletromagnetismo como uma abordagem CTS.**

PESSOA, W. R.; ALVES, J. M. **Motivação para estudar química: configurações subjetivas de uma estudante do segundo ano do ensino médio.** VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. 5 a 9 de Novembro de 2011, Universidade Estadual de Campinas.

PEDUZZI, L. O. Q. Sobre a utilização didática da história da ciência. In: PIETROCOLA, M. (Org.). **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora.** Florianópolis: Editora da UFSC, 2001. p. 151–170.

POZO, J. A.; SANZ, A., GÓMEZ CRESPO, M. A. y LIMON, M. **Las ideas de los alumnos sobre la ciencia: Una interpretación desde la psicología cognitiva.** Enseñanza de las ciencias, 9(1), 83-94, 1991.

ROCHA, J. F. **Origens e Evoluções das Ideias da Física.** EDUFBA, 2002.

ROCHA-FILHO, R. C.; Tolentino, M. **O bicentenário da Invenção da Pilha Elétrica.** Química Nova na Escola, Nº 11 Maio 2000.

SÉRÉ, M. G.; COELHO, S. M.; NUNES, A. D. **O papel da Experimentação no Ensino de Física.** Cad. Cat. Ens. Fís., vol. 20, n 1, 30-42, abr. 2003.

SCHROEDER, E. **Conceitos Espontâneos e Conceitos Científicos: o processo da construção conceitual em Vygotsky.** Atos de Pesquisa em Educação – PPGE/ME FURB, v. 2, nº 2, p. 293-318, maio/ago, 2007.

shock and awe the story of electricity. Co-produção da BBC e da Open-University, 2011, DVD (140 min.)

QUINTAL, J. R.; GUERRA, A. **A História da Ciência no processo ensino-aprendizagem.** Física na Escola, v. 10, n. 1, 2009.

SILVA, C. C. et al. **Estudos de História e Filosofia das Ciências – Subsídios para aplicação no ensino**. Editora Livraria da Física, São Paulo, 2006.

TACCA, M. C. V. R. **Aprendizagem e trabalho pedagógico**. Alínea Editora, 3ª edição, 2014.

TACCA, M. C. V. R.; GONZÁLEZ REY, F. **Produção de Sentido Subjetivo: as singularidades dos alunos no processo de aprender**. Psi. cienc. Prof. Vol. 28 nº1 Brasília.

SANTOS, W.L. P. **Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios**. Revista Brasileira de Educação, v. 12, n. 36, set/dez. 2007.

SCOZ, B. **Produção de sentidos, ensino e aprendizagem**. Rev. Psicopedagogia, 224 (74): 126-34, 2007.

SMOLKA, A. L. B. **Construção de Conhecimento e Produção de Sentido: Significação e Processo Dialógicos**. Temas em Psicologia, n. 1, 1993.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e Linguagem**. Martins Fontes, São Paulo, 2008.

VYGOTSKY, L. S. **A formação Social da Mente – O Desenvolvimento dos Processos Psicológicos Superiores**. Martins Fontes, São Paulo, 2003.

VYGOTSKY, L. S. **A Construção do Pensamento e Linguagem**. Martins Fontes, São Paulo, 2001.

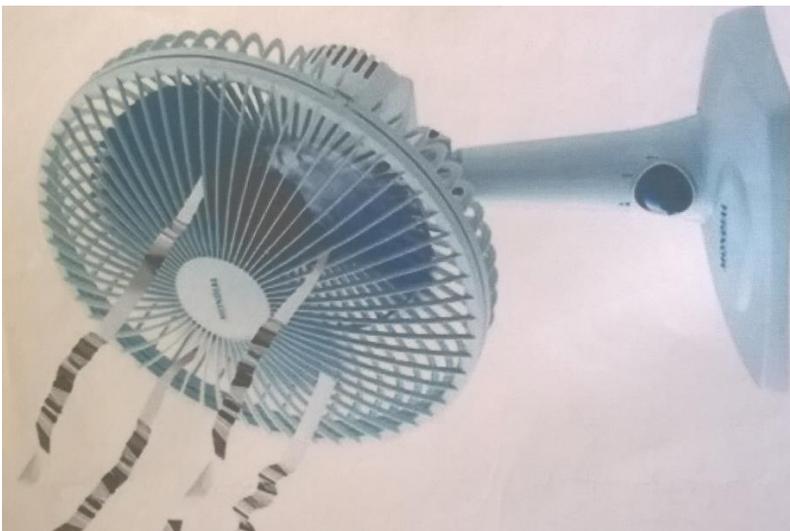
WORTMANN, M. L. C. **É possível articular a epistemologia, a história da ciência e a didática no ensino científico?**. Epistême, Porto Alegre, v. 1, n. 1, p. 59-72, 1996.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. **Atividades Investigativas no Ensino de Ciências: Aspectos Históricos e Diferentes Abordagens**. Rev. Ensaio, Belo Horizonte, v.13, n. 3, p. 67-80, set/dez. 2011.

ANEXO

① O que origina a descarga elétrica desse animal?

Pelo que sabemos ocorre um processo de transformação de Energia Química em Energia Elétrica.



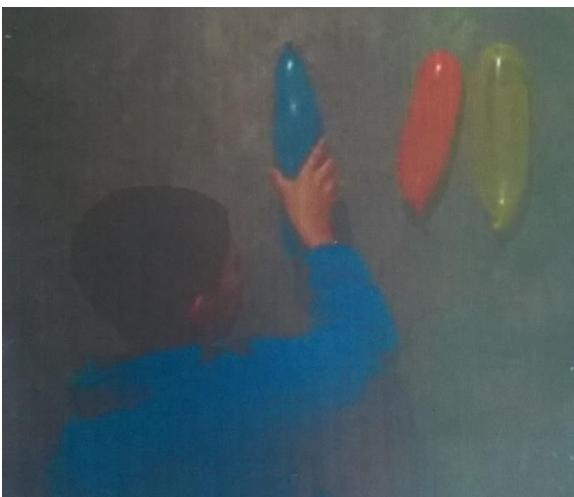
Quais os tipos de energias envolvidas nesse aparelho?

↳ Energia elétrica, mecânica, [redacted]



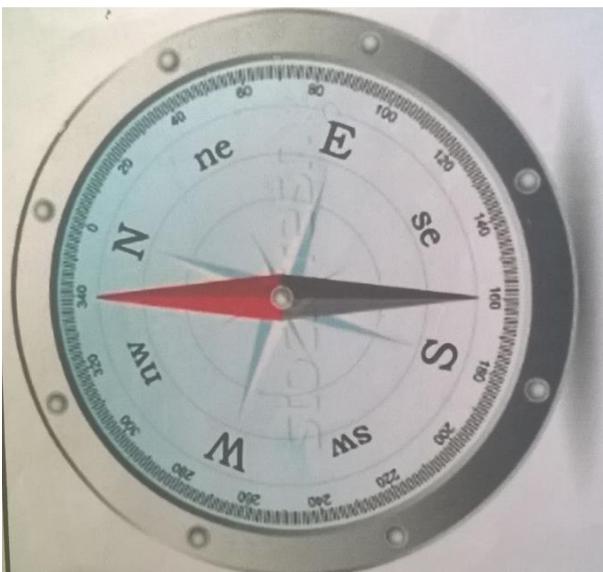
① Para que surge o para-raios??

R: Surge para descarregar núvens ou remover
de modo para que essa descarga chegue a terra



1) Qual o conceito físico que torna possível esse fenômeno representado na imagem?

R. Se dá através da eletrização por atrito, devido ao tornar possível pela eletrostática.



1) Como funciona esse instrumento?

O princípio de funcionamento da bússola se dá devido a orientação do campo magnético da Terra.



Qual o princípio de funcionamento do fanel e quais os tipos de energia envolvidas?

Inicialmente, o movimento dos pedais (energia cinética), provoca o acendimento da luz.

Logo podemos dizer que há a transformação de energia cinética em elétrica.