

Versão Online ISBN 978-85-8015-079-7
Cadernos PDE

VOLUME II

OS DESAFIOS DA ESCOLA PÚBLICA PARANAENSE
NA PERSPECTIVA DO PROFESSOR PDE
Produções Didático-Pedagógicas

2014

PRODUÇÃO DIDÁTICO-PEDAGÓGICA – PDE 2014

Ficha de Identificação:

Título: A construção do conhecimento científico sobre Eletromagnetismo no ensino de Física a partir do estudo de textos de História da Ciência	
Autor: Fábio Rodrigo Lucisano	
Disciplina/Área:	Física
Escola de Implementação do Projeto e sua localização:	Colégio Estadual São Francisco de Assis - Ensino Fundamental e Médio
Município da escola:	Ivatuba
Núcleo Regional de Educação:	Maringá
Professor Orientador:	Prof. Dr. Daniel Gardelli
Instituição de Ensino Superior:	Universidade Estadual de Maringá - UEM
Relação Interdisciplinar:	Filosofia; História; Matemática.
Resumo:	Diante da necessidade de se explorar o conhecimento físico de forma contextualizada, como as diversas pesquisas na área de ensino de Física apontam, para que os alunos percebam como se deu o processo de evolução da Ciência e identifiquem que esse processo não ocorreu de forma linear, entendemos, embasados em toda uma fundamentação teórica, que o uso da História da Ciência como estratégia de ensino é capaz de proporcionar a construção de um conhecimento científico significativo e romper com o paradigma simplista de uma Física desprovida de historicidade. Utilizando como metodologia a leitura, análise e discussão de textos que relatam a História de alguns cientistas, bem como suas descobertas, influências e contradições na elaboração de seus conceitos, questionamentos e atividades, esperamos que no processo ensino-aprendizagem os alunos percebam que a

	Ciência é um processo em constante evolução.
Palavras-chave:	Ensino de Física; História da Ciência; Eletromagnetismo; Estratégias de Ensino.
Formato do Material Didático:	Sequência Didática
Público:	Alunos da 3ª série do Ensino Médio, turno da manhã.

**SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO DO PARANÁ
SUPERINTENDÊNCIA DE EDUCAÇÃO
DIRETORIA DE POLÍTICAS E PROGRAMAS EDUCACIONAIS
PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO EDUCACIONAL – PDE
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ - UEM**

FÁBIO RODRIGO LUCISANO

**A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO SOBRE
ELETROMAGNETISMO NO ENSINO DE FÍSICA A PARTIR DO ESTUDO DE
TEXTOS DE HISTÓRIA DA CIÊNCIA**

PRODUÇÃO DIDÁTICO-PEDAGÓGICA – SEQUÊNCIA DIDÁTICA

MARINGÁ

2014

FÁBIO RODRIGO LUCISANO

**A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO SOBRE
ELETROMAGNETISMO NO ENSINO DE FÍSICA A PARTIR DO ESTUDO DE
TEXTOS DE HISTÓRIA DA CIÊNCIA**

Produção Didático-Pedagógica –
Sequência Didática, apresentada à
Secretaria de Estado da Educação do
Estado do Paraná – SEED/PR, como
parte dos requisitos do Programa de
Desenvolvimento Educacional – PDE
2014.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Gardelli -
UEM.

MARINGÁ

2014

APRESENTAÇÃO

A proposta de elaborarmos uma Sequência Didática, utilizando como estratégia de ensino a História da Ciência, se deu com base nas leituras e nos estudos propostos nos cursos gerais e específicos ofertados aos professores PDE durante o ano de 2014, bem como os encontros de orientação, que direcionaram e deram subsídios para a construção dessa Produção Didático-Pedagógica.

Quando adentramos no campo da História da Ciência, percebemos como as diversas pesquisas mostram uma ciência cheia de deslumbramentos, motivadora e empolgante, capaz de proporcionar a construção de novos conhecimentos. Ela é capaz de desmitificar a ideia de que a Ciência é uma verdade absoluta, formulada apenas por pessoas de extraordinário potencial intelectual. Ao estudarmos a História da Ciência e especificamente a da Física, notamos que ela é fruto de um processo histórico, construído e sistematizado ao longo do tempo, marcado por muitas contradições e divergências de pensamentos.

Pretendemos, portanto, nessa Produção Didático-Pedagógica, a partir de toda uma pesquisa fundamentada teoricamente, fornecer subsídios metodológicos para auxiliarem na prática docente, sendo um instrumento didático que contribua positivamente no processo ensino-aprendizagem da disciplina de Física. Esperamos que esse material possa contribuir na prática docente como um instrumento metodológico para se desenvolver propostas pedagógicas que auxiliem no desenvolvimento de uma educação científica cujo aprendizado seja significativo.

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO.....	05
2 - OBJETIVOS.....	07
2.1 - OBJETIVO GERAL	07
2.1 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	07
3 - ESTRATÉGIAS DE AÇÃO	07
4 - RECURSOS.....	08
5 - DESCRIÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	08
5.1 - 1ª ATIVIDADE.....	09
5.2 - 2ª ATIVIDADE.....	10
5.3 - 3ª ATIVIDADE.....	11
5.4 - 4ª ATIVIDADE.....	13
5.5 - 5ª ATIVIDADE.....	13
5.6 - 6ª ATIVIDADE.....	16
5.7 - 7ª ATIVIDADE.....	18
5.8 - 8ª ATIVIDADE.....	22
5.9 - 9ª ATIVIDADE.....	23
5.10 - 10ª ATIVIDADE.....	24
5.11 - 11ª ATIVIDADE.....	26
5.12 - 12ª ATIVIDADE.....	29
6 - AVALIAÇÃO.....	30
7 - REFERÊNCIAS	30

1 - INTRODUÇÃO

A História da Ciência é uma estratégia de ensino defendida por diversos pesquisadores, principalmente devido a seu caráter de desmitificar a Ciência como verdade absoluta, criando possibilidades para novas formulações. Segundo Neves (1998), percebe-se que a educação científica, em todos os níveis de ensino, tem se caracterizado por uma educação empobrecida, desprovida de historicidade. Diante desse cenário, é importante repensar o currículo, de forma que ele contemple uma formação científica em que o aluno perceba que:

[...] olhar o passado e analisar o que ficou em aberto, e que visões alternativas de mundo existiam antes do paradigma, seria uma forma de repensar e reorientar a pesquisa básica, se não em sua estrutura, ao menos em seus métodos e possibilidades teóricas e/ou experimentais (NEVES, 1998, p. 79).

Conforme destaca as Diretrizes Curriculares de Física do Estado do Paraná (PARANÁ, 2008), a História da Física mostra uma evolução das ideias, desprovida de linearidade, marcada por divergências de pensamentos que culminaram em muitas contradições, revelando uma Ciência cheia de erros e acertos, despida do título de verdade absoluta.

Essa não linearidade deve ser apresentada aos alunos no ensino de Física de forma mais significativa, mostrando a "não-neutralidade da produção científica, suas relações externas, sua interdependência com os sistemas produtivos, enfim, os aspectos sociais, políticos, econômicos e culturais desta ciência" (PARANÁ, 2008, p. 69).

Nesse contexto, a proposta dessa Sequência Didática é explorar a História da Ciência de forma que possibilite ao aluno construir o conhecimento científico, numa perspectiva contextualizada, percebendo "[...] que a ciência é mutável e instável e que por isso, o pensamento científico atual está sujeito a transformações [...]" (MATTHEWS, 1995, p. 172).

Entendendo essa proposta, é que elencamos textos que abordam o conteúdo "Eletromagnetismo" num contexto histórico, apresentando as ideias dos cientistas

envolvidos, as controvérsias na elaboração dos conceitos e as influências do pensamento da sociedade em seu período histórico. Como metodologia, utilizaremos a leitura e a discussão desses textos, sugerindo questionamentos e atividades que contribuam para a efetiva construção do conhecimento científico.

A promoção da leitura é uma responsabilidade de todo o corpo docente de uma escola e não apenas dos professores de língua portuguesa. Não se supera uma dificuldade ou uma crise com ações isoladas. Falamos em centros de interesse, em interdisciplinaridade, em construção coletiva do conhecimento, em integração, sequenciação e unidade curricular, mas não colocamos tais esquemas pedagógicos em prática. Será que não existe cura para essa cegueira geral? (EZEQUIEL TEODORO DA SILVA, 1995 *apud* ZANETIC, 1997, p. 28).

Abordar conteúdos de Física, utilizando a História da Ciência como estratégia de ensino e a leitura como metodologia é um desafio. Porém, depois dos subsídios teóricos que apresentamos, estamos convencidos da necessidade de aprofundarmos as pesquisas nessa área, objetivando um ensino de Física que forme sujeitos críticos e conscientes da necessidade de continuarem o processo de evolução da Ciência.

A pesquisa científica criativa exige a delicada combinação de dois elementos até certo ponto conflitantes: a capacidade crítica, o rigor, por um lado; e a mentalidade não dogmática, aberta a novidades, pelo outro. Quando presentes, e em equilíbrio, essas duas características permitem a eclosão de idéias criativas: ao mesmo tempo novas e que não sejam tolices. Uma mente aberta mas sem espírito crítico leva a fantasias e idéias desestruturadas, sem elaboração; inversamente, uma mente crítica sem o contra-ponto de abertura leva à esterilidade intelectual. Parece-me que o estudo das obras dos grandes cientistas e de seu contexto científico pode ajudar a desenvolver esses dois aspectos, assim como seu equilíbrio. De fato: pela leitura de tais obras, percebe-se que os grandes cientistas eram ousados, imaginativos e cheios de idéias; e, por esse estudo, também se aprende quão duro e cuidadoso é o trabalho (individual e coletivo) de elaboração, crítica, discussão, teste, análise e aprofundamento das idéias (MARTINS, 1990, p. 5).

A Sequência Didática que apresentamos nessa Produção Didático-Pedagógica foi planejada para alunos da 3ª série do Ensino Médio. Consiste na abordagem do conteúdo "Eletromagnetismo", mais especificamente o "Experimento de Ørsted", numa perspectiva histórica, explorando textos que apresentam fatos históricos em relação aos cientistas envolvidos nesse processo, suas influências e descobertas que culminaram no desenvolvimento do Eletromagnetismo.

2 - OBJETIVOS

2.1 - OBJETIVO GERAL

- Utilizar a História da Ciência como estratégia de ensino de Física, verificando sua importância para a formação de uma comunidade científica consciente de que a Ciência é um processo em constante evolução, não se caracterizando como verdade absoluta. E proporcionando subsídios para a construção do conhecimento científico.

2.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Compreender o processo histórico de descoberta do Eletromagnetismo a partir de experimento de Ørsted;

- Explorar historicamente o processo de construção do conceito do efeito magnético causado por uma corrente elétrica, verificando as ideias de Ørsted, Ampère e Faraday e suas divergências;

- Explorar o experimento de Ørsted de forma prática, a fim de elaborar hipóteses e interpretar resultados;

3 - ESTRATÉGIAS DE AÇÃO

- Leitura, análise e discussão de textos de pesquisadores na área de História da Ciência e texto de fontes originais (traduzidos) sobre o desenvolvimento do Eletromagnetismo;

- Elaboração de hipóteses e análise de resultados a partir da realização de experimento;

- Pesquisas e levantamento de dados históricos importantes para a

construção do conhecimento científico.

4 - RECURSOS

- Textos: trechos de artigos originais (traduzidos) e trechos de livros e artigos de pesquisadores na área de História da Ciência com comentários e traduções de obras originais;

- Materiais para experimento (para realização do experimento de Ørsted): bússola, fio, bateria de 9 V, conector de bateria de 9 V e suporte de madeira;

- Laboratório de informática: para realização de pesquisas;

- PowerPoint: para apresentação das atividades da Sequência Didática.

5 - DESCRIÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A Sequência Didática será desenvolvida em 12 atividades, cada qual abordando um determinado tema, com uma carga horária prevista:

ATIVIDADES	TEMA	CARGA HORÁRIA PREVISTA
1 ^a	Fazendo o experimento de Ørsted em sala de aula	2 h/a
2 ^a	Verificando o conhecimento prévio dos alunos referente ao Eletromagnetismo	3 h/a
3 ^a	Conhecendo a biografia de Ørsted	2 h/a
4 ^a	Aprofundando o conhecimento sobre Ørsted	2 h/a
5 ^a	Verificando historicamente o experimento de Ørsted	2 h/a
6 ^a	Conhecendo a biografia de Ampère	2 h/a
7 ^a	Discutindo a interpretação de Ampère em relação ao experimento de Ørsted	2 h/a
8 ^a	Aprofundando a explicação de Ampère	2 h/a
9 ^a	Conhecendo a biografia de Faraday	2 h/a
10 ^a	Discutindo a interpretação de Faraday em relação ao experimento de Ørsted	2 h/a
11 ^a	Verificando as ideias atuais referente ao efeito magnético causado por uma corrente elétrica	4 h/a
12 ^a	Revisando os conteúdos abordados nas 11 atividades anteriores	3 h/a

5.1 - 1ª ATIVIDADE

- Fazendo o experimento de Ørsted em sala de aula
- Carga horária prevista: 2 h/a
- Essa atividade tem por objetivo apresentar o experimento de Ørsted, criando um ambiente de aprendizagem, para que os alunos, num primeiro momento, visualizem o efeito magnético causado pela corrente elétrica a fim de levantarem e registrarem suas hipóteses acerca desse fenômeno. Essa atividade experimental, apresentada nessa primeira atividade também tem por objetivo motivar os alunos e despertar neles o interesse pelo tema.

PROCEDIMENTO:

Inicialmente, o professor faz uma apresentação, destacando os objetivos do trabalho. Em seguida realiza uma atividade experimental, "o experimento de Ørsted":

1º) O professor apresenta a figura 1, pede para os alunos identificarem os materiais e auxilia na montagem do experimento;

2º) O professor propõe para os alunos, utilizando o aparato experimental, realizarem a atividade experimental;

3º) O professor pede para os alunos registrarem tudo o que estão vendo e para montarem um relatório, destacando:

materiais utilizados	procedimento experimental	resultados observados	ilustração dos resultados

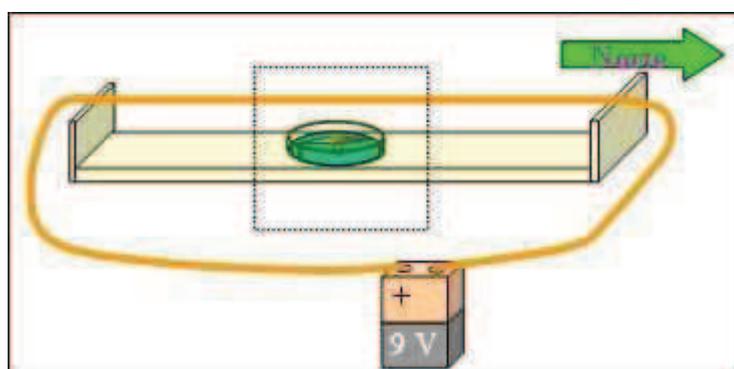


Figura 1: Imagem ilustrativa do experimento de Ørsted

Fonte: Disponível em:

<<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/discovirtual/galerias/imagem/0000000080/0000001195.jpg>>. Acesso em: 28 out. 2014.

5.2 - 2ª ATIVIDADE

- **Verificando o conhecimento prévio dos alunos referente ao Eletromagnetismo**
- **Carga horária prevista: 3 h/a**
- **Essa atividade tem por objetivo verificar o conhecimento prévio dos alunos em relação ao conceito de Eletromagnetismo e em relação à participação de Ørsted, Ampère e Faraday no desenvolvimento histórico desse conceito. Também tem por objetivo procurar despertar nos alunos o interesse pela pesquisa.**

PROCEDIMENTO:

O professor inicia a 2ª ATIVIDADE fazendo um levantamento do conhecimento prévio dos alunos através dos seguintes questionamentos:

1º) O que você entende por Eletromagnetismo?

2º) Você já ouviu falar de Ørsted, Ampère e Faraday?

3º) Você saberia estabelecer uma relação entre Ørsted, Ampère, Faraday e o Eletromagnetismo?

Obs.: É importante pedir para os alunos registrarem suas respostas.

Na sequência, o professor irá propor uma atividade de pesquisa. O professor, no laboratório de informática, pedirá para os alunos pesquisarem as questões propostas e registrarem suas pesquisas (com as respectivas referências).

Atividade A:

Pesquisar, no laboratório de informática, o conceito de Eletromagnetismo e as contribuições de Ørsted, Ampère e Faraday no desenvolvimento desse conceito. (**Obs.:** Registrar a pesquisa).

Com a pesquisa concluída, o professor retomará as questões, levantando uma discussão a partir dos registros dos alunos em relação a pesquisa que fizeram. Em seguida, irá propor uma segunda atividade: pedirá para os alunos montarem um

quadro sistematizado, apresentando os registros da pesquisa para cada cientista pesquisado.

Atividade B:

Montar um quadro sistematizado, apresentando o resultado da pesquisa da atividade anterior (Atividade A):

Conceito de Eletromagnetismo	Ørsted	Ampère	Faraday

5.3 - 3ª ATIVIDADE

- **Conhecendo a biografia de Ørsted**
- **Carga horária prevista: 2 h/a**
- **Essa atividade tem por objetivo aprofundar o conhecimento biográfico de Ørsted, a fim dos alunos verificarem os fatos históricos ocorridos durante a vida de Ørsted.**

PROCEDIMENTO:

Nessa 3ª ATIVIDADE o professor irá propor para os alunos a leitura de um trecho do artigo: "*Ørsted e a descoberta do eletromagnetismo*" (MARTINS, 1986, p. 89-91)¹, com o objetivo de verificar, analisar e discutir a biografia de Ørsted:

Hans Christian Ørsted nasceu em Rudkøbing, na Dinamarca, em 14 de agosto de 1777¹. Contendo cerca de 1.000 habitantes, Rudkøbing, na ilha de Langeland, podia ser considerada um vilarejo isolado da civilização. No entanto, nesse meio totalmente adverso ao desenvolvimento cultural, Hans Christian e um de seus irmãos (Anders e Sandøe) adquiriram uma notável formação básica. Os vizinhos deles tomavam, conta, enquanto seus pais trabalhavam, ensinaram-lhes a ler em dinamarquês e alemão. Um gravador local, antigo estudante de teologia, ensinou-lhes grego e latim; o delegado da província completou sua base lingüística, com francês e inglês. Lendo todos os livros que conseguiram encontrar, adquiriram uma boa formação humanística; na farmácia do pai e através de seus livros, aprenderam química e física.

Após esses estudos bastantes caóticos, Ørsted paratiu para Copenhagen, aos 17 anos, sendo aceito na Universidade. [...]. Em 1795, obteve da

¹ No trecho: "[...] 1777¹.[...]" (MARTINS, 1986, p. 89), do artigo: "*Ørsted e a descoberta do eletromagnetismo*" (MARTINS, 1986), o número (1) sobrescrito se refere a uma nota de rodapé do autor.

Universidade um prêmio de Estética, pelo trabalho intitulado "Sobre como a linguagem prosaica pode ser corrompida por sua proximidade poética, e quais são as fronteiras entre as expressões poética e prosaica". Dois anos depois, graduou-se como farmacêutico, e em seus exames finais superou todos os resultados até então registrados nos anais da Universidade [...]. Em 1799 doutorou-se em Filosofia com uma tese intitulada "Dissertatio de forma metaphysices elementaris naturae externae", em que fazia uma descrição crítica das idéias de Kant sobre a filosofia natural. Literatura, ciência e filosofia permearam toda sua vida. Desde essa época, Hans Christian e seu irmão Anders Sandøe [...] ligaram-se aos mais importantes círculos de Copenhagen nas áreas científica, artística e política.

Em 1800 Ørsted começou a trabalhar na tradicional "Farmácia do Leão", de Copenhagen. No mesmo ano, um de seus ex-professores, Manthey, o convidou para tornar-se farmacêutico adjunto da Faculdade de Medicina (sem salário algum), o que Ørsted aceitou prontamente. Ma mesma época, após a ampla divulgação dos trabalhos de Volta, Ørsted começou a fazer experiências sobre a pilha e sobre eletricidade.

Logo em seguida, Ørsted obteve uma espécie de bolsa de estudos no exterior [...] que lhe permitiu, de 1801 a 1803, visitar Alemanha, Holanda e França. Em todos os lugares, estabeleceu importantes contatos pessoais com cientistas e intelectuais de renome. Particularmente, tornou-se amigo de expoentes da "Naturphilosophie" germânica, como Schelling e Ritter, cuja influência perdurou por toda sua vida e permeou seu trabalho científico. [...].

Em Paris, Ørsted ficou fortemente impressionado ao visitar a École Polytechnique, onde, para seu espanto, viu os primeiros laboratórios físicos públicos do mundo – até então, a norma era que cada cientista fizesse suas experiências, por conta própria, em sua própria casa. Desde essa época, Ørsted audaciosamente prometeu-se ajudar a criar uma instituição semelhante, na Dinamarca, quando fosse possível – o que ocorreu em 1829, tornando-se Ørsted o primeiro diretor da Escola Politécnica de Copenhagen.

Retornando à Dinamarca, em 1804, Ørsted começou a lecionar Física na Universidade, da qual se tornou professor extraordinário em 1806, e professor ordinário em 1817. [...].

[...] Após a descoberta do eletromagnetismo, em 1820, ele ainda realizará trabalhos científicos variados, [...]. Mas, provavelmente, nada disso teria sido suficiente para imortalizar seu nome, se não incluísse entre suas pesquisas a descoberta do efeito magnético da corrente elétrica (MARTINS, 1986, p. 89-91).

Após a leitura desse trecho, o professor direcionará algumas discussões e pedirá para os alunos elaborarem um quadro, destacando a época e os fatos históricos relacionados a Ørsted.

Atividade:

Com base na leitura indicada na 3ª ATIVIDADE, montar um quadro, destacando os fatos históricos ocorridos durante a vida de Ørsted, em seus respectivos períodos:

Época	Fatos Históricos

5.4 - 4ª ATIVIDADE

- **Aprofundando o conhecimento sobre Ørsted**
- **Carga horária prevista: 2 h/a**
- **Essa atividade tem por objetivo aprofundar alguns fatos históricos da vida de Ørsted que influenciaram sua vida e suas pesquisas acerca do desenvolvimento do Eletromagnetismo. Também tem por objetivo despertar nos alunos o interesse pela pesquisa.**

PROCEDIMENTO:

Nessa atividade o professor retomará a leitura do texto citado na 3ª ATIVIDADE, chamando a atenção dos alunos para o trecho:

"[...]. Particularmente, tornou-se amigo de expoentes da "Naturphilosophie" germânica, como Schelling e Ritter, cuja influência perdurou por toda sua vida e permeou seu trabalho científico. [...]" (MARTINS, 1986, p. 90).

Na sequência, pedirá para os alunos irem até o laboratório de informática para fazerem uma pesquisa sobre o que vem a ser a "Naturphilosophie". Essa pesquisa deverá ser registrada pelos alunos (com as respectivas referências). Entender o que é Naturphilosophie é importante, pois como o texto citado na 3ª ATIVIDADE destaca, influenciou Ørsted por toda sua vida. Como atividade, os alunos deverão montar um quadro explicativo do que é "Naturphilosophie".

Atividade:

Pesquisar no laboratório de informática o que vem a ser "Naturphilosophie" e registrar a pesquisa em tópicos num quadro sistematizado (com as respectivas referências):

"Naturphilosophie"	<ul style="list-style-type: none"> - - -
---------------------------	---

5.5 - 5ª ATIVIDADE

- **Verificando historicamente o experimento de Ørsted**
- **Carga horária prevista: 2 h/a**

- Essa atividade tem por objetivo verificar a interpretação que Ørsted fez de seu experimento, a partir da leitura e da discussão de um texto original de Ørsted, traduzido para o Português.

PROCEDIMENTO:

Nessa atividade o professor repetirá o experimento da 1ª ATIVIDADE. Em seguida, juntamente com os alunos irão analisar e estudar como o próprio Ørsted apresentou seu experimento e como ele o interpretou. Para tal, será feita a leitura e discussão de um trecho do artigo: "*Experiências sobre o efeito do conflito elétrico sobre a agulha magnética*" (ØRSTED, 1986, p. 115-122)².

As primeiras experiências sobre o assunto que desejo apresentar foram realizadas por mim no último inverno, ao lecionar Eletricidade, Galvanismo³ e Magnetismo na Universidade (de Copenhague). Essas experiências pareceram mostrar que a agulha magnética movia-se de sua posição por influência do aparelho galvânico; e isso com o circuito galvânico fechado, não com ele aberto – o que fora tentado em vão alguns anos atrás por célebres físicos⁴. Mas como essas experiências foram realizadas com um aparelho pouco eficaz, e não eram suficientemente conclusivas, tendo em vista a gravidade do assunto, associei-me a meu amigo Esmarch, conselheiro real de justiça, para repetir e desenvolver as experiências, realizadas por nós em conjunto, com um grande aparelho galvânico. [...].

[...].

Os terminais opostos do aparelho galvânico são unidos por um fio metálico, que, por concisão, chamaremos de *condutor de conexão* ou *fio de conexão*. Atribuiremos o nome de *conflito elétrico* ao efeito que se manifesta nesse condutor e no espaço que o cerca⁹.

A parte retilínea desse fio é colocada em posição horizontal, suspensa acima da agulha magnética, e paralela a ela. Se for necessário, o fio de conexão pode ser dobrado para que uma parte dele assuma a posição correta necessária à experiência. Nessa situação, a agulha magnética será movida, e a sua extremidade que está sob a parte do fio de conexão mais próxima ao terminal negativo do aparelho galvânico será desviada para oeste¹⁰.

Se a distância entre o fio de conexão e a agulha magnética não exceder 3/4 de polegada, o desvio da agulha fará um ângulo de cerca de 45°. Se a distância variar, o ângulo diminuirá à medida que a distância cresça¹¹. Além disso, o desvio depende da eficácia do aparelho.

[...].

Se o fio de conexão é colocado em um plano horizontal sob a agulha

² Nos trechos: "[...] Galvanismo³ [...]" (ØRSTED, 1986, p. 115); "[...] físicos⁴ [...]" (ØRSTED, 1986, p. 115); "[...] cerca⁹." (ØRSTED, 1986, p. 116); "[...] oeste¹⁰." (ØRSTED, 1986, p. 116); "[...] cresce¹¹ [...]" (ØRSTED, 1986, p. 119); "[...] fenômenos¹⁷." (ØRSTED, 1986, p. 121); "[...] luta¹⁸." (ØRSTED, 1986, p. 121); "[...] agora¹⁹." (ØRSTED, 1986, p. 121); "[...] sul²⁰." (ØRSTED, 1986, p. 121); "[...] elétrico²¹ [...]" (ØRSTED, 1986, p. 122); e "[...] luz²²." (ØRSTED, 1986, p. 122), do artigo: "*Experiências sobre o efeito do conflito elétrico sobre a agulha magnética*" (ØRSTED, 1986), os números (³), (⁴), (⁹), (¹⁰), (¹¹), (¹⁷), (¹⁸), (¹⁹), (²⁰), (²¹) e (²²) sobrescritos, se referem a notas de rodapé do tradutor Roberto de A. Martins.

magnética, todos os efeitos são como no plano acima da agulha, mas em direção inversa. Pois o pólo da agulha magnética sob o qual está a parte do fio de conexão que está próximo ao terminal negativo do aparelho galvânico, desvia-se para leste.

Para tornar mais fácil a memorização disso, pode-se usar a fórmula: O pólo sobre o qual entra a eletricidade negativa gira para oeste, ou para leste se entra abaixo.

[...].

Consideremos agora a razão de todos esses fenômenos¹⁷.

O conflito elétrico apenas atua sobre as partículas magnéticas da matéria. Todos os corpos não-magnéticos parecem ser permeáveis ao conflito elétrico; mas os [corpos] magnéticos, ou suas partículas magnéticas, resistem à passagem desse conflito magnético, o que faz com que possam ser movidas pelo ímpeto das forças em luta¹⁸.

As observações expostas mostram que o conflito elétrico não está confinado ao fio condutor, mas está amplamente disperso no espaço circunjacente a ele.

Também se pode concluir das observações que esse conflito age por rotações [gyros], pois parece que essa é a condição sem a qual não se pode compreender que a mesma parte do fio de conexão, colocado abaixo do pólo magnético o leve para leste, e colocado acima dele o mova para oeste; pois tal é a natureza da rotação, que movimentos em partes opostas possuem direções opostas. Além disso, pareceria que um movimento de rotação, unido a um movimento progressivo dirigido segundo o comprimento do condutor, deveria formar uma linha conchoidal ou espiral ou seja, em hélice, mas isso, se não me engano, não contribui para a explicação dos fenômenos explicados até agora¹⁹.

Todos os efeitos aqui expostos, relativamente ao pólo norte, são facilmente compreendidos, supondo-se que a força ou matéria elétrica negativa percorre uma linha espiral dobrada para a direita, e empurra o pólo norte, mas não age sobre o [pólo] sul²⁰.

Pode-se explicar de forma semelhante os efeitos sobre o pólo sul, se atribuirmos à força ou matéria elétrica positiva um movimento contrário, e o poder de agir sobre o pólo sul e não sobre o norte. Compreender-se-á melhor a concordância dessa lei com a natureza pela repetição das experiências do que através de uma longa explicação. A avaliação das experiências será muito facilitada, se for indicado o sentido das forças elétricas no fio de conexão por sinais pintados ou gravados.

Ao que foi dito adiciono apenas: demonstrei em um livro publicado sete anos atrás, que o calor e a luz são constituídos pelo conflito elétrico²¹. É válido concluir, das observações descritas, que em seus efeitos ocorrem movimentos giratórios; acredito que isso contribua para esclarecer os fenômenos chamados de polarização da luz²².

Copenhague, 21 de julho de 1820 (ØRSTED, 1986, p. 115-122).

Na sequência, o professor irá propor uma atividade para os alunos sistematizarem o conhecimento sobre o experimento de Ørsted e a interpretação que ele deu para seu próprio experimento.

Atividade:

A partir da leitura e discussão do trecho do artigo: "*Experiências sobre o efeito do conflito elétrico sobre a agulha magnética*" (ØRSTED, 1986, p. 115-122), monte um quadro, apresentado a explicação de Ørsted para o porquê de a agulha se

mover, se ela não está em contato com o fio. Ilustre essa explicação:

Explicação de Ørsted	Ilustração

5.6 - 6ª ATIVIDADE

- **Conhecendo a biografia de Ampère**
- **Carga horária prevista: 2 h/a**
- **Essa atividade tem por objetivo aprofundar o conhecimento biográfico de Ampère, a fim dos alunos verificarem os fatos históricos ocorridos durante a vida de Ampère.**

PROCEDIMENTO:

Nessa 6ª ATIVIDADE o professor irá propor aos alunos a leitura de um trecho do livro: "*Eletrodinâmica de Ampère: análise do significado e da evolução da força de Ampère, juntamente com a tradução comentada de sua principal obra sobre eletrodinâmica*" (ASSIS; CHAIB, 2011, p. 19-22)³, com o objetivo de verificar, analisar e discutir a biografia de Ampère:

André-Marie Ampère nasceu em Lyon, na França, em 20 de janeiro de 1775. O segundo nome "Marie" lhe foi dado por sua mãe, Jeanne-Antoinette Desutières-Sarcey, no momento de seu batismo.

[...].

Pouco antes do nascimento de Ampère, seu pai havia comprado uma propriedade rural em um pequeno vilarejo chamado Poleymieux, próximo a Lyon, para onde se retirou com sua família. [...].

O pai de Ampère foi muito influenciado pelas teorias educacionais de Jean-Jaques Rousseau (1712-1778) e resolveu educar seu filho seguindo as orientações do livro *Émile*, de Rousseau. O método consistia essencialmente em dar-lhe acesso a uma vasta biblioteca, deixando-o livre

³ Nos trechos: "[...] autodidata.⁷ [...]" (ASSIS; CHAIB, 2011, p. 20); "[...] autobiografia,⁸ [...]" (ASSIS; CHAIB, 2011, p. 20); e "[...] novas".¹¹" (ASSIS; CHAIB, 2011, p. 21), do livro: "*Eletrodinâmica de Ampère: análise do significado e da evolução da força de Ampère, juntamente com a tradução comentada de sua principal obra sobre eletrodinâmica*" (ASSIS; CHAIB, 2011), o número (7) sobrescrito, conforme os autores citam em nota de rodapé, se refere à referência 15. Consultando as Referências do livro, 15 se refere a: LAUNAY, L. d. *Le Grand Ampère d'après des Documents Inédits*. Paris: Librairie Académique Perrin, 1925. Os números (8) e (11) sobrescritos, conforme os autores citam em nota de rodapé, se referem à referência 21. Consultando as Referências do livro, 21 se refere a: AMPÈRE, A.-M. Notice sur la vie et les travaux d'a.m. ampère. In: BLONDEL, C. (Ed.). *A.-M. Ampère et la Création de l'Électrodynamique*. Paris: Bibliothèque Nationale, 1982. p. 171-173. Anexo I.

para educar-se a si mesmo, de acordo com seus próprios interesses.⁶ Ampère nunca frequentou, como aluno, uma escola ou uma universidade, sendo sempre autodidata.⁷ Como mencionou o próprio Ampère em sua autobiografia,⁸ seu pai "jamais lhe exigiu que estudasse o que quer que fosse". [...].

O tempo livre, o isolamento das influências de uma vida atribulada na cidade, a distância dos problemas por que a França passava e a vasta biblioteca na casa do pai foram algumas das condições que permitiram ao pequeno Ampère ler tudo o quanto podia e queria.

Depois das ciências naturais, Ampère se encantou com o teatro e a história. [...].

Ainda jovem, descobriu e aperfeiçoou sozinho seus talentos matemáticos. [...] Progrediu em seus estudos de latim a ponto de chegar a escrever nesse idioma. [...].

[...].

Ampère não só lia, como também exercitava continuamente o conhecimento que ia adquirindo. Complementando suas leituras matemáticas, ele se pôs a escrever um tratado de seções cônicas, fazendo demonstrações que, em suas próprias palavras, "imaginava e acreditava serem novas".¹¹

Aos 14 anos, ele leu e estudou os 22 volumes da *Encyclopédie* de d'Alembert e Diderot. Trinta anos mais tarde ainda podia recitar de cor muitos dos artigos dessa famosa enciclopédia. Ao ler o artigo sobre "Língua", teve a idéia de fazer um idioma universal.

Durante toda a sua vida, ficou dividido entre uma profunda religiosidade católica, influência de sua mãe, e as dúvidas levantadas pelos enciclopedistas.

Seus estudos matemáticos foram barrados por uma dificuldade não tão incomum até hoje. Ele se deparou com o cálculo diferencial, e não conseguia entender o conceito por detrás do símbolo d , que acompanhava as equações. Um amigo de seu pai, o abade Daburon, tirou-lhe dessa dificuldade. Após isto, teve encontros frequentes com esse religioso, que lhe guiava nos estudos matemáticos. No final da juventude, estudou o livro *Mecânica Analítica*, de Lagrange. Refez todos os cálculos desse livro por conta própria.

Esse período feliz foi interrompido por duas tragédias pessoais para Ampère, uma aos 17 e outra aos 18 anos. A primeira foi a morte de sua irmã, Antoinette, em 2 de março de 1792, quando ele tinha 20 anos. A outra tragédia foi a morte do pai no ano seguinte. [...].

Com a morte do pai, Ampère entre em uma depressão profunda. Inicia sua recuperação, após um ano de inatividade, com a leitura das *Cartas sobre Botânica*, de Rousseau. [...].

Aos 21 anos, Ampère conheceu Julie Caron. Apesar de sua timidez, cortejou a moça por três anos, enviando-lhes poemas. Casou-se com ela em 2 de abril de 1799. [...].

Com a morte do pai, os rendimentos que antes lhe sustentavam diminuem consideravelmente, de maneira que Ampère precisou procurar trabalho para se sustentar. A facilidade que tinha com matemática lhe permite ser primeiramente professor particular. Em 1802, dado o reconhecimento que havia obtido como professor, foi aceito na Bourg École Centrale, na cidade de Ain, para ensinar matemática, química e física.

Esse emprego foi de grande valia, já que em 12 de agosto de 1800 havia nascido seu filho, Jean-Jacques. Sua esposa, que ficara bastante doente após o nascimento do filho, faleceu em 13 de julho de 1803, deixando-o completamente amargurado. Os quatro anos desse casamento foram os mais felizes da vida de Ampère. A estada em Lyon torna-se bastante penosa e ele decide se mudar.

Em 1802 havia publicado um trabalho sobre probabilidade, no qual mostrou que um jogador individual perderá inevitavelmente em um jogo de azar, se jogar contra um grupo com recursos financeiros muito maiores que os seus.

Isso o levou a uma amizade com Delambre (1749-1822), matemático e astrônomo francês. Por essa amizade e por outras, como a que fez com Lagrange e Arago (1786-1853), Ampère conseguiu, em 1804, o cargo de tutor na École Polytechnique em Paris.

Em 1806 tornou-se membro e secretário do escritório consultivo de Artes e Manufaturas. Em 1º de agosto do mesmo ano, casou-se com Jeanne-Françoise Potot, casamento que foi catastrófico desde o início. Apesar da vida conjugal atribulada, teve uma filha de nome Joséphine-Albine, nascida em 6 de julho de 1807. Separou-se de Jeanne em julho de 1808, ficando com a custódia da filha. No mesmo ano, faleceu outra irmã de Ampère, Elise, sendo que em 1809 faleceu sua mãe. esse período inicial em Paris foi de sofrimento extremo para Ampère, [...].

Também em 1808 Ampère tornou-se inspetor-geral dos estudos da Université Imperiale, fundada por Napoleão. Obteve também o cargo de professor da École Polytechnique. Em 1814 ele passou a ocupar a cadeira de geometria na Academia de Ciências de Paris. Em 1819 tornou-se professor de filosofia na Faculdade de Letras de Paris.

No período de 1820 a 1826, realizou suas principais pesquisas eletrodinâmicas, [...]. Já em 1824 tornou-se professor de física no Collège de France.

Depois de 1827, a atividade científica de Ampère declinou rapidamente. Esses anos coincidem com os problemas que sua filha tem no casamento e a piora da saúde de Ampère. A partir dessa data, ele se concentra em escrever seu ensaio sobre a filosofia e a classificação das ciências. O primeiro volume foi publicado em 1834 e o segundo, publicado em 1843.

Ampère teve uma pneumonia grave em 1829 da qual nunca se recuperou totalmente. Faleceu sozinho, durante uma viagem como inspetor universitário em 10 de junho de 1836, com 61 anos de idade, na cidade de Marseille.

A vida de André-Marie Ampère foi um pequeno reflexo da nova França que subitamente se viu no meio das atribulações e mudanças radicais que aconteciam na história. Sua vida foi cheia de contradições, mas realizou um trabalho brilhante que influencia o mundo até os dias de hoje (ASSIS; CHAIB, 2011, p. 19-22).

Após a leitura desse trecho, o professor direcionará algumas discussões e pedirá para os alunos elaborarem um quadro, destacando a época e os fatos históricos relacionados a Ampère, assim como foi feito na 3ª ATIVIDADE com Ørsted.

Atividade:

Com base na leitura indicada na 6ª ATIVIDADE, montar um quadro, destacando os fatos históricos ocorridos durante a vida de Ampère, em seus respectivos períodos:

Época	Fatos Históricos

5.7 - 7ª ATIVIDADE

- **Discutindo a interpretação de Ampère em relação ao experimento de Ørsted**
- **Carga horária prevista: 2 h/a**
- **Essa atividade tem por objetivo analisar como Ampère interpretou o experimento de Ørsted e verificar pontos de divergências.**

PROCEDIMENTO:

Nessa atividade o professor irá propor a leitura e discussão de dois trechos do livro: "*Eletrodinâmica de Ampère: análise do significado e da evolução da força de Ampère, juntamente com a tradução comentada de sua principal obra sobre eletrodinâmica*" (ASSIS; CHAIB, 2011), com o objetivo de verificar a interpretação que Ampère fez do experimento de Ørsted.

Primeiro trecho (ASSIS; CHAIB, 2011, p. 26):

[...]. Arago (1786-1853) descreveu o trabalho de Ørsted perante a Academia de Ciências de Paris em 4 de setembro de 1820. Diante da descrença generalizada, repetiu a experiência de Ørsted perante a Academia em 11 de setembro.

O motivo dessa descrença é que a experiência de Ørsted ia contra as ideias de simetria da época. Imaginemos o caso em que a bússola está inicialmente em repouso apontando aproximadamente na direção Norte-Sul geográfica terrestre. O polo Norte da agulha aponta aproximadamente para o polo Norte geográfico terrestre. Um fio retilíneo paralelo à agulha da bússola é colocado verticalmente sobre ela. Inicialmente não passa corrente no fio. O fio e a agulha definem um plano vertical. Em princípio não há nada que privilegie um lado desse plano vertical em relação ao outro lado. Contudo, a experiência de Ørsted mostra que, ao fluir uma corrente pelo fio, com a corrente indo do Sul para o Norte geográfico da Terra, o polo Norte da agulha imantada deixa o plano vertical inicial. Em particular, o polo Norte da agulha fica inclinado para Oeste em relação ao plano vertical. Ou seja, o polo Norte da agulha vai apontar para algum lugar entre o Norte e o Oeste da Terra. A direção exata apontada pela agulha vai depender da distância entre o centro da agulha e o fio retilíneo. Quando essa distância era de 3/4 de polegada, o desvio que Ørsted obteve foi de 45°. Aparentemente há uma quebra de simetria aqui. Seria mais natural se o polo Norte da agulha fosse atraído ou repelido pelo fio, mantendo-se no mesmo plano vertical. Esse desvio do polo Norte da agulha para um dos lados do plano vertical não era algo esperado. Foi isso que chamou a atenção dos cientistas da época.

[...].

Ampère assistiu às demonstrações que Arago fez do trabalho de Ørsted e foi a partir da primeira reunião que passou a trabalhar intensamente sobre este tema. Interpretou a experiência de Ørsted e todos os fenômenos magnéticos já conhecidos em termos de uma interação entre elementos de corrente. Para isto, teve de supor também que existem correntes elétricas na Terra e nos ímãs usuais. De acordo com Ampère, essas correntes é que seriam as responsáveis pelas propriedades magnéticas desses corpos. Todos esses fenômenos seriam devidos a um único princípio, a saber, a força entre condutores com corrente. Com essa hipótese, Ampère esperava

explicar tanto os fenômenos, já conhecidos há séculos, de interação entre ímãs, quanto o fenômeno descoberto por Ørsted do torque exercido por um fio com corrente sobre uma agulha imantada. E mais, a partir dessa hipótese, Ampère previu um fenômeno novo, ainda não observado por ninguém antes dele. Esse novo fenômeno era a interação direta entre dois condutores com corrente. Mais tarde realizou diversas experiências mostrando a existência dessa interação entre fios com corrente elétrica (ASSIS; CHAIB, 2011, p. 26).

Segundo trecho (ASSIS; CHAIB, 2011, p. 59-60)⁴:

[...]. Para interpretar essa experiência, Ampère teve uma ideia original, rica e muito frutífera que o levou a diversas experiências inovadoras e a todo um conjunto de novos fenômenos que ninguém havia observado antes dele. Sua ideia principal foi a de que existiam apenas interações entre elementos de corrente, juntamente com a suposição da existência dessas correntes na Terra e nos ímãs. Seriam as interações entre essas correntes que explicariam as conhecidas propriedades magnéticas desses corpos. A partir dessa concepção, Ampère passou a encarar essas propriedades magnéticas como interações entre correntes elétricas. Isso abriu sua visão para uma infinidade de novas possibilidades que poderiam ser testadas e exploradas dos pontos de vista conceitual, matemático e experimental. Citamos aqui algumas de suas palavras a esse respeito:¹

A primeira reflexão que fiz quando desejei procurar as causas dos novos fenômenos descobertos pelo Sr. Ørsted foi que a ordem pela qual se descobrem dois fatos não interfere em quaisquer conclusões a que se possa chegar a partir das analogias que eles apresentam. Podíamos supor que antes de saber que a agulha imantada assume uma direção constante do Sul ao Norte [devido à presença do magnetismo terrestre], tivéssemos conhecido inicialmente a propriedade de que a agulha é girada por uma corrente elétrica [retilínea] em uma situação [em que o eixo dessa agulha fica] perpendicular a esta corrente, de modo que o polo austral [Norte] da agulha fosse levado à esquerda da corrente [em relação a um homem paralelo à corrente elétrica, com a corrente entrando pelos seus pés e saindo por sua cabeça, de costas para a corrente e olhando a agulha da bússola à sua frente], e que se descobrisse posteriormente a propriedade que ela tem de girar constantemente em direção ao Norte [geográfico da Terra, devido ao magnetismo terrestre] a sua extremidade que era levada para o lado esquerdo da corrente. [Se esta fosse a sequência histórica das descobertas,] a ideia mais simples e que se apresentaria imediatamente a quem quisesse explicar a direção constante do Sul ao Norte, não seria supor [a existência] na Terra de uma corrente elétrica, [fluindo] em uma direção tal que o Norte [geográfico terrestre] se encontrasse à esquerda de um homem que, deitado sobre a superfície da Terra de modo a ter a face voltada para a agulha, recebesse esta corrente indo na direção dos seus pés à sua cabeça, concluindo disto que [essa corrente elétrica terrestre] ocorre de Leste para

⁴ Nos trechos: "[...] respeito:¹" (ASSIS; CHAIB, 2011, p. 59); "[...] artigo:²" (ASSIS; CHAIB, 2011, p. 59); e "Também:³" (ASSIS; CHAIB, 2011, p. 60), do livro: *"Eletrodinâmica de Ampère: análise do significado e da evolução da força de Ampère, juntamente com a tradução comentada de sua principal obra sobre eletrodinâmica"* (ASSIS; CHAIB, 2011), os números (1), (2) e (3) sobrescritos, conforme os autores citam em nota de rodapé, se referem as referências 58 e 2. Consultando as Referências do livro, 58 se refere a: AMPÈRE, A.-M. Mémoire sur l'Action mutuelle entre deux courans électriques, entre un courant électrique et un aimant ou le globe terrestre, et entre deux aimants. *Annales de Chimie et de Physique*, v. 15, p. 170-218, 1820. E 2 se refere a: CHAIB, J. P. M. d. C.; ASSIS, A. K. T. Sobre os efeitos das correntes elétricas (segunda parte) – Tradução da primeira obra de Ampère sobre eletrodinâmica. *Revista Brasileira de História da Ciência*, v. 2, p. 118-145, 2009.

Oeste, em uma direção perpendicular ao meridiano magnético?

Outro trecho desse mesmo artigo:²

É esta ação [isto é, ação de um longo condutor com corrente defletindo um ímã] descoberta pelo Sr. Oersted que me levou a reconhecer a ação de duas correntes elétricas, uma sobre a outra, assim como a ação do globo terrestre sobre uma corrente, e a maneira como a eletricidade produzia todos os fenômenos apresentados pelos ímãs, [como devidos a] uma distribuição semelhante à que ocorre no condutor de uma corrente elétrica, que segue curvas fechadas perpendiculares ao eixo de cada ímã. Estes pontos de vista – cuja maior parte só foi confirmada mais tarde pela experiência – foram comunicados à Academia Real das Ciências, em sua reunião de 18 de setembro de 1820.

Também:³

Limitar-me-ei a dizer que após ter deduzido apenas o primeiro resultado geral a partir da nota do Sr. Oersted, deduzi a explicação dos fenômenos magnéticos, baseado na existência de correntes elétricas no interior do globo terrestre e no interior dos ímãs.

Foi essa interpretação de Ampère, radicalmente nova, para as interações magnéticas e eletromagnéticas que o levou a todo um novo programa de pesquisas experimentais e teóricas. Em particular, previu a interação entre condutores com corrente, fenômeno até então nunca observado. Ampère foi o primeiro a prever e a obter esse fenômeno experimentalmente. Previu também a interação entre a Terra e condutores com corrente, sendo mais uma vez o primeiro a observar esse fenômeno. Além disso, buscou distribuições espaciais de correntes elétricas em condutores metálicos que reproduzissem as interações entre ímãs. Ou seja, tentou simular o comportamento magnético de ímãs utilizando apenas condutores com correntes, encontrando para isto circuitos elétricos apropriados. Também buscou simular o magnetismo terrestre utilizando apenas correntes elétricas. Neste caso tentou reproduzir a interação entre ímãs e a Terra utilizando somente circuitos com correntes. Além disso, buscou simular a experiência de Ørsted (orientação de uma bússola por um fio com corrente) utilizando apenas condutores com corrente. Essa nova concepção teórica levou Ampère a buscar uma expressão matemática para a interação entre correntes elétricas, com a qual se pudessem descrever quantitativamente todos esses fenômenos e prever novos resultados experimentais. Todos esses aspectos decorreram naturalmente de sua nova concepção teórica, que se mostrou extremamente frutífera e produtiva. E Ampère conseguiu realizar todo esse imenso programa de pesquisas no curto prazo de seis anos (ASSIS; CHAIB, 2011, p. 59-60).

Na sequência, o professor irá propor uma atividade para os alunos sistematizarem o conhecimento sobre o experimento de Ørsted e a interpretação que Ampère deu para esse experimento.

Atividade:

A partir da leitura e discussão dos dois trechos do livro: "*Eletrodinâmica de Ampère: análise do significado e da evolução da força de Ampère, juntamente com a tradução comentada de sua principal obra sobre eletrodinâmica*" (ASSIS; CHAIB,

2011, p. 26) e (ASSIS; CHAIB, 2011, p. 59-60), monte um quadro, apresentado a explicação de Ampère para o porquê de a agulha se mover, se ela não está em contato com o fio. Ilustre essa explicação:

Explicação de Ampère	Ilustração

5.8 - 8ª ATIVIDADE

- **Aprofundando a explicação de Ampère**
- **Carga horária prevista: 2 h/a**
- **Essa atividade tem por objetivo verificar, através da pesquisa, o novo fenômeno observado por Ampère ao tentar explicar o experimento de Ørsted, o da interação entre dois fios condutores com corrente elétrica.**

PROCEDIMENTO:

Nessa atividade o professor retomará a leitura do texto citado na 7ª ATIVIDADE (ASSIS; CHAIB, 2011, p. 26), chamando a atenção dos alunos para o trecho:

"[...] Ampère previu um fenômeno novo, ainda não observado por ninguém antes dele. Esse novo fenômeno era a interação direta entre dois condutores com corrente. [...]" (ASSIS; CHAIB, 2011, p. 26).

Na sequência, irá propor uma atividade de pesquisa no laboratório de informática.

Atividade:

Pesquisar, no laboratório de informática, textos e vídeos (registrar as respectivas referências) que apresentam o novo fenômeno observado por Ampère, o da interação direta entre dois fios condutores com corrente elétrica, lê-los, assisti-los e montar um relatório destacando:

materiais utilizados	procedimento experimental	resultados observados	ilustração dos resultados

5.9 - 9ª ATIVIDADE

- **Conhecendo a biografia de Faraday**
- **Carga horária prevista: 2 h/a**
- **Essa atividade tem por objetivo aprofundar o conhecimento biográfico de Faraday, a fim dos alunos verificarem os fatos históricos ocorridos durante a vida de Faraday.**

PROCEDIMENTO:

Nessa 9ª ATIVIDADE o professor irá propor aos alunos a leitura de um trecho do artigo: "*Michael Faraday: o caminho da livraria à descoberta da indução eletromagnética*" (DIAS; MARTINS, 2004, p. 519-520)⁵, com o objetivo de verificar, analisar e discutir a biografia de Faraday:

Michael Faraday nasceu em 22 de setembro de 1791, em Newington Butts, Surrey.¹⁰ Seus pais, James Faraday (que trabalhava como ferreiro) e Margaret Hastwell, já tinham dois filhos: Elizabeth e Robert. A família se mudou para Londres quando Faraday tinha cinco anos, época em que a Inglaterra sofria as consequências da Revolução Francesa. A situação financeira da família era ruim e Michael teve uma precária formação básica, aprendendo somente o necessário para ler, escrever e um pouco de Matemática.

Em 1804, com 13 anos, Faraday começou a trabalhar para G. Riebau, como ajudante em sua livraria. Sua função era transportar o material e ajudar nas encadernações. Nesse contato com os livros ele teve a oportunidade de melhorar sua formação, lendo com grande interesse todos os livros que podia.

Em 1812, através da ajuda de um cliente da livraria, assistiu a uma série de quatro conferências do químico Humphry Davy, na *Royal Institution*. Anotou cuidadosamente essas conferências e enviou uma cópia para Davy, pedindo-lhe um emprego em qualquer função relacionada à Ciência. Em março do ano seguinte, com a demissão de um assistente, Faraday conseguiu o emprego. Então, aos 22 anos, Faraday tornou-se auxiliar de laboratório de Humphry Davy na *Royal Institution* de Londres.

Em outubro de 1813, Faraday acompanhou Davy em uma viagem pela França, Itália e Suíça, onde manteve contato com cientistas de diferentes áreas e aprendeu a "ver" e "pensar" os problemas científicos. Durante vários anos, apenas auxiliou Davy em seus estudos em Química e foi assim que adquiriu um enorme traquejo experimental. Davy foi um químico brilhante e seu laboratório era um dos mais bem equipados da Inglaterra. Com ele, Faraday fez um estudo sobre o cloro, experiências sobre difusão de gases e liquefação, dentre tantas outras atividades sobre Química.

⁵ No trecho: "[...] Surrey.¹⁰ [...]" (DIAS; MARTINS, 2004, p. 519), do artigo: "*Michael Faraday: o caminho da livraria à descoberta da indução eletromagnética*" (DIAS; MARTINS, 2004), o número (10) sobrescrito se refere a uma nota de rodapé dos autores.

Até 1820 Faraday não havia se dedicado a pesquisas físicas. Neste ano, Hans Christian Ørsted divulgou a descoberta do eletromagnetismo [...]. Motivado por esses estudos, aos 29 anos Faraday iniciou uma série de trabalhos independentes sobre eletromagnetismo, sempre intercalados pelos estudos sobre Química.

Em 1821, Faraday fez suas primeiras conferências e começou a publicar seus trabalhos independentes. Casou-se com Sarah Barnad neste mesmo ano, e foi recomendado por Davy para sucedê-lo na superintendência do laboratório. A partir desse período, o trabalho de Faraday já era independente. Em 1824 ele se tornou membro da *Royal Society*, por seus trabalhos sobre Química. Em 1825 ele se tornou diretor do laboratório, e no ano seguinte iniciou uma série de conferências semanais, às sextas-feiras. Até 1830 os trabalhos principais de Faraday foram sobre Química. Em 1831, com a descoberta da indução eletromagnética, Faraday iniciou um período em que se envolveu cada vez mais com pesquisas físicas, sem nunca abandonar, no entanto, a Química.

Durante sua vida, foi chamado para consultoria em diversos trabalhos públicos e por 30 anos foi conselheiro da *Trinity House*. Sem nunca ter cursado uma universidade, recebeu títulos honorários e homenagens de toda parte do mundo, e ambos, *Royal Society* e *Royal Institution*, tentaram persuadi-lo a aceitar a presidência, sem sucesso.

No verão de 1858, Faraday se aposentou, após 38 anos de trabalho na *Royal Institution*. Morreu em 25 de agosto de 1867, em Hampton Court Green, Londres (DIAS; MARTINS, 2004, p. 519-520).

Após a leitura desse trecho, o professor direcionará algumas discussões e pedirá para os alunos elaborarem um quadro, destacando a época e os fatos históricos relacionados a Faraday, assim como foi feito na 3ª ATIVIDADE com Ørsted e na 6ª ATIVIDADE com Ampère.

Atividade:

Com base na leitura indicada na 9ª ATIVIDADE, montar um quadro, destacando os fatos históricos ocorridos durante a vida de Faraday, em seus respectivos períodos:

Época	Fatos Históricos

5.10 - 10ª ATIVIDADE

- Discutindo a interpretação de Faraday em relação ao experimento de Ørsted
- Carga horária prevista: 2 h/a
- Essa atividade tem por objetivo verificar as ideias de Faraday em relação ao experimento de Ørsted e os pontos de divergências entre Ørsted, Ampère e

Faraday em relação a interpretação do experimento de Ørsted.

PROCEDIMENTO:

Nessa atividade o professor irá propor a leitura e discussão de um trecho do livro: "*Eletrodinâmica de Ampère: análise do significado e da evolução da força de Ampère, juntamente com a tradução comentada de sua principal obra sobre eletrodinâmica*" (ASSIS; CHAIB, 2011, p. 219-220)⁶:

[...].

Em 1821, Faraday realizou algumas experiências analisando o torque sofrido por uma agulha imantada horizontal, colocada nas proximidades de um fio vertical no qual circulava uma corrente constante. Interpretou-as em termos de forças exercidas pelo fio com corrente sobre os supostos polos magnéticos da agulha. De suas experiências, concluiu que esses polos não estavam localizados exatamente nas extremidades da agulha. Além disso, as forças exercidas pelo fio sobre o polo não apontavam para o fio, mas sim ortogonalmente ao fio e à reta unindo o polo ao fio. Ou seja, eram forças que causariam o giro ou revolução do polo ao redor do fio. Não eram forças atrativas e repulsivas, mas sim forças revolutivas. Embora nessas experiências Faraday não tivesse observado o movimento do fio, devido às forças exercidas sobre ele pelo ímã, acreditava que essas forças opostas deveriam existir. Provavelmente estava pensando em termos da lei de ação e a reação de Newton. Palavras de Faraday descrevendo suas experiências, que de certa forma são análogas à experiência original de Ørsted:⁴

Disto é evidente que o centro da porção ativa de cada perna da agulha [imantada], ou o polo verdadeiro, como pode ser chamado, não está na extremidade da agulha, mas pode ser geralmente representado por um ponto no eixo da agulha, a uma certa distância da extremidade. Também era evidente que este ponto tinha uma tendência a girar ao redor do fio [com corrente] e portanto, necessariamente, o fio [tinha uma tendência a girar] ao redor do ponto. E como os mesmos efeitos aconteciam na direção oposta com o outro polo, era evidente que cada polo tinha o poder de agir sobre o fio por ele mesmo, e não como qualquer parte da agulha, ou como estando conectado com o polo oposto. [...]

Várias conclusões importantes seguem destes fatos; tais como não haver atração entre o fio e qualquer polo de um ímã; que o fio tem de girar ao redor de um polo magnético e um polo magnético [tem de girar] ao redor de um fio; [...]

Tentaram-se várias maneiras de produzir a revolução de um fio e de um polo um ao redor do outro, sendo [esta] a primeira coisa importante necessária para provar a natureza da força exercida mutuamente entre eles.

⁶ No trecho: "[...] Ørsted:⁴" (ASSIS; CHAIB, 2011, p. 219), do livro: "*Eletrodinâmica de Ampère: análise do significado e da evolução da força de Ampère, juntamente com a tradução comentada de sua principal obra sobre eletrodinâmica*" (ASSIS; CHAIB, 2011), o número (4) sobrescrito, conforme os autores citam em nota de rodapé, se refere as referências 128 e 129. Consultando as Referências do livro, 128 se refere a: FARADAY, M. On some new electro-magnetical motions, and on the theory of magnetism. *The Quarterly Journal of Science, Literature, and the Arts*, v. 12, p. 74-96, 1821. E 129 se refere a: FARADAY, M. On some new electro-magnetical motions and on the theory of magnetism. In: HUTCHINS, R. M. (Ed.). *Great Books of the Western World*, Vol. 45: *Lavoisier, Fourier, Faraday*. Chicago: Enciclopaedia Britannica, 1952. p. 795-807. reprint of the Quarterly Journal of Science, Vol. 12, pp. 74-96 (1821).

Em setembro de 1821, Faraday teve sucesso nessas experiências de rotação contínua de um fio com corrente ao redor de um ímã, ou de um ímã ao redor de um fio com corrente, [...]. Novamente descreveu essas experiências em termos da existência de polos magnéticos e das forças atrativas e repulsivas entre esses polos e o fio com corrente. Para Faraday, essas forças seguiam o princípio de ação e reação. Só que não estavam direcionadas ao longo da menor reta unindo cada polo a um longo fio retilíneo com corrente. Em vez disso, para Faraday, essas forças eram normais a esta reta e ao fio, ou seja, eram forças que causavam o giro ou a revolução mútua entre o suposto polo magnético e o fio. [...] (ASSIS; CHAIB, 2011, p. 219-220).

Em seguida, o professor, retomará a leitura do trecho:

"[...] Faraday teve sucesso nessas experiências de rotação contínua de um fio com corrente ao redor de um ímã, ou de um ímã ao redor de um fio com corrente, [...]" (ASSIS; CHAIB, 2011, p. 220).

E na sequência, irá propor uma atividade de pesquisa no laboratório de informática.

Atividade:

Pesquisar, no laboratório de informática, textos e vídeos (registrar as respectivas referências) que apresentam as experiências de rotação contínua de um fio com corrente ao redor de um ímã, de Faraday, lê-los, assisti-los e montar um relatório destacando:

materiais utilizados	procedimento experimental	resultados observados	ilustração dos resultados

5.11 - 11ª ATIVIDADE

- **Verificando as ideias atuais referente ao efeito magnético causado por uma corrente elétrica**
- **Carga horária prevista: 4 h/a**
- **Essa atividade tem por objetivo verificar qual conceito é utilizado atualmente para explicar o efeito magnético causado por uma corrente elétrica.**

PROCEDIMENTO:

Nessa atividade o professor irá propor a leitura e discussão de dois trechos do livro: "*Eletrodinâmica de Ampère: análise do significado e da evolução da força de Ampère, juntamente com a tradução comentada de sua principal obra sobre eletrodinâmica*" (ASSIS; CHAIB, 2011), com o objetivo de verificar qual conceito é utilizado atualmente para explicar o experimento de Ørsted.

Primeiro trecho (ASSIS; CHAIB, 2011, p. 229-230)⁷:

Hoje em dia, raramente aparece nos livros didáticos a força de Ampère entre elementos de corrente. Em vez disso, utiliza-se normalmente o conceito de "campo magnético" para explicar as interações magnéticas, eletromagnéticas e eletrodinâmicas. [...].

Foi em 7 de novembro de 1845 que Faraday utilizou, pela primeira vez, a palavra "campo" em seu diário.² Porém, muito antes dessa época, ele já utilizava expressões com significados análogos, tais como "curvas magnéticas" ou "linhas de forças magnéticas".³ Ele começou a mencionar o "campo magnético" nas suas publicações apresentadas à Royal Society em 1845, e publicadas em 1846.⁴

Contudo, foi apenas em um artigo de 1851 que definiu claramente esse conceito (os números entre parênteses referem-se aos parágrafos da obra de Faraday):⁵

Tentarei agora considerar qual é a influencia que corpos paramagnéticos e diamagnéticos, vistos como condutores (2797), exercem sobre as linhas de força em um campo magnético. *Qualquer porção do espaço atravessada por linhas de potência magnética pode ser considerada como um campo destes*, e provavelmente não existe espaço sem elas. A condição do campo pode variar em intensidade de potência, de lugar para lugar, seja ao longo das linhas ou através delas; mas será melhor assumir na consideração atual um campo por toda parte de força igual, e já descrevi anteriormente como isso pode ser produzido para um certo espaço limitado (2465). (grifo nosso)

⁷ Nos trechos: "[...] diário.² [...]" (ASSIS; CHAIB, 2011, p. 229); "[...] "linhas de forças magnéticas".³ [...]" (ASSIS; CHAIB, 2011, p. 229); "[...] em 1846.⁴" (ASSIS; CHAIB, 2011, p. 229); "[...] de Faraday):⁵" (ASSIS; CHAIB, 2011, p. 229); "[...] de ferro.⁶" (ASSIS; CHAIB, 2011, p. 229); "[...] definição:⁷" (ASSIS; CHAIB, 2011, p. 229); "[...] magnetizados:⁸ [...]" (ASSIS; CHAIB, 2011, p. 230); e "[...] de Ørsted):⁹" (ASSIS; CHAIB, 2011, p. 230), do livro: "*Eletrodinâmica de Ampère: análise do significado e da evolução da força de Ampère, juntamente com a tradução comentada de sua principal obra sobre eletrodinâmica*" (ASSIS; CHAIB, 2011), o número (²) sobrescrito, conforme os autores citam em nota de rodapé, se refere a referência 223. Consultando as Referências do livro, 223 se refere a: NERSESSIAN, N. J. Faraday's field concept. In: GOODING, D.; JAMES, F. A. J. L. (Ed.). *Faraday Rediscovered*. Basingstoke: Macmillan Press, 1989. p. 175-187. Os números (³), (⁴), (⁵) e (⁶) sobrescritos, conforme os autores citam em nota de rodapé, se referem a referência 216. Consultando as Referências do livro, 216 se refere a: FARADAY, M. *Experimental Researches in Electricity*. Chicago: Encyclopaedia Britannica, 1952. (Great Books of the Western World, v. 45, pp. 257-866). O número (⁷) sobrescrito, conforme os autores citam em nota de rodapé, se refere a referência 224. Consultando as Referências do livro, 224 se refere a: MAXWELL, J. C. A dynamical theory of the electromagnetic field. In: NIVEN, W. D. (Ed.). *The Scientific Papers of James Clerk Maxwell*. Nova York: Dover, 1965. p. 526-597 (vol. 1). Artigo publicado originalmente em 1864. E os números (⁸) e (⁹) sobrescritos, conforme os autores citam em nota de rodapé, se referem a referência 7. Consultando as Referências do livro, 7 se refere a: MAXWELL, J. C. *A Treatise on Electricity and Magnetism*. Nova York: Dover, 1954.

Isto é, para Faraday, um campo magnético pode ser considerado como qualquer região do espaço atravessada por linhas de potência magnética (ou por linhas de força, outra expressão utilizada por ele). Para Faraday, essas linhas de potência magnética poderiam ser visualizadas por meio de limalhas de ferro.⁶

Maxwell adotou as concepções de Faraday e expressou-as matematicamente. Em um artigo de 1864, intitulado “Uma teoria do campo eletromagnético”, apresentou a seguinte definição:⁷

(3) Portanto, a teoria que proponho pode ser chamada de uma teoria do *Campo Eletromagnético*, já que ela lida com o espaço nas redondezas dos corpos elétricos e magnéticos, e pode ser chamada de uma Teoria *Dinâmica*, já que ela assume que neste espaço existe matéria em movimento, por meio da qual são produzidos os fenômenos eletromagnéticos.

(4) O campo eletromagnético é aquela região do espaço que contém e circunda os corpos em condições elétricas e magnéticas. (grifos do autor)

Em seu *A Treatise on Electricity and Magnetism*, de 1873, encontramos a mesma definição de “campo” como uma região do espaço circundando corpos eletrizados ou magnetizados:⁸ “O campo elétrico é a porção do espaço nas vizinhanças dos corpos eletrizados, considerados com relação aos fenômenos elétricos”. Uma definição similar aparece em relação ao “campo magnético” gerado por um fio conduzindo uma corrente constante (ele estava se referindo à experiência de Ørsted):⁹

Portanto, parece que no espaço ao redor de um fio transmitindo uma corrente elétrica um ímã sofre a ação de forças que dependem da posição do fio e da intensidade da corrente. *Portanto, o espaço no qual agem estas forças pode ser considerado como um campo magnético*, e podemos estudá-lo da mesma forma como já estudamos o campo nas vizinhanças de ímãs comuns, ao traçar [com o auxílio de limalhas de ferro, por exemplo] a trajetória das linhas de força magnética, e medindo a intensidade da força em cada ponto. (grifo nosso)

Observa-se que as definições de Faraday e Maxwell coincidem. Os campos elétricos e magnéticos são regiões do espaço ao redor de cargas elétricas, de ímãs ou de fios com corrente. Essas definições foram seguidas por outros pesquisadores do passado e ainda são adotadas hoje em dia. [...] (ASSIS; CHAIB, 2011, p. 229-230).

Segundo trecho (ASSIS; CHAIB, 2011, p. 231):

Normalmente, consideram-se nos livros quatro grandezas como possíveis fontes que poderiam gerar um campo magnético: os polos magnéticos, os elementos de corrente, as cargas elétricas em movimento e as variações temporais de um campo elétrico. [...].

[...].

No §383 de seu *Treatise*, Maxwell falou do *potencial magnético* devido a um polo de um ímã. Já no §389, ele discutiu a energia potencial dos polos de um ímã colocado em um campo magnético gerado por outros ímãs. O campo magnético gerado por um polo magnético seria análogo ao campo eletrostático de uma carga em repouso, ou ao campo gravitacional de uma massa parada. Ou seja, o campo em um certo ponto, devido a um polo magnético, seria central, apontando ao longo da reta que une esse ponto ao polo, e variando com o inverso do quadrado da distância entre esse ponto e o polo magnético que estaria gerando esse campo.

Em notação vetorial e no Sistema Internacional de Unidades, o campo magnético \vec{B} (\vec{r}) no ponto \vec{r} , gerado por um polo magnético P' e localizado na origem do sistema de coordenadas, é dado por:

$$\vec{B}(\vec{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I'}{r^2} \hat{r} \quad (15.1)$$

Nessa equação temos que $r \equiv |\vec{r}|$ é a distância entre o polo e ponto onde o campo está sendo calculado. Já $\hat{r} \equiv \vec{r}/r$ é o vetor de módulo unitário, apontando para o ponto \vec{r} onde o campo está sendo calculado (ASSIS; CHAIB, 2011, p. 231).

Na sequência, o professor irá propor algumas atividades. Essas atividades serão feitas a partir da leitura e discussão dos dois trechos do livro: "*Eletrodinâmica de Ampère: análise do significado e da evolução da força de Ampère, juntamente com a tradução comentada de sua principal obra sobre eletrodinâmica*" (ASSIS; CHAIB, 2011, p. 229-230) e (ASSIS; CHAIB, 2011, p. 231) e de pesquisas no laboratório de informática.

Atividade A:

Questões: De acordo com a leitura e discussão dos trechos: (ASSIS; CHAIB, 2011, p. 229-230) e (ASSIS; CHAIB, 2011, p. 231), defina:

Campo magnético	Linhas de campo

Atividade B:

Pesquisar e registrar, no laboratório de informática, quem foi Maxwell e o que ele representou para o desenvolvimento do Eletromagnetismo. (**Obs.:** Registrar as respectivas referências).

Atividade C:

Pesquisar e registrar, no laboratório de informática, três problemas que envolvem cálculo de campo magnético, para serem analisados e discutidos. (**Obs.:** Registrar as respectivas referências).

5.12 - 12ª ATIVIDADE

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - Revisando os conteúdos abordados nas 11 atividades anteriores - Carga horária prevista: 3 h/a |
|--|

- Essa atividade tem por objetivo retomar os conteúdos trabalhados nas atividades anteriores.

PROCEDIMENTO:

Nessa atividade o professor deverá retomar, resumidamente, cada atividade desenvolvida na Sequência Didática, levantando discussões para que os alunos participem e esclareçam suas dúvidas.

6 - AVALIAÇÃO

- Carga horária prevista: 4 h/a
- A avaliação consistirá na apresentação de um seminário e um debate.
- A avaliação tem por objetivo verificar de forma qualitativa se as atividades propostas nessa Sequência Didática favoreceram, através da História da Ciência, a construção significativa do conhecimento científico e a compreensão de que a Ciência não é algo pronto e acabado, mas um processo em constante evolução.

PROCEDIMENTO:

O professor irá propor para os alunos montarem três grupos, um representando Ørsted, outro Ampère e outro Faraday. Cada grupo deverá retomar as atividades para montarem uma apresentação e formularem três questionamentos para serem dirigidos aos outros grupos. Primeiramente cada grupo fará sua apresentação, argumentando a favor das ideias dos cientistas que estão representando. Em seguida, cada grupo deverá fazer três perguntas para os outros grupos, questionando as ideias dos outros cientistas. Tanto as questões, quanto as respostas deverão ser registradas.

7 - REFERÊNCIAS

ASSIS, André Koch Torre; CHAIB, João Paulo Martins de Castro. *Eletrodinâmica de Ampère: análise do significado e da evolução da força de Ampère, juntamente com a*

tradução comentada de sua principal obra sobre eletrodinâmica. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2011.

DIAS, Valéria Silva; MARTINS, Roberto de Andrade. *Michael Faraday: o caminho da livraria à descoberta da indução eletromagnética*. *Ciência e Educação*, v. 10, n. 3, p. 517-530, 2004. Disponível em: <<http://www.ghc.usp.br/server/pdf/ram-105.pdf>>. Acesso em: 09 out. 2014.

MARTINS, Roberto de Andrade. *Sobre o papel da história da ciência no ensino*. *Boletim da Sociedade Brasileira de História da Ciência* n. 9, p. 3-5, 1990. Disponível em: <<http://www.ifi.unicamp.br/~ghc/ups/pub/296.pdf>>. Acesso em: 05 jun. 2014.

MARTINS, Roberto de Andrade. *Ørsted e a descoberta do eletromagnetismo*. *Cadernos de História e Filosofia da Ciência* 10 (1986), pp. 89-114. Disponível em: <<http://www.ghc.usp.br/server/pdf/ram-30.pdf>>. Acesso em: 07 out. 2014.

MATTHEWS, Michael R. *História, filosofia e ensino de ciências: as tendências atual de reaproximação*. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 12, n. 3, p. 164-214, dez., 1995. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7084/6555>>. Acesso em: 05 jun. 2014.

NEVES, Marcos Cesar Danhoni. *A história da ciência no ensino de física*. *Revista Ciência e Educação*, v. 5, n. 1, p. 73-81, 1998. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v5n1/a07v5n1>>. Acesso em: 05 jun. 2014.

ØRSTED, Hans Christian. *Experiências sobre o efeito do conflito elétrico sobre a agulha magnética*. *Cadernos de História e Filosofia da Ciência* 10, 1986, p. 115-122. Tradução de Roberto de A. Martins. Disponível em: <http://www.academia.edu/1589495/Orsted_e_a_descoberta_do_eletromagnetismo._Experiencia_sobre_o_efeito_do_conflito_eletrico_sobre_a_agulha_magnetica._MARTINS_Roberto_de_Andrade>. Acesso em: 17 out. 2014.

PARANÁ, Governo do Paraná. Secretaria de Estado da Educação do Paraná. Departamento de Educação Básica. *Diretrizes Curriculares da Educação Básica: Física*. Paraná, PR, 2008.

ZANETIC, João. *Física e leitura: uma possível integração no ensino*. Sociedade Brasileira de Física. Atas do V Encontro de Pesquisadores em Ensino de Física. Belo Horizonte: UFMG/CECIMIG/FAE, 1997. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/v1/arquivos_diversos/EPEF/V/V-Encontro-de-Pesquisa-em-Ensino-de-Fisica.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2014.