



UNIVERSIDADE DE ÉVORA
ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

A EXPERIÊNCIA DE ØRSTED CONTRIBUTOS DA HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA PARA A SUA VALORIZAÇÃO DIDÁCTICA

Nazaré Lavrador Correia Pombinho Caldeira

**Dissertação apresentada à Universidade de Évora para
obtenção do grau de Mestre em Química em Contexto
Escolar**

Orientador:
Professora Doutora Mariana de Jesus Pedreira Valente

ÉVORA 2010

UNIVERSIDADE DE ÉVORA
ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

**A EXPERIÊNCIA DE ØRSTED
CONTRIBUTOS DA HISTÓRIA E FILOSOFIA DA
CIÊNCIA PARA A SUA VALORIZAÇÃO DIDÁCTICA**

Nazaré Lavrador Correia Pombinho Caldeira

**Dissertação apresentada para cumprimento dos requisitos necessários à
obtenção do grau de Mestre em Química em Contexto Escolar, realizada
sob a orientação científica da Professora Doutora Mariana de Jesus
Pedreira Valente**

Évora, Outubro de 2010

À Teresa, Alda, Madalena

e Bento

AGRADECIMENTOS

O meu primeiro agradecimento dirijo-o à minha orientadora, Professora Doutora Mariana Valente, pelo apoio e orientação prestados, pelas preciosas conversas que me conduziram a novas reflexões, pela amizade e pelas imprescindíveis injeções de ânimo.

Gostaria de manifestar o meu reconhecimento a todos os que me ajudaram na realização deste trabalho, muito particularmente à D. Teresa Foito e ao Sr. Sérgio Aranha, sempre disponíveis para me facultar o material necessário aos ensaios experimentais e sobretudo ao Sr. Josué Figueira sem o qual a construção do dispositivo experimental não teria sido possível.

À Direcção do Agrupamento de Escolas nº 2 de Évora, Escola Básica Integrada André de Resende, pela compreensão e colaboração relativamente à arrumação da componente lectiva do horário.

Aos meus alunos do 9º ano turma C, do ano lectivo 2009/2010 e Encarregados de Educação que sempre se mostraram disponíveis para colaborar nas actividades realizadas no âmbito deste trabalho.

À Direcção da Escola Secundária André de Gouveia, em particular ao Doutor Marcial Rodrigues, pela colaboração prestada facultando a consulta do acervo bibliográfico da Biblioteca da escola.

Aos meus Pais que sempre estiveram a meu lado suportando as longas ausências.

Às minhas Filhas, companheiras de todos os momentos, pelo apoio e ajuda incondicionais, pela tolerância e carinho com que suportaram o pouco tempo que lhes disponibilizei.

Ao meu marido pelo incentivo e compreensão que suavizaram os momentos de desânimo.

Por fim não podia deixar de agradecer a J. P., companheira das longas horas de trabalho ao computador.

RESUMO

É inquietante a falta de motivação dos jovens estudantes para as áreas científicas. Acreditamos que esta tendência pode ser contrariada se promovidos ambientes de aprendizagem articulados com apontamentos de História e Filosofia das Ciências. Neste trabalho apresentamos um estudo sobre esta temática, ilustrado com uma aplicação feita ao ensino da Física e Química, que incorpora as orientações programáticas de cariz CTSA (Ciência Tecnologia, Sociedade e Ambiente) do Currículo Nacional do Ensino Básico Português. Para o efeito foi escolhida uma experiência histórica que merecia ser valorizada, pois teve uma enorme repercussão científica, social e tecnológica, faz parte dos manuais escolares desde o século XIX e teve a singularidade de nascer em contexto didático: a Experiência de Ørsted.

O trabalho envolveu a recriação da experiência em sala de aula, contextualizando-a com elementos de uma narrativa construída.

THE ØRSTED EXPERIMENT
HISTORY AND PHILOSOPHY OF SCIENCE CONTRIBUTION FOR
DIDACTIC VALORIZATION

ABSTRACT

The lack of motivation of young students regarding the scientific areas is unsettling.

We believe that this tendency can be dealt with if learning environments articulated with History and Science Philosophy are promoted. In this paper we present a study on this subject, illustrated with an experiment conducted in the area of Physics and Chemistry which includes the STSE (Science, Technology, Society and Environment) program guidelines of the National Curriculum of the Portuguese Elementary Teaching Level. An historical experiment which deserved to be recognized was chosen to this effect because it had enormous scientific, social and technological repercussions; it is a part of school books since the 19th century and had the singularity of coming to life in a didactic context: the Ørsted Experiment.

The paper involved the recreation of the experiment in the classroom, contextualizing it with elements from the narrative speech.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	IV
RESUMO	V
ÍNDICE	VII
INTRODUÇÃO	1
ENQUADRAMENTO TEÓRICO E DESENVOLVIMENTO DA PROBLEMÁTICA	5
2.1. HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DAS CIÊNCIAS	6
2.1.1 QUE DIFICULDADES?	8
2.1.2 QUE CONTRIBUTOS?	13
2.1.3 EXPERIÊNCIAS HISTÓRICAS EM SALA DE AULA.....	21
2.1.4 NARRATIVA HISTÓRICA COMO RECURSO DIDÁCTICO	26
2.1.4.1 A NARRATIVA NO CONTEXTO DO ENSINO DAS CIÊNCIAS	28
2.1.4.2 NARRATIVA EXPERIMENTAL	35
2.2 PERTINÊNCIA DIDÁCTICA E CURRICULAR DA NARRATIVA EXPERIMENTAL	38
2.2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO CURRICULAR.....	39
2.2.2 CRIAÇÃO DE AMBIENTES CONSTRUTIVISTAS.....	43
2.3 DESENVOLVIMENTO DA INVESTIGAÇÃO	46
2.3.1 OBJECTIVOS	46
2.3.2 OPÇÕES METODOLÓGICAS.....	46
2.3.3 FASES DA INVESTIGAÇÃO	48
2.3.3.1 PRIMEIRA E SEGUNDA FASES	50
2.3.3.2 TERCEIRA FASE	53
2.3.3.3 QUARTA FASE	56
2.4. CONCLUSÃO	57
NARRATIVA EXPERIMENTAL	59
3.1. CONTRIBUTOS PARA A CONSTRUÇÃO DA NARRATIVA EXPERIMENTAL	60
3.1.1 A DESCOBERTA DE ØRSTED E O SEU VALOR DIDÁCTICO	61
3.1.1.1 DESCOBERTA POR ACASO?	74
3.1.1.2 A PUBLICAÇÃO DE 1820	76
3.1.2 A EXPERIÊNCIA DE ØRSTED NOS MANUAIS ESCOLARES.....	79
3.1.2.1 COMENTÁRIOS	79
3.2. CONSTRUÇÃO DA NARRATIVA EXPERIMENTAL	90
3.2.1 ENQUADRAMENTO HISTÓRICO DA EXPERIÊNCIA DE ØRSTED	91
3.2.2 ACTIVIDADE LABORATORIAL	92

3.2.2.1 APARATO EXPERIMENTAL.....	94
3.2.2.2 CONSTRUÇÃO DO DISPOSITIVO EXPERIMENTAL.....	100
3.2.2.3 PREPARAÇÃO DA ACTIVIDADE LABORATORIAL.....	102
3.3 CONCLUSÃO.....	117
APLICAÇÃO DA NARRATIVA EXPERIMENTAL.....	119
4.1- DESCRIÇÃO DAS AULAS.....	120
4.1.1 ENQUADRAMENTO HISTÓRICO - 1ª E 2ª AULAS.....	120
4.1.2 DECOBERTA DO ELECTROMAGNETISMO – 3ª E 4ª AULAS.....	128
4.1.3 O IMPACTO SOCIAL, CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO DA DESCOBERTA DE ØRSTED - 5ª AULA.....	131
4.2 ALGUNS COMENTÁRIOS AOS ACONTECIMENTOS OCORRIDOS EM SALA DE AULA.....	132
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	136
BIBLIOGRAFIA.....	142
ANEXOS.....	149
ANEXO I - RESPOSTAS DOS ALUNOS.....	149
ANEXO II - A EXPERIÊNCIA DE ØRSTED NOS MANUAIS ESCOLARES (SÉC. XIX - SÉC. XXI).....	164
ANEXO III - DEPOIMENTO DOS ALUNOS.....	186
ANEXO IV - CARTÕES COM EXCERTOS DO CONTO “O SINO”.....	191

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

Esta dissertação surge da percepção, actualmente generalizada, de que os alunos têm uma imagem negativa da ciência escolar (*school science*, Matthews, 1990). A investigação tem contribuído para confirmar esta ideia (ex: Matthews, 1994). No caso nacional esta visão negativa, sobre o Ensino das Ciências, parece estender-se à opinião pública. Testemunho disso, são algumas das crónicas de Nuno Crato no semanário Expresso ou as ideias debatidas e divulgadas em programas como o Plano Inclinado moderado pelo jornalista Mário Crespo.

Alguns investigadores em educação defendem que a solução para a actual “crise” no Ensino das Ciências passa pela alteração no modo como as ciências são abordadas, ao nível dos Ensinos Básico e Secundário. A introdução de acontecimentos considerados relevantes pela História e Filosofia da Ciência (HFC), em sala de aula, pode operar, na opinião de investigadores como Kipnis (2005a, 2007), Matthews (1994), Martins (1988) ou Solbes e

Traver (2003), melhorias substanciais na imagem e nas atitudes que os alunos apresentam em relação à Ciência e à sua aprendizagem.

Estas opiniões serviram de incentivo a aventurar-me neste domínio para tentar perceber como aplicar estas ideias na minha prática educativa e avaliar em que medida a sua aplicação poderá produzir as transformações anunciadas pelos investigadores e esperadas pela sociedade.

Estava aberta a problemática de investigação: procurar um caminho que, mediante o recurso a elementos de HFC, conduzisse a uma maior aproximação dos estudantes à Ciência, aos cientistas e ao trabalho que desenvolvem.

Solbes e Traver (2003) refere que a linha de investigação dedicada ao estudo da História da Ciência (HC) nas suas relações com o Ensino das Ciências, teve início na década de 1950, na Universidade de Harvard, por Conant¹ (1957). O estudo histórico de "casos", baseados na análise dos processos-chave do desenvolvimento da Ciência juntamente com as suas implicações filosóficas e sociais orientaram o trabalho.

A aprendizagem da Física e da Química, com recurso à realização de experiências históricas, permitirá, na opinião de Golin (2002, p. 487), “mastering the fundamentals of physics and achieving a high efficiency of education under the conditions of the scientific and technological revolution turn”². O professor deve seleccionar as experiências históricas de importância fundamental, aquelas que desempenharam um papel significativo no desenvolvimento da Ciência, e a partir delas criar situações que ajudem o aluno a perceber um pouco da complexidade que envolve o desenvolvimento científico. A perceber que esse desenvolvimento segue um sinuoso e lento caminho, povoado de fracassos, de avanços e recuos, que contrasta com aquele excessivamente simples que a ciência escolar apresenta.

Outro dos aspectos defendidos é o da importância de colocar os alunos em contacto com os dispositivos originais utilizados pelos cientistas, sendo também útil a contextualização histórica e social das diferentes descobertas (Cavicchi, 2008).

¹ James B. Conant, presidente da Universidade de Harvard, nos Estados Unidos, depois da Segunda Guerra Mundial, deu forte relevo à História da Ciência. Tornou-a popular através de várias publicações (*Understanding Science: Na Historical Approach* de 1947 e *Harvard Case Histories in Experimental Science* de 1957) (Matthews, 1992; Solbes & Traver, 2003).

² Foi opção, desta investigação, dada a sua natureza, utilizar citações na língua de origem.

Um Ensino da Ciência enriquecido com elementos da HFC pode beneficiar todos os alunos, quer os que continuem a estudar ciências, quer aqueles para quem a ciência escolar venha a ser o último contacto com a ciência formal (Matthews, 1994).

Perceber como o conhecimento científico se desenvolve e quais são as repercussões sociais das conquistas científicas, poderá gerar uma atitude positiva para com a Ciência. Esta atitude reflectir-se-á no aumento do interesse dos alunos em participar no processo de ensino/aprendizagem.

Argumentos a favor da introdução de aspectos históricos e filosóficos, nos currículos escolares, são abundantes, mas a forma de o fazer torna-se complexa e, por vezes, controversa. O recurso a textos originais e ao conhecimento produzido no âmbito da HFC, tendo em conta os conteúdos a leccionar e as interacções entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) que pretendem realçar, são exemplo de abordagens com potencial para fornecer uma imagem não deturpada do trabalho dos cientistas e aproximar o estudante da ciência escolar. Esta é uma ideia defendida pela investigação em educação.

A Experiência de Ørsted³ apresentou-se como um dos muitos caminhos possíveis de trabalhar nesta área. Partiu-se da ideia, assente nas leituras de HFC em contextos educativos, que construir uma narrativa histórica em torno da Experiência de Ørsted enriqueceria o ensino. Considerando o nível etário dos estudantes a que o ensaio se iria aplicar (14-15 anos), a narrativa deveria ser estruturada de forma a incorporar elementos experimentais de manipulação simples e com grande poder visual.

A Experiência de Ørsted esteve incluída nos manuais escolares desde meados do século XIX. Hoje apenas aparece no Ensino Básico como curiosidade. Ørsted raramente é referido e o efeito por ele descoberto aparece como uma evidência. Desta forma, tal como se apresenta actualmente nos manuais, pouco acrescenta à concepção dos alunos sobre esta Experiência. A sua repercussão científica, social e tecnológica merecia, do nosso ponto de vista, ser valorizada.

O exemplo que nos propomos estudar é um fenómeno de riqueza científica e didáctica relevante (Kipnis, 2005a). Os estudos de Ørsted sobre os desvios de uma agulha magnética perto de um fio condutor percorrido por corrente eléctrica representam uma das

³ Foi opção nesta investigação utilizar o nome do cientista dinamarquês na sua forma original (Hans Christian Ørsted) e não a sua forma latinizada.

experiências fundamentais. “Experiments giving birth to new branches and fields of physics” (Golin, 2002, p. 489).

O foco deste trabalho residiu na publicação de Ørsted, de 1820 e na sua recriação em sala de aula. Produzir uma abordagem que valorizasse a Experiência, a contextualizasse na época e permitisse evidenciar a sua importância científica, tecnológica e epistemológica tornou-se uma das finalidades da investigação. Transmitir com correcção o ambiente da Experiência para alunos do 9º ano de escolaridade mostrou-se um desafio; exigiu investigação, sensibilidade e acção. Como iriam reagir os estudantes?

Recorreu-se ao texto de Ørsted e aos textos dos historiadores da ciência que se interessaram por esta Experiência, bem como, ao estudo da literatura no âmbito da educação em ciências que explora a utilização da HFC em contextos educativos para criar uma narrativa. A análise do modo como tem sido referenciada nos manuais forneceu subsídios importantes para a construção das actividades que se queria aplicar em sala de aula.

Confrontar alunos do século XXI com situações semelhantes às vividas por Ørsted no século XIX pareceu-nos uma “aventura” importante a ser vivida. Como iriam alunos tão jovens reagir, com 200 anos de diferença, à descoberta das manifestações da natureza que tanto espantaram os cientistas da altura: a acção circular das forças magnéticas produzidas por um fio por onde passa corrente eléctrica; como apreciariam o encadeamento que levou à invenção do motor eléctrico e do dínamo (aspectos, sem dúvida, revolucionários do ponto de vista tecnológico e energético). Estas questões estiveram na base de todo o trabalho desenvolvido.

“The historical investigation of the development of a science is most needful, lest the principles treasured up in it become a system of half-understood precepts, or worse, a system of prejudices. Historical investigation not only promotes the understanding of that which now is, but also brings new possibilities before us.”

Mach (1883)

Capítulo 2

ENQUADRAMENTO TEÓRICO E DESENVOLVIMENTO DA PROBLEMÁTICA

Ao longo das últimas décadas, a investigação tem demonstrado o papel que a História e Filosofia da Ciência tem desempenhado no ensino e na aprendizagem das ciências. São múltiplas e variadas as publicações nessa área. Contudo, a utilização pedagógica da Experiência de Ørsted, em sala de aula, não tem sido objecto de estudo frequente.

Neste capítulo a reflexão passará por uma contextualização teórica das problemáticas em torno da introdução de elementos históricos nos currículos escolares e das discussões geradas em torno de aspectos que passam pela forma como estes elementos devem ser introduzidos, em sala de aula. Traduz-se a visão defendida pela investigação, relativa ao tipo de abordagens a adoptar.

Apresenta-se a problemática inerente à investigação e a metodologia subjacente ao estudo realizado em torno da Experiência de Ørsted e sua recriação em sala de aula.

2.1. HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DAS CIÊNCIAS

Vivemos num período em que a Ciência e a Tecnologia exercem grande influência nas nossas vidas, não será difícil verificar que o progresso sócio-tecnológico usufruído se prende com o seu desenvolvimento. O mundo em que vivemos é moldado pela Ciência e pela Técnica. As interações Ciência, Tecnologia e Sociedade estão necessariamente presentes quando se pensa em educação científica. Será “... impossível compreender o estado actual da ciência e as suas características sem conhecer a História da Ciência.” (Sequeira & Leite, 1988, p. 29).

A investigação tem apresentado argumentos diferentes relativamente à utilização de elementos de HFC nos currículos escolares, algo que tem gerado discussão em torno do modo e pertinência de utilização desses elementos.

Considerando que o conhecimento do passado da Ciência pode constituir-se como um contributo positivo no âmbito da educação em ciência, a investigação nessa área tem valorizado a dimensão histórica e filosófica e defendido a sua introdução no ensino. As práticas pedagógicas, neste domínio, ainda não estão generalizadas já que, como adiante se apresentará, este conhecimento tem características especiais que passa por uma formação cuidada de professores e pela dificuldade em encontrar respostas para uma questão pertinente: saber que “História da Ciência” se pretende trabalhar.

Serratt *in* Sequeira e Leite (1988) menciona que nos finais do século XIX, alguns professores ingleses introduziam nas suas aulas elementos de HFC convictos que estes motivavam os seus alunos. Esta convicção terá sido, mais tarde, apoiada e reforçada pela *British Association for the Advancement of Science* (BAAS).

Em 1917, a BAAS defendia a necessidade e a possibilidade de demonstrar que a Ciência é uma actividade humana recorrendo a elementos da HFC e considerava a existência de um certo paralelismo entre o desenvolvimento intelectual do indivíduo e o progresso histórico da Ciência. Este desenvolvimento poderia ser caracterizado por três fases: a fase do “bonito e do maravilhoso”; a fase da “utilidade” e a fase da “sistematização” (Sequeira & Leite, 1988). A presença dos três aspectos motivadores em que se baseiam as três fases, tornavam a Ciência mais interessante para alunos de todas as idades.

Apesar do empenho de alguns docentes na década de vinte e trinta, só nos finais dos anos quarenta, J. B. Conant, em Harvard, introduz, na educação geral em ciências, elementos históricos. O estudo de casos históricos (*historical cases*), baseado na análise dos processos-chave do desenvolvimento da Ciência juntamente com as suas implicações filosóficas e sociais era a proposta (Solbes & Traver, 2003).

Nos anos setenta o movimento a favor da utilização de elementos de HFC atingiu o seu auge com *The Project Physics Course*⁴. Elaborado por um conjunto de investigadores⁵ que acreditava que trabalhar os temas numa perspectiva histórica, ajudaria os alunos a encarar a Ciência, particularmente a Física, como actividade humana, multifacetada e maravilhosa (Matthews, 1992). Apesar das vantagens apontadas, a introdução de elementos históricos, no Ensino das Ciências, continuou a encontrar grande resistência nas duas décadas seguintes (Sequeira & Leite, 1988).

Em Portugal pouco se conhece sobre tentativas sistemáticas, de incluir elementos de HFC nos currículos de ciências. Rómulo de Carvalho (1906-1997) foi promotor de uma das mais significativas tentativas de difusão das ciências para o grande público. Considerava a Ciência componente fundamental da cultura. Nalguns dos seus textos de divulgação a História da Ciência tinha um papel central como é o caso da colecção “Ciência para Gente Nova”. Esforçou-se por manifestar as suas convicções e os seus trabalhos começaram na década de cinquenta. Vasta é a sua obra e importantes os contributos para o ensino da Física e da Química (Simões, Carneiro & Diogo, 2007).

Os novos currículos de Física e Química:

- O Currículo Nacional propõe, para o 3.º Ciclo, no conhecimento epistemológico:

“... a análise e debate de relatos de descobertas científicas, nos quais se evidenciem êxitos e fracassos, persistência e modos de trabalho de diferentes cientistas, influências da sociedade sobre a Ciência, possibilitando ao aluno confrontar, por um lado, as explicações científicas com as do senso comum, por outro, a ciência, a arte e a religião...” (Currículo Nacional do Ensino Básico, 2001a, p. 133).

⁴ A edição portuguesa (1985) da Fundação Calouste Gulbenkian, intitulada *Projecto Física*, teve como coordenador geral Maria Odete Valente, Professora da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

⁵ Gerald Holton e Fletcher Watson da Universidade de Harvard e James Rutherford da Universidade de New York (1970).

- No Ensino Secundário, a disciplina de Física e Química A (2003), tem como objectivos gerais:

“ ... compreender o modo como alguns conceitos físicos (...) se desenvolveram, (...) e conhecer marcos importantes na História da Física (...) A actividade de natureza histórica que se propõe no segundo contexto desta Unidade visa as finalidades gerais de tarefas deste tipo, tendo a particularidade de poder ser ilustrada com demonstrações experimentais que ajudarão a compreender a evolução dos conceitos e a orientação para novas descobertas.” (Currículo Nacional do Ensino Secundário, 2003).

Assiste-se a uma ligeira renovação do interesse na aplicação de elementos de HFC nos currículos escolares e começam a florescer publicações nesta área. A “... amplamente documentada crise no ensino contemporâneo de ciências (...) e os elevados índices de analfabetismo científico estão entre os principais alvos das pesquisas educacionais em ensino de ciências.” (Silva, 2006, p. IX).

O recurso a elementos de HFC aparece entre a diversidade de novas abordagens a serem consideradas para solucionar, ou pelo menos minimizar, este problema. Considerando que desde há mais de um século se salienta a importância da HFC, porque é que a sua influência não apresenta visibilidade no ensino e na produção de materiais didácticos?

2.1.1 QUE DIFICULDADES?

Apesar de reconhecidas as potencialidades de utilização da HFC no ensino, a sua influência na sala de aula e na produção de materiais didácticos tem sido, até ao momento, pouco relevante. Essa ausência de expressão reflecte alguns problemas apontados pela investigação:

- Reduzida disponibilidade de materiais históricos de qualidade e constrangimentos temporais que comprometem a concretização de estratégias inovadoras que se desviam da habitual exposição rápida de conteúdos (Sequeira & Leite, 1988; Heilbron, 2002);
- Problemas que se prendem com a formação de professores (A. Martins, 2007; Acevedo-Díaz, 2010; Martins, 1990; Spiliotopoulou-Papantoniou & Agelopoulos, 2009);
- Dificuldades didácticas na aplicação dos aspectos históricos subjacentes aos conteúdos científicos abordados (Sequeira & Leite, 1988).

A investigação tem referido que grande parte dos trabalhos nesta área são muito teóricos e não mostram resultados quanto à sua utilização em sala de aula (Wang & Cox-Petersen, 2002). Poucos podem ser utilizados directamente nas aulas de ciências. É necessário adequá-los quer aos objectivos dos programas, quer ao nível etário dos alunos. Tarefa para a qual a maioria dos docentes não está preparada.

A introdução de elementos de HFC nas aulas de ciências exigirá do professor capacidade para procurar e adaptar os materiais à realidade da sua aula. Como refere Martins (1990, p. 4) “...um bom professor de uma disciplina científica deve combinar uma prática científica (o conteúdo propriamente dito) e uma prática didáctica”.

Esta ideia remete-nos para o problema da formação de professores e do papel da HFC nessa área. Apesar da investigação apontar a HFC como uma fonte de conhecimento com fortes implicações na didáctica das ciências, esse facto, só por si, não garantiu o seu incremento em sala de aula (A. Martins, 2007).

Poderíamos questionar que obstáculos enfrentam os docentes que os impedem de adoptar uma prática que inclua elementos de HFC?

Os constrangimentos didácticos subjacentes à selecção e introdução de elementos históricos na sala de aula levantam dificuldades (A. Martins, 2007). Os docentes não se mostram muito seguros no modo de “como usar” e introduzir esses elementos nas suas aulas. Sendo a HFC utilizada como recurso e base de uma estratégia para o ensino de determinado conteúdo científico, poderá dizer-se que é o conteúdo científico que determina a selecção do elemento histórico a incluir nas aulas. É nesta fase de selecção que as convicções filosóficas do professor e os objectivos de ensino a atingir interferem de modo particular. A necessidade de, ao introduzir elementos de HFC nas aulas de ciências, se proceder a uma simplificação, prende-se com o facto de não ser possível “... numa disciplina de ciências ensinar os conteúdos científicos ditados pelo programa e a história completa desses mesmos conteúdos.” (Sequeira & Leite, 1988, p. 34).

Algumas das tentativas que pretendem utilizar a HFC para valorizar o ensino, optam por seguir uma técnica muito comum: datas importantes e nomes ilustres. O conhecimento científico é apresentado como uma progressão linear, fruto de descobertas realizadas por cientistas geniais. Esta excessiva simplicidade, como refere Martins (2006a), com que muitas vezes se abordam conteúdos científicos secundariza os aspectos sociais da Ciência e as controvérsias que algumas das descobertas científicas envolveram, desvirtuando o

processo de desenvolvimento científico. Alguns historiadores referem que as tentativas de simplificação não fazem justiça nem à Ciência, nem à História (Klein *apud* Kipnis, 2007).

A formação de professores no âmbito da HFC adquire singular importância na medida em que pode contribuir para:

- evitar visões distorcidas sobre a Ciência e a construção do conhecimento (Martins, 2006b);
- uma compreensão minuciosa da complexidade de aspectos que envolvem o processo de ensino e aprendizagem em ciências (Martins, 2006a);
- proporcionar uma intervenção mais qualificada na sala de aula (Martins, 2006a).

Uma boa formação pode operar positivamente na própria auto-estima do docente, dando-lhe segurança e motivação para uma reflexão profunda do papel da HFC no âmbito da didáctica das ciências.

A argumentação favorável à utilização da HFC no ensino e a sua aplicação em sala de aula não assume consenso entre investigadores. Em 1979, o MIT⁶ realizou uma conferência, sobre a questão da utilidade da História da Ciência para o ensino. Nesta conferência a HC foi exposta a uma dupla crítica protagonizada por Martin Klein e por Thomas Kuhn (Matthews, 1994). Por um lado defendia-se que a única história possível nos cursos de ciência era a “pseudo-história”, por outro afirmava-se que a exposição à HC enfraquecia as convicções científicas necessárias à conclusão, com sucesso, da aprendizagem das ciências. Entre 2004-2006 vários artigos prolongam esta discussão (Allchin, 2006; Hershey, 2006).

Pode perceber-se que o recurso a aspectos de HFC na didáctica da Física e da Química não é um processo linear e simples. É exigente e implica o uso de conhecimento epistemológico e histórico especializado. Daí a relevância em construir conhecimento sobre esta prática, mediante o estudo de casos.

O facto de se procurar na HFC subsídios importantes para o Ensino das Ciências, isso não poderá significar que se encarem os alunos como meros reprodutores dos caminhos percorridos pelos cientistas ao longo da história. Recentemente Rudge & Howe (2009)

⁶ Massachusetts Institute of Technology, fundado em 1861 por William Barton Rogers. Forma especialistas em diversas áreas das ciências, tecnologias e artes.

critica os modelos que colocam em paralelo as concepções dos estudantes face aos fenómenos científicos em estudo com as dos cientistas da época.

Sánchez Ron (1988) salienta as dificuldades e exigências inerentes às reconstruções históricas quando refere que mesmo um trabalho histórico que envolva uma rigorosa reconstrução não permite evidenciar a existência de um método. Muitas décadas de debates e discussões metodológicas parecem não chegar a um consenso sobre o processo evolutivo da Ciência. Também o seu uso é questionável quando se aborda a questão da “aprendizagem por descoberta”, segundo a qual o aluno deve percorrer todos os caminhos e “tropeçar” em todos os obstáculos históricos para obter uma aprendizagem significativa.

A falta de materiais de qualidade que sirvam de suporte à actividade docente, a reduzida formação de professores em HFC, a estrutura dos currículos e a desmotivação apresentada pelos alunos quando confrontados com o uso de descrições históricas (Bastos, 1998), são obstáculos à inclusão de elementos de HFC no ensino. Estas dificuldades associadas à pouca divulgação de estudos que ilustrem a aplicação da HFC em sala de aula reforçam os argumentos dos que não vêem vantagens na utilização de elementos históricos no ensino.

A ausência de consenso no modo de a aplicar poderá ser outro dos motivos que leva o docente a ter dificuldades na utilização de HFC como recurso didáctico. Apesar de haver, entre os professores uma opinião positiva relativamente à inclusão de elementos históricos, da sua investigação, Wang e Cox-Petersen (2002) concluem não haver coerência com as suas práticas lectivas.

Quaisquer que sejam as razões apontadas, o que se tem vindo a verificar é a redução da aplicação dos elementos históricos aos que são, exclusivamente, apresentados nos manuais escolares. Isto reporta-nos para uma das críticas mais frequentes relativamente à sua utilização no Ensino das Ciências: a forte dependência do manual escolar e a visão de ciência por eles transmitida.

Um estudo realizado em Portugal, a um grupo de professores de Física e Química, revelou que 92,5% referiram ser o manual escolar a fonte mais usada (Cachapuz et al. *apud* Saraiva, 2003). Apesar da dimensão histórica da Ciência ser consagrada no Currículo Nacional português as referências à HFC são pouco explícitas nos manuais escolares. Este aspecto reforça uma das críticas dirigidas ao conteúdo dos manuais escolares. Os poucos elementos históricos que contém apresentam distorções, fazem referências dispersas a grandes heróis

de épocas passadas e transmitem uma imagem cumulativa e linear do desenvolvimento científico (Khun *apud* Kipnis, 2007).

Imagens como as representadas na Figura 2.1 têm sido repetidas por manuais e podem eternizar algumas das distorções introduzidas no ensino.



Figura 2.1: Ilustração da história da maçã de Newton. Fonte: Pires & Ribeiro (2006, p. 92) (à esquerda); Arquimedes e a descoberta da sua lei. Fonte: Fiolhais et al. (2008, p. 59) (à direita).

Estas anedotas, usadas como forma de captar a atenção do estudante nas aulas mais cansativas, criam uma imagem mistificada da Ciência e dos cientistas. Reduzir a HC a nomes, datas e anedota ou argumentos de autoridade é frequente na sala de aula (Martins, 2006b).

A ideia que a edificação do conhecimento científico se deve ao trabalho de grandes personagens “heróis e génios” que, sendo protagonistas de “descobertas” marcantes, elaboraram teorias complexas e proporcionaram alterações do conhecimento em datas determinadas, evoca a autoridade de grandes nomes e reduz a Ciência a uma sucessão linear de acontecimentos, como se seguisse um roteiro e como se nunca nada tivesse corrido mal, por isso, atribuída a grandes génios.

O argumento de autoridade inverte a própria natureza do pensamento científico, que em vez de se apoiar em nomes sonantes, procura basear-se em factos e argumentos (Martins, 2006a). O mesmo autor considera este aspecto, o mais preocupante. Obrigar a aceitação dos conhecimentos científicos, não pelo entendimento, mas pela crença é afastar o aluno do valor da Ciência.

Não se pode negar que os argumentos apontam problemas de difícil solução. Contudo, acredita-se que o recurso à HFC proporciona mudanças importantes na forma como o docente se posiciona face aos conteúdos que tem que leccionar e opera alterações positivas no modo como os alunos se relacionam com a Ciência.

2.1.2 QUE CONTRIBUTOS?

A investigação tem defendido que os currículos e as práticas tradicionais têm contribuído para uma imagem distorcida da Ciência, afastando os alunos das aulas de ciências. As sucessivas reformas curriculares parecem não ter alterado esta realidade. A dificuldade parece residir, segundo Sharma e Anderson (2009), na dificuldade de adaptação do discurso dos cientistas ao discurso de sala de aula:

“Scientists’ science differs remarkably from school science. [...] Scientists ‘do’ science, while students ‘learn’ science, but what scientists do and students learn in the name of science is not the same thing.” (Sharma & Anderson, 2009, p. 1253)

A argumentação de que a ciência dos cientistas difere bastante da ciência da escola, impõe que “...the “scientists science” has to be recontextualized in to “school science” (Sharma & Anderson, 2009, p. 1253). A justificação para esta recontextualização assenta no valor educativo da ciência. A alfabetização científica⁷ é hoje considerada como uma dimensão importante na educação para a cidadania.

Para que o discurso usado pela comunidade científica adquira significado para a comunidade escolar, não especialista, é necessário alguma transformação. A recontextualização envolve basicamente a reconfiguração e reorganização do conhecimento científico existente de forma a transferi-lo para uma realidade discursiva diferente (Sharma & Anderson, 2009).

Os manuais escolares desempenham um papel central neste processo de transformação, visto que, tanto professores como alunos raramente recorrem à leitura e análise dos artigos ou trabalhos produzidos pela comunidade científica (dependência que apesar de contestada se continua a verificar) (Cachapuz et al. *apud* Saraiva, 2003). A imagem da Ciência é largamente moldada pelos discursos de sala de aula, fortemente influenciados pelos manuais escolares (Brent, Stinner, Kesidou & Roseman *apud* Sharma & Anderson, 2009).

⁷ A expressão traduz o termo *scientific literacy* contido nas publicações da OCDE (OECD, *Organization for Economic Cooperation and Development*) relativas ao projecto PISA (*Programme for International Student Assessment*). Amplamente utilizado no domínio da didáctica das ciências. Alfabetização científica compreende a capacidade em empregar o conhecimento científico na identificação de problemas e retirar conclusões a partir de factos, com o objectivo de compreender e ajudar a tomar decisões sobre o mundo natural e as mudanças produzidas pela actividade humana (Acevedo, 2007).

Esta realidade remete-nos para problemáticas relacionadas com as concepções distorcidas de ciência, transmitidas no ensino (Gil-Pérez, 1993; Guisasola, Almudí & Furió, 2005; Fernández, 2002; Fernández et al., 2002; Kindi, 2005; Kipnis, 2005b; Matthews, 1994; Martins, 1990, 1998, 2006a e 2006b). Algumas dessas distorções, introduzidas explícita ou implicitamente pelo Ensino das Ciências, estão identificadas na Tabela 2.1.

Qual poderá ser o contributo da HFC na alteração desta realidade? Como fazê-lo sem perder o rigor histórico, a interessar os alunos?

A proposta didáctica elaborada ao longo desta investigação e construída em torno da Experiência de Ørsted, apoiou-se em elementos de HFC na sua concretização. A convicção de que ignorar a dimensão histórica da Ciência é reforçar uma visão distorcida e fragmentada da actividade científica (Monk & Osborne, 1997), orientou todo o trabalho de investigação.

Que papel poderá ter a HFC na formação dos alunos de baixa escolaridade? Que imagem da Ciência deve ser transmitida a alunos do 3º ciclo? Estas questões são o motor do trabalho desenvolvido e que nos permitiu relacionar a HFC e a Didáctica.

Tabela 2.1: Concepções erradas sobre o trabalho dos cientistas transmitidas pelo ensino das ciências. Fonte: Gil-Pérez (1993, p. 205).

<p>Visión empirista y ateórica: Se resalta el papel de la observación y de la experimentación «neutras» (no contaminadas por ideas apriorísticas), olvidando el papel esencial de las hipótesis y de la construcción de un cuerpo coherente de conocimientos (teoría).</p> <p>Por otra parte, pese a esta importancia dada (verbalmente) a la observación y experimentación, la enseñanza en general, es puramente libresca, sin apenas trabajo experimental.</p> <p>Se incide particularmente en esta visión ateórica cuando se presenta el aprendizaje de la ciencia como una cuestión de descubrimiento o se reduce a la práctica de los procesos con olvido de los contenidos.</p>
<p>Visión rígida (algorítmica, «exacta», infalible...): Se presenta el «método científico» como conjunto de etapas a seguir mecánicamente. Se resalta, por otra parte, lo que supone tratamiento cuantitativo, control riguroso, etc., olvidando - o incluso rechazando - todo lo que significa invención, creatividad, duda ...</p>
<p>Visión apblemática y ahistórica (ergo dogmática): Se transmiten conocimientos ya elaborados, sin mostrar cuáles fueron los problemas que generaron su construcción, cuál ha sido su evolución, las dificultades, etc. ni mucho menos aún, las limitaciones del conocimiento actual o las perspectivas abiertas.</p>
<p>Visión exclusivamente analítica, que resalta la necesaria parcialización de los estudios, su carácter acotado, simplificadorio, pero que olvida los esfuerzos posteriores de unificación y de construcción de cuerpos coherentes de conocimientos cada vez más amplios, el tratamiento de problemas «frontera» entre distintos dominios que pueden llegar a unirse, etc.</p>
<p>Visión acumulativa, lineal: Los conocimientos aparecen como finito de un crecimiento lineal, ignorando las crisis, las remodelaciones profundas. Se ignora, en particular, la discontinuidad radical entre el tratamiento científico de los problemas y el pensamiento ordinario.</p>
<p>Visión de asentido común»: Los conocimientos se presentan como claros, obvios, «de sentido común», olvidando que la construcción científica parte, precisamente, del cuestionamiento sistemático de lo obvio.</p> <p>Se contribuye implícitamente a esta visión cuando se practica el reduccionismo conceptual, es decir, cuando se presenta el paso de las concepciones alternativas de los alumnos a los conocimientos científicos como simple cambio de ideas, sin tener en cuenta los cambios metodológicos que exige dicha transformación, a saber, al ignorarse las diferencias substanciales que existen entre el pensamiento de sentido común y el tratamiento científico de los problemas.</p>
<p>Visión «velada», elitista: Se esconde la significación de los conocimientos tras el aparato matemático. No se hace un esfuerzo por hacer la ciencia accesible, por mostrar su carácter de construcción humana, en la que no faltan ni confusión ni errores... como los de los propios alumnos.</p> <p>En el mismo sentido, se presenta el trabajo científico como un dominio reservado a minorías especialmente dotadas, transmitiendo expectativas negativas hacia la mayoría de los alumnos, con claras discriminaciones de naturaleza social y sexual (la ciencia es presentada como una actividad eminentemente «masculina»).</p>
<p>Visión individualista: Los conocimientos científicos aparecen como obra de genios aislados, ignorándose el papel del trabajo colectivo, de los intercambios entre equipos ... Se deja creer, en particular, que los resultados de un solo científico o equipo pueden verificar o falsar una hipótesis.</p>
<p>Visión descontextualizada, socialmente neutra: Se olvidan las complejas relaciones C/T/S y se proporciona una imagen de los científicos como seres «por encima del bien y del mal», encerrados en torres de marfil y ajenos a las necesarias tomas de decisión. Cuando, en ocasiones, se tienen en cuenta las interacciones C/T/S, se suele caer en visiones simplistas: exaltación beata de la ciencia como factor absoluto de progreso o rechazo sistemático (a causa de su capacidad destructiva, efectos contaminantes, etc.).</p>

A utilização de HFC não resolverá a tão apregoada “crise” na educação, mas terá uma contribuição a dar ao processo ensino/aprendizagem das ciências. Matthews enumera alguns desses contributos:

- “HPS can humanize the sciences and connect them to personal, ethical, cultural and political concerns. There is evidence that this makes science and engineering programs more attractive to many students, (...).
- HPS, particularly basic logical and analytic exercises – Does this conclusion follow from the premises? and, What do you mean by such and such? – can make classrooms more challenging, and enhance reasoning and critical thinking skills.
- HPS can contribute to the fuller understanding of scientific subject matter – it can help to overcome the *see of meaninglessness*, as Joseph Novak once said, where formulae and equations are recited without knowledge of what they mean or to what they refer.
- HPS can improve teacher education by assisting teachers to develop a richer and more authentic understanding of science and its place in the intellectual and social scheme of things. This has a flow-on effect, as there is much evidence that teachers’ epistemology, or views about the nature of science, affect how they teach and the scientific message they convey to students.
- HPS can assist teachers appreciate the learning difficulties of students, because it alerts them to the historic difficulties of scientific development and conceptual change. Galileo was forty years of age before he formulated the modern conception of acceleration; despite prolonged thought he never worked out a correct theory for the tides. By historical studies teachers can see what some of the intellectual and conceptual difficulties were in the early periods of scientific disciplines. This knowledge can assist with the organization of the curriculum and the teaching of lessons.
- HPS can contribute to the clearer appraisal of many contemporary educational debates that engage science teachers and curriculum planners. Many of these debates – about constructivist teaching methods, multicultural science education, feminist science, environmental science, inquiry learning, science-technology-society curricula and so forth – make claims and assumptions about the history and epistemology of science, or the nature of human knowledge and its production and validation. Without some grounding in HPS, teachers can be too easily carried along by fashionable ideas which later, sadly, *seemed good at the time.*” (Matthews, 1994, p.7).

Niaz (2009), Padilla e Furio-Mas (2008) e Schulz (2009) reforçam as ideias de Matthews (1994) ao defenderem que a introdução de elementos históricos ajuda a minimizar estas distorções.

Martins (2006a) refere que além de poder fornecer uma visão mais adequada da natureza da Ciência, a HFC pode auxiliar na própria aprendizagem dos conteúdos científicos. Segundo este investigador os professores (influenciados por Piaget) tornaram-se mais conscientes de que os alunos não são “tabula rasa” (Piaget & Garcia *apud* Martins, 2006a, p. XXI). Trazem, para além de certas estruturas operatórias, mais ou menos desenvolvidas, certas concepções do conhecimento comum que entram em conflito com a aquisição das concepções científicas.

Para estes investigadores a HC pode facilitar o processo de construção conceptual dos alunos. Matthews (1992) reforça a sua convicção recorrendo à Epistemologia genética de Piaget, referindo que existe um paralelismo entre o progresso alcançado na organização lógica e racional (HC) e os processos psicológicos formativos correspondentes. Martins (2006a), Solbes e Traver (2003) argumentam, apesar de alguma contestação, que o processo pelo qual o aluno precisa de passar é semelhante ao “...processo de desenvolvimento histórico da própria ciência...” (Barros & Carvalho *apud* Martins, 2006a, p. XXII).

O estudo adequado de alguns episódios históricos ajudam o aluno a perceber que sempre houve discussões e alternativas e que os próprios cientistas já tiveram ideias semelhantes às suas, mas foram substituídas por um conjunto de conhecimentos mais adequados, coerentes e poderosos. Monk e Osborne *in* Kim e Irving (2010, p. 189) reforçam estas ideias argumentando que:

- “1. Historical thinking often parallels their own [students’ thinking]
2. The now accepted scientific idea was often strongly opposed for similar reasons to those proffered by students; and
3. It highlights the contrast between thinking then and now, bringing into a sharper focus the nature and achievement of our current conceptions.”

Será importante incluir nos novos currículos conhecimentos do passado das ciências e trazer para a sala de aula o compromisso com o rigor. O sucesso da medida vai depender do professor e dos seus conhecimentos em HFC.

A Ciência é uma das grandes conquistas da cultura humana. O Ensino da Ciência deve transmitir “more of the spirit and less of the valley of dry bones” (Matthews, 1992, p. 12). Nesta medida Matthews, entre outros investigadores, acredita ser possível superar a crise intelectual e social da educação científica e reforçar a utilização de elementos históricos.

Os argumentos a favor têm sido enfatizados nas propostas do Currículo Nacional Britânico (NCC) e nas recomendações contidas no Projecto americano 2061⁸ (Matthews, 1992).

O Conselho Britânico de Currículo Nacional afirma que:

“... pupils should develop their knowledge and understanding of the ways in which scientific ideas change through time and how the nature of these ideas and the uses to which they are put are affected by the social, moral, spiritual and cultural contexts in which they are developed...” (NCC *apud* Matthews, 1992, p. 13).

Neste âmbito os alunos entre os 14 e os 16 anos deverão ser capazes de:

- “- distinguish between claims and arguments based on scientific data and evidence and those which are not;
- consider how the development of a particular scientific idea or theory relates to its historical and cultural, including the spiritual and moral, context;
- study examples of scientific controversies and the ways in which scientific ideas have changed” (NCC *apud* Matthews, 1992, p. 13).

Estas competências podem ser atingidas com o estudo adequado de alguns dos episódios de relevância histórica e compreender as interações entre CTS.

A nossa experiência profissional, com diferentes níveis de escolaridade, leva-nos a pensar que para níveis de escolaridade mais baixos esta deve ser a linha de trabalho. A ênfase neste trinómio complementado com elementos da HFC, pode ajudar os alunos a compreender que a Ciência não se encontra isolada. Faz parte do desenvolvimento histórico, da cultura e do homem, sofrendo e influenciando muitos aspectos da sociedade. Apesar da HFC não poder substituir o ensino geral das ciências, pode completá-lo de várias formas.

A investigação tem apresentado várias propostas (Cavicchi, 2008; Chaib & Assis, 2007a; Golin, 2002; Höttecke, 2000; Kipnis, 2005a; Klassen, 2007; Matthews, 1992, 1994; Martins, 1988, 2006a; Metz et al., 2007). O desenvolvimento de experiências e actividades que reproduzam algumas das principais experiências permite que os alunos possam reviver os debates científicos originais e o desenvolvimento processual e metodológico. Esta metodologia permite uma compreensão mais autêntica, do modo como a Física e a

⁸ A Associação Americana para o Progresso da Ciência (AAAS) lançou, em 1985, um amplo estudo com o objectivo de rever integralmente o ensino da Ciência em contexto escolar (Projecto 2061).

Química têm evoluído conjuntamente com outras ciências e as suas implicações sociais (Matthews, 2001).

No artigo *How Pendulum Studies Can Promote Knowledge of the Nature of Science*, Matthews (2001), reflecte sobre o contributo dado pelo estudo de experiências científicas com relevância histórica ao descrever o papel fundamental desempenhado pelo pêndulo nas conquistas da revolução científica e o riquíssimo contributo prestado pelo seu estudo. Os alunos podem “viver” a actividade científica original, participar nos debates processuais e metodológicos e ainda diversas aplicações do estudo do pêndulo no ensino interdisciplinar, ilustradas na Figura 2.2. Defende que deste modo será possível dar aos estudantes, uma compreensão mais autêntica do modo como a Física se desenvolveu paralelamente com outras áreas do saber.

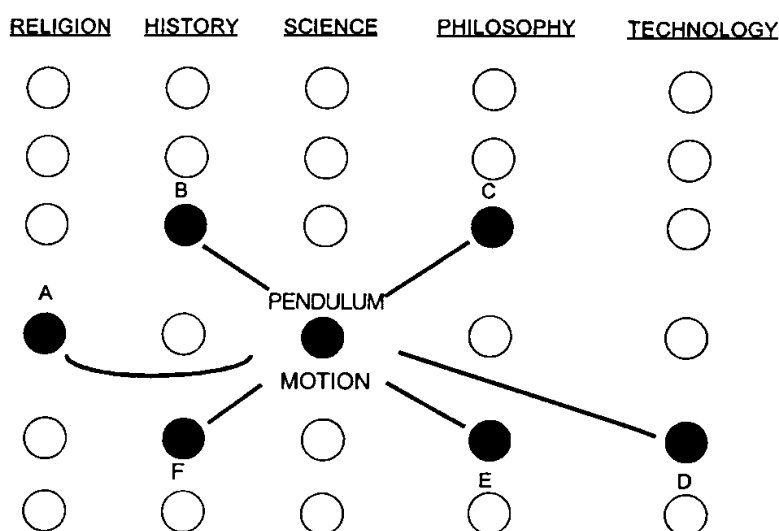


Figura 2.2: A interdisciplinaridade promovida pelo estudo do pêndulo. Fonte: *Cross-disciplinary teaching about the pendulum*, Matthews, (2001, p. 366).

Do ponto de vista prático, a HFC permite entender certos resultados científicos complexos bem como sua evolução. “Ensinar um resultado sem a sua fundamentação é simplesmente doutrinar e não ensinar ciências ...” (Martins, 1990, p. 4).

Também Melo e Peduzzi (2007, p. 120) evidenciam a importância da articulação entre HFC para a aquisição de uma visão crítica da construção do conhecimento científico “ (...) pode proporcionar um contraste à imagem da ciência concebida pelo senso comum e caracterizada, entre tantas outras coisas, como atemporal e ahistórica.” Reforça referindo

que “ (...) a história da óptica articulada à filosofia (...) exemplifica um possível diálogo entre história e filosofia da ciência (...), tendo em vista que uma visão crítico-reflexiva deve acompanhar o estudo da evolução do pensamento científico. E isto não pode ser feito mencionando apenas os resultados da ciência em ordem meramente cronológica.” (Melo & Peduzzi, 2007, p. 121).

Nesta linha de reflexão, há a considerar o facto de nem sempre o docente estar sensibilizado para a importância e utilidade da inclusão de aspectos históricos nas suas aulas (como já foi referido, tal acarreta dificuldades). Pelo que nem sempre critica os conteúdos que ensina, considerando determinado conhecimento científico como algo pronto e instantâneo. De repente aquela ideia ou aquela concepção é apresentada, aos alunos, como algo que surgisse na cabeça de alguém que já estava predestinado a isso. Esquecendo “... que se trata de un producto humano que, como muchos otros, tiene una historia.” (Iranzo 2005, p. 19).

Argumentos a favor de abordagens histórico-experimentais no Ensino da Ciência têm enfatizado algumas das potencialidades educativas da HFC, como:

- contextualizar a descoberta científica no ambiente social e cultural da época, reforçando o entendimento do processo de edificação do conhecimento científico, permite formar uma visão mais alargada da Ciência (Martins, 2006a);
- mostrar o carácter provisório da Ciência e as limitações das teorias, dos problemas não resolvidos e das dificuldades enfrentadas até serem aceites pela comunidade científica (Niez et al., 2010; Solbes & Traver, 2003);
- perante uma ciência cada vez mais especializada e fragmentada, o estudo de episódios históricos tem sido apontado como uma abordagem de ensino em ciência capaz de proporcionar aos alunos uma visão alargada e uma experiência que permita desenvolver uma imagem unificadora da própria Ciência (Wang & Cox-Petersen, 2002);
- a introdução de elementos de HFC, neste tipo de abordagem, permite pôr em evidência a importância da Ciência no desenvolvimento tecnológico e social e a responsabilidade dos cientistas em assuntos ambientais. Uma abordagem histórica revela o contributo da Ciência para o desenvolvimento geral da humanidade e para uma concepção do mundo baseada na racionalidade e espírito crítico (Solbes & Traver, 2003).

Não será de excluir a História, e a oportunidade para reviver alguns dos grandes momentos do conhecimento científico, nem a Filosofia que revela a base do pensamento humano. Só assim será possível proporcionar um ensino rico e envolvente que permita exhibir a face humana da Ciência (Kipnis, 2007; Niaz et al., 2010; Matthews, 2001).

2.1.3 EXPERIÊNCIAS HISTÓRICAS EM SALA DE AULA

Como se tem vindo a mostrar, a investigação tem realçado o papel que a HFC podem exercer no processo de ensino/aprendizagem das ciências.

A literatura destaca o papel decisivo da formação de professores nesta área, mas, como foi anteriormente referido, facto que, só por si, não é sinónimo da integração de elementos históricos no Ensino das Ciências, nem da sua correcta utilização.

Existe a percepção que o interesse pela ciência vai diminuindo com o aumento do número de anos de escolaridade (Rios & Solbes, 2007). Com frequência observamos diferentes níveis de motivação dos alunos para temas científicos e nas feiras de ciência escolares, observa-se maior empenhamento e motivação nos alunos mais novos.

O que afastará os alunos da ciência escolar? Que ideia têm alunos e professores (intermediários do conhecimento científico) da natureza da Ciência e do trabalho dos cientistas?

Uma discussão deste tipo podia levar-nos longe e não será, certamente, este trabalho que encontrará as respostas. Pretende-se contudo, alargar a análise e discussão destes assuntos, avançando com um pequeno contributo, que se pretende positivo, ao enriquecer a Experiência de Ørsted com elementos da HFC.

Um professor deseja, acima de tudo, planificar aulas estimulantes e dinamizadoras do pensamento. Utiliza recursos diversificados com o objectivo de contribuir para a construção do conhecimento proposto nos currículos das disciplinas que lecciona.

Como relacionar aspectos do currículo, com elementos da História e Filosofia das Ciências?

Para responder a esta questão será necessário analisar os diferentes processos de inclusão de elementos históricos em sala de aula. Várias são as formas de utilizar HFC no ensino. A

selecção depende do destinatário e do objectivo que se pretende atingir (Silva & Martins, 2003). Defende-se que a inclusão de elementos históricos na prática lectiva deva ser feita, não como mais uma disciplina escolar, mas que se integre na discussão de alguns dos conteúdos do currículo, será por isso importante, centrar o estudo num caso (Kipnis, 1996). O professor deve estar bem consciente do seu papel e dos cuidados que deve ter. Como menciona Nóvoa (2003), ao referir que Rómulo de Carvalho nunca "... esqueceu que uma coisa é, por exemplo, a Física como ciência e outra, bem distinta, é a Física como objecto de ensino." Esta será uma ideia a não perder em qualquer abordagem que se crie em contexto escolar. Se questionarmos o tipo de abordagem que deve ser feita, será difícil encontrar um caminho único a ser seguido.

Argumentos a favor de abordagens que passem pela repetição de experiências históricas fundamentais têm cada vez mais eco entre os investigadores. Genrikh Golin considera importante que os alunos executem algumas experiências históricas. Na sua opinião, estas são fundamentais para a aprendizagem. Segundo Lipson (1968) citado por Golin (2002), na "method-logical (and popular scientific) literature", estas experiências são referidas como fundamentais. Embora todas elas tenham promovido, em certa medida, o desenvolvimento científico, a verdade é que nem todas são realmente fundamentais. Na Tabela 2.2, autor classifica um conjunto de experiências históricas como fundamentais.

Recorrendo a esta classificação o professor pode escolher as experiências históricas mais importantes para o desenvolvimento de determinado conteúdo, o que ajuda a evitar a formação da ideia de que todas as experiências históricas foram igualmente importantes.

A importância didáctica da Experiência de Ørsted é evidenciada nesta classificação. A necessidade de promover a sua valorização, em sala de aula, realçando o papel que desempenhou no estudo do electromagnetismo é aqui justificada.

Golin (2002, p. 487) considera que o recurso ao estudo das principais características de uma experiência científica permite aos alunos compreender o papel da experiência no conhecimento científico. Em traços gerais, as experiências históricas, podem ser:

- fonte de novo conhecimento, que posteriormente será sistematizado e generalizado.
- um teste à validade de qualquer teoria ou hipótese.
- um elo de ligação entre a ciência, a tecnologia, a indústria e prática quotidiana." (Golin, 2002, p. 487).

Tabela 2.2: Grupo de experiências históricas fundamentais. Fonte: Golin (2002, p. 488).

Groups of experiments	Examples
1. Experiments giving birth to new branches and fields of physics (“fundamental experiments”).	Ørsted on the deflection of a magnetic needle near a conductor carrying electricity; Faraday on electromagnetic induction (laid the foundation of electrodynamics). Rutherford on the scattering of alpha-particles (laid the foundation of nuclear physics).
2. Experiments that led to the discovery of a new physical phenomenon.	Newton on the dispersion of light; Young and Fresnel on interference; Hertz on the photoelectric effect; Rutherford on the transmutation of nuclei; Cherenkov-Vavilov on detecting the emission of light by electrons.
3. Experiments that determined the properties of previously known phenomena.	Boyle on isothermic process in gases; Coulomb on the strength of the electrostatic interaction; Joule-Lentz on the thermal effects of currents; Faraday on electrolysis; J. J. Thompson on the photoelectric effect; the Curies on the properties of radioactive emissions.
4. Experiments that confirmed the validity of fundamental theories.	Hertz and Lebedev confirming Maxwell’s theory; Stern and Perrin confirming molecular kinetic theory; Frank and G. Hertz confirming Bohr’s atomic theory.
5. Experiments that provided the ultimate verification of refutation of theoretical suggestion (“decisive experiments”).	Pascal on atmospheric pressure; Boyle on the vacuum in an evacuated tube; Michelson-Morley on detecting the “luminiferous ether”; Foucault on the speed of light in different substances.
6. Experiments that determined the exact value of physical constants. Experiments on freefall acceleration.	Joule on the mechanical equivalent of heat; experiments on the speed of light.
7. Experiments connected with the development of materials, devices and techniques.	Volta’s invention of the new battery; the radio; the Geiger counter; cloud chambers; the Van de Graaff generator; transistors; the liquid crystal diode.

Haverá necessidade de seguir alguns requisitos para familiarizar os alunos com estas experiências. Primeiro o professor deve seleccionar a experiência que desempenhe um papel significativo no desenvolvimento dos conteúdos; a demonstração (ou descrição) da experiência não deve conter muitos detalhes técnicos, mas sim transmitir a sua essência; deve informar os alunos das simplificações que introduziu, em sala de aula, com o

objectivo de enfatizar a essência do fenómeno ou processo. Deve explicar aos estudantes, como na vida real, o caminho aparentemente simples da experiência realizada foi de facto complexo e moroso, com erros e sucessos.

Caso se opte por utilizar equipamento moderno na reprodução de uma experiência histórica deve ter-se o cuidado de explicar aos estudantes como era o dispositivo original, fornecendo uma adequada imagem das condições em que se realizou a primeira experiência. Defende ser útil discutir o contexto científico e social em que o trabalho foi realizado pela primeira vez.

Argumentos a favor foram apresentados por:

- Matthews (2001) ao afirmar ser essencial que os professores abordem questões relativas à Ciência. Considera importante que os alunos adquiram a noção, mesmo que rudimentar, da “big picture” of science: da sua história, dos seus pressupostos filosóficos e implicações, da sua interacção com a cultura e sociedade. Espera-se “... that students will leave school with not just knowledge of science, but also with knowledge about science” (Matthews, 2001, p. 363). Defende ainda que:

“Another approach to practical work is to try to wed laboratory classes to historical stories; that is, to follow along the path of experimental science, to follow in the footsteps of the masters, as one might say. While doing this, it is possible to reproduce something of the intellectual puzzles or scientific debates that originally prompted the experiments. Participation in this sort of journey can give students a much richer appreciation of the achievements, techniques, and intellectual structure of science, whilst developing their own scientific knowledge and competence...” (Matthews, 2001, p. 363).

- Kipnis (1996) também promoveu abordagens histórico-experimentais. Baseou, por exemplo, um curso de óptica em torno de experiências e demonstrações históricas simples (Kipnis, 2007). Uma apresentação adequada das “descobertas” científicas pode permitir a eliminação de certo mitos acerca da natureza da Ciência. A opção da integração de elementos da HFC no ensino, ajuda a superar alguns equívocos relativamente à construção do conhecimento científico. Refere, contudo, que o recurso a uma história selectiva, que exclua todos os erros e fracassos, conduz os alunos a achar que, ao contrário de outras actividades humanas, a investigação científica nunca termina em fracasso, não sendo para seres humanos comuns. Não havendo o cuidado de se proceder a um contínuo esclarecimento, tais enganos podem deixar os alunos,

especialmente os melhores, frustrados com a Ciência, desviando-os de áreas que exijam conhecimentos científicos. Para contrariar esta situação defende que:

“The best way to educate students about the nature of discovery is not by answering specific questions but by describing to them in detail several historical scientific discoveries.” (Kipnis, 2007, p. 886).

- Elizabeth Cavicchi (2008) considera a conjugação da experimentação com a História um recurso positivo no Ensino das Ciências. A combinação entre o desenvolvimento de experiências antigas e a sua contextualização histórica pode permitir que o aluno crie o seu próprio entendimento sobre a Ciência e a forma como as descobertas científicas são feitas. Estratégias deste tipo permitem corrigir ideias simplificadas de ciência. Possibilitam que os alunos apreciem a beleza da Ciência, alargando a ideia que têm da mesma e contrariem a ideia instalada de uma ciência tipo “respostas prontas”.

As diferentes propostas apresentavam-se inspiradoras para uma abordagem da Experiência de Ørsted. No trabalho destes investigadores encontramos suporte teórico relevante. A repetição de experiências históricas fundamentais, pode ser reforçada por dispositivos de época que possibilitem a observação e o levantamento de problemas, o que pode colocar desafios às habilidades dos alunos.

“Learning in these experiences is expressed through doing, interacting, looking, wondering, trying; likewise, teaching is also action. Some actions emerged as provocative pedagogy. In the sense expressed here, pedagogical activity is combined of teaching and learning, such as by making available something to do or notice that takes participants further in what they wanted to understand.” (Elizabeth Cavicchi, 2008, p. 720)

O afastamento dos alunos da ciência escolar intensifica a necessidade de criar estratégias motivadoras capazes de diminuir o “fosso” que os separa dos assuntos científicos.

- Eshach (2009) propõe uma estratégia que utilize o prémio Nobel da Física como tema de organização do ensino da física, para motivar os alunos. Tem a vantagem, segundo o autor de reunir História, contextos sociais da Ciência, e os temas centrais da Física moderna, para além de desmistificar a noção de que o tipo de física que ganha o prémio é uma física inacessível. Este investigador defende que o recurso à documentação e à História que envolve o prémio Nobel, bem como ao seu *glamour*, pode produzir efeitos positivos na motivação dos alunos e na humanização do estudo, gerando no aluno maior abertura para o estudo de temas científicos. Eshach defende que a proposta

pretende, não só promover a aprendizagem da natureza da Ciência e de História da Ciência, como ainda, o uso de casos históricos para ensinar ciência.

- Don Metz (2007) e Stephen Klassen (2007) apresentam um conjunto de propostas de utilização de HFC no ensino baseadas na utilização de narrativas históricas. Nessas propostas o recurso à narrativa destina-se a contextualizar social, ética e politicamente, os grandes episódios da História da Ciência e da Tecnologia. O questionamento gerado no decurso da narrativa é usado para discutir aspectos do “como” e “porquê” do desenvolvimento científico, introduzindo a necessidade de encontrar respostas para essas questões. O envolvimento emocional que proporciona tem, na opinião de Miall e Kuiken citados por Klassen (2007), efeitos na motivação dos alunos.

A argumentação que tem vindo a ser apresentada reforça a necessidade do recurso a propostas didáticas que privilegiem a componente da HFC como forma de dar significado aos conteúdos ensinados e promover uma maior aproximação dos alunos das aulas de ciências. Os estudos revelam que a observação e a experimentação ganham especial relevância, principalmente a níveis de escolaridade baixa. As metodologias que envolvam uma componente significativa de manipulação e visualização, têm revelado grande eficácia no Ensino das Ciências, pelo reduzido formalismo matemático que permitem apresentar (Castro & Ramos, 1998) e pelo ambiente facilitador de maior envolvimento dos alunos no processo de ensino/aprendizagem.

2.1.4 NARRATIVA HISTÓRICA COMO RECURSO DIDÁTICO

É frequente observar entusiasmo com livros como a *Fúria Divina*, de José Rodrigues dos Santos ou *Uma Verdade Inconveniente, a crise do aquecimento global*, de Al Gore e em simultâneo um crescente desinteresse dos assuntos abordados nas aulas de Física e Química.

Qual o motivo do desinteresse sobre temas científicos se nas disciplinas de ciências se abordam os temas que fazem desses livros *best-sellers*? Que tipo de discurso poderá motivar tanto os alunos e a comunidade em geral?

A resposta não pode estar nos temas abordados. Currículos e programas têm sido alterados no sentido de incluírem temáticas actuais como as que são abordadas nestes livros. O que terão estes livros de tão cativante?

O entusiasmo poderá residir na forma como os temas são abordados, consequentemente no tipo de narrativa. A ênfase no inesperado é um motor importante para gerar o interesse na procura de explicações, da solução. O livro conta algo inesperado, algo que o leitor, tem que pôr em dúvida, querer “descobrir” e isso é mobilizador.

Bruner (2000, p. 163) refere que “O *segredo* da narrativa está em resolver o inesperado, em satisfazer a dúvida do ouvinte ou, (...), em rectificar e explicar o *desequilíbrio* provocado, num primeiro tempo, pelo discurso narrativo.” Propõe, por isso, uma transferência deste tipo de discurso para a sala de aula.

A descrição do processo de construção de conhecimento passa, necessariamente, pela necessidade de contar uma história, para se contar a sua aventura. O recurso à narrativa histórica permite, como Conat *in* Solbes e Traver (2003) tentou demonstrar, que a História da Ciência pode ser contada com o dramatismo de uma aventura.

Recorrendo a estratégias que incluam elementos históricos relevantes, os que defendem a utilização de narrativas históricas acreditam ser uma das vias que permite modificar a visão que, tradicionalmente, é atribuída à ciência escolar e enriquecer abordagens consentâneas com um quadro de orientação CTSA preconizado pelos programas actuais.

Esta percepção está subjacente à ideia defendida por Klassen (2007) quando refere que neste tipo de abordagens, a geração de aprendizagens significativas⁹ pressupõe uma adequada contextualização histórica, abordando o “porquê” e o “como” de aspectos da vida dos cientistas, do desenvolvimento da Ciência e da Tecnologia e das suas implicações Sociais, Éticas e Políticas. Millar e Osborne (1998) citados por Norris et al., (2005) propõem:

“... that science education *make greater use of one of the world's most powerful and pervasive ways of communicating ideas—the narrative form* (p. 2013).” (Norris et al., 2005, p. 536).

⁹ Teoria de aprendizagem desenvolvida por Ausubel (1918-2008) na década de sessenta. Segundo esta teoria, quando uma nova informação adquire significado para o indivíduo através de um mecanismo em que os conhecimentos pré-existentes servem de “ancoradouro”, havendo interacção entre o novo conhecimento e o que já existe. Ausubel transmite-nos a ideia de que a aprendizagem é um processo dinâmico, a estrutura cognitiva encontra-se num processo de reestruturação permanente (Ausubel, 2003).

O uso de narrativas históricas promove uma educação em ciência que enfatiza as inter-relações existentes entre conjuntos de ideias, contrastando com a visão, tradicionalmente transmitida pelo Ensino das Ciências, onde as ideias são apresentadas de forma isolada. Stephen Klassen defende que a estrutura das narrativas pode promover uma *re-enactment* do processo de aprendizagem, servindo, por isso, para estimular e desenvolver estruturas de memória a longo prazo (Klassen, 2010).

2.1.4.1 A NARRATIVA NO CONTEXTO DO ENSINO DAS CIÊNCIAS

A argumentação tem vindo a salientar aspectos positivos da utilização de narrativas em contextos educativos. Construir uma narrativa que envolva alunos de 14-15 anos nas aulas de ciências exige do professor várias competências. Nem todo o professor será especialista em criar uma boa história. Esta afirmação remete-nos para o trabalho que se encontra subjacente à elaboração de uma narrativa, bem construída, que possa atingir os objectivos desejados. Nesta perspectiva o professor terá, não só, de dominar a técnica de construção da narrativa, mas também dominar o conteúdo teórico abordado e ter um conhecimento, mais ou menos pormenorizado do receptor a quem ela se destina.

Não sendo fácil de reunir num professor de ciências todos esses requisitos, a possibilidade de construir um recurso deste tipo parecia complexa.

Jahn *in* Metz et al. (2007) refere que a narrativa é algo que conta uma história de qualquer tipo ou “... a meaning structure that organizes events and human actions into a whole, thereby attributing significance to individual actions and events according to their effect on the whole...” (Polkinghorne *apud* Norris et al., 2005, p. 539).

A definição é alargada por Norris et al. (2005) ao salientar o papel do narrador, do receptor, dos acontecimentos e do tempo. Acrescentam que o narrador é o elemento que conta a história e determina a sua finalidade, escolhendo os acontecimentos e a ordem pela qual estão relacionados. A Tabela 2.3 sintetiza os elementos narrativos a considerar quanto se opta por recorrer à construção deste tipo de recurso didáctico.

Tabela 2.3: Elementos narrativos e seu significado. Fonte: Norris et al. (2005, p. 545).

Narrative Element	Meaning
Event-tokens	<ul style="list-style-type: none"> • particular occurrences involving particular actors at a particular place and time (event-tokens, see footnote 1 in the What Is Narrative Explanation? section) • are chronologically related • involve a unified subject and are interconnected • later events seen as significant in light of earlier events • lead to changes of state
Narrator	<ul style="list-style-type: none"> • the agent relating a narrative (foregrounded or backgrounded) • determines the point and purpose of the story to be told • selects events and the sequence in which they are told • fashions a sequences of events into a significant whole
Narrative appetite	<ul style="list-style-type: none"> • desire created in readers and listeners to know what will happen • based on a range of possibilities that creates anticipation and suspense
Past time	<ul style="list-style-type: none"> • narratives concern the past • narrators can manipulate time in relating narratives
Structure	<ul style="list-style-type: none"> • narratives typically start with imbalances, introduce complications, and end in success or failure • narratives are structured around two independent time sequences – the sequence of plot events and the sequence in which event are related • narratives are tied together by satisfying expectations that arte established previously
Agency	<ul style="list-style-type: none"> • actors cause and experience events in narratives • actors are responsible for their actions • narratives involve human beings or other moral agents
Purpose	<ul style="list-style-type: none"> • to help us understand the natural world humans' place in it • to help us imagine and feel the experience of others
Reader	<ul style="list-style-type: none"> • the reader must interpret the text as a narrative in order to approach it with appropriate expectations and anticipations

O narrador é de extrema importância para a determinação da qualidade de uma boa narrativa, os mesmos factos contados por diferentes narradores resultam de forma

diferente (Norris et al., 2005). A investigação tem defendido que a utilização da narrativa deve ser centrada no papel do professor e do aluno. Uma boa aplicação deste recurso passa pela necessidade de manipular elementos de forma a promover um contínuo envolvimento do receptor com a história (Metz et al., 2007). Papel necessariamente atribuído ao professor quando pensa construir um recurso deste tipo.

A narrativa, para além do relato de acontecimentos, deve conter os elementos essenciais para o progresso da história: os elementos narrativos. Esses elementos desempenham um papel fundamental na relação narrativa/receptor. O “apetite narrativo” (*narrative appetite*, Lodge *apud* Norris et al., 2005, p. 541), utilizado para criar, no receptor, o desejo de saber o que vai acontecer; permite mantê-lo ligado à história num processo de cativação permanente. A criação de lacunas a serem preenchidas, ou mesmo a criação de uma envolvimento de mistério e *suspense* (Kubli, 2001), são elementos essenciais neste processo por intensificarem a curiosidade do receptor.

Para além dos efeitos motivacionais, a construção da narrativa deve, deliberadamente, deixar de fora detalhes sobre a progressão da história. A ausência de alguns desses detalhes promove a participação dos alunos no desenvolvimento de várias hipóteses sobre as informações em falta e seleccionar o que é mais consistente com o desfecho da história. Esta característica da história não só produz aprendizagem, como também aumenta a motivação para aprender (Klassen, 2010).

A ideia de poder utilizar questões formuladas pelos alunos pareceu-nos essencial para o modelo de aluno como “investigador iniciante”, pano de fundo à abordagem realizada. Com a recriação da Experiência de Ørsted pretendia-se reforçar a ideia, defendida por Gil-Pérez (2002), segundo a qual a formulação de questões é essencial numa abordagem construtivista¹⁰ do processo ensino/aprendizagem.

A narrativa construída não deveria ser demasiado explícita. Fritz Kubli, ao apontar a relevância da interacção que a narrativa deve estabelecer com o receptor, refere que o prazer da audiência esmorece quando se torna demasiado explícita, uma vez que a ausência

¹⁰ Os grandes precursores do construtivismo contemporâneo, o suíço Jean Piaget (1896-1980) e o russo Lev Vigotski iniciaram os seus estudos didácticos na década de vinte do século XX. Nos anos setenta, as ideias construtivistas adquirem relevância. Esta corrente considera o aluno, sujeito activo no processo ensino/aprendizagem, na medida em que o acto de aprender pressupõe um processo pessoal e activo de construção de conhecimento.

de elementos que promovam a curiosidade do receptor diminuem o interesse e, por conseguinte, quebram a interacção que se deverá estabelecer. O autor vai mais longe quando menciona que uma narrativa demasiado explícita pode ser considerada um insulto, por parte da audiência, uma vez que ignora a capacidade intelectual do ouvinte.

Situações deste tipo podem ocorrer, em contexto educativo, quando esta ferramenta é usada baseando-se em textos que, apesar de classificados como didácticos, por conterem uma mensagem simples e penetrante, carecem de alguns dos elementos que uma boa narrativa deve conter. Esta simplicidade pode ser enganadora, mas criar um enredo simples é como criar "... a piece of art." (Kubli, 2001, p. 595), dimensão atraente, mas não acessível a todos. A introdução de elementos que intensifiquem o desejo de saber mais (*narrative appetite*) é essencial para o sucesso da narrativa e isso carece de alguma arte.

Neste processo de criação é frequente o autor optar por introduzir pequenos apontamentos de ironia. Componente que irá conferir à narrativa um carácter lúdico e divertido. A abordagem irónica é interessante pois permite ao narrador uma certa liberdade no modo como organiza a sua história e no modo como estabelece uma certa cumplicidade com o receptor. O narrador consegue estimular o ouvinte no sentido de lhe proporcionar uma certa actividade criativa, intensificada pela introdução da ironia que ajuda a "digerir" o conteúdo da história narrada. Kubli (2001) recomenda a utilização deste elemento em histórias que envolvam, por exemplo, "heróis" do pensamento físico. A utilização deste elemento ajuda o aluno a sentir-se mais próximo do cientista e das suas capacidades intelectuais, "...reduces the distance to understanding the genii." (Kubli, 2001, p. 597).

Verifica-se, mais uma vez, a relevância da relação emocional que a narrativa deve estabelecer com o receptor. Martins (2006b) chama, no entanto, a atenção para os riscos que envolvem a utilização deste elemento narrativo. Muitas das histórias onde foi utilizado distorceram a realidade do episódio científico que queriam contar. A má utilização deste elemento introduz distorções, não só sobre o trabalho dos cientistas, mas também sobre a natureza da Ciência.

As narrativas apresentam elementos que permitem classificá-las de acordo com determinadas características (Metz et al., 2007):

- a) *Story* – É uma pequena história, *vignettes of history*, na maioria das vezes contendo um conjunto de eventos sequenciais no tempo. Os acontecimentos são convertidos em texto e no processo o autor impõe-lhes significados e valores. A este tipo de

narrativas correspondem histórias relativamente curtas, que vão directas ao assunto que se pretende abordar.

Apesar de ser um tipo de narrativa, tem um carácter mais restritivo. É utilizado para atrair a atenção dos estudantes, Fritz Kubli (2001) designa-o de *doors openers* das aulas de ciências. É interessante esta designação se pensarmos que estas pequenas histórias, geralmente carregadas de ironia, são facilmente recordadas pelos estudantes, como a da “Maçã de Newton” representada na Figura 2.3.

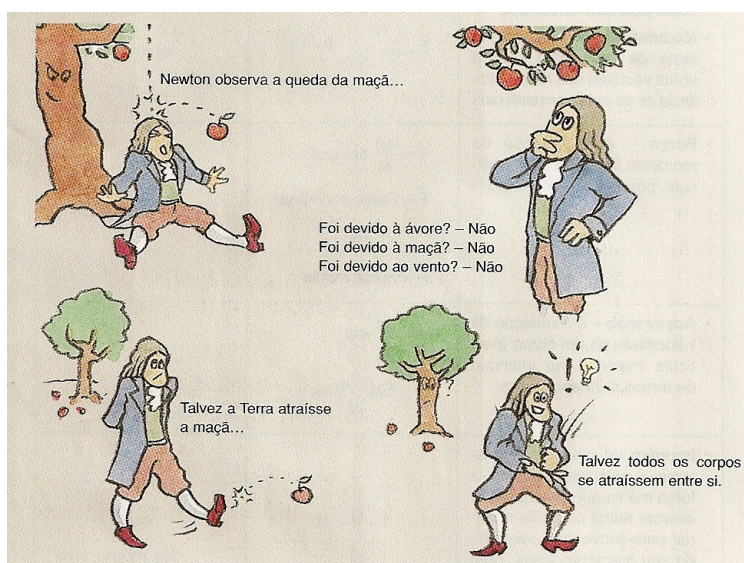


Figura 2.3: “Uma maçã na história da Física”. Fonte: Rodrigues & Dias (1998, p. 99).

São pequenas histórias utilizadas para “aligeirar” as aulas, pois permitem introduzir algum divertimento no estudo de conteúdos complexos e reduzir a distância entre professor e aluno. Apesar de ser um recurso com potencialidades, a sua abordagem requer uma actuação cautelosa por parte do docente. A introdução de *Story's* pode produzir uma imagem distorcida da natureza da Ciência e perpetuar “mitos” (Allchin, 2003 *apud* Metz et al., 2007; Martins, 2006b).

- b) *Storyline* – Esta narrativa não aparece com características bem definidas ou definições precisas. É um tipo de abordagem temática que segue uma linha condutora, uma estrutura que pode ter início numa grande questão. A resposta apresenta-se pela sequência dos episódios históricos, organizados e relacionados com o tema proposto pela questão inicial. Pode ser apresentada utilizando

elementos de HC como conjunto de episódios, organizados em torno de um tema unificador, mas sem incluir elementos motivadores (Metz et al., 2007).

A *storyline* possibilita um vasto leque de aplicações, tais como, a utilização como *doors openers* ao ser utilizada para contextualizar a grande questão inicial. O lado humano da situação histórica que envolve o grande problema é assim apresentado. Torna a aprendizagem de um conteúdo mais interessante e motivador (Kubli, 2001; Metz et al., 2007).

A narrativa pareceu ser uma forma interessante de “viver” a Experiência de Ørsted em sala de aula, num contexto curricular de cariz CTSA, já que o contexto social e técnico participam naturalmente da experiência vivida.

Quando se recorre a estas abordagens, o processo de mediação é de extrema importância. Estimular o pensamento através da narrativa implica ter em consideração um conjunto de estratégias de mediação que a potenciem ao máximo:

- “Activate prior knowledge through activities that capture student interest and connect students’ background with the story details. This can be done within or independently of the story.
- Use an interrupted story approach to enable students to make inferences and predictions.
- Solicit individual and/or group reactions while asking open-ended questions.
- Employ compare and contrast strategies that relate student ideas to the historical ones.
- Provide for related demonstrations and experiments, projects and research, and cross-curricular integration.
- Use writing activities such as a log or journal, for reflections and question generation.
- Use guided reading strategies such as issue-based analysis or paired reading” (Metz et al., 2007, p. 321).

De que forma este recurso didáctico poderá promover aprendizagens sobre a natureza da Ciência e o trabalho dos cientistas?

Clough (2006) refere que uma instrução eficaz sobre a natureza da Ciência, requer uma série de condições, incluindo ligações com a forma real como os cientistas trabalham. As narrativas históricas a serem usadas no Ensino das Ciências, devem ser cuidadosamente preparadas e seguir algumas das orientações apresentadas no trabalho de Metz et al. (2007):

- “1. A tight link should exist between the fundamental science content and targeted NOS ideas in the short stories so that teachers do not feel they are neglecting the former in promoting the latter – the most significant reason science teachers give for not accurately addressing the NOS;
2. Science teachers must be able to use the short stories when and where they seem appropriate;
3. Short stories should address both historical and contemporary instances so that students cannot easily dismiss past events by attributing them to wrong thinking that has now been corrected;
4. Wherever appropriate, the voice of scientists should be used to provide authenticity to the NOS point(s) being emphasized;
5. The short stories must include comments and questions that draw students’ attention to more accurate ideas regarding the NOS; and
6. The short stories must be carefully scaffolded to students’ science experiences in and out of the science classroom.” (Metz et al. 2007, p. 322).

Os acontecimentos físicos desempenham um papel na história da humanidade, fazem-no com enquadramento, influenciam os actos dos protagonistas e são manipulados para produzirem hipóteses susceptíveis de serem postas à prova. Bruner considera que “O processo de fazer ciência é narrativo.” (Bruner, 2000, p. 168). O recurso à técnica da narrativa torna-se, provavelmente, o recurso mais próximo dos alunos. Ao ser a maneira mais “primitiva” de organizarmos a nossa experiência e o nosso conhecimento. Sugere-se que em vez de se fazer uma exposição de conceitos como “ciência acabada”, devam ser considerados os “processos de fazer ciência”. Será importante cultivar boas questões que coloquem dilemas, subvertam as “verdades óbvias” e ponham os alunos a pensar sobre as coisas (Bruner, 2000).

Metz et al. (2007) apresentam quatro estudos de caso que ilustram a variedade de utilizações de narrativas históricas no Ensino das Ciências:

- Uso da narrativa como *door openers*. Neste exemplo a história foi usada para fazer a contextualização do trabalho experimental que um grupo de estudantes tinha de realizar, sobre a absorção de radiação por diferentes materiais. A história criou nos ouvintes a necessidade de levantar questões e de procurar respostas.
- A narrativa como *personal narrative*. O segundo exemplo estudado recorre a um conto infantil para contextualizar a exploração de um conteúdo. Neste exemplo a

storylines serviu para elucidar os alunos relativamente ao tema em estudo. Neste tipo de narrativa é possível incluir um conjunto de dados biográficos relevantes ou documentos pessoais (como manuscritos) de um determinado cientista o que permite uma maior aproximação do aluno ao cientista e ao seu trabalho.

- Outro dos exemplos apresentados é o da utilização da narrativa na contextualização de uma actividade laboratorial. A narrativa poderá incluir trabalhos originais, adaptados ao conhecimento dos alunos. A interacção que se estabelece com a narrativa permite, para além da aproximação ao cientista, um entendimento mais alargado de questões científicas.
- O último exemplo remete para a criação de *short stories*, pequenas histórias que ajudam o estudante a aproximar-se do cientista, do seu trabalho e das relações da Ciência com a Sociedade. Permite a integração de elementos de HFC e a exploração da natureza da Ciência no ensino.

O estudo destes casos mostra as potencialidades do recurso no Ensino das Ciências. A variedade de contextos em que pode ser utilizada e o efeito positivo que tem na motivação dos alunos, apresentavam a narrativa como o instrumento capaz de estabelecer a ponte entre: o acontecimento (fenómeno científico); o local em que ocorreu; o cientista na sua época; e a construção do conhecimento. A aventura das ideias associada ao conhecimento merece atenção didáctica. É “vivendo” momentos históricos importantes que se pode enriquecer a ideia sobre Ciência. A investigação apontava para a construção de uma narrativa com forte componente experimental “narrativa experimental” (Bruner, 2000, p. 181).

2.1.4.2 NARRATIVA EXPERIMENTAL

A investigação na área da aprendizagem das ciências refere que o recurso a metodologias que envolvam uma componente significativa de manipulação e visualização, aos níveis mais elementares tem revelado grande eficácia no Ensino das Ciências. O facto de não se apresentarem carregadas de formalismo matemático resulta de forma positiva. A narrativa construída deveria, para além dos elementos motivadores que intensificassem a

participação e o envolvimento dos alunos numa “atmosfera” de mistério e *suspense*, ser concretizada com forte poder manual e visual.

As actividades laboratoriais desempenham, no âmbito do processo de ensino/aprendizagem, um papel cujo valor educacional é reconhecido pela investigação. Na preparação da narrativa esta questão assumiu um papel fundamental:

- Promover uma actividade orientada para o desenvolvimento da autonomia do aluno;
- Garantir que não é concebida uma actividade isolada, limitada à observação de procedimentos repetitivos que constem de um protocolo tipo receita, mas que promova a conjugação de tarefas promotoras de interacções.

Um dos benefícios inerentes à repetição das experiências históricas é que permitem que o aluno perceba que o “fracasso” é uma das fases naturais do “fazer ciência”, essa noção irá libertá-los do medo de tomar a iniciativa de experimentar as suas próprias ideias, tornando-os responsáveis no modo como comunicam posteriormente o resultado das suas verificações (Kipnis, 2007).

Richard Feynman (1989) conta como o pai teve uma influência decisiva na sua vida ao ensiná-lo a pensar sobre as coisas que observava e de como isso o estimulou para a actividade científica. Os seus discursos reflectem a importância que atribui à experiência, mas é interessante verificar como valoriza a componente teórica do conhecimento. A experiência ajuda a produzir leis, no sentido em que fornece pistas. Mas também é preciso imaginação para criar, a partir dessas pistas, as grandes generalizações – para descobrir os padrões maravilhosos, simples mas muito estranhos, subjacentes a essas observações e, depois, experimentar de novo para testar até que ponto essas ideias são fáceis de refutar.

A dimensão laboratorial está contemplada no Currículo Nacional do Ensino Básico:

“... à implementação de experiências educativas onde o aluno desenvolva atitudes inerentes ao trabalho em Ciência, como sejam a curiosidade, a perseverança e a seriedade no trabalho, respeitando e questionando os resultados obtidos, a reflexão crítica sobre o trabalho efectuado, a flexibilidade para aceitar o erro e a incerteza, a reformulação do seu trabalho, o desenvolvimento do sentido estético, de modo a apreciar a beleza dos objectos e dos fenómenos físico-naturais, respeitando a ética e a sensibilidade para trabalhar em Ciência, avaliando o seu impacte na sociedade e no ambiente...” (DEB, 2001a, p.7).

Importa, no entanto, clarificar alguns conceitos que muitas vezes se encontram misturados e situar, a componente prática da narrativa construída, no âmbito de um quadro teórico de referência.

A literatura aponta para uma distinção entre trabalho prático, laboratorial, de campo e experimental. Hodson *in* Leite (2000) e Valadares (2006) definem trabalho prático como qualquer actividade em que o aluno esteja activamente envolvido (compreendendo diversos domínios, cognitivo, afectivo e psicomotor). Trata-se de um conceito abrangente, englobando os conceitos de trabalho laboratorial e de trabalho de campo. O trabalho laboratorial inclui actividades que requerem manipulação de material laboratorial.

O trabalho de campo decorre, ao ar livre, não diferindo em termos de conteúdo do trabalho laboratorial, podendo, nalguns casos, recorrer a material de laboratório. Há no entanto trabalho prático que não é laboratorial ou de campo e que passa por actividades de resolução de problemas, pesquisa de informação em diversos suportes, utilização de simulações informáticas (Leite, 2000).

O trabalho experimental refere-se a qualquer actividade prática que envolva manipulação e controlo de variáveis. O que requer alguma maturidade cognitiva por parte do aluno (Valadares, 2006).

Em traços gerais podemos traduzir as relações entre trabalho prático, laboratorial, experimental e de campo no esquema representado na Figura 2.4.

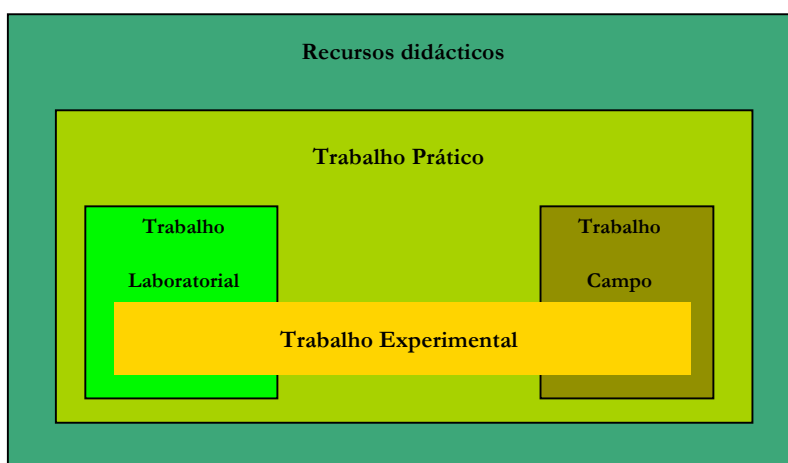


Figura 2.4: Relação entre trabalho prático, laboratorial, experimental e de campo. Fonte: Leite (2000, p. 92).

Apesar de não ser consensual, as actividades laboratoriais podem contribuir para a aquisição de conhecimento conceptual, recorrendo a actividades que permitem: o reforço de conceitos previamente apresentados; construção de conhecimento conceptual novo; ou a reconstrução do conhecimento alterando as concepções dos alunos (Hodson, 1994). Para que cada um destes objectivos possa ser alcançado devem ser escolhidas as actividades que objectivamente contribuem para o fim desejado (Leite, 2000).

De acordo com a tipologia apresentada por estes investigadores, a actividade prática que se pretendeu incluir na narrativa experimental, deveria situar-se no âmbito de uma actividade laboratorial de cariz experimental. A recriação de algumas das experiências descritas por Ørsted, não se devia limitar ao desenvolvimento de técnicas e *skills* laboratoriais, mas introduzir questionamento dirigido ao dispositivo experimental, desenvolvendo actividades do tipo “Prevê-Observa-Explica-Reflecte (sem procedimento laboratorial incluído)” (Leite, 2000, p. 94).

As actividades laboratoriais de cariz experimental apresentam-se como recurso rico do ponto de vista da aquisição de competências (Silva, 2009; Tenreiro-Vieira & Vieira, 2006). Ao nível do 9º ano podem ser desenvolvidas capacidades no domínio sócio-afectivo, capacidades aquisitivas (como o ouvir; o observar; inquirir), capacidades organizacionais (analisar), capacidades criativas (sintetizar), capacidades manipulativas (usar instrumentos) e capacidades de comunicação (questionar) (Valadares, 2006, p. 2-3).

O recurso ao trabalho laboratorial, por promover o envolvimento directo do aluno, pode tornar-se mais eficaz motivador e promover atitudes positivas face às aulas de ciência e ao desenvolvimento de atitudes científicas como o rigor, a persistência, pensamento crítico e criatividade.

2.2 PERTINÊNCIA DIDÁCTICA E CURRICULAR DA NARRATIVA EXPERIMENTAL

Uma das preocupações, ao recriar a Experiência de Ørsted, foi trabalhar a ideia de ciência, aproximando o aluno do cientista e do seu trabalho. Sendo este estudo centrado num caso

tinha-se consciência que apenas se podem abordar algumas características do desenvolvimento do conhecimento científico próprias ao caso em questão.

A Experiência de Ørsted insere-se no programa de 9º ano, 3º ciclo e geralmente aparece referida no subtema “Circuitos Eléctricos e Electrónicos” quando se estudam os efeitos da corrente eléctrica. Guisasola et al. (2005) chama a atenção para a necessidade de ser o professor a prestar atenção aos diferentes aspectos da natureza da Ciência. Cabe ao professor adequar as suas acções e os seus comportamentos de forma a tornar a aprendizagem dos alunos mais significativa, o que implica “reflectir sobre a sua prática docente de forma sistemática...” (Comissão Europeia, 2007). É importante que as aulas sejam analisadas com o objectivo de melhor compreender os acontecimentos que ocorrem nos seus ambientes particulares (Serrazina & Oliveira, 2002). Neste quadro justificam-se as opções tomadas no sentido de realçar o trabalho de Ørsted.

2.2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO CURRICULAR

A argumentação fortalece a convicção de que o Ensino das Ciências, para além de promover aprendizagem em ciências, deve promover aprendizagens sobre ciência. A investigação tem dado algum relevo a estratégias que introduzem elementos de HFC (Chaib & Assis, 2007; Cavicchi 2008; Esteban, 2003; Kipnis 2007; Leite, 2002; Matthews, 1995; Solbes & Traver, 2003).

O acentuado desinteresse pelas disciplinas científicas tem dado origem a várias problemáticas de investigação (Fernández-González, 2008; Vasquez-Alonso & Manassero-Mas, 2008). Tratando-se de uma tendência mundial, o que torna o estudo das ciências pouco apelativo para muitos alunos?

Fernández-González aponta a responsabilidade à manutenção de um tipo de abordagem em ciência que a maior parte das vezes apresenta:

“1) Una imagen de ciencia centrada en sí misma, académica y formalista (Léna, 1999).

2) Una falta de conexión de lo que se enseña con la ciencia que está presente en el mundo cotidiano o con la ciencia no formal de los medios de comunicación (De Pro y Ezquerria, 2005).

3) Una ciencia que no atiende (o muy poco) a aspectos epistemológicos básicos: ¿qué es propiamente la ciencia? ¿cómo se elabora? (Hipkins, Baker y Bolstad, 2005).” (Fernández-González, 2008, p. 186)

A urgência em encontrar caminhos que tornem a Ciência mais apelativa tem sido alvo de questionamento por parte da investigação.

“¿Qué ofrecer a alumnos que en su inmensa mayoría van a ser consumidores de conocimiento científico y nunca productores?” (Fernández, 1992, p. 187).

Como resposta a este problema vários países europeus, incluindo Portugal, elaboraram currículos oficiais assentes em pressupostos que visam proporcionar aos alunos possibilidades de:

“- despertar a curiosidade acerca do mundo natural à sua volta e criar um sentimento de admiração, entusiasmo e interesse pela Ciência;

- adquirir uma compreensão geral e alargada das ideias importantes das estruturas explicativas da Ciência, bem como dos procedimentos da investigação científica, de modo a sentir confiança na abordagem de questões científicas e tecnológicas;

- questionar o comportamento humano perante o mundo, bem como o impacto da Ciência e da Tecnologia no nosso ambiente e na nossa cultura em geral.” (DEB, 2001a).

As orientações curriculares apontam para a necessidade de se desenvolver o interesse pela ciência, as suas relações com a tecnologia, as implicações sociais e ambientais, que promovam as noções subjacentes a uma preocupação de desenvolvimento sustentável (DEB, 2001b). Quer isto dizer, que as estratégias de ensino, desenvolvidas neste âmbito, devem: promover uma cultura científica abrangente; promover a formação de jovens dotados de responsabilidade crítica, cidadãos comprometidos com questões sociais e ambientais.

Fernández-González (2008, p. 188-189) enfatiza estes pressupostos referindo que:

- “La orientación CTS, que se interesa en poner de relieve las repercusiones sociales de la ciencia y la tecnología, incorporando los problemas medioambientales (CTSA) e insistiendo en la idea de desarrollo sostenible (Membuela, 2001).
- La alfabetización científica, enfoque emergente que reivindica para la ciencia un puesto de primer orden en la cultura general de los ciudadanos, para así capacitarlos a tomar decisiones sobre problemas relacionados con la misma (Marco, 2000).

- La metodología de ciencia contextual o ciencia cotidiana, que enfatiza la conexión teoría-realidad, es decir, la conexión de la ciencia con objetos y fenómenos de la vida corriente (Caamaño, 2005).
- La atención a cuestiones epistemológicas, en especial la naturaleza de la ciencia y el modo de actuar de los científicos (McComas, 1998).” (Fernández, 2008, p.188-189).

Como concretizar ideias tão ambiciosas em sala de aula?

Os estudos PISA têm demonstrado reduzidos níveis de literacia científica, a orientação dos currículos de ciências deve, por isso, assumir um cariz mais humanista, integrando abordagens de cariz CTSA. Estratégias mais ligadas a contextos reais podem aumentar esses níveis. Vários investigadores salientam o papel importante que a HFC pode desempenhar no âmbito da tão desejada cultura científica¹¹ (Acevedo-Díaz et al., 2007a e 2007b; Kim & Irving, 2010).

As teorias de aprendizagem actuais reconhecem que a aprendizagem das ciências não pode passar, exclusivamente, pelo conhecimento de conceitos. Os currículos defendem, cada vez mais, uma educação em ciência de “cariz mais global, menos fragmentada, capaz de preparar melhor os alunos para a compreensão do mundo e das inter-relações do conhecimento científico e tecnológico na sociedade” (Martins, 2002, p. 2).

Kipnis reforça esta ideia referindo que:

“Learning about discoveries helps students to understand how scientists work and how new knowledge comes about. Reproducing historical experiments can considerably enhance this learning, as well as improve students’ knowledge of the subject matter” (Kipnis, 2007, p. 916).

A argumentação sustentava a pertinência da narrativa experimental construída em torno da Experiência de Ørsted no actual contexto curricular. Apresentava-se como o episódio histórico que, ao nível do currículo de Ciências Físico-Químicas de 9º ano, melhor satisfazia parte dos pressupostos apresentados pela investigação:

¹¹ Tradução do termo “scientific literacy” (OECD, 2000). Nas versões portuguesas das publicações da OCDE (OECD, *Organization for Economic Cooperation and Development*) relativas ao projecto PISA (*Programme for International Student Assessment*) pode aparecer como “cultura científica”, “competência científica”, “literacia científica” ou “alfabetização científica”. Compreende a capacidade em empregar o conhecimento científico na identificação de problemas e retirar conclusões a partir de factos, com o objectivo de compreender e ajudar a tomar decisões sobre o mundo natural e as mudanças produzidas pela actividade humana (Acevedo, 2007).

- contextualizar a descoberta científica no ambiente social e cultural da época, reforçando o entendimento do processo de edificação do conhecimento científico, permitindo formar uma visão mais próxima da natureza da Ciência (Martins, 2006a);
- a introdução de elementos de HFC, neste tipo de abordagem, permite pôr em evidência a importância da Ciência no desenvolvimento Tecnológico e Social (Solbes & Traver, 2003).

O trabalho de Ørsted esteve na base de uma revolução tecnológica importante com grandes implicações sociais e ambientais, valorizar a exploração qualitativa da sua descoberta ia ao encontro das propostas de abordagens, preconizadas pelo Currículo Nacional, para este conteúdo desenvolvido no âmbito do quarto tema organizador – Viver Melhor na Terra.

A imagem que prolifera da Ciência é, em muitos casos, profundamente anti-humanista, o que pode contribuir para que os alunos se afastem dela (Garcia-Carmona, 2006). O Ensino das Ciências pode contrariar essa tendência se for aliciante para os jovens. Não havendo possibilidade de apresentar os conteúdos de Ciências Físico-Químicas dentro de um quadro compatível com a sua evolução histórica real, optar pelo tratamento histórico de alguns conceitos permite que os alunos possam adquirir a percepção enriquecida de ciência (Golin, 2002; Leite, 2002).

O *Project Physics* de Harvard mostrou ser possível criar uma abordagem, em que os conteúdos fossem expostos segundo uma lógica histórica. Citando os directores do *Project Physics* entendemos a actualidade das propostas apresentadas:

"O problema que se punha ao *Harvard Project Physics* era o de projectar um curso humanístico que fosse útil e interessante para alunos com uma gama variada de capacidades, conhecimentos prévios e projectos futuros de carreira. Na prática, significava projectar um curso que deveria ter os seguintes efeitos:

- 1- Ajudar os alunos a aumentarem o seu conhecimento do mundo físico concentrando-o nas ideias que melhor caracterizam a física enquanto ciência, em vez de os centrar em pedaços isolados de informação.
- 2- Ajudar os alunos a verem a física como uma maravilhosa actividade com muitas facetas humanas. Isto significa apresentar o assunto numa perspectiva cultural e histórica, e mostrar que as ideias da física têm uma tradição ao mesmo tempo que modos de adaptação e mudança evolutivos.

- 3- Aumentar a oportunidade de cada aluno na participação em experiências de ciência, imediatamente compensadoras, mesmo quando adquirindo o conhecimento e as capacidades úteis a longo prazo.
- 4- Tornar possível aos professores a adaptação do curso aos interesses e capacidades variados dos seus alunos.
- 5- Ter em conta a importância do professor no processo educativo no vasto espectro de situações de ensino." (Projecto Física, 1985, p. x).

Estes aspectos dão sentido à abordagem que se pretende fazer da Experiência de Ørsted ao nível do 9º ano de escolaridade. O ponto 2 foi particularmente inspirador para esta investigação. Levar os alunos a sentirem que a Ciência é uma actividade humana e a apreciar a aventura da criação científica esteve subjacente a toda a nossa intervenção, constituindo-se um objectivo importante do trabalho.

O sucesso do *Projecto Física* foi largamente documentado, mas poderíamos questionar o motivo pelo qual não terá funcionado. Uma hipótese possível passa pela reduzida formação em HFC da classe docente (Brush, 1991). Sendo o papel do professor crucial para a aprendizagem do aluno; qualquer abordagem que passe pela inclusão de elementos históricos poderá ser posta em causa.

2.2.2 CRIAÇÃO DE AMBIENTES CONSTRUTIVISTAS

As orientações construtivistas da aprendizagem defendem que os estudantes constroem o seu próprio conhecimento tendo por base a interacção que se estabelece entre as suas estruturas mentais (conhecimento prévio) e a informação que recebem do exterior (quando os alunos escutam uma aula, lêem o manual ou interagem com um dispositivo experimental) (Valadares, 2001).

Não sendo tema central desta investigação o tipo de concepções prévias que poderiam constituir obstáculo à construção do novo conhecimento, este aspecto foi tido em linha de conta na intervenção. Estudos nesta área consideram que, apesar da escassez de trabalhos na área do magnetismo e do electromagnetismo, as dificuldades prendem-se com: a aprendizagem no conceito de campo e suas fontes; e a compreensão da definição operativa de campo magnético (Guisasola et al., 2003).

A investigação tem sido sensível a discussões que consideram que as dificuldades estão associadas a problemas históricos de entendimento de conceitos quando a compreensão sai do âmbito do paradigma vigente. Ao serem implementadas tarefas em que as situações são problematizadas dentro de um contexto sociocultural, os alunos são ajudados a aproximarem-se das dificuldades subjacentes à construção do conhecimento.

A utilização da HFC, neste caso, significou não só a inclusão de elementos históricos que contextualizassem a Experiência de Ørsted na época, mas também o seu recurso como “ferramenta” na definição de conteúdos fundamentais para o ensino. Era necessário encontrar elementos chave que, ao serem entendidos pelos alunos, os auxiliassem na construção do novo conhecimento.

A noção de elementos estruturantes, úteis na aprendizagem de novos conceitos, prende-se com a necessidade de identificar elementos que estiveram presentes num determinado momento da história e que, ao serem utilizados em sala de aula, são úteis para os alunos. Estes elementos permitem criar uma metodologia facilitadora da construção do novo conhecimento.

A construção da narrativa experimental mostrou sobretudo, uma vontade de testar se a narrativa construída levava os alunos a apropriarem-se das situações e a “pilotares” o desenvolvimento das ideias. A componente experimental da narrativa, não podia reduzir os alunos a meros reprodutores da Ciência produzida pelos cientista. Antes, que proporcionasse situações de interacção aluno/professor, aluno/aluno, aluno/cientista conducentes a situações de discussão e análise de ideias.

O construtivismo¹² actual tem realçado a aprendizagem como um processo activo, de construção, em que o aprendiz tem o papel principal. O aluno (aprendiz) passa de processador para construtor do conhecimento. Esta ideia revela-se de extrema importância no Ensino da Ciência ao pensar-se que, o papel dos professores, dos conteúdos, dos meios de comunicação e da comunidade educativa fazem sentido, apenas, se contribuírem para

¹² O construtivismo actual tem múltiplas raízes na psicologia e filosofia do século XX, nomeadamente: no pensamento de John Dewey (princípio do século); na epistemologia genética de Piaget; na filosofia da linguagem de Wittgenstein; na epistemologia de Bacahelard; na teoria da zona do desenvolvimento próximo de Vigostky; no construtivismo de Bruner; na emergência da psicologia cognitiva e ainda na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (Coutinho, 2005).

criar ambientes que permitam a construção do conhecimento – ambientes construtivistas (Coutinho, 2005; Valadares 2001).

Neste âmbito a criação de ambientes construtivista lança um outro olhar sobre a proposta didáctica que se pretende construir em torno da Experiência de Ørsted e que pode ser traduzida numa ideia defendida por Valadares:

“ O conhecimento científico, qualquer que ele seja, é uma construção humana resultante de interacções complexas envolvendo sujeitos e objectos em que nem uns nem outros têm hegemonia.” (Valadares, 2001, p. 3).

Centrar o processo de ensino/aprendizagem no sujeito (aprendiz) implicava ter presente dois aspectos importantes e que se pretendeu explorar com a recriação desta Experiência: o primeiro prende-se com a participação activa do sujeito na construção do seu próprio conhecimento (Valadares, 2001); o segundo refere que esta construção depende do contexto em que ocorre, ou seja, depende das interacções que se podem estabelecer entre outros alunos, o professor, os conteúdos, os objectos e os contextos (Coutinho, 2005; Hewson, 2001).

A perspectiva construtivista da aprendizagem, centra o ensino no aluno e influenciará o professor a adoptar estratégias que propiciem a criação de ambientes inovadores, que ajudem o aluno a ligar a nova informação à anterior, a procurar informação relevante e a pensar acerca das suas próprias ideias. Não se trata de converter o aluno em cientista *practising scientist*, mas proporcionar-lhe contextos onde as actividades desenvolvidas o aproximem do trabalho dos cientistas e da natureza da Ciência como *novice researchers* (Gil-Pérez et al., 2002). Segundo uma abordagem construtivista, ao problematizar o processo de ensino recorrendo a elementos de HFC, será possível apresentar uma imagem de Ciência menos distorcida.

2.3 DESENVOLVIMENTO DA INVESTIGAÇÃO

2.3.1 OBJECTIVOS

O objectivo geral deste trabalho foi criar uma proposta didáctica, no âmbito do programa de Ciências Físico-Química, que incluísse elementos de HFC, construída em torno da Experiência de Ørsted.

Pretendeu-se:

- Recriar a Experiência para aplicar em sala de aula o que implicou:
 - a sua contextualização com elementos de HFC;
 - a criação de um dispositivo experimental fácil de manipular pelos alunos.
- Construir uma proposta didáctica, vivida em sala de aula, que viabilize:
 - a aproximação dos alunos à Ciência;
 - aulas mais estimulantes e reflexivas que valorizem o pensamento crítico;
 - uma visão da Ciência mais próxima da vivência de quem a criou e das relações que a vinculam com a Tecnologia, a Sociedade e o Ambiente.

2.3.2 OPÇÕES METODOLÓGICAS

Esta investigação recorre, essencialmente, à análise de conteúdo, como ferramenta da investigação qualitativa, centrada num estudo de caso – a Experiência de Ørsted.

O *estudo de caso* é uma das formas que a investigação qualitativa pode assumir, em que todos os estudos realizados são desenvolvidos em torno de um único “caso”. Nesta aplicação tentou-se reunir um conjunto de informações recolhidas de fontes diversificadas e, que de forma directa ou indirecta, abordam e sustentam o tema da investigação.

A construção da proposta didáctica foi norteada pelo referencial construtivista dos processos de ensino/aprendizagem. Teve como ponto de partida a informação recolhida do texto original de Ørsted (fonte primária traduzida para língua portuguesa). Pretendeu-se

retirar do texto de Ørsted elementos que pudessem ser úteis para o desenvolvimento da Experiência em sala de aula.

A proposta exigiu uma investigação qualitativa que tem no contexto onde ocorrem os fenómenos a fonte directa de dados (Bardin, 2009; Bogdan & Biklen, 1994). Admite-se, neste tipo de análise, uma certa interferência do investigador. Os dados qualitativos permitem descrições, interrogações, explicações e interpretações “ricas”, assentes em procedimentos que, contrariamente aos dados obtidos pelas abordagens quantitativas, respeitam a especificidade de cada situação, a temporalidade e o contexto em que ocorre (Neto, 1995). É nesta riqueza de significado que reside o seu fascínio (Huberman & Miles, 1991).

A análise de conteúdo (ou análise qualitativa) constitui a técnica fundamental de tratamento e análise de dados que incidem, sobretudo, no discurso verbal ou escrito que é objecto de estudo, no fundo é um conjunto de técnicas de análise de comunicações (Bardin, 2009). Tem, no entanto, alguns constrangimentos que se prendem com o tipo de dados com que trabalha “palavras e não números” (Huberman & Miles, 1991, p. 34). Quando os dados são “palavras”, surgem carregados de significado, mais difíceis de manipular e interpretar. Para acentuar esta dificuldade, como refere Neto (1995), as palavras adquirem sentido quando ligadas a outras palavras. Já os números são menos dúbios e por isso mais fáceis de analisar. Bardin (2009) considera não existir “pronto-a-vestir” em análise de conteúdo. A técnica de análise adequada ao domínio e ao objectivo pretendido tem que ser reinventada a cada momento. Huberman e Miles (1991) discordando desta visão, acentuadamente intuitiva, salientam ser bastante pertinente que este campo de investigação escolha métodos explícitos e sistemáticos, susceptíveis de assegurarem “um certo grau de formalização do processo de análise” (Huberman e Miles, 1991, p. 33).

Como conclusão da sua análise Bardin (2009) resume o significado actual de análise de conteúdo como:

“Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter por procedimentos sistemáticos e objectivos de descrição do conteúdo das mensagens indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens.” (Bardin, 2009, p. 44).

Dos documentos susceptíveis de serem submetidos a análise qualitativa salientam-se os documentos “... suscitados por necessidades de estudo...” (Bardin, 2009, p. 41). Nesta

investigação, a análise de conteúdos baseou-se, em documentos escritos: inicialmente na publicação de Ørsted, essa análise depressa se alargou aos textos de historiadores da ciência que se interessaram pelo tema. Com uma breve incursão no conteúdo dos manuais escolares. A necessidade de construir uma narrativa conduziu a que se estudassem as técnicas que guiaram a sua construção.

2.3.3 FASES DA INVESTIGAÇÃO

A literatura recomenda que, os estudos realizados em domínios como a História e Filosofia das Ciências se realizem com recurso preferencial a fontes primárias (originais) ou fontes secundárias reconhecidas (Martins, 2006b). No caso desta investigação, o acesso a originais apresentava-se pouco viável. Optou-se por recorrer a uma tradução do original, gentilmente cedido por Roberto Martins¹³.

Pegar no texto de Ørsted implicou estudá-lo de modo a adequar o seu conteúdo à sala de aula. Esse estudo condicionou as diferentes fases por que passou a investigação e mobilizou as opções metodológicas tomadas:

- Inserir a Experiência numa narrativa experimental resultou da investigação teórica realizada (ver por exemplo Klassen, 2007 ou Metz et al., 2007).
- O conhecimento teórico produzido pela análise da literatura que explora a utilização da HFC em contextos educativos; o estudo de publicações de historiadores que têm abordado o trabalho de Ørsted e sua utilização em sala de aula foram uma fonte importante de informação na adequação da Experiência à sala de aula.
- A análise curricular forneceu as linhas que orientaram todo o processo de adequação da Experiência.

¹³ Roberto de Andrade Martins é físico formado pela USP, com doutoramento em lógica e filosofia da ciência pela UNICAMP. É professor do Instituto de Física “Gleb Wataghin” desde 1983, onde coordena o Grupo de História e Teoria da Ciência. Colabora com os cursos de pós-graduação em História da Ciência e Ensino de Ciência, tendo sido presidente da Sociedade Brasileira de História da Ciência e da Associação de Filosofia e História da Ciência do Cone Sul. Dedicou-se ao ensino, orientação e investigação sobre HFC, tendo nesta área mais de 100 trabalhos publicados (Silva, 2006).

- A informação recolhida, ao longo das aulas, através de pequenas questões, serviu para caracterizar os alunos que participaram na investigação e adequar a introdução de elementos de HFC necessários à construção da narrativa.
- A análise do modo como a Experiência tem sido tratada nos manuais escolares (séculos XIX-XX) permitiu compreender a relevância que lhe tem sido dada e forneceu o subsídio necessário à percepção da valorização que podia ser introduzida pela narrativa experimental criada.

Considerando os contributos referidos:

- Seleccionaram-se, do texto original de Ørsted, aspectos da Experiência de relevância didáctica procurando adaptá-los ao laboratório escolar, como a seguir se mostrará.
- As decisões tomadas implicaram o desenvolvimento de um dispositivo experimental que fosse acessível a estes alunos, permitisse suportar o fio incandescente e manipular as agulhas magnéticas com gestos simples e sem grandes perturbações.
- Considerando que as narrativas históricas são a forma mais adequada para introduzir elementos de HFC em níveis etários baixos, como revela a argumentação atrás apresentada, a criação da narrativa ocupou parte importante deste trabalho.
- A análise da aplicação narrativa em torno da Experiência de Ørsted, em sala de aula, foi realizada com recurso a testemunhos orais e escritos produzidos pelos alunos, a quem foi aplicada a narrativa criada, e a registos de observação recolhidos na aula, com recurso a suportes vídeo e escritos.

O diagrama da Figura 2.5 ilustra as relações estabelecidas entre as diferentes fases do trabalho. Os dados recolhidos, em cada fase da investigação, constituíram o suporte teórico da estratégia elaborada em torno da Experiência de Ørsted.

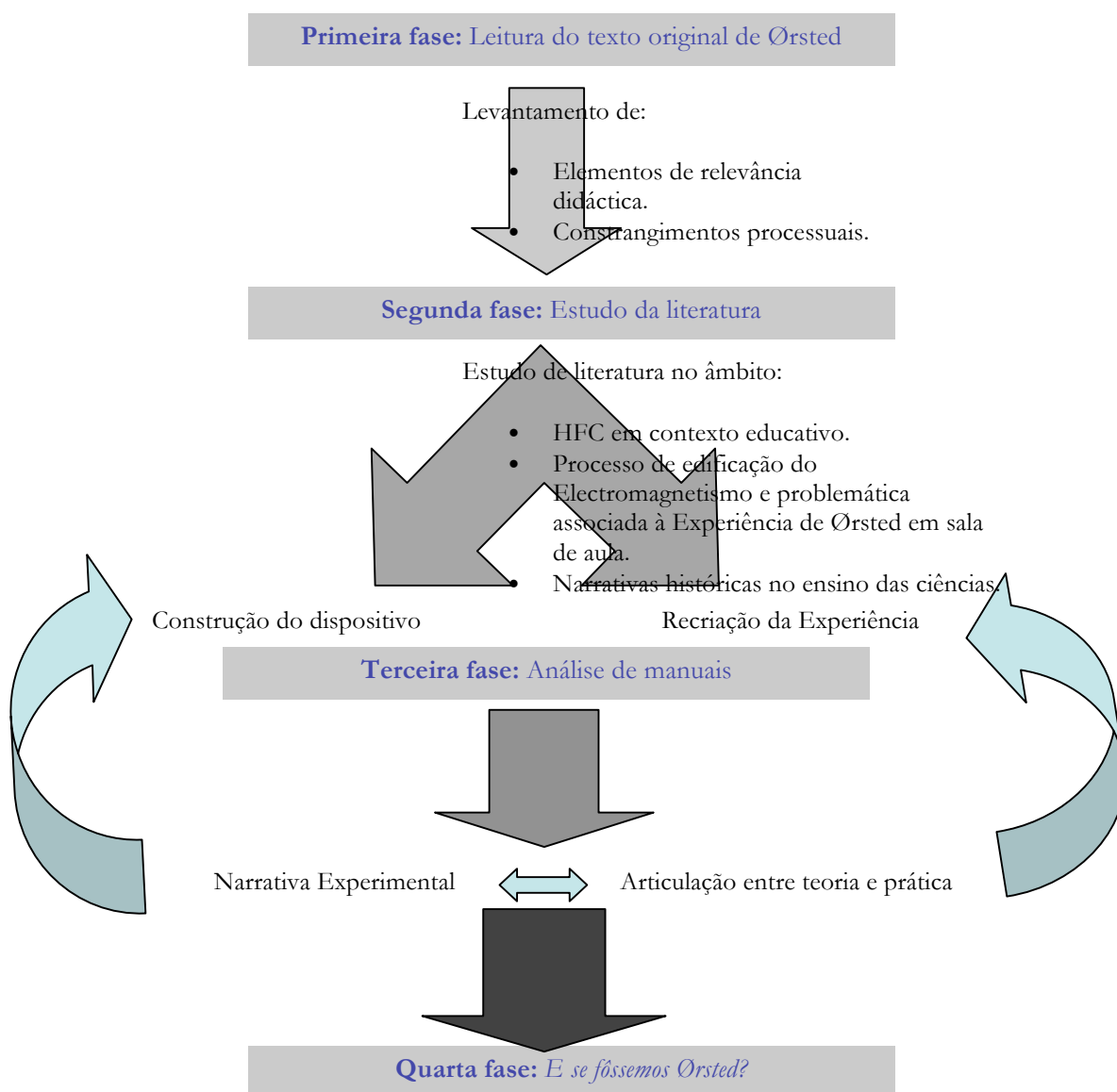


Figura 2.5: Relação entre as diferentes fases do trabalho e a construção da estratégia didáctica.

2.3.3.1 PRIMEIRA E SEGUNDA FASES

A análise do texto original de Ørsted, forneceu elementos que permitiram direccionar a sequência das actividades a desenvolver pelos alunos e possibilitou a identificação de constrangimentos à sua aplicação em sala de aula.

O trabalho no laboratório permitiu testar um conjunto de procedimentos, realizados por Ørsted e descritos na literatura (ver por exemplo Chaib & Assis, 2007 ou Kipnis, 2005a), e avaliar se as opções tomadas na planificação da actividade laboratorial e construção do dispositivo experimental poderiam ter valor didáctico.

A opção de criar um dispositivo experimental, diferente dos descritos pela literatura, prendeu-se com facto de, como temos vindo a referir, este trabalho ter sido concebido para ser realizado por alunos com pouca experiência de manipulação laboratorial e com o objectivo de orientar o questionamento dos alunos para o aparato experimental.

Num segundo momento passou-se à revisão bibliográfica, referida anteriormente, estudo que permitiu proceder à recolha de informação importante para o enquadramento teórico da proposta construída e justificar algumas das opções metodológicas que presidiram a construção da narrativa experimental.

A recolha de informação foi completada pela análise das respostas dos alunos a pequenas questões, com a finalidade de conhecer os seus interesses e a sua relação com a Ciência e a História. Estas questões mostraram-se úteis na recolha de dados adequados às finalidades. A opção por realizar pequenas questões de resposta aberta permitiu aceder a informação relevante sobre aspectos subjacentes à formulação das respostas dos alunos e minimizar a eventual influência e/ou distorção do professor nas suas respostas. Apresentaram, no entanto, algumas limitações, a ocorrência de um número elevado de não-respostas e a superficialidade de outras.

Apesar de se ter tido consciência das possíveis limitações inerentes a esta técnica, quando aplicada a alunos de baixa escolaridade (9º ano) com reduzidos hábitos de leitura e elevada “inércia” face a registos escritos, foi aquela que se apresentou mais adequada. A resistência à resposta, verificada inicialmente, foi sendo dissipada à medida que as questões foram sendo aplicadas.

Os alunos responderam a 6 questões, 10 minutos antes do final de algumas aulas, escolhidas entre as que poderiam influenciar menos as respostas dos alunos. As respostas foram dadas anonimamente. Cada aluno foi identificado com uma letra do alfabeto, escolhida de forma aleatória. Na Tabela 2.4 traduzem-se os diferentes momentos de recolha de informação e as respectivas questões.

Tabela 2.4: Recolha de Informação.

Data de aplicação	Questões de resposta aberta
1º turno: 24-11-2009 2º turno: 25-11-2009	Questão 1: O que entendes por Ciência?
1º turno: 19-01-2010 2º turno: 20-01-2010	Questão 2: Como achas que trabalham os cientistas? Questão 3: Como é construído o conhecimento científico?
1º turno: 27-02-2010 2º turno: 24-02-2010	Questão 4: Gostas de ouvir ou ler histórias sobre Ciência? Questão 5: Através de que meio: livros, filmes, professor(a)? Dá exemplo de uma história que te tenha marcado. Questão 6: O que mais gostas nas histórias sobre a Ciência: saber coisas sobre as descobertas científicas, saber coisas sobre os cientistas ou saber coisas sobre as épocas em que viveram os cientistas?

Os subsídios deste estudo revelaram-se importantes relativamente às opções tomadas sobre o modo como foi feita a contextualização histórica e a sua articulação com a actividade laboratorial que recria algumas das experiências realizadas por Ørsted. A informação recolhida poderá ser consultada no Anexo I – Respostas dos alunos.

No início do ano foi feita uma caracterização dos alunos que participaram no estudo. O objectivo dessa caracterização foi perceber quais os interesses, preferências e hábitos de trabalho dos alunos, para posterior adequação das actividades ao tipo de turma. A caracterização foi baseada no documento Projecto Curricular de Turma, da responsabilidade do Conselho de Turma, que reúne a informação recolhida das fichas biográficas, dos questionários e das fichas individuais dos alunos das diferentes disciplinas.

A turma, constituída por 12 rapazes e 11 raparigas, com idades compreendidas entre 14-15 anos. Apresenta um conjunto de interesses típicos dos jovens desta idade, que passam pelo desporto e pela informática, sendo a disciplina preferida a Educação Física e a que menos gostam, a Matemática e as Ciências Físico-Químicas (CFQ).

A carga horária atribuída à disciplina de CFQ de 9º ano, é de 90 minutos semanais. Neste tempo a turma encontra-se dividida em dois grupos, um têm aula às Terças-Feiras e o outro às Quartas-Feiras.

2.3.3.2 TERCEIRA FASE

O terceiro momento passou pela análise de manuais (século XIX – XX). O estudo pôs em evidência a relevância dada à Experiência de Ørsted nesse intervalo de tempo. As propostas apresentadas, de realização da Experiência, não traduzem as dificuldades conceptuais associadas à interpretação do fenómeno da declinação da agulha magnética. A informação recolhida serviu de suporte à abordagem criada em torno da Experiência Ørsted e forneceu o subsídio necessário para perceber a valorização conseguida com a narrativa.

A investigação tem referido existirem dificuldades de aprendizagem quando os alunos utilizam o manual escolar (Duarte, 1999; Guisasola et al., 2005). Estas residem no facto de existir grande divergência entre a forma como os conceitos são apresentados no manual e os objectivos da educação científica. Os estudantes não têm o contexto adequado para atribuir sentido às ideias fundamentais, e com isso aperceberem-se da sua validade e utilidade. Espera-se que os alunos alterem as suas próprias ideias e aceitem outras baseadas na autoridade do texto do manual, o que na opinião dos investigadores é uma tarefa gigantesca (Duarte, 1999; Guisasola et al., 2005; Pocovi & Finley, 2003).

O uso da HFC pode tornar-se uma boa ocasião para aproximar os alunos do trabalho dos cientistas e portanto dar significado aos conceitos que se tem de aprender (Matthews, 1992). Uma importante fonte de informação para analisar o modo como os conceitos são apresentados é o de examinar o conteúdo dos próprios manuais escolares (Duarte, 1999; Guisasola et al., 2005; Leite, 1999; Saraiva, 2003).

A argumentação sustenta a relevância de uma análise que se pretende não exaustiva da Experiência de Ørsted. A análise da maneira como tem evoluído essa referência ao longo dos tempos e a importância que lhe foi sendo atribuída no contexto da ciência escolar, permite compreender o relevo que é dado à Experiência de Ørsted como marco importante na descoberta do electromagnetismo. Orientou-se, por isso, a análise de conteúdo nos seguintes parâmetros:

- introdução da Experiência (demonstração/indução);
- descrição da Experiência (evidência do efeito magnético/conjunto de experiências);
- ênfase dada à introdução de elementos históricos que a contextualizem;
- inclusão de imagens e a sua relação com o texto que pode indicar como o aluno ou o leitor vai sendo ajudado a compreender o fenómeno;

- referência a produtos tecnológicos que poderá indicar uma preocupação em inserir uma dimensão social e tecnológica desencadeada pela descoberta de Ørsted.

Uma investigação centrada na análise de conteúdos de manuais escolares é complexa pela multiplicidade de variáveis a que é necessário atender. A literatura aponta para a adopção de técnicas bastante diversificadas. O critério de análise adoptado, teve em conta as orientações referidas.

Nesta fase do trabalho utilizou-se um conjunto de manuais escolares que apresentam o conteúdo da Experiência desde a segunda metade do século XIX até à actualidade. Para localizar alguns dos manuais escolares mais antigos, usados no ensino liceal¹⁴, recorreu-se ao acervo bibliográfico da Escola Secundária André de Gouveia (antigo Liceu de Évora) e aos disponíveis na Escola Básica Integrada de André de Resende.

Foi adoptada uma metodologia de análise de manuais adaptada das sugestões apresentadas por Duarte (1999), Leite, (2002) e Saraiva (2003). A descrição, de cada manual, mediante critérios referidos, foi registada e comentada no documento que pode ser consultado em Anexo II – Descrição dos Manuais Escolares (séc. XIX – séc. XXI).

Da consulta de manuais a que se teve acesso pode afirmar-se, em termos gerais, que o assunto – Experiência de Ørsted – tem sido ensinado desde o século XIX até ao século XXI em anos de escolaridade diferentes, com níveis de profundidade e tipos de abordagens distintos:

- a) Quatro manuais escolares de Física correspondente ao período entre 1857-1960.
- b) Dois manuais escolares de Ciências Físico-Químicas correspondentes a um período entre 1980-1996, provenientes de diferentes Editoras.
- c) O manual adoptado na escola da turma que participou na investigação.
- d) Outros seis do mesmo ano do adoptado na escola.

A cada um dos manuais seleccionados foi atribuído um código, correspondente a uma letra do alfabeto usada para o identificar ao longo do texto.

¹⁴ Para localizar alguns dos manuais escolares usados no ensino liceal fez-se uma pesquisa na Biblioteca Pública de Évora, não foi possível aceder ao referido espólio bibliográfico por este se encontrar em depósito, armazenado e portanto não acessível para consulta.

a) Período de 1857 a 1960:

Manual A – *Traité Élémentaire de Pysique* de A Ganot, Chez L' auteur, 7ª Ed., Paris, 1857.

Manual B – Tratado de Física Elementar de Francisco Ribeiro Nobre, 4ª Ed., Typographia Mendonça, Porto, 1907.

Manual C – Elementos de Física Geral de Álvaro R. Machado, Livraria Cruz, 4ª Ed., Braga, 1924.

Manual D – Curso de Física de José Augusto Teixeira, Porto Editora, Porto, 1960.

b) Período de 1980 a 1996:

Manual E – FQ 8 Física, Ciências Físico-Químicas, 8º ano, 1º volume de Ana Maria Faria, Jorge António Valadares, Luís Gonçalo da Silva e Vítor Duarte Teodoro, Didáctica Editora, Lisboa, 1982.

Manual F – Física em Temas 8º ano: Livro de Texto Físico-Químicas de Anabela Martins, Porto Editora, 1º Ed., Porto, 1996.

c) Manual adoptado na escola:

Manual G – 9 CFQ: Viver Melhor na Terra, Ciências Físico-Químicas 9º ano de Carlos Fiolhais, Manuel Fiolhais, Victor Gil, João Paiva, Carla Morais, Sandra Costa, Texto Editores, 1º Ed., Lisboa, 2008.

d) Manuais de 2008:

Manual H – Eu e o Planeta Azul: Viver Melhor na Terra, Ciências Físico-Químicas 9º ano de Noémia Maciel, Ana Miranda e Maria Céu Marques, Porto, Porto Editora 1ª Ed., 2008.

Manual I – Terra.lab: Viver Melhor na Terra, Ciências Físico-Químicas 9º ano, 3º ciclo do Ensino Básico de Adelaide Amaro Rebelo e Filipe Rebelo, Lisboa, Lisboa Editora, 1ª Ed., 2008.

Manual J – (CFQ): Viver Melhor na Terra, Ciências Físico-Químicas 9º ano de António José Silva, Cláudia Simões, Fernanda Resende, Manuela Ribeiro, Lisboa, AREAL Editores, 1ª Ed., 2008.

Manual K – Física e Química na Nossa Vida – Física 9: Viver Melhor na Terra, Ciências Físico-Químicas 9º ano de M. Margarida Rodrigues e Fernando Dias, Porto, Porto Editora, 1ª Ed., 2008.

Manual L – Universo da Matéria: Viver Melhor na Terra, Ciências Físico-Químicas 9º ano de Isabel Pires e Sandra Ribeiro, Carnaxide, Santillana, 1º Ed., 2008

Manual M – FQ Viver Melhor na Terra, Ciências Físico-Químicas 9º ano de M. Neli Cavaleiro e M. Domingas Beleza, Porto, Edições ASA, 1º Ed., 2008.

2.3.3.3 QUARTA FASE

O quarto momento passou pela aplicação da Experiência em sala de aula, tendo por base uma estratégia norteada pelo referencial construtivista. As actividades realizadas no âmbito da narrativa experimental e a recolha de informação associadas a cada fase, estão registadas na Tabela 2.5.

Tabela 2.5: Aplicação da narrativa experimental e recolha de informação.

Data de aplicação	Aulas
1º turno: 13-04-2010 2º turno: 16-04-2010	Leitura do texto "O Sino"; Efeitos da corrente eléctrica. Registo vídeo e registos do professor.
1º turno: 14-04-2010 2º turno: 20-04-2010	Experiência de Ørsted na Sala de Aula. Registo vídeo e registos do professor.
1º e 2º turno: 21-04-2010	Construção de um electroímã e motor eléctrico simples. Registo vídeo e registos do professor.
1º e 2º turno: 21-04-2010	Pequeno depoimento escrito sobre as actividades realizadas nas últimas aulas, Anexo III – Depoimento dos alunos.
1º e 2º turno: 27-04-2010	Repetição das questões 2 e 3, Anexo I – Respostas dos alunos.

A aplicação da narrativa necessitava de cinco aulas de 45 minutos (2 blocos de 90 min. e 1 de 45 min.), por esse facto foi feito um ajuste no horário semanal dos alunos que implicou permuta de duas aulas com a disciplina de Ciências Naturais. Durante a aplicação da

narrativa, o primeiro turno teve CFQ, na Terça-Feira e na Quarta-Feira (90 min + 90 min), na semana seguinte foi o segundo turno a ter CFQ naquele horário. Por este motivo, o segundo turno apresentou certo nível de conhecimento sobre os acontecimentos da aula. A possibilidade de aplicar a narrativa a turnos diferentes em momentos diferentes, permitiu pequenos ajustes (que se descrevem na secção 4.1) no modo de condução das aulas.

2.4. CONCLUSÃO

As potencialidades da utilização de elementos HFC em sala de aula têm sido amplamente defendidas. Porém o modo como esses elementos devem ser introduzidos nos currículos das ciências não é consensual. O recurso ao estudo de experiências históricas fundamentais afigura-se como o mais adequado para o cumprimento dos pressupostos curriculares.

A argumentação evidencia como aspectos positivos deste tipo de abordagens no Ensino das Ciências: permitir que os alunos possam “viver” a actividade científica original; participar nos debates processuais e metodológicos e; reconhecer as interacções que se estabelecem entre a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade. A aplicação deste recurso mostrou-se adequada às finalidades do trabalho. Em traços gerais, pretendia-se aproximar os alunos da ciência escolar, do trabalho dos cientistas, construir uma imagem de Ciência menos neutra socialmente e desmitificar a ideia corrente de um processo de criação científica, cumulativo e linear.

Surgiram como pressupostos aceites para este trabalho a aplicação da técnica da narrativa, numa abordagem que pretendeu recriar uma experiência histórica fundamental, enquadrada por elementos de HFC e articulada com os conteúdos programáticos do 9º ano de escolaridade.

O estudo bibliográfico realizado, justificou e enquadrou as opções metodológicas tomadas. A criação da narrativa experimental revelou-se uma opção de trabalho adequada para responder às exigências de um 9º ano, pouco interessado na disciplina de Ciências Físico-Químicas. A narrativa experimental apresentou-se como uma ferramenta capaz de introduzir a dimensão da HFC na sala de aula. A introdução dos elementos narrativos abriu

a possibilidade de criar o enredo que permitisse “viver” a Experiência e criar um ambiente de cativação permanente, envolvendo emocionalmente os alunos com a actividade laboratorial.

“... when communicating our thoughts to others we should not only strive to impart the created, but also with all possible industry try to display the creative process itself [...V]ividly communicated knowledge also appears to have a stimulating effect on the soul and to induce it to new and splendid productions. It is by virtue of this kind of communication, more than by the brilliance of their language and by the melody in their verses, that the poets act so powerfully on the [...] human will...”

(Ørsted apud Jacobsen, 2006, p.749)

Capítulo 3

NARRATIVA EXPERIMENTAL

Neste capítulo apresenta-se o trabalho subjacente ao estudo da Experiência de Ørsted e a literatura no âmbito da História e Filosofia da Ciência que aborda este assunto.

Em Copenhaga as novas ideias científicas foram ensinadas, com grande sucesso, divulgadas e recriadas por Ørsted, entre 1812 e 1820. No ano lectivo 1819-1820 a temática do curso de Ørsted, na Universidade de Copenhaga, dirigido a alunos com formação científica avançada eram as novas descobertas no domínio da Física e da Química. As sessões ocorriam uma vez por mês. Em Abril de 1820, numa dessas sessões, ocorre algo que tem sido objecto de interesse para muitos Historiadores da Ciência: pequeno desvio de uma agulha magnética quando passava corrente eléctrica num circuito. Descoberta por acaso? Qual a novidade (desde há vários anos a relação entre electricidade e magnetismo era preconizada)? Em que consistiu esta Experiência que vem colocar em causa a existência

única de forças centrais? Quais as consequências, científicas e tecnológicas, deste acontecimento? Como é abordada, hoje, a Experiência em contexto de sala de aula?

Eis algumas das questões que orientaram o estudo que culminou na concretização da narrativa experimental. A narrativa construída, não passou pela repetição fiel do trabalho experimental de Ørsted, uma vez que não se recorreu à repetição da Experiência usando os materiais e dispositivos de época, nem se equacionou passar pelas dificuldades de obtenção de corrente eléctrica sentidas por Ørsted. Fizeram-se as adaptações consideradas necessárias para adequar a abordagem ao quadro teórico proposto pelo Currículo Nacional do Ensino Básico para a disciplina de Ciências Físico-Químicas 9º ano.

As fases de preparação da narrativa experimental foram inspiradas na sequência descrita por Ørsted, em 21 de Julho de 1820, em algumas das sugestões apresentadas pela investigação neste domínio (ver por exemplo Chaib & Assis, 2007a ou Kipnis, 2005a) e articuladas com os subsídios recolhidos na análise de manuais. O texto original de Ørsted permitiu a utilização, com os alunos, de alguns excertos fomentando assim, uma aproximação ao cientista. Não se pretendeu levar os alunos à interpretação dos fenómenos, reportados à época da descoberta, mas apenas incutir o questionamento dirigido para o dispositivo experimental, contribuindo para o desenvolvimento do “sentido” da observação crítica.

Justifica-se a utilização de excertos do conto *O Sino*, de Hans Christian Andersen, na construção da narrativa e a articulação estabelecida entre os diferentes elementos que contribuíram para a sua construção.

3.1. CONTRIBUTOS PARA A CONSTRUÇÃO DA NARRATIVA EXPERIMENTAL

Pelos argumentos apresentados anteriormente a construção da narrativa experimental, em torno da Experiência de Ørsted, apresentava alguma complexidade. A investigação tem realçado as potencialidades didácticas da repetição de experiências históricas relevantes, enriquecidas com elementos de HFC (Chaib & Assis, 2007a; Cavicchi, 2008; Golin, 2002;

Höttecke, 2000; e Kipnis, 1996 e 2007). Estas experiências permitem, de acordo com Höttecke (2000, p. 358), “...of the many-sided dimensions of natural sciences” e acrescenta referindo que “replications present questions about material, ways of performing experiments, the role of the experimenting subject in the process of experiment, the effect onto the scientific community...”.

Para conceber a narrativa, adaptando a Experiência realizada por Ørsted ao currículo de Ciências Físico-Químicas, 9º ano, foi necessário, não só, conhecer um pouco sobre Ørsted e da época em que viveu, mas também das experiências por ele realizadas. Nesta investigação não se pretende fazer a História da Experiência de Ørsted, mas apenas mostrar alguns aspectos que têm sido discutidos por historiadores de ciência como Roberto Martins, Nahum Kipnis, Anja Jacobsen e Anna Binnie.

3.1.1 A DESCOBERTA DE ØRSTED E O SEU VALOR DIDÁTICO

Segundo Martins (1986b) Hans Christian Ørsted nasceu em Rudkøbing, na Dinamarca, a 14 de Agosto de 1777 e desde cedo demonstrou interesse por aprender. As suas descobertas no campo da Física e da Química representam alguns dos marcos da investigação científica dinamarquesa. Para além dos contributos que efectivamente deu à Ciência também se interessou pela Cultura, estando envolvido numa grande variedade de projectos que abrangiam as duas áreas.

Nos seus primeiros anos de vida a sua formação ficou a cargo de vizinhos que tomavam conta dele e do irmão. Estes deram-lhe uma sólida formação humanista. Complementou os estudos, alargando-os à Física e à Química, na farmácia do pai. O seu fervoroso gosto pela leitura fez com que lesse todos os livros a que tinha acesso.

Aos 17 anos, Ørsted e o irmão ingressaram na Universidade de Copenhaga. Chegadas a Copenhaga, conheceram Adam Oehlenschläger, poeta, tendo o irmão de Ørsted casado

com Sophie, irmã de Oehlenschäger. Também Hans Christian Andersen¹⁵ fazia parte do círculo de amigos de Ørsted (Jacobsen, 2006).

A genialidade e brilhantismo de Ørsted desde logo se evidenciou, bem como a multiplicidade de interesses, onde se destaca a Literatura, que em 1795 lhe proporcionou, um prémio. Esta variedade de interesses acompanharam-no durante toda a vida, tendo-lhe permitido privar nos mais importantes círculos científicos, artísticos e políticos de Copenhaga.

Formou-se em Farmácia com óptimos resultados e em 1799 doutorou-se em Filosofia com uma tese intitulada *Desertatio de forma metaphysices elementaris naturae externae*.

Em 1800 começou a trabalhar na “Farmácia do Leão” em Copenhaga e no mesmo ano, foi convidado a trabalhar na Faculdade de Medicina como farmacêutico adjunto. Foi nessa época que o físico italiano Alessandro Volta¹⁶ inventou a bateria galvânica - pilha voltaica (Binnie, 2001) o que provocou um fervoroso entusiasmo em Ørsted, que começou logo a estudar a possível relação entre electricidade e química – base de toda a sua carreira (Kipnis, 2005a; Martins, 1986b).

Era frequente, na Dinamarca, ser proporcionado aos futuros professores universitários a possibilidade de contactarem com os mais importantes círculos científicos europeus (Jacobsen, 2006). Ørsted obteve uma bolsa de estudos que lhe permitiu, entre 1801 e 1803, visitar vários países europeus como a Alemanha, a Holanda e a França, estabelecendo, assim, contactos importantes com cientistas e intelectuais ilustres, que muito o impressionam. Na Alemanha contacta com expoentes da *Naturphilosophie* como Schelling¹⁷ e

¹⁵ Hans Christian Andersen (1805-1875) expoente da Idade de Ouro dinamarquesa foi poeta e escritor de histórias infantis. O pai era sapateiro, o que levou Andersen a ter dificuldades, mas os seus ensaios poéticos e o conto "Criança Moribunda" garantiram-lhe um lugar no Instituto de Copenhaga.

¹⁶ Alessandro Volta (1745-1827), físico italiano divulgou por carta, a 20 de Março de 1800, a invenção do *elemento galvânico*. A carta dirigida a Sir Joseph Banks foi lida na Royal Society em 26 de Junho de 1800 e publicada nas *Philosophical Transactions*.

¹⁷ Friedrich Wilhelm Joseph von Schelling (1775-1855), filósofo alemão defensor da *Naturphilosophie*, pertenceu ao movimento Romântico alemão.

Ritter¹⁸, de quem se torna amigo e cuja “... influência perdurou por toda a sua vida e permeou seu trabalho científico.” (Martins, 1989b, p. 90).

Publica um conjunto de artigos no estrangeiro e chega até a publicar um livro. Na mesma altura observa que os ácidos aumentam a “força da pilha voltaica” mais do que os sais, o que também terá sido observado por Davy¹⁹ (Martins, 2007).

Regressa à Dinamarca cheio de ideias e fortemente impressionado com o que viu, cria uma instituição semelhante à que vira em Paris: os primeiros laboratórios públicos de Física.

Começa a leccionar Física na Universidade e durante esse período realiza trabalhos no âmbito da acústica que obtiveram algum sucesso e lhe valeram a eleição para a Academia de Ciências de Copenhaga.

Em 1806 torna-se regente da cadeira de Filosofia Natural. Entre 1812 e 1820 promove, com grande sucesso, um conjunto de palestras, alargadas a todos os estudantes, onde divulga as novas ideias em Química e em Física. O escritor Hans Christian Andersen terá sido frequentador assíduo dessas palestras (Nielsen *apud* Jacobsen, 2006).

Dedicou-se também ao estudo da classificação de elementos químicos e em 1809 isolou o alcalóide da pimenta, ao qual daria (em 1820) o nome de “piperidina”(Martins, 1989b). Apesar da pouca relevância dos seus trabalhos, a sua intensa actividade acabou por lhe valer, em 1815, a nomeação de Secretário Vitalício da Academia de Ciências de Copenhaga. Cargo que lhe proporcionou a possibilidade de manter correspondência com outras sociedades científicas e cientistas estrangeiros. Por essa altura intensifica as suas investigações, conseguindo entre outras inovações, melhorar a pilha de Volta (Guerra et al., 2004).

Em 1824 fundou a Associação para a Divulgação da Filosofia Natural, e em 1827 foi o co-fundador da Associação para a Divulgação da Literatura Dinamarquesa que publica um jornal mensal de Literatura, onde Ørsted era colaborador regular. Em 1835 tornou-se membro da Sociedade para o uso correcto da Liberdade de Imprensa.

¹⁸ Johann Wilhelm Ritter (1776-1810), físico e filósofo alemão. Trabalhou inicialmente como farmacêutico e em 1804 foi nomeado membro da Academia de Munique. Os seus trabalhos estão relacionados com o galvanismo e seus efeitos, principalmente o químico.

¹⁹ Humphrey Davy (1778-1829), químico estudioso dos fenómenos electroquímicos, famoso pelas suas palestras de divulgação da Ciência foi presidente da Royal Society.

No início do século XIX, floresciam trabalhos experimentais que procuravam evidenciar relações entre electricidade e magnetismo, segundo Martins (1986b) acreditava-se na existência dessa relação sem, contudo, se saber muito bem qual. Esta procura era guiada pela “... suposição sobre as semelhanças entre as simetrias dos fenómenos eléctricos e magnéticos.” (Martins, 1986b, p. 93). Algumas experiências evidenciavam relações entre fenómenos eléctricos, térmicos, luminosos e químicos, onde a electricidade aparecia como elemento centralizador (Guerra et al., 2004).

A procura da unidade entre os fenómenos naturais orientava muitos dos trabalhos experimentais nas duas primeiras décadas do século XIX, particularmente as dos defensores da *Naturphilosophie*.

Em oposição ao Iluminismo surgiu, no final do século XVIII, um movimento conhecido por *Naturphilosophie* (Filosofia Natural Romântica ou Filosofia Natural). A sua visão não mecanicista da Natureza seguia uma linha de crítica ao sistema newtoniano. Schelling foi um dos seus maiores precursores. Defendia ser a “essência da natureza a permanente actividade de oposição entre forças de atracção e repulsão” (Guerra et al., 2004, p. 228). Para os adeptos dessa filosofia, a Natureza era um todo orgânico. Os fenómenos da Natureza tinham o mesmo princípio básico e resultavam de manifestações distintas de uma mesma “força”. Segundo os seus seguidores era possível que uma manifestação específica se convertesse noutra manifestação distinta (Projecto Física, 1985).

A visão romântica da Natureza dada pela *Naturphilosophie*, permeou a descoberta de Ørsted. Se houvesse uma força divina que fluísse por todo o Universo, tinha de haver uma relação entre os diferentes fenómenos naturais. Ørsted desenvolveu toda a sua actividade científica apoiado nessa ideia de que a Natureza era um “todo orgânico harmonioso”, dotado de uma alma activa, geradora das diferentes forças naturais (Martins, 2007).

O impacto gerado pela pilha construída por Volta e a forma desta corrente filosófica conceber a natureza, terá influenciado o trabalho de alguns filósofos naturais do início do século XIX (Martins, 1986b; 2003).

As evidências entre fenómenos eléctricos e magnéticos não eram muito claras no início do século XIX. O problema estimulava a procura de resposta e as experiências eram realizadas “mais ou menos ao acaso”.

Vários cientistas, supondo existir uma semelhança entre as simetrias dos fenómenos eléctricos e magnéticos baseada na analogia entre os pólos (Norte e Sul) de um íman e as cargas eléctricas (positivas e negativas), procuraram provar essas relações (Martins, 1986b).

O assunto não seria novo, pois a observação que durante as grandes tempestades as descargas eléctricas afectavam as bússolas dos navios, era prenúncio dessa relação. Também a magnetização de agulhas de costura por descargas eléctricas produzidas em garrafas de *Leyden*²⁰ obtidas com sucesso por Benjamin Franklin²¹, por volta de 1750, reforçava essa ideia (Dias, 2006).

Em 1805, Hatchett e Desormes tentaram verificar se uma pilha voltaica, fora de um circuito e com possibilidade de girar livremente, seria capaz de se orientar segundo o magnetismo terrestre. O resultado não foi positivo apesar de repetidas experiências (Martins, 1986b).

Na mesma época, Ritter realizou experiências para detectar a acção de ímanes sobre rãs. Procurou também reproduzir os fenómenos de electrólise com fios de ferro magnetizados. Os seus estudos geraram algum entusiasmo, mas os resultados eram irregulares e rapidamente se consideraram equívocos difíceis de explicar (Martins, 2007).

Várias foram as tentativas realizadas²², mas sempre inconclusivas apesar de evidências favoráveis obtidas entre a corrente eléctrica e fenómenos químicos, térmicos e luminosos e até entre fenómenos magnéticos e químicos (realizados por Muschman e Hansteen).

Ørsted dedicava atenção a todas os trabalho que iam surgindo, recebendo notícias sobre as experiências e análises teóricas realizadas em torno da procura de relação entre os fenómenos eléctricos e magnéticos. A sua forte concepção filosófica na *Naturphilosophie* não deixou esmorecer essa procura. Motivava-o a ideia de que a manifestação química dos fenómenos eléctricos representariam um caso particular “força eléctrica”. Acreditava que uma investigação apropriada da Natureza permitiria encontrar outras manifestações da

²⁰ Instrumento inventado na cidade de *Leyden*, na Holanda, por Pieter Van Musschenbroek, em 1746. A garrafa de *Leyden* tem capacidade de armazenar carga eléctrica semelhante ao dos actuais condensadores.

²¹ Benjamin Franklin (1706-1790) nasceu em Boston, foi impressor e autor, filósofo e homem de estado, cientista e inventor.

²² A questão poderá ser aprofundada com a leitura da obra de Roberto de Andrade Martins.

mesma força. Esta convicção terá levado Ørsted a aprofundar os seus estudos, com o propósito de evidenciar essas relações (Kipnis, 2005a; Martins, 2003).

Não sendo um cientista de “primeira linha”, o interesse pelo conhecimento da Natureza conduziu-o a uma importante descoberta que terá imortalizado o seu nome, a descoberta do efeito magnético da corrente. Descoberta que vai mudar o mundo, pois o seu impacto tecnológico é grande.

No ano lectivo 1819-1820 as novas descobertas em Física e Química constituíam a temática de trabalho do curso de Ørsted, na Universidade de Copenhaga, dirigido a alunos com formação científica avançada. Em Abril de 1820, para a palestra sobre “*Electricidade, Galvanismo e Magnetismo*” Ørsted tinha planeado discutir as possíveis relações electricidade²³, galvanismo²⁴ e magnetismo. Era seu desejo dar a conhecer os fenómenos através de experiências (Kipnis, 2005a). As suas ideias sobre a unidade de todas as forças da Natureza constituíam assunto frequente das palestras que gostava de ilustrar com demonstrações experimentais (Martins, 1986b). O autor refere que apesar de não haver evidências de relações entre os fenómenos eléctricos e magnéticos, Ørsted fazia questão de a demonstrar experimentalmente.

No entanto, no final da palestra, ao abordar o assunto, observa algo que o deixa perplexo e que tem sido objecto de interesse para vários investigadores: um ligeiro movimento de uma agulha magnética colocada próxima de um fio condutor percorrido por corrente eléctrica.

Segundo Martins (1986b; 2003) a versão mais conhecida dos historiadores, sobre a descoberta do electromagnetismo por Ørsted, terá sido a descrita por Christopher Hansteen²⁵, muito tempo depois da descoberta de Ørsted (1857), numa carta a Michael Faraday²⁶. O autor refere haver “... bons motivos²⁶ para duvidar da fidelidade de quase tudo o que Hansteen descreve...” (Martins, 1986b, p.97), ao confrontar a sua descrição com a

²³ Termo utilizado para designar fenómenos de natureza electrostática.

²⁴ Termo utilizado para designar “corrente eléctrica”.

²⁵ Christopher Hansteen (1784-1873) geofísico, astrónomo e físico Norueguês foi aluno de Hans Christian Ørsted. Realizou estudos sobre magnetismo terrestre e foi professor de astronomia e matemática aplicada.

²⁶ Michael Faraday (1791-1867) nasceu em Inglaterra. Iniciou a sua carreira científica como auxiliar do laboratório de Humphry Davy, o que lhe trouxe grande enriquecimento científico. Os trabalhos de Ørsted despertam-lhe, em 1821, o interesse pelo electromagnetismo dando contribuições importantes nesse domínio. Sucede a Davy no cargo de director da *Royal Institution*.

descrita por Ørsted, em 1827, num artigo publicado na *Enciclopédia de Edinburgh*. Kipnis (2005a) vai mais longe, citando Kirstin Meyer, ao levantar a possibilidade de Hansteen não ter assistido à palestra “... Hansteen did not see any experiments, and he described the discovery as he imagined it to happen, that is, resembling a contemporary classroom demonstration.” (Kipnis, 2005a, p. 9).

Existem várias conjecturas sobre o que Ørsted terá imaginado ao preparar a palestra. Segundo Nahum Kipnis (2005a), em mente terá tido duas hipóteses que o terão levado a fechar o circuito:

“(1) a current-carrying wire emits magnetism only when it emits heat and light (the heat hypothesis); and (2) the magnetic radiation spreads away from the wire similarly to heat and light (the radial emission hypothesis)” (Kipnis, 2005 a, p. 16).

A investigação também tem sido sensível à problemática que envolve a selecção da posição mais favorável do fio condutor relativamente à agulha magnética, factor decisivo na observação do fenómeno.

Roberto Martins aponta duas possibilidades:

1. A de que o fio condutor, ao ser percorrido por corrente, evidenciasse comportamento semelhante ao de uma agulha magnética (em que os pólos magnéticos correspondessem às extremidades do fio). Nestas condições o efeito magnético da corrente eléctrica podia ter sido imaginado paralelo ao fio condutor. Martins (2003, p. 255) refere “magnetic lines of force streaming parallel to the electric current, on all sides of the wire.”, como se representa na Figura 3.1.

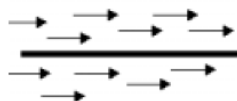


Figura 3.1: Antes de 1820, Ørsted terá imaginado que o efeito magnético da corrente eléctrica podia ser paralelo ao fio condutor. Fonte: Martins (2003, p. 254).

De acordo com esta hipótese, a posição em que a agulha magnética exibiria melhor a influência magnética seria quando colocada perpendicularmente ao fio, como se mostra na Figura 3.2. Martins (2003, p. 255) acrescenta que “Nobody would attempt to observe any

effect putting the wire parallel to the needle, because in that case the magnetic effect could only stretch or compress the magnetic needle, and no observable rotation would occur.”

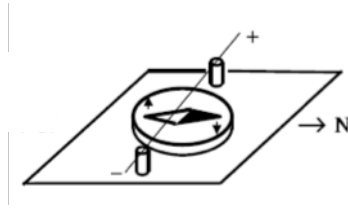


Figura 3.2: De acordo com esta hipótese a posição que melhor evidenciaria o efeito seria colocando a agulha perpendicularmente ao fio, esperando que girasse por ação do fluxo magnético. Fonte: Martins (2003,p.255).

2. A de que uma corrente intensa, ao passar por fios condutores finos, gerasse um “fluxo magnético” em todas as direcções, à semelhança do “calor e luz”. Nestas condições, Ørsted terá imaginado que o efeito magnético poderia “irradiar” do fio em todas as direcções, como se representa na Figura 3.3.

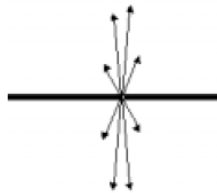


Figura 3.3: Na altura da palestra, Ørsted terá imaginado que o efeito magnético deveria “irradiar” como o calor e a luz. Fonte: Martins (2003, p. 254).

De acordo com esta hipótese um dos pólos da agulha magnética seria atraído pelo fio e o outro repellido. Como se mostra na Figura 3.4 a) e b), as duas posições da agulha que melhor poderiam exhibir o efeito magnético da corrente eléctrica seriam:

“a) either in a vertical direction (perpendicular to the magnetic needle) a tone of the sides of the box.

b) or in a horizontal position (parallel to the magnetic needle), a tone side of the box oro ver the box, but not exactly above the needle.” (Martins, 2003, p. 257).

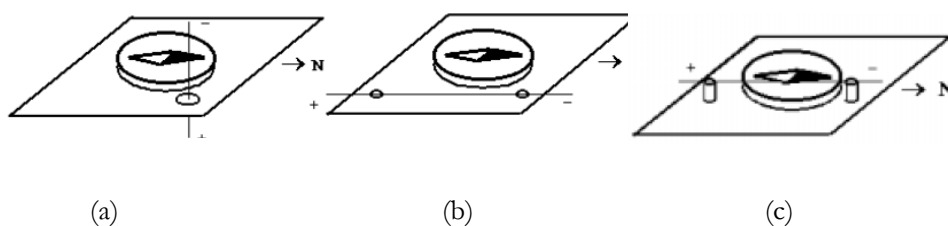


Figura 3.4: De acordo com a suposição de Ørsted a agulha magnética poderia deflectir quando o fio estivesse, quer a na posição (a) quer na posição (b) quando um dos seus pólos fosse atraído ou repellido pelo fio condutor. A posição (c) representa a que provavelmente terá sido usada durante a palestra de Abril de 1820. Fonte: Martins (2003, p. 257).

Nestas posições o efeito esperado seria a atracção de um dos pólos e a repulsão do outro, produzindo uma rotação horizontal da agulha. De acordo com Martins (1986b) terá sido mais conveniente para Ørsted colocar o fio condutor paralelamente à agulha magnética, deslocado para Este ou Oeste e alinhados com o meridiano magnético terrestre.

A confirmação das suas hipóteses envolvia:

- um circuito fechado por onde passasse corrente eléctrica;
- uma agulha magnética posicionada relativamente ao condutor como na Figura 3.4 c).

O uso de uma bússola era frequente neste tipo de experiências no início do século XIX. Vários cientistas tentaram obter um efeito magnético de uma pilha usando circuitos abertos, mas sem evidencias. A escolha do posicionamento do fio relativamente à agulha magnética não é clara.

Durante a aula, Ørsted terá previsto, em frente da sua audiência, que o circuito galvânico produziria um efeito sobre uma agulha magnética colocada no seu exterior. O que o terá levado a posicionar a agulha magnética relativamente ao fio de forma a permitir-lhe evidenciar o fenómeno é uma das questões que se pode levantar.

Contrariamente ao que depois foi difundido o efeito observado foi “muito frágil”; provavelmente significava um desvio de apenas alguns graus, “irregular” e “confuso”. Segundo Nahum Kipnis (2005a) será pouco provável que Ørsted tenha tentado descobrir uma regra empírica, em poucos minutos durante a palestra, que explicasse o fenómeno observado.

O espanto e o desejo de encontrar explicação para o sucedido terão norteado todo o trabalho realizado posteriormente por Ørsted. A convicção de que estaria perante um fenómeno diferente, terá levado Ørsted a desenvolver um trabalho rigoroso e sistemático que dissipasse todas as dúvidas.

A consciência da forte contestação e a importância do fenómeno observado, terão levado Ørsted, como cientista cuidadoso que era, a determinar as propriedades do fenómeno antes de o publicar (Martins, 1986b). O que terá exigido, na opinião de vários investigadores, um esforço enorme para eliminar um conjunto de ideias pré-concebidas e aceitar, como refere Martins (1986b, p. 100) “... as propriedades completamente novas de assimetria do fenómeno electromagnético.” Para além deste aspecto o autor acrescenta que seria difícil a aceitação da manifestação circular do fenómeno magnético em torno do fio percorrido por corrente eléctrica.

Durante as férias de Verão, com a ajuda de alguns amigos de renome, Ørsted fez uma repetição exaustiva da experiência introduzindo um grande número de variações e utilizando um dispositivo galvânico mais potente. O arranjo experimental que ficou conhecido como a "Experiência de Ørsted" e que na publicação de 1820, Ørsted, descreve resumidamente compreende cerca de 60 séries de experiências (Martins, 1986b, p. 101; Stauffer, 1957, p. 46)

Aparentemente, Ørsted não estaria certo de que o resultado do movimento da agulha, observado durante a palestra fosse resultado do magnetismo gerado pela corrente eléctrica no fio condutor. Na verdade, um pequeno movimento de uma agulha magnética poderia ter resultado, por exemplo, de uma corrente de ar ou de uma outra interacção. Ørsted não tinha afastado a ideia de que a observação do movimento da agulha, apesar de protegida de todas as correntes de ar, pudesse resultar de fenómenos electrostáticos. Uma possível razão para o atraso verificado na apresentação dos seus resultados prende-se, segundo alguns autores, com as dificuldades de produzir uma corrente eléctrica intensa. Daí a construção de uma pilha adequada aos efeitos que pretendia mostrar ocupar uma parte importante do tempo dedicado ao estudo da sua descoberta, e que Ørsted intitulou “Experiência sobre o efeito do conflito eléctrico sobre a agulha magnética”²⁷.

²⁷ Título traduzido por Roberto de Andrade Martins, do artigo de Ørsted de 1820, publicado em 1986 nos Cadernos de História e Filosofia da Ciência, n. 10, p. 115-122.

Compreende-se a razão do atraso na divulgação da descoberta. Ørsted acreditava que o aumento do poder da pilha o ajudaria a esclarecer a "confusão" sobre o sentido da força produzida. Realiza um conjunto de experiências onde estabelece a influência da corrente eléctrica sobre a bússola. Um condutor rectilíneo percorrido por corrente eléctrica, colocado paralelamente a uma agulha magnética, orientada na direcção Norte-Sul magnético, sofre um desvio da sua posição de equilíbrio como se tivesse interagido com um íman. Conclui que essa influência não depende da natureza do fio condutor, que o efeito observado não é alterado pela colocação de materiais condutores ou isoladores entre o fio e a agulha magnética, que o efeito só se manifesta sobre agulhas magnetizadas e não sobre outro tipo de agulhas e que o efeito se faz sentir com maior intensidade próximo do fio condutor. Estuda o efeito para diferentes posições relativas entre o fio e a agulha magnética e tenta encontrar uma explicação para o efeito observado (Martins, 1986a).

O fenómeno novo ou não²⁸ apresentava propriedades desconhecidas até aquela altura. Contrariamente a todos os cientistas que forneceram pistas sobre o fenómeno, acreditou tratar-se de um efeito circular que o “conflito eléctrico”²⁹ produzia em torno de um fio condutor (Dias, 2006). Ørsted define, o que posteriormente considerou ser “a lei fundamental do electromagnetismo”, como “that the magnetical effect of the electrical current has a circular motion round it” (Ørsted *apud* Kipnis, 2005a, p. 11). Explicando que o efeito magnético observado em torno do fio onde ocorria o “conflito eléctrico” se manifesta “... sob a forma de dois turbilhões que circulam em torno do fio, em sentidos opostos – um deles actuando sobre o pólo norte, e o outro actuando sobre o pólo sul da agulha magnetizada.” (Martins, 1986b).

Após ter encontrado a sua regra, em 21 de Julho de 1820, seguro do trabalho realizado e, provavelmente para uma divulgação mais rápida, garantido a sua autoria, redigiu-o em

²⁸ Alguns historiadores avançam com a possibilidade do fenómeno não ser novo para Ørsted, vários cientistas realizaram experiências que envolviam o dispositivo de Volta e agulhas magnéticas móveis. Em particular Bouvier e Romagnosi (1761-1835).

²⁹ No início do século XIX, duas concepções sobre corrente eléctrica dividiam os físicos, a de um único fluido eléctrico e a de dois fluidos eléctricos. Ørsted aceitava a segunda, e isso levava-o a supor que a “corrente galvânica” transportaria, no mesmo fio e em sentidos contrários, cargas eléctricas positivas e negativa. O movimento era desconhecido, mas relacionado com um tipo de “conflito” entre os dois fluxos de cargas. Ørsted aceitava que esse “conflito eléctrico”, intensificado num fio fino percorrido por corrente eléctrica, poderia produzir “luz e calor” e não ficava confinado ao fio condutor.

latim, fazendo com que fosse impresso sob a forma de folheto, de quatro páginas, enviando-o directamente a grande número de cientistas e instituições científicas de referência (Kipnis, 2005a; Martins, 1986b).

O que se verificou a seguir à divulgação da descoberta por Ørsted ilustra bem o impacto que terá provocado e que foi determinante para o desenvolvimento de uma nova área científica (Binnie, 2001).

Ørsted anuncia à comunidade científica o seu trabalho a 21 de Julho, a 4 de Setembro Arago³⁰ apresenta-o e repete-o a 11 de Setembro. É interessante notar o curto intervalo de tempo entre a divulgação da Experiência e as primeiras apresentações de trabalhos nesta área de físicos como Ampère³¹, Biot³², Savart³³ e Faraday.

Ampère descreve bem o entusiasmo que a descoberta lhe suscitou, numa carta ao filho, escrita entre 19 e 25 de Setembro como referem Chaib e Assis (2007b):

“... todo o meu tempo tem sido tomado por uma circunstância importante da minha vida. Desde que escutei falar pela primeira vez da bela descoberta do Sr. Oersted (...) não tenho feito outra coisa a não ser escrever uma grande teoria sobre esses fenómenos...” (Ampère, *apud* Chaib & Assis, 2007b, p. 86).

Ørsted nunca aceitou as explicações apresentadas por Ampère, como refere numa carta escrita para a sua esposa em Abril de 1822, por as considerar demasiado complicadas (Chaib & Assis, 2007b). As explicações de Ampère contrariam as convicções de Ørsted sobre a sua concepção do que é conhecer a Natureza.

³⁰ François Arago (1786-1853) secrétaire perpétuel de L'Académie des Sciences.

³¹ André-Marie Ampère (1775-1836) nasceu em França. Tornou-se professor de Matemática e teve contribuições muito importantes no campo da Física, Matemática e da Filosofia da Ciência.

³² Jean-Baptiste Biot (1774-1862) astrónomo e físico francês desenvolveu um importante trabalho no âmbito da polarização da luz. Trabalhou no âmbito do magnetismo e da corrente eléctrica com Félix Savart estabelecendo experimentalmente a Lei de Biot-Savart.

³³ Félix Savart (1791-1841) médico e físico experimental francês; o seu trabalho destaca-se no âmbito da acústica e em 1830 inventou a roda dentada de Savart. Amigo de Biot com quem estabeleceu a Lei de Biot-Savart.

Durante a Idade de Ouro³⁴ os limites entre a Ciência e a Cultura eram muito mais permeáveis que são hoje e Ørsted estava envolvido numa grande variedade de projectos abrangendo as duas áreas. Foi físico, químico, filósofo com forte inclinação para as artes.

Pouco antes da sua morte, publicou uma série de artigos intitulados *The Soul*. Ørsted construiu uma ponte entre a Ciência e a Arte na procura constante para encontrar uma forma bela de expressar as Leis da Natureza (Martins, 1986b).

A beleza expressa nas Leis da Natureza difundida por Ørsted nas suas palestras terá influenciado fortemente Andersen. Abraham Pais *in* Valente (1999, p.170) refere que o escritor terá ficado fortemente impressionado com a maravilha das ideias novas retratando-as num dos seus contos.

As palestras promovidas por Ørsted desempenharam um importante papel no dinamismo do romantismo dinamarquês (Jacobsen, 2006). O seu sucesso leva-nos a considerar a sua didáctica e o papel, importantíssimo, do professor na divulgação da Ciência. Ørsted enfatizou a necessidade das demonstrações em sala de aula e a importância do ensino experimental. Para Ørsted:

“... knowing is acting, we do not gain knowledge of nature when we passively record its operations, but only when we actively interfere with them. (...) this method nature is reproduced in our spirit and only in this way are we capable of penetrating deeply into the essence of things...” (Jacobsen, 2006, p. 749).

A riqueza envolvida na análise histórica e filosófica da descoberta, contrapõe a pobreza de detalhes que caracteriza a apresentação dos manuais escolares, o que terá particular interesse na reflexão que se pode promover para discutir o papel da experimentação no desenvolvimento científico.

Várias questões poder-se-iam levantar sobre a descoberta de Ørsted. Problematicá-las seria um trabalho interessantíssimo. Por se desviarem da questão central desta investigação não serão exploradas³⁵. No entanto, importará reflectir um pouco sobre o motivo pelo qual, nos

³⁴ Período compreendido entre 1800-1850. Época florescente na história e cultura dinamarquesa na qual se destacam as artes e as ciências. Personalidades como Hans Christian Andersen e Hans Christian Ørsted são marcantes.

³⁵ Para um maior aprofundamento poderá ser interessante consultar o artigo “Ørsted e a descoberta do electromagnetismo” de Roberto de Andrade Martins, publicado nos Cadernos de História e Filosofia da

manuais escolares a Experiência de Ørsted, com alguma frequência é referida como uma “descoberta por acaso”.

3.1.1.1 DESCOBERTA POR ACASO?

Apesar da importante descoberta de Ørsted, no início do século XIX, a contribuição dada ao electromagnetismo costuma, na opinião de alguns investigadores, ser minimizada.

Aparentemente tinha dúvidas sobre como executar a experiência na palestra. Os preparativos para a experiência foram feitos, mas algum imprevisto impediu-o de a testar antes. Adiar para outra altura seria uma hipótese, mas durante a palestra, a probabilidade de sucesso pareceu-lhe forte, de modo que o fez na presença do público (Kipnis, 2005a).

Nahum Kipnis (2005a) refere que as leituras dos textos de Ørsted, de 1827, conduzem-nos à ideia de que terá decidido proceder à experiência no último instante, perante o entusiasmo da audiência. Isto poderá significar, na opinião do autor, que a decisão foi psicológica e não lógica. Porque terá querido Ørsted arriscar uma demonstração, sem antes proceder à sua verificação?

O autor considera que o risco não era grande. Ørsted acreditava, há vários anos, que os diferentes fenómenos estavam relacionados (sendo os fenómenos químicos afectados pela corrente eléctrica, seria natural procurar relações com outros fenómenos). Para convencer os alunos, ilustrava as suas ideias com experiências e evidenciava as relações entre alguns fenómenos naturais. Investigadores como Stauffer citado por Kipnis (2005a) contestam o facto das concepções filosóficas de Ørsted, só por si, o terem levado à descoberta do electromagnetismo.

Outra ideia que intensifica a discussão em torno desta questão, é o facto do tema central da investigação de Ørsted, durante toda a sua carreira, estar centrado na química (Kipnis, 2005a).

Ciência, v10, p. 89-114, em 1986, ou o artigo “Chance in science: The discovery of electromagnetism by H. C. Oersted, publicado na Science & Education, 14(1), 1-28, em 2005.

Segundo Kipnis (2005a) e Martins (1986b, 2003) a versão da descoberta de Ørsted que se terá tornado na versão, quase oficial, foi a difundida na carta que Hansteen enviou, em 1857, a Faraday. Escrita muito depois da descoberta terá introduzido a ideia de “descoberta por acaso”. Hansteen relata que Ørsted não refere as expectativas que tinha relativamente à experiência. No entanto, nos artigos que escreveu, contestando particularmente as acusações de Ludwing Wilhm Gilbert (1769-1824)³⁶, Ørsted deixou claro que, mesmo antes de 1820, já teria tentado encontrar evidências da relação entre os fenómenos eléctricos e magnéticos e que portanto essa relação seria esperada.

Kipnis (2005) considera que a descrição de Hansteen não terá tido o propósito de diminuir o mérito Ørsted. Mas porque Hansteen terá, na sua descrição, introduzido elementos, que de acordo com Kipnis (2005a) e Martins (1986b, 2003), não traduzem o que ocorreu na palestra?

Os mesmos autores referem que Hansteen não terá assistido à experiência, muito provavelmente, por se encontrar fora da cidade dessa altura (Meyer *apud* Kipnis, 2005a), motivo que o terá levado a relatar, não o que testemunhara, mas o que considera ter acontecido. Esse terá sido o motivo pelo qual Hansteen e Ørsted diferem nos factos que consideram ter ocorrido por acaso (Kipnis, 2005a; Martins, 1986b, 2003).

Martins (1986b) contraria esta ideia de acaso, ao referir, entre outros argumentos, que a experiência realizada durante a palestra terá sido pré-planeada, uma vez que a posição do fio em relação à agulha foi cuidadosamente escolhida por Ørsted e não fruto do acaso.

Ao contrário da experiência de Abril, na de Julho, Ørsted foi muito sistemático e rigoroso, ao realizar um conjunto de experiências com uma variedade de alterações, deixou, na opinião de Kipnis (2005a), pouco espaço para o acaso. No entanto um resultado intermédio foi, provavelmente, obtido desse modo.

Outro factor que pode ter contribuído para a permanência da ideia de “descoberta por acaso” prende-se com o facto dos aspectos quantitativos do fenómeno electromagnético não terem sido desenvolvidos por Ørsted. A rápida divulgação dos seus trabalhos experimentais pela comunidade científica e os estudos que desencadeou rapidamente superaram o trabalho desenvolvido por Ørsted. O mérito do desenvolvimento quantitativo

³⁶ Ludwing Wilhm Gilbert (1769-1824) editor de *Annalen der Physik*.

do electromagnetismo e o estabelecimento de leis matemáticas atribuído a Ampère e a outros cientistas, cedo associaram o nome de Ørsted à descoberta “por acaso” de um fenómeno qualitativo.

3.1.1.2 A PUBLICAÇÃO DE 1820

Seguro do trabalho realizado, em 21 de Julho de 1820, Ørsted publica um folheto de quatro páginas, “Experiências sobre o efeito do conflito eléctrico sobre a agulha magnética”³⁷ que constituiu um marco histórico ao desencadear o estudo do Electromagnetismo. Ørsted descreve resumidamente as cerca de 60 séries de experiências³⁸ onde estabelece a natureza da influência da corrente eléctrica sobre uma agulha magnética. Na publicação original, Ørsted limitou-se à descrição da Experiência, omitindo todos os aspectos que conduziram às ideias descobertas e não apresenta imagens dos dispositivos experimentais que terá utilizado (Martins, 1986a).

Tendo em conta que a proposta que se apresenta se dirige a alunos do 9º ano de escolaridade fez-se uma leitura didáctica do artigo, apresentado por Ørsted em Julho de 1820, para a elaboração de uma sequência adequada às finalidades apresentadas.

O texto descreve um conjunto de experiências e de observações qualitativas úteis para a construção da narrativa. O carácter empírico deste texto permite-nos utilizar excertos que serão importantes para colocar os alunos em contacto com o cientista. Como veremos, no Capítulo 4 deste trabalho, este contacto teve efeito sobre os alunos.

Apresentam-se os pontos considerados importantes para a construção da narrativa experimental. A recriação da Experiência, elemento chave da narrativa, envolveu a selecção

³⁷ Tradução do título *Experimenta circa effectum conflictus electrici in acum magneticam*, da autoria de Roberto de Andrade Martins do artigo original de Ørsted, de 21 de Julho de 1820 e publicado em 1986 nos Cadernos de História e Filosofia da Ciência, v10, p. 115-122.

³⁸ Ørsted estava tão convencido de que o efeito magnético só poderia ser evidenciado em conjunto com o “calor” e a “luz” que nunca tentou verificar experimentalmente essa hipótese. Guerra et al. (2004) refere ser interessante destacar que Ørsted terá reconhecido mais tarde que o efeito magnético se observaria melhor em fios grossos, sugerindo não ser necessária levar o fio ao rubro para que o efeito fosse observado.

de algumas das experiências descritas por Ørsted e respectivas observações do cientista como se descreve, detalhadamente, no Capítulo 3.

- Descrição do “aparelho galvânico” utilizado na Experiência.
- Fio condutor colocado num plano horizontal por cima da agulha magnética.

A agulha orientada segundo o magnetismo terrestre e a parte rectilínea do fio é colocada horizontalmente, suspensa acima da agulha, refere que a altura não deve exceder “3/4 de polegada” (1,9 cm).

- Fio condutor colocado num plano horizontal por baixo da agulha magnética.

Ørsted propõe que se repita o procedimento colocando o fio por baixo da agulha magnética.

- Variação da distância entre o fio condutor e a agulha magnética

Ørsted acrescenta que o desvio observado depende da eficácia do aparelho galvânico.

- Desvio do fio condutor para Este ou para Oeste.
- Variação da natureza do metal do fio condutor.

Ørsted propõe a substituição do fio de platina, inicialmente usado, por fios condutores de outras naturezas: ouro; prata; latão; ferro; fitas de chumbo e estanho e uma massa de mercúrio.

- Descrição dos materiais utilizados para separar o espaço onde se encontra o fio condutor do espaço onde se encontra a agulha magnética.

Na sua experiência Ørsted terá tido necessidade de analisar a natureza do fenómeno observado.

- Fio condutor colocado no mesmo plano horizontal no qual se move a agulha magnética.

Ørsted propõe a colocação da agulha magnética no mesmo plano do fio.

- Colocar o fio condutor num plano horizontal de modo a formar um ângulo crescente com o meridiano magnético.

Ørsted propõe que se coloque o fio condutor perpendicularmente à agulha magnética e se vá variando o ângulo.

- Fio condutor colocado verticalmente.

Colocando o fio condutor verticalmente, em frente ao pólo da agulha magnética, Ørsted propõe que se estabeleça a seguinte ligação: parte superior do fio ligada ao terminal negativo do dispositivo galvânico.

Colocando agora o fio condutor na região entre o pólo e o centro da agulha.

- Variação do sentido da corrente.

Na descrição que faz da corrente Ørsted propõe a repetição dos ensaios, alterando as ligações aos pólos do seu “dispositivo galvânico”.

- Fio condutor dobrado em U.
- Variação do material da agulha (latão, vidro, goma laca)

Ørsted refere que poderá ser usado um aparelho galvânico menor, desde que seja capaz de tornar incandescente um fio metálico. É, no entanto, pouco perceptível se Ørsted terá imposto que o fio estivesse sempre incandescente.

Da descrição analisada, será importante para a preparação da componente experimental da narrativa ter em conta os seguintes aspectos:

- A importância de manter o fio ao rubro;
- Sensibilidade da agulha magnética (qualidade das bússolas);
- Um dispositivo experimental que possibilite boa manipulação do fio e da agulha magnética;
- As características do gerador (necessárias para pôr o fio ao rubro).
- Aspectos da Experiência de Ørsted a estudar:
 - A posição do fio em relação à agulha;
 - Natureza do fio condutor;
 - Direcção da corrente eléctrica;
 - Sentido da corrente eléctrica.

Ørsted terá ainda considerado importante realizar um conjunto de experiências que pudessem excluir a possibilidade do fenómeno ser de natureza electrostática, mas estes fenómenos não são objecto de estudo do 9ºano.

3.1.2 A EXPERIÊNCIA DE ØRSTED NOS MANUAIS ESCOLARES

Parece consensual a larga influência que os manuais têm nas práticas lectivas (Cachapuz et al. *apud* Saraiva, 2003; Duarte, 1999), contribuindo, assim para a ideia que os estudantes têm dos cientistas e do trabalho que desenvolvem. Sendo um dos materiais de apoio mais utilizados pelos professores, determinam em larga medida a natureza das práticas desenvolvidas na sala de aula.

A experiência tem a singularidade de nascer em contexto didáctico. Fará parte dos manuais escolares de ensino da Física ao longo dos séculos XIX, XX e XXI. Hoje, o nome nem sempre é referenciado e o efeito magnético da corrente eléctrica aparece como uma evidência.

Como referido anteriormente, o tema central deste trabalho não é uma análise exaustiva dos manuais escolares, pelo que não se revela fácil fazer uma apreciação justa e interessante a cada um deles. O breve comentário que se apresenta pretende:

- centrar a reflexão, essencialmente, na experiência realizada por Ørsted e no modo como ela era apresentada nos finais do século XIX, início do século XX e as alterações que foram introduzidas, ou não, nos finais do século XX, início do século XXI;
- confrontar essa análise com as descrições apresentadas por Ørsted na sua publicação de 1820.

A descrição feita de cada manual escolar poderá ser consultada em Anexo II – A Experiência de Ørsted nos manuais escolares (século XIX – século XXI).

3.1.2.1 COMENTÁRIOS

No manual de 1857, quase enciclopédico, o carácter artístico e belo dos fenómenos descritos é enaltecido, por Ganot, ao intercalar as suas explicações com “812 belles gravures” (Ganot, 1857, frontispício). Detalhe que nos leva a supor uma preocupação em aproximar o leitor da beleza dos fenómenos científicos.

Com a Experiência de Ørsted não é diferente, descreve primeiro o fenómeno, propõe ao leitor a sua repetição e a gravura, que se pode observar na Figura 3.5, aparece para dar visibilidade à descrição que apresenta.

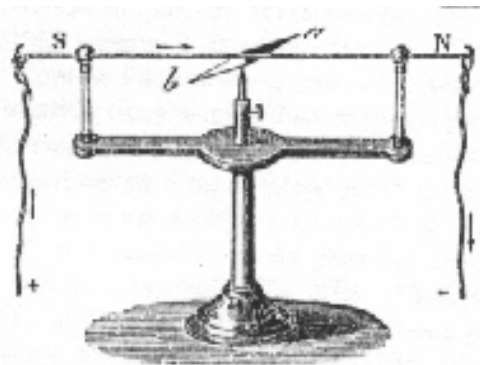


Figura 3.5: Imagem que ilustra a Experiência de Ørsted. Fonte: Ganot (1857, p. 733).

Ganot propõe a repetição da Experiência, mas não refere muitos dos seus detalhes. A interpretação do fenómeno é feita introduzindo a regra de Ampère. Apesar disso não esquece de fazer referência a trabalhos e cientistas que deram contributos importantes para o desenvolvimento de um novo ramo da Física – o Electromagnetismo. Os elementos contemporâneos são apresentados, por Ganot, nas explicações das aplicações práticas dos fenómenos descritos. Pode observar-se neste manual que o autor passa rapidamente de uma situação concreta (Experiência de Ørsted) para a regra (introduzida por Ampère). Não se sente a “espessura” da Experiência, constituída por um conjunto de situações experimentais, cerca de 60, situação que se manterá, na generalidades dos manuais analisados, até ao século XXI.

Saraiva (2003) refere não ser feita referência a Ørsted, nem ao estudo dos fenómenos electromagnéticos, nos programas oficiais portugueses da segunda metade do século XIX, no entanto, Valente et al. (2008, p. 26) referem que “este livro não se dirigia a um determinado tipo de aulas e programa” era usado por professores para prepararem as suas aulas e talvez por uma elite intelectualmente culta. Poderá, por isso, ter contribuído para a divulgação, em Portugal, do entusiasmo resultante das novas descobertas e influenciado o modo como o tratamento do tema é feito nos manuais escolares que lhe seguiram, manual B e C, respectivamente de 1907 e 1924.

O autor, do manual B de 1907, opta por substituir as gravuras de objectos reais por esquemas, como se observa na Figura 3.6. Perde-se um pouco da beleza inerente ao dispositivo experimental, mas introduz-se pensamento. A interpretação do fenómeno observado é facilitada.

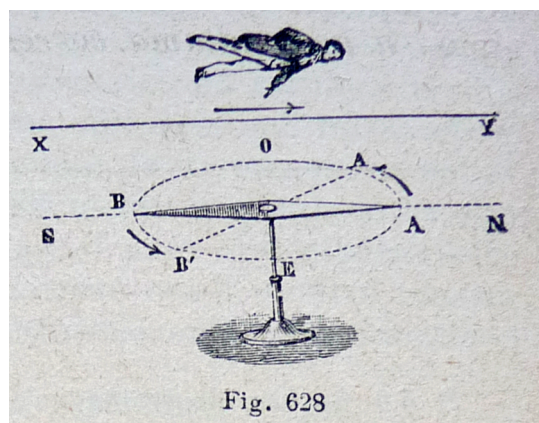


Figura 3.6: Ilustração da regra de Ampère. Fonte: Nobre, 1907, p. 620).

Apesar da forte influência do manual A, nos manuais que lhe precederam, as referências a Ørsted, são tendencialmente reduzidas e intensificadas as apresentações da Experiência a pequenas descrições de “conclusão óbvia”. Por sua vez, o protagonismo da interpretação do fenómeno é atribuído a Ampère e o papel de Ørsted secundarizado.

Não se observam referências ao “dispositivo galvânico” utilizado por Ørsted, nem às preocupações de incandescência do fio. Observa-se alguma preocupação de integração de elementos biográficos dos cientistas cujos trabalhos se referem e, nos manuais antigos analisados, é perceptível uma preocupação na apresentação de descrições do funcionamento de instrumentos que marcavam a actualidade da época, relacionados com o fenómeno.

O século XX, talvez pelas orientações que foram sendo introduzidas pelas sucessivas reformas e programas, o manual escolar foi-se organizando e especializando de acordo com o nível de ensino a que se destina. Os trabalhos laboratoriais começam a ganhar relevo. Mas as diferentes reformas pouco vieram trazer de novo à forma como Ørsted seria abordado. Retiram “espessura” à Experiência e reduzem-na a uma regra.

No manual D de 1960, os esquemas que acompanham as descrições da Experiência são simplificados tornando-se mais didácticos, como podemos observar na Figura 3.7 que

introduz as características do campo magnético criado por uma corrente que percorre um fio rectilíneo.

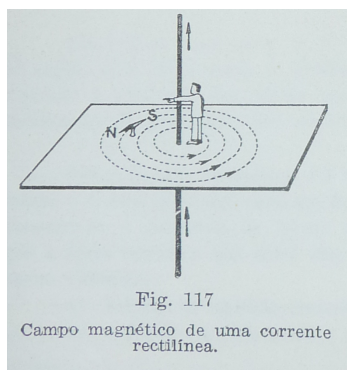


Figura 3.7: Campo criado por uma corrente rectilínea. Fonte: Teixeira (1960, p. 249).

Os manuais, do final do século XX inícios do século XXI, começam a reflectir a acção da investigação educacional, as novas correntes apontam para uma maior motivação para o estudo das ciências e uma abordagem que contextualize o ensino com situações do dia-a-dia.

O manual E, de 1982, parece evidenciar alguma preocupação em introduzir uma nova visão de Ensino das Ciências. A sequência temática que apresenta parece pretender que os jovens aprendam ciência participando nalgumas fases do processo científico. O texto é rico em elementos históricos e, ao longo da descrição dos fenómenos são colocadas questões, que introduzem algum dinamismo na interacção com o leitor. As respostas vão aparecendo acompanhadas de sugestões de desenvolvimento de actividades laboratoriais. É neste contexto que a Experiência de Ørsted é introduzida. Pese embora, não se dê grande enquadramento histórico, os elementos que se apresentam parecem adequados ao nível de ensino (8º ano).

A referência à pilha de Volta parece reflectir alguma preocupação em traduzir a importância do desenvolvimento tecnológico no processo científico e a proposta de repetição da Experiência é rica em pormenores, importantes para o entendimento do fenómeno.

Apesar de não mencionar as preocupações de Ørsted com o “dispositivo galvânico” ou com a incandescência do fio, no manual a Experiência parece adquirir “espessura”, ao ser feita referência a um conjunto de ensaios experimentais (cinco) que parecem evidenciar alguma preocupação de aproximação a Ørsted.

A montagem apresentada na Figura 3.8 é referida como “dispositivo clássico da experiência de Ørsted” (Faria et al., 1982, p.112). O dispositivo experimental distancia-se do aparato que Ørsted terá utilizado. No entanto, é feita referência à utilização de material simples. Motivo que pode ser compreendido se se pensar na dificuldade que há, em sala de aula, reproduzir o “aparelho galvânico” original.

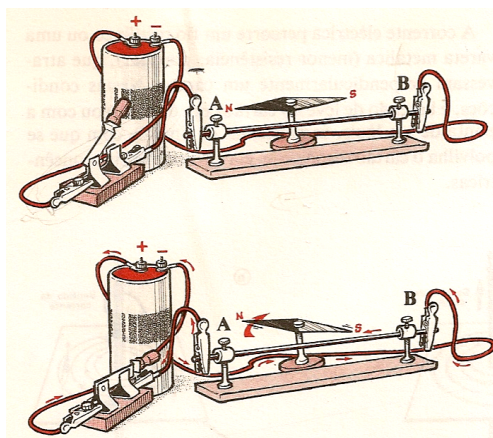


Figura 3.8: Montagem experimental para repetição da Experiência de Ørsted. Fonte: Faria et al. (1982, p. 111).

O recurso a vários elementos da Experiência histórica parecem ser usados para dar relevo ao fenómeno electromagnético e alargar o entendimento das suas aplicações práticas. Também neste manual se introduz a regra do observador de Ampère com o objectivo de facilitar a interpretação do fenómeno e a visualização do espectro magnético de uma corrente rectilínea segue uma linha muito semelhante à do manual anterior.

O manual F, de 1996, tenta integrar alguns aspectos de uma linha de investigação educacional orientada pelo movimento CTS. A compreensão pública da Ciência torna-se tema central do ensino. A necessidade de uma ampla compreensão do papel desempenhado pela Ciência e pela Tecnologia na vida quotidiana, tornam-se imperativos para uma melhor compreensão do mundo e a responsável participação de todos. Estas exigências implicam mudanças e a linha orientadora da apresentação dos temas também é alterada.

A Experiência de Ørsted é referida na sequência da necessidade de responder a uma questão, que se designa como orientadora: “Quais os princípios físicos que estão na base da produção de electricidade num gerador?” (Martins,1996, p.73).

O fenômeno, apresentado como “resultado óbvio” de uma observação, é apoiado por uma fotografia, representada na Figura 3.9, réplica do aparato experimental descrito por Ørsted em 1820 e de algumas referências históricas que enaltecem o seu trabalho.

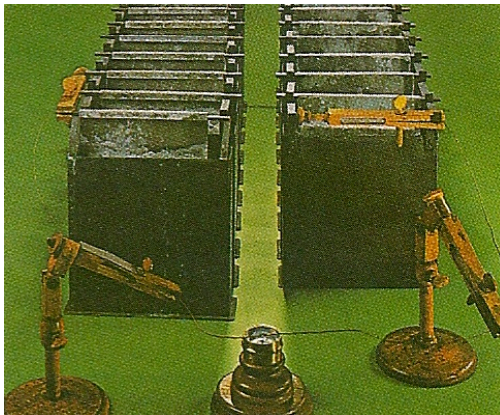


Figura 3.9: Experiência de Ørsted. Fonte: A. Martins (1996, p. 79).

Com a reorganização curricular de 2001, a ênfase dada às relações Ciência Tecnologia e Sociedade, no Ensino das Ciências, intensifica-se e as preocupações ambientais são agora incluídas. A redução da carga horária atribuída à disciplina de Ciências Físico-Químicas no Ensino Básico, afasta a possibilidade de realizar algumas das experiências históricas de relevância para o ensino.

Nos manuais de 2008 as referências históricas a Ørsted ou à sua descoberta, reduzem-se a pequenas biografias de cientista remetidas para fora do corpo de texto ou para leituras complementares nos finais de capítulos (ver, por exemplo, Rebelo & Rebelo, 2008, p. 198). As preocupações CTSA são evidenciadas, na generalidade dos manuais de 2008 analisados, mas não se salienta o impacto gerado pela descoberta de Ørsted, com exceção do manual H, onde se refere que:

“A investigação de Oersted sobre o efeito magnético da corrente eléctrica foi muito importante, pois marcou o início do estudo do electromagnetismo.” (Maciel et al., 2008, p. 121).

No manual G, o nome de Ørsted nem é referido e o efeito magnético da corrente reduz-se a uma observação directa do movimento da agulha magnética.

A maioria dos manuais, de 2008, seguem as Orientações do Currículo Nacional do Ensino Básico:

“O estudo do electromagnetismo justifica-se atendendo à sua aplicação em muitos aparelhos que utilizamos diariamente. No entanto, preconiza-se aqui uma abordagem bastante simplificada “ (DEB, 2001a, p. 35).

Há uma abordagem dos conceitos, relativos ao magnetismo e aos fenómenos electromagnéticos, semelhante, nos manuais de 2008. Apesar de não ser objecto deste trabalho a análise de outros manuais de 3º ciclo, reparou-se que os manuais de um mesmo grupo de autores, seguem uma mesma linha orientadora. A ênfase dada ao magnetismo no 9º ano depende do grau de desenvolvimento desse assunto no manual do 7º ano.

É interessante verificar que tanto nos manuais antigos, como nos mais recentes, a Experiência aparece como demonstração do efeito magnético da corrente eléctrica, reduzida à observação do movimento da agulha magnética e resumida numa regra. No entanto, tanto no manual E, como nos manuais H, L e M há uma pequena tentativa de dar algum destaque à descoberta introduzindo alguns parâmetros que pretendem relacionar a declinação da agulha com o sentido e intensidade da corrente, relação que vai um pouco mais longe no manual H. Os manuais I e J abordam a questão da descoberta por acaso, mas com abordagens diferentes, no manual I “aparente por acaso” e no manual J “descoberto acidentalmente, em 1819” (Silva et al., 2008, p. 111).

A importância da simplificação não se contesta nesta investigação, embora, algumas vezes, pouco conseguida. A posição relativa do fio e da agulha magnética, indispensável para a observação do fenómeno, só é referida nos manuais K, L e M. A proposta de realização uma experiência “semelhante à de Ørsted” é apresentada pelo manual M com recurso a um pequeno protocolo experimental. No entanto, não são feitas referências à multiplicidade de ensaios que Ørsted teve que realizar, nem às dificuldades que sentiu. A actividade laboratorial proposta aparece muito orientada para a observação de conclusões previamente apresentadas. Os alunos não são solicitados a fazer previsões nem a discutir os resultados.

O recurso aos aparatos experimentais (fotografias ou imagens), utilizados nestes manuais, pouco parecem acrescentar à escassez de detalhes com que são feitas as descrições do fenómeno. No manual G a imagem da Figura 3.10, que acompanha a descrição do efeito magnético, não permite uma boa visualização. A declinação da agulha magnética não é visível e o fenómeno é resultado directo da observação, nada simples para alunos de 9º ano.

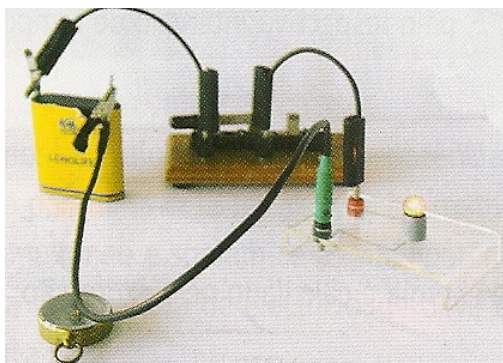


Figura 3.10: Efeito magnético da corrente eléctrica. Fonte: legenda original, Fiolhais et al. (2008, p. 113).

Importa destacar a imagem da Figura 3.11, utilizada pelo manual H, cuja legenda está de acordo com a legenda original.

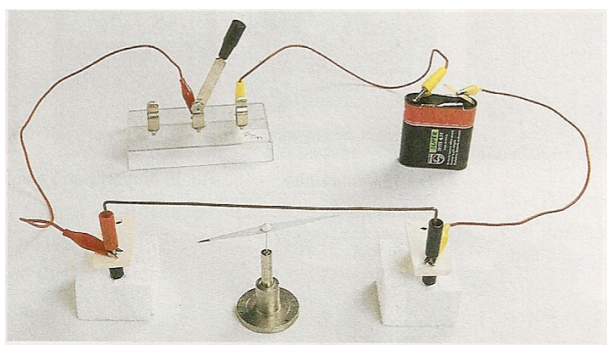


Figura 3.11: Verificação experimental do efeito magnético da corrente. Fonte: Maciel et al. (2008, p. 121).

Numa observação mais atenta parece haver declinação da agulha com o circuito aberto. Não é feita qualquer descrição sobre o modo como a agulha deve ser posicionada relativamente ao fio. O motivo da declinação poderá ser questionado e um aluno que coloque o fio perpendicularmente à agulha não observará qualquer movimento. Nas condições da figura o fenómeno poderá ser associado à pilha e não à passagem de corrente no fio condutor.

Ao lado da imagem que ilustra o aparato experimental, os autores do manual M optaram por usar a imagem da Figura: 3.12 que ilustra a experiência que Ørsted terá realizado em Julho de 1820. Amplamente divulgada, afasta-se da descrição feita por Ørsted na publicação de 1820, onde o “aparelho galvânico” que é descrito: “... consistia em 20 recipientes rectangulares de cobre...” (Ørsted, *apud* Martins, 1986a, p. 116).



Figura 3.12: Experiência histórica de Oersted. Fonte: legenda original, Maciel et al. (2008, p. 121).

O texto do manual I, à semelhança do manual F, apresenta uma conclusão que se afirma ter sido retirada por Ørsted, acompanhada por uma imagem representada na Figura 3.13:

“Oersted conclui ainda que o campo magnético criado pela corrente muda o seu sentido quando o sentido da corrente se altera pois a agulha desviava-se em sentido contrário.” (Rebello & Rebello, 2008, p. 224).

A base ontológica da “teoria de campo” dos fenómenos electromagnéticos contou com os contributos de Faraday e Maxwell (McMullin, 2002). A noção de campo, terá sido introduzida posteriormente. A relação do fenómeno observado com a variação do sentido da corrente resultou de um trabalho, rigoroso e sistemático, que envolveu um conjunto diversificado de ensaios e não de uma observação directa do movimento da agulha.

A imagem que acompanha a conclusão apresenta-se pouco elucidativa. Dificilmente se consegue perceber qual o pólo Norte e o pólo Sul da agulha magnética. O sentido da corrente poderá criar confusão num aluno mais atento, uma vez que as ligações do circuito se mantêm e só pela observação das setas se percebe que houve variação do sentido da corrente eléctrica.

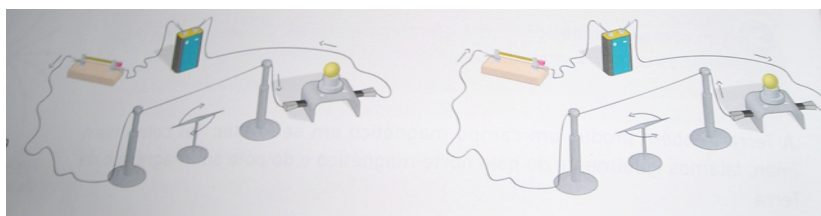


Figura 3.13: O sentido da passagem de corrente eléctrica determina o sentido do campo magnético. Fonte: legenda original, Rebello & Rebello (2008, p. 224).

Também a pouca clareza das imagens utilizadas pelos manuais L e M podem introduzir algumas confusões na interpretação do fenômeno. A Figura 3.14 mostra a imagem que ilustra o aparato experimental proposto, pelo manual M, para a repetição de “uma experiência semelhante à que Oersted realizou”. A sua análise permite antever algumas confusões entre as observações práticas e o resultado indicado no manual. Não estando indicada a polaridade da agulha, a convenção das cores que o manual utiliza (Cavaleiro & Beleza, 2008, p. 141) permite-nos concluir que a extremidade vermelha da agulha será o seu pólo Norte. De acordo com o esquema e seguindo o sentido da corrente, o pólo Norte da agulha deveria desviar-se para a esquerda segundo o “observador de Ampère”, ou seja no sentido oposto ao observado, o mesmo sucedendo quando o sentido varia e a agulha se desvia no sentido contrário ao registado no esquema.

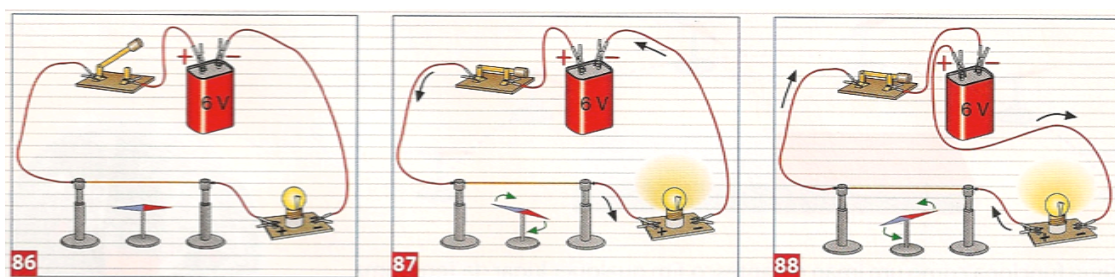


Figura 3.14: Esquema de montagem proposto para realização da Experiência de Ørsted. Fonte: Cavaleiro & Beleza (2008).

O manual J utiliza a imagem da Figura 3.15 onde apresenta um aparato experimental muito longe do utilizado por Ørsted. A legenda que acompanha a imagem refere que “reproduz a experiência de Oersted” sem que sejam feitas referências às adaptações apresentadas.

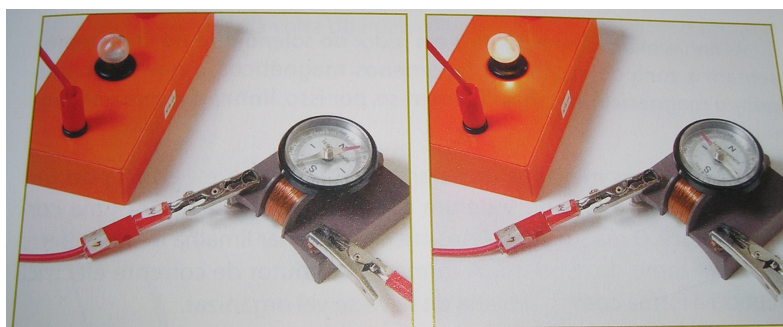


Figura 3.15: Reprodução da experiência de Oersted. Fonte: legenda original, Silva et al. (2008, p. 111).

Para além das imprecisões históricas, no texto que antecede a referência à Experiência, não é feita qualquer alusão a detalhes relativos à sua execução experimental. Espera-se que o aluno seja capaz de compreender o significado das observações que relacionam o movimento da agulha com a passagem da corrente eléctrica no circuito (perceptível por observação da lâmpada acesa).

A descoberta realizada por Ørsted em 1820 que desencadeou o estudo do electromagnetismo é introduzida, no Ensino Básico, de forma banal, apesar de envolver problemas conceptuais complexos (R. Martins, 1986b).

A investigação no domínio da educação em ciência tem revelado grande sensibilidade no âmbito da discussão que envolve a natureza do conhecimento científico (Valente et al., 2008). Um dos caminhos apontados para valorizar as estratégias de ensino passa pelo estudo de determinadas experiências históricas fundamentais (Golin, 2002).

O singelo movimento de uma agulha magnética, paralela a um fio condutor, revelado quando o fio se deixa atravessar por corrente eléctrica, marcou o início de uma espantosa aventura vivida pela Ciência e desencadeou um dos mais admiráveis desenvolvimentos tecnológicos. O destaque dado a esta Experiência e a simplicidade com que é tratada pelo manual, nem sempre retratam a sua riqueza didáctica. O risco de distorções é iminente. Com frequência: transmite os conhecimentos já elaborados, sem evidenciar dificuldades, limitações; as diferentes fases de evolução, bem como o papel da observação são neutros; omitem um corpo coerente de conhecimentos prévios. A apresentação de conhecimentos como claros e óbvios esquece que o conhecimento científico parte do questionamento sistemático do óbvio e das importantes interações CTS que se estabelecem (Gil-Pérez, 1993).

O papel e importância do manual escolar não é contestada nesta investigação. Cabe ao professor melhorar o seu papel de mediador da utilização do manual na sala de aula e adequar as suas estratégias procurando minimizar os riscos das simplificações que, necessariamente, se terão de fazer quando se pretende introduzir conhecimento científico no ensino. Tarefa que implicará professores mais esclarecidos e preparados (Duarte, 1999).

3.2. CONSTRUÇÃO DA NARRATIVA EXPERIMENTAL

Criar uma estratégia que envolva os alunos na “aventura do nascimento do electromagnetismo” apresenta dificuldades. As propostas apresentadas nos manuais não traduzem a riqueza de detalhes da Experiência de Ørsted. O fenómeno aparece como efeito magnético da corrente de conclusão óbvia, baseada na observação directa do movimento da agulha.

A literatura aponta para aparatos experimentais relativamente simples mas, que não permitem uma exploração ampla da experiência. Seliverstov et al. (2007) justificam esse facto referindo que a repetição das experiências que permitem uma análise detalhado dos fenómenos estudados por Ørsted e Ampère, são geralmente difíceis de realizar. É difícil demonstrar estes fenómenos onde a força magnética é bastante fraca e a sua manifestação requer intensidades de corrente elevadas.

A partir do estudo prévio do texto original de Ørsted, conjugado com elementos recolhidos na literatura da especialidade (HFC) e manuais escolares, foi construída uma narrativa que integrou três acções: contextualização histórica da descoberta a partir do conto “O Sino”; adaptação da experiência à sala de aula e; discussão das consequências científicas e tecnológicas da descoberta que envolveu a construção de um electroíman e do motor eléctrico simples. A narrativa experimental aplicada teria ainda que promover a discussão das interacções CTSA subjacentes à Experiência. Na Figura 3.16 apresenta-se o esquema organizador usado na construção da narrativa experimental.

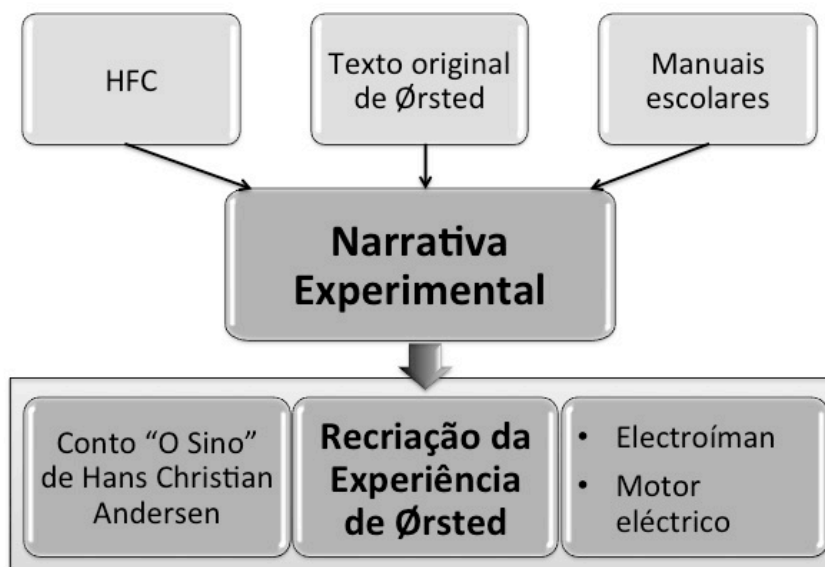


Figura 3.16: Esquema organizador das fases de construção da narrativa experimental.

3.2.1 ENQUADRAMENTO HISTÓRICO DA EXPERIÊNCIA DE ØRSTED

A literatura considera positivo a introdução de elementos históricos no tratamento de conteúdos cuja base conceptual apresenta dificuldades. Era importante contextualizar historicamente a descoberta de Ørsted. Difícil quando os alunos não respondem de forma satisfatória ao termo “História”?

Não podendo, a este nível etário, desenvolver uma análise histórica formal, que de alguma maneira desse a entender que se estavam a leccionar conteúdos dessa disciplina, foi pensada uma forma de introduzir, a ideia de uma certa unidade na Natureza. Ideia cara a Ørsted, como se mostrou anteriormente. Considerou-se a possibilidade de utilizar excertos do conto “O Sino” de Hans Christian Andersen, escritor dinamarquês. Andersen terá sido amigo e protegido de Ørsted e frequentador assíduo das palestras dinamizadas pelo Professor Ørsted, na Universidade de Copenhaga (Jacobson, 2006; Martins, 1986).

Amante da literatura Christian Andersen foi elemento representativo do movimento romântico dinamarquês. Terá ficado fascinado ao ouvir falar dos novos fenómenos científicos apresentados por Ørsted nas suas palestras. Foi influenciado pela ideia de

Natureza de Ørsted e pelo esforço necessário para entrar em sua sintonia através do conhecimento.

No seu conto “O Sino”, narra a fascinante aventura vivida, por dois amigos, um pobre e outro, príncipe, filho do Rei partem à aventura para descobrir a origem de um misterioso, mas atraente, som de um sino. O conto, rico em belos detalhes, pareceu ser uma boa metáfora para debater alguns dos aspectos do processo de construção do conhecimento científico e uma forma singular e bela de descrever a curiosidade que despertavam os fenómenos naturais na época. Segundo Abraham *in* Valente (1999), este conto parece ter querido traduzir a aventura vivida, por Andersen e Ørsted (respectivamente o pobre e o príncipe), na procura do entendimento da Natureza, esforço que terão desenvolvido ao longo das suas vidas. A utilização do conto apresentou-se como a forma mais adequada de introduzir os alunos no ambiente cultural e social do início do século XIX (Metz et al., 2007).

O conto foi trabalhado e construíram-se 13 cartões, que podem ser consultados no Anexo III – Cartões com excertos do conto “O Sino”. Distribuídos aos alunos permitiram que cada um participasse na leitura. Seguiu-se uma breve exploração do conto com o objectivo de introduzir o “clima” da época necessário para o desenvolvimento da narrativa. Pretendia-se criar, em sala de aula, um “clima” de uma aventura, “a bela aventura do conhecimento da Natureza”. Ao longo do desenvolvimento do trabalho laboratorial foram retomadas pequenas fases do conto importantes para a manutenção do ambiente motivador necessário à narrativa.

3.2.2 ACTIVIDADE LABORATORIAL

Criar em sala de aula a observação de Ørsted, que viria a agitar a comunidade científica da época, e o conjunto sistemático de experiências cujo relato publicou no Verão de 1820, implicou decidir que passos da Experiência deveriam ser realizados pelos alunos e que materiais e dispositivos cumpriam melhor os objectivos pretendidos. Não havia a intenção de recriar o dispositivo de Ørsted mas, recorrendo a materiais disponíveis na maioria das escolas, recriar alguns dos passos por ele descritos.

A actividade laboratorial aplicada a alunos 9º ano, pouco habituados a trabalhar num laboratório e com um nível de conhecimento processual relativamente baixo³⁹ implicava aparatos experimentais simples e que não introduzissem elementos que desviassem a atenção do aluno dos aspectos relevantes da Experiência.

Ørsted encontrava-se entre o grupo de cientistas que, no início do século XIX, acreditavam que os efeitos magnéticos eram produzidos pela mesma “força eléctrica” responsável pelos fenómenos químicos, térmicos e luminosos, estes com evidências claras. Apesar de alguns indícios relatados, havia grande dificuldade em relacionar os dois fenómenos. A tentativa de evidenciar a relação entre o “conflito eléctrico” e uma agulha magnética perseguia-o há algum tempo.

O desenvolvimento prático do conjunto de experiências por ele realizadas envolve algumas dificuldades que é necessário ultrapassar. Para além das dificuldades conceptuais, o tipo de materiais utilizados na época para a realização da Experiência era muito diferente daquele que existe disponível nas escolas e com o qual se tinha o objectivo de trabalhar.

Nos manuais escolares a simplicidade com que a Experiência é descrita não traduz as dificuldades sentidas e, como se descreveu atrás, é frequentemente relatada como uma descoberta ocorrida por acaso. Martins (1986b) mostra, que apesar dos diversos contributos recebidos dos que o antecederam, a descoberta da relação do fenómeno magnético com o “conflito eléctrico” exigiu, a Ørsted, algum trabalho.

A preparação da actividade laboratorial a incluir na narrativa experimental implicava a adequação da Experiência de Ørsted à sala de aula em articulação com o conteúdo que lhe antecedia, bem como, a escolha e preparação dos excertos do texto, de 1820, que deveriam ser usados pelos alunos. Na Figura 3.17 esquematizam-se as fases do desenvolvimento, em aula, da actividade laboratorial.

³⁹ De acordo com elementos recolhidos no início do ano, as actividades laboratoriais realizados, para além de poucos, o que se compreende face à carga horária da disciplina (7º ano dois tempos de 45 min. e 8º ano três tempos de 45 min.), foram tipo ilustrativo.

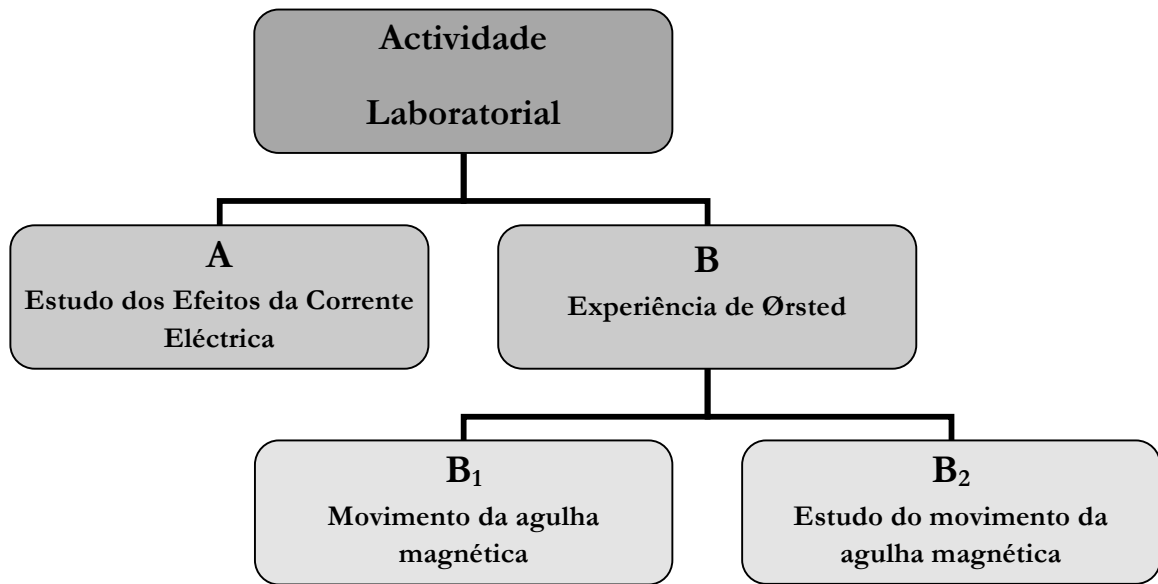


Figura 3.17: Esquema organizador da actividade laboratorial.

3.2.2.1 APARATO EXPERIMENTAL

Antes das adequação da Experiência à sala de aula foi necessário preparar todo o arranjo experimental e verificar o material a utilizar nas diferentes fases do trabalho. A “agulha magnética”, o “dispositivo galvânico” e os fios condutores foram, à semelhança de Ørsted, uma preocupação.

O arranjo experimental passou pela necessidade: de uso de uma bússola como detector magnético; e de obter um fio incandescente. Segundo Ørsted o “fluxo eléctrico” teria que ser suficientemente forte para que o “fluxo magnético” agisse sobre a agulha provocando-lhe uma deflexão maior e mais “esclarecedora”.

- Descrição do “aparelho galvânico” utilizado na Experiência de 1820.

Ørsted usa uma grande pilha que descreve:

Ørsted 1820:

“O aparelho galvânico que empregamos consistia em 20 recipientes rectangulares de cobre, cujo comprimento e altura eram iguais a 12 polegadas, e cuja largura era pouco maior do que duas polegadas e meia. Cada recipiente era provido de duas lâminas de cobre, dobradas, de modo a poderem manter o bastão de cobre que sustenta a lâmina de zinco imersa na água do recipiente vizinho. A água dos recipientes contém 1/60 do seu peso de ácido sulfúrico e 1/60

de ácido nítrico. A parte de cada lâmina de zinco submersa na água é um quadrado cujo lado é cerca de 10 polegadas.” (Ørsted *apud* Martis, 1986a, p. 116).

Apesar de não termos mais detalhes, Ørsted acrescenta dizendo que:

“Pode utilizar-se um aparelho menor, desde que seja capaz de tornar incandescente um fio metálico.” (Ørsted *apud* Martis, 1986a, p. 116).

Esta informação considerou-se útil para a preparação da actividade. Na sua publicação de 1820 não são apresentados esquemas que dêem visibilidade à descrição, mas apresenta-se na Figura 3.18 uma réplica do aparato experimental utilizado por Ørsted, fruto da investigação do grupo de Oldenburg. Esta imagem foi apresentada aos alunos acompanhada pela descrição de Ørsted 1820.

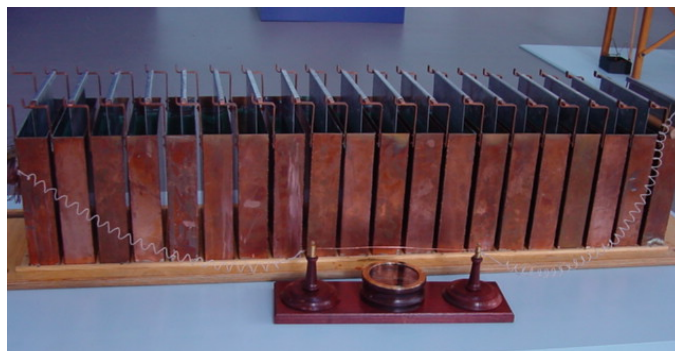


Figura 3.18: Réplica do aparato experimental utilizado por Ørsted em Julho de 1820, resultado da investigação do grupo de Oldenburg (foto da exposição no Museu da Electricidade).

Que características deveria ter a fonte de corrente eléctrica que permitisse uma utilização repetida e pouco complexa, por alunos?

Permitir uma boa visualização do fenómeno e ao mesmo tempo permitir que o fio condutor ficasse ao rubro. Se utilizássemos pilhas comerciais, o número de aparatos experimentais, para pôr em prática, seria maior, mas as pilhas comerciais descarregam facilmente numa situação como esta. Usar muitas pilhas iria introduzir grande perturbação na aula dada a necessidade substituições sistemáticas de pilhas. O problema podia ser resolvido se fossem substituídas por fontes de alimentação (existentes em número suficiente nos laboratórios das escolas). Mas levantava-se outro problema como fazer com que o fio ficasse ao rubro sem provocar o curto-circuito do aparelho?

Optou-se por utilizar uma bateria⁴⁰ de automóvel, representada na Figura 3.19, que para além de ser um dispositivo próximo do “aparelho galvânico” utilizado por Ørsted, resolveria o problema de alimentação.



Figura 3.19: Bateria

A investigação valoriza a componente laboratorial no Ensino das Ciências. As práticas laboratoriais pouco têm contribuído para o desenvolvimento das ciências experimentais e portanto pouco têm contribuído para uma aproximação da Ciência aos alunos. Por outro lado, os materiais disponíveis são limitados e obrigam a constantes adequações das actividades laboratoriais o que poderá conduzir a uma diminuição no número de actividades deste tipo.

Aparentemente simples, por não envolver dispositivos complexos, a verdade é que a utilização de agulhas magnéticas e bússolas não se apresentou fácil. As exigências em termos de manipulação foram grandes, a necessidade de deixar o fio ficar incandescente e a manipulação e observação cuidadas das bússolas exigiam paciência. Neste âmbito o papel do professor como orientador seria essencial. Tinha que estar atento às observações e respostas dos alunos para adequar as questões, de forma a manter o envolvimento do aluno com trabalho desenvolvido.

Tornava-se difícil proceder a essa tarefa dividindo a atenção por dois ou mais grupos de trabalho. A opção de um só aparato, podendo não ser a melhor, revelou-se a mais eficaz para o tipo de exploração que se pretendeu dar.

⁴⁰ A explicação das diferenças entre o elemento de pilha de Volta e a bateria (acumulador de chumbo) deverá ser referida na abordagem.

A agulha magnética também desempenhava um papel importante. Tinha que ser suficientemente sensível para poder ser colocada perto do dispositivo experimental e deveria estar presente durante toda a actividade experimental. Essa presença justificava-se pela necessidade de proporcionar a observação “casual” da deflexão da agulha e não podia ser um foco de perturbação na atenção dos alunos. A concretização desta ideia foi inspirada na discussão sobre o papel do acaso em torno da descoberta de Ørsted e serviria como um elemento da narrativa, *narrative appetite*, que permitiria cativar o aluno mantendo-o ligado à história.

A facilidade de manipulação também foi uma preocupação. As agulhas magnéticas didácticas, existentes na escola, demasiado pesadas, eram pouco sensíveis à acção de campos magnéticos fracos. Por outro lado a manipulação não se apresentava fácil perante alunos agitados e com pouca paciência para esperar que estabilizasse. Precisou-se de uma agulha magnética sensível para detectar um campo magnético pouco intenso, uma vez que teria de estar afastada do dispositivo. A Figura 3.20 (à esquerda) representa o tipo de agulha magnética usada para satisfazer os requisitos. Era sensível a um campo magnético pouco intenso e respondia bem a uma manipulação que se previa pouco cuidada.



Figura 3.20: Agulha magnética (à esquerda) e Bússola (à direita) usadas na actividade laboratorial.

O estudo do movimento da agulha implicava uma maior manipulação, era necessário, repetidas vezes, variar a posição das agulhas magnéticas relativamente ao fio. A manipulação tinha de ser facilitada.

A utilização de bússolas como a representada na Figura 3.20 (direita) apresentou-se como uma boa solução. A agulha está protegida numa caixa o que permitia, para além de uma boa

manipulação, reduzir a hipótese dos alunos associarem o movimento da agulha a uma acção mecânica próximos da agulha. Era uma hipótese que se previa poder ser avançada pelos alunos. Este tipo de bússola possibilitou, fixar um conjunto de bússolas, fáceis de manipular nas posições que queríamos explorar. A maioria das escolas está equipada com um bom número de bússolas como as da Figura 3.20 (à direita), de qualidade suficiente para o fim desejado, no entanto devem ser testadas.

Na escola, onde decorreu a actividade, só 4 bússolas satisfaziam os requisitos. Os alunos foram encorajados a explorarem a posição do fio relativamente à agulha de uma bússola fixa, uma vez que sendo o fio flexível torna-se fácil essa exploração com este tipo de bússolas.

Quando preparou a sua palestra Ørsted estaria, segundo Kipnis, convencido de duas hipóteses:

“(1) when electricity produces a great amount of heat and light, it can also create a magnetic action (the ‘heat hypothesis’); and (2) this magnetic action streams away from a hot current-carrying wire in all directions, similarly to heat and light (the ‘radial emission hypothesis’)” (Kipnis, 2005a, p. 8).

Estas duas hipóteses terão fornecido a base teórica para o arranjo experimental que ficou conhecido como “Experiência de Ørsted”. O sucesso da sua observação terá passado pelo uso de uma bússola como detector magnético, a necessidade de obter um fio quente e incandescente, que provavelmente o terá levado a fechar o circuito, e a posição relativa do fio e da agulha magnética (Kipnis, 2005a).

A necessidade de gerar um “fluxo eléctrico” suficientemente forte, capaz de tornar um fio incandescente e garantir um “fluxo magnético” que agisse sobre a agulha provocando-lhe uma deflexão, levou Ørsted a usar fios de platina muito finos (alta resistência). Apesar de Ørsted ter reconhecido mais tarde, num texto publicado em 1827, na Enciclopédia de Edinburg, que o efeito magnético se torna mais evidente em fios grossos, sugerindo não haver necessidade de produzir calor e luz para evidenciar o efeito (Guerra et al., 2004).

Esta ideia orientou o estudo a realizar pelos alunos. Tinha que ser garantida a incandescência inicial do fio condutor, problemas adicionais, não só para Ørsted:

A hipótese de usar fios dos mesmos materiais dos usados por Ørsted foi uma hipótese que se ponderou. Mas a aquisição desses fios implicava desvios do objectivo anteriormente definido (materiais acessíveis às escolas do Ensino Básico). Por outro lado, a não utilização

desses materiais implicava o afastamento da actividade laboratorial à nobreza dos materiais por ele usados. A opção podia passar por alguma contemporaneidade? Modernas ligas metálicas, mais acessíveis e mais fáceis de levar ao rubro, podiam facilitar a execução prática da Experiência. Factor importante para o 9º ano, pese embora o desvio relativamente ao tipo de materiais e dispositivos habitualmente usados nas experiências da época. Este afastamento será devidamente apreciado ao longo da narrativa. Ele incorpora as diferenças de época.

No seu trabalho, Ørsted refere ter utilizado um fio de platina, que depois seria substituído por ouro; prata; latão; ferro; fitas de chumbo e estanho, e uma massa de mercúrio. Foi posta a hipótese de se utilizar os mesmos fios, o que tornaria a Experiência menos viável em sala de aula. Ørsted quis demonstrar que a natureza do fio não afecta o fenómeno observado, a não ser, como nas suas palavras de 1820:

“A natureza do metal não altera o efeito, mas influi em sua magnitude.” (Ørsted *apud* Martis, 1986a, p. 119).

Este teria que ser um passo a desenvolver na proposta de trabalho laboratorial a realizar. Para a verificação deste aspecto, bastaria realizar, com os alunos, três ensaios diferentes. Nestas idades, trabalhos laboratoriais muito repetitivos conduzem a momentos de alguma monotonia, aumentam a distracção e o desinteresse e desviam o aluno do objectivo da actividade.

A opção foi então recorrer, uma vez mais a materiais “contemporâneos”, que resolviam o problema e não alteravam o objectivo da actividade. Optou-se por usar algumas ligas metálicas disponíveis no laboratório: fio condutor de Kanthal⁴¹; fio condutor de Stal⁴²; fio condutor de Miedz⁴³.

Com fios condutores deste tipo, as observações pretendidas foram conseguidas. No entanto, se a linha de trabalho fosse a repetição da experiência realizada por Ørsted, a aproximação ao trabalho original exigiria a utilização de materiais originais. Considerou-se útil a referência às adaptações feitas ao aparato experimental original descrito por Ørsted,

⁴¹ Liga metálica de ferro.

⁴² Aço

⁴³ Cobre

bem como às dificuldades associadas à construção do “dispositivo galvânico” utilizado. Reflectir sobre as dificuldades sentidas por Ørsted era importante para o desenvolvimento da narrativa.

As exigências de manipulação das bússolas e a necessidade de ter um fio incandescente obrigou à construção de um suporte para o fio condutor que cumprisse alguns requisitos: deixar visível, a todos os alunos, a bússola para que pudessem ver a sua deflexão; havia ainda a necessidade de, sendo alunos muito novos e pouco habituados às exigências do trabalho laboratorial, permitir que para além da facilidade de manipulação fosse garantida uma boa visualização de todo o aparato; e em simultâneo, as diferentes posições da agulha.

3.2.2.2 CONSTRUÇÃO DO DISPOSITIVO EXPERIMENTAL

Poderíamos ter optado pelo dispositivo experimental didáctico tradicionalmente usado nas escolas e representados na Figura 3.21. Qualquer deles, no entanto, reduz a riqueza de detalhes da Experiência, à simples observação da deflexão da agulha magnética, negligenciando a possibilidade de se fazer um estudo mais completo do movimento da agulha e da dificuldade associada ao entendimento do fenómeno. A própria interpretação já não passa pelo fio incandescente.

No dispositivo da Figura 3.21 a), as duas agulhas permitem observar o desvio em duas posições (por cima e por baixo do fio condutor), mas na terceira imagem a tentativa de conseguir um desvio grande desvirtua a experiência substituindo o fio rectilíneo por um enrolamento. A análise das imagens dos aparatos experimentais utilizados ao longo do tempo demonstram bem o afastamento progressivo de que a Experiência foi sendo alvo.

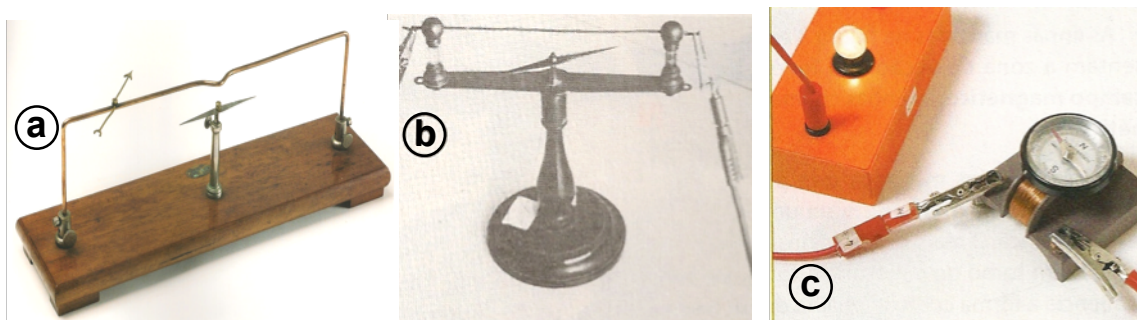


Figura 3.21: a) Aparelho para a experiência de Ørsted 1949. Fonte: Valente et al., 2008, p.; b) Aparelho para a experiência de Ørsted. Fonte: Silva & Valadares (1982, p. 149); c) Aparelho para a experiência de Ørsted. Fonte: Silva et al. (2008, p. 111).

Optou-se por criar um dispositivo que facilitasse a manipulação e ao mesmo tempo uma boa observação da deflexão da agulha magnética. A construção do dispositivo implicou que se criasse um suporte que permitisse: um fio bem esticado; fácil manipulação; o suporte das bússolas estável; a variar a posição da bússola relativamente ao fio; uma boa visualização da bússola. O dispositivo tinha que ser simples, não podia introduzir elementos que desviassem a atenção do essencial.

O material também foi alvo de alguma preocupação, era necessário um material que permitisse uma construção fácil, não podia magnetizar e tinha que suportar temperaturas elevadas.

Recorreu-se a uma placa de acrílico com 8 mm de espessura que serviu para montar a base e as respectivas hastes laterais como se mostra na Figura 3.22; usaram-se 4 parafusos de alumínio que prenderam as duas hastes laterais (10x2,5 cm) à base. No centro foi colocada uma barra de plástico grosso (1 cm de diâmetro) que serviu de suporte a duas pequenas plataformas de altura regulável através de parafuso de orelhas, que serviram para suportar a bússola.



Figura 3.22: Dispositivo experimental.

Nas hastes laterais foram feitos dois orifícios, separados 3,5 cm um do outro, revestidos de material isolador que serviram de suporte ao fio condutor e permitiram mantê-lo bem esticado. Foi ainda usada uma placa acrílica de 2 mm de espessura que serviu de base às bússolas (50x35 cm).

3.2.2.3 PREPARAÇÃO DA ACTIVIDADE LABORATORIAL

O desenvolvimento da actividade laboratorial compreendia dois momentos:

A – Estudo dos efeitos da corrente eléctrica.

B – Experiência de Ørsted.

Material

Para a realização da actividade laboratorial foi necessário recorrer ao material da listagem que a seguir se descreve e que se apresenta na fotografia da Figura 3.23:

- Uma bateria de 12 V
- 20 cm de fio de liga de ferro, diâmetro de 0,5 mm e $6,87 \Omega/m$
- 30 cm de fio de liga de ferro, diâmetro de 0,5 mm e $6,87 \Omega/m$
- 30 cm de fio de Aço, diâmetro de 0,5 mm $0,76 \Omega/m$
- 30 cm de fio de cobre, com diâmetro de 0,5 mm $0,09 \Omega/m$
- 30 cm de fio de cobre com diâmetro de 0,2 mm $0,57 \Omega/m$
- 30 cm de fio de cobre com diâmetro de 0,7 mm $0,04 \Omega/m$
- 30 cm de fio de cobre com diâmetro de 1,5 mm
- Dois suportes universais e respectivas molas
- Multímetro
- Um interruptor didáctico
- Reóstato (ver características)
- 4 Bússolas didácticas
- Agulha magnética
- Placa de esferovite; vidro; madeira;
- Limalha de ferro
- 2 Dispositivo de suporte do fio (A e B)
- Eléctrodos de grafite
- Gobelé
- Solução aquosa de cloreto de cobre II dihidratado

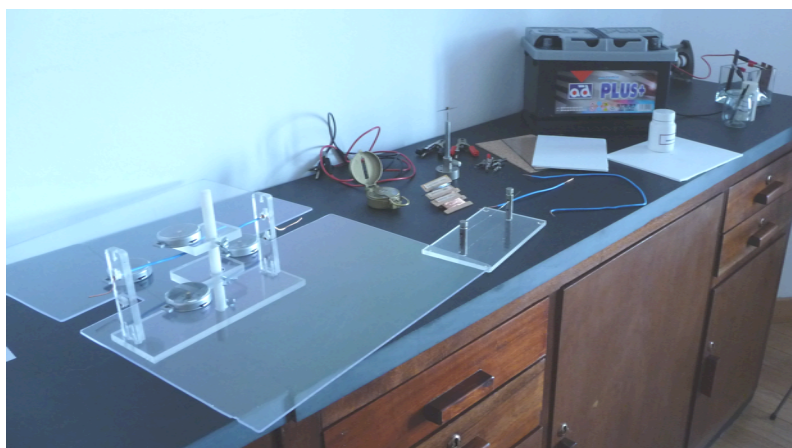


Figura 3.23: Material necessário para a actividade laboratorial.

Procedimento Experimental

A – Estudo dos efeitos da corrente eléctrica

Nesta fase do trabalho laboratorial pretendeu-se realizar o estudo dos conteúdos programáticos que antecediam o estudo do efeito magnético. Iniciou-se pelo estudo do efeito químico da corrente eléctrica, realizando a electrólise do cloreto de cobre dihidratado. A observação do efeito térmico, evidenciado pelo aquecimento do fio condutor foi completado pela incandescência do fio para que também fosse observado o efeito luminoso. Nas proximidades do aparato foi colocada a agulha magnética (o objectivo é que, à semelhança das realizações experimentais da época, a agulha deve ser um elemento presente e deste modo permitir uma observação “casual” do desvio).

Para o estudo efeito térmico e luminoso recorreu-se à montagem da Figura 3.24, usando o fio de resistência elevada, neste caso, aproximadamente 30 cm da liga de ferro (diâmetro 0,5 mm; $6,87 \Omega/\text{m}$), montou-se no suporte A, o fio bem esticado (o suporte B, presente na lista de material, deve estar presente no caso dos alunos colocarem alguma hipótese que se relacione com o dispositivo. Situação que não aconteceu na aplicação deste estudo). Variar a resistência total do circuito utilizando o reóstato, até que o fio fique ao rubro (será necessário uma corrente de intensidade entre os 4 e os 7 A).

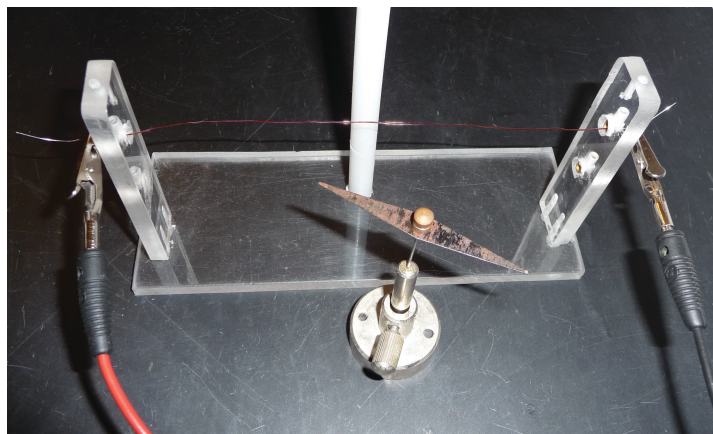


Figura 3.24: Montagem experimental para o estudo do efeito térmico e luminoso.

Pode fazer-se o mesmo usando fios de cobre finos, 0,1 mm (Kipnis, 2005), mas terá que se ter atenção pois o fio funde com maior facilidade. Nos ensaios por nós realizados, o que apresentou comportamento mais adequado, para manipulação por alunos destas idades, foi a liga metálica de ferro (0,5 mm).

Verificar que o movimento da agulha é imediato, assim que o circuito é fechado, ao passo que o fio demora algum tempo a ficar incandescente.

Este momento corresponde à altura em que os alunos podem observar o movimento da agulha magnética. A observação serviria como o elemento estimulante para a narrativa (*narrative appetite*) que irá prender o aluno ao enredo da história narrada em torno da Experiência de Ørsted. Funcionou como o elemento de ligação entre o conto narrado e a actividade laboratorial realizada.

B – Experiência de Ørsted

B₁ – Movimento da Agulha Magnética

B₂ – Estudo do Movimento da Agulha Magnética

Apresenta-se a selecção de ensaios experimentais retirados da publicação de Ørsted de Julho de 1820, acompanhada dos excertos que se utilizaram na discussão com os alunos.

Após a detecção do movimento da agulha e de alguma discussão gerada em torno dessa observação. Realizar ensaios que testam as hipóteses levantadas pelos alunos. A ordem por que são apresentados os diferentes ensaios não é, necessariamente, a surgida na aula. A orientação dada dependerá das questões levantadas pelos alunos.

B₁ – Movimento da agulha magnética:

Nesta fase poderão surgir várias hipóteses para o movimento da agulha, relacionadas com o fio condutor, com a agulha, com o suporte.

A hipótese do fenómeno se poder relacionar com o facto do fio estar incandescente, poderá ser a primeira a surgir, induzida pela metodologia seguida. Neste caso pode realizar-se um dos ensaios de Ørsted:

- Descrição dos materiais utilizados para separar o espaço onde se encontra o fio condutor do espaço onde se encontra a agulha magnética.

Colocar diferentes tipos de materiais, placas de esferovite, cortiça, vidro, ... , isoladores ou condutores, para separar o fio da agulha magnética, como se mostra na Figura 3.25 e verificar que o fenómeno se continua a observar quando se fecha o circuito, com qualquer

barreira. Neste momento os alunos podem confrontar as suas conclusões com as de Ørsted e continuar a exploração.

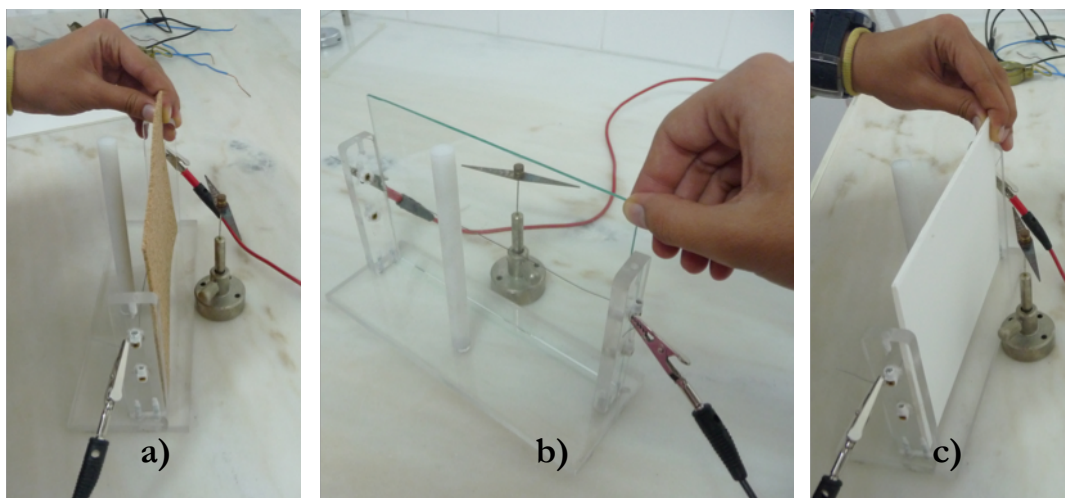


Figura 3.25: Repetição da Experiência de Ørsted, interpondo vários materiais entre o condutor e a agulha magnética a) cortiça; b) vidro; c) plástico.

Ørsted 1820:

“Os efeitos do fio de conexão sobre a agulha magnética passam através de vidro, metais, madeira, água, resina, argila e pedras; (...) e mesmo a interposição simultânea (...). Não é necessário advertir que nunca foi observada a passagem da electricidade e do galvanismo através de todos esses materiais. Portanto, os efeitos que ocorrem são muito diferentes dos efeitos de qualquer dessas forças eléctricas” (Ørsted *apud* Martins, 1986a, p. 119).

Manter a intensidade da corrente e substituir o fio por outro do mesmo material, mas de menor resistência. Observar o mesmo movimento da agulha, agora sem que o fio esteja incandescente.

Colocar novamente o primeiro fio, variar a intensidade da corrente (variando a resistência do circuito com o reóstato). Observa-se o mesmo efeito, a agulha da bússola será movimentada e a extremidade próxima do pólo negativo da bateria roda para Oeste, mas com amplitudes diferentes.

Pode ser o momento de realizar outro dos ensaios de Ørsted e confrontar os resultados dos alunos com as conclusões do cientista. Será um bom momento de discussão.

- Variação da natureza do metal do fio condutor.

Com esta montagem, pode ser alterada a natureza do fio, substituindo por outros fios, com o mesmo comprimento e diâmetro (fio de aço e de cobre), ou substituir por fios de cobre com diâmetros diferentes (0,2 mm; 0,5 mm; 0,7 mm; 1,5 mm), mantendo sempre a mesma intensidade da corrente (variação da resistência do reóstato, algo que Ørsted não conhece, mas que os alunos já estudaram). Verifica-se o mesmo movimento.

Ørsted propõe a substituição do fio de platina, inicialmente usado, por fios condutores de outras naturezas: ouro; prata; latão; ferro; fitas de chumbo e estanho e uma massa de mercúrio.

Neste caso, Ørsted utiliza sempre a mesma fonte de alimentação, por isso os diferentes materiais conduziram a diferentes intensidades de corrente eléctrica. A observação passará por movimentos da agulha com diferentes amplitudes.

Ørsted 1820:

“a natureza do metal não altera o efeito, mas influi em sua magnitude.” (Ørsted *apud* Martins, 1986a, p. 119).

Pode surgir a hipótese do movimento estar associado a alguma acção mecânica (corrente de ar; agitação da bancada). Pode, neste caso, ser utilizado algum material transparente que isole a agulha, como por exemplo um gobelé ou substituir a agulha magnética por uma bússola (protegida pela caixa).

É possível que da discussão surjam hipóteses relacionadas com o suporte, este poderá ser substituído pelo suporte B, ou relacionadas com agulha que também poderá ser substituída por outra. Será interessante substituir por agulhas de alumínio (se houver na escola, mas convém que sejam iguais às magnéticas, nesta idade os alunos podem relacionar o fenómeno não com a natureza do material, mas com a forma da agulha).

Repetir o ensaio, colocando a bússola 1 cm por baixo do fio como na Figura 3.26 (o efeito será mais visível usando o fio de cobre de menor resistência. Esperar que a agulha se oriente – de acordo com a direcção Norte-Sul magnética terrestre. Ou seja, como os pólos opostos se atraem, o pólo Norte da agulha aponta para o pólo Sul magnético da Terra, que

fica próximo do pólo Norte geográfico terrestre⁴⁴. Alinhar paralelamente a agulha ao fio, fechar o interruptor e observar.

- Variação da distância entre o fio condutor e a agulha magnética

Ørsted 1820:

“Se a distância (...) não exceder $\frac{3}{4}$ 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 cresça.” (Ørsted *apud* Martins, 1986a, p. 119).

Ørsted acrescenta que o desvio observado depende da eficácia do aparelho galvânico.

- Colocar o fio condutor num plano horizontal de modo a formar um ângulo crescente com o meridiano magnético.

Com esta montagem pode estudar-se a relação da posição do fio relativamente à agulha da bússola, para isso deixar a agulha orientar-se com a direcção Norte-Sul magnética e dispor a agulha perpendicularmente ao fio. Ligar o circuito e verificar que não há desvio Figura 3.26.

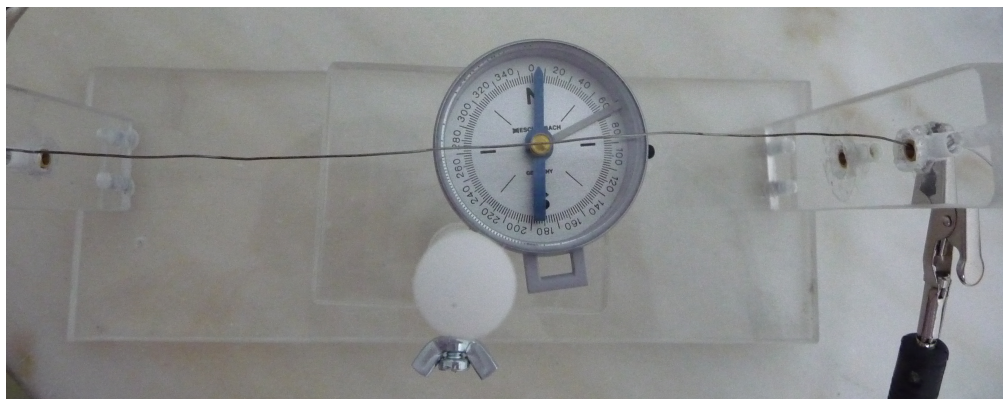


Figura 3.26: Agulha magnética perpendicular a fio condutor atravessado por corrente eléctrica.

⁴⁴ Ângulo formado entre o meridiano magnético e o meridiano geográfico. A declinação magnética varia de local para local e ao longo do tempo. Em Portugal tem o valor aproximado de 9° para Oeste. Quando se utilizam bússolas é necessário descontar a declinação magnética, rodando a caixa 9° para Este.

Ørsted propõe que se coloque o fio condutor perpendicularmente à agulha magnética e se vá variando o ângulo. Nesta situação rodar simplesmente o suporte e comparar as observações com as do cientista.

Ørsted 1820:

“Se o fio de conexão é girado em um plano horizontal de modo a formar um ângulo crescente com o meridiano magnético, o desvio da agulha magnética aumenta se o movimento do fio tende à posição da agulha perturbada, mas diminui se o fio se afasta dessa posição.” (Ørsted *apud* Martins, 1986a, p. 120).

Nesta sucessão de ensaios o aluno pode começar a inferir algumas relações que deve registar no seu bloco de apontamentos:

- O efeito atravessa diferentes materiais que geralmente são isoladores térmicos e eléctricos (não depende por isso do calor libertado pelo fio quando passa corrente).
- O efeito faz-se sentir nas proximidades do fio (na bússola e na agulha magnética que se encontra afastada do aparato).
- O efeito é mais intenso próximo do fio.
- O desvio verifica-se independentemente da natureza do fio.
- O desvio é tanto maior quanto maior for a intensidade da corrente.
- O desvio da agulha depende da direcção da corrente (é máximo quando a agulha está paralela ao fio e nulo quando se encontra perpendicular ao fio).

B₂ – Estudo do Movimento da agulha magnética

O conjunto de ensaios que se apresentam permite uma análise mais rigorosa do movimento da agulha e testar a hipótese de emissão radial que terá acompanhado Ørsted no seu estudo (e que provavelmente também será a dos alunos).

- Fio condutor colocado num plano horizontal por cima da agulha magnética.

A agulha orientada segundo o magnetismo terrestre e a parte rectilínea do fio é colocada horizontalmente, por cima da agulha; a altura não deve exceder “3/4 de polegada” (1,9 cm) como Ørsted referiu.

Começar a actividade dispondo o fio de cobre (0,5 ou 1,5 mm de diâmetro), no suporte. Coloca-se a bússola na posição indicada na Figura 3.27 a) (por baixo do fio, a uma distância de cerca de 1,0 cm), espera-se que a agulha magnética fique orientada segundo a direcção Norte-Sul, depois orienta-se o dispositivo de modo a que o fio bem esticado fique paralelo à agulha magnética.

Fecha-se o circuito e observa-se que nesta situação a agulha magnética da bússola será movimentada e a extremidade próxima do pólo negativo da bateria roda para Oeste como se mostra na Figura 3.27 b).

Observa-se que a agulha magnética não faz um ângulo perpendicular ao fio. O ângulo entre o eixo da agulha magnética e o fio rectilíneo com corrente encontrado por Ørsted, foi de

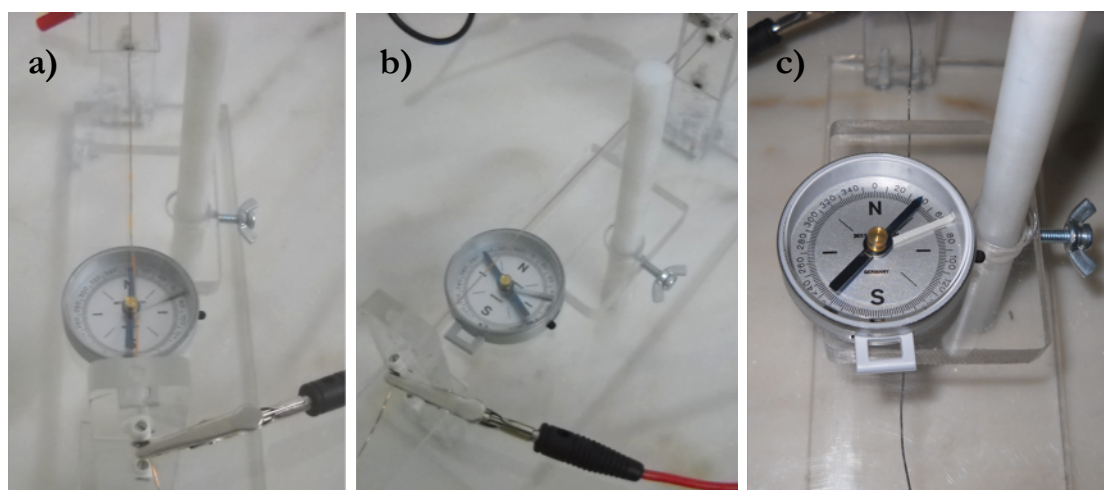


Figura 3.27: Deflexão da agulha magnética. a) Sem passagem de corrente eléctrica pelo condutor; b) Com corrente eléctrica no condutor e a bússola colocada por baixo do condutor; c) Com corrente eléctrica e a bússola colocada por cima.

45°, quando a distância entre o fio e o centro da agulha era de aproximadamente $\frac{3}{4}$ de polegada, ou seja, de 1,9 cm. Isto porque o equilíbrio acontece na posição em que o momento produzido na agulha pela acção magnética da terra é equilibrado pelo produzido pela acção magnética da corrente eléctrica sobre a agulha da bússola.

Ørsted 1820:

“... a agulha 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 oeste...” (Ørsted *apud* Martins, 1986a, p. 119).

Na figura 3.28 esquematiza-se a observação realizada por Ørsted.

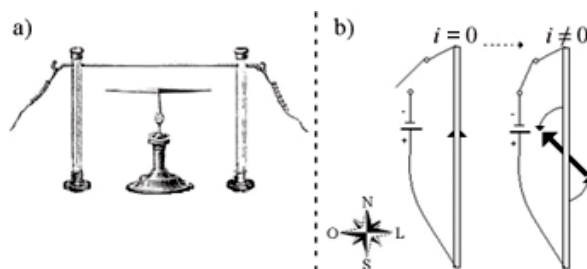


Figura 3.28: a) Agulha magnética colocada por baixo do fio condutor. b) Deflexão da agulha magnética em relação ao meridiano terrestre quando o fio é percorrido por corrente eléctrica. Fonte: Filho et al. (2007, p. 4).

- Fio condutor colocado num plano horizontal por baixo da agulha magnética.

Ørsted propõe que se repita o procedimento colocando o fio por baixo da agulha magnética.

Dando continuidade ao procedimento, manter o fio condutor no suporte e colocar a bússola por cima do fio, a uma distância de cerca de 1,0 cm, como representa a Figura 3.27 c). Depois da agulha magnética se orientar segundo a direcção Norte-Sul, roda-se o dispositivo de modo a que, o fio bem esticado, fique paralelo à agulha magnética.

Fechar o circuito e observar que nesta situação a agulha magnética da bússola será movimentada e a extremidade próxima do pólo negativo da bateria roda para Este. Comparar mais uma vez a observação com o cientista.

Ørsted 1820:

“... todos os efeitos são como no plano acima da agulha, mas em direcção inversa (...) o pólo da agulha magnética (...) próximo do terminal negativo do aparelho galvânico desvia-se para leste.” (Ørsted *apud* Martins, 1986a, p. 119).

Na figura 3.29 esquematiza-se a observação realizada por Ørsted.

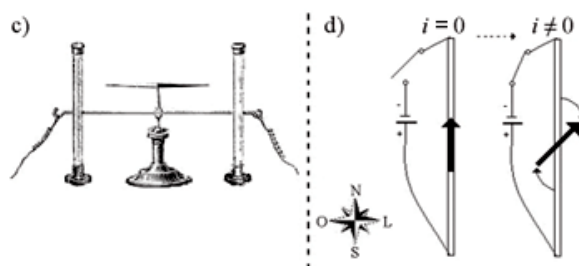


Figura 3.29: c) Agulha magnética colocada por cima do fio condutor. d) Deflexão da agulha magnética em relação ao meridiano terrestre quando o fio é percorrido por corrente eléctrica. Fonte: Filho et al. (2007, p. 4).

Ørsted propõe uma regra que facilite a memorização:

“O pólo sobre o qual entra electricidade negativa gira para Oeste [se entra acima]⁴⁵, ou para Leste se entra abaixo.” (Ørsted *apud* Martins, 1986a, p. 120).

Mantendo o fio na mesma posição, sobe-se verticalmente a bússola para uma posição mais afastada (superior a 1,0 cm) com cuidado para que a agulha se mantenha paralela e por cima do fio. Observa-se que o efeito da deflexão diminui com o aumento da distância entre o fio e o centro da agulha magnética, extinguindo-se quando atinge um afastamento aproximadamente 4 cm (podendo ser maior para intensidades de corrente mais elevadas), o que reforça a observação anterior.

- Desvio do fio condutor para Este ou para Oeste.

Sem mexer no suporte deslocar agora a bússola, 1 cm para Este, verificando se a agulha continua paralela ao fio. Ao fechar o circuito, a bússola desloca-se novamente para Oeste. Colocar agora a bússola, 1 cm para Oeste, do fio confirmando que a agulha continua paralela. Ao fechar o circuito, a agulha da bússola volta a deslocar-se para Oeste. Tanto num caso como no outro deve ser colocada a base no dispositivo de modo a que a bússola possa ser deslocada pelos alunos sem grande instabilidade.

Percebe-se que independente da bússola estar à direita ou à esquerda do fio, a agulha gira para o mesmo lado. Admite-se que para os alunos será um momento de alguma admiração.

As observações dos alunos são novamente confrontadas com as de Ørsted 1820:

“Pode-se deslocar o fio de conexão para leste ou para oeste, desde que ele permaneça paralelo à agulha, sem que o efeito mude, a não ser em sua grandeza; portanto o fenómeno não pode ser atribuído à atracção, pois o mesmo pólo da agulha magnética que se aproxima do fio de conexão quando este está colocado a leste, deveria afastar-se dele quando colocado a oeste, se esse desvio dependesse da atracções ou repulsões.” ((Ørsted *apud* Martins, 1986a, p. 119).

Será um bom momento para intensificar a narrativa e fazer novamente a ponte com o conto narrado. O professor poderá referir que o “som do sino se começa a intensificar” e que a descoberta da sua origem se aproxima.

⁴⁵ Para uma melhor clarificação.

Este dispositivo permite a utilização conjunta das quatro bússolas o que ajuda o aluno a visualizar melhor o fenômeno em estudo.

Manter a posição do fio e colocar as 4 bússolas nas posições já descritas, em simultâneo e voltar a fechar o circuito, Figura 3.30 (esquerda).

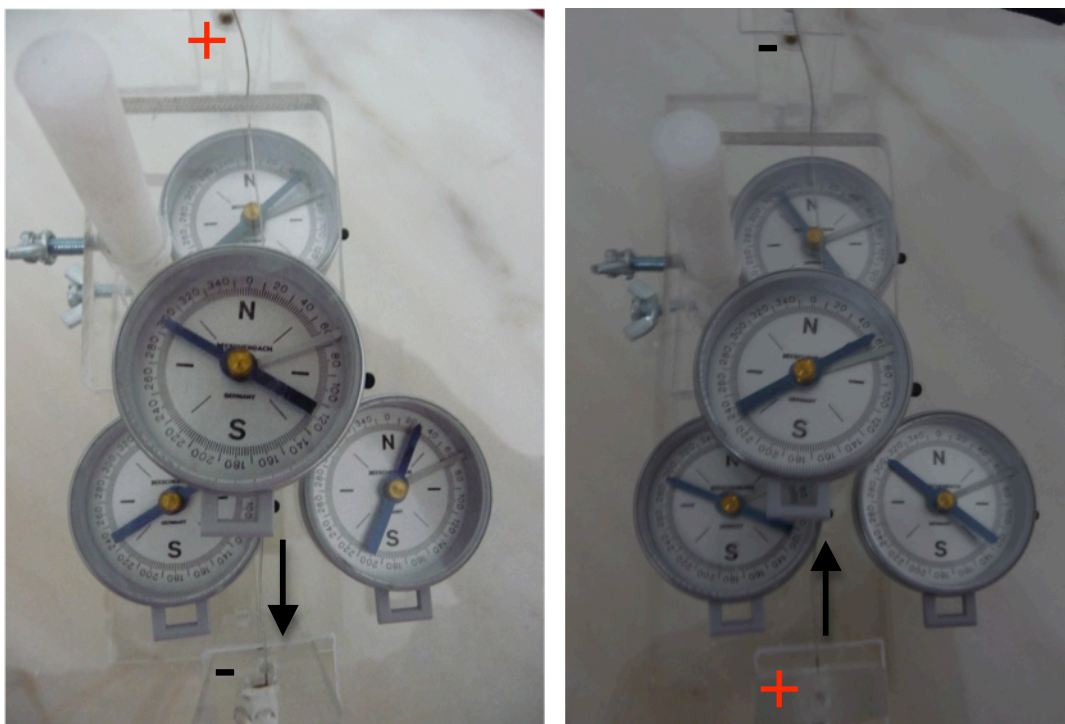


Figura 3.30: Deflexão de agulhas magnéticas distribuídas por cima e por baixo do condutor, quando percorrido por correntes de sentido indicado.

- Variação do sentido da corrente.

Manter a posição do fio e das bússolas nas posições já descritas, troca-se a ligação do fio em relação aos terminais positivo e negativo da bateria. Ter o cuidado de voltar a alinhar o dispositivo antes de fechar o circuito. Verificar que o movimento da agulha é inverso ao verificado inicialmente como se representa na Figura 3.30 (direita).

Ørsted 1820:

“... ocorrem efeitos iguais mas inversos...” (Ørsted *apud* Martins, 1986a, p. 120).

- Fio condutor colocado no mesmo plano horizontal no qual se move a agulha magnética.

Ørsted propõe a colocação da agulha magnética no mesmo plano do fio.

Alinhar agora o fio com a agulha magnética ambos no mesmo plano horizontal. Será interessante colocar uma bússola, primeiro do lado Oeste do fio e pedir para prever o que se passará quando se fechar o circuito e também quando a agulha se coloca do lado Este.

Ao fechar o circuito, acontecerá mais um facto curioso diferente, com certeza, das possíveis previsões avançadas pelos alunos. Não se observará qualquer deflexão horizontal da agulha da bússola. A bússola deve ser substituída pela agulha magnética (Figura 3.20, à esquerda)

Será observado, com alguma dificuldade, que o pólo da agulha próximo do pólo negativo da bateria apresenta uma leve inclinação para baixo quando se encontra do lado Este do fio, e uma leve inclinação para cima quando está do lado Oeste. Esta será uma observação difícil.

Ørsted 1820:

“... estando o fio paralelo à agulha, ela não se desvia nem para leste nem para oeste, mas inclina-se em relação ao plano, de tal modo que o pólo próximo à entrada da electricidade negativa no fio se abaixa, quando [o fio] está no lado ocidental, e se eleva, quando está do lado oriental. (Ørsted *apud* Martins, 1986a, p. 120).

- Fio condutor colocado verticalmente.

Dispõe-se o fio condutor na vertical, perpendicular ao eixo da agulha da bússola. Ørsted propõe que se estabeleça a seguinte ligação: parte superior do fio ligada ao terminal negativo do “dispositivo galvânico”. Colocar a bússola na posição (A) alinhada com o meridiano magnético, como representado na Figura 3.31 (à esquerda). Questionados, os alunos podem pensar que, depois de estabelecida corrente no fio, a agulha poderá apontar para cima ou para baixo, acompanhando a direcção da corrente. Não é isso que se observa. Quando a parte de cima do fio condutor se liga ao terminal negativo da pilha, o pólo Norte da agulha gira para Este, mas se a bússola é colocada na posição (B) move-se para Oeste. Quando a extremidade superior do fio está ligada ao terminal positivo, o movimento da agulha ocorre nos sentidos inversos.

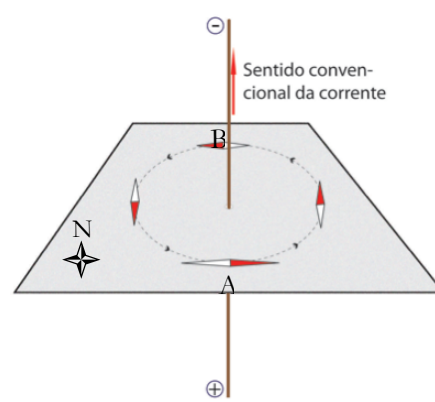
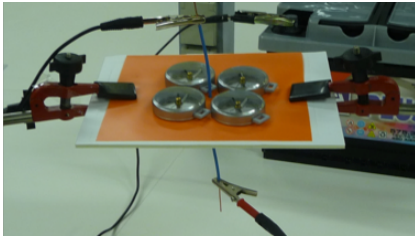


Figura 3.31: Montagem da aula (à esquerda); Esquema da observação: A) Pólo Norte da agulha magnética desloca-se para Este. B) Pólo Norte da agulha magnética desloca-se para Oeste.

Ørsted 1820:

“... o pólo move-se para Leste...” (Ørsted *apud* Martins, 1986a, p. 120).

Colocando agora o fio condutor na região a Sul da agulha.

Ørsted 1820:

“... o pólo move-se para Oeste...” (Ørsted *apud* Martins, 1986a, p. 120).

Neste momento será importante produzir um espectro magnético com limalha de ferro e compará-lo com uma boa imagem como se mostra na Figura 3.32.

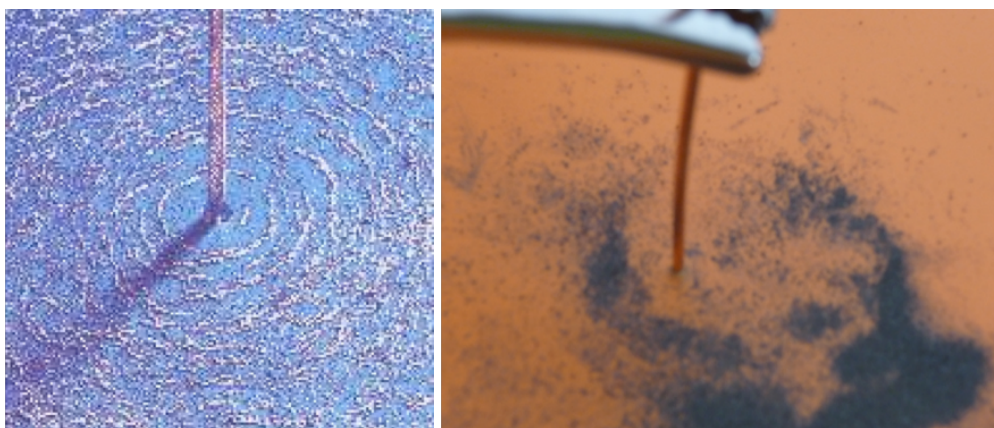


Figura 3.32: a) Espectro magnético de uma corrente eléctrica que percorre um fio rectilíneo, obtido fazendo passar corrente de elevada intensidade. Fonte: Berenice Abbott, “ Making the *thought of nature* visible”. b) Espectro magnético de uma corrente eléctrica que percorre um fio condutor rectilíneo, obtido nas condições da aula.

- Fio condutor dobrado em U.

Dobrar em U o fio condutor como se mostra na Figura 3.33. O fio com a forma de U funciona como uma espira. Alinhar o eixo da agulha com o centro da espira orientando o plano da espira paralelamente ao meridiano magnético terrestre.

Para que seja observada a repulsão (atracção) descrita por Ørsted é necessário que a força exercida pela espira sobre um dos pólos tenha uma intensidade maior do que a força exercida pelo magnetismo terrestre sobre este mesmo pólo. Isto poderá ser obtido dando mais voltas ao fio (aumentando o número de espiras). Um dos pólos da agulha da bússola vai ser atraído pela espira e o outro vai ser repelido por ela. Os pólos da agulha magnetizada vão estar sob a acção de um campo mais intenso e a deflexão será maior.

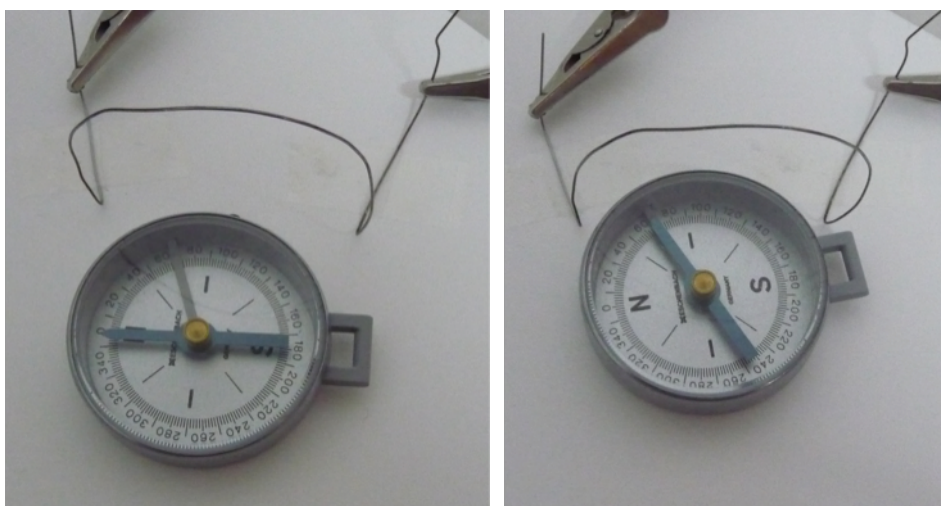


Figura 3.37: Deflexão da agulha magnética na presença de um fio condutor em U. À esquerda sem passagem de corrente eléctrica pelo condutor; à direita com corrente eléctrica no condutor.

A exploração deste conjunto de ensaios pode ajudar o aluno a perceber que o fenómeno acontece em torno do fio. Estes ensaios permitem que se opte por várias sequências, podendo ser exploradas em função das questões dos alunos.

Para o nível etário a que esta proposta se destina a exploração do efeito magnético da corrente deve ser feita de forma a que se possa verificar que:

- O desvio da agulha aumenta com o aumento da intensidade da corrente.
- O desvio da agulha é invertido quando se inverte o sentido da corrente.

- Para uma certa intensidade de corrente eléctrica o desvio é maior quando o fio condutor está paralelo à agulha magnética e que diminui à medida que se varia o ângulo, sendo nulo quando a agulha é colocada perpendicularmente ao fio condutor.
- O desvio da agulha é tanto maior quanto mais próximo o condutor estiver da agulha magnética.
- Substituindo o fio condutor rectilíneo por um fio enrolado formando uma espira, o desvio aumenta.

Após verificação concluir que o efeito magnético (força magnética) devida a uma corrente eléctrica que percorre um fio condutor:

- Aumenta com a intensidade da corrente, com a proximidade ao fio e com o número de voltas do fio condutor (bobina).
- Muda de sentido quando se inverte o sentido da corrente eléctrica.

O desvio da agulha magnética revela um fenómeno cujo efeito se verifica na direcção “à volta” do fio.

3.3 CONCLUSÃO

A análise documental permitiu transportar para o ensino das ciências a riqueza didáctica do trabalho de Ørsted na interpretação da sua descoberta e a possibilidade de ser trabalhada no âmbito do currículo de Ciências Físico-Químicas, Ensino Básico. Os inúmeros detalhes que o relato contém permite diversos tipos de exploração (ver por exemplo Nahun Kipnis).

A análise realizada sobre o modo como a Experiência é abordada nos manuais escolares e o destaque que lhe é atribuída, levou a concluir sobre a importância em aproximar os alunos de um cientista tão particular como Ørsted e atribuir-lhe o relevo que se acredita merecer.

Convictos que a aprendizagem não se resume à simples visualização de um procedimento ou à sua repetição por alunos, mas que o “aprender fazendo” e pensar sobre o que se está a fazer intensifica o nível educativo, da exploração, resolveu-se testar através da aplicação da

narrativa experimental. A exploração da Experiência permitiu iniciar o estudo da relação entre os fenómenos eléctricos e magnéticos, sem recurso a formalismos matemáticos, que tanto afastam os alunos das aulas de ciências. A contextualização histórica da Experiência possibilitou alguma reflexão sobre o papel da experiência no desenvolvimento científico e deste modo promover uma reflexão sobre a Ciência e as suas interacções.

“O que ouço esqueço.

O que vejo lembro.

O que faço aprendo.”

(Confúcio 551 a.C - 479 a.C.)

Capítulo 4

APLICAÇÃO DA NARRATIVA EXPERIMENTAL

A relato da aplicação da narrativa experimental é algo complexo. Envolve um conjunto de interações (aluno/professor; aluno/dispositivo experimental; aluno/aluno), necessárias à sua edificação conceptual, porém difíceis de transmitir. Para tornar o relato mais perceptível, optou-se por construir um texto que evolui de acordo com a sequência dos acontecimentos ocorridos em sala de aula e que se podem desviar da sequência utilizada por Ørsted.

Esta dificuldade decorre da construção do conhecimento estar longe de ser um processo de estrutura linear, com sequências definidas. Cada turno seguiu um percurso diferente, embora tendo o mesmo ponto de partida e os mesmos objectivos a alcançar.

O percurso seguido por cada turno assemelha-se a um movimento “browneano” que depende das diferentes interações criadas ao longo do desenvolvimento das actividades propostas pela narrativa, das quais resultaram atitudes e conhecimentos de grande interesse.

Poderá nalgumas partes parecer um pouco ao acaso. O professor, neste tipo de abordagem, aparece como orientador no processo de procura de respostas às questões. Uma metodologia de trabalho que se aproxima da “pequena investigação”, necessita de um elemento regulador. Esse papel é desempenhado pelo professor conhecedor do fenómeno. Não se pretendeu transferir para o aluno a totalidade do papel de investigador. Há diferenças grandes que os afastam. O investigador está apoiado num conhecimento conceptual, processual e epistemológico que escapa ao aluno. O aluno está apoiado na sua experiência do mundo, na sua formação escolar e na sua capacidade de pensar o que “vê” (Ausubel, 2003).

4.1- DESCRIÇÃO DAS AULAS

4.1.1 ENQUADRAMENTO HISTÓRICO - 1ª E 2ª AULAS

Este tópico surgiu para enquadrar o trabalho a realizar pelos alunos em torno da descoberta de Ørsted. Era necessário criar o “clima” de aventura que se queria viver e introduzir alguns aspectos históricos importantes para que os alunos se pudessem ambientar, um pouco, no clima da descoberta vivida por Ørsted no século XIX. Aspectos como: o interesse de Ørsted pelo conhecimento da Natureza; a sua “crença” na unidade dos fenómenos naturais; e entusiasmo vivido em torno da descoberta da pilha por Volta, tinham de ser dados a conhecer ao aluno para que percebesse o trabalho que ia ser desenvolvido. A leitura e exploração dos cartões do conto “O Sino” ajudaram a concretizar um aspecto que se torna difícil para este nível etário: incluir elementos de HFC em sala de aula.

Iniciou-se a aula e procedeu-se à distribuição dos cartões com excertos do conto para que os alunos fizessem uma primeira leitura para posterior esclarecimento de dúvidas.

No turno onde a abordagem foi realizada em primeiro lugar, fez-se uma breve introdução histórica com o objectivo de retratar social e culturalmente a época. Este facto foi foco de

manifestações de insatisfação e desânimo por parte dos alunos. A referência a elementos estudados nas aulas de História levaram os alunos a pensar que iam ser abordados conteúdos dessa disciplina. No início não percebiam bem do que se estava a falar, apesar de já terem ouvido falar de alguns dos assuntos, não os associavam às aulas de Ciências Físico-Químicas. Surgiram comentários do tipo: “Não me lembro!”; “nunca ouvi!”; “do que é que a professora está a falar?”; “Ah! Isso aprendemos em História”. O desânimo foi manifesto. Pensaram que os assuntos abordados eram mais “matérias de estudo” e ainda por cima da aula de História.

Esta situação foi alterada no segundo turno. O enquadramento da aula foi feito de forma mais subtil, introduzindo os elementos históricos necessários, no enredo do conto lido. Os alunos estavam motivados, expectantes, as suas expressões reflectiam curiosidade. A Figura 4.1 ilustra um desses momentos.



Figura 4.1: Alunos do segundo turno procedendo à leitura dos cartões.

A leitura foi realizada segundo a ordem de distribuição dos cartões, pausadamente e com alguma entoação, visto ter sido dado algum tempo para que cada aluno lesse o conteúdo do seu cartão. Um aspecto interessante, no primeiro turno, foi os alunos revelarem algum nervosismo. Liam depressa, surgindo de vez em quando risinhos nervosos que atrapalhavam a leitura do grupo. Estavam algo agitados e desconcentrados, com alguma dificuldade em entrar no ambiente que se pretendia.

O tipo de enquadramento feito no segundo grupo mostrou-se mais eficaz. Os alunos rapidamente perceberam o objectivo da leitura dos cartões e depressa foram envolvidos no clima do conto. A leitura era fluida, pausada, saía com entoação o que permitia perceber o significado da história que estavam a contar.

Tanto num turno como no outro, o professor que também fez parte da aventura, leu o último cartão. No fim fez-se silêncio, para que todos pudessem reflectir um pouco sobre o que ouviram. Passados escassos minutos promoveu-se uma pequena discussão/análise onde os alunos tiveram oportunidade de comentar o conto que acabaram de ouvir.

Tanto o conto como as intervenções do professor serviram para introduzir alguns elementos, como o *suspense* e o *narrative appetite*, com o objectivo de estabelecer envolvimento emocional entre o aluno e o contexto dos episódios que compõem a narrativa.

Foi interessante observar que, sendo alunos muito jovens e pouco habituados a abordagens deste tipo, os risinhos iniciais foram sendo substituídos por respostas e questões reveladoras do efeito dos elementos da narrativa no discurso da aula. Estavam a viver aquela aventura. A estratégia estava a ter efeito sobre os alunos. À medida que a aula se desenrolava, os alunos, tanto do primeiro como do segundo turno, revelavam um envolvimento crescente, manifestado pela participação na exploração do conto. Alunos que raramente participam entram na discussão (aluno T e O).

A exploração do conto foi orientada para aspectos como: o mistério/a aventura; a época e as fases da aventura⁴⁶; as personagens características e os diferentes papéis que desempenham no conto, as dificuldades por que passaram até conhecerem o verdadeiro som do Sino. Teve-se o cuidado de não tornar excessivamente longa essa exploração. Com facilidade alunos destas idades revelam desconcentração e pouco a pouco perdem o interesse e o clima inicial de mistério e de aventura esvanece-se.

A exploração do conto assumiu um duplo papel. Para além de envolver os alunos num clima de mistério, através do enredo criado, permitiu o enquadramento histórico necessário para a introdução e exploração de algumas ideias como: o processo longo e difícil que conduziu ao conhecimento da origem do “som do sino” e as comparações que se podem

⁴⁶ Nesta caracterização podem ser abordados aspectos do contexto científico-cultural dos fins do século XVIII, início do XIX e questões filosóficas referentes ao Iluminismo e à concepção mecanicista de natureza, assuntos aprendidos nas aulas História e que poderão ser utilizados para ajudar os alunos a construir o panorama cultural do século XIX. A ideia é que o conto de Andersen contraste com esta ideia inicial de uma Natureza Mecânica. Ao criar um certo ambiente da época, pode fazer-se recurso ao que os alunos já aprenderam de modo a que entendam as condições sociais e históricas que antecederam a descoberta científica e possam estabelecer a relação com os progressos científicos, técnicos e sociais verificados.

estabelecer com o desenvolvimento do conhecimento científico; os diferentes contributos e a natureza desses contributos.

Marcos importantes no conto, que contribuíram para a descoberta do som do sino, foram utilizados para estabelecer o paralelismo com a descoberta de Volta – o aparecimento de um dispositivo que podia produzir corrente eléctrica (mais ou menos) constante e durante um período de tempo longo; o entusiasmo causado por esse dispositivo, na comunidade científica da época e a origem de um conjunto variado de estudos sobre os efeitos causados pelo *galvanismo*. Faz-se referência a um grupo de cientistas – filósofos naturais – defensores da *Naturphilosophie* e apresentaram-se algumas das suas ideias.

Ao longo da aula a curiosidade dos alunos foi sendo estimulada com a introdução de algum *suspense* e com as sucessivas incursões a elementos do conto. Este ambiente pretendia suscitar o levantamento de questões perante as potencialidades reveladas pelo “dispositivo galvânico” e que questões poderiam ter sido levantadas por um cientista tão particular como Ørsted, preocupado com a unidade dos fenómenos naturais. A pergunta “que efeitos pode produzir a corrente eléctrica? Fez a ponte entre os diferentes episódios da narrativa e os conteúdos a explorar nesta aula.

As incursões ao conto de *Andersen*, tinham o objectivo de estimular, nos alunos, a vontade de encontrar resposta para as diferentes questões que foram sendo levantadas. O diálogo com o grupo turma foi importante, pois à medida que se colocavam os diferentes dispositivos sobre a bancada, surgiam questões para as quais os alunos tentavam encontrar resposta e eles próprios também levantavam questões.

Neste momento há outro aspecto importa salientar. A introdução de material de laboratório começou, como se referiu anteriormente, a entusiasmar os alunos que previam qualquer coisa: “professora vamos fazer experiências?”, as ditas “experiências”, que apesar de estimulantes à partida, por vezes não passam de “experimentação ingénua”.

A introdução da componente prática, como se referiu na secção 2.1.4.2, foi factor de intensificação do interesse e motivação. No entanto, mais significativa no primeiro turno do que no segundo. Este aspecto pode prender-se com o facto de o início da aula, no primeiro turno, não ter sido tão motivante como o terá sido para o segundo turno. O desinteresse inicial deu lugar à grande motivação e envolvimento no desenvolvimento da narrativa. No segundo turno essa diferença não foi tão acentuada. Observou-se, no desenrolar da narrativa, uma intensificação do interesse.

Um aspecto que catalizou positivamente o grupo foi a colocação, progressiva, dos diferentes dispositivos sobre a bancada acompanhada de breve explicação. Elemento que intensificou a narrativa e manteve o aluno preso ao enredo do conto em que era elemento activo.

Aparece a:

- Bateria – é explicada a necessidade de um gerador de energia eléctrica, o mais possível próximo do criado por Volta. Recordou-se o que já se tinha estudado. Fez-se a demonstração experimental do princípio de funcionamento de um elemento de pilha. Para ilustrar a importância deste dispositivo e do trabalho de Volta⁴⁷. Foi feita referência histórica aos trabalhos de Galvani a Volta.
- Reóstato – recorda-se o funcionamento deste dispositivo, podendo este momento servir para algum reforço de conteúdos e salienta-se o papel que vai ter no controlo da intensidade da corrente que atravessa o fio condutor.
- Agulha magnética – é justificada a sua presença e recordado o seu funcionamento.

Dando continuidade à aula foi feita a demonstração experimental dos efeitos químico, térmico e luminoso da corrente eléctrica e explorados esses conteúdos⁴⁸. Neste momento, tanto num turno como no outro, o interesse era evidente e os alunos a pouco e pouco iam dominando o dispositivo experimental dividindo entre si as tarefas.

A observação do aparato foi enfatizada, uma vez que se pretendia a observação, acidental, do movimento da agulha. No sentido de estimular uma observação crítica e ao mesmo tempo introduzir mais um elemento que intensificou a narrativa. Sem se ser demasiado excessivo, foram sendo introduzidos breves apontamentos históricos relativas às concepções filosóficas e científicas da época. Éramos personagens do conto de época tínhamos que pensar como eles. Para isso foi abordada a visão da natureza dada pela *Naturphilosophie* e introduzido Ørsted, através de alguns dados biográficos, destacando-se o

⁴⁷ O objectivo desta exploração é que os alunos entendam a importância que o trabalho de Volta desempenhou nos estudos desenvolvidos, durante aproximadamente 20 anos, até à observação do movimento da agulha magnética. Deverá ser feita a distinção entre um gerador electroquímico – elemento de pilha de Volta e o acumulador de chumbo usado na aula para realizar a actividade laboratorial. Dependendo do enquadramento da aula poderá ser feita alguma referência histórica a Galvani e a Volta.

⁴⁸ Sendo pertinente na discussão pode lembrar-se alguns conceitos já aprendidos no 7º ano como a Potência eléctrica de um aparelho e respectiva unidade SI, bem como aplicações práticas do fenómeno.

ambiente cultural-científico da Europa do início do século XIX, a importância dos trabalhos e investigações a respeito das relações entre fenómenos eléctricos, químicos, térmicos, luminosos e magnéticos realizadas pelos filósofos naturais.

É neste ambiente que uma aluna verifica o movimento da agulha magnética. Espanto geral, os alunos são envolvidos por um misto de perplexidade e desconfiança. Duvidam da observação. Nesta fase, tanto num turno como no outro, o entusiasmo é geral.

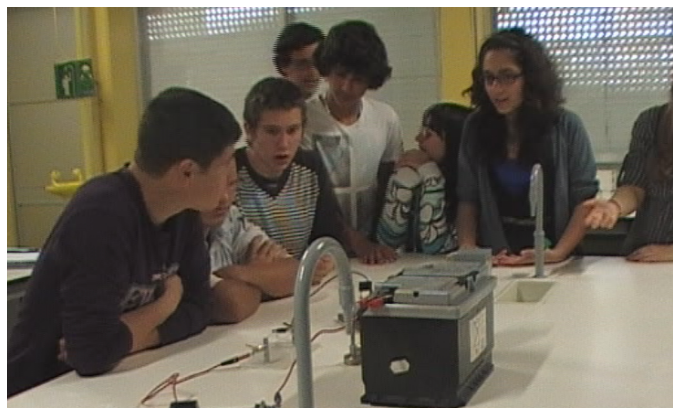


Figura 4.2: Aluna do primeiro turno observa o movimento da agulha magnética próximo do fio condutor.

Mas ao mesmo tempo desconfiam do que observaram. Pode ter sido alguém a abanar a bancada, um dos alunos abre os braços para proteger o dispositivo. Mais uma vez o professor faz referência ao conto e introduz mais alguns elementos da narrativa que intensificam o ambiente de *suspense* e mistério. Há qualquer coisa que tem que ser resolvida e neste caso é o movimento da agulha. O facto do professor ter mais uma vez feito referência ao som do Sino e haver necessidade de encontrar a sua origem, leva um dos alunos pedir silêncio, quer descobrir a “origem do som”.

“Aluno Q: Caluda!

Professor: Reparem em tudo o que está em cima da mesa

De repente aluno S: Aquilo ali...; uma das alunas repara, aluna X: a agulha mexeu...; Aluno N: sim.

Outros alunos: não mexeu ...; mexeu eu vi; quando?

Agora há vários alunos levantados, os alunos mexem no dispositivo.” (Excerto do registo vídeo das aulas).



Figura 4.3: Alunos do segundo turno após terem observado o movimento “por acaso” da agulha magnética.

Continuam:

“Aluna U: “... acho que foi quando se mexeu no interruptor” Dúvida, não sabe se algum colega deu um toque na agulha.

Aluno N: Sim mexeu.” (Excerto do registo vídeo das aulas).

O professor faz referência a mais um elemento histórico importante. O fenómeno “que repararam” foi observado pela primeira vez pelo cientista dinamarquês, *Hans Christian Ørsted*, há 190 anos. Após discussão dos interesses científicos de Ørsted e alguns de seus trabalhos anteriores a 1820, os alunos realizam a actividade laboratorial que permite testar as questões que se levantaram. Nessa fase foram executados alguns dos ensaios realizados por Ørsted, mas sem que o aluno siga um guião tipo “receita” e sendo o aluno a sentir a necessidade de exploração. Apresenta-se um excerto do diálogo neste ponto:

“Professor: Muito bem N, então das duas uma; ou queremos ser uma das personagens do texto que continua curiosa e quer compreender melhor o fenómeno em causa ou então ficamos satisfeitos com a explicação do N e ficamos já por aqui. Querem ser quem, o rapaz pobre e o príncipe e continuamos, ou aquele que ficou satisfeito com a primeira explicação que encontrou? Queremos ser quem?

Alunos: Os que continuam.

Professor: O rapaz das socas ou o príncipe?

Alunos: Eu quero ser príncipe, não a princesa. (risos)

Professor: Se querem ser príncipe o que vão querer saber?

Alunos: Por exemplo, porque é que o fio fica vermelho. Não o que eu quero saber é porque quando fechamos o circuito a agulha vira para aquele lado. Eu percebo que é um campo

magnético, se não a agulha não se movimentava. Mas o que é que tem a ver com a corrente eléctrica?

Professor: Bem, podemos formular várias questões?

Alunos: Se tem a ver com o fio ou com a agulha. Eu acho que tem a ver com o fio. Não eu acho que tem a ver com a agulha.

Professor: Porquê?

Aluno N: Eu acho que tem a ver com este fio.

Aluna X: Eu acho que tem a ver com a electricidade. Tem qualquer coisa a ver com a electricidade ou com a bateria.

Professor: Está visto que temos que investigar. Bom, mas agora não podemos, faltam 10 minutos. Temos que investigar isto amanhã.

Alunos: Não, só amanhã? Não, porquê? Ninguém sai daqui sem a resposta.

Professor: Querem agora?

Alunos: Claro!” (Excerto do registo vídeo das aulas).

Este excerto é revelador do envolvimento dos alunos nos acontecimentos da aula. A pouco e pouco são personagens do conto. A perplexidade do fenómeno gerou discussão entre os alunos, o professor passou para segundo plano, o dispositivo era deles, os alunos mudam de posição, lançam questões e avançam respostas. Não querem sair, querem continuar, querem “descobrir o som do Sino”.

Foi interessante observar outra reacção dos alunos: não querem alterações do dispositivo. Transparece aqui alguma desconfiança relativamente ao trabalho laboratorial, do tipo “alterações introduzidas pelo professor para que as ditas *experiências* corram bem”, como se pode observar neste excerto do diálogo:

“Alunas V e U: Mas a professora não altera nada, deixa tudo como está?”

Professora: Sim, fica tudo assim

Aluna X: Amanhã vou verificar se está tudo na mesma.

Alunos R e N: Se é assim podemos ir embora.

Aluno N: Mas eu vou pensar nisto. Amanhã já lhe trago uma resposta.” (Excerto do registo vídeo das aulas).

4.1.2 DECOBERTA DO ELECTROMAGNETISMO – 3ª E 4ª AULAS

Os alunos chegaram entusiasmados à aula e quiseram começar logo a trabalhar, não sem antes observarem o dispositivo. Fez-se um ponto da situação relativamente às observações feitas e às conclusões tiradas. Importou manter a continuidade com a aula anterior.

A necessidade de se realizar o estudo do movimento da agulha é enfatizada. Procede-se à exploração desse aspecto seguindo a linha orientadora do trabalho realizado por Ørsted, tendo o cuidado de ir estimulando o aluno a observar, a questionar as observações a fazer, previsões (que devem ser registadas no bloco de notas) e a testar as previsões.

Durante a exploração da experiência foram feitas incursões oportunas no conto e registadas as observações. As conclusões tiradas compararam-se com as de Ørsted recorrendo ao texto original.

A exploração foi feita em três fases:

- Na primeira observou-se em que condições se verifica e a que nível o movimento da agulha: a abertura e fecho do circuito; aproximação e afastamento da agulha do fio condutor; relação com a incandescência do fio; natureza do fio; variação de algumas características do fio (como o diâmetro); intensidade da corrente.
- Na segunda foi explorado a natureza do movimento da agulha magnética com: posição da bússola relativamente ao fio; sentido da corrente; direcção da corrente.
- Na terceira foi explorado o movimento da agulha magnética com o fio condutor em forma de U.

O efeito magnético da corrente eléctrica foi sendo interpretado, a partir da combinação de ideias surgidas do diálogo com o professor; os registos de conclusões e as conclusões de Ørsted.

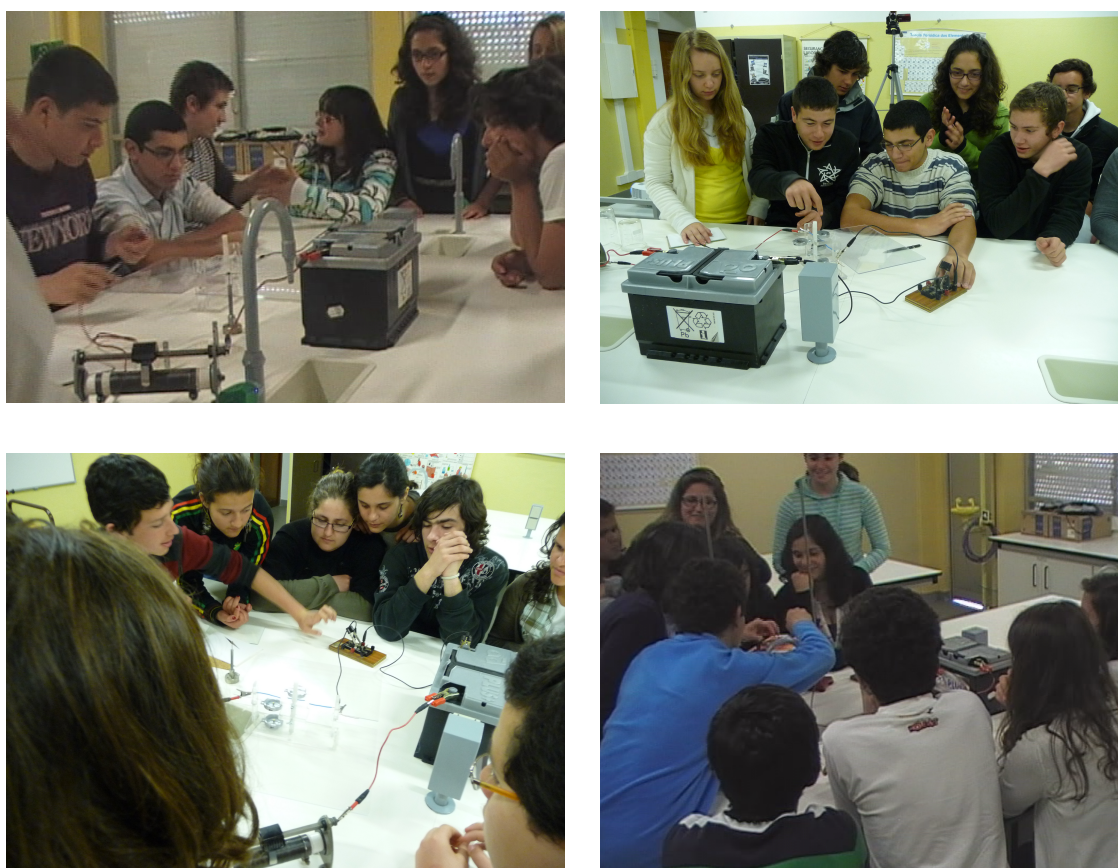


Figura 4.5: Fase do desenvolvimento da narrativa, questionamento do dispositivo.

No processo de interpretação do fenómeno foi interessante observar que algumas das hipóteses avançadas pelos alunos se aproximavam das de Ørsted. As hipóteses do calor e da emissão radial foram duas das hipóteses avançadas pelos alunos. A “transversalidade” da força foi algo que os alunos necessitaram de visualizar recorrendo à alteração da montagem colocando o fio na vertical utilizando as bússolas e espalhando limalha de ferro.

Como se pode observar na Figura 4.5 o entusiasmo é tanto que os alunos apostam sobre as suas previsões.

O facto de terem que realizar todos os passos e testar as suas ideias, comparando-as com as do cientista, resultou num ambiente de aula emocionalmente comprometido com o fenómeno em estudo que curiosamente queriam entender. Neste sentido poder-se-á considerar ter sido conseguida uma aproximação ao espírito científico, apaixonado pelo o que procura entender.

As situações de diálogo continuam. O excerto que se apresenta descreve um momento particularmente interessante:

“Aluno G: Então agora acho que vira para Oeste para se desviar do fio.

Aluno A: a outra para Oeste, não, para este, porque se uma faz assim do outro lado faz assim.
(Faz um gesto com a mão mostrando que se afasta do fio)

Professora: Porque acham isso?

Aluno E: Se as duas se aproximarem do fio é porque a corrente as atrai se as duas se afastarem do fio é porque a corrente as afasta.
(verificam)

Aluno E: Mexeram para o mesmo lado.

Faz-se silêncio. Os alunos pensam um pouco.

Professora: Está mesmo na hora.

Alunos: Não ainda faltam 10 minutinhos.
(contam com o tempo do intervalo)

Professora: Coloquem as 4 bússolas.

Aluno J: As que estão em baixo viram para o mesmo lado e a de cima para o lado contrário.

Professor: Então ocorre algo que não estávamos à espera.

Aluno D: Não está a correr nada bem, há qualquer coisa que está mal.

Professor: Não é um fenómeno típico de atracção repulsão do fio sobre a agulha haverá forças diferentes a actuar sobre o fio, não são forças centrais.

Aluno E: Parece algo que ocorre em torno do fio.” (Excerto do registo vídeo das aulas).

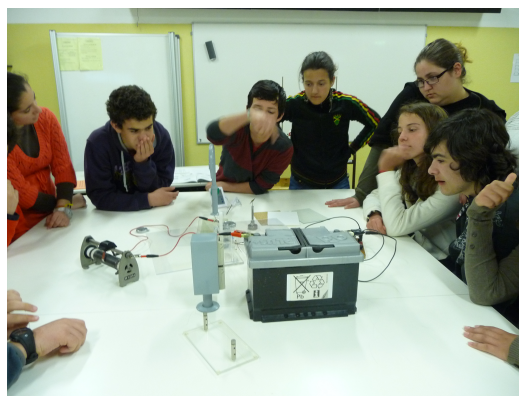


Figura 4.6: “Parece algo que ocorre em torno do fio”.

O diálogo mantido no desenvolvimento da aula e o constante apelo ao dispositivo para verificação das hipóteses revelou ser um elemento importante da narrativa, enfatizando aspectos importantes do trabalho dos cientistas na construção do conhecimento. Fê-los perceber, na observação do dispositivo, o que Ørsted terá sentido quando entrou em “sintonia” com a Natureza através dele. Também os excertos do texto de Ørsted foram determinantes para que os alunos se “sentissem” Ørsted e “experimentassem” as dificuldades, os questionamentos, as perplexidades e o sucesso da descoberta. A relação

entre Ørsted e Andersen duas maneiras de olhar a Natureza, dois caminhos percorridos para a “conhecer”.

4.1.3 O IMPACTO SOCIAL, CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO DA DESCOBERTA DE ØRSTED - 5ª AULA

A importância do trabalho desenvolvido pelos cientista, as influências a que estão sujeitos como homens do seu tempo e o impacto das suas descobertas foi trabalhado com os alunos, no caso Ørsted. As aplicações práticas do electromagnetismo, especificamente os aspectos resultantes da Experiência de Ørsted foram explorados, não só ao nível tecnológico como artístico.

A exploração da imagem de Richard Box⁴⁹, representada na Figura 4.7, suscitou espanto e serviu, mais uma vez, para intensificar a narrativa, envolvendo o aluno no ambiente de aula. A imagem pode realçar a beleza dos fenómenos naturais e como também os artistas captam essa beleza. Fez-se mais uma incursão no texto explorando duas maneiras de olhar a Natureza e os seus fenómenos, a do artista e a do cientista.



Figura 4.7: Richard Box (2004) “For me, it was just the amazement of taking some thing that’s invisible and making it visible.” Fonte: URL1.

⁴⁹ Richard Box, artista residente no departamento de Física da Universidade de Bristol, teve a ideia de montar um conjunto de lâmpadas fluorescentes junto a linhas de alta tensão.

Após diálogo com os alunos e deixando que comentem a imagem, fez-se uma breve reflexão sobre o impacto da descoberta nos diferentes domínios e foi proposto a construção de um electroímã e de um motor eléctrico, representada na figura 4.8 e exploradas algumas aplicações práticas (por exemplo desmontou-se uma campainha).

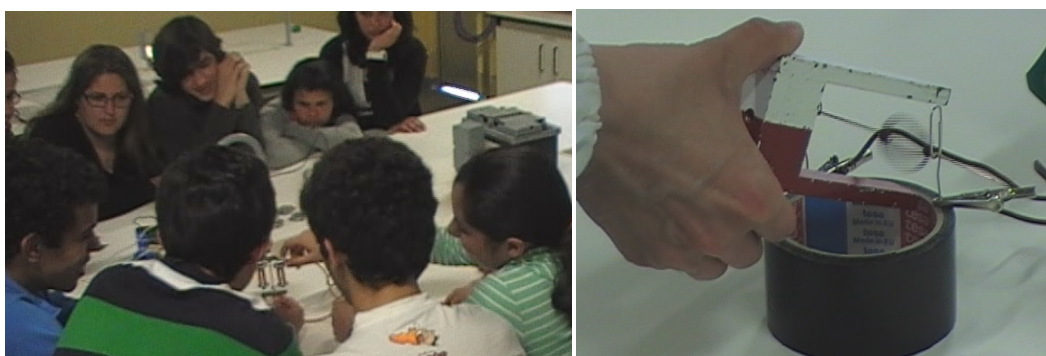


Figura 4.8: Alunos do segundo turno a construírem um electroímã e a explorarem algumas aplicações práticas do fenómeno estudado (à esquerda); Construção do motor eléctrico simples (à direita).

4.2 ALGUNS COMENTÁRIOS AOS ACONTECIMENTOS OCORRIDOS EM SALA DE AULA

O facto de nesta abordagem não se excluírem os erros e os fracassos que envolvem o trabalho científico, permitiu aproximar o aluno da actividade científica, como uma actividade humana. Esta humanização da ciência aproxima a Ciência de alunos que normalmente apresentam fraco desempenho escolar. A análise das respostas dadas pelo aluno M antes e depois da aplicação da estratégia reforçam esta ideia.

Este aspecto pode ainda reforçar a auto-estima de alunos mais fracos ao compararem que algumas das suas questões são próximas das do cientista:

“... sermos nós a descobrir as respostas e é mais engraçado porque também pudemos pensar e conhecer quem e como pensaram os cientistas da altura, as perguntas que eles fizeram e compreender que nessa altura eles faziam as perguntas que nós fizemos.”(aluno B).

Exemplo disso é o número de alunos que considerou importante o facto de se sentir na pele do cientista. Possibilitar a eliminação de ideias distorcidas sobre a Ciência e permitir

uma maior aproximação à Ciência, sem os exageros habituais em relação aos homens que a fazem, foi um aspecto que esta abordagem permitiu salientar.

A descrição de alguns detalhes históricos subjacentes a esta experiência foram importantes. Vários alunos referiram que esse facto os ajudou a compreender melhor o efeito magnético da corrente. Os fenómenos apresentados nos manuais muitas vezes avançam explicações simplificadas, omitindo passos importantes por se considerarem pouco relevantes para a compreensão do fenómeno. A falta desses “degraus”, para alguns alunos pode ser a causa das dificuldades que apresentam para a compreensão do fenómeno. O facto de não se terem omitido passos importantes terá facilitado a interpretação do conteúdo explorado.

Tradicionalmente os resultados científicos são apresentados, na sala de aula, de forma intuitiva e óbvia, apesar de serem fruto de um trabalho complexo, resultado de um longo aperfeiçoamento e discussão, e de serem contra-intuitivos. A explicação do processo e sua evolução pode conduzir a uma melhoria na compreensão dos resultados finais.

Os elementos de HFC utilizados parecem ter contribuído para o esclarecimento do fenómeno, exemplo disso foi o facto de dois alunos, um no primeiro turno outro no segundo terem conjecturado que o efeito se fazia sentir em torno do fio condutor.

O estudo histórico pode permitir, ao professor, perceber melhor o assunto e por conseguinte, estar mais apto para perceber e esclarecer as dúvidas dos alunos (Martins, 1988). Um professor desperto para esta problemática compreenderá melhor as dificuldades e resistências que os alunos podem apresentar durante uma mudança conceptual e estará mais apto a construir estratégias que envolvam “os passos” que levaram à descoberta.

Aspecto que teve efeito nos alunos:

“Aluno D: Estas aulas foram importantes porque podemos perceber melhor todos os passos dados, do que se fosse dado como simples matéria...”

Quando se questiona a importância que poderá ter para alunos novos a utilização de abordagens que incluam elementos históricos, este exemplo de recriação da Experiência pode servir para mostrar a relevância desse tipo de abordagens. Alunos com baixos resultados académicos, nas abordagens tradicionais, revelaram uma participação elevada em todas as fases do processo (ver aluno N, ou M). Aspecto interessante foi observar que do mesmo modo que os alunos melhoram os desempenhos, os alunos com melhores resultados nas abordagens tradicionais, não se sentem tão à vontade aqui, levando mais

tempo a adquirir confiança. Este facto é provável que esteja relacionado com o medo de errar (ver alunos V, T e H). O comentário da aluna H poderá ser disso exemplo:

“No decorrer destas aulas percebi o quão era importante para mim como aluna, e possivelmente para os meus colegas, fazer este tipo de experiências. Deste modo podemos aprender e gostar mais da matéria, pois as aulas tornam-se mais dinâmicas. Apesar de gostar deste tipo de aula, prefiro as aulas mais teóricas.”

Podemos referir que com esta estratégia ficou reforçada a convicção de que a introdução de elementos de HFC permite ampliar a motivação para o estudo de diferentes temas científicos, contrabalançando os aspectos puramente técnicos com aspectos sociais, humanos e culturais. O complemento de aulas com o estudo de informações, bem fundamentadas, sobre a vida de cientistas, o ambiente cultural de uma determinada época, bem como, controvérsias e dificuldades sentidas na divulgação e aceitação de novas ideias pode contribuir para a construção de uma nova visão sobre a Ciência e os cientistas (Martins, 1990). Como reforça o aluno J:

“Esta semana foi a melhor de aulas de CFQ, pois foi a maneira mais fácil de aprender, tendo nós de fazer a experiência e dar opiniões do que poderá acontecer e tirar as nossas próprias conclusões, com ajuda da professora. Nunca gostei muito de algumas partes de CFQ (...), mas da maneira como demos até gostei e foi fácil de aprender.”

Ou o do aluno A:

“Com estas aulas, na minha opinião, achei que foram engraçada e muito dinâmicas. Foram importantes todas as experiências, (...) o facto de regressarmos ao passado ainda foi mais importante para podermos “entrar” na experiência. Espero que a professora consiga fazer muitas mais experiências.”

Estes comentários reforçam o contributo que a HFC pode fornecer em abordagens de cariz CTSA. A introdução de elementos de HFC permite pôr em evidência a importância da Ciência no desenvolvimento Tecnológico e Social e a responsabilidade dos cientistas em assuntos ambientais. Uma abordagem histórica revela o contributo da Ciência para o desenvolvimento geral da humanidade e uma concepção do mundo baseada na racionalidade e espírito crítico (Solbes & Traver, 2003).

O aspecto talvez mais interessante e inesperado foi o facto dos alunos terem interiorizado a experiência como deles “...sendo nós a realizar as experiências percebemos melhor...”. Apesar de só haver um dispositivo experimental e isso ser, à partida, um dos constrangimentos mais fortes da abordagem apresentada, no final revelou-se o contrário, o

facto de todos terem estado concentrados e participado na mesma experiência, levantado questões que puderam testar, terá estado na base de vários alunos ter considerado ter realizado a Experiência:

“Eu acho que é melhor sermos nós a fazer a experiência e não o professor pois aprendemos de outra maneira, gostei muito desta experiência, pois foi engraçada, gostei como a professora nos fez ir ao passado para aprender o que os cientistas faziam e conheciam naquela altura, o que era muito menos que agora. As experiências que realizámos foram engraçadas. Gostava de repetir (aluno L).”

Este aspecto é revelador da importância que a narrativa experimental pode representar no âmbito da educação científica. Não era nossa pretensão pensar que uma abordagem deste tipo operasse mudanças conceptuais relevantes na compreensão da natureza da Ciência, no trabalho dos cientistas e na edificação do conhecimento científico, “(...) localizarmo-nos no tempo para perceber melhor o que eles pensavam e os seus conhecimentos” reflecte a aventura temporal sentida pelos alunos. “Estarmos na “pele” de um cientista, conseguimos perceber...”.

Um processo complexo como o de explorar aspectos sobre a natureza da Ciência implica estratégias diversificadas que possam fazer sentir de forma mais adequada o trabalho científico que fomos desenvolvendo.

A narrativa foi um recurso didáctico versátil integrando o conto, histórias, palavras de Ørsted, objectos, materiais, dispositivo até sermos todos um pouco Ørsted.

“The experiment on the finite object was a means of bringing the self into attunement with Nature”

R. Brain (2007)

Capítulo 4

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo desta investigação procurou-se inserir a discussão sobre a integração de elementos de HFC no ensino, através do desenvolvimento de uma narrativa experimental. O objectivo desta investigação foi desenvolver o interesse dos alunos pela ciência e contribuir para aproximar os alunos da ciência escolar introduzindo a dimensão histórica e filosófica da Ciência no ensino .

No capítulo 3 mostrou-se o envolvimento dos alunos, nas aulas em torno da Experiência de Ørsted, evidenciado nos seus depoimentos que permitiram intuir um certo sucesso da abordagem desenvolvida.

As necessidades sociais, de progresso rápido, têm defendido a necessidade de uma educação que aposte na inovação, que permita abrir as portas ao progresso e à tecnologia. As escolas não ficam alheias às mudanças que ocorrerem na sociedade. Contudo, as práticas pedagógicas têm revelado alguma dificuldade em acompanhar (com a celeridade que a sociedade exige) essas mudanças. A dimensão tradicional (menos morosa quando o

cumprimento de programas se torna uma exigência) continua muito enraizada na prática docente. A implementação de um trabalho colectivo e a criação de outras formas de gerir tempos, espaços e conteúdos tem sido, muitas vezes, lenta.

Em termos sociais, tem-se, por vezes, desenvolvido a ideia de uma escola desajustada da realidade e que não prepara efectivamente os jovens para os desafios que possivelmente terão que enfrentar. Não sendo uma ideia nova, a pressão tem sido exercida na necessidade da escola desenvolver um papel mais proactivo, contribuindo para a formação de jovens interessados, criativos, críticos, competitivos e inovadores. Neste cenário, o papel da sala de aula reveste-se de particular importância.

O desenvolvimento curricular aponta, hoje, para estratégias de cariz CTSA. Tendo-se recorrido a uma abordagem histórica, até que ponto essa dimensão contemporânea do ensino foi valorizada?

Ao longo deste trabalho, tentou mostrar-se que o estudo de caso em que se centrou a investigação pode contribuir para uma abordagem CTSA. A riqueza de detalhes e a sua versatilidade em termos de abordagens (recriação dos dispositivos experimentais de época; discussões sobre o papel do acaso e da descoberta no desenvolvimento científico; impacto social e tecnológico; o papel da experiência no desenvolvimento científico; a natureza da Ciência) fazem da descoberta de Ørsted uma experiência com grandes potencialidades de trabalho. Apresenta-se como uma das experiências históricas com possibilidades de ser trabalhada, com sucesso, ao nível do Ensino Básico. A proposta apresentada, por se aplicar ao 9º ano, tentou enfatizar as potencialidades de uma abordagem que congregue elementos de HFC com abordagens de cariz CTS com implicações ambientais (A) ao explorar a dimensão social e tecnológica que esta Experiência representou na época e as suas repercussões na actualidade.

A HFC mostrou ser uma fonte rica de elementos a utilizar na construção de recursos didácticos. Considera-se que a abordagem desenvolvida e aplicada à sala de aula contextualizada com elementos de HFC, contribuiu para o desenvolvimento de uma imagem de ciência menos dogmática, em evolução, com relações multi-direccionais com diferentes áreas do saber.

A concentração no estudo de um caso apresentou-se como uma metodologia importante na utilização de elementos de HFC por parte dos professores e a utilização das narrativas históricas o instrumento adequado para a sua inclusão em contextos educativos, tal como

se mostrou nesta investigação ao referirem-se estudos já realizados. O recurso a elementos da HFC permite que o professor muito “formatado” pela ciência do manual escolar seja motivado a reflectir sobre as suas práticas.

Mas construir uma narrativa histórica exige, mesmo que se centre no estudo de caso, de tempo para a investigação, escasso na escola de hoje e só possível com o apoio de outros investigadores. Daí que a construção de uma dissertação seja uma grande oportunidade de formação de professores-investigadores. O estudo de caso, centrado num único episódio histórico, com relevância didáctica, pode constituir-se como a metodologia mais adequada para uma experiência intensa, do professor, com a HFC.

Este estudo contribuiu para o desenvolvimento de sensibilidades e de competências de professor-investigador. Aprender a apreciar o conteúdo de um texto de quatro páginas, onde são descritas cerca de 60 experiências implicou todo um percurso alimentado por estudos complementares. Dessa aprendizagem resultou a valorização didáctica do texto em questão. Esta valorização didáctica implicou: trabalho laboratorial e construção de um dispositivo adequado cujas dificuldades estão referidas no capítulo 3 ; conhecer um pouco da ciência de Ørsted e acompanhar a discussão teórica sobre as conjecturas que o levaram, de uma experiência inicial com a agulha magnética, quase perpendicular ao fio condutor para uma situação em que a agulha foi colocada paralela ao fio condutor e se manifesta o tão esperado efeito magnético da corrente eléctrica e; a selecção dos conteúdos essenciais, elementos fundamentais para a criação da estratégia mais adequada à construção de novo conhecimento.

A investigação tem mostrado que a imagem da Ciência transmitida pela escola apresenta distorções. Algumas delas evidenciadas nos depoimentos dos alunos: inacessível “... é algo inexplicável”; estuda “químicos” e “seres vivos”; associada a “génios” e a laboratórios com grandes e complexos equipamentos, que de algum modo os afastam dos assuntos científicos.

Era objectivo desta investigação estimular o gosto por aprender, questionar, aproximar à ciência escolar. A narrativa experimental construída permitiu que “... sem sabermos demos os mesmos passos que Ørsted, quase...” (aluno I) envolvimento reforçado pela contextualização, pelo recurso à visualização e manipulação do dispositivo experimental.

O conto “O Sino” de Andersen foi utilizado para a contextualização histórica e filosófica da Experiência. Permitiu introduzir os elementos narrativos indispensáveis à criação do

laço afectivo e emocional com a narrativa experimental. Pode referir-se que os alunos “viveram” aspectos importantes do desenvolvimento científico que a narrativa construída em torno da Experiência permitiu explorar: as dificuldades de construção de conhecimento; o questionamento sem respostas fáceis; o pensamento crítico; a procura de elementos para refutar a resposta. Estes aspectos foram conseguidos pelo questionamento dirigido ao dispositivo e pelas sucessivas incursões no conto ao longo do desenvolvimento da narrativa.

O enquadramento histórico e filosófico assim concretizado impediu que esses elementos fossem inseridos de forma meramente ilustrativa, passando a ser vividos “... e é mais engraçado (...) pudemos pensar e conhecer quem e como pensaram os cientistas da altura, as perguntas que eles fizeram e compreender que nessa altura eles faziam as perguntas que nós fizemos.” (aluno B). “... gostei como a professora nos fez ir ao passado...” (aluno L).

Um aspecto importante deste trabalho foi, através de um conjunto de experiências entrar em “sintonia” com a concepção de Ørsted relativamente ao que é conhecer a “Natureza”.

O conto “O Sino” permitiu descrever, de forma singular e bela, a curiosidade que despertavam, na época, os fenómenos naturais, colocando em evidência a unidade no funcionamento da Natureza, aspecto essencial no pensamento de Ørsted.

Os cidadãos da primeira metade do século XX teriam a tendência de pensar que a Ciência resolveria todos os seus problemas. Os cidadãos do último terço do século XX e primeira década do século XXI têm a percepção que o desenvolvimento científico-tecnológico lhes acarreta problemas e que a Ciência não controla o mundo. O contacto com um cientista como Ørsted levou os alunos a sentir a sua importância no contexto científico da época e a sua importância, hoje. Entrar em sintonia com a Natureza para a conhecer, não para a controlar pode vir a ser um conceito importante num desenvolvimento curricular de cariz CTSA.

Os pressupostos curriculares põem a tónica na criação de estratégias que promovam a capacidade de resolver problemas, discutir argumentos, confrontar ideias e pontos de vista, apresentar argumentação coerente e discutir o limite de validade de algumas conclusões. Estes pressupostos só poderão ser alcançados com estratégias que permitam fortes interacções: professor/aluno; aluno/aluno; aluno/dispositivo experimental. A narrativa experimental em torno da Experiência Ørsted revelou-se potencialmente interessante fomentando estas interacções.

Os alunos sentiram que “pilotaram” o trabalho laboratorial, tal como foi observado durante as aulas e se pode comprovar pelo texto dos depoimentos finais: “sendo nós a realizar a experiência percebemos melhor.” (aluno C).

Com efeito os alunos dominaram o dispositivo, colocavam questões que iam surgindo na sua relação com o dispositivo, procuravam respostas e a preocupação inicial, por só se ter um dispositivo experimental, rapidamente deixou de fazer sentido. As observações das aulas mostram que os alunos se organizaram desempenhando cada um deles o seu papel.

Poder-se-ia referir que, se retomarmos a classificação apresentada no capítulo 2 por Hodson (1994) e Leite (2000), houve momentos em que os alunos se sentiram como investigadores, apropriando-se do conhecimento por eles próprios construído “... gostei de termos sido nós, a tentar chegar à resposta pois faz-nos pensar mais no assunto.” (aluno U).

Propostas deste tipo apresentam-se como um recurso viável no domínio da educação em ciências. As breves incursões feitas aos manuais escolares tiveram como objectivo conhecer as diferentes aproximações feitas, ao longo do tempo, à Experiência de Ørsted. Os subsídios recolhidos foram úteis para perceber a valorização introduzida pelo estudo aqui desenvolvido. Apesar das tentativas em cumprir as disposições curriculares, a reduzida utilização de elementos fornecidos pela HFC tem promovido um ensino que vai cristalizando ideias, a simplificação excessiva, evidenciou o afastamento que se foi promovendo, ao longo do tempo, entre a descrição de Ørsted e a relevância traduzida pelo manual.

Os detalhes da Experiência parecem perder-se no tempo, mas fundamentais para estudar o pensamento de Ørsted. A proposta apresentada pretendeu recuperar o relevo e a necessidade de aproximar o aluno do trabalho do cientista. Os alunos sentiram-se na “pele” de Ørsted, tal como podemos testemunhar pelos depoimentos finais, pode assim pensar-se que se terá conseguido uma aproximação efectiva entre os alunos e a Ciência. Destaca-se o depoimento inicial do aluno M: “Para mim ciência não me diz nada.”, mas que no final destaca a importância da Ciência e do trabalho dos cientistas.

Há, ainda, que ter em consideração os diferentes estilos cognitivos dos alunos na evidência que o comportamento dos alunos com boas classificações é diferente daqueles que as não têm. Este tipo de recurso revelou-se motivador e atraente para alunos cujos resultados académicos nem sempre são os melhores. Seguindo as descrições do aluno N, verifica-se

um forte envolvimento com a aula e com o dispositivo. Interessante foi verificar que o mesmo não se passou com a aluna H: “... prefiro as aulas mais teóricas.”, habituada a um controlo teórico das situações trabalhadas em aula. Foi necessário participar na construção de conhecimento, decorrendo daí uma maior exposição a “fracassos”. Na realidade este tipo de aulas é construída pelos alunos o que pode nalguns casos criar algumas inseguranças, daí a necessidade de atenção do professor.

A particularidade desta abordagem é que o trabalho prático elaborado não serviu como demonstração de um fenómeno, não se pretendia uma indução ingénuas, mas antes um forte questionamento ao dispositivo que conduziu a resultados, como demonstram os depoimentos do aluno X: “Já não entendo nada. Parece qualquer coisa... (faz um movimento circular com a mão)” ou do aluno E: “Parece algo que ocorre em torno do fio...”.

O limite de valor deste estudo de caso, passa pelas limitações próprias de se trabalhar um caso único e ser, por isso, redutor no que diz respeito à exploração da “ natureza da Ciência”. Defende-se que um ensino em ciência rico, só será atingido privilegiando a utilização de recursos didácticos diversificado, bem utilizados e contextualizados.

Como sugestões de trabalhos futuros propõe-se:

- a utilização pedagógica da narrativa experimental desenvolvida neste trabalho e sua avaliação;
- criação de novas narrativas experimentais que incluam, por exemplo, os trabalhos desenvolvidos por Ampère e Faraday, ampliando o âmbito da narrativa aqui construída.

BIBLIOGRAFIA

- Acevedo-Díaz, J., Vázquez-Alonso, Á., Manassero-Mas, M. & Acevedo-Romero, P. (2007a). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: aspectos epistemológicos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgation de las Ciencias*, 4(1), 42-66.
- Acevedo-Díaz, J., Vázquez-Alonso, Á., Manassero-Mas, M. & Acevedo-Romero, P. (2007b). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: fundamentos de una investigación empírica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgation de las Ciencias*, 4(1), 42-66.
- Acevedo-Díaz, J. (2010). Formación del profesorado de ciências y enseñanza de la naturaleza de la ciencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgation de las Ciencias*, 7(3), 653-660.
- Acevedo-Díaz, J. (2007). Las actitudes relacionadas con la ciencia y la tecnología en el estudio PISA 2006. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgation de las Ciencias*, 4(3), 394-416.
- Acevedo-Díaz, J. (2006). Modelos de relaciones entre ciencia y tecnología: un análisis social e histórico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgation de las Ciencias*, 3(2), 198-219.
- Allchin, D. (2006). Why respect for History – and Historical Error – Matters. *Science & Education*, 15, 91-111.
- Andersen, H. (1974). *Contos, Hanns Christian Andersen* (C. Loures, Trad.) (Vols. 86). Lisboa: Publicações Europa-America.
- Ausubel, D. (2003). *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Lisboa: Plátano Editora.
- Bardin, L. (2009). *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70.
- Bastos, F. (1998). O ensino de conteúdos de história e filosofia da ciência. *Ciência e Educação*, 5 (1), 55-72.
- Binnie, A. (2001). Using the history of electricity and magnetism to enhance teaching. *Science & Education*, 10, 379-389.
- Bogdan, R. & Biklen, S. (1994). *A investigação qualitativa em educação*. Porto: Porto Editora.
- Brain, R. (2007). Hans Christian Ørsted and The Romantic Legacy In Science. *Boston Studies in the Philosophy of Science*, 241, 217-233.
- Bruner, J. (2000). *Cultura da educação* (A. Queirós, Trad.). Lisboa: Edições 70 (Trabalho original publicado em 1996).
- Brush, S. (1991). Historia de la ciencia y enseñanza de las ciências (E. Braun, Trad.). *Comunicación, Lenguaje y Educación*, 11-12, 169-180 (Trabalho original publicado em 1989). Visitado em 3 de Setembro, 2010, from <http://hzero.webs.com/>
- Cavaleiro, N., & Beleza, D. (2008). *FQ Viver Melhor na Terra, Ciências Físico-Químicas 9º ano* (1º. ed.). Porto: Edições ASA.

- Cavicchi, E. (2008). Historical experiments in students' hands: unfragmenting science through action and history. *Science & Education*, 17, 717-749. doi: 10.1007/s11191-006-9005-2.
- Chaib, J., & Assis, A. (2007a). Experiência de Oersted em sala de aula. *Revista Brasileira de Ensino da Física*, 29 (1), 41-51.
- Chaib, J., & Assis, A. (2007b). Sobre os efeitos das correntes eléctricas - Tradução comentada da primeira obra de Ampère sobre electrodinâmica. *Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência*, 5(1), 85-102.
- Clough, M. P. (2006). Learners responses to the demands of conceptual change: considerations for effective nature of science instruction. *Science & Education*, 15(5), 463-494.
- Comissão Europeia (2007). *Política de formação de professores em Portugal*. Unidos aprendemos. Brochura, elaborada pelo Ministério da Educação – Direcção-Geral dos Recursos Humanos da Educação a entregar na Conferência Desenvolvimento Profissional de Professores para a Qualidade e para a Equidade da Aprendizagem ao longo da Vida, a realizar em Lisboa. Visitado em 19 de Fevereiro, 2010, from <http://www.dgert.mtss.gov.pt/refernet/docs/Politica%20de%20Formacao%20Profesores%20em%20Portugal%20PT.pdf>
- Coutinho, C. (2005). Construtivismo e investigação em hipermédia: aspectos teóricos e metodológicos, expectativas e resultados. In J. Baralt, N. Callaos & B. Sánchez (Eds.), *Memórias da 4ª Conferência Iberoamericana em Sistemas, Cibernética e Informática – CИСCI 2005*, Vol I, Orlando, FL, 68-73. ISBN 980-6560-36-1.
- DEB (Departamento da Educação Básica) do Ministério da Educação (2001a). *Currículo Nacional do Ensino Básico: Competências essenciais*. Visitado em 28 Dezembro, 2009, from <http://sitio.dgicd.min-edu.pt/>
- DEB (Departamento da Educação Básica) do Ministério da Educação (2001b). *Orientações Curriculares Ensino Básico – 3º ciclo: Ciências Físicas e Naturais*. Visitado em 28 Dezembro, 2009, from <http://sitio.dgicd.min-edu.pt/>
- DES (Departamento do Ensino Secundário) do Ministério da Educação (2003). *Programa de física e química A 11º ou 12º anos: Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias*. Visitado em 28 Dezembro, 2009, from <http://sitio.dgicd.min-edu.pt/>
- Dias, V. (2006). A indução electromagnética na sala de aula. In Silva, C. (Org.). *Estudos de História e Filosofia das Ciências: Subsídios para aplicação no Ensino*. (1ª ed.) São Paulo: Livraria da Física.
- Duarte, M. (1999). Investigação em ensino das ciências: influências ao nível dos manuais escolares. *Revista Portuguesa de Educação*, 12(2), 227-248.
- Eshach, H. (2009). The Nobel prize in the physics class: science, history, and glamour. *Science & Education*, 18, 1377-1393. doi: 10.1007/s11191-008-9172-4.
- Esteban, S. (2003). La perspectiva histórica de las relaciones Ciência-Tecnología-Sociedad y su papel en la enseñanza de las ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(3), 1-16.
- Faria, A., Valadares, A., Silva, L., & Teodoro, V. (1982). *FQ 8 Física, Ciências Físico-Químicas, 8º ano*. Lisboa: Didáctica Editora.

- Feynman, R. (1989). “Nem sempre a brincar Sr. Feynman!” Novos elementos para o retrato de um físico enquanto homem (M. Segurado, Trad.). (1ª ed.) Lisboa: Gradiva. (Trabalho original publicado em 1988).
- Fernández, I., Gil, D., Carrascosa, J., Cachapuz, A. & Praia, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Historia y Epistemología de las Ciencias. Enseñanza de las Ciências*, 20(3), 477-488.
- Fernández-González, M. (2008). Ciências para el mundo contemporâneo. Algunas reflexiones didácticas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgation de las ciencias*, 5(2), 185-199.
- Filho, M., Chaib, J., Caluzi, J., & Assis, A. (2007). Demonstração didática da interação entre correntes elétricas. *Revista Brasileira de Ensino da Física*, 29(4), 1-18.
- Fiolhais, C., Fiolhais, M., Gil, V., Paiva, J., Morais, C., & Costa, S. (2008). *9 CFQ: Viver Melhor na Terra, Ciências Físico-Químicas 9º ano* (1ª ed.). Lisboa: Texto Editores.
- Ganot, A. (1872). *Traité de Physique Élémentaire* (7ª. ed.). Paris: Chez L'Auteur – Editeur.
- García-Carmona, A. (2006). Concepciones del alumnado de secundaria sobre las finalidades de la física y su papel en la tecnología. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgation de las Ciencias*, 3(2), 188-197.
- Gil-Pérez, D. (1993). Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de Las Ciencias*, 11(2), 197 – 212.
- Gil-Pérez, D. (2002). Defending constructivism in science education. *Science & Education*, 11, 557-571.
- Golín, G. (2002). Introducing fundamental physical experiments to students. *Science & Education*, 11 (5), 487-495. doi: 10.1023/A:1016537824391.
- Guerra, A., Reis, J., & Braga, M. (2004). Uma abordagem histórico-filosófica para o electromagnetismo no ensino médio. *Caderno Brasileiro Ensino de Física*, 21, 224-248.
- Guisasola, J., Almudí, J., & Ceberio, M. (2003). Concepciones alternativas sobre el campo magnético estacionário. Selección de cuestiones realizadas para su detección. *Enseñanza de Las Ciencias*, 21(2), 281 – 293.
- Guisasola, J., Almudí, J., & Furió, C. (2005). The nature of science and its implications for physics textbooks. *Science & Education*, 14, 321-338. doi: 10.1007/s11191-004-7936-z.
- Hewson, P. (2001). Ensino para a mudança conceptual. *Revista da Educação*, X (2), 117-125.
- Hershey, D. (2006). Pseudohistory and pseudiscience: Corrections to Allchin`s historical, conceptual and educational claims. *Science & Education*, 15(1), p. 121-125.
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciências*, 12 (3), 299-313.
- Höttecke, D. (2000). How and what can we learn from replicating historical experiments? A case study. *Science & Education*, 9, 343-362.
- Huberman, A., & Miles, M. (1991). *Analyse des donnés qualitatives. Recueil de nouvelles méthodes*. Bruxelas: De Borck Université.

- Iranzo, V. (2005). Filosofia de la Ciencia e Historia de la Ciencia. *Quaderns de filosofia i ciència*, 35, 19-43.
- Jacobsen, A. (2006). Propagating dynamical science in the peryphery of German Naturphilosophie: H.C. Ørsted's textbooks and didactics. *Science & Education*, 15, 739-760.
- Kim, S. & Irving, K. (2010). History of science as an instructional context: Student learning in genetics and nature of science. *Science & Education*, 19, 186-215. doi: 10.1007/s11191-009-9191-9.
- Kindi, V. (2005). Should science teaching involve the history of science? An assessment of Kuhn's view. *Science & Education*, 14, 721-731. doi: 10.1007/s11191-004-7344-4.
- Kipnis, N. (2005a). Chance in science: The discovery of electromagnetism by H.C. Oersted. *Science & Education*, 14 (1), 1-28. doi: 10.1007/s11191-004-3286-0.
- Kipnis, N. (2005b). Scientific analogies and their use in teaching science. *Science & Education*, 14, 199-233. doi: 10.1007/s11191-004-6406-y.
- Kipnis, N. (2007). Discovery in science and in teaching science. *Science & Education*, 16, 883-920. doi: 10.1007/s11191-006-9031-0.
- Kipnis, N. (1996). The "historical-investigative" approach to teaching science. *Science & Education*, 5, 277-292.
- Klassen, S. (2007). The application of historical narrative in science learning: The Atlantic cable story. *Science & Education*, 16, 335-352. doi: 10.1007/s11191-006-9026-x.
- Klassen, S. (2010). The relation of story structure to a model of conceptual change in science learning. *Science & Education*, 19, 305-317. doi: 10.1007/s11191-009-9212-8.
- Kubli, F. (2001). Can the theory of narratives help science teachers be better storytellers? *Science & Education*, 10, 595-599.
- Leite, L. (2002). History of science in science education: Development and Validation of a checklist for analysing the historical content of science Textbooks. *Science & Education*, 11, 333-359.
- Leite, L. (1999). O ensino laboratorial de "O Som e Audição" uma análise das propostas apresentadas por manuais escolares do 8º ano de escolaridade. In Castro, R., Rodrigues, A., Silva, J., et al. (Org.). *Manuais escolares: estatuto, funções, história: actas do I encontro internacional sobre manuais escolares*. Braga: Centro de Estudos em Educação e Psicologia. Instituto de Educação e Psicologia. Universidade do Minho, 1999. ISBN 972-8098-44-8. p. 255-266.
- Leite, L. (2000). O trabalho laboratorial e a avaliação das aprendizagens dos alunos. In Sequeira, M. et al. (Org.). *Trabalho prático e experimental na educação em ciências*. Braga: Universidade do Minho, p. 91-108.
- Mach, D. E. (2008), *The Science of Mechanics*, Read Books.
- Machado, A. (1924). *Elementos de Física geral* (4ª. ed.). Braga: Livraria Cruz.
- Machado, A., Guerra, C., & Machado, F. (1944). *Compêndio de Física*. Porto: Imprensa Portuguesa.
- Maciel, N., Miranda, A., & Marques, M. (2008). *Eu e o Planeta Azul: Viver Melhor na Terra, Ciências Físico-Químicas 9º ano* (1ª. ed.). Porto: Porto Editora.

- Matthews, M. (1990). History, philosophy, and science teaching: what can be done in an undergraduate course?. *Studies in Philosophy and Education*, 10, 93-97.
- Matthews, M. (1992). History, philosophy, and science teaching: the present rapprochement. *Science & Education*, 1, 14-47.
- Matthews, M. (2001). How pendulum studies can promote knowledge of the nature of science. *Journal of Science Education and Technology*, 10 (4), 359-368.
- Matthews, M. (1994). *Science teaching. The role of history and philosophy of science*. Nova Iorque e Londres: Routledge.
- Martins, A. (1996). *Física em Temas 8º ano: livro de texto de Físico-Químicas* (1ª. ed.). Porto: Porto Editora.
- Martins, A. (2007). História e filosofia da ciência no ensino: Há muitas pedras nesse caminho.... *Caderno Brasileiro de Ensino da Física*, 24 (1), 112-131.
- Martins, I. (2002). Problemas e perspectivas sobre a integração CTS no sistema educativo português. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1(1): 1-13. Visitado em 21 de Maio de 2010, from <http://www.saum.uvigo.es/reec>
- Martins, R. (2006a). A história das ciências e seus usos na educação. In Silva, C. (Org.). *Estudos de História e Filosofia das Ciências: Subsídios para aplicação no Ensino*. (1ª ed.) São Paulo: Livraria da Física.
- Martins, R. (2006b). A maçã de Newton: história, lendas e tolices. In Silva, C. (Org.). *Estudos de História e Filosofia das Ciências: Subsídios para aplicação no Ensino*. (1ª ed.) São Paulo: Livraria da Física.
- Martins, R. (1998). Como distorcer a física: Considerações sobre um exemplo de divulgação científica.1 – Física Clássica. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 15 (3), 243-264.
- Martins, R. (1988). Contribuição do conhecimento histórico ao ensino do electromagnetismo. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 9, 3-5.
- Martins, R. (1986a). Experiências sobre o efeito do conflito eléctrico sobre a agulha magnética. (Roberto A. Martins, Trad.). *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, 10, 115-122. (Trabalho original de Hans Christian Ørsted publicado em 1820).
- Martins, R. (1986b). Ørsted e a descoberta do electromagnetismo. *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, 10, 89-114.
- Martins, R. (2007). Ørsted, Ritter and magnetochemistry. In R. Brain, R. Cohen, & O. Knudsen (Eds.). *Hans Christian Ørsted and the romantic legacy in science: ideas, disciplines, practices (Boston Studies in the Philosophy of Science)* (Volume 241, p. 339-385). New York: Springer. ISBN 978-1-4020-2979-0.
- Martins, R. (2003). Resistance to the discovery of electromagnetism: Ørsted and the symmetry of the magnetic field. In F. Bevilacqua & E. Giannetto (Eds.). *Volta and the history of electricity*. Pavia/Milano: Università degli Studi di Pavia/Editore Ulrico Hoepli (p. 245-265).
- Martins, R. (1990). Sobre o papel da história da ciência no ensino. *Boletim da Sociedade Brasileira de História da Ciência*, 9, 3-5.
- McMullin, E. (2002). The origins of the field concept in physics. *Physics in Perspective*, 4(1), 13-39.

- Metz, D., Klassen, S., McMillan, B., Clough, M., & Olson, J. (2007). Building a Foundation for the Use of Historical Narratives. *Science & Education*, 16(3), 313-334. doi: 10.1007/s11191-006-9024-z.
- Melo, A., & Peduzzi, L. (2007). Contribuições da epistemologia bachelardiana no estudo da história da óptica. *Ciência & Educação*, 13 (1), 99-126.
- Monk, M., & Osborne, J. (1997). Placing the History and Philosophy of Science on the Curriculum: A Model for the Development of Pedagogy. *Science Education*, 89(4), 405-424.
- Neto, A. J. (1995). *Contributos para uma nova didáctica da resolução de problemas: um estudo de orientação metacognitiva em aulas de física do ensino secundário*. Tese de doutoramento (publicada em livro). Évora: Universidade de Évora.
- Niaz, M. (2009). Progressive transitions in chemistry teachers' understanding of nature of science based on historical controversies. *Science & Education*, 18, 43-65. doi: 10.1007/s11191-007-9082-x.
- Niaz, M., Klassen, S., McMillan, B., Metz, D. (2010). Leon Cooper's Perspective on Teaching Science: An Interview Study. *Science & Education*, 19, 39-54. doi: 10.1007/s11191-008-9175-1.
- Nobre, F. (1907). *Tratado de Física Elementar* (4ª. ed.). Porto: Typographia Mendonça.
- Norris, S., Guilbert, M., Smith, M., Shahram, H. & Phillips, L. (2005). A Theoretical Framework for Narrative Explanation in Science. *Science & Education*, 89(4), 535-563.
- Nóvoa, A. (coord), (2003). *Dicionário de Educadores Portugueses*. Porto: Edições ASA.
- Padilla, K., & Furio-Mas, C. (2008) The importance of history and philosophy of science in correcting distorted views of 'amount of substance' and 'mole' concepts in chemistry teaching. *Science & Education*, 17, 403-424. doi:10.1007/s11191-007-9098-2
- Pires, I., & Ribeiro, S. (2008). *Universo da Matéria: Viver Melhor na Terra, Ciências Físico-Químicas 9º ano* (1ª. ed.). Carnaxide: Santillana.
- Pocovi, M., & Finley, F. (2003). Historical evolution of the field view and textbook accounts. *Science & Education*, 12, 387-396.
- Projecto Física (1985). *Luz e Electromagnetismo* (M. T. Martins, Trad.). Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. (Trabalho original publicado em 1970).
- Rebelo, A., & Rebelo, F. (2008). *Terra.lab: Viver Melhor na Terra, Ciências Físico-Químicas 9º ano* (1ª. ed.). Lisboa: Lisboa Editora.
- Ríos, E., & Solbes, J. (2007). Las relaciones CTSA en la enseñanza de la tecnología y las ciencias: una propuesta con resultados. *Revista Electrónica de las Ciencias*, 6(1), 32-49.
- Rodrigues, M., & Dias, F. (1998). *Física: forças e movimentos 11º ano*. Porto: Porto Editora.
- Rodrigues, M., & Dias, F. (2008). *Física e Química na Nossa Vida – Física 9: Viver Melhor na Terra, Ciências Físico-Químicas 9º ano* (1ª. ed.). Porto: Porto Editora.
- Rudge, D., & Howe, E. (2009). Na explicit and reflective approach to the use of history to promote understanding of the nature of science. *Science & Education*, 18, 561-580. doi: 10.1007/s11191-007-9088-4.

- Sánchez-Ron, J. (1988). Usos y abusos de la historia de la Física en la enseñanza. *Enseñanza de las Ciências*, 6(2), 179-188.
- Saraiva, C. (2003). *Evolução histórica da abordagem do electromagnetismo e indução electromagnética nos livros de texto para o ensino secundário*. Dissertação de mestrado. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Scoaris, R., Pereira, A., & Filho, O. (2009). Elaboração e validação de um instrumento de avaliação de atitudes frente ao uso de história da ciência no ensino de ciências. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciências*, 8 (3), 901-922.
- Schulz, R. (2009). Reforming science education: Part I. The search for a Philosophy of Science Education. *Science & Education*, 18, 225-249. doi: 10.1007/s11191-008-9167-1.
- Seliverstov, A., Slepkov, A., & Starokurov, Yu. (2007). Classical demonstration experiments on electricity and magnetism at thr Faculty of Physics of Moscow State University. *Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics*, 71(11), 1506-1509. doi:10.3103/S1062873807110068.
- Sequeira, M., & Leite, L. (1988). A História da Ciência no Ensino – Aprendizagem das Ciências. *Revista Portuguesa de Educação*, 1(2), 29-40.
- Serrazina, L., & Oliveira, I. (2002). O professor como investigador: Leitura Crítica de investigações em educação matemática. In GTI–Grupo de Trabalho de Investigação, (Org.), *Reflectir e investigar sobre a prática profissional* (p. 283-308). Lisboa: APM.
- Sharma, A., & Anderson, C. (2009). Recontextualization of Science from Lab to School: Implications for Science Literacy. *Science & Education*, 18, 1253-1275. doi: 10.1007/s11191-007-9112-8.
- Silva, A., Simões, C., Resende, F., & Ribeiro, M. (2008). *(CFQ)₉: Viver Melhor na Terra, Ciências Físico-Químicas 9º ano* (1ª. ed.). Lisboa: AREAL Editores.
- Silva, C. (Org.). (2006). *Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino*. (1ª ed.) São Paulo: Livraria da Física.
- Silva, C., & Martins, R. (2003). A teoria das cores de Newton: um exemplo de uso da História da Ciência em sala de aula. *Ciência e Educação*, 9(1), 53-65.
- Silva, J. (2009). Atividades laboratoriais e autonomia na aprendizagem das ciências. In F. Vieira, M. A. Moreira, J. L. Coelho da Silva & M. C. Melo (Eds.). *Pedagogia para a autonomia – Reconstruir a esperança na educação. Actas do 4º Encontro do GT-PA (Grupo de Trabalho – Pedagogia para a Autonomia)*. Braga: Universidade do Minho, Centro de Investigação em Educação. CD-ROM.
- Simões, A., Carneiro, A., & Diogo, M. (2007). Perspectives on contemporary history of story of science. *Centro de História das Ciências – Universidade de Lisboa*.
- Solbes, J., & Traver, M. (2003). Against a Negative image of science: history of science and the teaching of physics and chemistry. *Science & Education*, 12(7), 703-717. doi: 10.1023/A:1025660420721.
- Spiliotopoulou-Papantoniou, V., & Agelopoulos, K. (2009). Enhancement of pre-service teachers`teaching Interventions with the aid of historical examples. *Science & Education*, 18, 1153-1175. doi: 10.1007/s11191-008-9176-0.
- Stauffer, R. (1957). Speculation and experiment in the background of Oersted`s Discovery of Electromagnetism, *Isis*, 48(1), p. 33-50.

- Teixeira, J. (1960). *Curso de Física*. Porto: Porto Editora.
- Tenreiro-Vieira, C., & Vieira, R. (2006). Produção e validação de actividades de laboratório promotoras de pensamento crítico dos alunos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgation de las Ciencias*, 3(3), 452-466.
- Tseitlin, M., & Galili, I. (2005). Physics Teaching in the Search for Its Self. *Science & Education*, 14, 235-261. doi: 10.1007/s11191-004-7943-0.
- Valadares, J. (2001). Estratégias construtivistas e investigativas no ensino das ciências. Conferência proferida no Encontro «O Ensino das Ciências no âmbito dos Novos Programas», dia 4 de Maio, na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Valadares, J. (2006). *O Ensino experimental das ciências: do conceito à prática: Investigação/acção/reflexão*. Visitado em 19 de Fevereiro, 2010, from http://www.proformar.org/revista/edicao_13/ensino_exp_ciencias.pdf
- Valente, M. (1999). *Uma leitura pedagógica da construção histórica do conceito de energia*. Tese de doutoramento (não publicada). Lisboa: Universidade Nova de Lisboa.
- Valente, M., Candeias, A., Fitas, A., Rosado F., & Rodrigues, M. (2008). *O olho e a mão: a arte de medir, instrumentos de ensino do gabinete de física do antigo liceu de Évora*. (1ª. ed). Évora: Ciência na Cidade de Évora.
- Vázquez-Alonso, Á., & Manassero-Mas, M. (2008). El declive de las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes: un indicador inquietante para la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgation de las Ciencias*, 5(3), 274-292.
- Vázquez-Alonso, Á., Acevedo-Díaz, J., & Manassero-Mas, M. (2005). Más allá de la enseñanza de las ciencias para científicos: hacia una educación científica humanística. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4(2). Visitado em 19 de Fevereiro, 2010, from <http://www.apac-eureka.org/revista>
- Wang, H., & Cox-Petersen, A. (2002). A Comparison of elementary, secondary and student teachers' perceptions and practices related to history of science instruction. *Science & Education*, 11, 69–81.
- URL1 – <http://www.stopgeek.com/richard-boxs-light-field.html>. Visitado em 28 Dezembro, 2009.

ANEXOS

ANEXO I – RESPOSTAS DOS ALUNOS

Data de realização:

24 e 25 de Novembro de 2009

<p>O que entendes por Ciência?</p> <hr/> <hr/> <hr/>
--

Respostas dos alunos:

Aluno: A – Para mim, ciências é um grande tema em que se divide em muitos subtemas. Tem lógica.

Aluno: B – A Ciência é algo que estuda os corpos, os materiais, a natureza e todo o mundo.

Aluno: C – Ciências é a área que estuda diferentes subtemas relacionados com a vida.

Aluno: D – Ciências, é o que estuda e experimenta não só o ser humano, como também tudo em seu redor.

Aluno: E – É uma área de estudo.

Aluno: F – Ciência para mim, é o estudo do nosso organismo de substâncias químicas, etc. Permite-nos saber o “como” e o “porquê”.

Aluno: G – Ciência é só marrar

Aluno: H – Ciência é tudo o que é lógico e se pode exprimir por meio de factos.

Aluno: I – Ciências é o que estuda os fenómenos da vida, para tudo ter uma explicação lógica.

Aluno: J – Ciências é o que estuda, por uma parte, a Natureza, ou seja, a vida desde os sistemas cardíacos, à vida dos animais e rochas e por outro lado estuda as forças, electricidade e movimentos.

Aluno: L – Acho que é, Ciências Físico-Químicas, Ciências Naturais, Ciências Económicas, Geologia.

Aluno: M – Para mim ciência não me diz nada.

Aluno: N – É o estudo de tudo.

Aluno: O – Para mim, a Ciência é tudo o que existe à nossa volta, porque tudo tem uma Ciência.

Aluno: Q – Ciências é o estudo dos seres vivos e do planeta todo.

Aluno: R – Eu acho que a Ciência é o estudo de tudo o que à nossa volta.

Aluno: S – Ciência é algo inexplicável.

Aluno: T – A Ciência é experiência.

Aluno: U – A Ciência é a curiosidade do Homem.

Aluno: V – Ciência é descobrirmos como as coisas funcionam ou acontecem.

Aluno: X – Ciência é a forma que o Homem arranjou para entender as coisas que se passam à sua volta.

Aluno: Z – O que eu entendo por Ciências é uma “pesquisa” sobre as descobertas de “coisas” sobre descobertas que vão ser feitas por Ciências.

Data de realização:

23 e 24 de Fevereiro de 2010

<p><i>Gostas de ouvir ou de ler histórias sobre a ciência?</i></p> <hr/> <hr/> <hr/>
--

Respostas dos alunos:

Aluno: A – Mais ou menos. Depende muito do título da história sobre a ciência.

Aluno: B – Não, mas acho que são importantes.

Aluno: C – Sim.

Aluno: D – Não.

Aluno: E – Sim, é engraçado.

Aluno: F – Sim, gosto. Principalmente sobre descobertas científicas.

Aluno: G – Sim.

Aluno: H – Não muito, embora já tenha lido livros que abordavam essa matéria.

Aluno: I – Gosto de ouvir.

Aluno: J – Sim, mas muito pouco.

Aluno: L – Mais ou menos.

Aluno: M – Não.

Aluno: N – Não.

Aluno: O – Não.

Aluno: P – Sim.

Aluno: Q – Mais ou menos.

Aluno: R – Não.

Aluno: S – Não.

Aluno: T – Sim q.b.

Aluno: U – Sim.

Aluno: V – Mais ou menos depende das histórias.

Aluno: X – Sim, tenho muita curiosidade nas coisas do passado.

Aluno: Z – Depende das histórias.

<p>Tens tido contacto com histórias sobre ciência?</p> <hr/> <hr/> <hr/>
<p>Através de que meio: livros, filmes, professor(a)? Dá exemplo de alguma história que te tenha marcado.</p> <hr/> <hr/> <hr/>
<p>O que mais gostas nas histórias sobre a ciência: saber coisas sobre as descobertas científicas, saber coisas sobre os cientistas ou saber coisas sobre as épocas em que viveram os cientistas?</p> <hr/> <hr/> <hr/>

Aluno: A

- Não.
- Filmes e Séries, por exemplo, CSI, Investigação Criminal.
- Saber coisas sobre as descobertas científicas.

Aluno: B

- Não, mas acho que são importantes para a cultura geral.
- Filmes, livros.
- Gosto de saber sobre as descobertas científicas.

Aluno: C

- Sim.
- Do meu irmão, quando ele me contou que a professora dele fez uma experiência que gostou e mostrou-me.
- Sobre descobertas científicas.

Aluno: D

- Não.
- CSI, Investigação Criminal e Mentis Criminosas.
- Saber coisas sobre descobertas científicas

Aluno: E

- Sim, tenho.
- De livros, filmes e jogos. O que mais me marcou foi o jogo do Corpo Humano, que jogava quando era mais pequena, foi quando comecei a descobrir como era o meu corpo por dentro, fascinou-me imenso.
- Saber coisas sobre as descobertas científicas.

Aluno: F

- Algum.
- Através dos filmes. Vi a história de Galileu, a sua vida e que fez a descoberta do movimento da Terra.
- Gosto mais de saber coisas sobre descobertas científicas.

Aluno: G

- Sim, às vezes.
- Na TV.
- Sobre as descobertas científicas.

Aluno: H

- Tenho tido algum contacto com histórias desse tipo, contudo não sei as minhas preferidas.
- Livros e filmes.

- Gosto mais de saber coisas sobre descobertas científicas.

Aluno: I

- Às vezes, em programas ou desenhos animados, filmes.
- Filme, série e professor. A história de Copérnico.
- Sobre as épocas em que viveram e sobre as suas descobertas científicas.

Aluno: J

- Não.
-
- Descobertas científicas.

Aluno: L

- Sim.
- Através de documentários a possibilidade de ir a Marte.
- Descobertas científicas. Novos planetas. ET.

Aluno: M

- Não. Acho aborrecido. Não me interessa por ciência.
-
-

Aluno: N

- Não.
- Não.
- Nunca ouviu falar, por isso não sei.

Aluno: O

- Não.
- Filmes. CSI.

- Saber coisas sobre as descobertas científicas.

Aluno: P

- Não.
- CSI.
- Saber coisas sobre descobertas científicas

Aluno: Q

- Sim.
- Da televisão. Poder viver debaixo de água.
- Saber coisas sobre as descobertas científicas.

Aluno: R

- Nem por isso

Aluno: S

- Não.
- CSI, Investigação Criminal e Mentis Criminosas.
- Saber coisas sobre descobertas científicas

Aluno: T

- Sim.
- Ler livros e filmes. Uma história que me marcou foi uma pequena história sobre Sócrates, no livro “Personagens da História”.
- Um pouco de tudo porque tenho de situar as invenções no espaço e no tempo, e por quem foi feito.

Aluno: U

- Não.
-

-

Aluno: V

- Às vezes.
- Filmes. Lembro-me bem da história de Newton e da maçã que lhe caiu na cabeça, e interesse-me muito pela vida e obra de Leonardo Da Vinci.
- Saber coisas sobre as épocas em que viveram os cientistas.

Aluno: X

- Às vezes, mas nada de especial.
- CSI; Jogos de corpo humano.
- De épocas que viveram os cientistas.

Aluno: Z

- Não.
-
-

Data de realização:

19 e 20 de Janeiro de 2010

27 de Abril de 2010

<p>Como achas que trabalham os cientistas?</p> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
--

<p>Como é construído o conhecimento científico?</p> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>

Data de realização (legenda):

- Respostas dadas a 19 e 20 de Janeiro de 2010 (antes da aplicação da narrativa experimental)
- Respostas dadas a 27 de Abril de 2010 (depois da aplicação da narrativa experimental)

Respostas dos alunos:

Aluno: A

- Os cientistas fazem muitas experiências para tentar chegar a uma conclusão.
- Com experiências, o que leva os cientistas a ter muita paciência e amor à profissão.
- A Ciência permite-nos saber mais coisas acerca do universo e da natureza, e ajuda-nos a melhorar a nossa qualidade de vida. O conhecimento científico é construído com base na razão mas principalmente com base na experiência.
- Os cientistas baseiam o seu trabalho na razão, para comprovarem as suas ideias fazem experiências, assim têm mesmo a certeza que é real porque viram com os próprios olhos e tiram as próprias conclusões, como Ørsted.

Aluno: B

- O conhecimento científico é conhecido por cientistas, génios, biólogos...
- Estes pesquisam o mundo, tentam conhecer o mundo e explorar.

- Os cientistas trabalham em laboratórios com tecnologias avançadas a fazer experiências das quais tiram conclusões que são úteis na vida de hoje em dia.
- O conhecimento científico é muito complexo.

Aluno: C

- Faltou
- Eu penso que os cientistas trabalham arduamente sempre a querer descobrir mais e mais.
- O conhecimento científico é construído através de um trabalho de muitos cientistas e acumulação de conhecimento.

Aluno: D

- Nos laboratórios, com o equipamento adequado para cada situação.
- Com muita paciência porque tem que fazer diversas vezes a mesma experiência, para chegarem a uma conclusão.
- Desde os primórdios da Humanidade, o Homem sempre foi curioso e sempre quis conhecer um pouco mais, assim investigou. A Ciência arranja soluções para os problemas.
- Os Cientistas trabalham arduamente em sítios específicos, geralmente laboratórios. Estes conhecimentos foram conseguidos ao longo dos séculos (não foram em cinco dias). O avanço tecnológico permitiu este avanço científico.

Aluno: E

- No laboratório com produtos químicos.
- Os cientistas realizam estudos sobre os seres vivos e as doenças.
- Primeiro pensam, conversam com outros cientistas vão para o laboratório testar as suas ideias com materiais científicos como, baterias, fios, etc.
- A poder de muita paciência, pois têm de repetir várias experiências até perceberem as coisas da Natureza.

Aluno: F

- Para mim o conhecimento científico é feito em laboratórios com materiais como microscópios.

- Os cientistas precisam de explorar e arriscar a vida para descobrir algumas coisas, muitas descobertas científicas podem não ser verdade, algumas podem ser inventadas pelos cientistas para ficarem com o lucro.
- Com materiais científicos e estudo.
- O conhecimento científico não se constrói só por uma pessoa, constrói-se com várias pessoas.

Aluno: G

- Com os microscópios e com outros materiais.
- Fazendo experiências.
- A ciência como ramo que estuda assuntos científicos tenta descobrir respostas para as nossas questões. Ao longo dos anos a ciência foi-se desenvolvendo começando da estaca zero, a prática e o aperfeiçoamento da tecnologia levou ao desenvolvimento do conhecimento.
- Os cientistas para poderem encontrar as respostas necessitam de trabalhar em laboratórios e de instrumentos tecnológicos que os permitam descobrir as tão desejadas respostas como o Ørsted.

Aluno: H

- O conhecimento científico é adquirido por cientistas que estudam muito e muito inteligentes.
- Os cientistas trabalham em laboratórios com químicos.
- O conhecimento científico é adquirido ao longo do tempo, após muitas pesquisas e à custa do trabalho de uma equipa de cientistas.
- De forma regular, e com muita paciência, ou seja, repetir a mesma experiência muitas vezes e depois conversam com outros sobre o resultado.

Aluno: I

- Acho que tudo tem uma ciência. Digo isto, porque tudo tem uma maneira de ser, de se fazer. Mas só podemos provar que qualquer coisa tem uma “ciência”, através da experiência.
- O conhecimento científico tem evoluído muito nos últimos anos. Hoje há muito mais tecnologia.
- De forma regular, e com muita paciência, ou seja, repetir a mesma experiência muitas vezes.
- O conhecimento não tem fim, por isso, o conhecimento científico está sempre a ser construído, não é um trabalho fácil e exige muito empenhamento.

Aluno: J

- Acho que o conhecimento científico é um método que estuda novas substâncias, por exemplo novos medicamentos.
- Os cientistas para trabalhar experimentam substâncias e a partir dessas inventam novas.
- Trabalham em laboratórios, utilizando vários objectos para testar novas coisas e fazer novas descobertas.
- É construindo após vários anos de tentativas e vão-se acumulando a descobertas anteriores.

Aluno: L

- Trabalham com máquinas manhosas, como aceleradores de partículas, que os ajudam a descobrir mistérios.
 - Usam telescópios e observam o Universo.
- Faltou

Aluno: M

- Os cientistas trabalham com neutrões e protões, é um trabalho chato.
- Implica muito estudo.
- O conhecimento científico permite conhecer a natureza através da prática ou seja à medida que descobrimos certas coisas testamo-las para sabermos como funcionam.
- Os cientistas para mim fazem um trabalho muito paciente, têm que repetir muitas vezes a mesma coisa. Contribuem muito para a ciência.

Aluno: N

- Num laboratório com um quadro e muitos químicos.
- É preciso muito estudo e muita inteligência para descobrirem a cura de novas doenças.
- Como a ciência é tecnologia, desenvolvimento. O conhecimento científico é baseado no estudo das coisas da natureza.
- Acho que os cientistas trabalham em laboratórios de grande valor, trabalham com vários dispositivos e em conjunto.

Aluno: O

- Os cientistas trabalham em laboratórios onde fazem experiências, essas experiências são feitas com produtos encontrados na natureza.
- Fazendo experiências.
- O conhecimento científico começa por uma pergunta uma ideia, como por exemplo porque se move a agulha magnética. A partir daí tudo se desenvolve através da observação e também da experiência até aos dias de hoje. Com muita paciência, porque é preciso tempo e concentração
- Os cientistas trabalham a partir principalmente da observação e da experiência, então constroem instrumentos, a partir daí novas ideias que originam novos trabalhos. Os cientistas trabalham muito concentrados para não se distraírem.

Aluno: P

- No laboratório, com aparelhos especiais para o seu ambiente de trabalho.
- Com pesquisas alargadas e também curiosidade.
- Como a ciência é um estudo efectuado por pessoas interessadas pela natureza e o que ela esconde os cientistas procuram sempre respostas para as suas perguntas, como por exemplo a relação entre electricidade e magnetismo.
- Normalmente trabalham em laboratórios onde através de pesquisas, experiências e até tentativas falhadas, nem sempre se pode ter sucesso. Há cada vez mais pessoas interessadas pela Ciência e em procurar novas descobertas.

Aluno: Q

- Faltou
- Testando hipóteses, descobrindo a Natureza.
- Com muito estudo, trabalho, paciência, dedicação e ajuda de muitos cientistas.

Aluno: R

- Os cientistas trabalham em equipas com experiência.
- É construído através das experiências e descobertas dos cientistas.
- Só se consegue obter novos conhecimentos a partir das ideias da experiência e da observação. Cada cientista na minha opinião tem uma ideia definida na sua cabeça e a seguir

tenta obter uma confirmação. Essa confirmação só se consegue com estudo e muito trabalho.

Aluno: S

- Faltou
- Como a ciência é a “arte” de conhecer, o conhecimento científico sofre alterações devido a prática mas também devido a novas descoberta.
- Os cientistas realizam experiências de modo a comprovar os fenômenos naturais. Esse estudo é realizado em grupos de cientistas todos juntam o seu pensamento. Com muita paciência e atenção, para as experiências correrem bem.

Aluno: T

- Ao longo dos anos fui aprendendo novos conceitos sobre a Ciência. Mas afinal o que é a Ciência?
- O conhecimento científico é uma técnica experimental que serve para descobrir coisas.
- Os cientistas trabalham nos laboratórios arduamente e pacientemente para chegar a uma conclusão.
- O conhecimento científico é construído ao longo de vários anos de estudo e trabalho sistematizado.

Aluno: U

- O conhecimento científico baseia-se fundamentalmente nas provas experimentais que os cientistas fazem.
- O trabalho dos cientistas é feito nos laboratórios bem equipados com muitos aparelhos e reagentes.
- Fazem experiências duvidam de tudo e exigem provas para todas as teorias.
- Constrói-se ao longo do tempo, com a passagem de vários cientistas, com o desenvolvimento da tecnologia e do conhecimento.

Aluno: V

- Num laboratório a fazer experiências.
- Com curiosidade pois sem curiosidade não há vontade para testar hipóteses.

- O conhecimento científico é construído, na minha opinião através da prática, da experiência e de alguma teoria. Pois se não houvesse teoria não se podia passar tão facilmente à prática.
- Quem estuda fundamentalmente são os cientistas, criam uma teoria e fazem experiências de maneira a comprovar que a teoria está certa.

Aluno: X

- Trabalham em laboratórios com outros cientistas com vários aparelhos para descobrirem coisas novas.
- Com várias experiências e descobertas.
- A ciência é uma disciplina, um método que nos permite dar a conhecer muito do que a Natureza e o planeta nos tem para “oferecer”. É uma disciplina que tem vários parâmetros, as ciências naturais, as ciências tecnológicas etc. A ciência tem acompanhado o Homem durante toda a história, como por exemplo, quando o homem ao friccionar duas pedras deu origem ao fogo, mas claro que não foi logo naquele instante foi preciso muito treino, ou seja, foi preciso alguma experiência. A experiência é uma das causas para o desenvolvimento do conhecimento científico, como também a razão e o conhecimento. Quem estuda a ciência são os cientistas que trabalham de acordo com algumas teorias e conhecimentos que se foram divulgando durante a história até aos dias de hoje. Para facilitar os seus estudos existem equipamentos especializados para os efeitos.

Aluno: Z

- É um trabalho um bocado “chato” porque tem que se estudar muito.
- É construído por vários cientistas e ...
- Esta pergunta é um pouco complicada, mas acho que o conhecimento científico tem vindo a ser adquirido ao longo dos séculos.
- Os cientistas para trabalhar necessitam de laboratórios e de estudar muito.

**ANEXO II – A EXPERIÊNCIA DE ØRSTED NOS MANUAIS
ESCOLARES (SÉC. XIX – SÉC. XXI)**

Manual A – *Traité Élémentaire de Pysique de A Ganot* – 1857

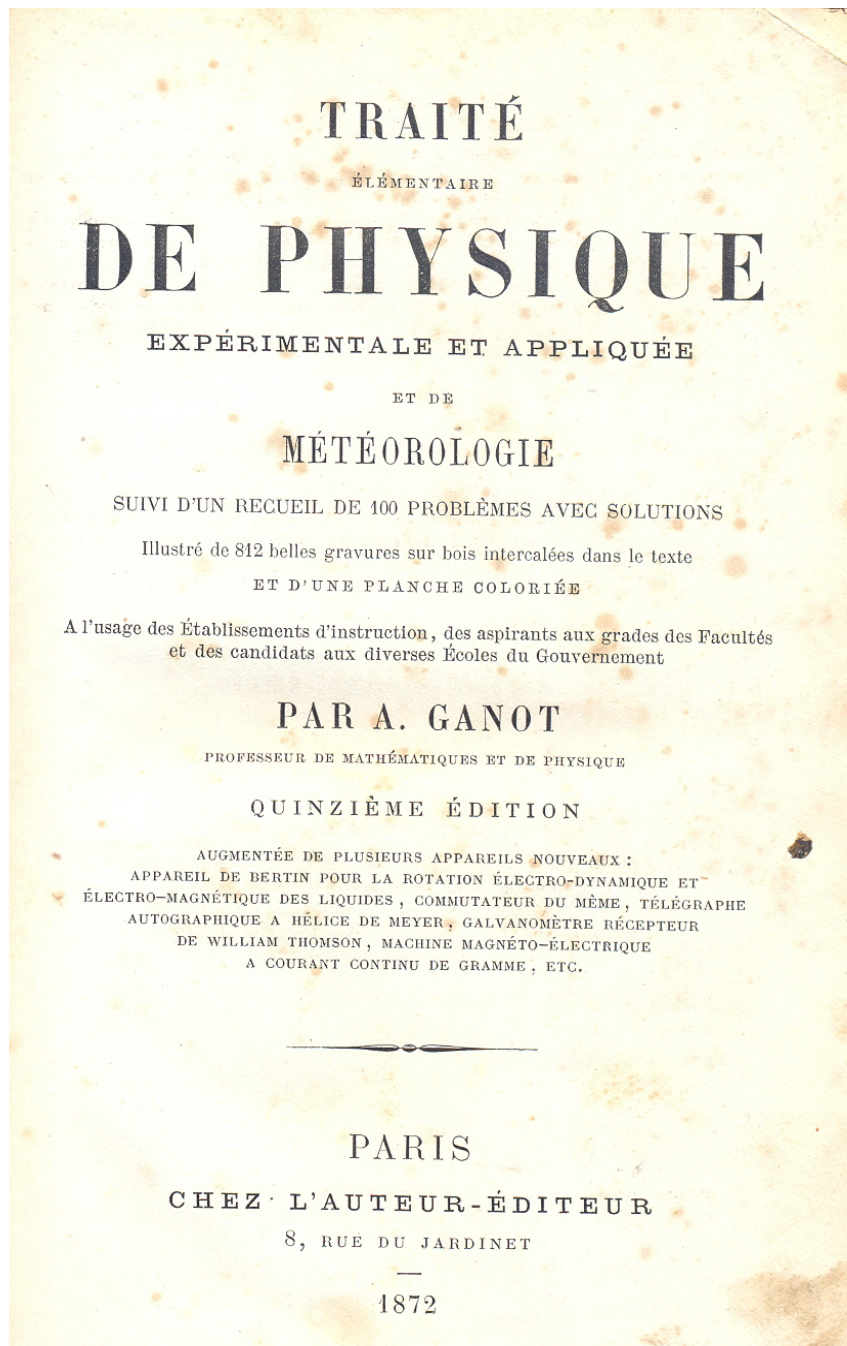


Figura AII.1: Imagem do frontispício do livro de *Ganot*.

No estudo do electromagnetismo Ganot começa por descrever que a acção das correntes eléctricas sobre ímanes é referida como a descoberta do físico dinamarquês, Ørsted, em 1819. Diz Ganot que:

“ce phénomène devint bientôt, entre les mains d’Ampère et de Faraday, la source d’une branche nouvelle de la physique, qui sera décrite plus loin sous le nom d’electromagnetisme”
(Ganot, 1857, p. 733).

Propõe a repetição da experiência fazendo uma breve explicação do procedimento, que ilustra com uma gravura, Figura AII. 2, que reforça o desvio de uma agulha magnética e não o conjunto de experiências.

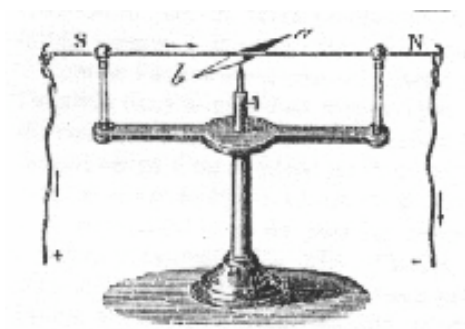


Figura AII.2: Imagem que ilustra a Experiência de Ørsted. Fonte: Ganot (1857, p. 733).

Descreve a constituição e o princípio de funcionamento do galvanómetro e ilustra a explicação com uma gravura. Passa para a explicação das interacções entre correntes, explica e define um solenóide. Descreve fenómenos de atracção repulsão entre solenoides mantendo a metodologia de ilustrar as explicações com gravuras. O funcionamento e constituição dos electroímanes são descritos com bastante pormenor. O autor refere que se fazem estudos com vista a aumentar a potência dos electroímanes e embora os resultados não sejam conclusivos, apresenta algumas condições.

Dá exemplos das aplicações práticas do fenómeno estudado como a descrição do funcionamento dos telégrafos eléctricos (com uma explicação muito pormenorizada), máquina de Clarke, bobina de Ruhmkorff, motores eléctricos, relógios eléctricos.

Faz referência ao trabalho desenvolvido por Faraday e de outros cientistas que contribuíram com os seus trabalhos para o estudo do electromagnetismo e da indução

electromagnética, tais como: Arago, Babbage, Henry, Ruhmkorff, Lenz, Foucault, Becquere.

Manual B – Tratado de Física Elementar de Francisco Ribeiro Nobre 1907

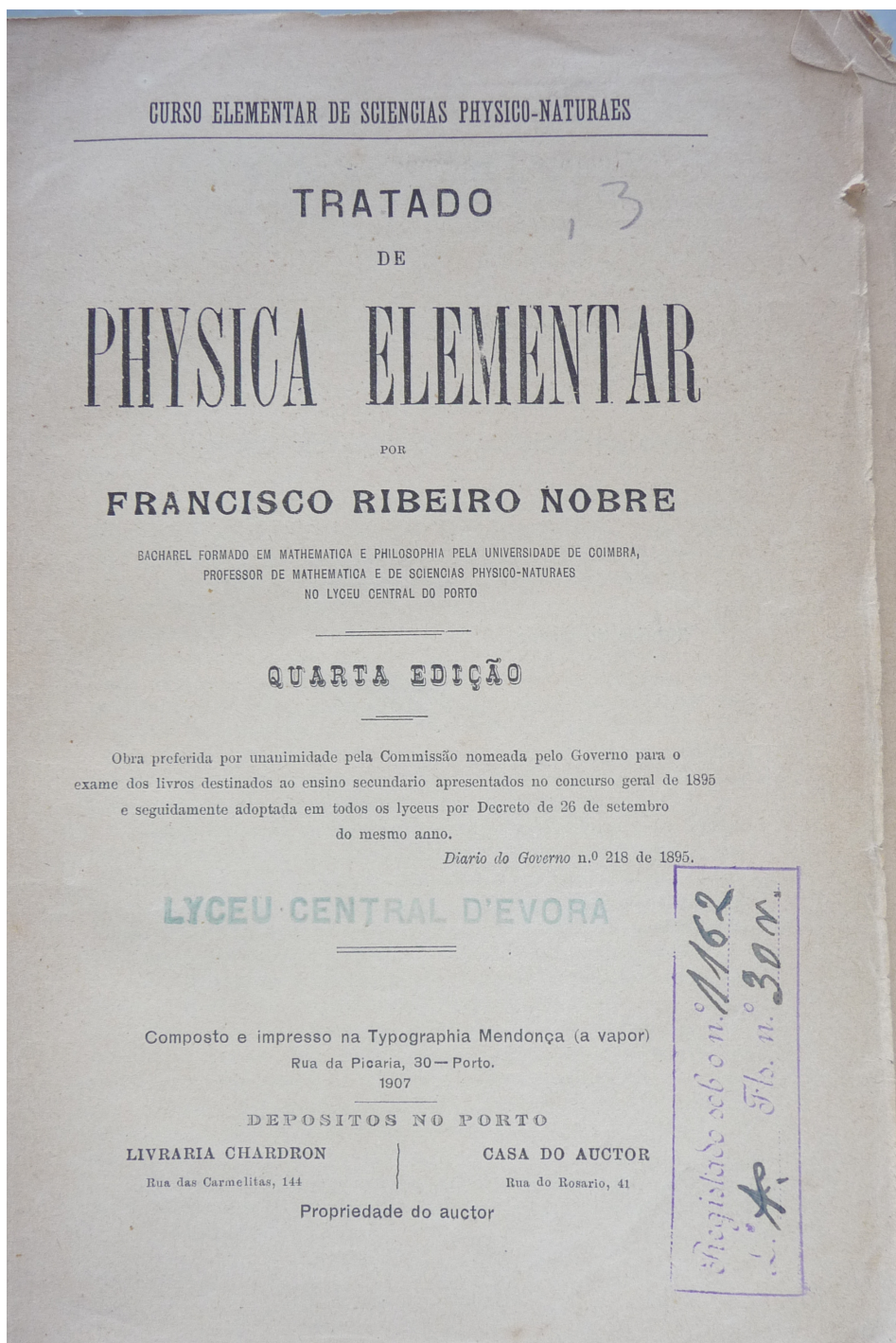


Figura AII.3: Imagem do frontispício do livro de Francisco Nobre.

Francisco Nobre introduz o estudo do electromagnetismo referindo que o fenómeno teve “origem” na experiência de Ørsted, realizada em 1820.

Explica a experiência referindo que:

“No plano do meridiano magnético colloca-se um fio metálico SN (fig. 627) parallelamente a uma agulha magnética, móvel sobre um eixo vertical e em equilíbrio; a agulha pode ficar por cima ou por baixo do fio – Fazendo passar uma corrente eléctrica no fio, a agulha desvia-se da direcção do meridiano magnético ora n`um sentido ora n`outro segundo a corrente passa por cima ou por baixo da agulha, tendendo sempre a collocar-se em cruz com a corrente; o sentido da corrente, e o seu desvio é tanto maior quanto mais intensa é a corrente, porém só correntes bastante intensas chegam a orientar a agulha perpendicularmente à corrente.” (Nobre, 1907, p. 619).

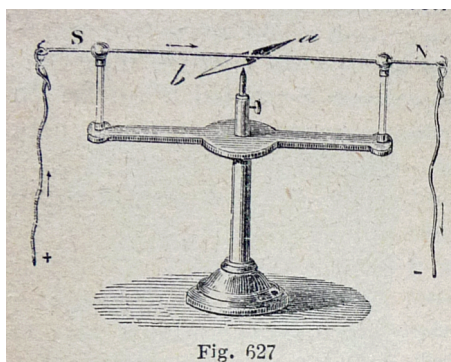


Figura AII.4: Ilustração da Experiência de Ørsted. Fonte: Nobre (1907, p. 619).

Ilustra a experiência apresentando uma figura igual à do livro de Ganot (Figura 2.8). Refere, ainda que conhecido o sentido da corrente facilmente se determina o desvio da agulha magnética pela regra de Ampère que passa a enunciar:

“Quando uma corrente electrica passa na vizinhança d`uma agulha magnética móvel, o pólo austral da agulha magnetica é sempre desviado para a esquerda da corrente. Para se definir a esquerda da corrente suppõe-se um observador deitado na corrente, de maneira que esta lhe entre pelos pés e saia pela cabeça, devendo o observador conservar-se sempre com o rosto voltado para a agulha (fig. 628); a esquerda do observador n`esta posição é a esquerda da corrente” (Nobre, 1907, p. 620).

Também a ilustração desta descrição é feita com recurso a uma gravura igual à de Ganot, Figura AII.5.

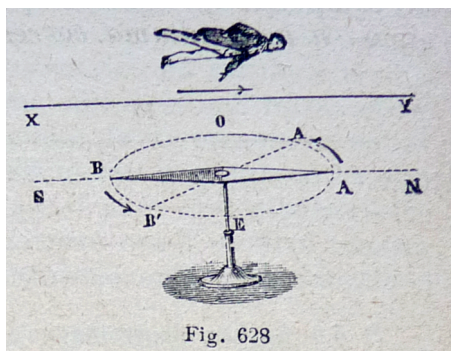


Figura AII.5: Ilustração da regra de Ampère. Fonte: Nobre, 1907, p. 620).

O campo magnético criado por um condutor eléctrico percorrido por corrente é comparado ao de um íman, é apresentada uma descrição e feita referência à forma de o visualizar, ilustrando o processo com recurso a gravuras.

Enunciada a Lei de Biot e Savart são descritas, com algum pormenor, as interacções de correntes sobre ímanes e de ímanes sobre correntes; é apresentada a definição de um solenóide e explicada a sua interacção com correntes e entre solenoides (comportamento semelhante ao da interacção entre ímanes). Enunciadas as Leis de Ampère e mais uma vez as ilustrações são semelhantes às de Ganot. A Teoria de Ampère sobre o magnetismo também é apresentada e todas as explicações são pormenorizadas e acompanhadas por imagens e esquemas que tentam enriquecer a explicação.

Os fenómenos de magnetização temporária e permanente são explicados, passando-se para a explicação pormenorizada do electroíman, que é ilustrado por uma imagem já utilizada por Ganot, sendo a explicação do fenómeno também muito próxima da apresentada por Ganot.

O autor mostra alguma preocupação na apresentação de exemplos de aplicações práticas do fenómeno. Explica o funcionamento de campainhas e telégrafos. A explicação dos fenómenos de indução é próxima da explicação apresentada no livro de Ganot. De notar a referência que Nobre faz às diferentes máquinas de indução, às gravuras que ilustram esses equipamentos e a referência à beleza das descargas nos tubos de Geissler.

Manual C – *Elementos de Física Geral* de Álvaro R. Machado 1924

Álvaro Machado começa por fazer a distinção entre “electro-dinâmica” (...) “estudo das acções mútuas entre correntes” e “electro-magnetismo” (...) “estudo análogo das acções de correntes sobre magnetes” (Machado, 1924, p. 191).

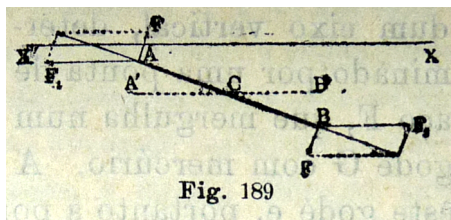


Figura AII.6: Representação esquemática da Experiência de Ørsted. Fonte: Machado, (1924, p. 191).

Ao iniciar a descrição refere que o electromagnetismo

“tem por base a experiência de Oersted (1820), que se pode repetir com a disposição da figura 189 (...)” (Machado, 1924, p. 191)..

O autor prossegue a explicação

“...fazemos passar corrente eléctrica no fio XX’, a agulha desvia-se “da posição de equilíbrio para outra AB, ficando o pólo norte a esquerda da corrente, segundo à regra de Ampère” (p. 191).

Faz-se referencia ao campo magnético e ao processo de o visualizar (Figura 2.11). No livro pode ler-se:

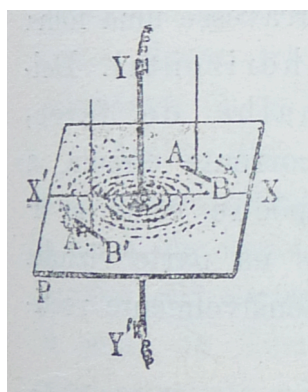


Figura AII.7: Visualização do campo magnético. Fonte: Machado (1924, p. 196).

“Tomemos um cartão horizontal P (fig. 198) e atravessemo-lo por um fio grosso de cobre YY’, ligado aos reóforos duma pilha. Se fizermos passar uma corrente bastante intensa no fio YY’ e

deitarmos limalha de ferro sobre o cartão, obtém-se um espectro magnético, no qual as partículas de ferro, como pequenos magnetes, se orientam em circunferências concêntricas, cujos planos são perpendiculares à direcção da corrente; estas circunferências figuram as linhas de força (...)” (Machado, 1924, p. 196).

Para indicar o sentido das linhas de força, apesar de referir a regra de Ampère, enuncia também a regra de Maxwell, “Regra do saca-rôlhas” de Maxwell (Machado, 1924, p. 197).

Manual D – Curso de Física de José Augusto Teixeira de 1960

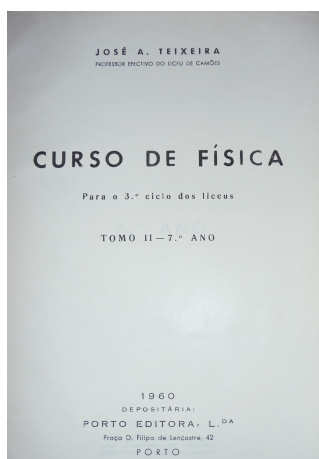


Figura AII.8: Frontispício do manual de J. Teixeira 1960.

José A. Teixeira inicia o estudo do electromagnetismo (acções entre magnetes e correntes) referindo que “Toda a corrente eléctrica cria à sua volta um campo magnético. Isto prova-se com a experiência de Oersted” (Teixeira, 1960, p. 248), referindo que já é conhecida do 5º ano. Indica que “as características do campo criado dependem, entre outros factores, da forma do circuito” (Teixeira, 1960, p. 248). Explica três casos típicos, para além da corrente rectilínea, a circular e a solenóide. O sentido é explicado recorrendo à imagem do “observador de Ampère”, representada na Figura AII.9:

“...um observador deitado ao longo da corrente, de modo que esta lhe entre pelos pés e saia pela cabeça (...), elas giram da sua direita para a esquerda (fig. 117).” (Teixeira, 1960, p. 249).

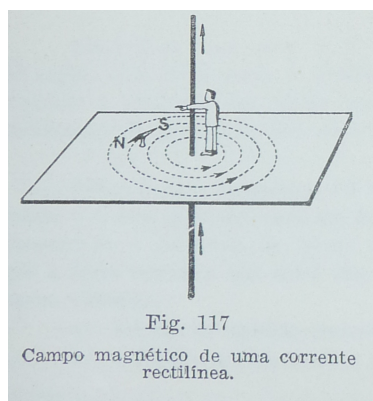


Figura AII.9: Campo criado por uma corrente rectilínea. Fonte: Teixeira (1960, p. 249).

Para cada caso, explica o sentido e direcção das linhas de força do campo magnético, recorrendo a figuras que ilustram o texto. Faz referência à regra de Ampère para explicar o sentido, mas enuncia a regra de Maxwell:

“O sentido das linhas de força é o da rotação de um saca-rolhas disposto segundo a corrente de modo que progrida no sentido desta” (Teixeira, 1960, p. 248).

Opta pela mesma sequência de conteúdos, os esquemas e o texto explicativo tornam-se mais claros.

Explica solenóides e as suas propriedades, introduz o electroíman. Aborda os galvanómetros, voltímetros, amperímetros e wattímetros. Fazendo referência, não só ao seu princípio de funcionamento como ainda ao modo como se devem ligar.

Os fenómenos de indução são também explicados e José A. Teixeira dedica meia página, a Faraday, apresentam-se alguns dados biográficos e refere-se a contribuição deste cientista:

“ Faraday desenvolveu (...) um labor científico assombroso de tal modo que, quando chegou ao fim da sua vida, legava à Física descobertas da mais alta importância...” (Teixeira, 1960, p. 25).

Manual E – FQ 8 Física, Ciências Físico-Químicas, 8º ano (Faria et al., 1982)

Este manual é todo ele organizado em torno dos fenómenos eléctricos e magnéticos. Dividido em seis unidades didácticas, cada uma delas começa com uma página onde se apresenta o cientista que está directamente relacionado com o fenómeno que se descreve e com uma frase, na maioria das vezes reportando-se ao cientista como na Figura AII.10.

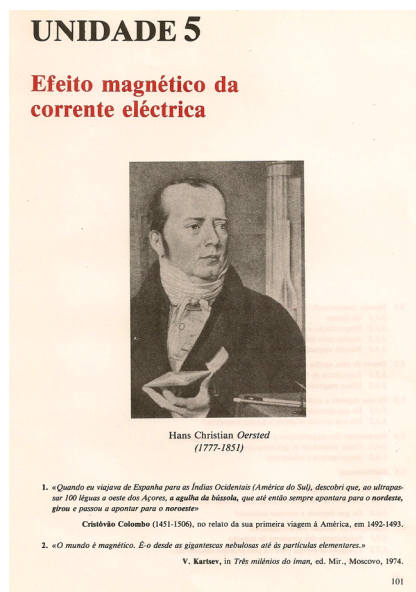


Figura AII.10: Página inicial do Capítulo dedicado ao Efeito magnético da corrente eléctrica. Fonte: Faria et al. (1982, p. 101).

A unidade onde é abordada a experiência de Ørsted é designada por “Efeito magnético da corrente eléctrica”. Inicia-se o tema, fazendo introdução histórica à descoberta do magnetismo, desde os gregos até às experiências de Gilbert⁵⁰. Explicam-se ímanes, tipos de magnetização, distinguem-se pólos, referem-se forças magnéticas explica-se o campo magnético, magnetismo terrestre e a declinação magnética e ensina-se a construir uma bússola. Todas as explicações são acompanhadas por gravuras.

A experiência de Ørsted é explicada com vários pormenores recorrendo, a uma linguagem muito clara. As diferentes fases da explicação são acompanhadas de esquemas e é feita referência a pequenos elementos históricos, como a descoberta da pilha de Volta e a aspectos biográficos de Ørsted.

Propõe-se a repetição da Experiência apelando à utilização de materiais simples e apresenta-se o esquema de montagem que ilustra a descrição Figura AII.11. No entanto um pouco mais à frente referem-se à montagem como “dispositivo clássico da experiência de Ørsted” (Faria e tal., 1982, p.112), não por representar a montagem usada por Ørsted, mas por ser o dispositivo didáctico tradicional do estudo do efeito magnético da corrente.

⁵⁰ William Gilgert (1544-1603) foi médico influente, tendo servido como médico-chefe da Rainha Isabel I. Fez os primeiros estudos sistemáticos sobre a magnetite e o âmbar. Resumiu as suas conclusões no livro *De Magnete*.

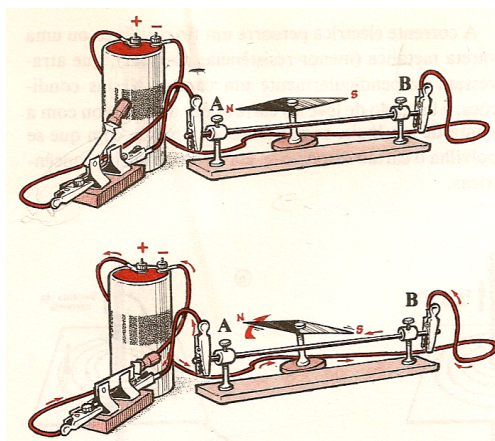


Figura AII.11: Esquema de montagem da Experiência de Ørsted.
Fonte: Faria et al. (1982, p. 111).

São propostos cinco ensaios que permitem relacionar a declinação da agulha com:

- Variação da intensidade da corrente eléctrica.
- Sentido da corrente eléctrica.
- Posição da agulha relativamente ao fio (paralelamente ou perpendicularmente).
- Variação da distância entre a agulha e o fio.
- Substituição do fio rectilíneo por um conjunto de espiras.

Propõe-se a visualização do Espectro magnético criado pela corrente eléctrica com recurso à montagem que se esquematiza na Figura AII.12.

Introduz-se a regra do observador de Ampère, mas não lhe é feita nenhuma referência histórica (essa referência foi feita num capítulo anterior). Descreve-se o funcionamento dos galvanómetros, electroímans e os fenómenos de indução. As aplicações práticas do fenómeno abordado, passam pela explicação do motor eléctrico e do gerador electromagnético aplicado a uma esquematização do funcionamento de uma barragem com o qual finalizam a unidade. Ao longo do texto são formuladas questões e apresentadas respostas.

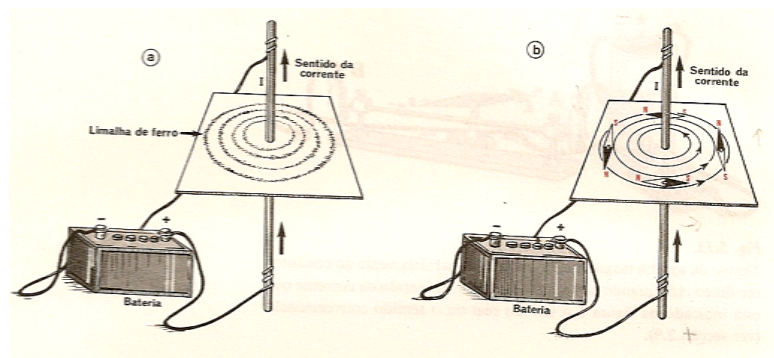


Figura AII.12: Visualização do Espectro magnético. Fonte: Faria et al., (1982, p. 111).

Manual F – Física em Temas 8º ano (A. Martins, 1996)

O fenómeno magnético é abordado na sequência da explicação do funcionamento das centrais eléctrica e dispositivos como dínamos e alternadores vão surgindo ao longo da explicação. A necessidade de explorar o conteúdo “Electromagnetismo” é introduzida com uma questão que irá orientar a exploração do conteúdo

“Qual é a natureza da relação entre electricidade e magnetismo ou por que é que se usam ímanes para produzir corrente eléctrica e vice-versa? O que é um electroíman?” (Martins, 1996, p. 76)

Nesta sequência explicam-se os ímanes fazendo uma breve referência histórica à descoberta do magnetismo, distinguem-se ímanes permanentes de temporários.

Introduz-se o electromagnetismo referindo a Experiência de Ørsted (1819) com uma pequena explicação apoiada por uma fotografia do aparato experimental, supostamente, utilizado por Ørsted representadas na Figura AII.13.

A conclusão, retirada por Ørsted, é descrita como consequência da observação do desvio da agulha. Apesar de um pouco mais à frente se referir que estudos sistemáticos de Ørsted e de outros cientistas demonstraram que “a passagem de corrente eléctrica cria sempre um campo de interacções magnéticas.” (A. Martins, 1996, p. 79).



Figura AII.13: Experiência de Ørsted. Fonte: A. Martins (1996, p. 79).

A descrição da Experiência é acompanhada de uma fotografia cuja legenda apresenta regra associada ao desvio da agulha magnética, Figura AII.14.

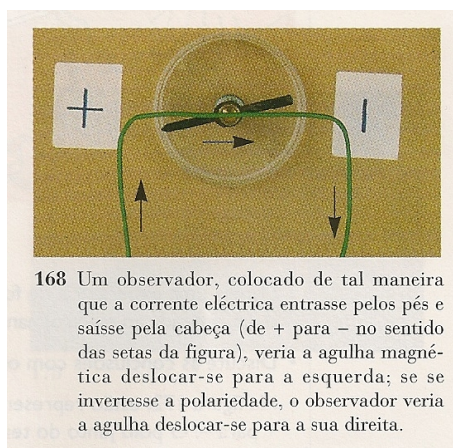


Figura AII.14: Desvio da agulha magnética. Fonte: A. Martins (1996, p. 79).

Apresentam-se uma breve descrição das aplicações práticas deste fenómeno e a importância da descoberta de Ørsted é enfatizada, como os electroímans e propõe-se uma actividade laboratorial para a sua construção. Complementado ainda pelos disjuntores, relés, aborda-se o fenómeno de indução electromagnética, com uma pequeníssima referência a Faraday (nome e data), descrevendo-se o funcionamento de transformadores e *pacemakers*.

Finaliza-se a unidade apresentado aplicações práticas dos efeitos da corrente eléctrica, o nome de Ørsted é novamente referido associado ao efeito magnético da corrente. Enaltece-se a descoberta referindo que “este efeito, descoberto pelo Dinamarquês Ørsted, é um dos

efeitos mais importantes e com mais aplicações no mundo da tecnologia.” (A. Martins, 1996, p. 91). Dão-se vários exemplos práticos (altifalantes, microfones, motores eléctricos) e mostram-se duas figuras que esquematizam o secador e o aspirador.

Manual G – 9 CFQ: Viver Melhor na Terra, Ciências Físico-Químicas 9º ano (Fiolhais et al., 2008)

Neste manual a apresentação sequencial dos conteúdos não difere da sequência adoptada por outros autores. O efeito magnético da corrente é referido como mais um dos efeitos. Não é feita qualquer referência a Ørsted ou ao seu trabalho. Limitando-se à seguinte descrição:

“O efeito observa-se quando junto a um circuito se coloca uma agulha magnética (Fig. 2.54): ela desvia-se quando passa corrente no circuito (a agulha deve estar colocada paralelamente ao fio eléctrico). Se se inverter a ligação nos pólos da pilha, inverter-se-á o sentido da corrente e a agulha sofre um desvio em sentido contrário.

Esta observação mostra que a corrente eléctrica cria um campo magnético à sua volta. Ou seja, tanto os ímanes como as correntes eléctricas criam campos magnéticos.” (Fiolhais et al., 2008, p. 113)



Fig. 2.54 Efeito magnético da corrente eléctrica.

Este efeito constitui a base do funcionamento de vários aparelhos eléctricos.” (Fiolhais et al., 2008, p. 113).

No subtema “Sistemas Eléctricos e Electrónicos” quando se abordam os “Fenómenos eléctricos e suas aplicações”, os autores começam por definir força magnética e campo magnético, partindo de imagens que ilustram a atracção de pregos por um íman e a

disposição da limalha de ferro em torno do íman. Os fenómenos electromagnéticos são introduzidos referindo que no século XIX o efeito magnético da corrente veio mostrar que, não são só os ímanes a criar campos magnéticos, a corrente eléctrica também cria um campo magnético à sua volta. Segue-se uma breve referência ao funcionamento do electroíman (com auxílio de uma imagem) referindo que se uma corrente eléctrica produz um campo magnético, então o oposto também se verificará. A descoberta de Faraday é descrita como sensacional e a referência a elementos históricos limita-se a uma imagem com uma pequena legenda.

É sugerida a construção de um electroíman rudimentar seguindo-se a apresentação do galvanómetro, do fenómeno de indução electromagnético, dos alternadores e dínamos como consequência da resposta a uma questão “Como se produz a corrente alternada que chega às nossas casas?” (Fiolhais et al., 2008, p. 121).

Manual H – *Eu e o Planeta Azul: Viver Melhor na Terra, Ciências Físico-Químicas* 9º ano (Maciel et al., 2008)

As autoras deste manual optam por fazer referência ao efeito magnético da corrente eléctrica com um dos exemplos dos efeitos da corrente e apresentam os electroímans como exemplo da aplicação prática deste efeito, contudo referem que mais à frente explicam o seu funcionamento. Como nos manuais deste ano de outras editoras, os efeitos da corrente eléctrica antecedem o capítulo do electromagnetismo.

O estudo do electromagnetismo inicia-se fazendo uma pequena introdução que inclui alguns elementos históricos referentes às primeiras ideias sobre magnetismo, Ørsted e aplicações práticas do fenómeno que irá ser abordado.

Passa-se à distinção entre ímanes naturais e artificiais. Noção de pólo norte e pólo sul e às atrações e repulsões. Define campo magnético e a sua visualização faz-se através da interação do íman com limalha de ferro e de bússolas e apresenta-se uma imagem, Figura: AII.15.

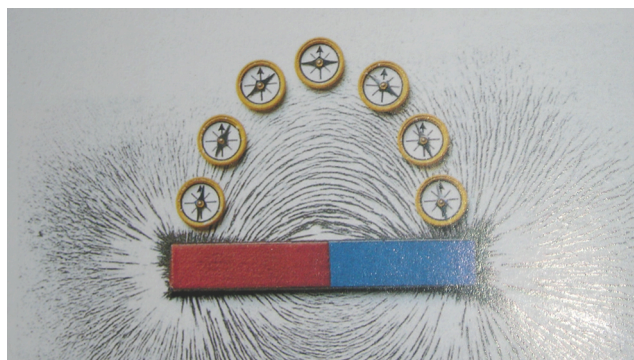


Figura AII.15: Visualização do campo magnético criado por um íman. Fonte: Maciel et al. (2008, p. 120).

Menciona-se novamente o efeito magnético da corrente na sequência da explicação do campo magnético criado por uma corrente eléctrica. É interessante verificar que este manual para além de uma imagem da Figura AII.16 ilustrar o aparato da verificação experimental do fenómeno, apresenta uma imagem que pretende representar a Experiência realizada por Ørsted em 1820, Figura AII.17.

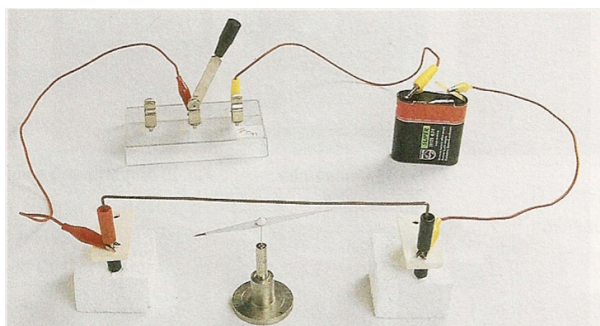


Figura AII.16: Verificação experimental do efeito magnético da corrente. Fonte: Maciel et al. (2008, p. 121).



Figura AII.17: Imagem que pretende ilustrar a experiência realizada por Ørsted. Fonte: Maciel et al. (2008, p. 121).

Na explicação da Experiência é feita referência à relação entre o desvio da agulha e a:

- passagem ou não de corrente no fio condutor;
- variação do sentido da corrente;
- variação da intensidade da corrente;
- variação do comprimento do fio;
- variação da distância entre a agulha e o fio condutor.

Os electroímãs e o funcionamento de alguns equipamentos do nosso dia-a-dia também se encontram descritos sempre com um suporte visual, geralmente fotografias.

Os fenómenos de indução electromagnética são também referidos com algum pormenor e é feita uma pequena referência biográfica a Faraday (sempre na mesma linha dos manuais analisados). Explica-se o funcionamento dos dínamos e alternadores, e dá-se algum relevo à produção e distribuição da corrente eléctrica.

Manual I – Terra.lab: Viver Melhor na Terra, Ciências Físico-Químicas 9º ano (Rebello & Rebello, 2008)

A sequência temática deste manual é diferente da apresentada nos manuais já analisados. Não é feita uma abordagem isolada dos efeitos da corrente eléctrica. Sendo o efeito magnético da corrente tratado quando é abordado o tema do electromagnetismo. Estes autores optaram por iniciar o tema falando em campo eléctrico (cargas eléctricas), e em grandeza vectorial, introduzem a noção de campo magnético:

“ Um campo magnético é uma grandeza vectorial. Os ímanes são uma fonte de campo magnético.” (Rebello & Rebello, 2008, p. 223).

Esta definição é ilustrada por um esquema onde estão representadas as linhas de campo criadas por um íman. Explica-se o funcionamento de uma bússola e passa-se à análise do efeito magnético da corrente.

É feita uma pequena referência a Ørsted, salientando-se o carácter aparentemente accidental da experiência e referem a relação do campo magnético com o sentido da corrente e com a intensidade da corrente. A breve explicação que é dada da experiência é ilustrada por uma imagem representada na Figura AII.18.

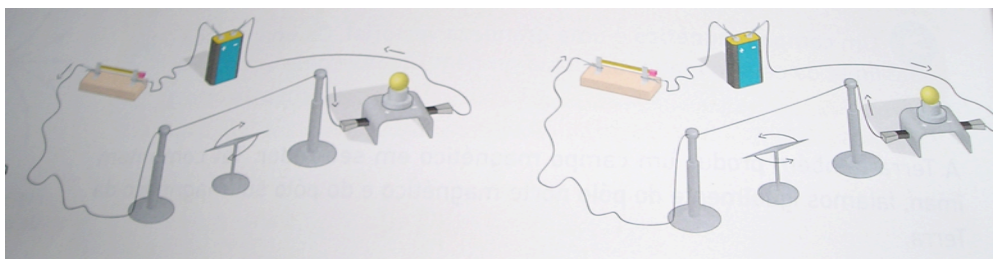


Figura AII.18: o sentido da passagem de corrente eléctrica determina o sentido do campo magnético. Fonte: legenda original, Rebello & Rebello (2008, p. 224).

Não são referidas mais aplicações práticas do fenómeno para além do electroíman. Passa-se ao estudo da indução electromagnética, mas Faraday não é mencionado.

Manual J – (CFQ)₉: Viver Melhor na Terra, Ciências Físico-Químicas 9º ano (Silva et al., 2008)

Os autores deste manual optam por iniciar o estudo do efeito magnético da corrente referindo que o magnetismo (designação que é explicada numa caixa de texto que aparece como “*Sabias que?*”, fora do corpo de texto) se encontra presente em vários objectos do dia-a-dia e dão alguns exemplos. A ilustração desses exemplos é feita recorrendo a uma fotografia.

A introdução do efeito magnético da corrente é feita na sequência de um pequeno texto:

“Para além do magnetismo natural que determinados materiais possuem, o magnetismo pode ser detectado quando se coloca uma bússola nas proximidades de um fio condutor que está a ser atravessado por uma determinada corrente eléctrica: verifica-se que a agulha da bússola oscila, o que indica a presença de magnetismo.

Este efeito tem algumas aplicações, nomeadamente, nas campainhas eléctricas e nos motores eléctricos.” (Silva, 2008, p. 108).

Que se acompanha pela imagem representada na Figura AII.19.

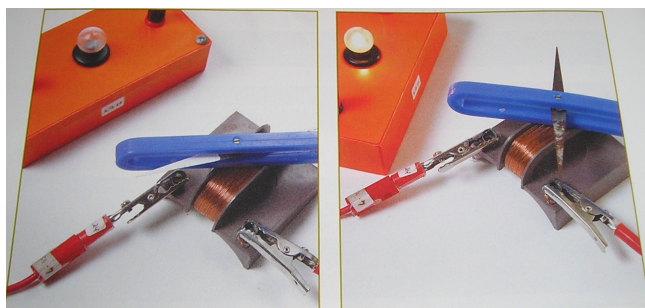


Figura AII.19: Montagem experimental que permite identificar o efeito magnético da corrente eléctrica. Fonte: Silva et al. (2008, p. 108).

A alusão a Ørsted é feita, duas páginas à frente, no início do estudo do electromagnetismo, referido que está na base do funcionamento de:

“... grande parte dos avanços tecnológicos ocorridos no século XX, tendo sido descoberto acidentalmente, em 1819, pelo físico holandês Hans Christian Ørsted (1777-1851). A

experiência realizada por este físico comprovou a relação entre uma corrente eléctrica e a existência de fenómenos magnéticos.” (Silva, 2008, p. 111).

A ilustração do texto é feita pela Figura AII.20.

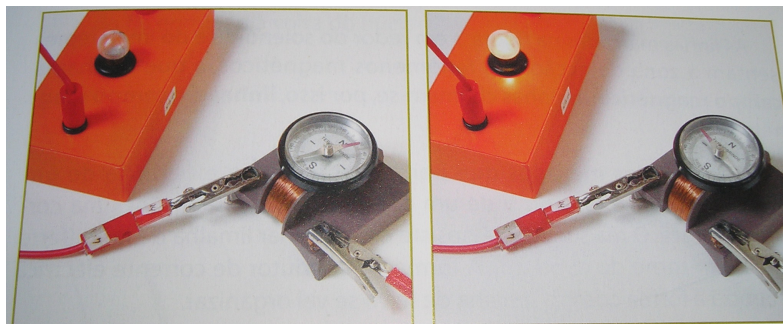


Figura AII.20: Reprodução da experiência de Ørsted. Fonte: legenda original, Silva et al. (2008, p. 111).

Após, pequena a abordagem a Ørsted apresenta-se uma imagem que permite visualizar o campo magnético criado em torno de um condutor atravessado por corrente eléctrica.

Propõe-se a construção de um electroímã, relacionando o número de espiras e a tensão da pilha com a quantidade de material capaz de atrair. Os fenómenos de indução aparecem como resposta a uma pergunta que terá surgido em sequência do estudo dos fenómenos electromagnéticos. É mencionado Faraday e são apresentados exemplos de aplicações no dia-a-dia como dínamos, alternadores e motores eléctricos, sendo dada especial atenção à explicação da produção e distribuição da electricidade.

Manual K – Física e Química na Nossa Vida – Física 9: Viver Melhor na Terra, Ciências Físico-Químicas 9º ano (Rodrigues & Dias, 2008)

Á semelhança de outros manuais inicia o tema do electromagnetismo, na sequência do estudo do efeito magnético da corrente. A breve descrição é complementada por uma figura e são referidas algumas aplicações dos efeitos observados.

O tratamento do tema do electromagnetismo é semelhante ao dado por outros manuais. É feita a distinção entre ímanes naturais e artificiais, pólo norte e pólo sul e a atracção e repulsão entre pólos. Define campo magnético e a sua visualização é feita através da interacção do íman com limalha de ferro.

Um dos subtemas, no entanto, é intitulado “A experiência de Oersted” (Rodrigues & Dias, 2008). Aparecendo pela primeira vez com algum destaque. Começa com uma descrição muito breve da Experiência complementada com uma imagem, Figura AII.21, que descreve a declinação da agulha magnética em função do sentido da corrente eléctrica.

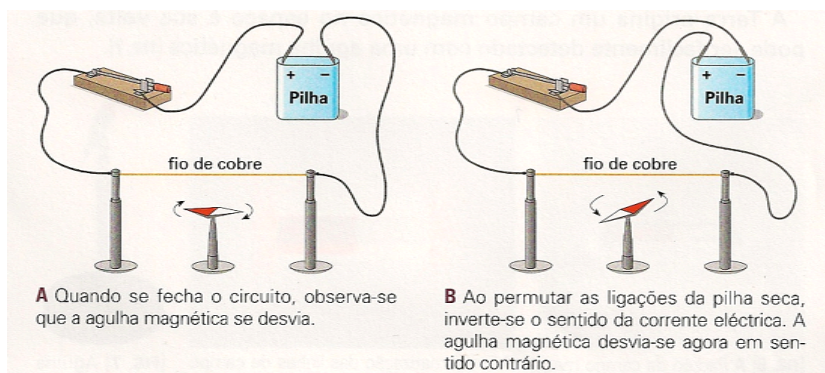


Figura AII.21: Detecção do campo magnético induzido por uma corrente eléctrica. Fonte: Rodrigues & Dias (2008, p.122).

Os poucos elementos históricos referidos são remetidos para fora do corpo de texto como se mostra na Figura AII.22.



Figura AII.22: Referência histórica a Ørsted. Fonte: Rodrigues & Dias (2008, p.123).

É referido que este efeito magnético da corrente está na base do electromagnetismo, o ramo da Física que estuda as relações “entre as correntes eléctricas e os fenómenos magnéticos” (Rodrigues & Dias, 2008, p.123).

O funcionamento de electroímãs é apresentado, bem como aplicações práticas do fenómeno. Apresentam-se explicações de alguns equipamentos do nosso dia-a-dia acompanhados por imagens explicativas.

Os fenómenos de indução electromagnética são apresentados e explica-se a produção de correntes induzidas, entrando aqui a figura de Faraday cujos elementos históricos são idênticos aos de Ørsted.

Manual L – Universo da Matéria: Viver Melhor na Terra, Ciências Físico-Químicas 9º ano (Pires & Ribeiro, 2008)

Os autores deste manual seguem uma sequência idêntica à dos manuais analisados. No entanto, o efeito magnético da corrente é referido, remetendo a sua explicação para o capítulo do electromagnetismo. Iniciam este tema referindo o que é um íman, identificando os pólos, as forças de atracção e repulsão, a Terra como um íman e o funcionamento da bússola. Tal como noutros manuais, introduzem a noção de campo com a limalha de ferro, mas não é feita nenhuma referência histórica a Faraday.

A referência a Ørsted é apresentada na sequência de uma questão “Como se constroem electroímãs?” (Pires & Ribeiro, 2008, p. 108). Repetem-se o mesmo tipo de elementos históricos de outros manuais e a descrição da Experiência é complementada por uma imagem, Figura AII.23 que esquematiza o movimento da agulha em função do sentido da corrente eléctrica.

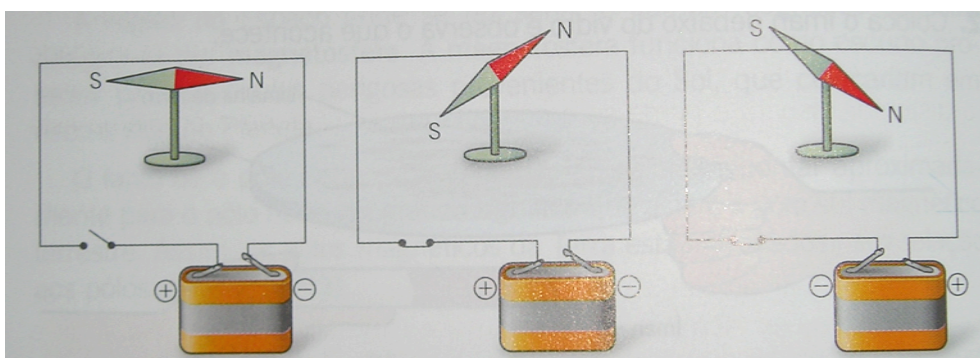


Figura AII. 23: Experiência de Ørsted. Fonte: legenda original, Pires & Ribeiro (2008, p. 108).

É referido ainda que o desvio sofrido pela agulha depende do sentido da corrente, da sua intensidade, do comprimento do fio, da distância da agulha magnética ao fio. As aplicações práticas do fenómeno, as suas explicações e as referências a Faraday assemelham-se às dos manuais já analisados, bem como o recurso a imagens e esquemas que complementem as descrições feitas.

Manual M – FQ Viver melhor na Terra, Ciências Físico Químicas 9º ano (Cavaleiro e Beleza, 2008)

O manual segue uma sequência programática semelhante à maioria dos manuais do mesmo ano. A referência a elementos históricos, no que diz respeito a Ørsted, apesar de reduzida é um pouco mais completa. Apela-se à repetição da Experiência, recorrendo a um protocolo experimental, mas só é analisado o movimento da agulha com a passagem ou não de corrente num fio condutor, a alteração de sentido da corrente e a variação da intensidade da corrente eléctrica.

Explica-se o posicionamento da agulha relativamente ao fio e remete-se para uma imagem da Figura AII.24, que esquematiza a observação do fenómeno.

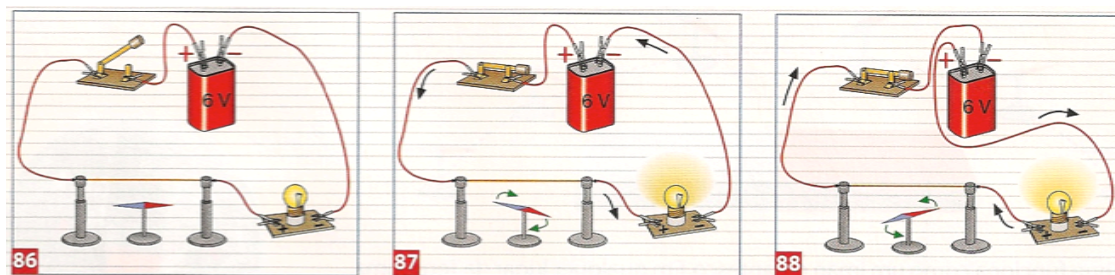


Figura AII.24: Esquema de montagem proposto para realização da Experiência de Ørsted. Fonte: Cavaleiro & Beleza (2008).

As aplicações práticas do efeito magnético da corrente são referidas (galvanómetros, volímetros e amperímetros), propõe-se a construção de um electroímã e explicam-se dispositivos como guindastes electromagnéticos e campainhas (cujo o esquema de funcionamento é apresentado).

Também os fenómenos de indução e sua aplicação prática são referidos sendo dado especial destaque à produção, transporte e distribuição de electricidade.

ANEXO III – DEPOIMENTO DOS ALUNOS

Depoimento dos alunos sobre a actividade realizada

21 de Abril 2010

Aluno: A

Com estas aulas, na minha opinião, achei que foram engraçada e muito dinâmicas. Todas as experiências foram importantes, para compreendermos como a energia funciona⁵¹, o facto de regressarmos ao passado ainda foi mais importante para podermos “entrar” na experiência. Espero que a professora consiga fazer muitas mais experiências.

Aluno: B

Acho muito interessante fazermos experiências porque acho importante sermos nós a descobrir as respostas e é mais engraçado porque também pudemos pensar e conhecer quem e como pensaram os cientistas da altura, as perguntas que eles fizeram e compreender que nessa altura eles faziam as perguntas que nós fizemos.

Aluno: C

Eu achei que as aulas de físico-química foram muito importantes pois tivemos oportunidade de entrar em contacto com as experiências feitas. Penso que, sendo nós a realizar as experiências percebemos melhor.

Aluno: D

Estas aulas foram importantes porque podemos perceber melhor todos os passos dados, do que se fosse dado como simples matéria, conseguimos tirar as nossas conclusões, apesar de não gostar muito desta matéria. Estarmos na “pele” de um cientista, conseguimos perceber...

Aluno: E

Eu acho que estas aulas foram muito interessantes e ajudaram-me a perceber melhor os fenómenos electromagnéticos. Acho que foi importante localizarmo-nos no tempo para perceber melhor o que eles pensavam e os seus conhecimentos.

⁵¹ Esclarecimento da ideia do aluno: “o efeito magnético da corrente e a produção de energia eléctrica”.

Aluno: F

Eu acho que estas aulas experimentais foram muito boas para a nossa aprendizagem, de modo que eu percebo melhor a matéria com actividade experimentais. No início das actividades surgiram-me muitas dúvidas que a professora foi explicando, aí eu consegui perceber parte da matéria.

Aluno: G

Na minha opinião as experiências que realizámos foram muito interessantes, pois os materiais que utilizámos podem ser arranjados em qualquer lado, gostava de repetir.

Aluno: H

No decorrer destas aulas percebi o quão era importante para mim como aluna, e possivelmente para os meus colegas, fazer este tipo de experiências. Deste modo podemos aprender e gostar mais da matéria, pois as aulas tornam-se mais dinâmicas. Apesar de gostar deste tipo de aula, prefiro as aulas mais teóricas.

Aluno: I

Eu gostei da experiência, mas tive alguma dificuldade a compreender, penso que foi importante porque sem sabermos demos os mesmos passos que Ørsted, quase. Eu penso que se tivesse sido a professora a fazer, talvez não tivesse sido interessante, mas talvez tivesse compreendido, mas gostei e foi muito interessante, até em termos históricos, visto que eu gosto muito de história.

Aluno: J

Esta semana foi a melhor de aulas de CFQ, pois foi a maneira mais fácil de aprender, tendo nós de fazer a experiência e dar opiniões do que poderá acontecer e tirar as nossas próprias conclusões, com ajuda da professora. Nunca gostei muito de algumas partes de CFQ e uma delas são os temas relacionados com a energia⁵², mas da maneira como demos até gostei e foi fácil de aprender.

Aluno: L

Eu acho que é melhor sermos nós a fazer a experiência e não o professor pois aprendemos de outra maneira, gostei muito desta experiência, pois foi engraçada, gostei como a professora nos fez ir ao passado para aprender o que os cientistas faziam e conheciam naquela altura, o que era muito menos que agora. As experiências que realizámos foram engraçadas. Gostava de repetir.

⁵² Esclarecimento da ideia do aluno: “... é esta matéria”.

Aluno: M

Na minha opinião esta semana de aulas de CFQ foi muito interessante, foi a semana que mais gostei. Gostava de fazer mais experiências destas.

Aluno: N

Gostei da aula e aprendi muita coisa. Achei tudo interessante porque consegui compreender melhor a matéria. Foi muito giro sermos o cientista.

Aluno: O

Na minha opinião, eu gostei destas aulas, porque foi uma forma diferente de aprender a matéria. Fazer as experiências sobre a matéria foi um aspecto positivo, e também consegui aprender mais.

Aluno: Q

Na minha opinião as aulas da semana passada foram muito boas, aprendi mais nas aulas práticas e gosto mais delas. E também gosto desta matéria.

Aluno: R

Na minha opinião, estas aulas foram muito boas porque fizemos algumas experiências, e para mim assim é mais fácil de aprender e compreender.

Aluno: S

Eu acho que as aulas práticas são mais eficazes porque é diferente e todos ficam interessados. Acho que devíamos repetir. A parte do fio ficar em brasa foi o que mais gostei.

Aluno: T

Na minha opinião acho que as aulas práticas ajudaram-me a perceber melhor a matéria, fazendo-me despertar um pouco mais interesse pela electricidade. Os aspectos positivos foram que nós fizemos perguntas para as quais tivemos de arranjar respostas.

Aluno: U

Eu acho que foi eficaz esta experiência, porque assim, conseguimos verificar a matéria mas na prática. Gostei de termos sido nós, a tentar chegar à resposta pois faz-nos pensar mais no assunto.

Aluno: V

Na minha opinião as aulas práticas foram muito úteis, ajudaram-nos a perceber melhor a matéria e a aprendermos por nós, expormos as nossas dúvidas e as nossas teorias. São mais divertidas e a matéria não se esquece tão facilmente como nas aulas teóricas.

Aluno: X

Na minha opinião as actividades experimentais são uma maneira mais fácil e divertida de perceber a matéria. Como a Física, ao contrário da Química, não é o meu forte, é mais fácil para mim entender os fenómenos. No geral, gostei de tudo nas aulas porque tenho mais facilidade na Física se fizer actividades experimentais. O contexto histórico também ajudou.

Aluno: Z

Na minha opinião acho que foram produtivas e deu para aprendermos algumas coisas novas e foram aulas muito engraçadas, e gostei muito de construir o motor eléctrico.

ANEXO IV – CARTÕES COM EXCERTOS DO CONTO “O SINO”

CARTÃO 1

“Ao cair da tarde, nas ruas estreitas da grande cidade, quando o Sol se punha e as nuvens surgiam como um fundo de ouro por cima das chaminés negras, umas vezes um, outras vezes outro, **ouvia um estranho som**, como que de um eco longínquo de um sino de igreja; o som, porém, apenas durava um instante: o ruído dos transeuntes, das carruagens, das carroças, imediatamente o sufocava.”

CARTÃO 2

“Já um pouco fora da cidade, onde as casas estão mais afastadas umas das outras e onde há menos movimento, via-se bastante melhor a beleza do céu incendiado pelos raios do sol poente e ouvia-se bem **o som** do sino que parecia provir da vasta floresta que se estendia ao longe. Era nesta direcção que as pessoas apuravam os ouvidos, sentindo-se tomadas de um doce sentimento de grande espiritualidade.”

CARTÃO 3

“«Como é sublime o som deste sino! E se o fôssemos ouvir de mais perto?»

Um belo dia meteram-se a caminho: os ricos em carruagens e os pobres a pé; mas, tanto a uns como a outros, o caminho pareceu estranhamente longo...”

CARTÃO 4

“Três personalidades importantes, sábios de grande mérito, pretenderam ter explorado a floresta em todos os sentidos e contavam que tinham ouvido muito bem o som do sino, mas que lhe parecera proveniente da cidade. Um deles, que tinha talento para a poesia, fez uma obra habilmente rimada.”

CARTÃO 5

“Muitas pessoas se arriscaram na floresta selvagem, mas apenas um homem trouxe uma explicação para o fenómeno.

Embora não se tivesse internado na floresta mais que os outros, segundo o seu relato, anichado no tronco de uma grande árvore um mocho, de vez em quando, bicava a casca da árvore...”

CARTÃO 6

“Estava um tempo delicioso, o sol resplandecia e, ...Eis que o som do sino ressoa mais forte, mais melodioso que nunca; arrastados por um poderoso encanto, alguns jovens decidiram aproximar-se o mais possível, «quem produz este som?» pensaram eles. «Certamente que não é um mocho».

Em breve, dois dos mais novos disseram estar fatigados e voltaram para trás; depois, foram três ... depois mais.”

CARTÃO 7

“Avançaram penosamente, caminharam e chegaram a uma linda clareira, atapetada de musgo de todos os matizes, lírios-do-vale, orquídeas e outras lindas flores; no meio, uma fonte fresca e abundante brotava de um rochedo; o seu murmúrio fazia: «Gluk! Gluk!»

«Não será isto o famoso sino?», disse um deles, encostando o ouvido à terra para melhor ouvir. «Vou ficar, para tirar a coisa a limpo.»”

CARTÃO 8

“Um segundo quis ficar a fazer-lhe companhia, (...). Os outros retomaram a marcha para diante. Chegaram a uma pequena e engraçada cabana feita de cascas de árvores e coberta de ervas e de ramos; o tecto era protegido pela coroa de uma macieira brava, completamente carregada de flores cor-de-rosa e brancas; por cima da porta estava suspenso um pequeno sino.”

CARTÃO 9

“ «Aqui está o mistério!», exclamou um deles, e o outro concordou imediatamente. Mas o terceiro declarou que aquele sino não era suficientemente grande para poder ser ouvido tão longe e para produzir sons que perturbavam todos os corações. (...); mantiveram a sua opinião e sentaram-se, esperando que o vento agitasse o sininho.

CARTÃO 10

“Mas eis que nesse instante o som ressoou no fundo da floresta, tão forte, tão majestoso e solene, que todos ficaram impressionados.

Dois rapazes, um pobre e o outro filho do rei, decidiram lançar-se na aventura e internar-se mais no bosque.

A verdade é que era difícil ali penetrar: as árvores eram cerradas, eriçadas de silvas e de altos fetos; havia também pontiagudos calhaus, grandes blocos de rochas e pântanos.”

«Vamos caminhar os dois à descoberta», disse o filho do rei. «Dirijamo-nos para a esquerda.»

«Com estes socos não poderei seguir-vos muito depressa», disse o rapaz pobre, «além disso, parece-me que o sino deve estar à direita, pois não é esse o lugar reservado a tudo o que é magnífico e excelente?»

CARTÃO 11

“ «Nesse caso, temo bastante que não nos voltemos a encontrar!».

E, agarrando-se às raízes, aos ramos, aos ângulos das rochas, no meio de cobras, de sapos e de outros feios bichos, trepou e chegou ao cimo, ofegante, esgotado.

Que esplendor os seus olhos descobriram!”

CARTÃO 12

“O mar, o mar imenso (...), arremessando as suas longas vagas contra a falésia.

No horizonte, o Sol, semelhante a um globo de fogo, cobria de chamas vermelhas o céu, que parecia estender-se como uma vasta abóbada sobre este santuário da natureza; as árvores da floresta eram os seus pilares; os prados floridos formavam como que um rico tapete....

CARTÃO 13

O Sol desapareceu lentamente; milhões de luzes em breve cintilaram no firmamento, a Lua surgiu e o espectáculo continuava a ser grandioso e comovedor.

Eis que à direita apareceu o rapaz pobre sobre dois socos. Também ele à sua encontrara o caminho do templo.

Deram a mão um ao outro e ficaram abismados ..., de todos os lados, se sentiam rodeados pelos sons do sino divino.”

Adaptado de: Andersen, H. C. (1974). *Contos, Hans Christian Andersen*

(C. Loures, Trad.) (Vols. 86). Lisboa: Publicações Europa-América