



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA

José Leonardo Tavares de Albuquerque

História da Ciência e Ensino de Física: uma relação dialógica possível

Cajazeiras, Paraíba

2017

José Leonardo Tavares de Albuquerque

História da Ciência e Ensino de Física: uma relação dialógica possível

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado ao Curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para o título de Licenciando em Física.

Orientador: Prof. Me. Gustavo de Alencar Figueiredo

Cajazeiras, Paraíba

2017

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação - (CIP)
Josivan Coêlho dos Santos Vasconcelos - Bibliotecário CRB/15-764

A345h Albuquerque, José Leonardo Tavares de.
História da ciência e ensino de física: uma relação dialógica possível /
José Leonardo Tavares de Albuquerque. - Cajazeiras, 2017.
207f.: il.
Bibliografia.

Orientador: Prof. Me. Gustavo de Alencar Figueiredo.
Monografia (Licenciatura em Física) UFCG/CFP, 2017.

1. Ensino de física. 2. História da ciência. 3. Eletromagnetismo -
ensino. 4. Livro didático. I. Figueiredo, Gustavo de Alencar. II.
Universidade Federal de Campina Grande. III. Centro de Formação de
Professores. IV. Título.

UFCG/CFP/BS

CDU-53:37

José Leonardo Tavares de Albuquerque

História da Ciência e Ensino de Física: uma relação dialógica possível

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado ao Curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para o título de Licenciando em Física.

Aprovado em: 08 de Maio de 2017.

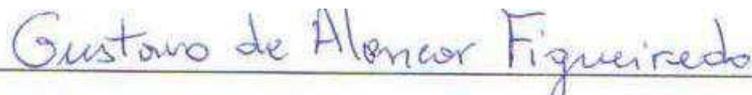
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dra. Mayane Leite da Nóbrega – UNIVASF –
Examinadora externa



Prof. Dra. Mirleide Dantas Lopes – UFCG –
Examinadora interna



Prof. Me. Gustavo de Alencar Figueiredo – UFCG –
Orientador

RESUMO

A complexa composição do processo do conhecimento constitui o cerne deste opúsculo discursivo. A urgência dessa análise emergiu das leituras da estrutura do processo, entremeado por problemas, de ensino e aprendizagem estudada e praticada, ainda, durante nossa formação acadêmica, em especial, durante a realização dos Estágios Supervisionados. Um problema se consolidou entre nossa proposta de ensino do Eletromagnetismo baseada, principalmente, em uma abordagem Histórica da Ciência, e a apresentação deste pelo Livro Didático adotado na escola onde os estágios foram desenvolvidos. O trabalho objetivou analisar o uso da História da Ciência em um Livro Didático quanto a abordagem do Eletromagnetismo na terceira série do Ensino Médio da Rede Pública da cidade de São José de Piranhas - PB. Outros fatores contribuíram para que um entendimento mais lúcido sobre esse problema se efetivasse. Assim, a maneira pela qual a História da Ciência referente ao Eletromagnetismo está sendo apresentada por parte do Livro Didático adotado na escola de realização dos estágios, será o escopo da pesquisa. O levantamento bibliográfico constitui um dos vieses do estudo em tela. Após propormos discussões sobre as realidades discursivas que o livro se insere, tais como ensino e aprendizagem em Física e História da Ciência, ponderamos os dados, numa perspectiva qualitativa, com base em tais discussões que, devido à complexidade dos conhecimentos e problemas que se apresentam hodiernamente, forçamos novos desafios a prática docente, sendo necessário, portanto, analisarmos as confluências a essa realidade nos meios de informação e educação dos sujeitos. Sob estes termos, a análise revelou que em muitos aspectos, analisados com base em critérios e conhecimentos produzidos por especialistas na área, a abordagem Histórica do Eletromagnetismo do livro se mostrou inadequada, sendo a aprendizagem de conteúdos prejudicada por esta. O diálogo que realizamos com autores aponta para a real necessidade de reaproximação entre essa perspectiva e o Ensino de Ciências (Física), em direção a construção de uma consciência crítica dos sujeitos e, também, para permitir justificar a necessidade de uma maior cuidado como tratamento de questões relacionadas a História da Ciência quanto a sua inserção nos livros didáticos da Física no Ensino Médio.

Palavras chave: História da Ciência, Livro Didático, Ensino de Física, Ensino Médio, Eletromagnetismo.

ABSTRACT

The complex composition of the knowledge process constitutes the core of this discursive booklet. The urgency of this analysis emerged from the readings of the process structure, interspersed with problems, of teaching and learning studied and practiced, yet, during our academic formation, in special, during the realization of Supervised Internships. A problem has consolidated between our teaching purposes of Electromagnetism based, mainly, in a History of Science approach, and the presentation of this by the didactic books adopted in the school where the internships were developed. The work aimed analyze the use of the History of Science in a Didactic Book about the Electromagnetism approach in the third series of High School of the Public Network of the city of São José de Piranhas - PB. Others factors contributed to a more lucid understanding of this problem. Thus, the way by the History of Science reference to Electromagnetism is being presented by part of the didactic book adopted in the school of realization of internships, it will the scope of the research. The bibliographic survey is a constituent to study on screen. After proposing discussions about the discursive realities of the book, such as teaching and learning in Physics and History of Science, we ponder the data, in a qualitative perspective, with basis in such discussions that, due to complexity of knowledge and problems that are present nowadays, new challenges are imposed on the teaching practice, being necessary, therefore, to analyze the confluences to this reality in the media of information and education of the subjects. Under these terms, the analysis revealed that in many respects, analyzed based on criteria and knowledge produced by specialists in the field, the Historical Approach to Electromagnetism of the book proved to be inadequate, being the content learning was impaired by it. The dialogue make with the authors points to the real need of approximation between this perspective and the Teaching of Sciences (Physics), in direction to a construction of a Critical awareness of subjects and, also, to allow justify the need for greater care as a treatment of issues related to the History of Science as to its insertion in the textbooks of Physics in High School.

Key-words: History of Science, Didactic Book, Physics Teaching, High School, Electromagnetism.

AGRADECIMENTOS

Doravante Júbilo! Esse é o sentimento atuante e atual que refestela meu espírito quando meu atônito pensar murmura sobre os momentos peremptórios da vida. Os mirrados e inatos, imanentes e imemoriais pensamentos, que outrora populavam minha tímida e inexpugnável consciência foram substituídos pelo lado pomposo da mais nobre luz que guia o esclarecimento. A miríade de qualidades e especificações dos arautos responsáveis por essa silenciosa permuta são tão importantes quanto incontáveis, a exemplo das luzes do céu noturno. A todos estes arautos ergueria um colosso mítico e maravilhoso, pois as mensagens que a meu conhecer chegaram foram não só as mais belas, mas as necessárias à vida que hoje exulto com sabedoria.

Agradeço aos meus digníssimos Pais, pela paciência, dedicação, sapiências, coragem e fé na força de seus pensamentos, alimentados em fontes sagradas, de dias melhores para sua descendência. De todas as peças que tenho, eis que estas são as primeiras e as últimas. Agradeço aos meus irmãos pelos inúmeros aprendizados travestidos das mais diversas situações, até mesmo das mais improváveis. Agradeço aos meus fieis companheiros de desbravamento do velho e maravilhoso sertão de todos os dias, *Spyke* (in memorian) e *Pingo*.

Agradeço a meu Orientador por acreditar em meus insólitos e errantes progressos que ainda precisam passar pelo crivo de muitas qualidades e pela fé em apresentar-me o mundo que apenas fracamente ousava imaginar, assim, conhecer. De todas as maneiras que meu irrequieto espírito pode imaginar, ajudaste-me.

Em especial agradecimento ao honorável e magistral professor Mestre Rovilson José Bueno (in memorian) que me apresentou, concomitante a sua natureza e inteligência singulares, tantos conhecimentos sobre o funcionamento do mundo que, ao fim de sua jornada, já os buscava e ministrava por conta própria. Mostrou-me mundos. Agradeço por me dar e mostrar as peças que me proporcionaram construir o telescópio que me fez enxergar mais longe. Buscava ensinar-me o adágio mais popular de suas práticas: o conhecimento pelo conhecimento. A ele continuo a dirigir-me.

Em elevadíssimo agradecimento a ideia do ser que fez tudo, vê tudo, faz tudo e que sempre alimentará a minha alma: DEUS. Impossibilitado de agradecer-lhes em alguma listagem ordinária, pois é anterior e perpassa a todas as classificações, peço-vos que aceite o mais humilde e reverendíssimo agradecimento pelo prazer da vida, por enxergá-la e por vivê-la assim.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
1 UM RETORNO A COMPLEXIDADE	8
1.1 CONSIDERAÇÕES BIOLÓGICO-SOCIAIS DA COGNIÇÃO	13
1.2 COGNIÇÃO, HISTÓRIA DA CIÊNCIA E ENSINO DE CIÊNCIAS	31
2 POR TRÁS DOS PONTEIROS DO RELÓGIO: O PAPEL DAS ENGRENAGENS	38
2.1 RUMO AO CONHECIMENTO DA HC ATUAL	51
3 UMA PARTE DO TODO E O TODO EM UMA PARTE	57
3.1 O ENSINO DO TODO SEM AS PARTES.....	62
3.2 HC E A REALIDADE DIDÁTICA DOS LIVROS DE CIÊNCIAS	70
4 O PAPEL DO ELETROMAGNETISMO NA COMPLEXIDADE.....	74
4.1 UMA TENDÊNCIA ATUAL A APROXIMAÇÃO	84
5 PERCURSO METODOLÓGICO DA PESQUISA	90
6 ANÁLISE DO LIVRO DIDÁTICO	98
6.1 UNIDADE 01: CAMPO E POTENCIAL ELÉTRICO	101
6.1.1 CAPÍTULO 01: CARGA ELÉTRICA.....	105
6.1.2 CAPÍTULO 02: CAMPO ELÉTRICO.....	132
6.1.3 CAPÍTULO 03: POTENCIAL ELÉTRICO	141
6.2 UNIDADE 02: CIRCUITOS ELÉTRICOS DE CORRENTE CONTÍNUA	145
6.2.1 CAPÍTULO 04: CORRENTE ELÉTRICA.....	146
6.2.2 CAPÍTULO 05: FORÇA ELETROMOTRIZ – EQUAÇÃO DO CIRCUITO	151
6.3 UNIDADE 03: ELETROMAGNETISMO.....	155
6.3.1 CAPÍTULO 06: CAMPO MAGNÉTICO – 1ª PARTE	157
6.3.2 CAPITULO 07: CAMPO MAGNÉTICO – 2ª PARTE	166
6.3.3 CAPÍTULO 08: INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA – ONDAS ELETROMAGNÉTICAS	169
7 À GUIA DE CONCLUSÃO	179
REFERÊNCIAS	183
ANEXOS	189

Introdução

Permitamo-nos refletir sobre o conhecimento, de uma forma geral, através de um questionamento proporcionado pelo pensador norte-americano e Nobel de literatura Thomas S. Eliot (1888-1965): “Onde está a sabedoria que perdemos no conhecimento? Onde está o conhecimento que nós perdemos na informação?”¹. Edgar Morin explicita², legitimamente, outro questionamento que subjaz o de Eliot, sendo, mais fundamental que o mesmo: *Qual o conhecimento que perdemos na informação, qual a sapiência que perdemos no conhecimento?* A localização dessa perda exige, antes, o reconhecimento desta, nesse sentido, o segundo é mais fundamental do que primeiro. Essas indagações são reflexões importantíssimas e interessantíssimas por revelarem um caráter, de certa forma, oculto e dúbio atrelado ao ato de “conhecer” algo, “saber” algo.

O caráter genérico dessas reflexões pode ser mais bem defendido e esclarecido usando exemplos fundamentadores, ou seja, casos advindos de uma miríade de conhecimentos que fundamentaram e fundamentam as indagações de Eliot complementarmente Edgar Morin. Ao realizar isto desvirtuáramo-nos dos objetivos que aqui serão apresentados.

Ao invés disto, aceitaremos estas reflexões como máximas, exatamente como etimologicamente a palavra “máxima” revela, como uma “premissa maior”³, muito devido ao ensinamento mais bem esclarecido por Thomas Kuhn⁴ acerca da natureza da pesquisa científica institucionalizada e amadurecida: sendo endereçada a “homens” que dividem paradigmas, conhecimentos e compromissos científicos comuns, a pesquisa, nesses termos, não necessita reaver os fundamentos da área a que se destina (KUHN, 2007). Dessa forma, acreditamos não ser preciso à área a que nos destinamos de uma forma geral, a Física, persuadir o leitor (que é ou praticante, e/ou estudante, e/ou educador/a desta – então conhecedor/a de sua estrutura) desse caráter oculto e dúbio do conhecimento. As Consideraremos então, como fundamentos, pois uma premissa é de certo modo um fundamento, do processo que o pensar humano atribui o nome de conhecimento. Em certo sentido, assim dito, conhecer algo é coexistente com perdê-lo. Vejamos como isto se aplica a Física.

¹ELIOT, T.S. *Chorus from the rock*. London: Faber, 1947.

²Em sua obra MORIN, Edgar. **A cabeça bem feita: repensar a reforma, repensar o pensamento**. 8. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

³ETIM lat. *maxīma* (sc.*maxīma sententia*) 'a proposição maior'– segundo os recursos *Google*.

⁴ Na obra KUHN, Thomas. S. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Perspectivas, 2007.

“Uma verdadeira viagem de descobrimento não é encontrar novas terras, mas ter um olhar novo”⁵. Então, especificamente, como iremos propor tal estudo (e sob um olhar novo)⁶? A reflexão principal partiu da nossa experiência primeira vivenciada ao longo dos Componentes Curriculares de Estágios Supervisionados no Curso de Física – Licenciatura (CFP/UFCG) enquanto professor-estagiário. Tendo o Eletromagnetismo como temática abordada nos Estágios II e III⁷, percebemos a pouca discussão sobre os movimentos atuais em considerar diversos aspectos proporcionados pelos estudos atuais da História da Ciência no Livro Didático adotado pelo/a professor/a de Física da escola⁸.

A bem da completude, planejamos não utilizar, quase que por completo, o Livro Didático adotado pela escola na preparação das aulas, pois a discussão a que nos propusemos em tais estágios não condizia com a abordagem conceitual e metodológica do livro em questão. Dessa forma, ciente do papel desse instrumento didático na aprendizagem criou-se uma atmosfera dicotômica entre o material de apoio ao estudante e a prática profissional em si. A motivação para uma análise posterior do livro em questão se consolidou desde então. A consolidação se efetivou ainda mais porquanto o movimento historiográfico atual (não só científico), conforme indicaremos posteriormente, vem confluindo com o que atualmente se tem buscado discutir com relação ao desenvolvimento cognitivo humano, quando não os influencia, subjaz, paradigmaticando-os⁹.

A apropriação de elementos pedagógicos a que nos foi apresentada ao longo da nossa formação no Curso, influenciou-nos grandiosamente sobre a necessidade e urgência desses conhecimentos na educação dos sujeitos e, por conseguinte, no ensino como um todo. Em especial, nos foi apresentado pelo Componente Curricular obrigatório *Seminário de História e Filosofia das Ciências Naturais*, considerações até então não explicitamente reconhecidas como válidas quando da formação intelectual a nível da Educação Básica. Cientes da indissociabilidade entre formação e atuação, já durante a realização dos estágios

⁵ Assertiva de Marcel Proust e apresentada no livro referenciado de Edgar Morin (2003, pg. 107).

⁶ Um olhar novo é necessário? É suficiente? Defendemos que é necessário olhar novamente os problemas antigos com olhares novos a fim de conhecer se tal suficiência pode ser alcançada. Ter um olhar novo não é suficiente, mas o favorece.

⁷ Os Estágios Supervisionados, II e III, citados foram realizados na cidade natal deste autor, São José de Piranhas, 30 km de Cajazeiras, na EEEM Prefeito Joaquim Lacerda Leite. A referida cidade possui apenas 02 escolas a nível médio.

⁸ Não apenas o Livro Didático, mas percebemos também que a prática docente desta escola tradicionalmente não discutia tais aspectos da História da Ciência.

⁹ Refletiremos sobre o uso da história dos conhecimentos, em especial a Ciência, na elaboração das teorias educacionais que subjazem estas. Em termos de composição: como a História da Ciência, em especial, compõe e influencia a elaboração de tais estudos? Compõem? Veremos que sim!

supervisionados, optamos por realizar um movimento de aproximação entre a cisão anteriormente conhecida presente na literatura sobre esses elementos da Educação. Sendo o Livro Didático a origem da nossa investigação, que se mostrou mais proeminentemente contraditório nessa prática, optamos por realizar um movimento mais recôndito de compreensão desse problema.

Outro fator influente na escolha de nossa pesquisa reside no fato de que nas escolas de Ensino Médio da cidade onde tais estágios foram desenvolvidos, a coleção de Física adotada era (e é até o momento) a mesma. Assim, a pesquisa ganha um novo impulso, pois, como sabemos o papel do livro considerando os aspectos ensino e aprendizagem é maior do que um item integrante desse processo. Estender, portanto, a análise nesses termos significará dimensionar o nosso estudo no nível médio proporcionado pelas escolas do município em questão. Nesse sentido, submetemos o seguinte problema à análise: *Como a História da Ciência está sendo apresentada pelo Livro Didático de Física adotado na Rede Pública Estadual de Ensino no município de São José de Piranhas – PB, no que concerne a apresentação dos principais paradigmas do Eletromagnetismo abordados na 3ª Série do Ensino Médio?*

Dessa forma, o nosso trabalho está pautado numa análise onde buscamos compreender a maneira pela qual a História da Ciência tem sido concebida ou sugerida no Livro Didático, influenciando, assim, o seu uso na apresentação de conceitos, imagens, exemplos de fenômenos, experimentos, entre outros. Sob essa óptica, visamos um olhar novo baseados numa análise sobre a real posição do livro adotado perante os movimentos de revolução que atualmente (não facilmente) entendemos existir na literatura acadêmica de História da Ciência, por exemplo.

Nesta literatura encontramos trabalhos sobre essa mesma perspectiva, porém de forma geral, usando inúmeras coleções, discorrendo não pontualmente sobre as atividades que se propõe a fazer. Propomo-nos, então, a fazer uma análise qualitativamente pontual de tal livro a fim de complementar o processo de aproximação realizado nos estágios, contribuindo assim para a nossa formação acadêmica. Ao realizarmos isto estaremos analisando a concepção de Ciência que uma classe inteira de estudantes de uma cidade está sujeita a conhecer via Livro Didático. Partiremos da ideia de uma unidade entre o que aqui será discutido, visto que se consolida cada vez mais a justificativa do paradigma da complexidade pela força dos problemas da realidade (MORIN, 2003).

Sob essas considerações, a história e a experiência nos revelam que, revoluções são mais bem explícitas dentro da História, mas veremos em que sentido Thomas Kuhn defende o uso de tal termo também na Ciência – por essa ser uma ideia relativamente jovem nas discussões científicas seu uso pode ainda causar estranhamento. Visto que uma revolução manifesta-se em várias “frentes”, em vários meios, sendo que sua intensidade é tanto maior quanto mais meios a incitarem, a apoiarem, veremos se a revolução historiográfica científica vem sendo legitimada pelas Cartas Magnas¹⁰ educacionais brasileiras e a influência resultante disto na elaboração dos livros-textos educacionais.

Outro problema que se mostrará proeminente nessa discussão é a questão do papel do ensino científico. Reconhecemos a amplitude dos conhecimentos da Física e, desse modo, recaímos na problemática questão de “o que ensinar” e “como fazer”. Faremos algumas considerações sobre esse aspecto, pois são indesejáveis críticas advindas de um pensamento reducionista. Assim, defenderemos que essa questão pode ser composta por elementos provenientes dos estudos históricos científicos e desenvolvimentistas da cognição do sujeito e mesmo assim ainda atender a alguns objetivos sociais do ensino científico.

Antes de iniciarmos, cabe a pergunta: como seremos guiados em tal busca?

De maneira geral, traduzindo o que já iniciamos a discutir, procuraremos:

- Analisar o uso da História da Ciência por parte do Livro Didático na apresentação do Eletromagnetismo na terceira série do Ensino Médio da rede pública da cidade de São José de Piranhas.

Analogamente, se interpretarmos esta intenção como um “caixão de chaves”, necessitaremos, pois, conhecer tais ferramentas, ou seja, os objetivos a serem utilizados especificamente serão:

- Identificar os paradigmas do Eletromagnetismo abordados pelo Livro Didático especificado;
- Descrever o uso da História da Ciência na apresentação dos paradigmas, nos textos dos capítulos e em ilustrações, descrições e influência de personagens históricos para o desenvolvimento do Eletromagnetismo;

¹⁰Ver *Magna Carta*. Sugestão: In Britannica Escola Online. *Enciclopédia Escolar Britannica*, 2017. Web, 2017. Disponível em: <<http://escola.britannica.com.br/article/481798/Magna-Carta>>. Acesso em 23 de março de 2017.

- Realizar uma crítica¹¹ fundamentada das apresentações acima descritas propostas pelo Livro Didático sob os ditames da atual historiografia da História da Ciência e as influências destas apresentações sobre a aprendizagem deste campo de estudos;
- Indicar, coextensivamente a crítica realizada, discussões e trabalhos atuais para os problemas resultantes do uso da História da Ciência por parte do Livro Didático.

Se ainda resta dúvida sobre a natureza da análise que assim objetivada iremos propor, pedimos paciência, pois, defendemos que uma aptidão geral em nossos intelectos precisa ser desenvolvida, ou a fundamentaremos rapidamente antes, para entendermos a *condição humana*¹² da produção do conhecimento científico e como isto irá influenciar nessa análise. E nada mais influente nessa perspectiva do que a História da Ciência, porém, como veremos, esta atividade esteve tempo demais subsumida pela ignorância de diversos produtos do intelecto humano, inclusive, pelos mesmos processos que a tornam importante.

Além do ganho intelectual evidente sobre a concepção de Ciência do Eletromagnetismo a que a cidade de São José de Piranhas está formalmente sendo apresentada por parte de um livro científico adotado, há duas motivações fundamentais que precisam ser expostas antecipadamente, pois sua exposição é costumeira e deliberadamente ocultada (problema!), que nutrem a pesquisa: a Missão e o processo histórico. A Missão refere-se ao que Morin chama de “democracia cognitiva”, a responsabilidade que temos, enquanto educadores/as, em propiciá-la, proporcioná-la, pois todo esse processo é para bem mais que formar cientistas, e sim cidadãos/cidadãs que consigam viver com a complexidade da vida cada vez mais evidente. Talvez o exemplo mais próximo de nossa realidade cultural deste pensamento de Morin encontre-se em Paulo Freire ao propor um avanço brasileiro na área educacional da “educação bancária”¹³, expressão esta auto sugestiva, opressora *per definitionem* do intelecto histórico-crítico.

E o processo histórico? Daqui a alguns anos (não muitos, esperamos), quando as ideias aqui defendidas como necessárias e emergentes se tornarem adequadamente naturais ao

¹¹ “[...] a palavra “criticar” vem do grego e significa “efetuar um julgamento”, não tem nada a ver com “denegrir”” (FOUREZ, 1995, p. 20)

¹² Termo reiteradamente utilizado em Morin (2003) e que de forma geral pretendemos que signifique exatamente a ideia de quem e o que somos, como produzimos, como conseguimos produzir a Ciência, as Artes, como se dá o processo de conhecimento etc. Acreditamos ser esta a intenção do autor quando do uso de tal expressão, ou seja, utilizar o conhecimento e sapiências que os humanos construíram e podem conhecer e a sua estrutura para ensinar-lhes a cultura humana de sua construção, a fim de ensinar-lhes a nossa condição perante todas as coisas.

¹³ Discussão presente em FREIRE, Paulo. **Pedagogia da Autonomia: Saberes necessários à prática educativa.** 25ª ed. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

pensar, cercando, permeando as discussões e guiando os livros didáticos, sem distinções, desejamos que um trabalho como este seja visto como fundamentador ou apoiador deste movimento, servindo de resposta física, material, discutindo as reflexões que depois serão perdidas na fase final de toda informação ao se tornarem óbvias e indiscutíveis: como se dá um processo de mudança paradigmática? Como são influenciados os trabalhos de pesquisa sob essas circunstâncias? Qual a opinião dos/as pesquisadores/as sobre essa mudança? Existe algum/a pesquisador/a que trate deliberada e explicitamente dessa época de transição ou esse momento de mudança foi inconsciente? Sapiências *ad infinitum*. Esperamos que este trabalho servisse a futuros questionamentos daqueles/as que considerarão, em algum momento de suas vidas, alguma atividade no seu pensar¹⁴. Se o processo histórico registrado até agora não possui exemplos de tal intencionalidade, exemplifiquemo-nos então! Afinal, se existe algo indiscutível na Historiografia Moderna é a de que o processo histórico é dinâmico e aberto as possibilidades.

Sob o desígnio de esclarecer os caminhos que nos fundamentam, apresentamos sucintamente as discussões propostas em cada capítulo, condizendo, assim, com a emersão das condições humanas pelas quais tal trabalho foi pensado – um ponto que consideramos indelével.

No capítulo 1 urgimos uma discussão sobre a complexa realidade do conhecimento humano, incluindo o ensino e aprendizagem deste, problemas relacionados a estes processos construtivos e perspectivas de mudança que atualmente estão em voga. Propomos também discutir um sentimento de aproximação que dispomos com relação a essas discussões e a História da Ciência, proposta principal de nosso trabalho.

No capítulo 2 procuramos abordar a natureza evolutiva das diversas produções da área disciplinar História da Ciência ao longo do tempo, por acreditarmos que tais produções ainda influenciam muitas perspectivas presentes atualmente quando da necessidade de tratarmos a história da ciência e do trabalho dos cientistas em níveis discursivos variados. Esse necessário conhecimento é de inequívoca contribuição à formação intelectual profissional e lúcida das discussões que propomos.

No capítulo 3 apresentamos uma discussão sobre uma realidade vívida da formação acadêmica no que concerne a aprendizagem dos conhecimentos científicos que, inclusive, analisamos em nosso trabalho (com a constante referência a Thomas Kuhn). Através de um caso real de aprendizagem científica a nível da Educação Básica analisamos e questionamos a

¹⁴ Pela especificidade desta pesquisa, esta servirá, em especial, aos sujeitos da cidade analisada.

realidade das aprendizagens proporcionadas pelos livros didáticos de ciências a esse nível. Indicaremos alguns problemas que vem sendo descritos pela literatura proporcionada por historiadores da ciência como presentes nessas produções didáticas.

No capítulo 4 refletimos sobre o papel do tema em escopo, o Eletromagnetismo, nas discussões apresentadas. Especificamos, através de referências a natureza de sua construção, alguns pontos dessa construção conceitual para justificarmos a urgência em inserir a complexidade desse processo em um ensino crítico deste, assegurado, também, pelas perspectivas complexas de aprendizagem e desenvolvimento cognitivo humano sucintamente apresentadas nos capítulos anteriores. Incluímos discutir perspectivas atuais de aproximação entre o ensino científico e a História da Ciência a nível internacional, assim, incluindo a posição do Brasil nesta, analisando algumas cartas magnas educacionais em especial atenção a discussão sobre esse movimento.

No capítulo 5 trataremos dos caminhos que nos guiarão a analisar zelosamente o Livro Didático sob indicações de critérios de especialistas da área que nos dirigimos, além de propormos uma discussão mais lúcida sobre os fundamentos que expomos. No capítulo 6 realizaremos a análise do livro em questão de acordo com o *corpus* de conhecimentos abordados nos capítulos anteriores. No capítulo 7 consideramos alguns aspectos gerais sobre a análise do problema incipientemente reconhecido. Neste ponto teremos uma maior compreensão deste.

Ser instruído em ciências é diferente de ser treinado em ciências. Esta é uma reflexão presente em Mathews (1995). Apesar de a palavra instruir poder ser tida como contrária as ideias que defendemos sobre a formação intelectual, acreditamos que apenas em certo sentido o uso de tal palavra, significando uma oposição ao treinamento científico, a formação técnica científica, por parte do autor citado conflui para nossa discussão. A História da Ciência contribui claramente, então, para essa instrução. Nesse sentido, à instrução desejamos versar nas próximas páginas.

1 Um retorno a complexidade

Iniciamos, para dar seguimento a nosso estudo, os seguintes questionamentos: Quem são os seres humanos? Qual é a nossa natureza? De onde viemos? Para onde vamos? O que é a vida? Quando ela surgiu? Como ela se formou? Por que e como os humanos são tão intelectualmente diferentes dos demais animais (mesmo dos demais mamíferos)? Isto é o que se chama de inteligência? Como se dá essa diferenciação? Qual o impacto das ações do homem sobre os demais seres vivos? O que são e como funcionam os elementos de mundo (também chamados de fenômenos)? O que é a Ciência afinal de contas? Como a Ciência se inseriu nessas discussões? Essas e outras perguntas podem ser respondidas? Outros seres humanos as conhecem? Conheceram? Onde encontrar tais questionamentos? Como encontrar essas e outras perguntas?

De acordo com Fourez (1995), a reflexão filosófica parte de uma experiência muito simples: o uso de dois tipos de linguagem, a restrita e a elaborada¹⁵. A Ciência, em comunicação com a Comunidade Científica, usa a linguagem restrita. De modo geral, a linguagem restrita fundamenta-se no “como”, enquanto a elaborada pauta-se no “porquê” e do “sentido”. Os questionamentos acima são de natureza filosófica. Em uma primeira aproximação, e apenas nesta, reside a simplicidade nessa distinção entre linguagens. A relação entre tais códigos se torna complexa. Supomos que esta complexidade está envolta no processo que permitiu a fundamentação desses questionamentos.

Tais questionamentos são originários, inclusive, da nossa incapacidade em lidar com a complexidade e dos problemas encontrados na busca por essas respostas¹⁶. A abordagem usual para responder a questões de tal natureza é a fragmentação. Sob diferentes olhares – de forma mais efetiva atualmente, tendo em pensamento a especialização e diversificação dos estudos sobre a realidade – historiadores/as, engenheiros/as, biólogos/as, físicos/as, sociólogos/as irão imaginar conjuntos de situações que podem ser usadas para esboçar uma resposta particular a cada pergunta sobre a explicação da realidade. Dentro dos limites a que nos fixamos aqui, é interessante observar que a história registrada nos mostra uma tentativa,

¹⁵ “[...] o filósofo Bernstein (em Douglas, 1970) os distinguiu e chamou de códigos “restrito” e “elaborado”” (FOUREZ, 1995, p. 18).

¹⁶ Um conhecimento pode ser cognoscível e complexo ao mesmo tempo, mas a complexidade também se dá devido às contradições, aos paradoxos, os limites da lógica humana de pensar. De toda maneira incapacidades humanas se fazem presentes. Um problema.

ora explícita, ora tacitamente estruturada, de responder e tratar de questionamentos fundamentais que o pensamento humano consolida.

Ao seguirmos nessa linha de discussão, encontramos em Morin (2003) uma ampla discussão sobre os problemas da educação dos sujeitos humanos e as implicações no ensino destes. Neste pensador, defensor da necessidade de consideração da complexidade no pensar do sujeito, encontramos diversas *apresentações de problemas* que se inserem na realidade social humana, uma abordagem, portanto, favorável e influenciadora desta pesquisa. Para este, uma reforma do pensamento (que se coaduna cada vez mais pela realidade) naturalmente leva a uma reforma do ensino. Ao refletir sobre a Educação sob uma perspectiva maior que sua intrínseca e comum relação com o ensino, o autor propõe uma forma de ensino que nos inclinamos a defender, onde “a missão desse ensino é transmitir não o mero saber, mas uma cultura que permita compreender nossa condição e nos ajude a viver, e que favoreça, ao mesmo tempo, um modo de pensar livre e aberto” (MORIN, 2003, p. 08).

Ao prosseguir em sua leitura da realidade, – usando o movimento retrospectivo do conhecimento – Morin (2003, p. 09) nos conscientiza sobre o seguinte problema e suas implicações educativas:

HÁ INADEQUAÇÃO¹⁷ cada vez mais ampla, profunda e grave entre os saberes separados, fragmentados, compartimentados entre disciplinas, e, por outro lado, realidades ou problemas cada vez mais polidisciplinares, transversais, multidimensionais, transnacionais, globais, planetários.

Assim estruturada a atividade do conhecimento, impossibilita-se o reconhecimento dos conjuntos complexos, interações e retroações entre partes e todo, entidades multidimensionais e os problemas essenciais, tornando-os invisíveis – gostamos mais de usar “implícitos”. Refletindo sobre esta divisão do conhecimento, cujo caráter é bem representado pela Ciência, o autor argumenta que o saber científico produz (e produziu) não só o conhecimento e a elucidação, mas a cegueira e a incerteza (MORIN, 2003).

Essa representatividade que a ciência proporciona é uma característica muito peculiar dos conhecimentos científicos e este, ao que se mostra/mostrou historicamente, constitui um problema quando da educação dos novos cientistas e – devido às razões históricas de inclusão desses estudos na sociedade – dos/as estudantes em nível de uma “Educação Básica”, pois “Em vez de corrigir esses desenvolvimentos, nosso sistema de ensino obedece a eles”

¹⁷ Adotaremos a seguinte convenção: em destaques que não possuírem a especificação “grifo nosso” será considerado grifo do autor. Ao longo do texto vários destaques, como itálico, negrito e caixa alta são utilizados pelos autores das referências utilizadas.

(MORIN, 2003, p. 11). Na busca por uma solução a este problema podemos citar uma vasta literatura acadêmica (científica, pedagógica) educacional! Este é um problema antigo e, em confluência com a diversidade e peculiaridade do pensamento humano, tem exigido cada vez mais a necessidade do conhecimento e da sapiência que perdemos no ato de conhecer, principalmente o científico. É nesse sentido que Edgar Morin insere a sua obra: percebendo essa inadequação que os novos tempos revivem entre o processo de conhecimento e a obrigatoriedade social de educar o sujeito rumo ao desenvolver de aptidões gerais, múltiplas, globais, complexas. Eis que necessitamos, mais do que antes, buscar desenvolver uma “Cabeça bem feita”¹⁸.

Para nos convencer disto, da urgência e iminência desse processo, o autor faz uso de uma abordagem nada convencional (e que infelizmente não podemos realizar) de persuasão: um apanhado geral sobre o conhecimento humano, desde a poesia aos limites do conhecimento científico da natureza (dos estudos genéticos, a incerteza da mecânica quântica e a grandeza da cosmologia), permeando, é claro, de uma indicação da forma como os sujeitos podem se beneficiar deste conhecimento, deste movimento para adquirir uma cultura geral, donde a cultura científica não se faça oposta à cultura humanista, mas a interprete, a fundamente, a pense. Esta, aliás, é uma crítica recorrente em sua obra: a grande separação entre a cultura das humanidades e a cultura científica iniciada no século XIX e intensificada no século XX (MORIN, 2003).

O movimento de retroalimentação entre ambas as culturas parece-nos ser mais fácil de coligar em pensamento do que sua história proporciona. Essa é, aliás, uma característica que deve ser considerada nesse “ensino educativo” defendido por Morin. Como os cientistas trabalham (isso inclui discorrer sobre suas relações com outros pesquisadores “não-científicos”) é uma questão que analisaremos mais à frente – outra condição humana imprescindível de ser conhecida.

Mas não devemos apenas aderir cegamente a este autor. Um/a Físico/a profissional pode alegar que teria sido improvável, se não impossível, alcançar a notoriedade e a profundidade dos conhecimentos científicos caso essa “separação” não tivesse ocorrido. Como aponta Fourez (1995, p. 22), “permanecemos a maior parte do tempo no mundo de nossos códigos restritos. Se nos afastássemos dele o tempo todo tornar-nos-íamos literalmente

¹⁸Segundo Morin (2003, p. 17), “A PRIMEIRA FINALIDADE do ensino foi formulada por Montaigne: mais vale uma cabeça bem-feita que bem cheia”. Aí entra a defesa do desenvolvimento da “aptidão geral” em vez do arquivamento estéril de informações.

loucos”. Concordamos com essa informação, e é justamente essa questão que deve ser trabalhada no pensamento humano, e assim, no ensino. Pois, defender um ensino que prepare o/a estudante ao desenvolvimento de aptidões gerais inclui, entre outras coisas, a consciência da maneira como os conhecimentos são construídos, que o/a prepare a responder ao seguinte questionamento: em que condições tal conhecimento foi construído? Que consiga perceber que se trata de uma construção! Essas condições, em que pese o objeto do conhecimento científico, a natureza, são também *condições humanas*. Então, não se trata de uma doutrinação ao autor, mas de uma tentativa de entender a descrição de sua perspectiva, como se inserem e sua pertinência a educação humana. Aliás, vindo de um autor dotado de uma educação geral sobre o conhecimento, nada mais útil que partirmos deste.

Os escritos deste proponente, aliás, revelam um exemplo da natureza e do modo da pesquisa¹⁹ humana sobre seus conhecimentos: não se pesquisa sobre o objeto “ensino”, pesquisa-se sobre a educação, sobre os componentes dessa educação, os sujeitos. Procura-se um objetivo maior a ser entendido, como se do todo devêssemos conhecer as partes, justificando, assim, o nosso ensino acadêmico atual, pois não nos ensinam como deva ser pensado o sujeito, ou como dar aulas, mas, antes disso, nos ensinam a pensar sobre o sujeito e sobre o que significa *construir* uma aula (ou ao menos deveria ser assim). Mas, este deve ser um processo recíproco, e a sua justificativa é, conforme Morin (2003, p. 21) ao citar a máxima de Blaise Pascal,

“Sendo todas as coisas causadas e causadoras, ajudadas e ajudantes, mediatas e imediatas, e todas elas mantidas por um elo natural e insensível, que interliga as mais distantes e as mais diferentes, considero impossível conhecer as partes sem conhecer o todo, assim como conhecer o todo sem conhecer, particularmente, as partes...” (*Pensamentos*, Éd. Brunschvicg, II, 72). Para pensar localizadamente, é preciso pensar globalmente, como para pensar globalmente é preciso pensar localizadamente.

De forma lúcida, então, Morin (2003, p. 16), através de seu estudo da realidade em consonância com o movimento de estudo do conhecimento retrospectivamente, estipula o que ele chamou de “*desafio dos desafios*”:

Um problema crucial de nossa época é o da necessidade de destacar todos os desafios interdependentes que acabamos de levantar. *A reforma do pensamento é que permitiria o pleno emprego da inteligência para*

¹⁹ Entenda “pesquisa” como um “buscar compreender algo” por diversos motivos. Usaremos “compreender” conforme Fourez (1995, p. 28), “arriscar-se a uma linguagem elaborada sobre”. Nos casos aqui citados, devido aos problemas.

responder a esses desafios e permitiria a ligação de duas culturas dissociadas. Trata-se de uma reforma não programática, mas paradigmática, concernente a nossa aptidão para organizar o conhecimento.

Destacados esses desafios interdependentes, problemas em nossa linguagem, socio-intelectuais, e sua, historicamente, complexa, ao que se mostra, busca pelo entendimento de suas naturezas e resoluções, deriva-se os problemas do ensino, não por uma reflexão especular, mas por gênese. Gênese esta que é contrária, em muitos aspectos, as noções biológicas costumeiras, pois, ao que nos parece, esta gênese não possui progenitores definidos (são inúmeros e muitos indefinidos), o produto desta gênese se desenvolvendo apenas fisicamente, mas não intelectualmente, cada etapa de produção de conhecimento gera uma parte de um problema ou um problema, além da curiosa relação influenciadora entre o conhecimento destes e o aumento de sua incerteza. Este, então, parece, de forma genérica, ser um dos problemas mais recorrente ao intelecto humano: a incapacidade de pensar complexamente e assim, complexar o pensar. Estamos de acordo com Morin (2003, p. 17-18) ao afirmar que,

Contrariamente à opinião hoje difundida, o desenvolvimento das aptidões gerais da mente permite o melhor desenvolvimento das competências particulares ou especializadas. Quanto mais desenvolvida é a inteligência geral, maior é sua capacidade de tratar problemas especiais. A educação deve favorecer a aptidão natural da mente para colocar e resolver os problemas e, correlativamente, estimular o pleno emprego da inteligência geral.

Por último, em sua obra, presenciamos sua tentativa de consolidar uma membrana biológica a noção de sujeito. Não conseguindo fugir da metodologia da complexidade ao considerar tal noção em algumas perspectivas do conhecimento, ele conclui sua apresentação dizendo que, precisamos, de uma complexa noção de sujeito, sendo a dimensão cognitiva indispensável à vida, pois a prática no seu ambiente mantém uma relação única de dependência com esta dimensão (MORIN, 2003). Corroboramos com Morin, que esta é uma condição humana.

Afinal, o que Morin nos diz sobre “condição humana”? Tal concepção de educação do sujeito é necessária? Podemos entender essa procura por um entendimento mais amplo do processo do conhecimento em Morin (2003) quando cita Rousseau (em *Emilio*), pois para este pensador “Nosso verdadeiro estudo é o da condição humana”. Educar, nesse sentido, se traduz em conhecer as sapiências que os humanos fazem (e fizeram) uso para alcançar o *status* atual

de sua realidade perante os objetos que sempre estudou, pois “[...] pela primeira vez na história, o ser humano pode reconhecer a condição humana de seu enraizamento e de seu desenraizamento” (MORIN, 2003, p. 32).

Algumas disciplinas científicas têm desempenhado o papel de conscientizadoras dessa realidade complexa que se forma atualmente, trazendo à tona as condições humanas de sua produção, de acordo com o autor, pois, em sua composição elevam antigas discussões, práticas metodológicas esquecidas e/ou tornadas inutilizáveis pela especialização das disciplinas, cabendo a elas um papel no entendimento da condição humana para além da contribuição de áreas de humanidades que se encontram, atualmente, desmembradas. Serão a Cosmologia, a Ecologia e as Ciências da Terra intermediadoras desse processo de união das duas culturas, a humana e a científica (MORIN, 2003). A História da Ciência, conforme sabemos e detalharemos mais adiante, propõe algo semelhante e particular, vindo a contribuir enormemente para esse conhecimento da condição humana presente na produção do conhecimento científico.

Mas, antes, precisamos de uma reflexão: a literatura acadêmica, atual, assegura alguma noção complexa do sujeito? Veremos que sim.

1.1 Considerações Biológico-Sociais da Cognição

Contemporaneamente, o conhecimento biológico, como bem sabemos, pode responder a alguns dos questionamentos acima levantados (apresentação de perguntas). Na Biologia²⁰ o homem é tido como um ser vivo, pertencente, portanto, a classificações neste. Dentro desse campo de estudos este ser não parece ser tão diferente em termos fisiológicos dos demais animais, pois: vê-se uma repetição de suas estruturas e funcionalidades em outros animais; nota-se uma relação de dependência para com este planeta como qualquer outro animal ou ser vivo; Supomos²¹ uma origem racional de toda a vida e investigamos até hoje

²⁰Entenda: um conjunto de conhecimentos que ao desvincular-se de discussões alheias a seu objeto de estudo (a vida biológica em si) alcançou inúmeros e profundos resultados sobre este. Caso a Biologia tivesse sido regida por um paradigma alheio, o religioso, por exemplo, a natureza de suas pesquisas e resultados teriam sido outras, conforme a ideia de Paradigmas de Thomas Kuhn. Talvez tenha chegado a hora do paradigma (ou dogma?) religioso fazer uso dos conhecimentos biológicos para ressignificar-se! Exemplificamos aqui a crítica de Morin a disjunção entre as culturas e a urgência em se considerar a comunicação entre ambas para entendermos a estrutura da realidade. Nesse caso, outras questões se inserem nessa discussão. Mas o exemplo é válido.

²¹ Usaremos a conjugação dos verbos no tempo Presente na primeira Pessoa do plural quando, também, fizermos uso de conhecimentos que, embora não os tenhamos produzido, estão à disposição da raça humana para entendimento e pesquisa. No caso aqui citado, “supomos” significa que o conhecimento disciplinar intitulado Biologia o proporciona, fundamenta, sendo estes resultados trabalho dos biólogos. Esperamos que esse uso

como esse evento iniciou-se até culminar nos humanos e até aí não cessar; E, uma das ideias mais impactantes da história do pensamento biológico, desconfiarmos até da descendência dos humanos de seres que deixaram outras descendências que não se encaixam somente em classificações humanas.

Entretanto, se nós estamos nesse momento decodificando estes símbolos gráficos (chamados de letras) no cérebro implica que existe algo que nos diferencia dos demais animais, pois somos os únicos a fazer isto. Podemos dizer que este reconhecimento é antigo e que moveu diversas explicações sobre tal: da Bíblia às teorias modernas sobre o pensamento humano e animal um ponto em comum é a tentativa de entender a hierarquia ambiental que reside neste planeta.

Partimos (e permanecemos) nas considerações científicas que aqui o trabalho “racional” permite, sendo assim, podemos responder que se de certo não temos muito consolidado, deliberado até os tempos atuais sobre tal assunto pelo menos se tem atualmente áreas de estudo que se interessam simplesmente em atender a essas percepções, a estes questionamentos. Podemos recorrer à história do desenvolvimento dessas áreas de estudo e tecer algumas observações que se mostrarão muito úteis nas análises que aqui serão desenvolvidas.

A simples informação da existência de áreas de estudo que visam responder a essas questões é, de certo modo, ilusória. Uma sensação que se tem de início é a intenção de usar os resultados de tais investigações nos discursos sobre os momentos em que se torna imperativo entender a logística por trás da formação humana, como o ensino. Contudo, como sabemos, a História sobre qualquer pensamento proporciona alguns resultados de pleno interesse, em especial, influência direta sobre essa intencionalidade inicial: conscientização. As áreas que se dedicam a estudar a formação e o “desenvolvimento” cognitivo humano atualmente podem ser intituladas (não equivocadamente) de “Teorias da aprendizagem”.

Porém, o que o pensamento histórico de tal área registra como pertencente a essa área de estudo é que sua formação não foi de modo algum fácil em consolidação, algo que se assemelhou (e se assemelha) mais a uma construção ilegítima, incognoscível, assim, se considerarmos a rigidez disciplinar como a estrutura de desenvolvimento do conhecimento. Nessas teorias é recorrente, no exercício de suas leituras, o uso de conhecimentos advindos da psicologia, biologia, psicanálise, neurologia, anatomia, antropologia, sociologia etc.

ambíguo de tempo verbal e pessoa do discurso não atrapalhe a compreensão do que é *nossa* interpretação pessoal e as interpretações paradigmáticas que realizaremos como o caso agora especificado. Acreditamos que pelo contexto será possível diferenciar tais interpretações. Quando não, indague-se!

(complexidade). Mais um golpe sobre essa intencionalidade é quando se toma conhecimento sobre a quantidade de personagens que desse processo fizeram e fazem parte e a quantidade de trabalhos, resultados, investigações realizadas por eles. Esses dois reconhecimentos significam que em termos práticos não é fácil e nem rápido entender esses estudos. A título de ilustração, apenas a obra de Jean Piaget, ao todo, pode ser publicada em 35.000 páginas, sendo que ao menos 3% destas abordam a pedagogia em si²².

Desses trabalhos, que até hoje não cessaram, uma análise sistemática sobre a formação do pensamento humano foi realizada, postos em evidência foram os métodos usados nos processos onde se fazia necessário a utilização do pensamento humano e novos modos de enxergar esse processo foram advindos de outros campos de estudos e/ou reinterpretados a partir destes. Os problemas relacionados à aprendizagem dos seres humanos logo se fizeram presentes, pois é nessas situações que a dependência do entendimento sobre essa formação se faz mais evidente. Aqui iremos apenas nos limitar a alguns expoentes dessas investigações sobre a formação e desenvolvimento humano: Jean Piaget, Lev Vygotsky e David Ausubel; visto que a cronologia dos acontecimentos que contextualizaram o desenvolvimento das ideias de tais proponentes pode ser entendida a partir destes.

Outro ponto que justifica uma sucinta compreensão do trabalho desses proponentes a nossa discussão é o fato nos apresentado diretamente por Rosa & Rosa (2007) acerca da ligação direta existente entre o processo de ensino e aprendizagem, em especial de Física, e a contribuição da psicologia, especificamente, as teorias de aprendizagem ao longo da história do ensino desta, expondo-nos assim uma condição humana que norteia as práticas educacionais ao partirem de pressuposições sobre a formação e desenvolvimento intelectual dos sujeitos. De acordo com os autores, a dependência intelectual do Brasil aos Estados Unidos se deu, também, em relação às práticas educacionais. Segundo estes autores, em contraposição ao influente método de Skinner (que abordamos a frente) utilizado neste país e, por conseguinte, no Brasil principalmente no “ensino da Física começam a aparecer trabalhos vinculados às teorias de Jean Piaget, David Ausubel e Lev Vygotsky, entre outros, como forma de propor alternativas para o processo ensino-aprendizagem” (ROSA & ROSA, 2007, p. 6), sendo o método de Skinner contestado ainda em plena década de 1970. De acordo com Moreira (1999) *apud* Rosa & Rosa (2007, p. 6),

²² Informação presente em MUNARI, Alberto. Jean Piaget / Alberto Munari; tradução e organização: Daniele Saheb. – Recife: Fundação Joaquim Nabuco, Editora Massangana, 2010.

A teoria de aprendizagem que imperava no sistema educacional foi proposta por Skinner, psicólogo americano, que apoiava seus pressupostos na valorização dos mecanismos que resultariam no comportamento observável dos indivíduos, não considerando o que ocorre na mente desses indivíduos. Para ele, a aprendizagem ocorre devido ao reforço, à repetição, desta forma o ensino deveria criar condições para que as respostas fossem dadas inúmeras vezes. Ao professor cabia a tarefa de proporcionar tais mecanismos de reforço, criando situações de repetição tantas vezes quantas fossem necessárias até que o aluno exibisse o comportamento desejado.

Entender os aspectos valorizados por Skinner em seus estudos sobre formação e desenvolvimento ajuda-nos a precisar a importância das teorias construtivistas, em clara oposição aos métodos comportamentalistas citados. Resquícios de uma forma de ensino em Física baseada em métodos comportamentalistas, de acordo com os autores, é a prática de resolução dos múltiplos exercícios²³ presentes na educação dos conhecimentos científicos a nível Médio da Educação Básica (ROSA & ROSA, 2007). Sob essas considerações, a inseparável e imbricada relação entre concepções sobre a formação e desenvolvimento dos sujeitos e a posterior prática educacional a que nos dirigimos, cremos ser indelével uma rápida análise dessas propostas a fim de não recairmos em simplismos metodológicos.

Como deve ser realizado o primeiro contato de um indivíduo com algum conhecimento? Difícil responder, pois, como a experiência mostra, não existe uma forma única para tal. Existe uma forma mais eficaz? Também é difícil dizer, pois no caso da educação humana este é um processo dependente das formas de aprendizagem de cada indivíduo (ambas essas respostas podem ser encontradas nas intencionalidades de análise das teorias de aprendizagem ao longo de seu desenvolvimento e a forma pelas quais foram descritas aqui é resultado de investigações sobre a formação e desenvolvimento do pensamento humano).

Independente dessas formas, um modo bem comum de apresentação de conhecimentos presente em livros é iniciar um relato histórico sobre o tema. Quais os intuitos ao se fazer tal processo? Podemos, legitimamente, inferir que (1) é creditada a história um papel muito importante de conscientização e inserção do pensamento em novas problemáticas advindas e/ou presentes em tempos outros que se mostram presentes ou não nas discussões atuais e (2) pode atender a antecipação de futuras dúvidas sobre os métodos utilizados. Este

²³ Em nosso trabalho não realizaremos um movimento de análise dos exercícios propostos pelo livro, este é um problema a ser pesquisado separadamente. A discussão que segue conscientizará o/a leitor/a da complexidade desse ponto. Discutimos apenas, mais a frente, sob palavras de Thomas Kuhn a influência destes exercícios na formação científica acadêmica.

caso é muito bem representado por Jean Piaget. Se uma apresentação das ideias de Piaget fosse antecipada a sua história profissional, muito provavelmente, muitas dúvidas e inquietações seriam geradas sobre as abordagens usadas (nada convencionais) pelo mesmo em suas observações sobre os processos analisados.

A influência da formação do proponente neste caso se fez muito importante para o entendimento proporcionado pelas observações de Jean Piaget. Nascido a 09 de agosto de 1896 na Suíça, aos 10 anos de idade, Piaget já engendrara um artigo em uma revista de Neuchatel, sua cidade natal, sobre um pardal branco. Sua história profissional mostra ainda seu intenso interesse posterior em Psicologia, inteligência infantil, trabalhos em institutos de pesquisa, professor de História da Ciência e sociologia, dezenas de livros publicados sobre a formação da criança, participe da elaboração da constituição da UNESCO, tudo isso após ter doutorado-se em biologia por meio de um trabalho sobre moluscos etc. (MURANI, 2010, p. 141)²⁴ (outro autor dotado de uma formação complexa, de uma “cultura geral”).

Uma leitura dos comentadores de Piaget, assim como de seus próprios trabalhos, é fácil convencer-se dos objetivos que este autor visava alcançar, perseguir ou lançar lúmen com seus estudos. Por exemplo, em Palangana (2001, p. 14) lemos que “Piaget busca conjugar essas duas variáveis – o lógico e o biológico – numa única teoria e, com isso, **apresentar uma solução ao problema do conhecimento humano** (grifo nosso)”. Perceba, esse é o ponto cruz deste breve relato sobre as teorias de aprendizagem, a partir dessa simples citação qual era o projeto em que Jean Piaget (e outros) estava empenhado em realizar. (Independente do *modus operandi* que iniciou a busca por esse conhecimento, nos preocupamos aqui com a existência de tal movimento). Outro ponto inicial, recorrente e fundamental no trabalho de Piaget são suas conclusões sobre a lógica infantil e sobre seu estado durante a infância: a lógica de funcionamento mental não é inata, desenvolvendo-se então gradativamente e não é, portanto, igual à do adulto (PALANGANA, 2001).

Ainda segundo a autora, “Piaget desenvolve seu trabalho num período em que os estudos em psicologia estavam orientados basicamente por três concepções: a corrente behaviorista [...], a Gestalt e a psicanálise”. (PALANGANA, 2001, p. 17). Ora contrariando ora se aproximando a essas concepções Piaget introduz o método clínico da psicologia no exame do raciocínio da criança e utiliza então conceitos da biologia – estrutura e adaptação – para guiar seus estudos e reinterpretar a importância de outros fatores muito discutidos sobre

²⁴Devido a sua extensa produção e impossibilitado pela atual tendência de especialização acadêmica, faremos *mais* uso de autores que abordam Piaget em vez de seus próprios trabalhos.

o pensamento e formação humana nas demais concepções até então: a experiência (o contato com os meios), o inconsciente e o consciente, a linguagem, estímulos/respostas, condições endógenas, exógenas etc. (PALANGANA, 2001).

Palangana (2001, p. 20) ainda chama a atenção para o fato que

De acordo com Chiarottino, as observações piagetianas sobre o comportamento infantil trazem implícita a hipótese de que, assim como existem estruturas específicas para cada função no organismo, da mesma forma existiriam estruturas específicas para o ato de conhecer, capazes de produzir o conhecimento necessário e tão perseguido pela filosofia. [...] A partir do exercício dos reflexos biológicos, que se transformam em esquemas motores e através da ação da criança constrói, gradativamente, suas estruturas cognitivas que se manifestam numa organização sequencial chamada por Piaget de estágios de desenvolvimento cognitivo.

Com essa conjectura sobre esses estágios de desenvolvimento cognitivo podemos responder a algumas indagações sobre problemas que se inserem quando da análise do processo de ensino e aprendizagem. Um deles é um problema inato a todo novo ser: o fato de que todo novo ser humano precisa “alinhar-se” com um mundo já em movimento. Como então explicar esse problema? Este fato, segundo essa interpretação de Piaget, é consequência dos estágios de desenvolvimento cognitivo, visto que este “é um mecanismo que se desenvolve gradativamente graças à ação do indivíduo sobre o meio e das trocas decorrentes desta interação” (PALANGANA, 2001, p. 22), sendo, desta forma, impossível transmiti-lo geneticamente. Desta maneira, podemos também responder a pergunta inicial: como se dá a diferenciação intelectual dos humanos em relação aos demais animais? Para Piaget, então, essa diferenciação se dá em torno destes estágios cognitivos que necessariamente devem ser desenvolvidos, a partir, é claro, das estruturas inatas biológicas de cada indivíduo.

Prosseguindo em sua análise multidisciplinar dos problemas relacionados ao conhecimento humano, Piaget introduz outros termos da biologia que, assim como os anteriores, reforçam suas convicções em torno do imperativo fator biológico do homem enquanto um ser da natureza, descendido dela e dela dependente: a *organização* e a *adaptação*. A organização se pauta em cima dos tais estágios de desenvolvimento cognitivo já citados, sendo estes estágios cada vez mais desenvolvidos pela adaptação, esta proporcionada pelo contato do indivíduo com as fontes de informação de mundo. A adaptação ainda divide-se em dois processos que se relacionam curiosamente: a assimilação e a acomodação. Sendo de caráter apenas de conhecimento direto com novas experiências, a assimilação seria responsável pela entrada de novas informações no intelecto, não alterando-as.

A acomodação seria o processo então de contornos e maleabilidade dos estágios cognitivos para receber e literalmente “acomodar” as novas informações as estruturas já construídas e consolidadas no pensar. Quando a harmonia se faz presente entre a assimilação e a acomodação tem-se então o que Piaget chama de *Equilibração*, processo esse presente durante toda a vida do indivíduo e que seria responsável pelo processo de construção do conhecimento (PALANGANA, 2001).

Na teoria piagetiana encontramos uma resposta (independente das divergências por ela causada até hoje) que pode atender as indagações introdutoriamente inseridas: como ocorre uma mudança de uma forma passiva do conhecimento a uma forma ativa do conhecimento? Em resumo, Piaget explica esses casos com base nos “estágios de **desenvolvimento** cognitivo”. Cabe aqui o destaque para tal palavra pela relevância de seu uso recorrente nas teorias citadas. Costumeiramente usa-se tal palavra como referência para argumentar, justificar (entre outras opções de uso) as ideias e como objeto de estudos por tais teorias. O que é desenvolvimento de um indivíduo? Quando considerar que um indivíduo está desenvolvido ou está em processo de desenvolvimento ou desenvolvido? As respostas a tais questionamentos não são fáceis e não são uníssonas, como se pode constatar pela leitura dessas teorias.

Desta forma, divergindo em diversos graus de entendimento em relação à importância dos diversos fatores que influem na “aprendizagem” do indivíduo (fatores biológicos, sociais) não há razões para se esperar consonância em relação à ideia de desenvolvimento. Em Piaget certa notoriedade e facilidade procedimental se fazem emergir em relação às demais concepções: postulando a existência de *quatro* estágios pelos quais o indivíduo deve passar (“desenvolver”), o desenvolvimento fica então assim taxado como tal ao final desse processo, que na melhor das hipóteses e nos tempos atuais, deve se concretizar ao fim da adolescência.

A bem da ordem de coleta de informações, em Palangana (2001, p. 23) somos informados que esses estágios são: “[...] o sensório-motor (nascimento até os 2 anos), o pré-operacional (2 a 7 anos); o estágio operatório-concreto (7 a 12 anos) e, por último, o estágio de operações formais, que corresponde ao período da adolescência (12 anos em diante)”. Afora a complexidade que envolve a descrição e as implicações do elencar de características dessas fases pode-se assegurar que o que Piaget tinha em escopo sobre tais estágios é um crescente nível de entendimento que o indivíduo iria adquirindo desde o nascimento até a fase

final em que este ser estivesse totalmente apto em entender a complexidade do conhecimento e agir sobre ele. Esse, aliás, é um tema muito presente nas discussões de Piaget, a ação.

A ligação desses estágios de desenvolvimento cognitivo com a especificação com a idade, apesar das fortes críticas que Piaget recebeu devido a esta ousada proposição conforme Bartelmebs (2014), atendeu a um propósito bastante peculiar, pois a

[...] influência de seu pensamento na elaboração e organização curricular do sistema educacional brasileiro, cujo referencial passou a ser os períodos de desenvolvimento mental. A presença dos estudos piagetianos na estrutura do ensino brasileiro, remeteu o ensino da Física às séries mais avançadas, pois, de acordo com Piaget, essa ciência necessitava do pensamento formal, etapa presente nos estudantes a partir dos doze anos de idade, aproximadamente. Assim, a Física passou a integrar os currículos na etapa final do ensino fundamental, pois na perspectiva de vários pesquisadores apoiados nos trabalhos de Piaget, antes seria difícil que o aluno estivesse em condições de construir e elaborar os conceitos relacionados à Física (ROSA & ROSA, 2007, p. 7).

Expondo-nos assim uma conseqüente característica da condição de influência desses estudos na prática educacional, em especial, a brasileira.

De acordo com Palangana (2001, p. 71), “[...] é possível afirmar que a postura teórica piagetiana é de natureza interacionista com fortes tendências para o primado do sujeito”. (À maneira Euclidiana²⁵ de elucidação) “Dito de outro modo”: é legítimo supor que um indivíduo é dito desenvolvido em Piaget quando esteja apto a conceber ações sobre o conhecimento, as formas e diversidade dos tipos de conhecimento que a humanidade dispõe em suas discussões; instaurando os conhecimentos advindos da história, pode ainda dizer que um ser humano desenvolvido possa ser capaz de estar apto a considerar a forma, o modo de produção e construção do conhecimento, a elaborar estruturas novas de pensar a partir do que já fora realizado antes deste, que saiba elucidar, a partir de reconhecimentos, a extensão e natureza do pensar.

Lembrando ainda que em Piaget podemos perceber, talvez influenciado pelos ensinamentos que a História da Ciência proporciona (Piaget foi professor de História da Ciência), que suas ideias para “resolver” o problema do conhecimento humano reinterpretem e não negam a existência dos fatores que outras concepções, como os Behavioristas, atribuíam grande estima. Esta forma de conceber *novas* ideias que restaurem o equilíbrio entre o já tido como

²⁵ Algo que vale a pena ser citado: “[...] não podemos deixar de concordar com o filósofo Immanuel Kant, que escreveu em 1738, na introdução de sua filosofia sob o título “Afim, é a metafísica possível?”: “Não há absolutamente livro na metafísica como temos na matemática. Se quiserdes conhecer o que é a matemática basta olhades os *Elementos* de Euclides.”” (BICUDO, 2009, p. 16).

importante e o novo é tipicamente um ensinamento procedimental proporcionado pelo estudo histórico da Ciência (apesar de ser um critério quase que obrigatório, a História da Ciência²⁶ mostra que nem sempre esse critério é e foi respeitado e, cientificamente falando, nem é possível de ser alcançado em completude). Nessa linha de dedução encontram-se exemplos tais como Palangana (2001, p. 72) registra “[...] Piaget acredita que a hipótese de uma origem sensorial do conhecimento não é apenas incompleta, mas, sobretudo, falsa, uma vez que a percepção não se reduz a uma leitura direta da experiência”.

Outras, ainda, “observações” (e não conceitos e/ou definições, já que ainda diferem muito dos conceitos científicos ou, mais fortemente, dos conceitos matemáticos) em Piaget que são importantes considerar não apenas em nossa análise, mas por proporcionar melhores e mais produtivos olhares sobre esses processos são as formas implícitas e consequentes de seus trabalhos sobre “conhecer” e “aprender”. Segundo Palangana (2001, p. 71-72).

Nas sistematizações teóricas de Piaget, conhecer significa organizar, estruturar e explicar o real a partir das experiências vividas. Conhecer é modificar, transformar o objeto; é compreender o mecanismo de sua transformação e, conseqüentemente, o caminho pelo qual o objeto é construído. O conhecimento é sempre objeto da ação do sujeito sobre o objeto.

A respectiva ideia de aprendizagem é seguidamente apresentada em Palangana (2001, p. 74-75), ou seja,

Na concepção de Piaget, o problema do conhecimento está estritamente vinculado ao problema da aprendizagem: aprender é saber fazer (realizar) e conhecer é compreender a situação distinguindo as relações necessárias das contingentes. É atribuir significado às coisas, considerando não apenas os aspectos explícitos do fenômeno, mas principalmente o implícito, o possível.

Tais representações, tais “conceitos” diferem dependendo da abordagem que se consulta. Assim, uma diferenciação essencial entre a teoria piagetiana e algumas outras concepções reside no seguinte fato: “[...] Piaget entende que a necessidade e a estrutura cognitiva são dois aspectos indissociáveis da conduta humana [...]” (PALANGANA, 2001, p. 78). Este fato, quando interpretado por concepções inatistas ou comportamentalistas, é encarado como uma ligação indissolúvel entre o aprendido e a existência; em Piaget apesar da defesa desta necessária ligação entre a necessidade de entendimento da criança, do indivíduo e o aprendido em função de tal variável a teoria piagetiana, graças à conjectura

²⁶Sempre que cômodo usaremos a sigla HC para nos referirmos a História da Ciência.

dos estágios cognitivos, estipula que essa *necessidade* deva ser ultrapassada com o desenvolvimento do estágio operatório-formal, estágio este típico do pensamento científico disponibilizaria as motivações e as novas obrigações que o conhecimento estipula para aquele desgarrar-se do real, das necessidades mais diretas de conhecer.

Como pode ser percebido, em Piaget, ao contrário, procura-se, através de uma análise multidisciplinar, responder e/ou enquadrar, lançando assim as bases para diversos movimentos futuros nesses campos de estudo, as perguntas e os problemas do conhecimento humano, ora estipulando a existência de meios indiretos de aprendizagem, ora dissertando sobre a influência direta dos fatores que cotidianamente estão factualmente disponíveis. Em Piaget, pode-se inferir com prudente convicção que para que haja um desenvolvimento crescente no indivíduo é preciso desenvolver esses estágios indiretos de cognição, assim como um organismo deve se amadurecer fisicamente ao longo da vida; para que esses estágios se desenvolvam a alimentação contínua de *existências* (existências no sentido de terem sido consideradas nos atos de conhecer, não no sentido de serem concretas, apenas) deve se fazer presente durante esses momentos, aprendizagens. Este é um pressuposto indelével e insubstituível. **Como então assegurar que essas *existências* se façam presentes?** Este é um dos aspectos que defenderemos tacitamente sobre o papel da História da Ciência no ensino: assegurar a constância das condições humanas nas apresentações realizadas.

Entender quais as intenções de intelecto e as visões que um autor dispõe sobre a cultura humana, o conhecimento, as conquistas, a sua área de estudo, a cronologia dos fatos etc. é importante? É necessário? É suficiente? Muito se tem discutido a esse respeito. Verificamos uma tendência contemporânea sobre tais ditames, principalmente nos *corpus* de conhecimentos que se vinculam a entender a formação da cultura humana e do conhecimento científico. Como essa percepção se fez presente? Quando surgiu essa necessidade de investigação contextualizada sobre a construção dos saberes? Como responder a essas perguntas?

Discursar sobre essas perguntas e simplesmente pensar sobre tais indagações implica em uma necessidade de saber como os saberes são emergidos da complexidade do pensar humano em contato com os meios de mundo, uma necessidade de precisar a importância dos trabalhos na resolução dos problemas a que estes se inclinam, qual a relação entre o contexto do indivíduo e a suas visões de mundo, como os novos seres humanos incluir-se-ão e darão continuidade aos trabalhos já produzidos etc. Seria essa necessidade intrínseca o que chamamos de princípio? Aqui adotaremos esta postura. Essas questões são pertinentes para

esta discussão porque se torna imperativo refletir sobre tal a fim de entender os trabalhos de Lev Semionovitch Vygotsky.

De formação em direito e interesse em filosofia, história, literatura, arte e psicologia (autor dotado de uma formação ampla, portanto) e nascido no mesmo ano de Piaget, o trabalho de Vygotsky esteve extremamente vinculado ao entendimento e resolução dos problemas de sua época e de seu país, a saber: a Rússia em iminência da revolução Bolchevista de 1917 (IVIC, 2010). Entendido o estado da realidade em que estava inserido é possível reconstruir (filosoficamente limitada essa reconstrução) os passos que culminaram nas abordagens deste pesquisador sobre os conceitos relacionados à aprendizagem. Foi nesse cenário de intenso interesse sobre tais problemas que este insere suas ideias sobre o comportamento humano, o conhecimento, sobretudo da influência que a sociedade possui na formação humana. Em Palangana (2001, p. 90) lemos que Vygotsky “não era o único psicólogo soviético preocupado em construir uma psicologia que pudesse responder à problemática político-social de seu país naquela época”.

De acordo com Moreira (2011, p. 31),

Para Lev Vygotsky (1987, 1988), o desenvolvimento cognitivo não pode ser entendido sem referência ao contexto social, histórico e cultural em que ocorre. Para ele, os processos mentais superiores (pensamento, linguagem, comportamento voluntário) têm sua origem em processos sociais; o desenvolvimento cognitivo é a conversão de relações sociais em funções mentais. Nesse processo, toda relação/função aparece duas vezes, primeiro em nível social e depois em nível individual, primeiro entre pessoas (interpessoal, interpsicológica) e após no interior do sujeito (intrapessoal, intrapsicológica).

Interessado em entender as “funções superiores do comportamento”, o que pode ser entendido sob os estudos de Piaget como formas de conhecimento mais abstratas e produtos do estágio operatório-formal, Vygotsky se utiliza da influência de sua formação e faz uso da abordagem dialético-materialista de Marx para buscar esse entendimento, contrariando os tradicionais métodos de estímulo/respostas da psicologia. Para tal pensador a fonte de tais funções complexas de pensamento e/ou comportamento reside nas trocas sociais (PALANGANA, 2001, p. 92).

Influenciado por tais intenções Vygotsky recai nos fatores que são analisados por outras concepções, principalmente a abordagem piagetiana. Partindo de uma concepção ativa por parte do indivíduo sobre o conhecimento (PALANGANA, 2001), assim como em Piaget, o citado autor faz reinterpretações sobre o papel e a gradação de grande parte dos elementos

tratados por Piaget: a fala, a ação, a inteligência infantil, o objeto, a fala egocêntrica. Essa diferença em tais abordagens se deve ao atendimento de objetivos de tais proponentes que, como sabemos, são diferentes. Um exemplo de tal processo é que para o autor em questão “a história da socialização da inteligência é definida pela história do processo de internalização da fala social” (PALANGANA, p.101)²⁷. Nos trabalhos finais de Piaget, apesar deste relevar sobre a importância da fala, concedendo-lhes um papel importantíssimo no desenvolvimento do indivíduo e na organização de seus estágios cognitivos, a linguagem não possui o mesmo papel que em Vygotsky (PALANGANA, 2007). De modo geral pode-se dizer que o trabalho deste se mostra diferente do de Piaget à medida em que a seguinte constatação se verifica, a saber que em Vygotsky

Seus pressupostos elucidam os caminhos através dos quais a natureza do comportamento se transforma de biológica em socio-histórica. Nessa perspectiva, o pensamento está sujeito às leis que orientam a evolução da cultura humana e, nesse sentido, sofrerá tantas transformações quantas se registram na história das relações sociais entre os homens (PALANGANA, 2001, p. 106).

Vygotsky, assim como Piaget, ressalta a importância de entender qual o estado desses problemas a sua época e assim como este chega as três “escolas” de pensamento a seu tempo e a partir de tais reduções estipula suas análises. Como dito anteriormente, estas escolas de pensamento diferem em relação à interpretação dos fatores e dos “conceitos” presentes e recorrentes nesses estudos: aprendizagem e desenvolvimento, por exemplo. Para os que creditavam ao amadurecimento físico a primazia procedimental sobre esses estudos, o desenvolvimento precede a aprendizagem, sendo então esta um evento externo e que não afetaria o desenvolvimento. Para os behavioristas aprendizagem é paráfrase do desenvolvimento, baseando suas observações sobre o aprender em estímulos/respostas adquiridas. Por último, a Gestalt esboça uma tentativa de combinação dos dois processos. São processos diferentes, mas que se influenciam mutuamente (PALANGANA, 2001).

A abordagem piagetiana se aproxima, tangencia-se talvez, dessa abordagem intelectual da Gestalt. Não apoiando-se completamente em nenhuma dessas reduções, Vygotsky estipula a suas observações sobre tais questões reconhecendo a existência

²⁷ A esse respeito Moreira (2011, p. 31) cita que a conversão de relações sociais em processos mentais se dá pelo uso de instrumentos e signos. Instrumento: algo que pode ser usado para fazer alguma coisa. Signo: é algo que significa alguma outra coisa. Signos podem ser *simbólicos (números, palavras), icônicos e indicadores*. O autor afirma que em Vygotsky quanto maior é internalização de instrumentos e signos e o uso destes mais se amplia a atividade de aplicação de suas funções psicológicas do sujeito.

independente destes processos, mas a unidade entre estes não garante sua identidade. Sua cisão do desenvolvimento, sua classificação em dois tipos de desenvolvimento visam atender a diferenciação que se nota nas formas de aprender o “real” e o “efetivo”. O desenvolvimento real seria uma espécie de desenvolvimento pautado no contato do indivíduo com as fontes de informação direta, contextual (algo já discutido em Piaget). O desenvolvimento potencial resultaria das alimentações de informações via escola. É nessa etapa que reside a chamada ZDP - “Zona de Desenvolvimento Proximal” (PALANGANA, 2001).

A consolidação desta etapa como real para o desenvolvimento do indivíduo é de relevância nesta análise aqui realizada, pois dela pode ser entendida alguns resultados interessantes citados introdutoriamente aqui como problemas. A ideia de “companheiros mais capazes” auxiliando o processo de aprendizagem escolar é bem representada na escola pelo papel do professor, apesar da ideia da ZDP não limitar ao professor este papel.

Podemos reconhecer que devido aos intentos abstratos de Vygotsky, influenciados por seus planos de interesse de crescimento intelectual da sua sociedade, muitos pontos que são tratados em Piaget não merecem a mesma atenção naquele.

A importância dessas novas considerações sobre o sujeito e, conseqüentemente, o ensino pode ser mais bem concretizado quando somos apresentados aos cenários possibilitados por outras concepções que visavam atender ao desígnio do entendimento da formação cognitiva humana. Por exemplo, em Moreira (2011, p. 25) conhecemos indiretamente algumas conseqüências das influências das concepções inatistas ou comportamentalista na educação, pois o autor afirma que

No contexto educativo, hoje quase não se fala mais em estímulo, resposta, reforço positivo, objetivos operacionais, instrução programada e tecnologia educacional. Estes conceitos fazem parte do discurso usado em uma época na qual a influência comportamentalista na educação estava no auge e transparecia explicitamente nas estratégias de ensino e nos materiais educativos. Nessa época, o ensino e a aprendizagem eram enfocados em termos de estímulos, respostas e reforços, não de significados.

Então, qual seria o contexto educativo nos dias de hoje? Ainda conforme Moreira (2011), apesar de ainda haver a possibilidade dessas concepções comportamentalistas na prática docente atual a retórica mudou, passando a ser concebido também o discurso cognitivista/construtivista/significativo. Tais discursos são alimentados por novas concepções sobre a cognição humana, sendo, inclusive, a obra de Jean Piaget e Lev Vygotsky integrantes desse processo de mudança paradigmática. Condizente com as contribuições dos trabalhos

sociais deste último proponente no ensino de Física no Brasil, Rosa & Rosa (2007, p. 8) nos informa que recentemente os trabalhos deste chegaram ao nosso país, sendo que

Como decorrência desta visão (as análises sociais da cognição – inserção nossa), o processo de formação de conceitos (fundamental para a aprendizagem escolar) sofre influência direta do meio social e cultural no qual o indivíduo está inserido. Neste sentido, os conhecimentos prévios que os alunos trazem para a escola são elementos primordiais para a discussão e posterior apropriação pelos educandos dos conhecimentos científicos (próprios do ambiente escolar).

Consoante a esse processo entra os trabalhos de David Paul Ausubel.

As palavras de ordem no contexto educacional atual são aprendizagem significativa, mudança conceitual, ensino centrado no aluno e construtivismo (MOREIRA, 2011). Esse importante conceito, aprendizagem significativa, proposto originalmente no trabalho de Ausubel, pode ser considerado como uma ideia subjacente as teorias construtivistas segundo o autor. Moreira (2011, p. 26) nos explica em essência o que viria a se constituir tal conceito:

Aprendizagem significativa é o processo através do qual uma nova informação (um novo conhecimento) se relaciona de maneira **não arbitrária** e **substantiva** (não-literal) à estrutura cognitiva do aprendiz. [...] Para Ausubel (1963, p. 58), a aprendizagem significativa é o mecanismo humano, por excelência, para adquirir e armazenar a vasta quantidade de ideias e informações representadas em qualquer campo de conhecimento (grifos do autor).

Não-arbitrariedade significando a deliberação de um novo conhecimento por parte do estudante aos conhecimentos que já possui, deliberação esta ocorrendo quando um conhecimento potencialmente significativo para o sujeito o possibilite, chamado por Ausubel de subsunção. Substantividade corresponderia ao aprendizado da substância de um conhecimento, ou seja, o que se prende a estrutura cognitiva do estudante seria a essência desse conhecimento e não a relação fixa entre esse conhecimento e um signo que o representasse, pois uma mesma proposição ou conceito pode ser representado por um conjunto de signos diferentes, mas equivalentes em termos de significados (MOREIRA, 2011). Utilizando a abordagem do “inverso de algo” ficam pressupostos termos mais claros: a aprendizagem significativa se dá quando da relação entre o não-arbitrário e o substantivo em oposição à aprendizagem dita mecânica ou automática, quando do relacionamento arbitrário e literal a estrutura cognitiva do sujeito. O papel desempenhado pelos conhecimentos prévios é crucial para a aprendizagem significativa (MOREIRA, 2011).

De acordo com o autor, a aprendizagem significativa enquanto conceito genérico se subdivide em alguns tipos. Supomos que os tipos de aprendizagem significativa propostas por Ausubel em seu trabalho devem atender as diferentes espécies de aprendizagem que as espécies de conhecimento que estão à disposição pelo pensamento humano ao longo de sua história. Pois, em Moreira (2011) vemos que estas são: aprendizagem representacional, aprendizagem conceitual, aprendizagem proposicional, aprendizagem significativa subordinada, aprendizagem significativa supraordenada e aprendizagem significativa combinatória.

Com essas especificações de aprendizagem este autor, na defesa de seu intento, a de que a aprendizagem significativa pode funcionar como um conceito subjacente a teorias construtivistas, realiza uma tentativa de interpretar o conceito de Ausubel a luz das ideias de Piaget. De acordo com o autor então, apesar de Piaget não enfatizar o conceito de aprendizagem “[...] Sua teoria é de desenvolvimento cognitivo, não de aprendizagem. Ele prefere falar em aumento de conhecimento. Nesta perspectiva, só há aprendizagem (aumento de conhecimento) quando o esquema de assimilação sofre acomodação” (MOREIRA, 2011, p. 28). Entretanto, analisando um caso de similaridade²⁸ entre o sistema de desenvolvimento cognitivo que Piaget paradigmatisa, assimilação/acomodação, e a aprendizagem significativa/subsunçor de Ausubel, Moreira descreve a semelhança de operacionalidade em ambos os casos, corroborando assim a sua defesa da validade da subjacência do conceito ausubeliano nessa visão cognitiva do sujeito. Desta maneira,

É possível, portanto, interpretar a assimilação, a acomodação e a Equilibração piagetianas em termos de aprendizagem significativa. Assimilar e acomodar podem ser interpretados em termos de dar significados por subordinação ou por superordenação. Naturalmente, isso não quer dizer que os esquemas de Piaget e os subsunçores de Ausubel sejam a mesma coisa. Trata-se somente de uma analogia que permite dar significado ao conceito de aprendizagem significativa em um enfoque piagetiano (MOREIRA, 2011, p. 29).

O enfoque da aprendizagem significativa na obra de Vygotsky se dá em muitas vias, conforme este autor. Mais precisamente, essa análise recai no problema de entendimento da influência da interação social na aprendizagem significativa. Apesar de obviedade dessa

²⁸O caso de semelhança maior se dá no momento de uma apresentação de um conhecimento não potencialmente significativo ao sujeito. A assimilação e o subsunçor se comportariam de maneira análoga. Sem arbitrariedade e substância não haveria aprendizagem significativa, da mesma forma que não haveria a necessidade de acomodação na cognição do sujeito quando a assimilação não gerasse um desequilíbrio efetivo.

consideração em nossa perspectiva privilegiada, é graças a pesquisas como a deste autor que podemos revestir a opinião da obviedade devidamente fundamentada, pois, para este, versando legitimamente sobre tais ideias,

A aprendizagem significativa, por definição, envolve aquisição/construção de significados. É no curso da aprendizagem significativa que o significado lógico dos materiais de aprendizagem se transforma em significado psicológico para o aprendiz, diria Ausubel (1963, p. 58). Não seria essa transformação análoga à internalização de instrumentos e signos de Vygotsky? Os materiais de aprendizagem não seriam, essencialmente, instrumentos e signos no contexto de uma certa matéria de ensino? A Física, por exemplo, não seria um sistema de signos e não teria seus instrumentos (procedimentos e equipamentos)? Aprender Física de maneira significativa não seria internalizar os significados aceitos (e construídos) para estes instrumentos e signos no contexto da Física? Certamente sim, em todos os casos! (MOREIRA, 2011, p. 29)

São estudos como estes que oportunizam a nossa linguagem discursiva quando, por exemplo, percebendo a similaridade que tais concepções construtivas pressupõem, temos a tendência ao falar em tais concepções construtivistas usando termos advindos das mais diversas linhas interpretativas (isso pode constituir um problema!). Porém, como a história de tais desenvolvimentos mostra, estas, ao longo da história, foram desenvolvidas paulatinamente sob as mais diversas circunstâncias, e, às vezes, independentemente. Contudo, como Moreira (2011) salienta em sua pesquisa, não se propõe simplificações, reduções ou englobamento de uma teoria em outra, pelo contrário. Sua intenção é expor a natureza subjacente do conceito de aprendizagem significativa de Ausubel, permitindo assim seu uso consoante com algumas abordagens dessas concepções. Dada a trivialidade de seu uso nos discursos educacionais atuais esse entendimento se auto justifica, pois, bem sabemos que problemas aparecem todas as vezes que buscamos interpretar rapidamente movimentos que tem suas origens espalhadas longamente no tempo e na história.

A relação que a aprendizagem significativa possui com a afetividade é outro aspecto bastante difundido pela literatura dessa área. Nesse ponto, segundo o autor, já aparece em Ausubel essa exposição imbricada, porém, é com o trabalho de Joseph D. Novak que tal relação ganha conotações mais evidentes. Assim, Novak, um defensor e divulgador de tal conceito ausubeliano, propõe que uma teoria da educação deve levar em consideração a tríade humana: pensar, sentir, agir. A predisposição que o estudante deve apresentar para que a aprendizagem seja significativa é exposta por Novak, onde

Sua hipótese é que a experiência afetiva é positiva e intelectualmente construtiva quando o aprendiz tem ganhos em compreensão; reciprocamente, a sensação afetiva é negativa e gera sentimentos de inadequação quando o aprendiz não sente que está aprendendo o novo conhecimento. (MOREIRA, 2011, p. 36)

Apesar da adoção de Novak ao conceito de aprendizagem significativa este contribui de forma positiva a aquele, ora ampliando sua extensão, ora dando-lhes novos significados. Assim, graças ao esforço de Novak ao ponderar o lado humano desse processo o conceito de aprendizagem significativa “[...] subjaz a construção do conhecimento humano e o faz integrando positivamente pensamentos, sentimentos e ações, conduzindo ao engrandecimento pessoal” (MOREIRA, 2011, p. 36).

Apesar de resumida, sendo curta a apresentação de ideias acerca de tais movimentos (pautados em entender os elementos da formação do pensamento humano e seus correlatos), além da forte intenção de afirmar a existência dessas discussões, pensamos que para a análise a que se destina este trabalho – análise de apresentação de uma temática da Física sob uma perspectiva da História da Ciência – vemos uma relação muito íntima entre a forma, as intenções e os objetivos utilizados pelos livros didáticos na elaboração de sua estética de conteúdo e a forma de encarar o processo de formação e desenvolvimento cognitivo do indivíduo. De que outra forma se pode imaginar um processo que tenha por objetivo final a aprendizagem do indivíduo em algo sem uma fundamentação mínima sobre esse processo? Assemelhar-se-ia a construção de uma catedral gótica erguida por cobradores de impostos. Acreditamos ser esta a melhor abordagem. Visto que a aprendizagem significativa de um conhecimento requer o conhecimento do funcionamento da cognição nada mais natural do que supormos a necessidade dos livros didáticos, e da prática educacional, versar-se sobre como tais características influenciam a apresentação conceitual a que se propõe.

Apesar da imensa quantidade de informações presentes nessas investigações produzidas até hoje e dessas ideias utilizarmos tão pouco, podemos nos conscientizar sobre os aspectos necessários nessas análises, nesses movimentos, quando lemos os títulos de trabalhos produzidos por alguns pesquisadores²⁹ (obras de Vygotsky em português): “A formação social da mente”, “Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem”, “A construção do pensamento e da linguagem”; (algumas obras de Piaget em português) “O nascimento da

²⁹Ver notas 21 e a referência a obra de Ivan Ivic. Tais obras são interessantes, pois indicam muitos trabalhos de Piaget e Vygotsky e objetivam a apresentação, não muito extensa, de outros pensadores educacionais. Tais coleções são apoiadas pelo Ministério da Educação Brasileiro.

inteligência na criança”, “A construção do real na criança”, “A Equilibração das estruturas cognitivas”, “A situação das ciências do homem no sistema das ciências”.

Esta titulação, apesar de não ser literalmente sugestiva, dar-nos-á a segurança da natureza dos aspectos que serão utilizados na análise aqui proposta e na conscientização da existência de áreas de estudo abrangentes, complexas, sobre a noção de sujeito (consequentemente) que não podem ser ignoradas por livros didáticos e/ou outras fontes de informação que pautem sobre tais temas. Afinal, lidamos constantemente com um dos males incontestáveis: a limitada capacidade humana de versar-se sobre todos os assuntos. Além, ainda, da contemporânea tendência a segmentar a natureza do pensamento. Para Rosa & Rosa (2007, p. 5), após discorrerem sobre o complexo problema do “para quê ensinar”, chegando a estipular uma dimensão extra a essa discussão, o “ensinar a pensar”, bastante condizente com a proposta de Edgar Morin que discutimos, aponta um quadro atual sobre a dificuldade presente no ensino de Física brasileiro, onde

O diagnóstico aponta para uma preocupante situação ao constatar que a finalidade do ensino da Física na escola básica ainda parece não estar bem explicitada para os especialistas em educação. Pesquisadores da área do ensino de ciências (Física) têm evidenciado a necessidade de que tais objetivos sejam claramente apontados e definam em melhor proporção o ensino dessa disciplina

Esperamos que a discussão que propomos possa ajudar a compor uma melhoria nesse quadro, visto que ao analisar o uso da História da Ciência em uma produção que se dirige a resolver esse dilema do que ensinar e para ensinar teremos uma melhor compreensão dos problemas apresentados (ou não) nessa produção concomitante ao intuito de ajudarmos a superá-los.

Acreditamos que uma análise com fins investigativos deva vestir-se de conceitos próprios de perscrutação. De outra forma, como citado, seria impossível. Apesar da problemática questão da falta de deliberação em torno de tais *termos técnicos* dessas áreas de estudo, uma visualização dos usos e das formas já significa algo dinâmico, que desta forma fomentará os discursos indiretos e impessoais do discurso, aqueles em que se diz ter *a impressão de que existe certa tendência na atualidade a considerar tal perspectiva (variável, a depender dos casos) na atualidade.*

1.2 Cognição, História da Ciência e Ensino de Ciências

A discussão que viemos tecendo se justifica pela necessidade de entendimento dos muitos movimentos que populararam o ensino de Física no século XX no que tange o ensino da Física a nível internacional. A área educacional da Física, a essa época, vivenciou, de acordo com Moreira (2000), dois paradigmas: o paradigma do livro de texto e o paradigma dos projetos³⁰. A interessante relação dos livros didáticos de Física utilizados no Brasil e o ensino de Física é discutida brevemente por Moraes (2011) e mostra algumas carências iniciais deste tipo de produção, abordando produções desde a era imperial brasileira e mostrando a grande influência sofrida por nossos programas de livros didáticos pelos projetos americanos relatados, além de informar ao professor/a a estrutura da elaboração e distribuição desses livros que o/a professor/a deve conhecer. A abordagem dos projetos foi efêmera e que resultou de insatisfações com o ensino de Física que vinha sendo praticado em cada país de seu desenvolvimento e aplicação. Ainda conforme Moreira (2000, p. 94), há um motivo relevante para efetivar essa efemeridade, pois

[...] parece-me que um motivo que não pode ser ignorado é a falta de uma concepção de aprendizagem. Quer dizer, os projetos foram muito claros em dizer como se deveria ensinar a Física (experimentos, demonstrações, projetos, "hands-on", história da Física, ...), mas pouco ou nada disseram sobre como aprender-se-ia esta mesma Física. Ensino e aprendizagem são interdependentes; por melhor que sejam os materiais instrucionais, do ponto de vista de quem os elabora, a aprendizagem não é uma consequência natural.

Portanto, a discussão sobre desenvolvimento cognitivo humano é imprescindível não só para entender a história do ensino nessa área, mas também nos exemplifica o caráter urgente das palavras de Morin (2003) sobre a realidade complexa do ato de ensinar e, intrinsecamente falando, do ato de pensar sobre o ensino. Moreira (2000, p. 94) atenta-nos para a relação de dependência do ensino de Física no Brasil e a nível internacional, a ponto de, salvaguardadas proporções e particularidades nacionais, falar de ensino de Física no Brasil é falar de ensino de Física a nível internacional.

³⁰ A exemplo dos projetos norte-americanos PSSC, Physical Science Study Committee, (iniciado pelo MIT, Massachusetts Institute of Technology, e apoiado pelo NSF) e o Harvard Physics Project, o Nuffield Inglês e o PEF, Programa de Ensino de Física, da Universidade de São Paulo (MOREIRA, 2000). Dos projetos norte-americanos da década de 60, apenas o Harvard Physics Project preocupou-se com princípios históricos, filosóficos e culturais da ciência (MATHEWS, 1995).

Outra condição de contorno a necessidade de emprendermos um incipiente estudo da cognição humana (em nossa formação, já que uma pesquisa é fruto consequente desta), e um consequente esclarecimento, encontramos em Mathews (1995, p. 178)

Uma parte significativa da literatura recente sobre HFS (História, Filosofia e Sociologia da ciência) e ensino de ciências tem se preocupado com a conjunção entre a História da Ciência e a psicologia do aprendizado. Mais especificamente: de que maneiras o desenvolvimento cognitivo individual e o processo de desenvolvimento conceitual histórico esclarecem um ao outro?

Seguidamente o autor afirma que “em nosso século³¹, o tratamento mais respeitado dado a essa visão encontra-se em Jean Piaget; aliás, tal visão fundamenta toda a sua teoria do desenvolvimento cognitivo” (MATHEWS, 1995, p. 178); Essas palavras enaltecem a atualidade de nossas considerações. A obra de Piaget que melhor representa tal perspectiva é a intitulada *Psicogênese e História da Ciência*, em parceria com o físico Rolando García, podendo ser considerada de acordo com Bartelmebs (2014) como uma obra epistemológica fundamental para quem deseja se aprofundar nos estudos da epistemologia genética, onde, através de tal obra, apoiados nesta última estes autores deram origem a uma epistemologia construtiva em oposição ao modelo de desenvolvimento científico Positivista.

O objetivo do livro “[...] não é comparar a história das ciências com o desenvolvimento psicogenético dos sujeitos, mas compreender os mecanismos de evolução das ideias pré-científicas nas ciências através da epistemologia genética³²” (BARTELMEBS, 2014, p. 147). A forma como tais autores elaboram essa perspectiva de trabalho é de interesse particular para nós: a História da Ciência. Fazendo uso, exemplificado, do status epistemológico que fundamenta a cisão da mecânica de Aristóteles da mecânica de Newton, os autores defendem que “[...] a diferença entre a ciência antiga e a moderna não se encontra, de modo algum, na aceitação ou na recusa a recorrer à observação empírica, nem na utilização ou não dos métodos dedutivos. A explicação é outra” [...] (BARTELMEBS, 2014, p. 151). Essa outra explicação é ancorada na epistemologia genética, na ideia de que, nas palavras de Piaget e Garcia *apud* Bartelmebs (2014, p. 151),

³¹ À época da publicação desse trabalho: 1995. Acreditamos que tais considerações ainda se apliquem .

³²Uma explicação direta que encontramos nesse trabalho sobre o que viria a constituir tal campo de estudo se dá no momento em que esta defende que Piaget, em conjunto com García, em tal obra, constrói elementos para uma epistemologia que levasse em conta aspectos biológicos e psicológicos no desenvolvimento cognitivo do sujeito e que apenas os sentidos sensoriais do homem não o fariam compreender o mundo. Sendo, então, a interação entre o sujeito e o objeto a estrutura desse estudo (BARTELMEBS, 2014, p. 149). Interpretaremos, assim, tal campo de estudo: aqueles conhecimentos necessários a elucidação da estrutura do conhecimento perante todas as suas dimensões (biológica, social, metafísica etc.).

[...] a chave para a interpretação da evolução histórica de uma ciência reside em saber *como* se passa de uma etapa à seguinte, ou seja, quais são os *mecanismos* cognitivos em jogo em cada etapa e quais são aquelas que facilitam a superação que permite chegar no nível superior [...].

Desse modo, os autores, ao assim interpretar o processo de evolução histórica da ciência, para o caso de Aristóteles, dizem que

Os seus “erros” (de Aristóteles), enquanto físico, não se devem a qualquer incapacidade de observação ou a uma relativa recusa da observação empírica, mas sim aos pressupostos epistemológicos introduzidos nas suas “leituras” de experimentos, e, portanto, ao uso que faz da observação [...] (BARTELMÉBS, 2014, p. 153).

A evolução do conhecimento não mais se trata, portanto, sob o olhar linear, sendo então reescrita como uma “reinterpretação total dos fundamentos conceituais” (PIAGET & GARCIA, 2011, p. 157 *apud* BARTELMÉBS, 2014, p. 152).

O meio de interesse para nossa discussão é o modo pelo qual os autores, em especial Jean Piaget, fizeram uso da História da Ciência na defesa de seus pressupostos da formação cognitiva humana. Qual a influência (restritivamente, qual o uso) da História da Ciência por parte desses estudos de desenvolvimento da cognição e construção humana? Sendo a Ciência “uma das maiores conquistas da cultura humana” (MATHEWS, 1995, p. 197) podemos supor que a condição humana desses estudos é altamente dependente de uma compreensão maior desta. Compreensão esta não em termos paradigmáticos, não somente, mas em termos históricos, psicológicos, sociais, filosóficos, econômicos etc. Ao que expomos sobre Jean Piaget, a História da Ciência, e um estudo adequado da mesma, proporciona um capítulo especial de esforços por parte desses estudos para entender como toda essa parafernália de pressupostos científicos construídos e passíveis de construção e suas consequentes aplicações tecnológicas podem ser explicadas e enquadradas na dimensão cognitiva humana.

Corroborando conosco nesse sentido, Rosa & Rosa (2007, p. 8) justifica que, sob a epistemologia, “Do ponto de vista da construção do conhecimento científico, a história da ciência tem mostrado que o ensino da Física sofre mudanças significativas no seu percurso, dependendo das bases nas quais os pesquisadores buscam seus fundamentos”, ou seja, nas teorias da aprendizagem discutidas.

Seria a obra de Vygotsky uma exceção? Certamente que não. Ao que explicamos este pensador interessava-se nas conquistas mais complexas do pensamento e do agir sociais,

mais abstratas e, historicamente, a Ciência e Sociedade, como a História da Ciência tem mostrado, se coadunam em um processo, muitas vezes, simbiótico. Se a interação social é importante para o conhecimento e a internalização de instrumentos e signos, o que seria a Ciência se não um objeto também presente na interação social e onde seus elementos podem ser e são interpretados como instrumentos e signos? Se a etapa de internalização inclui a cientificidade (obviamente que sim) uma mais bem elaborada concepção da Ciência deve ser mantida, perpetuada no seio social, caso contrário estaremos imortalizando todos os problemas advindos da não-prática desse movimento. E, como veremos, devido a sua forma de desenvolvimento inicial e marginalizado, a própria ideia do que viria a ser a Ciência não tem muito sentido – precisando, então, urgentemente ser vinculado tal estudo a cientificidade.

A extensão é válida também a Ausubel a partir do ponto em que este considera a diversidade das aprendizagens significativas no conhecimento. E, como, inequivocamente, sabemos, tais espécies de conhecimento surgiram no processo histórico pelo qual a mente humana passou, dentre eles, o científico. Como já discutimos, os conhecimentos científicos – devido a sua estrutura fragmentada de desenvolvimento atual – geraram, além da imensa quantidade de inegáveis conhecimentos sobre os “mundos” que sabemos hoje existir com maiores indícios, a incerteza e a cegueira. O que viria a significar aprender significativamente essa realidade (a máxima Eliot-Morin, em especial)? Seria esse aprendizado desnecessário a tão recorrente autonomia do sujeito? Figuramos apenas o estudo histórico adequado da Ciência como o requisito básico e insubstituível que fixe a aprendizagem desse caráter a realidade que vivenciamos.

Os próprios aspectos que asseguram a qualidade de uma aprendizagem a fim de a assegurarmos como significativa depende do estudo histórico dos casos. Pois, de que maneira podemos *substantivar* um conhecimento se o apresentamos naturalmente ao espírito dos sujeitos? Não seria mais cabível apresentar as inquietações experimentais ou filosóficas – pois as motivações iniciais são compostas por concepções “extra científicas” conforme o trabalho dos historiadores tem mostrado – que fizeram um pesquisador dedicar-se ao estudo em questão a fim de indicar a necessária substância do conhecimento? Não se usa a histórica ligação natureza–sujeito, bem destacada pela Ciência, para explicar a não-arbitrariedade de muitos conhecimentos que são abordados no ensino científico? A Ciência possui o conhecido caráter idealizado de seus resultados, o que implica que a aprendizagem significativa desta não se resume à simples ligação com subsunçores, com conhecimentos prévios, pois as

realidades dos/as estudantes, por mais contemporâneas que sejam, não podem dar conta do conhecimento de todos os fenômenos e particularidades que a Ciência aborda e pode abordar.

Rosa & Rosa (2007) apontam que, no caso de Ausubel, Moreira (1999), sob influência deste proponente, tem demonstrado que alguns conceitos historicamente discutidos pela Ciência já possuem concepções na mente dos/as estudantes, como é o caso de conceitos como Campo e Força. De todo modo não enxergamos uma separação nem ao menos simples entre os resultados dos estudos desenvolvimentistas da cognição humana aqui discutidos (e outros mais aqui impossibilitados de discorrermos) e a História da Ciência, esta uma atividade a que os humanos devotaram, e devotam, tantos esforços intelectuais para sua “consolidação”. Talvez, a demarcação mais evidente que podemos traçar entre esses estudos é a existência do sentimento da necessidade dessas discussões, sendo que a Ciência é uma atividade praticada e discutida há milênios, enquanto a evidência do estudo da cognição humana seja bem mais recente, apesar de sua prática ter sido implícita durante todo o processo que nos trouxe até aqui³³.

Portanto, a largamente documentada crise do ensino contemporâneo de ciências, evidenciada pela constante evasão de estudantes e da deficiência de professores/as nessas áreas em termos quali-quantitativos, assim como pelos assustadores índices de analfabetismo em ciência descrita por Mathews (1995) e por Fourez (1995) vem a ter sua necessidade de conhecimento mais bem compreendida, porquanto a necessidade da reforma de pensamento a que estamos sendo silenciosamente confrontados obriga-nos a utilizar a complexidade do pensamento e das noções que temos dos sujeitos para paradigmaticar-mos aquela reforma, pois, como Morin (2003) conjectura, essa reforma é paradigmática, e não programática. As considerações atuais que discutimos aqui nos forçam a considerar o mesmo que Mathews (1995, p. 165) quanto à conscientização sobre o papel da HFS no ensino científico, pois

A história, a filosofia e a sociologia da ciência não têm todas as respostas para essa crise, porém possuem algumas delas: podem humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade; podem tornar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo, deste modo, o desenvolvimento do pensamento crítico; podem contribuir para um entendimento mais integral de matéria científica, isto é, podem contribuir para a superação do mar de falta de significação que se diz ter inundado as salas de aula de ciências, onde fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem a saber o que

³³Não é exatamente isso que defendemos ao usar a História da Ciência nas discussões da cognição humana? Não seria esse o aspecto mais usado na defesa da validade do uso da História da Ciência nas análises cognitivistas? A intenção de evidenciar a natureza psicológica do ser humano e sua válida indução ao passado e ao futuro da produção dos conhecimentos.

significam; podem melhorar a formação do professor auxiliando o desenvolvimento de uma epistemologia da ciência mais rica e mais autêntica, ou seja, de uma maior compreensão da estrutura das ciências bem como do espaço que ocupam no sistema intelectual das coisas.

Um exemplo de resposta que a História da Ciência, HC³⁴, pode proporcionar a essa crise é um problema pertencente a uma das palavras de ordem que Moreira (2000) citou existir na atualidade do ensino: *a mudança conceitual*. Nussbaum (1983) *apud* Mathews (1995, p. 179) estipulou a primeira resenha, na literatura do ensino de ciências, sobre cognição individual e cultural, intitulando-a como “Mudança conceitual na sala de aula: a lição a ser aprendida com a História da Ciência”, onde tal proponente cita a necessidade dos professores de ciências e cientistas cognitivos conhecerem o entendimento científico que tanto historiadores quanto os filósofos têm da ciência. Segundo Martins (2006, p. 26)³⁵, tal mudança, da antiga para a nova, deve ser auxiliada pelo professor quando os conhecimentos prévios dos estudantes se fizerem presentes na apresentação de novos conteúdos, sendo que

O processo pelo qual o aluno precisa passar é semelhante ao processo de desenvolvimento histórico da própria ciência (Barros & Carvalho 1998). As suas resistências são semelhantes às dos próprios cientistas do passado; e mesmo as suas ideias, por mais “absurdas” que pareçam, podem ser semelhantes às que foram aceitas em outros tempos por pessoas que nada tinham de tolas. Embora não haja um paralelo completo entre esses “conceitos prévios” e as concepções científicas antigas, as semelhanças acima indicadas são suficientemente fortes para tornar o conhecimento da História da Ciência um importante aliado nesse trabalho.

Outro exemplo dessa ligação se dá em Mathews (1995). Ao discorrer sobre o problema do isocronismo do pêndulo de Galileu este autor levanta a questão da idealização em Ciência, questão essa tacitamente disfarçada em nossa discussão. Esse conceito vai de encontro ao que Piaget discutiu em seu livro sobre a observação, no sentido mais fundamental a esta, aquilo que a pressupõe: a teoria. O autor discute o caso do pato/coelho proposto por Kuhn sobre essa ligação e conta-nos que o ensino de ciências deve pautar-se no conhecimento de tal ligação, pois o que os/as cientistas veem em um fenômeno é o mesmo que qualquer outra pessoa (se ambos conhecerem a fenomenologia deste), mas como ele o descreve é o que assegura a diferença da observação, uma habilidade que o ensino de ciências deveria propor.

³⁴ Discutimos mais a frente a natureza da sigla HC, História da Ciência, com base na Filosofia e Sociologia da Ciência antecipadamente já introduzida pelas citações de alguns autores. No momento, trataremos a História da Ciência como composta por tais discussões disciplinares, mas abreviadas por HC apenas.

³⁵ Em artigo que trata do uso da História da Ciência e seus usos na educação.

A idealização do movimento pendular é o que garante a validade desta lei, porém, como nos relata tal autor, as críticas a essa lei foram enérgicas, pois partiam do fato de que qualquer experiência simples mostra que o movimento de um pêndulo não é isocronônico³⁶, pois um tal oscilaria indefinidamente, algo que não ocorre na prática. As críticas partiram de um pesquisador de nome Del Monte. Então, conclui o autor, um exemplo histórico como este asseguraria aos/às estudantes e aos/às professores essa característica essencial da ciência: a idealização. Tais questões de idealização e abstração possuindo, conseqüências, óbvias, para os conceitos errôneos e/ou concepções ingênuas sobre essa estrutura científica.

Fourez (1995, p. 189) cita a maneira como a ciência pode se incluir nos discursos ideológicos, pois

Quando a ciência se apresenta como eterna, quando pretende poder dar respostas “objetivas e neutras” aos problemas que nós colocamos, considero-a como ideológica de segundo grau. Pelo contrário, quando se apresenta como uma tecnologia intelectual relativa e historicamente determinada, é ideológica de primeiro grau, ou seja, não oculta seu caráter histórico.

Conhecer a estrutura da ideologia da ciência e entender a posição e a influência desta sobre as demais é uma necessidade histórica. A História da Ciência pode mostrar que a construção desta ideologia científica é histórica, que Fourez (1995) tende a demonstrar como influente e delimitadora de questões éticas (em suas limitações) da sociedade.

Entretanto, como podemos perceber, como a HC saiu da perspectiva marginalizada e periférica dos inícios e silenciosamente inseriu-se em discussões energicamente defendidas como importantes e necessárias? Veremos que muito desse processo de emersão ainda assombra o ensino científico atual.

³⁶ Isocronismo de um pêndulo: “O período de uma oscilação é idêntico ao de qualquer outra, independentemente da amplitude e da massa do pêndulo” (MATHEWS, 1995, p. 181).

2 Por trás dos ponteiros do relógio: o papel das engrenagens

No que tange aqui a Ciência e fazendo uso da imbricada relação entre os códigos restrito e elaborado (pois estes surgem desta forma no pensamento leigo) é imperativo e natural perguntar: o que é a Ciência? O que estuda a Ciência? A que se propõe essa tal de Ciência? Qual a imagem da Ciência perante a sociedade? O que é ser *cientista*? Como alguém se torna cientista? Responder a essas perguntas de forma complementar (a Ciência é....), seletiva e de forma a saciar rapidamente uma desequilíbrio (em uma linguagem piagetiana) é, de muitas formas, equivocado (no mínimo). Equivocado por desvirtuar-se da realidade, do processo que a fomentou (e a fomenta) ao longo do tempo. Poderíamos adotar uma postura intelectual de considerar a Ciência como um empreendimento pronunciado de uma indumentária concisa desde sua origem, com intenções bem esclarecidas e objetos de estudo pré-determinados. Entretanto, nada nessa postura corresponderá a algo real.

Perguntas mais refinadas podem se seguir a estes questionamentos (se for feita qualquer tentativa de resposta precoce a tais perguntas): quando se iniciou essa tal de Ciência? Por que e quando houve essa necessidade de organizar a Ciência? Por que certo conhecimento científico é tão criticado pela religião? A continuação desse processo parece sempre indicar a necessidade de recorrer à história da mesma para estipular um discurso mais paradigmático aos próprios questionamentos (dada a impossibilidade de respostas simples a essas perguntas diretas). Porém, esta também não foi uma atividade pronunciada ao longo do tempo.

Para mentes não condicionadas pelos ensinamentos históricos, é legítimo o pensar que o mundo que se vê é o único possível de existência. Quem não presenciou fisicamente o mundo puxado a cavalos não pode, apenas por esse modo de conhecer, suspeitar de sua existência e não pode vislumbrar as vantagens proporcionadas pela invenção das máquinas térmicas. De que outro modo seria? Felizmente há indícios atuais remanescentes fortes demais que nos levam a supor a dinamicidade do mundo, da evolução, de um caminhar até o momento atual – principalmente devido à desigualdade econômica e tecnológica e, por que não, de conhecimento, a falta de uma democracia cognitiva.

Por meio desta forma de pensar e fazendo uso da semelhança terminológica, poderíamos fazer uso das justificativas usadas para precisar e elevar o estudo histórico perante a educação, o desenvolvimento social dos sujeitos, que são advindas da “História geral”, para tornar incontestado o estudo Histórico da Ciência e a partir desta posição privilegiada,

prossequir para as discussões que serão aqui descritas. Entretanto, conforme discutiremos mais adiante, História e História da Ciência não possuem a familiaridade que o pensamento e a terminologia supõem existir (Cf. Martins, 2001). Como esclarecer melhor esse resultado? Recorrendo a história da História da Ciência!

É extremamente difícil e perigoso (metodologicamente falando) partir de uma consideração atual para iniciar uma discussão sobre algo que já teve sua existência consolidada no tempo histórico (no tempo de forma geral). Esta assertiva, inclusive, é uma consideração atual partilhada tanto pela historiografia da História (no sentido de “História Geral”) quanto pela historiografia da História da Ciência. Um dos motivos, se não o principal, de não haver respostas simples nem uníssonas para as perguntas que abrem este tópico se relaciona com a forma pela qual tal *corpus* de conhecimento se formou.

Seria extremamente interessante se fôssemos autorizados pela História da Ciência a dizer que: *“a Ciência foi um “conjunto de conhecimentos e intencionalidades” que surgiu no dia 13 de agosto do calendário gregoriano do ano VI a.C., tendo sido o resultado de deliberações unânimes sobre a natureza de um conjunto de homens esclarecidos que se auto intitulavam “filósofos da natureza”, sendo estes responsáveis por criar as primeiras regras de estudo e métodos de investigação para se chegar à verdade plena, ou seja, aquela que foi usada para construir o real, usando para tal todas as formas de pensamento, mas todas ligadas ao cognoscível a fim de explicar aquelas ideias que assim não fossem “naturais” ao pensamento”*. Poderíamos dizer que tal assertiva está disponível no primeiro livro científico da história, o *status quo*, fonte essa que de tão clara e cognoscível até mesmo uma criança leiga na Ciência poderia entender³⁷. Contudo, não estamos autorizados/as por aquela a realizar estas considerações, pois, além de tal citação ser imaginária, elaborada *ad hoc* para esta discussão, como aponta Martins (1999, p. 13), “Seria ótimo se a ciência pudesse ser algo provado por observações e experimentos. Infelizmente, isso não é possível”. Veremos como essa impossibilidade vem sendo encarada ao longo do tempo.

Antes de iniciarmos, precisamos de um esclarecimento metodologicamente simples entre dois termos comumente usados, mas que evitará equívocos futuros: história e

³⁷ Nos períodos em que a matemática não era a linguagem usual da Ciência todas as características de um fenômeno teriam que ser retoricamente descritas. Ao falar de uma qualidade, por exemplo, sobre a *rapidez* de um fenômeno também se usava o seu contrário, a *lentidão*. Acreditamos que a “abordagem dos contrários” revela a natureza das considerações físicas de uma maneira retoricamente interessante, sendo mais fácil discursar aquilo que não queremos dizer, ao invés de tentar discorrer sobre a complexidade de algo. Fizemos isso no exemplo sobre o que a HC não nos permite afirmar sobre a Ciência. Exemplos de abordagem como essas encontramos em Galileu em seu livro *Discursos sobre os dois máximos sistemas do mundo Ptolomaico e Copernicano*.

historiografia. Segundo Martins (2005, p. 115), “pode-se chamar de “historiografia” a produção dos historiadores, para diferenciá-la da história – entendida como um conjunto de situações e acontecimentos pertencentes a uma época e a uma região [...]”³⁸. Assim dito, ao nos referirmos à história estaremos nos referindo a eventos, acontecimentos, situações etc. que já ocorreram e que são tratados pelos/as historiadores/as em suas pesquisas. Ainda conforme o referido autor há alguns *níveis discursivos* nesses estudos que acreditamos ser importantes considerarmos em nossa discussão. A história, objeto de estudo dos/as historiadores/as, corresponderia em si ao primeiro nível discursivo, pois esta independe do trabalho destes/as. A historiografia seria o segundo nível discursivo, correspondente as interpretações dos historiadores sobre a história estudada. E há ainda um terceiro nível discursivo, o meta-historiográfico, que trata da atividade dos/das historiadores/as, a forma como realizam suas interpretações e estipulam resultados (MARTINS, 2005).

Se transferidos a dimensão das Ciências Naturais podemos manter ainda tais níveis discursivos analogamente aos estudos históricos da História Geral e inserir mais outro segundo o mesmo autor. Na Ciência o primeiro nível discursivo seria a Natureza, objeto de estudo dos/as cientistas/as, como um evento independente, que tem sua existência consolidada independente destes/as. O segundo nível discursivo seria a produção dos/as cientistas/as sobre a natureza, o “a Ciência Normal”³⁹. O terceiro nível seria aquele que inclui as discussões da história, da filosofia e da metodologia científicas, tratando-se então de um discurso meta-científico, ou historiografia da ciência. O trabalho dos/as historiadores/as da ciência constitui então, usando os termos definidos anteriormente, a historiografia da ciência (livros, artigos, periódicos), visto que os eventos que se realizaram ao longo do tempo na ciência fazem parte de sua história e esta independente de quem a estuda. Há ainda o quarto nível discursivo, a meta-historiografia da ciência, ou o meta-meta-científico, muito importante aqui para a nossa análise, visto que trata da atividade dos historiadores da ciência, atividade esta que ao longo do tempo variou de postura como será visto em frente.

Esses níveis discursivos se assemelham metodologicamente ao que Morin (2003) chama de processo de auto-observação do pensamento complexo, capacidade esta própria de uma “cabeça bem feita”. Segundo Martins (2005) esses níveis discursivos se concatenam ao

³⁸Alinhamo-nos ainda a Barros (BARROS, 2011) ao optar pelo uso da História com maiúscula para se referir ao discurso sobre os acontecimentos e diferenciá-la da história. Ainda segundo Barros, “A História [...] é a única disciplina ou campo de saber que traz como sua própria designação um nome que coincide diretamente com o seu objeto de estudo” (BARROS, 2011, p. 30).

³⁹Ver referência a Kuhn. Segundo o autor, a Ciência, após a aquisição de um paradigma, os cientistas iniciam um trabalho de resolução de problemas proporcionado pelo paradigma. Trabalho este minucioso e que não visa a causar novidades na ciência que chamou de Ciência Normal.

longo da história, estando presentes então dentro da história da História da Ciência, ou, agora sob novas determinações, inseridos dentro da meta-historiografia da ciência. Assim, para que a História da Ciência seja vista como uma parte integrante do processo educativo das ciências naturais é necessário conhecer não apenas a Ciência Normal em si, mas o trabalho dos/as historiadores/as da ciência e a forma como tal trabalho é realizado, pois, pela leitura de Barros e Martins, por exemplo, vemos que não somente as posturas científicas e/ou historiográficas mudam ao longo do tempo, mas os outros níveis discursivos também. Deste modo, cientes da mudança de perspectiva nos discursos que envolvem a Ciência, a formação do/a professor/a deve pautar-se sobre tais movimentos, pois, do contrário, nada mais que a confusão pode emergir de tal realidade complexa no momento do estudo de tais dimensões de discussão.

Para que não recaíamos em equívocos devemos necessariamente expor o que exatamente quer se dizer ao falar de História Geral, pois conforme Paul Veyne

[...] a distinção entre as “histórias de...” e a história chamada geral é puramente convencional: a história geral não existe como atividade que pudesse chegar a resultados específicos; ela se limita a reunir histórias especiais sob uma mesma capa e a dosar o número de páginas que serão consagradas a cada uma, segundo teorias pessoais ou o gosto do público; é um trabalho de enciclopedista, quando é bem feito (Veyne, 1971, p. 57 apud Martins, 2001, p. 12).

Com esse esclarecimento pretendemos não sermos conflituosos com os leitores historiadores em especial. Essa é, inclusive, uma condição humana de produção do conhecimento. A observação de Paul Veyne nos oportuniza dois questionamentos proporcionados pela história e que se insere em um nível de discurso meta-historiográfico: seria esta assertiva um consenso entre historiadores? É legítimo indutivamente estender tal asserção a Ciência? A discussão em torno da primeira indagação é antiga e as palavras de Veyne representam um desvio de postura de análise presente e atuante na historiografia contemporânea. Qualquer tentativa de subsumir a história a discursos generalistas parece ser uma contradição a “moderna historiografia contemporânea” usada na História. Essa parece ser a principal e atual postura de trabalho empregada na História, porém, atingir tal consenso não constituiu trivialidades.

Na leitura de Barros (2011) somos levados a supor que atualmente os estudos da História possuem um caráter “científico” (uma “História científica”), pois reiteradas vezes o autor expõe as formas de abordagem da história passadas sempre tendo em mente essa tendência atual de trabalho. Dessa maneira podemos supor que se ainda não é um consenso

entre historiadores/as no que diz respeito à impossibilidade de existir uma História Geral, ao menos tal postura de trabalho não é atualmente vista como digna do “novo historiador” (BARROS, 2011).

A leitura da historiografia da ciência proporciona a resposta ao questionamento sobre a validação do método historiográfico contemporâneo dos historiadores aplicado a Ciência, além de qualquer esboço de resposta idiossincrática que se possa emitir, apesar de, como veremos, não parecer haver um intercâmbio entre essas duas áreas. Mas para aqueles/as que ainda não estão versados/as sobre tal tema assegura-se aqui a resposta: sim, tal extensão é válida para a Ciência. Sendo assim, segundo Martins (2001), apesar de convergirem neste ponto, nos métodos de trabalho, a historiografia e a historiografia da ciência ainda possuem enormes divergências em termos de problemáticas e conceituações, além das questões de comunicação entre historiadores/as “gerais” e historiadores/as da ciência (uma questão indiscutivelmente sociológica). Se não se deve, via historiografia contemporânea, buscar construir (e nem supor inteligentemente) manuais sobre “História Geral” e “História da Ciência Geral”, como então proceder nas explicações sobre o que é a Ciência ou a História⁴⁰? Prenderemo-nos aqui ao caso aqui especificado da História da Ciência.

Da forma como tentamos enunciar ao longo do texto, fazendo uso dos contemporâneos ensinamentos da historiografia da ciência, a Ciência natural⁴¹ não foi de maneira alguma *pronunciada*. Isso significa em termos práticos que a noção⁴² de um corpo sistemático de conhecimentos, baseados na racionalidade do pensamento, que visasse explicar o mundo natural só veio a ser precisado em termos de importância e em tal indumentária após distanciamentos, após longos períodos de tempo. Se o segundo nível discursivo (a Ciência Normal) demorou esse intervalo de tempo para ser reconhecido como tal, imaginemos então o distanciamento necessário para o reconhecimento da importância de discursos meta-científicos e meta-meta-científicos como uma atividade própria da Ciência. De acordo com Martins (2001), o século XX é um divisor de águas para a institucionalização acadêmica da História da Ciência. O mesmo autor cita importantes fases em que a necessidade de realizar um estudo histórico da ciência natural imperava, contribuindo assim para a alimentação de tal *corpus* de conhecimento (embora de forma ainda não pronunciada) como o conhecemos hoje.

⁴⁰ Pois comumente usam-se os aspectos históricos na busca de entendimentos sobre as realidades atuais.

⁴¹ Seguindo a clássica classificação composta por Biologia, Química, Física. Incluímos nesta as ciências que possuem como objeto de estudo a natureza, tais como ecologia, geologia etc. A matriz curricular do ENEM atualmente mantém essa divisão inicialmente citada.

⁴² Noção esta que está sendo desconstruída em muitos pontos a partir do trabalho dos historiadores, sociólogos e filósofos da ciência.

Este autor diz que se pode verificar que até o século XX existiam “abordagens tradicionais da História da Ciência” e que têm importância para nossa discussão, pois, como veremos, explicarão e classificarão muitas atitudes e procedimentos usados pelos livros didáticos, por exemplo. Tais abordagens, sucintamente eram: “História da Ciência dos pesquisadores ativos”, “História da Ciência dos textos didáticos”, “bibliografia de pensadores”, “História da Ciência dos filósofos”, “história das instituições de estudo e pesquisa”, “história das disciplinas científicas”, “estudos específicos sobre pontos da história das ciências”, “instrumentos para a História da Ciência: bibliografia e textos”⁴³.

Desse modo, a primeira das abordagens corresponde a um “[...] estudo dos precedentes históricos de um assunto, com a finalidade de prosseguir a pesquisa científica daquele mesmo assunto” (MARTINS, 2001, p. 14). Sendo esta necessidade requerida pelos cientistas ativos, pesquisa essa necessária a consecução do trabalho dos cientistas. Exemplos de tal forma de História da Ciência são encontrados em textos já na Antiguidade, sendo também presentes em outras épocas mais próximas da contemporaneidade, com o intuito de “auxiliar novas pesquisas” (MARTINS, 2001, p. 14). A “História da Ciência dos textos didáticos” é outra forma de uso da História da Ciência em que o principal interesse de tal perspectiva é proporcionar a “a cristalização dos avanços ocorridos no passado” em determinada área de investigação.

Essa incipiente forma de História da Ciência é de interesse reluzente para nossa análise, pois nessa abordagem verifica-se a tentativa de “indicar quem fez o quê, quem foi responsável por avanços considerados importantes, quando ocorreu certa descoberta etc. sendo que tal forma de abordagem, ainda se faz presente na contemporaneidade dos livros didáticos (MARTINS, 2001, p. 15). A “bibliografia de pensadores” se constitui como uma das fontes de informação mais abrangentes sobre a obra e vida de um cientista, pensador. O autor afirma que “o gênero bibliográfico se tornou bastante comum após a “revolução científica”, tendendo a se tornar um tipo de hagiografia, um elogio a excelência e perfeição dos grandes cientistas” (MARTINS, 2001, p. 16). Alguns autores que se dedicaram a esses projetos, relata o autor, eram próximos do biografado (em alguns casos parentes).

A “História da Ciência dos filósofos” é um tipo de estudo a que alguns filósofos se inclinaram a realizar, tendo em vista algumas razões: preocupação com os avanços

⁴³Essas abordagens assim expostas são descrições titulares discutidas e retiradas na íntegra do artigo MARTINS, Roberto de Andrade. História e História da Ciência: encontros e desencontros. Pp. 11-46, in: Actas do 1º congresso Luso-Brasileiro de História da Ciência e da Técnica (Universidade de Évora e Universidade de Aveiro). Évora: Centro de Estudos de História e Filosofia da Ciência da Universidade de Évora, 2001.

proporcionados pela Ciência Natural e seus métodos de trabalho, inspiração e informação para seus trabalhos, busca por “lições epistemológicas e metodológicas” (MARTINS, 2001). Esse ponto merece uma discussão mais prolífica, pois se registra na história muitas tentativas dessa abordagem historiográfica da ciência e ligadas diretamente a diversas áreas de estudo. Uma dessas ligações deu-se com a História. A História talvez seja o mais belo exemplo discursivo sobre como uma área de estudo enfim se consolida e como foge da concepção errônea de tecer respostas simples a questionamentos atualmente presentes na formação de novos/as historiadores/as.

Barros (2011) rastreia essa necessidade como sendo obrigatória após a institucionalização acadêmica da História. Esta disciplina, nos informa esse autor, ainda perpetua polêmicas sobre sua gênese, ora tida como desdobramento da Filosofia, ora como desdobramento da Poesia. Muitos volumes seriam necessários para descrever as mudanças ocorridas na História (no trabalho dos historiadores propriamente falando) com vistas à maneira como tal área de estudos era e é concebida. Contudo, uma observação que aqui nos interessa é que tal área de estudos adotou ao longo do tempo uma miríade de paradigmas (discutiremos o que significa tal palavra mais adiante) de estudo que são registrados pelos discursos meta-historiográficos. Um desses paradigmas demonstra interessante ligação com a Ciência, área a que aqui nos destinamos, além de estender a necessidade de discussão da História como fonte de estudo indelével. Para Barros (2011, p. 11), “[...] não há quase desacordos com relação ao fato de que algo de novo ocorre efetivamente com o gênero historiográfico entre a segunda metade do século XVIII e as primeiras décadas do século XIX [...]”. Esse “algo de novo” surge da batalha intelectual de dois paradigmas que se alimentaram historicamente: o Positivismo e o Historicismo.

Longe de queremos detalhar os seus aspectos e sua história, podemos dizer que o Positivismo enquanto *crença* de trabalho surge como um desdobramento do Iluminismo (BARROS 2011), este movimento sendo demasiadamente reconhecido como um vislumbre histórico do poder da ciência sobre o pensamento humano. Este reconhecimento é interessante para nossa discussão por ligar-se com a abordagem tradicional de História da Ciência praticada por filósofos, pois o movimento Iluminista⁴⁴ liga-se inegavelmente a esta forma de estudo da ciência.

Olhando para a Ciência como uma fonte de aprendizado que adotou posturas mais produtivas sobre o conhecimento da natureza os Iluministas puderam estender essas

⁴⁴Supomos que o/a leitor/a esteja incipientemente consciente sobre os princípios do movimento Ilustrado.

considerações a outros estudos, inclusive a História. Uma ideia errônea sobre a formação de novas formas de abordagem é a de que uma nova abordagem deve apenas utilizar os ditames que funcionam e romper com os ditames falhos. Porém, como dissemos sobre o papel da história enquanto modelo de aprendizado para outras áreas, em Barros lemos que não só de rupturas e descontinuidades novas abordagens se fazem na História, mas de permanências também (BARROS, 2011).

Assim, após o projeto Iluminista ser criticado, deu-se ainda na História a permanência de muitos de seus ditames na postura de trabalho conhecida então como Positivista. Citando ainda o aprendizado de que na história não se deva esperar os grandes e gloriosos acontecimentos que o intelecto figura quando dos começos, o autor cita o fato de o Positivismo ter movido o surgimento metodológico de outra postura de trabalho, outro paradigma, o Historicismo. Mais assemelhados a extremos, tais paradigmas proporcionaram o terreno intelectual para a revolução historiográfica do século XIX na História. Do século XIX, reconhecido por muitos historiadores como o “século da História”, em diante a História passa por reformulações ainda mais profundas, sofrendo influência de outros paradigmas (como o Materialismo Histórico e a Escola dos *Annales*) que ora afastam-se, ora aproximam-se dessa batalha intelectual ocorrida no século XIX, batalha esta fomentada por uma abordagem histórica da ciência que como veremos veio a ser contestada, de forma incipiente como a história apregoa, no século XX (BARROS, 2011). A título de ilustração desse período e da influência na abordagem positivista na História e na História da Ciência, Martins (2001) cita o fato de ao adjetivar um texto como *Positivista* não se ter a intenção de elogiá-lo.

A “história das instituições de estudo e pesquisa” desenvolveu-se coextensivamente as instituições de pesquisa e/ou centros de estudo muito frequentes na História da Ciência. Martins (2001) tece justificativas científico-político-sociais para a elaboração de livros ou memórias de tais sociedades científicas. Para o mesmo autor, algumas destas produções possuíam o caráter “ufanista” e não crítico sobre tais sociedades. A prática da “história das disciplinas científicas” historicamente é antiga, remetendo a Antiguidade, mais comumente a partir do século XIX, onde, em tais obras “[...] vários cientistas se dedicaram a tarefa de escrever a história de suas próprias disciplinas” (MARTINS, 2001, p. 18). Ainda segundo o autor essa prática decresce a partir do século XX, seguindo a contramão do crescente número de trabalhos da Ciência Normal de tal época; é nessa época que uma nova postura de trabalho se consolida na historiografia da ciência, a qual falaremos mais adiante.

A *forma* que hodiernamente se publica os trabalhos dos estudos da História da Ciência foram se pronunciando ao longo do século XVIII conforme Martins (2001). Os “estudos específicos sobre pontos da história das ciências”, apesar de ainda desalinhados com as atuais formas de pesquisa moderna, aumentaram em número no século XIX e já consistiam em artigos publicados em revistas e indicativos dos primeiros periódicos dedicados a História da Ciência já se fazia presente, sendo escritos por autores que se encaixavam nas abordagens tradicionais até agora citadas, ou seja, com diversas motivações. “No decorrer do século XX, surgiram também livros sobre temas extremamente específicos de História da Ciência, ou seja, que não procuram cobrir a história de uma disciplina ou de uma subdisciplina científica” (MARTINS, 2001, p. 19).

A última forma de abordagem histórica da ciência que mais claramente se popularizou⁴⁵ foram materiais elaborados para estudos científico-históricos, “bibliografias e textos”. O referido autor justifica o crescente número de tais bibliografias, durante o século XIX, de caráter histórico com fins científicos devido, ao que parece, ao “crescente interesse pela história das disciplinas científicas” (MARTINS, 2001, p. 20). Ainda baseado em exemplos da História da Ciência, o mesmo indica que a elaboração de tais bibliografias apareceram desde o desenvolvimento da imprensa, principalmente na forma de coletâneas sobre determinado personagem e que seus objetivos atenderam a necessidade prática requerida por cientistas ativos, mas que no século XIX inicia-se o decaimento de tal ligação com a prática científica.

Poderíamos afirmar neste ponto em diante que o despertar do século XX proporcionou um olhar irrequieto e inovador sobre as práticas da historiografia da ciência, seguido da aceitação genérica por parte dos historiadores. Porém, tal afirmação é inverídica histórica e metodologicamente⁴⁶. O século XX marcou fortemente a História da Ciência não por funcionar como óculos temporais (esse não parece ser um fator muito forte nessas questões), mas por iniciar uma nova postura de trabalho que veio a criticar a forma como as historiografias das ciências⁴⁷ dos séculos anteriores vinham sendo conduzidas. Em termos práticos isso significa que alguns historiadores da ciência iniciaram a produção de trabalhos historiográficos da ciência de forma disforme a uma tendência geral de trabalho, foram

⁴⁵Pois podemos e devemos supor legitimamente que tais abordagens não se limitaram as aqui descritas, variando em gradação entre as aqui citadas e posturas que não chegaram a dispor de notoriedade. Supomos isto a partir de um pensamento apto a considerar existências, complexidades.

⁴⁶Mais à frente veremos como Thomas Kuhn auxilia nesse entendimento.

⁴⁷Nesse ponto é importante deixar claro que ao falarmos de História da Ciência referimo-nos a todas as disciplinas científicas, mais à frente iremo-nos deter a ciência Física do Eletromagnetismo.

realizadas as primeiras conferências sobre o tema, trabalhos mais “microscópicos da ciência” elaborados, constituindo uma abordagem mais rigorosa da historiografia da ciência e desvelando aspectos errôneos produzidos pelos séculos anteriores (MARTINS, 2001, p. 21).

O período Pós – Segunda Guerra Mundial foi de interessante desenvolvimento para área, conforme Martins (2001). O mesmo ainda cita o curioso fato dos historiadores da ciência dos séculos anteriores possuírem características ainda práticas, ora se constituindo de cientistas interessados no desenvolvimento histórico em sua área⁴⁸ em sua maioria idosa e por filósofos. Esse fato é de interesse para a discussão que realizamos, pois, como Martins (2001)⁴⁹ salienta, qualquer um pode escrever sobre história da Física, da Ciência no geral, não há impedimentos legais para tal, contudo o mesmo tece argumentos persuasivos que nos levam a concordar que existe a boa e a má História da Ciência, que a História da Ciência *deveria* ser escrita apenas por um/a profissional com formação na área (requisito básico, porém não necessário e não suficiente como o próprio autor salienta), pois ninguém veria com bons olhos uma pessoa sem formação médica escrevendo um livro da Medicina. Este é um problema recorrente sobre as discussões de História da Ciência e que levaremos em conta na análise que se seguirá.

Um fato interessante e muito “revelador da natureza das coisas”⁵⁰ é a pouca ligação em que História e História da Ciência dispunham até o início do século XX. Retratamo-nos: História e História da Ciência inequivocamente se entrelaçam em uma dança forte, referimo-nos aqui a historiografia da História e historiografia da Ciência, ou, de forma mais elementar ainda, a pouca comunicação entre historiadores/as e historiadores/as da Ciência. Esse aspecto parece-nos que pode ser entendido como um fator que influenciou em muito as produções historiográficas da ciência antes do século XX, pois Martins descreve que as produções desses séculos anteriores, escritos pelos “tipos” de historiadores da ciência descritos até agora,

⁴⁸Se o/a leitor/a for um/a cientista, ativo/a ou não, claramente o/a mesmo/a pode imaginar outras situações em que possa se justificar o uso da História da Ciência em suas intencionalidades em que nossa posição discursiva, inseridos no discurso meta-científico, talvez não entendamos, como, por exemplo, a busca por dados experimentais astronômicos com o intuito de investigar a validade dos resultados da astronomia europeia do século XVII. É possível.

⁴⁹Não confundir este artigo com o outro fortemente citado do mesmo autor e que possui a mesma data de publicação. Ver referências. Em suma, o artigo critica o mau uso da História da Ciência em uma publicação científica.

⁵⁰ Thomas Kuhn, na obra que citamos deste autor, ao tratar da natureza da coleta de dados sobre um fenômeno sem a intermediação de um paradigma, cita o caso de alguns dados que, independentemente daqueles, são suficientemente reveladores da natureza das coisas, ou seja, dos fenômenos de interesse de estudo e que fomentam a pesquisa antes da aquisição de paradigmas.

[...] Quase sempre eles exibiam uma visão simplista e anacrônica do passado, separando os “bons” dos “maus” cientistas, interpretando e julgando o passado a partir das crenças mais recentes e desprezando as ideias que não haviam sido incorporadas ao corpo de conhecimentos de seu tempo. Não existia muito cuidado na análise de fontes, e muitos trabalhos eram escritos sem apresentar referências bibliográficas. Os melhores historiadores da ciência do final do século XIX eram pessoas que estudavam a evolução histórica das teorias científicas aceitas, focalizando quase exclusivamente os “grandes pesquisadores” do passado e as ideias “vitoriosas”. Adotava-se quase sempre uma visão linear do progresso científico e assumia-se a existência de uma neutralidade e independência das ciências em relação ao meio social (MARTINS, 2001, p. 23).

O cuidado empregado nas assertivas desta passagem mostra uma limitação que contorna o trabalho histórico como um todo e que impede as buscas de generalizações forçadas sobre as tendências de discurso e dos resultados provenientes do próprio trabalho histórico. A impossibilidade de se conhecer tudo⁵¹, todos os fatos, textos, discursos entre outros, filosoficamente já impossibilitam essa prática, porém assim como é legítimo supor que há uma tendência contemporânea na historiografia (tanto histórica quanto científica) que valide esse discurso, é válido supor também que nem sempre foi assim, pois a própria história dos discursos meta-históricos mostra esse movimento de mudança de postura, como já tratamos de forma incipiente aqui (cremos que nenhum historiador versado nesses discursos impeça-nos de afirmar isso).

Desse modo, alimentados por posturas outras que não a atual tendência de historiografia da ciência e a prática quase nula de comunicação com os historiadores/as podem ter possibilitado e legitimado as produções⁵² próprias destes séculos. Entretanto, se deve pensar que o simples contato com historiadores/as ou os ditames da História durante esses períodos não podem significar acertadamente alinhar-se a uma boa História da Ciência, a uma adequada concepção da Ciência, pois, como acima vimos em Barros (2011), a história registra paradigmas historiográficos que foram alimentados por concepções errôneas sobre o conhecimento científico, como o Positivismo, além da pouca produção e interesse dos “historiadores gerais” sobre a Ciência como salienta Martins (2001). Então, historicamente, a História da Ciência produzida em séculos anteriores estava autorizada também, caso esses historiadores estivessem interessados em aprendizados que a historiografia de cada época dispunha, a constituir o movimento tão criticado em pleno século XX e XXI.

⁵¹Argumento encontrado em Martins (2001).

⁵²E os erros destas que a historiografia da ciência do século XX veio a indicar e criticar duramente.

Martins (2001) registra ainda um esboço de ligação entre História e História da Ciência por volta de 1930, fora a ligação indireta que existiu entre a História da Ciência produzida por filósofos que buscavam mudar os paradigmas de seu próprio campo de estudos e a influência que a História sofreu dessas “filosofias da História”, segundo Barros (2011), quando aparecerem trabalhos relacionados com uma “História da Ciência Marxista” e tentativas de inserir a Ciência num panorama histórico mais abrangente. Nessa época o autor ainda ressalta a criação da revista que tendenciou a prática conhecida como *Escola dos Annales*⁵³ que “procurou revolucionar os estudos históricos” (MARTINS, 2001, p. 24).

Contudo, apesar das historiografias contemporâneas da História e da Ciência serem bastante próximas metodologicamente falando, a ponto de um historiador da ciência experiente e atualizado poder fazer uso dos métodos históricos de investigação, conforme Martins (2001), não se pode supor que essa convergência de metodologias seja fruto direto de um aproximação de ambas as disciplinas, apesar de, como incitamos, ter ocorrido uma certa aproximação por volta de 1930. É mais prudente imaginar, em ambas as disciplinas, muitos problemas oriundos da extensa e problemática produção legitimadas por práticas improdutivas dessas áreas culminando em iniciativas de mudança de tais perspectivas. Barros (2011, p. 24) cita que no caso da História, fatores sociais também influenciaram enormemente a necessidade de mudança de visão paradigmática dentro desta, além de fatores internos como:

[...] (1) a pretensão de cientificidade para o conhecimento histórico, (2) a emergência da figura do “historiador profissional”, (3) os primeiros passos na formação de uma “comunidade [científica] de historiadores”, (4) a entrada da História no rol das disciplinas universitárias, (5) a edificação de um método e de um sistema de regras específicas para a produção do saber historiográfico (ou de uma “matriz disciplinar”), e, particularmente, (6) a emergência daqueles que poderemos considerar os primeiros “paradigmas historiográficos”.

É inquietante a seguinte observação: conforme lemos sobre a “moderna historiografia contemporânea” que vem a se contrapor e a considerar a historiografia do século XIX apenas como “nova”, segundo o autor, vemos um crescente uso do termo e de termos “científicos” como critérios de evolução do conhecimento historiográfico da História.

⁵³ A esse respeito, Morin (2003, p. 109) informa-nos: “A história da *Annales* foi constituída pela transdisciplinaridade e dentro dela: deu lugar a uma profunda penetração da perspectiva econômica e sociológica na História; em seguida, uma segunda geração de historiadores introduziu a perspectiva antropológica, em profundidade, como provam os trabalhos de Duby e Le Goff sobre a Idade Média.”

Será legítimo supor que os/as historiadores/as recaem em ideias positivistas ao tentar introduzir elementos científicos em suas considerações? Será que os/as historiadores/as “modernos/as” possuem uma compreensão adequada da Ciência? Pelo uso recorrente em Barros (2011) de termos como “História Científica”, “racionalidade científicas”, “objetividade” abala-se um pouco a ideia de que a História em sua matriz disciplinar credita a História da Ciência um papel importante na busca desses elementos, na busca de paradigmas científicos e de seu funcionamento, pois, como vemos, essas ideias estão sendo alvos de críticas duras.

Pode-se objetar a essa observação afirmando que a obra de Barros (2011) não é muito relevante e constitui uma obra isolada. Porém a obra trata da “Teoria da História” aos novos historiadores e de uma “nova era historiográfica” em que o termo “História Científica” se consolida em tal. O papel desempenhado por um livro em tais circunstâncias não pode ser relevado a um segundo plano⁵⁴. Entende-se historicamente a importância de atribuir valor científico a qualquer área de estudo, pois, como o movimento Ilustrado explicitou, o conhecimento científico e seu “método” de obtenção já foram tidos como os únicos verdadeiros (seja lá qual fosse a ideia filosófica e histórica de “verdade”). Porém, atualmente, tal postura está em vias do pejorativo e do inadequado. Um estudo adequado da História da Ciência de fato não só auxiliaria o/a cientista, assim também qualquer estudante que tenha tido “sua área de conhecimento” influenciada pela Ciência, o que nos parece constituído a totalidade.

Uma informação cabível que lemos em Martins (2001) é que “durante a segunda metade do século 20 foram publicados cerca de 150.000 (isso mesmo, cento e cinquenta mil!) artigos e livros sobre História da Ciência [...]” (MARTINS, 2001, p. 115). A que serve esta informação? Por acaso queremos dizer que por simetria a produção da primeira metade do século XX foi de algum modo similar a essa produção da metade do século XX em diante? Não, apenas atendemos a ilustração do grande número de trabalhos que foram produzidos a essa época e, em certo modo, com isso levamos a refletir a ordem de grandeza que deve ter vindo em crescente número nessa área, pois não é legítimo supor que apenas da metade do século XX em diante tenha ocorrido uma produção demasiadamente efetiva nessa área, isso seria uma visão incerta e pejorativa do passado.

⁵⁴ Esses levantamentos são importantes para refletirmos sobre a concepção de Ciência e sua relacionada historiografia a que o autor está sujeito, influenciando assim sua produção como defende a epistemologia. O uso recorrente dos termos citados e que, como defendemos, necessitam de discussões pormenorizadas influenciam nossa observação. É provável que nossa observação esteja sendo radical, mas a probabilidade desta estar correta é de igual composição.

Condizente a esta discussão da relação histórica entre historiadores/as e historiadores/as da ciência, dividimos a opinião de Martins (2001) quanto a dois pontos, após reconhecer a importância de um intercâmbio (1) não deve haver subordinação dos historiadores da ciência aos historiadores por óbvios motivos de trabalho e de formação; (2) e um intercâmbio respeitoso e pluralista se mostra muito mais eficiente para a construção de qualquer conhecimento a que se propõe. Historicamente ambas as áreas se desenvolveram de forma intrincada, mas não historiograficamente. Este é um resultado que deve ser levado em consideração na nossa discussão sobre a condição humana de produção do conhecimento.

2.1 Rumo ao conhecimento da HC atual

O período do pós-guerra assistiu a intensas mudanças na historiografia da ciência e os ditames que costumeiramente encontramos nos atuais textos da História da Ciência começam a tomar forma nessa época. Em Martins (2001) e mais especificamente em Martins (2000)⁵⁵, podemos notar a consolidação de membranas em torno das seguintes temáticas discursivas de historiografia e meta-historiografia: “valorização do período anterior à revolução científica”, “análise crítica dos “grandes gênios””, “estudo de influências não-científicas na ciência”, “aprofundamento das pesquisas”, “novas áreas de investigação”, “abandono gradual de uma visão linear e “whig” da História da Ciência ” e “sociologia da Comunidade Científica”⁵⁶. Esses aspectos estão presentes nas discussões historiográficas atuais da ciência, ora guiando as pesquisas históricas científicas, ora reiterando a necessidade e a relevância de tais estudos na educação, no conhecimento de forma geral.

Um desses aspectos discursivos atuais da HC que convém a nossa discussão, seja pela designação deste como problema, seja pela *complexa* composição que apresenta quando do momento de seu tratamento em busca de resolução, é a Historiografia *Whig*. Além do anacronismo, característica rotineira deste tipo de historiografia, Roberto Martins⁵⁷ discute “o

⁵⁵Nesse artigo, o autor discute o que tipo de HC esperamos ter nas próximas décadas, contribuindo assim para uma elucidação do atual quadro desse campo de estudos. Poucos são os autores que se preocupam em discorrer sobre a historiografia e a meta-historiografia de sua área. Aproveitemos então.

⁵⁶Ver nota 20.

⁵⁷ Em artigo que discute a possibilidade de neutralidade científica da História da Ciência sem a necessidade de recorrer a aspectos Whigs da historiografia com base em discussões presentes no livro *The Whig interpretation of history* de Herbert Butterfield (1931). Versão online: <<http://www.abfhib.org/Boletim/Boletim-HFB-04-n3->

problema de analisar influências e seqüências históricas, associado à ideia de uma história linear (na concepção *whig*) *versus* uma história complexa (na concepção *anti-whig*)” (MARTINS, 2010, p. 1) sob a intenção de analisar a polêmica questão da possibilidade da neutralidade científica. Butterfield (1931) *apud* Martins (2010, p. 2) afirma que toda história à medida que a resumimos tende a Historiografia *Whig*.

Uma linha histórica simplista é propiciada toda vez que resumos das seqüências e influências históricas são produzidas, validando, *a fortiori*, a busca dos/as historiadores/as por “pais” das ideias que são selecionadas como centrais nesses resumos. Outra perspectiva que favorece essa busca é a tentativa de reconhecermos o presente no passado. Guiar-nos por essas concepções leva-nos a questionamentos que envolvem “quem”, “quando” em contraposição a complexidade do “como” e “em que circunstâncias” (MARTINS, 2010).

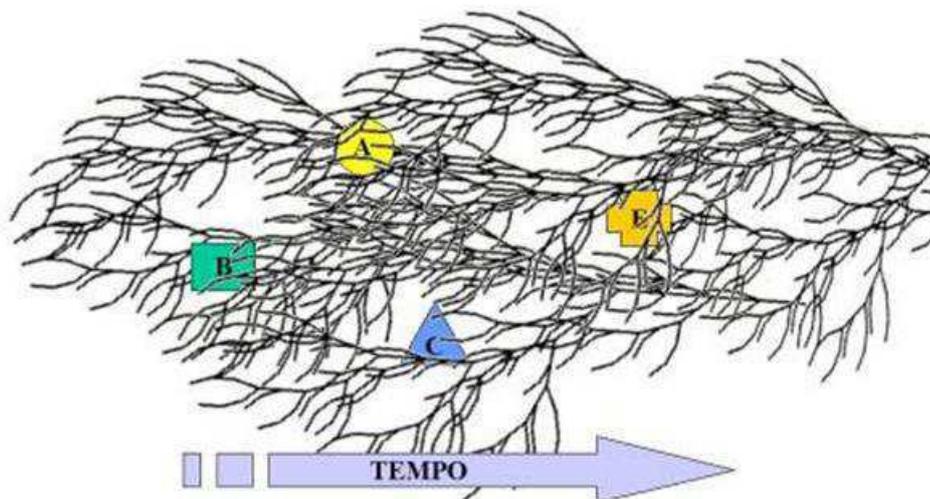
Um problema, de acordo com o mesmo autor, ligado a defesa da complexidade da natureza do trabalho historiográfico complexo é a provável impossibilidade de um modo de realizar um estudo histórico de maneira sucinta sem criar algo caótico e incognoscível (atendendo a necessária e obrigatória apresentação de elementos históricos no ensino, por exemplo). Butterfield (1931, p. 102) *apud* Martins (2010, p. 4) aborda essa questão e cita que o trabalho dos historiadores deve, ao reconhecer a impossibilidade de fugirmos do resumo histórico,

O que temos o direito de exigir dele [do historiador] é que ele não mude o significado e importância da narrativa histórica pelo mero ato de abreviá-la; que pela seleção e organização de seus fatos não seja interpolada uma teoria, não seja imposta uma nova estrutura sobre os eventos, especialmente uma que nunca seria viável se toda a história fosse contada com todos os seus detalhes. O resumo pode ser tão simples quando se queira, mas ele deve ser uma exposição da complexidade, em uma forma ou outra.

Sendo de cunho arbitrário, a responsabilidade do historiador de selecionar os conteúdos a organizar, Martins (2010, p. 5) adiciona que o problema a ser encarado é que o “pecado, na composição histórica, é organizar a narrativa de modo que essa preconceção não possa ser reconhecida, e o leitor fique preso com o escritor naquilo que é realmente um argumento circular perverso”. Esse modo idealizado funcionaria, então, como um paradigma norteador dos escritos historiográficos que são subtendidos pela concepção complexa da história e da impossibilidade de criar uma narrativa histórica neutra. Essa discussão corrobora

[Set-2009.pdf](#) >. Acesso em 22/04/2017. Como esta versão, a única que conseguimos obter, não é paginada optamos por numerá-la como se este estivesse numerado.

com as ideias que viemos desenvolvendo sobre a complexidade e a necessidade de expor as condições humanas que proporcionam os conhecimentos, principalmente se esta exposição for necessária ao ensino a que se dirige.



Fonte: Martins (2010).

Essas considerações sobre o trabalho dos historiadores, em especial aos historiadores da ciência, são de relevância primária para a análise que propomos, pois, verificaremos se os resumos históricos produzidos e/ou reproduzidos pelo Livro Didático estão em consonância com o papel designado pelos ensinamentos descritos. Precisar a posição deste em nossa pesquisa perante essas considerações será um de nossos critérios de análise.

Podemos imaginar a grandeza e a necessidade de reforçar essas concepções que permeiam a História da Ciência contemporânea pela recorrência de tais pressupostos e de justificativas nos artigos sobre a História da Ciência de atuais. Essas concepções contemporâneas também ajudam a validar a importância desses *estudos adequados da História da Ciência*, como gosta de reafirmar costumeiramente Roberto Martins em suas pesquisas, perante os momentos em que se tornam imperativos refletir sobre a prática científica, em especial a escola, ao ensino e aprendizagem dos conhecimentos científicos. Antes de prosseguirmos nessa linha discursiva é necessário discorrermos algumas considerações sobre a última abordagem que vem influenciando fortemente a historiografia da Ciência do período pós-segunda guerra: os Estudos Sociais da Ciência. Usaremos fortemente este aspecto para advogar algumas outras defesas importantes que visam atender aos objetivos da pesquisa aqui apresentada.

Quanto ao aparecimento desses estudos, Martins (2001, p. 28), escreve que

Na década de 1960 surgiram novos desenvolvimentos, entre os quais ganhou destaque à análise de aspectos sociológicos inerentes à dinâmica interna da ciência [...]. Um marco bem conhecido dessa transformação foi o livro “A estrutura das revoluções científicas” de Thomas Kuhn (1962), que é considerado como um divisor de águas (Porter, 1990, p. 37). Analisando a formação, transmissão, defesa e queda de paradigmas científicos, Kuhn indicou a presença de forças sociais como determinantes na escolha das próprias ideias aceitas pela ciência. A partir dessa época tornou-se claro que para explicar o motivo pelo qual uma determinada teoria é aceita em certa época por certo grupo de cientistas, não basta descrever a fundamentação científica que a teoria possuía naquela época.

Em termos históricos é possível encontrar esse tipo de análise antes mesmo da obra de Thomas Kuhn, pois supor a legitimidade inovadora e inédita até então dessa forma de análise, mais elaboradamente e pronunciada como tal por Kuhn, é supormos a incapacidade de auto-observação dos partícipes do processo de construção do conhecimento sobre a forma como devam se comportar em suas respectivas áreas⁵⁸.

A inegável influência da obra de Kuhn, baseada em uma análise histórico-científica (e então sociológica) de aspectos sociais permeando a cientificidade, possuindo muitos exemplos fundamentadores de argumentos interessantes sobre aspectos próprios que envolvem a dinâmica científica e sua relação com a sociedade, serviu, de acordo com Martins, de justificativa para novos grupos de estudo que ainda na década de 1960 perseguiu projetos como “estudos sobre o “sistema social da ciência”” (Martins, 2001, p. 28). Onde, porém, já nessa época, tais grupos buscavam priorizar as análises sociais da ciência em detrimento dos conhecimentos científicos. Este movimento se fortificou de tal maneira que alimentou a seguinte situação: “Nas três últimas décadas do século XX a abordagem sociológica se modificou e passou a desenvolver uma crítica mais radical à racionalidade da ciência” (MARTINS, 2001, p. 29).

O autor cita ainda o fato de que os eventos proporcionados pelo que ficou conhecido como “estudos sociais da ciência” como a criação da sociedade SSSS⁵⁹ em 1975 ocorreu de tal forma que apesar de ter sido criada em congresso anual em que participaram historiadores da ciência não houve conexão “com as instituições existentes de História da Ciência e com pequena participação de historiadores ou filósofos da ciência” (MARTINS, 2001, p. 29). A

⁵⁸Estamos longe de supor isso, já que na leitura de obras de História da Ciência alguns historiadores fazem uso desse tipo de abordagem em algumas análises – antes mesmo da obra de Kuhn.

⁵⁹Society for Social Studies of Science – Sociedade para Estudos Sociais da Ciência.

crítica a que Martins, por exemplo, se dirige é a *radicalização* de tal postura ideológica a ponto de relevar os conhecimentos científicos para segundo plano da análise proporcionada pelos estudos sociais da ciência, citando o exemplo de autores não marxistas como Michel Foucault que “desenvolveram uma análise crítica do discurso científico, negando sua objetividade e defendendo uma visão relativista e descontínuista da ciência” (MARTINS, 2001, p. 29). Nas palavras desse autor: “Esclarecer os mecanismos de negociação entre os cientistas é uma contribuição significativa, mas repetir *ad nauseam* estudos desse tipo parece não levar muito longe” (MARTINS, 2001, p. 31).

De forma sucinta, os aspectos que norteiam os estudos sociais da ciência atualmente e que de certa forma (com a ponderação necessária que permite chegar-se a uma boa História da Ciência ou um estudo adequado desta) devem ser levados em consideração pela historiografia da ciência podem ser assim descritos por Christie (1990, p. 19) *apud* Martins (2001, p. 28):

- 1-O estudo do desenvolvimento institucional da ciência em momentos e lugares específicos, mostrando as influências que levaram à formação de determinadas comunidades científicas;
- 2-Estudo das relações entre o desenvolvimento institucional da ciência e aspectos mais amplos, políticos e sociais, de uma nação ou cultura;
- 3-Estabelecimento de relações entre certos aspectos e campos científicos e aspectos sociais e políticos da mesma época, mostrando como um influenciou o outro;
- 4-Análise dos modos pelos quais o conteúdo de certas teorias científicas é produzido por e contém pressupostos ideológicos típicos da sociedade em que a teoria foi produzida;
- 5-Como a ciência afeta as esferas mais amplas (social, econômica, política).

Concomitante a este tipo de estudo científico existe outro, a “Filosofia da Ciência”. Segundo Fourez (1995, p.p. 31-35), questionamentos de natureza elaborada, tais como, “O que é a verdade científica?”, “o que quer dizer fazer ciência?”, “Em que sentido se pode dizer que a ciência é objetiva?”, ou as questões relativas à ética e a sociabilidade desses conhecimentos, que visem elucidar a estrutura e a lógica desses saberes são integrantes de uma Filosofia da Ciência. Dito isto, ao versarmos sobre História da Ciência estaremos coextensivamente tratando implicitamente essas duas naturezas, a sociológica e a filosófica por, além de uma questão de aproximação desses estudos e a Ciência na contemporaneidade, uma ligação entre culturas na perspectiva de Morin (2003) e uma questão de inseparabilidade de tais dimensões, como bem citado por Jammer e impregnado nos discursos por Fourez. Este último propõe uma impossibilidade de separação entre a filosofia e o pensar, pois, “É

realmente possível alguém jamais colocar-se uma questão de ordem filosófica?” (FOUREZ, 1995, p. 27). Assim, ao falarmos da História da Ciência, HC, queremos que signifique História, Filosofia e Sociologia da Ciência, HFSC.

Sobre o caráter da necessidade deste aspecto na formação acadêmica Fourez (1995, p. 25) indaga: “Por que dar um lugar à filosofia na formação dos cientistas? Poderíamos perguntar também: “Por que dar um curso de informática para um químico?””. Apesar do radicalismo que insiste em se consolidar em novas e inovadoras “ferramentas” de trabalho – esta parece ser uma sensação presente em toda a História das Ciências e na História – e que aqui é denunciada via de exemplo, por historiadores da ciência para o caso da sociologia da ciência, acreditamos possuir o distanciamento necessário para saber ministrar lucidamente a importância de tal campo de estudos e ao mesmo tempo, o que é mais importante, não recair em dogmatismos metodológicos, pois como a Filosofia da Ciência registra, isso não é coerente nem ao menos produtor. Faremos uso, então, por acreditar na importância procedimental e atitudinal de tal obra, assim como também por este oportunizar entendimentos sobre acontecimentos na História da Ciência que de outra perspectiva seria incognoscível, dos ensinamentos do livro *A Estrutura das Revoluções Científicas* de Thomas Kuhn em uma crítica mais fundamentada ao modo como as “coisas” têm sido feitas em nossa realidade. De modo formal: como todos esses aspectos estão sendo considerados na educação científica em nossa realidade? Eis que precisamos de uma nova discussão.

3 Uma parte do todo e o todo em uma parte

Vimos discutindo, até o momento, em vertentes e estas por definição devem findar em um encontro final. Nesse ponto reside uma observação motivada pela analogia usada: como esse encontro, realmente, se realiza? Abandonamos o “por que” por considerar que as motivações para tal não se encontram facilmente e nem resumidamente, além destas estarem arraigadas demais para necessitarem ser reafirmadas na sociedade, mas podem ser asseguradas pelo *princípio de humanidade*⁶⁰. Usando a abstração produzida, interessa-nos saber, a fim de atender as discussões que esta pesquisa propõe, como as vertentes discursivas sobre a Ciência e História da Ciência vem sendo introduzidas nos discursos educacionais científicos. Esse conhecimento é importante por proporcionar entendimentos futuros sobre os resultados que serão tecidos no trabalho de pesquisa.

Existem fontes de informação sobre as vastas e variadas naturezas dos conhecimentos produzidos pela humanidade, a saber: relações familiares, relações sociais, relações escolares, meios midiáticos, livros e o eu-próprio em contato com esses meios (social, ambiental, etc.). Os proponentes que se dedicam ao estudo do desenvolvimento humano não objetarão quanto a essas indicações de fontes construtoras de conhecimento (aliás, muitas destas foram vistas e tidas dessa forma em tais discussões). Ao que nos propomos é justo priorizarmos uma dessas fontes de informação: os livros didáticos, mais especificamente, científicos, que compreendem o ensino do Eletromagnetismo. Antes de recair nesta especificação vejamos de modo geral como tal condução vem sendo feita sobre as ciências naturais nos livros didáticos.

Na obrigatoriedade do curso do desaguar, apresentamos um questionamento: como os livros didáticos vêm conduzindo as discussões sobre os conteúdos científicos a que se propõem à luz das abordagens científicas e historiográficas da Ciência discutidas aqui registrada pelos discursos científicos e meta-científicos da atualidade? Assim como o estudo de um episódio histórico adequado da Ciência pode suplantar (em certo sentido) qualquer discussão indireta que se faça sobre o mesmo, decidimos por optar por um caso que vem a

⁶⁰Princípio este que abstraímos como fundamentalmente necessário as práticas humanas como um todo. Qual o intuito que temos ao usarmos “por quês”? O que desejamos? Com qual intuito pesquisamos sobre os problemas humanos da educação? Qual é o objetivo a que nos propomos na vida? São perguntas dessa natureza que se enquadram nesse princípio, este representando a necessidade de que a cultura humana se perpetue em suas reconstruções.

elucidar muito essa questão e que de uma maneira muito lúcida vem a representar a realidade das produções dos livros didáticos científicos: o caso Bill Bryson.

Este autor, um escritor norte-americano consagrado de gêneros variados, mas que trata de cultura em geral (mas sem nenhuma formação científica “superior”), sobre como sua educação científica se deu e como, a partir da lucidez de seu pensar, após reconhecer a ignorância primordial em que estava inserido sobre a Ciência de um modo geral voltou-se para a elaboração de um livro que se trata, na verdade, de uma verdadeira lição para muitos autores de livros didáticos (não apenas). Sua relação problemática de entendimento sobre a Ciência iniciou-se na quarta ou quinta série com uma imagem sobre a estrutura do planeta “fatiado”, uma secção do planeta retirando-o um quarto de seu volume a fim de expor a constituição interna do planeta. Após consternar-se com a informação, ou seja, a “[...] percepção de que a Terra consistia em camadas separadas, terminando num centro com uma esfera ardente de ferro e níquel, tão quente como a superfície do sol, de acordo com a legenda” (BRYSON, 2005, p. 14), o autor recorda que com estupendo assombro questionou-se: “Como é que eles sabem disso?”

Em momento algum duvidei da correção da informação – eu ainda tendo a confiar nas declarações dos cientistas, assim como confio nas dos cirurgiões, encanadores e outros detentores de informações privilegiadas –, mas eu não conseguia conceber como uma mente humana poderia saber o aspecto e a constituição de espaços que estavam a milhares de quilômetros sob a superfície, que nem um olho humano jamais divisara e nenhum raio X conseguia penetrar. Para mim, aquilo era simplesmente um milagre. Esta tem sido minha posição em relação à Ciência desde então (BRYSON, 2005, p. 15).

A sua tentativa de encontrar respostas as perguntas que sua mente imaginara sobre a imagem foram paulatinamente fracassadas, pois, além de ser maçante e não ser totalmente compreensível, o livro mantinha um estranho silêncio sobre as perguntas que uma “mente curiosa normal” poderia alcançar sobre a imagem⁶¹, preocupando-se com detalhes técnicos geológicos. Anos depois, o autor foi percebendo que tal postura se estendia a outros livros didáticos, fazendo-o suspeitar de uma “conspiração de autores de livros didáticos” para manter a parte agradável em segredo (BRYSON, 2005, p. 15). Ainda sobre tais livros,

⁶¹ Segundo o autor: “como um Sol foi parar no meio do nosso planeta? E se ele está queimando lá em baixo, por que o solo não é quente? E por que o resto do interior não está derretendo (será que está)? E quando o núcleo terminar de queimar, parte da Terra desmoronará naquele vazio, abrindo um enorme buraco na superfície? E como se *sabe* essas coisas? *Como elas são descobertas?*”

Todos os meus foram escritos por homens (eram sempre homens) que achavam que tudo se tornava claro quando expressado por uma fórmula e acreditavam equivocadamente que as crianças dos EUA adorariam que os capítulos terminassem com perguntas para elas responderem nas horas vagas. Assim cresci convencido de que a Ciência era o suprassumo do maçante, mas suspeitando de que não precisava ser, e sem realmente pensar nela na medida do possível. Essa também se tornou minha posição por algum tempo (BRYSON, 2005, p. 16).

Após anos de manutenção dessa postura de ignorar a Ciência e sua forma de produção do conhecimento, em uma viagem intercontinental, ocorreu ao autor, após contemplar o oceano iluminado pela lua, com intensidade desagradável que ele nada sabia sobre o único planeta que ele irá habitar. Não sabia, em específico, por que o oceano era salgado e o status dessa salinidade, se isso, inclusive, era algo que ele devia se preocupar.

Claro que a salinidade do oceano representava apenas uma ínfima parte de minha ignorância. [...] Fui dominado por uma ânsia secreta e incomum de saber um pouco sobre essas questões e entender como as pessoas descobriam aquelas coisas. Este para mim continuava sendo o maior dos mistérios: como os cientistas descobrem os fatos. Como alguém *sabe* o peso da Terra, ou a idade das rochas, ou o que existe no centro do planeta? Como conseguem saber de que maneira e quando o universo começou e qual era seu aspecto? Como sabem o que ocorre dentro de um átomo? E por que cargas-d'água os cientistas parecem saber quase tudo, mas não conseguem prever um terremoto ou mesmo informar se devemos levar o guarda-chuva às corridas de cavalos na próxima quarta-feira? (BRYSON, 2005, p. 16-17).

Essas questões são claramente legítimas ao bom pensar e a História da Ciência. Sua postura, após tal reconhecimento foi a de procurar escrever um livro que tratasse desses aspectos com a metodologia de “[...] leitura de livros e revistas e à procura de especialistas bonzinhos e pacientes dispostos a responder a um monte de perguntas cretinas” (BRYSON, 2005, p. 17). Para aqueles leitores que não conhecem a obra supracitada pode-se asseguradamente dizer que se trata de uma obra que vem de encontro às discussões atuais sobre a necessidade da inclusão da História da Ciência no ensino desse conhecimento, como pode ser percebido naturalmente pelas citações introdutórias de seu livro aqui acima inseridas.

O autor trata explicitamente sobre essas discussões? Explicitamente não, apesar de ficar claro o projeto em que este se empenha e, condizente a noção de aprendizagem usada por Piaget, realiza com sucesso. A obra é indiscutivelmente permeada por bons ensinamentos da historiografia contemporânea da Ciência, da história das Ciências, ensinando via exemplo como pode ser feita uma abordagem em tal perspectiva a fim de responder a perguntas que de “cretinas” não têm nada. É provável que uma objeção seja feita a respeito da descrição desse

caso aqui: a realidade em que esse caso se insere é diferente da realidade brasileira, sendo tal exemplo, portanto, inválido para esta discussão. Esperamos que o/a leitor/a atento/a não destile tal conclusão por motivos óbvios de conhecimento da realidade em que estamos inseridos/as. Os desvios a esse caso na realidade brasileira são pouquíssimos, se não inexistentes. Outra objeção: a formação do autor. Certamente este, por não ser historiador da ciência (um argumento não suficiente), autor pode cometer inúmeros equívocos sobre os aspectos históricos apresentados em tal produção, sendo necessário mantermos a vigilância sobre a confiabilidade das informações prestadas. Entretanto, cientes dessa realidade, tal obra ainda pode contribuir significativamente sobre muitas outras questões ligadas a nossa discussão.

A prolífica discussão que poderia ser realizada somente em torno desse caso é colossal. Nas “breves” citações que inserimos do referido autor percebemos claramente que as perguntas e reflexões a que o autor chega sobre os resultados científicos presentes nos livros didáticos que consultou durante sua vida estudantil são legitimamente asseguradas pela história do desenvolvimento das Ciências a que se almejam.

A não compreensão do autor sobre as posturas dos autores de livros didáticos no que se refere a esses questionamentos (a conspiração quase que universal em não tocar sobre tais detalhes) incisivos não poderia ser entendida investigando a postura científica do conhecimento, pois a Ciência se atenta em responder a esses questionamentos⁶², mas entendido com base na sociologia da Ciência, aos discursos meta-científicos, as intencionalidades sociais que validam a forma e as concepções de Ciência que deliberadamente (será?) fazem parte de um projeto de Educação científica maior⁶³.

Há ainda outras observações sobre este caso que são interessantes e que surgem naturalmente da leitura da obra: quantas pessoas estão recaído no caso Bryson? Dito de modo mais claro: quantos/as estudantes estão chegando às mesmas conclusões que Bryson sobre a Ciência e incompreensões sobre o que esta propõe? Quantos/as estudantes estão nutrindo sensações adversas sobre a Ciência e descobrindo que “não tem a mínima ideia”⁶⁴ sobre como responder as perguntas *ativas* (que partem de *suas* desequilibrações) sobre o conhecimento? Quantos/as estão repetindo tais discursos? E, após reconhecer a conquista dos objetivos propostos pelo autor ao término do livro, como foi possível para tal “despertar” de

⁶²Mesmo que a respostas seja: “isso não foi estudado ainda pela Ciência” ou “não há consenso sobre tal assunto”.

⁶³ A saber: que conteúdos e de quais maneiras os conhecimentos científicos devem ser apresentados aos jovens? Quais conhecimentos devem estar presentes nos livros didáticos?

⁶⁴ Quando do problema da salinidade, o autor ignorava, “[...] por exemplo, por que os oceanos eram salgados, mas os Grandes Lagos não eram. Não tinha a mínima ideia. (BRYSON, 2005, p. 16-17).

sua ignorância e alinhar-se com as mais lúcidas maneiras de buscar entender (dentro de suas intenções) a Ciência? É possível repetir esse caso? É legítimo, é possível estendê-lo em todas as suas implicações aos demais interessados em responder a essas perguntas? De que maneira o processo educacional pode utilizar esse caso?

Essas e outras perguntas renderiam uma discussão demasiadamente interessante, contudo não podemos nos estender nesta. O que podemos panoramicamente reconhecer é a deficiência que as produções didáticas dos livros a esse nível de ensino estão proporcionando nos aprendizados básicos da Ciência (supomos tacitamente que o/a leitor/a conseguiu visualizar o encontro desse caso com a realidade brasileira). Uma indagação interessante proporcionada, implicada, pelo conhecimento dos estudos sobre o desenvolvimento humano é a forma como esse autor consegue expor claramente sua dificuldade de aprendizagem científica. Sem a geração de equívocos, podemos afirmar que esta é uma característica desejada para o desenvolvimento cognitivo humano. Então, quantos/as estudantes possuem esta mesma capacidade? Como desenvolvê-la?

Embora não possamos afirmar com certeza o quão a História da Ciência ajudou Bryson nessa tarefa, sendo dirigida ao grande público dotado de cultura geral (nem tanto, pois o mesmo autor não escrevia antes dessa obra sobre Ciência!), ao menos se pode assegurar que Bryson encontrou na perspectiva histórica da Ciência um meio de legitimar suas (e realizar novas) reflexões de uma “mente curiosa normal”, apesar da total falta de indício daquelas nos livros didáticos. Então, em Bryson, podemos concluir, em um caso de total ignorância científica, pois “eu nada sabia” (Bryson, p. 16-17, 2005), que o uso da perspectiva histórica da Ciência foi o principal meio intermediador usado para esboçar as respostas às perguntas que podem ser enquadradas como *ativas* sobre o conhecimento.

A fim de verificarmos e atingirmos outra dimensão de investigação pretendemos, alimentando o objetivo dessa breve digressão, saber: como os livros usados na formação dos docentes na área científica vêm sendo tidos (analisados) nessa abordagem aqui discutida? Existem discussões sobre isso? Pois o leitor que desconhece a realidade poderia objetar dizendo que a realidade universitária, acadêmica, é superior a essas problemáticas, não existindo, portanto, meios que possibilitassem e alimentassem esses equívocos sobre a Ciência. Todavia, há, felizmente, discussões sobre essa realidade. Eis que Thomas Kuhn dá-nos uma pista.

3.1 O ensino do todo sem as partes

Uma visão panorâmica sobre a obra *A estrutura das revoluções científicas* indica-nos a maneira em que esta obra se baseia. O fato que leva Kuhn a iniciar as discussões que realiza em seu livro é o reconhecimento de um problema: uma imagem errada da Ciência que atualmente nos domina e que caso tivéssemos outra concepção da história esta poderia produzir uma transformação decisiva nessa imagem errônea da Ciência (KUHN, 2007).

A época em que esta obra veio a ser produzida, por volta da década de 1960, pode nos ser útil para entendermos adequadamente quais as concepções de história e Ciência estavam mais próximas à disposição de Kuhn em sua época e para verificarmos se tal discurso ainda pode ser transposto para hodiernamente sem restrições.

Como vimos em Martins, a essa época muitas transformações na História da Ciência foram se coadunando, intensificando as diferenciações historiográficas em relação às tradicionais abordagens historiográficas da Ciência até então, época também em que a obra de Kuhn veio a fortalecer os estudos sociais da Ciência (como já citamos). Há esse período também a historiografia da História vinha sofrendo influências da *Escola dos Annales*. E se postularmos a ideia de que existem permanências de todas as coisas que já nos antecederam e que tiveram sua existência já consolidada no tempo, podemos dizer que na História outros paradigmas estavam sendo combatidos há esse tempo como uma erva daninha que deve ser sempre arrancada, ou como um discurso contra o esquecimento, conforme citamos: o Positivismo, o Historicismo, filosofias da História que fomentaram o positivismo indiretamente por meio do Iluminismo entre outras.

Então, se alinhando aos movimentos discursivos que estavam em destaque à época de Kuhn é possível esclarecer e precisar em parte a importância, as motivações, as influências de tal obra para as discussões dessa época de trânsito de posturas que caracteriza o período em que a obra veio a ser lançada. Uma rápida análise da nossa realidade confirma a persistência de tais concepções tradicionais tanto da história quanto da Ciência. A obviedade de tais reconhecimentos hodiernamente atesta a atualidade do texto de Kuhn.

As fontes de alimentação do problema então exposto por Kuhn, a imagem errônea da Ciência que tem nos sido imperativa, que segundo o mesmo é partilhada até mesmo pelos/as cientistas (ou seja, mesmo a formação científica da nova geração de cientistas tem alimentado essa concepção), advém em grande parte do estudo das realizações científicas acabadas

presentes nos clássicos e mais recentemente nos *manuals científicos* (livros de formato relativamente recente) que a nova geração de cientistas tem usado na formação acadêmica (KUHN, 2007). Acerca dos manuais, que atendem a objetivos pedagógicos e persuasivos, segundo Kuhn (2007, p. 19), “um conceito de Ciência deles haurido terá tantas probabilidades de assemelhar-se ao empreendimento que os produziu como a imagem de uma cultura nacional obtida através de um folheto turístico ou um manual de línguas”. A conclusão de pesquisa básica de Kuhn em tal obra, então, seria o de “tentar mostrar que esses livros nos têm enganado em aspectos fundamentais”, buscando então “esboçar um conceito de Ciência bastante diverso que pode emergir dos registros históricos da própria atividade de pesquisa” (KUHN, 2007, p. 19).

Essas ideias iniciais do autor revelam indícios dos pontos que movimentarão toda a sua argumentação em diante e que nos interessa fortemente: *o estudo de realizações científicas acabadas presentes em manuais científicos*. Essa assertiva é necessariamente uma conclusão antecipada sobre nosso questionamento anterior sobre os livros didáticos usados na formação acadêmica. Esse parece ser o *status* dos livros usados, os manuais científicos segundo Kuhn (2007), na formação científica de tais docentes: uma deliberada exposição de realizações científicas bem sucedidas, excluindo dessa exposição os aspectos históricos (e muito reveladores) de seus desenvolvimentos. Essa é uma conclusão inicial deste autor e que compartilhamos por motivos óbvios circunstanciais: o constante contato com tais livros, confirmando a deliberação esboçada.

Esse ponto merece novamente destaque pelas discussões que os estudos sobre o desenvolvimento humano podem proporcionar. Como indagado introdutoriamente, as sensações que se nutrem durante a aprendizagem de conteúdo, seja de qualquer espécie, parecem exibir um papel notório demais para ser relevado ou suprimido (como trabalho caso de Ausubel e Novak). Isso tem sido discutido sob diversas indumentárias dentro desses estudos. Assim conscientizados, a premissa de Kuhn (2007) pode ser mais bem entendida, visto que: que concepções de Ciência podem ser hauridas estudando apenas esses aspectos, de certa forma, Positivos da mesma? Essa é uma pergunta que encontramos tacitamente em Thomas Kuhn quando dos aprendizados científicos e que fica mais amplamente justificada pela notoriedade destas discussões na formação básica dos/as docentes (nesse caso a subsunção das ideias daquele autor em outras discussões que não científicas constitui um ponto positivo de sua análise).

Com a qualidade de descrição de detalhes de quem viu proximamente produções historiográficas autorizadas por abordagens tradicionais da historiografia, Kuhn (2007) cita o caso das crescentes problemáticas metodológicas enfrentadas por historiadores da Ciência regidos pelas concepções erradas da Ciência, que, por conseguinte, implicava e se imbricava na ideia de “desenvolvimento-por-acumulação” desta. Baseada nesse *modus operandi* científico a História da Ciência tornava-se a “disciplina que registra tanto esses aumentos sucessivos como os obstáculos que inibiram sua acumulação” (KUHNS, p. 20, 2007).

Todas as peças que fazem parte desse processo são então mal classificadas, por exemplo, o papel dos/as cientistas e a forma que esta se desenvolve. As dificuldades de trabalho proporcionadas por essas visões forçaram então a busca por novas formas de questionamentos e conhecimento sobre determinados episódios históricos da Ciência, abandonando os voos estratosféricos antigos e insustentáveis. Essa exposição de uma possível maneira pela qual os/as historiadores/as mudaram silenciosamente e “muitas vezes sem se aperceberem” de postura quanto à forma de se fazer historiografia provocou uma “revolução historiográfica no estudo da Ciência, embora essa revolução ainda esteja em seus primeiros estágios” (KUHNS, 2007, p. 21).

Essas observações são interessantes para nossa análise por oportunizar e classificar como históricas, existentes, essas mudanças de posturas iniciadas há certo tempo e que determinam (ou deveria determinar) ditames para a pesquisa e posturas atuais. Nesse caso é requerido que seja válida a ideia de que a mudança proporcionada pela nova historiografia da Ciência possui o mesmo caráter de uma teoria científica nova e que abrange “todos” os casos anteriores explicados pela outra teoria, a antiga⁶⁵. Um dos principais aspectos que tornam a nova historiografia uma abordagem de caráter mais abrangente e mais digno com a forma como vem sendo construída a cientificidade reside no fato de “em vez de procurar as contribuições permanentes de uma Ciência mais antiga para nossa perspectiva privilegiada, eles procuram apresentar a integridade histórica daquela Ciência, a partir de sua própria época” (KUHNS, 2007, p. 21).

Um fato curioso: em Barros (2011) lemos que o Historicismo enquanto paradigma contrário em muitos aspectos ao Positivismo possui como elemento necessário na defesa de seus pressupostos o uso de um paradigma da *Compreensão*, onde o uso da subjetividade não deveria ser visto como um déficit da sua cientificidade, contrariando então o paradigma das Ciências naturais, que seria o paradigma *Explicativo*, reivindicado pelos positivistas. Assim,

⁶⁵ Vale sabermos: uma velha teoria não pode ser tida como um caso particular da nova, visto que estas diferem em natureza, definição e interpretação dos fatos (KUHNS, 2007).

na virada para o século XX a moderna historiografia da História herda esse resgate da subjetividade por parte do Historicismo (BARROS, 2011). Este fato é interessante para nós por dois motivos: (1) mostra de certa forma uma aproximação metodológica entre a historiografia da história e da Ciência, conforme discutimos, e (2) mostra por outro lado a concepção que a obra de Barros (2011) dispõe sobre a Ciência ao usar princípios científicos como “objetividade” e natureza do conhecimento científico como afirma Max Jammer (2011) sobre a subsunção de um fenômeno a algo, a leis gerais. É também a essas concepções que Thomas Kuhn se dirige (lembremo-nos: uma imagem errada da Ciência que atualmente nos domina).

Analisando e reconstruindo historicamente as etapas que levam a elaboração de um conhecimento reconhecido pela Comunidade Científica, o autor reconhece a insuficiência do “método” científico de investigação nesse processo, tão valorizado (por cientistas ensinados/as por manuais e algumas historiografias), e que aparentemente eleva os conhecimentos científicos dentre as espécies de conhecimento. As *crenças* que os/as cientistas dispõem no momento de contato com os problemas a que se dirigem seriam então, segundo Kuhn, um elemento de arbitrariedade a ser considerado como geradores da multiplicidade de concepções que são características das discussões científicas antes da aceitação de um *paradigma* “universalmente” aceito pela Comunidade Científica, sendo atribuída ao “método” – observação, experimentação, matematização, instrumentalização – a função ímpar de limitar tais concepções, o critério de valor científico desse processo (KUHN, 2007).

Essa defesa é realizada em cima de muitos exemplos retirados da História da Ciência e que não observados por essa óptica são revestidos de ocultismos e mitificações. Quem nunca leu algo sobre as explicações aristotélicas sobre os diversos assuntos? Na falta de um critério maior, qualquer explicação é passível de ser a que permitirá a subsunção posterior adotada pela Comunidade Científica e validada pelo “método” científico. É um argumento teórico de Kuhn (2007).

Essa limitação de trabalho e os pressupostos que tornam a prática científica válida e atuante são traduzidos de acordo com autor ainda como compromissos básicos que gerenciam as atividades de pesquisa dos/as cientistas. Um fato de interesse para essa discussão é o que ocorre quando esses compromissos são subvertidos ou ameaçados de alguma maneira por novidades advindas da própria prática científica ou entre o contato desta com outras áreas. Nesses momentos, o autor sugere (baseado nos seus estudos histórico-sociológicos da Ciência) que a postura de muitos cientistas é de distanciamento de tais novidades, pois

desestabilizariam seus compromissos tradicionais de trabalho e nos resultados já consolidados por estes. Nos momentos em tal postura não mais se sustentar, nos “episódios extraordinários nos quais isso ocorre essa alteração de compromissos profissionais são denominados [...] de revoluções científicas. Elas são os complementos desintegradores da tradição à atividade da Ciência Normal, ligada à tradição” (KUHN, 2007, p. 25).

Um dos aspectos mais interessantes que devem guiar o olhar sob a ideia de revoluções científicas, para o autor, é o fato de que estes momentos não são apenas os registrados pela tradição historiográfica anterior como os grandes acontecimentos do passado, tais como grandes revoluções científicas, como o esquema newtoniano, a obra de Copérnico, as grandes contribuições do século XVI, o Renascimento científico, a contribuição massiva dos Gregos, mas sim qualquer momento histórico da Ciência em que ocorram essas mudanças de compromissos científicos, seguidos por controvérsias que geralmente as acompanham, seja a invenção de um novo experimento, uma nova formulação matemática, uma solução interdisciplinar para um problema entre outros.

Outro fato: “esse processo intrinsecamente revolucionário raramente é completado por um único homem e nunca de um dia para o outro” (KUHN, 2007, p. 26.). Essa observação é uma resposta ao fato ligado às problemáticas que vieram se acumulando na historiografia tradicional, a saber, a incapacidade desta em precisar os momentos exatos em que as descobertas, mudanças de pensamento ocorreram dentro da Comunidade Científica alimentados pela concepção de *desenvolvimento-por-acumulação* registrada por Kuhn e discutido por inúmeros/as historiadores/as da ciência. Esse fato é de intenso interesse para nossa discussão, pois condiciona e educa nosso olhar sobre a forma como os livros didáticos científicos e manuais usados na formação acadêmica interpretam o mecanismo de produção do conhecimento científico, que deve ser sempre rastreado a fim de não perpetuarmos erros.

Introduzimos anteriormente a noção de *paradigmas* usada reiteradamente pelo autor nessa obra, porém sem uma elucidação explícita sobre as intencionalidades do mesmo quando usamos de tal expressão. Na obrigação de tal movimento: “Considero “paradigmas” as realizações científicas universalmente reconhecidas que, durante algum tempo, fornecem problemas e soluções modelares para uma Comunidade Científica de praticantes de uma Ciência” (KUHN, 2007, p. 13)⁶⁶. A simples concepção de paradigma como foi exposto é

⁶⁶ É também nesse sentido que Barros (2011) utiliza ao defender que a história possui “paradigmas historiográficos” – possivelmente proveniente de Kuhn, pois tal autor cita a importância dessa obra em seus escritos – o que é um pouco contraditório, pois as concepções de Ciência que carrega no texto são descuidadas em alguns pontos.

ilusória em certo sentido, pois pode gerar a ideia equivocada de um método inequívoco de investigação. Contudo, percebendo tal concatenação, Kuhn adverte: “Tal como uma decisão judicial aceita no direito costumeiro, o paradigma é um objeto a ser melhor articulado e precisado em condições novas ou mais rigorosas” (KUHN, 2007, p. 44).

Podemos pensar legitimamente: Esse aspecto dos Paradigmas é ressaltado e/ou exemplificado nos livros (ou manuais)? De certa forma, sim. Pensando nos exaustivos exercícios a que se deve “resolver” no fim de cada capítulo de tais livros (como Bryson registrou) podemos dizer que asseguradamente são exposições dessa adequação de Paradigmas a diversas situações e condições. Entretanto, essa melhor adequação tratada por Kuhn (2007) destes é mais interessante historicamente do que na prática científica, pois o conhecimento das situações que mostram como tal Paradigma teve de se adequar é importante para a ampliação da *atividade* do cientista e para o aprendizado da natureza e extensão dos Paradigmas por parte dos/as estudantes.

Assim, ganhamos um entendimento mais amplo e necessário sobre a importância dedicada aos paradigmas por parte dos manuais científicos e, por certa imitação, livros didáticos usados na educação científica. Pois, além do que já foi dito,

O estudo dos paradigmas [...] é o que prepara basicamente o estudante para ser membro da Comunidade Científica determinada na qual atuará mais tarde. Uma vez que ali o estudante reúne-se a homens que aprenderam as bases do seu campo de estudo a partir dos mesmos modelos concretos, sua prática subsequente raramente irá provocar desacordo declarado sobre pontos fundamentais. Homens cuja pesquisa está baseada em paradigmas compartilhados estão comprometidos com as mesmas regras e padrões para a prática científica. Esse comprometimento e o consenso aparente que produzem são pré-requisitos para a Ciência Normal, isto é, para a gênese e a continuação de uma tradição de pesquisa determinada (KUHN, 2007, p. 30).

As “tradições de pesquisa” são aquelas que segundo o autor são descritas com “rubricas” pelo/a historiador/a (e que os acadêmicos conhecem bem): Mecânica Newtoniana, Eletromagnetismo de Maxwell, Relatividade de Einstein, Geometria de Euclides entre outras. O autor citado segue em sua obra, como vistas a atender os objetivos a que a obra se dispõe a investigar, descrevendo casos famosos e não famosos da prática científica em que interpreta, descreve e normatiza suas considerações a respeito desses elementos que não podem faltar no aprendizado científico: a estrutura da Ciência como vem sendo conduzida até então, com a crença de que o estudo histórico adequado (com base nas lições que o mesmo ajudou a construir da revolução da historiografia da Ciência) da mesma venha a consolidar uma nova

imagem da Ciência em oposição às antigas crenças que foram obtidas pela não compreensão de seu funcionamento, uma compreensão alheia, a exemplo dos movimentos *Positivistas e Iluministas*.

Poderíamos argumentar que não existam bons exemplos dessa historiografia a que se propõem muitos autores, gerando uma falta de exemplos que auxiliariam na mudança de atitude por parte de livros ou manuais, que ainda se trata de casos limites em que alguns poucos homens conseguiram realizar tais movimentos. Claramente esta é uma posição do/a não-leitor/a. É verdade que não existem muitos livros-textos que venham à mente quando digam respeito a essa nova defesa, porém, quantidade nem sempre está associada à qualidade (imagine quantas obras vieram a ser escritas de forma a ignorar os aspectos aqui defendidos pela Ciência!). Mas pode, ainda, ser criticada a ideia de que apenas um ou dois autores não venham a constituir uma postura revolucionária nessa área. Novamente, essa é uma postura do/a não-leitor/a.

Porém, a título de uma ilustração bem fundamentada, bem realista, citamos o caso de Max Jammer em sua série de quatro volumes em que veio a discutir os fundamentos históricos de quatro conceitos centrais da Ciência Física: Espaço, Força, Massa e Simultaneidade⁶⁷. Segundo Jammer, quando da introdução de seu livro *Conceitos de força*, “Esse livro trata da história e da importância do conceito de força na física. Apesar de situado no primeiro plano do esquema conceitual da Ciência, tal conceito nunca foi submetido a uma análise histórico-crítica mais abrangente” (JAMMER, 2011, p. 15).

Poderíamos objetar a essa tentativa de indicar a pouca obrigatoriedade de discussão desses temas sob essas abordagens nos livros e na literatura científica em geral como ilegítima, afirmando que este é um caso particular e que não deve ser tido como exemplo. Recorremos ao bom senso do/a leitor/a caso venha a considerar esta possibilidade. Refletindo apenas de forma incipiente sobre as palavras de Jammer, “Apesar de situado no primeiro plano do esquema conceitual da Ciência”, podemos imaginar o quão pouco de outros “conceitos” da Física e da Ciência, menos famosos, como todo são submetidos a essa análise histórico-crítica. Ainda segundo o mesmo autor a respeito das posturas científicas de trabalho de sua época e que podem ser transpostas sem restrições há essa década:

⁶⁷ Apenas iremos nos deter aos dois primeiros, pois são os únicos no momento que possuem tradução para o português. Perceba que exemplo de *crenças* de um proponente interessante: nossa pouca formação na língua inglesa impossibilitando a discussão de tais obras, visto que obtê-las é atualmente muito fácil. Ficamos nos perguntando quantas vezes isso ocorreu na história!

Na era atual, de rápido progresso tecnológico, a assustadora distância entre o conhecimento técnico e a incompreensão filosófica de concepções científicas fundamentais põe em grave risco a integridade de nossa visão intelectual. A atividade do cientista moderno, mais técnico que filósofo, é forçada até limites extremos pela necessidade de digerir informações que se acumulam rapidamente em seu campo de pesquisa específico. Ele tem poucas oportunidades de se dedicar aos problemas fundamentais relacionados com os conceitos que usa. Além disso, no ensino acadêmico atual, a discussão minuciosa e crítica de conceitos básicos e aparentemente simples da Ciência é conscientemente omitida, relegando-se a apresentação desses conceitos a uma etapa anterior em que a mente dos estudantes ainda é imatura demais para compreender seu verdadeiro significado. [...] Portanto, uma análise histórico-crítica das concepções básicas da Ciência é de suprema importância, não só para o filósofo profissional ou o historiador da Ciência (JAMMER, 2011, p. 15).

Essas palavras de Jammer nos interessam por algumas razões: (1) proporciona um encontro com as ideias de Kuhn (e de seu tempo) sobre a necessidade de se considerar o estudo histórico (baseado na historiografia contemporânea da Ciência que vinha se consolidando a essa época) como indispensável para a formação científica adequada; (2) exemplifica os casos de autores que, como vimos, tem procurado adotar uma postura mais consciente sobre o passado e que ainda segundo Kuhn contribuem silenciosamente para tal, assegurando os discursos que atestam existir uma nova historiografia da Ciência, “embora essa revolução ainda esteja em seus primeiros estágios” (KUHN, 2007, p. 21).

Outro autor que colabora com a defesa da necessidade de tais estudos é Gérard Fourez. Este físico e filósofo da ciência nos relata que foi transposto a novas perguntas que envolviam os conhecimentos científicos em detrimento de outros estudos que vinha tratando devido ao reconhecimento da ligação de suas pesquisas, mesmo que muito abstratas e não diretamente aplicáveis, com o financiamento militar norte-americano, além do aumento de salário correspondente ocorrer a depender do maior envolvimento direto das pesquisas com essa dimensão. Esta percepção o fez refletir sobre a ambiguidade da Ciência, ou ao menos do seu uso social. Redirecionando a natureza de seus questionamentos, este autor cada vez mais se preocupava em entender outras questões e a influência desta na sociedade, tais como: “de que modo a Ciência contribui para a liberação ou opressão humanas?”, “O que fazem os cientistas na história humana?”, “pode a ciência servir de fundamento à ética?” (FOUREZ, 1995, p.p. 12-13, 34). Serão estes questionamentos necessários a formação científica? Tendo em vista a complexidade dos problemas que se instauram cada vez mais na atualidade, como cita Morin (2003), esta parece ser uma questão democrática cognitiva urgente.

O/A leitor/a atento/a a toda discussão proporcionada até agora, consciente da realidade dos livros didáticos (e manuais científicos) e versado/a na filosofia da historiografia atual, pode conjecturar legitimamente: *é impossível, segundo os aprendizados da realidade, fugir dos acontecimentos históricos, seja na Ciência, seja em qualquer outra área.* Ou seja, é impossível fugir da história do desenvolvimento de algum *corpus* de conhecimento, mesmo na Ciência. Por mais que queiramos, usamos termos, nomes, “rubricas”, métodos, observações, resoluções clássicas de problemas, abstratas, conectivos, simbologias que se ligam e tradicionalmente são herdadas da História da Ciência e que são perpetuados nesta. Seria possível desvencilharmo-nos dessas peças históricas? Tentar realizar tal movimento seria supor que dispomos daquela característica evolutiva das bactérias: a capacidade de repassar aprendizados a próxima geração e, como vimos, isto é impossível até o momento. Esta observação pode ser facilmente verificável por uma consulta rápida de tais fontes de informação. Livros didáticos costumeiros, apesar de não dedicar-se a essa abordagem, não faltam em uso de aspectos históricos da Ciência na exposição de tais conteúdos. É este fato que mais autoriza a discussão sobre a introdução adequada da História da Ciência na formação científica (e/ou em qualquer nível).

Bem, se não se pode fugir da história, então de que forma essa História da Ciência está sendo ministrada nos livros didáticos?

3.2 História da Ciência e a realidade didática dos livros de ciências

Encontramos em muitos autores essa discussão e essa pesquisa prévia de informações. Escolhemos Martins (2006) para informar que a História da Ciência presente nos livros didáticos ainda se encontra defeituosa, apesar da tentativa de usar tal abordagem, ou apenas pela incapacidade de fugir desta, como: (1) redução da História da Ciência a nomes, datas e anedotas; (2) concepções errôneas sobre o método científico (já discutimos a postura de Kuhn sobre tal concepção) e (3) uso de argumentos de autoridades; onde Martins (2006) chama a atenção para a postura presente em muitos textos em oportunizar *crenças*

*científicas*⁶⁸ em vez de conhecimento científico, crenças estas depositadas no professor, no cientista ou na Comunidade Científica, na primazia da racionalidade científica.

As observações de Roberto Martins e outros sobre o uso de elementos da História da Ciência se estendem a todos os conhecimentos científicos discutidos nos livros didáticos e nos manuais, conforme se verifica facilmente. Mas talvez estejamos cientes de que assim como em muitos manuais científicos reside dificuldade de realizar o que o autor propõe quando diz: “É fácil mostrar que (verifique!) em coordenadas cilíndricas as considerações do espaço-tempo em Minkowsky...”; podemos imaginar que o que estejamos e/ou defendendo propor como simples e factualmente verificável seja um discurso monárquico. Afinal, a obviedade só vem após o conhecimento. Então, adentramo-nos em águas caudalosas, ou seja, nos fatores reais que indiscutivelmente constitui um problema a tentativa de persuadir as peças de todo o mecanismo humano: os seres humanos. Este é um reconhecimento insignificante em aparência, porém, pelos óculos históricos, este é Zeus do Monte Olimpo do conhecimento. As maiores dificuldades em se instaurar a realidade dessa historiografia adequada da Ciência nos livros didáticos e nos manuais científicos (por que não?) reside na:

[...] (1) a carência de um número suficiente de professores com a formação adequada para pesquisar e ensinar de forma correta a história das Ciências; (2) a falta de material didático adequado (textos sobre a História da Ciência) que possa ser utilizado no ensino; e (3) equívocos a respeito da própria natureza da História da Ciência e seu uso na educação (Siegel, 1979 *apud* MARTINS, 2006, p. 27).

É fácil, para os guiados por essas palavras, verificarmos essa realidade. Porém, qual é a maneira mais adequada para procedermos: esperar que todos esses problemas sejam superados para depois realizar um alinhamento apressado com tal movimento ou paulatinamente fazer parte da construção dessa mudança de postura? Nenhum historiador da Ciência que fuja de generalizações sobre o conhecimento irá seguramente afirmar que adquirir aprendizados nessa área de estudos é rápido, fácil e simples.

Há multiplicidade de abordagens, exames críticos perante as abordagens que já foram construídas, estudos variados e reconhecimentos de que há várias espécies de questões

⁶⁸O mesmo uso da palavra *crença* em Martins e Kuhn, nas obras referenciadas, em certo sentido se iguala, visto que os próprios cientistas podem dispor dessas crenças a partir da autoridade que o tipo mais esotérico e especializado de pesquisa baseada em paradigmas pode proporcionar (KUHN, 2007, p. 43) levando o cientista a ter *crença* em um método e no “pressuposto de que a Comunidade Científica sabe como é o mundo” (KUHN, 2007, p. 24), reforçando e gerando assim crenças científicas, depositando na abstração os compromissos de sua profissão.

científicas (como afirma Kuhn (2007)) a serem tratadas⁶⁹. Conforme Jammer (2011), não é tarefa simples empreender tais estudos. Depende, dentre outras coisas, das capacidades individuais de cada pesquisador, de sua formação (principalmente para ler documentos em fontes originais), de sua lucidez crítica, de sua coragem e vontade de romper com os compromissos tradicionais de um campo de pesquisa, da criatividade do mesmo em propor algo novo, de seu interesse em dispor seu tempo em se lançar a documentos empoeirados entre outros. É um argumento válido dizermos ainda: cabe ao pesquisador/a atual, infelizmente, optar por uma das abstrações: inserir seu nome na História da Ciência ou falar dela. Não vemos diferença em termos intelectuais entre tais atividades.

Muitos docentes podem se sentir alheios a essa realidade, mas uma vez que existem esses profissionais (historiadores/as da Ciência) devemos-nos nos fixar em seus trabalhos e, dividindo os conhecimentos sobre como se dá a formação de tais pesquisadores/as serem capazes de também, por que não, avaliar o trabalho daqueles. Esse é um argumento que deve ser usado para defender a inserção da História da Ciência na formação destes. Eis uma das intenções que nos levaram ao uso de tal abordagem nos estágios da graduação acadêmica. Não cabe aqui apenas analisarmos o uso da História da Ciência nos livros didáticos, mas sim analisarmos se os/as professores/as são capazes de analisar também esta. É nesta perspectiva que esta pesquisa se insere: o reconhecimento dessa necessidade de capacitação profissional nesse insubstituível e prolífico estudo. É uma proposta incipiente, pois, como sabemos, necessitamos de uma especialização maior para aprofundar nossas considerações.

Historicamente ambas as opções são válidas, pois: o que seria da matemática grega se não fosse pela reiterada influência de Platão sobre toda uma nova geração de matemáticos que foram seus “discípulos” mesmo que aquele não tenha feito nenhuma descoberta? O que seria nosso conhecimento atual de geometria se Euclides não tivesse compilado Os Elementos (apesar do mesmo ter feito poucas descobertas)? Qual seria nossa concepção histórica de Força se Max Jammer não tivesse escrito seu livro Conceitos de força? Ernest Mach, por exemplo, segundo Martins (2001), assim como muitos outros cientistas ativos, escreveu livros que tratava da história de sua área (no caso de Mach, Mecânica Clássica).

Essa intencionalidade de “especializar-se” em algo, no sentido de isolamento de outras áreas, parece ser uma concepção errônea que se verifica ilustradamente atualmente (apesar de historicamente ter existido) que se retira da imagem errada da Ciência que segundo Kuhn nos domina e que pode estar distante até de algumas paráfrases do significado prático

⁶⁹Queríamos realmente que essas palavras indicassem o universo de considerações que reside em cada uma delas.

de especialista, como Heisenberg reitera: “Um especialista é alguém que conhece alguns dos piores erros que podem ser feitos em seu campo, e sabe como evitá-los”⁷⁰, não necessitando que isso signifique isolamento. Como afirma Martins (2001, p. 21), “A especialização é desejável na pesquisa, para permitir o aprofundamento do trabalho. Mas a especialização não é sinônimo de cegueira. Um conhecimento sobre o que nossos vizinhos fazem é útil, pois a ignorância é indesejável”.

⁷⁰ Werner Karl Heisenberg, *Physics and beyond*, citado em MCKAY & EBISON, *scientific quotations*, p. 72 *apud* Martins, 2001, p. 114.

4 O papel do Eletromagnetismo na complexidade

Atualmente, os manuais científicos e os livros didáticos voltam-se ao estudo de paradigmas consolidados, sem referência aos demais paradigmas que vieram a ser suplantados por esse paradigma vigente e o aspecto dos estudos antes da aquisição de um paradigma universalmente aceito⁷¹. Por um lado essa abordagem é interessante por permitir um aprofundamento e entendimento dos fenômenos permitidos pelo uso desses paradigmas que de outra forma não é possível (uma especialização desejada para a pesquisa posterior) (KUHN, 2007). Por outro lado, muitas sapiências e conhecimentos são perdidos na informação final desse processo.

Realizando desta maneira a apresentação dos paradigmas com seu contexto, ou seja, entendido quais fenômenos são subsumidos por tais paradigmas, podemos passar a impressão errônea do trabalho dos cientistas, a ideia de que a pesquisa é sempre guiada por procedimentos indiscutíveis e muito naturais para os cientistas, e de como se deve proceder em pesquisas posteriores – não só para o pesquisador profissional, mas o/a próprio/a estudante que queira entender como chegar a um resultado dessa natureza. Essa é a essência uma crítica que Kuhn tenta esclarecer em sua obra aqui citada. Apenas o estudo das realizações científicas acabadas é um problema que pode gerar uma imagem errônea sobre a Ciência e sobre sua construção. As revoluções científicas causadas pela adoção de um paradigma em detrimento de outro é o “padrão usual de desenvolvimento da Ciência amadurecida” (KUHN, 2007, p. 32). Mas nem sempre foi assim.

Citando o caso da Óptica Física como exemplo fundamentador dessa assertiva Kuhn nos mostra que essa área de conhecimento adotou ao longo de seu desenvolvimento alguns paradigmas que guiaram as pesquisas nessa área até a adoção final (até agora) do paradigma atual que descreve o comportamento quântico-mecânico da luz. Porém, antes da adoção do paradigma Newtoniano (corpúscular) da luz⁷², tal padrão de desenvolvimento, como citado por Kuhn, não se verifica. Aqui usaremos outro exemplo, também usado por Kuhn (2007),

⁷¹A utilização dessa expressão, “paradigma universalmente aceito”, pode ser contrária a ideia de que os cientistas resistem à aceitação de novidades. Porém, acreditamos que Kuhn refere-se à Comunidade Científica como um todo, pois aqueles cientistas que não aderem a uma mudança de compromissos ficam a margem dos trabalhos que, irrevogavelmente, são realizados por algum grupo de cientistas dessa comunidade (KUHN, 2007). Há, porém, casos na História da Ciência de cientistas, famosos, que se recusaram a aceitar os novos compromissos em sua área.

⁷²Antes de o paradigma newtoniano guiar as pesquisas nessa área de estudo, problematizando os fenômenos, reinterpretando-os, influenciando a construção de equipamentos, as tentativas de explicar os conjuntos de fenômeno disponíveis pelas pesquisas a essa época.

para exemplificar as atividades realizadas e a natureza dessas pesquisas não guiada por um paradigma ou um conjunto elementar de deliberações aceita⁷³ pela Comunidade Científica numa área de estudo que traduz melhor esse período pré-paradigmático: a pesquisa elétrica (que convém a nossa discussão). Segundo Kuhn (2007, p. 34),

Durante aquele período houve quase tantas concepções sobre a natureza da eletricidade como experimentadores importantes nesse campo, homens como Hauksbee, Gray, Desaguliers, Du Fay, Nollet, Watson, Franklin e outros. Todos seus numerosos conceitos de eletricidade tinham algo em comum – eram parcialmente derivados de uma ou outra versão filosófica mecânico-copular que orientava a pesquisa científica da época. Além disso, eram todos componentes de teorias científicas reais, teorias que tinham sido parcialmente extraídas de experiências e observações e que determinaram em parte a escolha e a interpretação de problemas adicionais enfrentados pela pesquisa. Entretanto, embora todas as experiências fossem elétricas e a maioria dos experimentadores lesse os trabalhos uns dos outros, suas teorias não tinham mais do que uma semelhança de família.

É interessantíssimo observar como, após se buscar entender como os fenômenos elétricos são explicados no paradigma atual do Eletromagnetismo, homens, eletricitas⁷⁴, divergiam tanto em suas observações quanto em explicações sobre esses fenômenos. Observando as explicações atuais para tais fenômenos elétricos não se consegue imaginar a rica e controversa discussão que se travou para se alcançar um paradigma elétrico “aceito” pelos eletricitas. Existiam grupos de pesquisadores que adotavam a ideia de um eflúvio (ideia inicialmente propostas por filósofos) para entender a natureza desses fenômenos, outros adotavam a ideia de um fluido, outros como dois fluidos. Não havia consenso nem mesmo quanto a se alguns fenômenos eram puramente elétricos (no caso da repulsão elétrica) ou quais eram os fundamentais (arranjando entre repulsão, atração, geração por fricção) (KUHN, 2007) ou como pode ser percebido pela leitura dos documentos originais ou em textos da História da Ciência.

O surgimento de modelos que foram mais bem sucedidos na busca por essas explicações e questionamentos sobre os fenômenos elétricos proporcionava previamente o tipo de pesquisa baseada em um paradigma consolidado, como foi o caso do modelo de Franklin sobre a distribuição do fluido elétrico durante a realização de alguns fenômenos conhecidos, como a geração por fricção (como encontramos em Kuhn, 2007) e atração por influência. Porém, ainda não com a força de um paradigma consensual, pois mesmo o modelo

⁷³ Assim como Os Elementos de Geometria de Euclides pela comunidade matemática.

⁷⁴ Segundo Kuhn (2007), o termo “eletricitas” é uma denominação dada por esses pesquisadores a eles mesmos.

de Franklin não conseguia dar conta de explicar muito bem alguns fenômenos resultantes dos laboratórios.

O caso da condução elétrica, fenômeno interpretado por Stephen Gray como elétrico é um caso de entendimento útil por demonstrar à reação da Comunidade Científica a recepção de novas descobertas, como já frisamos antes. Segundo Kuhn (2007), a importância desse fenômeno foi levada a um segundo plano o tempo que suportou por um grupo de estudo que buscava entender a natureza do “fogo elétrico” como um eflúvio, pois *per definitionem* contradizia seus pressupostos. Igual reação encontra-se em Martins (2001)⁷⁵ quando comenta que a reação da igreja às ideias de Aristóteles não foi de uma recepção bem vinda e necessária para alicerçar a harmonia do conhecimento religioso com a filosofia natural de Aristóteles e sim houve um distanciamento máximo até o momento em que *certas* discussões de *alguns* pontos da filosofia natural de Aristóteles tiveram obrigatoriedade (influências externas) de serem abordadas.

Então, a atividade científica antes da adoção de um paradigma que oriente ao menos de forma elementar um grupo de pesquisadores é caracterizada por uma multiplicidade de grupos, de concepções sobre a natureza dos fenômenos e conseqüentemente sobre o que é legítimo pesquisar, como orientar a construção de aparelhos. Tal situação é historicamente típica em áreas que não alcançaram paradigmas “universalmente” aceitos (KUHN, 2007).

Talvez o caso mais interessante de como uma interpretação errônea da natureza de algo tenha resultado em uma descoberta importantíssima – devemos estar atentos a essas possibilidades também! – é o caso da Garrafa de Leyden, tendo sido desenvolvida independentemente por dois pesquisadores. A concepção de “armazenar” o fluido elétrico, também com o intuito de evitar sua “evaporação”, somente foi possível graças à ideia⁷⁶ de fluido elétrico. Foi na busca pela explicação desse fenômeno que o modelo de Franklin obteve certa notoriedade enquanto paradigma (KUHN, 2007). Não se sugere aqui que seria impossível a construção desse aparelho subsequentemente pela pesquisa, mas sim que na época da descoberta apenas essa analogia poderia ter proporcionado tal orientação de pensar.

O paradigma de Franklin, apesar de possuir um rival (o modelo de dois fluidos elétricos) igualmente oportunizador de explicações razoáveis sobre alguns fenômenos a ponto de os eletricitistas “concluírem rapidamente que nenhum teste experimental poderia distinguir

⁷⁵Ver nota 40.

⁷⁶ Tida como errada hoje, mas legitimada à época por algumas considerações arditosas e habilidosas permitidas pela ciência que se praticava. O “método” científico a assegurava como possível.

as duas versões da teoria e, portanto, elas eram equivalentes” (KUHN, 2007, p.38)⁷⁷, passou a unificar cada vez mais a pesquisa elétrica, segundo o autor, onde “o rendimento e a eficiência da pesquisa elétrica aumentaram correspondentemente” (KUHN, 2007, p. 39). A adoção desse primeiro paradigma propiciou novas vertentes que vieram a consolidar um decurso tangível a ponto de

Em algum momento entre 1740 e 1780, os eletricitistas tornaram-se capazes de, pela primeira vez, dar por estabelecidos os fundamentos de seu campo de estudo. Daí para a frente orientaram-se para problemas mais recônditos e concretos e passaram cada vez mais a relatar os resultados de seus trabalhos em artigos endereçados a outros eletricitistas, ao invés de livros endereçados ao mundo instruído em geral. [...] Elaboraram um paradigma capaz de orientar as pesquisas de todo o grupo (KUHN, 2007, p. 42).

Apenas a leitura de textos da História da Ciência referente a esses períodos pode conscientizar de forma mais abrasiva as influências que os/as pesquisadores/as sofreram de outras áreas de estudo (e outras formas de conhecimento que não somente “científicos”, ou, segundo a historiografia da Ciência, extra científicos), os comentários de eletricitistas a respeito de outros modelos explicativos para os diversos fenômenos que envolvem a eletricidade, o impacto dos novos fenômenos sobre as tradições explicativas que foram se assentando, a construção de aparelhos para testar e amplificar os efeitos eletrostáticos e eletrodinâmicos etc.

O que tentamos proporcionar aqui é a distância que os livros didáticos possuem quanto a essa realidade complexa de desenvolvimento de uma Ciência antes da adoção de um paradigma, pois as abordagens que se verificam em tais livros tendem a omitir tais discursos – por diversas razões. Apesar de nem todas as Ciências apresentarem esse padrão recente de desenvolvimento, como foi o caso da astronomia e a matemática citadas por Kuhn (2007), o reconhecimento de tal estrutura de desenvolvimento propicia recursos para explicar o quadro atual de terminologias, simbologias, experimentos, textos que são recomendados, tidos como importantes e, sobretudo, que estão presentes na educação e na prática científica real de muitas áreas da Ciência, principalmente as Ciências naturais.

No que diz respeito ao Eletromagnetismo, na forma de exemplos mais diretamente concretos, em trabalhos como o de Rocha (2002) vemos que na abordagem histórica de tal campo de estudos devemos saber e estarmos ciente da realidade complexa e imensamente rica

⁷⁷ Essa não é uma resposta agradável. Se houve indecisão experimental entre os dois modelos o que garantiu o posterior sucesso do modelo de Franklin? Razões sociais? Não encontramos respostas diretas a esse problema. Esta é uma discussão prolífica de pesquisa que pode ser trabalhada na sala de aula. Este é um exemplo de seleção dos/as historiadores/as da ciência consultados, ou seja, tal seleção não foi considerada como importante, ao menos nas leituras referenciadas em nossa bibliografia.

que permeou (e permeia) essa construção⁷⁸, exemplificando mais detalhadamente os famosos casos que, conforme Kuhn (2007), podem ser mais reconhecidos como geradores de Revoluções Científicas, como: o desenvolvimento da pilha eletroquímica – a discussão entre Galvani e Volta, o trabalho de Coulomb sobre a quantificação da força elétrica, os estudos de Ohm, a ligação entre Eletricidade e Magnetismo no trabalho de Oersted, a ideia de Campo de Faraday, o desenvolvimento do primeiro motor elétrico e do primeiro gerador mecânico-eletromagnético, a indução eletromagnética de Faraday, o trabalho de Maxwell e sua ligação com a Óptica, o desenvolvimento do rádio, da televisão, do telefone etc.

Porém, seguindo a mesma ideia de Kuhn (2007), a de que contribuições menos “significativas” não abordadas ou não tidas como revolucionárias pela historiografia tradicional são sim revolucionárias na Ciência em que surgem, devido à ligação mais tênue exposta pelo autor entre paradigmas, compromissos e revoluções dentro destas. Guiados por essa representação da realidade, em trabalhos como o de Rocha, assim como em Martins, Kuhn, Koyré, Popper etc. encontramos a tendência a citar e a pesquisar a contribuição de muitos pesquisadores e de seus trabalhos que não são encontrados como pronunciados nos manuais e/ou nos livros científicos ou mesmo na literatura especializada na história da historiografia mais tradicional da Ciência. Como especificamente essa pesquisa mais “microscópica”, como interpreta Martins (2001), pode ajudar na tarefa de utilização da História da Ciência para a consolidação de uma imagem mais digna e realista da Ciência?

Citamos mais abaixo uns poucos exemplos, eixos metodológicos norteadores que exemplificam a natureza das discussões que podem ser realizadas com base no uso que a História da Ciência pode proporcionar ao ensino da Física, segundo nossa visão. Tais exemplos servirão de critério as análises que serão desenvolvidas, observando se alguma apresentação de conteúdo leva em consideração algo semelhante ao que descrevemos e sugerimos. Ressaltamos apenas uns poucos aspectos da história do Eletromagnetismo fracamente ligados a um período curto de tempo e menos conhecidos, alinhando-nos as palavras de Kuhn (2007) sobre esses episódios menos “extraordinários” da Ciência, por estarmos cientes da complexidade dos movimentos⁷⁹ realizados ao longo de todo o desenvolvimento desse *corpus* de estudo, mas que podem ser utilizados nessa tarefa de

⁷⁸Perseguimos assim a ideia de Kuhn de que um olhar sobre como se deu essa construção possa ajudar a nutrir uma concepção de Ciência mais digna à sua realidade.

⁷⁹ Das extensas e ricas situações, observações, obras históricas, influências extra científicas, experimentos, brigas intelectuais entre cientistas, relatos dos pesquisadores entre outros.

conscientização sobre o papel que a HC pode desempenhar no ensino e que podem ser vislumbradas tais como:

1. Saber que (e como) a história registra as primeiras manifestações dos efeitos elétricos (efeito âmbar) e magnéticos (ímãs naturais) e sob quais fontes históricas pode ajudar no entendimento sob em que circunstâncias (ligação cotidiana, proveniente de um ofício, de uma prática laboratorial, discursiva etc.) se deu a percepção de fenômenos estudados posteriormente por pesquisadores e no conhecimento histórico da natureza de tais fenômenos (primeiramente a consideração dos casos eletro e magnetostáticos e secundamente a dinamicidade de tais fenômenos);

2. Conhecer as razões (de forma geral, históricas) que adiaram o estudo recôndito de tais fenômenos relegando-os aos séculos renascentistas em diante ocasionando um intervalo aparentemente “improdutivo” sobre tais fenômenos pode ajudar a evitar assertivas errôneas sobre o processo de construção desses conhecimentos, como: “os gregos não se interessaram e/ou não reconheceram a importância desses fenômenos”;

3. Saber da existência do trabalho de Girolamo Cardano sobre esses fenômenos pode propiciar reflexões acerca do modo como as discussões de tais fenômenos “ressurgiram” na Europa Renascentista e, como Thomas Kuhn nos influencia, quais (e se) razões, além das científicas, levaram este pesquisador a empreender este trabalho (razões sociológicas), além de como as *crenças* que este pesquisador dispunha antes e durante suas considerações sobre tais fenômenos influenciou suas posteriores intencionalidades;

4. Entender o trabalho do pesquisador William Gilbert significa empreender um entendimento inicial sobre as tentativas iniciais e o nível de profundidade de tais classificações dentro desses fenômenos, como, por exemplo, a distinção entre materiais *elétricos* e *não elétricos* de acordo com a natureza eletrostática da matéria, ensinando assim como os conhecimentos atuais foram aos poucos consolidados e deliberados. Estudar tal pesquisador ajuda a entender também como um dos primeiros modelos de explicação dos fenômenos elétricos, o eflúvio, foi oportunizado, possibilitando ainda a realização de perguntas que visem desconstruir a ideia de que “a Ciência nasce pronta da cabeça de gênios (Cf. Martins, 2006) ao tentar entender a influência que o “pensamento antigo” possuiu sobre a formação de Gilbert. Além de discussões sobre a influência do livro *De magnete* de Gilbert sobre a pesquisa e o conhecimento posterior (não só elétrica e magnética);

5. O entendimento dos problemas e da notoriedade que veio se seguindo a esses primeiros trabalhos e a busca das razões que motivaram vários pesquisadores a buscar

soluções para esses problemas pode ajudar a entender as construções de específicos e variados experimentos e máquinas eletrostáticas (como o caso da máquina eletrostática de Guericke, Hauskbee, Van der Graff, Wimshurt etc.);

6. O conhecimento da dificuldade e da resistência de grupos de pesquisa aos conceitos introduzidos por Stephen Gray, a *condução elétrica* e a *indução elétrica* pode propiciar exemplos fundamentadores do discurso de Kuhn acerca de como se dá a introdução de descobertas e reformulações na Comunidade Científica e qual o impacto de tais na postura posterior de pesquisa.

É claro que não podemos aqui citar todos os casos e representar todas as possibilidades metodológicas discursivas de apresentação e problematização que podem ser geradas das minúcias que emergem do estudo histórico desses episódios que constituem a história do Eletromagnetismo, deixaremos tal discussão mais pormenorizada para análise a que nos propomos mais adiante. Porém, de forma a ilustrar a grande quantidade de pesquisadores que fizeram parte⁸⁰ da história da pesquisa elétrica e magnética (e a partir de certo ponto, eletromagnética) podem ser visualizados em Rocha (2002) por este elevar alguns destes personagens (ou povos no geral), a saber: Gregos, Árabes, Cardano, Gilbert, Guericke, Pierre de Maricourt, Gray, Du Fay, Franklin, Coulomb, Oersted, Faraday, Lenz, Morse, Maxwell, Hertz, Marconi, Einstein entre outros. Na influência da pesquisa eletromagnética com outros campos de estudo, como a óptica, encontramos nomes como: Foucault, Fizeau, Young.

A descrição de alguns dos nomes desses personagens aqui visa reforçar a ideia de que é preciso contrariar a tendência que a leitura da realidade das fontes de informação propicia aos seus leitores: a ideia de que a Ciência é um constructo elevado, enclausurado as suas próprias divagações, realizado e dirigido por poucas pessoas iluminadas que discursam e versam sobre tudo (além de outras noções erradas que de tantas e de informes não podem ser descritas aqui também por critérios de espaço). De nenhum modo desconstruir tais noções é prejudicial, pelo contrário, acreditamos que não há equívocos e/ou problemas ao medirmos ouro com pesos certos e calibrados. Não podemos afirmar o mesmo no contrário a essa situação. Para Morin (2003, p. 112), atualmente, sobre esse caráter desconhecido da cientificidade,

⁸⁰Em maior ou menor grau em termos de contribuições significativas para o entendimento atual, mas em igual importância para os entendimentos de suas épocas.

[...] é preciso tomar consciência desse aspecto, o menos elucidado da história oficial das ciências, que é um pouco como a face obscura da lua. Intelectualmente, as disciplinas são plenamente justificáveis, desde que preservem um campo de visão que reconheça e conceba a existência das ligações e das solidariedades. E mais: só serão plenamente justificáveis se não ocultarem realidades globais.

Esse caráter menos conhecido desse campo de estudos é precisamente os fatos que fizeram Kuhn chamar de episódios extraordinários e que levavam as revoluções científicas. Introduzimos inadvertidamente tal representação e precisamos justificar em que sentido afirmamos haver na atualidade revoluções científicas nos casos citados. De acordo com Kuhn (2007, p.p. 126-128), dois paralelismos com a revolução política, o tipo mais conhecido de revolução, garantem a terminologia. Da mesma maneira que um sentimento crescente de insatisfação com alguma instituição social, ao deixar de responder adequadamente aos problemas postos por um meio que ajudaram a criar em partes, passa a ser existente similar situação ocorre na Comunidade Científica quando algum episódio próprio dessa comunidade a desestabiliza em termos paradigmáticos.

O outro paralelismo se consolida à medida que uma polarização social se origina entre os adeptos da nova e da antiga postura em crise. Neste ponto, o autor justifica que nenhuma instituição guiará a discussão, pois nenhuma das duas em discussão atenderá, por motivos óbvios, aos requisitos básicos de princípio avaliativo. Sendo necessário, assim, que esses adeptos recorram a outras técnicas persuasivas de massa, incluindo a força, para justificar um ou outro candidato envolvido no conflito. Semelhante movimento ocorre na ciência, pois, o estudo da lógica e da estrutura do novo paradigma em discussão, segundo a experiência investigativa, não torna cognoscível muitos movimentos de adesão a um ou outro paradigma. Cremos que este movimento não se aplique somente as ciências convencionais, e como indicamos introdutoriamente, pois, como este próprio autor salienta no posfácio dessa obra, alguns leitores de sua obra sentiram-se prazerosos em poder aplicar suas ideias em seus campos de estudos (KUHN, 2007). Nesse sentido, dividindo essas analogias metodológicas com a ciência, afirmamos ser revolucionário o estudo sobre a cognição humana, que seguindo a prática costumeira atual, pode ser enquadrada como ciência.

Um ponto final que merece atenção atual aqui nessa discussão é um fato citado por Kuhn (2007) e que pode ser facilmente reconhecido nos livros: os autores de livros científicos, após se versarem nos paradigmas científicos, não são obrigados a citar as fontes que consultaram para adquirir tais aprendizados, ou seja, tais autores são autorizados a fazer

uso de tais paradigmas sem sofrerem retratações por isso⁸¹. Não há nenhuma menção, e não há necessidade, a fontes consultadas sobre os paradigmas, ou seja, parece que os autores são os construtores daquele conhecimento, sendo os “detentores de informações privilegiadas” (BRYSON, 2011).

De um modo ainda mais claro: os resultados provenientes da aplicação de um paradigma científico não parecem depender do proponente que o usa, aquele possui uma existência independente deste. Na verdade, esse fato pode ser interpretado como uma paráfrase do fato citado pelo autor que, ao discutir sobre as divergências iniciais dos cientistas sobre um fenômeno, afirma que “É surpreendente (e talvez também único, dada a proporção em que aparecem) que tais divergências iniciais possam em grande parte desaparecer nas áreas que chamamos Ciência” (KUHN, 2007, p. 37). Consideramos este como um dos mais famigerados aspectos que fomentam interpretações errôneas da Ciência e de seu funcionamento.

A estrutura denunciada por Thomas Kuhn sobre como a Ciência se desenvolve antes da adoção de um paradigma universalmente aceito e, após a adoção deste, sobre como o desenvolvimento via revoluções paradigmáticas afetam a atividade de produção e resulta no tipo de pesquisa que então tem se tentado tornar tão familiar e natural pelos livros didáticos atuais parece ser de uso restrito a poucas áreas que hoje chamamos de científicas (biologia, geologia, física, química etc.). O produto final desse processo de construção dos conhecimentos científicos de áreas tradicionalmente ditas científicas, como as Ciências da natureza, é facilmente perceptível como diferente em alguns aspectos de alguns conhecimentos de áreas ditas científicas como as Ciências sociais (História, Geografia, Antropologia, Psicologia, Sociologia).

Este fato é mais bem representado e, historicamente, assim o foi pelo uso dos termos *Objetividade e Subjetividade*. Dizemos (constatamos isso em muitas fontes de informação de educação dos sujeitos) que os conhecimentos científicos possuem Objetividade, são objetivos, sendo os resultados a que se chegam na Ciência independentes da vontade, da interpretação e motivação inicial que um cientista ou um grupo destes possuem ou desejam possuir sobre tal fenômeno, uso da matemática etc., enquanto que os conhecimentos das Ciências sociais não possuem tal capacidade, sendo de caráter subjetivo muitas das observações de um/a pesquisador/a sobre um acontecimento, relativizando o conhecimento.

⁸¹Contanto que os ditames do paradigma tenham sido respeitados e que seu uso tenha atendido (atender no sentido de usá-lo ora para defender, justificar, negar etc. uma hipótese, uma impossibilidade, um problema etc.) ao que se dirige (a solução de um problema, por exemplo).

A capacidade de superar as divergências iniciais presentes na Ciência através de um “método”⁸² se deve a existência, sendo este fato uma importante diferença entre o conhecimento científico de algumas áreas e outras, de um objeto de validação, de um critério de argumentação científica exterior que independe da vontade humana, o *experimento sistemático* do objeto de estudo dessas áreas: a Natureza. A experimentação, como dizia Feynman (2008), é “o juiz da verdade da Ciência”. Este fato talvez nem seja interpretado pelos que consideram a *plenitude* da objetividade do conhecimento científico ou talvez seja, levando a projetos de construção de paradigmas em outras áreas (projetos estes registrados pela história desses campos de estudo).

O que a Ciência dispõe de objetivo é apenas o produto final de uma construção que começa como qualquer outra, a partir das considerações humanas, permitidas por *condições humanas*, e como temos visto serem “demonstradas” pelas Ciências sociais, essas são cheias de *crenças* que advêm de fontes variadas sobre coisas variadas, inclusive sobre a Ciência. O fato de possuir-se um critério externo que valide e filtrem muitas dessas considerações constitui basicamente as discussões que a História da Ciência registra. Devido à forma não pronunciada de seu surgimento (da Ciência), muitos discursos e personagens garantiram suas existências ao longo do tempo ao defender o uso desse critério externo chamado experimentação (aliada à matemática, a lógica formal, os discursos retóricos) como única maneira válida de se produzir o conhecimento natural, diferindo-o de discussões subjetivas que por muito popularam a própria Ciência.

Mas também não podemos nos prender somente a essa interpretação e conjecturar a vontade, crença, inexpugnável de alguns desses proponentes na possibilidade de realização desse projeto. A parafernália de máquinas e equipamentos ligados a aplicação dos conhecimentos científicos deve persuasivamente e inegavelmente ser tida como um dos fatores que nutrem tais concepções. Esse reconhecimento é necessário devido à influência do Iluminismo no Positivismo, este influenciando a produção historiográfica por um período histórico como discutimos e fazendo com que em Barros (2011) lermos sobre a discussão ainda atual e não concluída, ou seja, não superada em termos de divergências iniciais, sobre qual o papel da subjetividade e objetividade na História (discussão que não se resume unicamente a esta).

⁸²Roberto Martins, em um artigo (MARTINS, 2006) sobre o uso da História da Ciência na Educação sugere a troca do termo “método” por outro que representa melhor seu significado epistemológico, uma “Arte de pesquisa” a ser compreendida e aprendida e não uma receita de bolo a ser sempre seguida.

Em tais áreas, as Ciências sociais, conforme Kuhn (2007) está em aberto a questão de saber o caráter e a natureza dos paradigmas, a exemplo das Ciências Naturais quando do momento em que estas são capazes de partilhar esquemas de trabalho e interpretações comuns⁸³ do seu objeto de estudo, paradigmas de modo geral.

O papel dos conhecimentos científicos provenientes do Eletromagnetismo é visivelmente profundo na sociedade atual. A própria concepção de sociedade moderna é composta por conquistas proporcionadas pelo Eletromagnetismo. A listagem dessas conquistas para a sociedade e para outros tipos de ciência iria requerer algo análogo a uma Enciclopédia Britânica. A luz que ilumina o momento da transcrição deste trabalho na máquina elétrica chamada *notebook* já atesta o profundo enraizamento do Eletromagnetismo na sociedade atual. É essa realidade elucidativa que propomos ser exposta pelo ensino deste. Não um ensino arquipélago, mas um ensino continente.

4.1 Uma tendência atual a aproximação

De acordo com Mathews (1995) em 1986 foi publicado um ensaio denominado *Ensino e Filosofia da ciência: vinte e cinco anos de avanços mutuamente excludentes* (Duschl 1986). Supomos, assim, a influência do caráter revolucionário dos estudos histórico, filosófico e sociais da ciência⁸⁴ sobre o ensino científico a essa época. Contudo, apesar do teor de tal estudo, segundo o referido autor, a tendência atual⁸⁵ é de reaproximação (ao menos paradigmaticamente – observação nossa) entre HFSC e ensino de ciências em nível internacional, aproximação esta desejada, tendo em vista a crise nesses ensinos.

Alguns elementos influenciadores dessa reaproximação, conforme Mathews (1995, p. 15) são

[...] a inclusão de componentes de história e filosofia da ciência em vários currículos nacionais, o que já vem ocorrendo na Inglaterra e no país de Gales; nos Estados Unidos, através das recomendações contidas no projeto 2061 concernente ao ensino de ciências da 5ª série do primeiro grau até a 3ª

⁸³Ao menos esse é o padrão de desenvolvimento das Ciências consideradas por Kuhn como “amadurecidas”, sendo esse, na verdade, o critério usado por este autor para considerar o amadurecimento de uma área.

⁸⁴Entre eles, discutimos sobre o trabalho de Kuhn e de forma geral, conforme citamos Martins sobre o intenso desenvolvimento dessa área no período pós-guerra.

⁸⁵ Ver nota 30.

série do segundo; no currículo escolar dinamarquês; e na Holanda, nos currículos PLON. Não se trata aqui da mera inclusão de história, filosofia e sociologia (HFS) da ciência como outro item integrante do programa da matéria, mas trata-se de uma incorporação mais abrangente de temas de história, filosofia e sociologia da ciência na abordagem do programa e do ensino dos currículos de ciências que geralmente incluíam um item chamado de “A natureza da ciência”.

Outros aspectos que corroboraram para essa reaproximação foram uma série de conferências tanto americanas quanto europeias especificamente sobre a necessidade de tais estudos no currículo do ensino científico, gerando cerca de *trezentos* trabalhos acadêmicos sobre essa questão e muito material didático embasado nessas considerações. Os objetivos das reformas curriculares Americana e Britânica estavam conscientes da não significância da obrigatoriedade de substituição sobre a ciência pela HFSC, mas sim que o ensino se pautasse na capacidade de se considerar certas questões intelectuais em jogo, não atendendo a ideia de que os estudantes viessem a se empenhar em resolver dicotomias históricas da ciência (MATHEWS, 1995).

A clara necessidade de reformar não só o pensamento, mas também a prática e a avaliação, os materiais didáticos e a inclusão de cursos sobre a formação dos professores em HFSC são defendidos por Mathews (1995). Esse interessante trabalho investigativo de Mathews ajuda-nos a entender as dificuldades e as discussões nada mal fundamentadas sobre as objeções a estas reformas paradigmáticas, como a interpretação do papel final do uso da história no ensino de ciências, pois, para Kleist, por exemplo, segundo Mathews, o ensino de boa qualidade em ciências que faça uso desta só pode vir a refletir a má qualidade de seu uso, sendo por isso melhor não utilizar a história, sendo esse um assunto complexo, pois a história não se apresenta simplesmente aos olhos do espectador, ela tem de ser produzida (MATHEWS, 1995).

Concordamos com este autor ao afirmar que “o fato de que a História da Ciência seja simplificada não se torna um argumento decisivo contra ela” (MATHEWS, 1995, p. 177), devendo ser tarefa da pedagogia a elaboração desse processo de historicizar a ciência, ao mesmo tempo, que não a faça como uma mera caricatura, conforme discussão que realizamos inicialmente por base em Martins (2010). É a esse problema que nos inclinamos, indiretamente, a fazer aqui ao propor uma crítica da História da Ciência, no sentido dado por este autor, produzida pelo Livro Didático já que esta tarefa não é simples e tem gerado objeções a favor da retirada dessa abordagem no ensino de ciências.

Deste modo, cientes do que Moreira (2000) nos informou outrora sobre a ligação entre ensino de Física brasileiro e internacional – dependência intelectual – em termos paradigmáticos, somos autorizados a perguntar: o sistema brasileiro educacional garante algo relativo a essa tendência de reaproximação entre a HC e o ensino científico? Segundo Pagliarini (2007) o PNLEM – Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio –, órgão federal responsável, desde 2005, pela aquisição de livros didáticos para o ensino médio, organiza os critérios de escolha dos livros didáticos para este nível de ensino, elaborando resenhas críticas das obras e que estão à disposição de consulta dos/as professores/as da Física, tem chamado atenção para a adequada concepção de Ciência que os livros devem veicular, a saber

A obra NÃO deve apresentar a Ciência moderna como sendo equivalente a conhecimento, sem reconhecer a diversidade de formas de conhecimento humano, e NÃO deve apresentar o conhecimento científico como verdade absoluta ou retrato da realidade. Deve, dessa forma, focar a evolução das ideias científicas, explicitando o caráter transitório e de não-neutralidade do conhecimento científico. A obra NÃO deve privilegiar somente a memorização de termos técnicos e definições, não se pautando, portanto, somente por questões de cópia mecânica ou memorização. O vocabulário científico deve ser usado como um recurso que auxilie a aprendizagem das teorias e explicações científicas, e não como um fim em si mesmo. As analogias, metáforas e ilustrações devem ser adequadamente utilizadas, garantindo-se a explicitação das semelhanças e diferenças em relação aos fenômenos estudados.

[...] Os experimentos propostos pela obra devem ser factíveis, com resultados plausíveis, sem transmitir ideias equivocadas de fenômenos, processos e modelos explicativos (PNLEM, 2007, p. 41)

Percebemos, portanto, uma aproximação dessa necessidade por parte do órgão que rege os princípios de escolha dos livros didáticos no ensino médio brasileiro, estipulando, *a fortiori*, critérios para a escolha de tais obras, entre elas, a História da Ciência, pois segundo Pagliarini (2007, p. 50)

De forma explícita, o PNLEM (2007, p.42) ainda menciona alguns critérios que qualificam as obras analisadas, sendo de especial relevância quando considera que “será valorizada a obra que propiciar condições para a aprendizagem da Ciência como processo de produção do conhecimento e construção cultural, valorizando a história das ciências [...]” e também aquela “[...] que apresentar o conhecimento científico de forma contextualizada, fazendo uso dos conhecimentos prévios e das experiências culturais do aluno”.

As Orientações Curriculares Nacionais para o Ensino Médio⁸⁶(BRASIL, 2002, p. 64) também incluem a discussão dessa temática. Contudo, ao afirmar que o uso da História da Ciência, ao aproximar os aspectos científicos dos acontecimentos históricos tem por intuito *enriquecer* o ensino de Física sugere-se a forma de apêndice que esta desempenha nesse ensino, algo que não defendemos, pois a história de qualquer conhecimento despende um papel maior do que um simples apêndice de estudo complementar. Com respeito à filosofia da ciência esta “tem maior importância, para o professor, na construção de sua concepção de ciência, com reflexos na hora de abordá-lo em sala de aula”. Essa é claramente uma concepção limitada sobre o valor dessa abordagem, pois a indicação desta diretamente para o professor, excluindo os estudantes, demonstrando uma preocupação em manter as engrenagens desconhecidas por parte dos/as estudantes, fazendo-os aprenderem a ler as horas de forma mecânica.

Uma análise que muitos nos interessa na investigação da tradução destes norteamentos na produção dos livros didáticos se encontra em Pagliarini (2007). Analisando 16 coleções de livros didáticos de Física aprovados por esse programa (e seus equivalentes antes da sua criação) adotados no ensino médio este autor realiza um importante trabalho de elucidação da realidade brasileira a nível da educação básica nesse movimento de reaproximação internacional citado por Mathews (1995). Inclusive, a obra a que nos destinamos a analisar é tratada em tal trabalho, porém, temos duas ressalvas a fazer: (1) a análise dessa obra se dá em cima de duas edições separadas por uma distância temporal considerável, mas não é relativa a edição analisada aqui – o que fará de nossa análise de certo modo um prolongamento dessa discussão – e (2) a análise empreendida é não-pontual no que concerne ao Eletromagnetismo, fazendo de nossa análise um aprofundamento dessa discussão.

A análise deste pesquisador (2007, p. 107) revela-nos que,

Apesar dos pequenos avanços apontados aqui, a História da Ciência presente nos livros aprovados ainda é bastante superficial. No geral, ela ainda se resume a nomes e datas precisas, ignorando a contribuição de vários outros pesquisadores, o contexto da época, as dificuldades e erros enfrentados pelos pesquisadores do passado.

⁸⁶Esse material pode ser acessado em http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf. Acesso em 30/03/2017.

De forma mais específica, esta análise encontrou alguns equívocos comuns da má utilização da História da Ciência, tais como

[...] narrativas históricas distorcidas (caracterizando a pseudo-história), a presença de mitos científicos, além de diversos erros na maioria das coleções didáticas analisadas. Além disso, muitas delas ainda apresentaram ideias erradas, do ponto de vista epistemológico, sobre a natureza da ciência. Vimos que é comum apresentar a ciência como construída a partir de um único método de estudo, denominado “método científico”, ou ainda “método experimental”. (PAGLIARINI, 2007, p. 104).

Outro aspecto destacado por este autor diz respeito ao conhecido problema de comunicação entre pesquisadores de História da Ciência e professores, pois, como citamos, é notório nos livros de ensino de ciências, em especial, da física, a desobrigação dos autores em referenciar suas observações, dando a impressão de que a história lhes acomete naturalmente quando do estudo dos saberes científicos, o que é uma inverdade. Desta qualquer forma

[...] é evidente a necessidade de um maior e mais efetivo contato entre os autores de livros didáticos de ciências e pesquisadores da área de história e filosofia da ciência e ensino de ciências. Com isso, é possível que haja uma influência positiva no sentido de melhorar o conteúdo dos livros, diminuir a quantidade de erros presentes nos mesmos e favorecer a transmissão de uma visão adequada sobre a natureza da ciência (PAGLIARINI, 2007, p. 105).

Em algumas coleções foram observados elementos que indicam uma mudança de postura com relação à natureza da ciência conforme aponta o autor, inclusive, uma tentativa de apresentar a dificuldade que reside em definir o que é ciência e o que é a Física. Mas esses movimentos são ainda elementares. Dada a realidade da prática profissional em que nos inserimos, “[...] já que dispõe de pouco tempo para preparação e planejamento pedagógico adequados, ele (o professor, inserção nossa) se sente seguro em seguir roteiros já estabelecidos em livros convencionais” (PAGLIARINI, 2007, p. 107) sendo necessário, então, escrutinar o Livro Didático nas suas várias composições para que uma melhor compreensão se faça da realidade dos materiais usados em sua prática.

Diante do que a realidade educacional brasileira propõe e dada a realidade das pesquisas sobre o produto dessa influência nas produções didáticas, quando não obrigatoriedade, como a pesquisa recente de Pagliarini (2007) mostram, nossa pesquisa eleva-se em novo estado de importância, visto que as coleções de Física utilizadas na cidade em análise são as mesmas, não querendo significar que a diversidade de uso se traduza como

maiores e/ou melhores oportunidades de acesso a essa discussão, mas ao menos resultará em um melhor estado de compreensão sobre as escolhas gerais e futuras (e por que não, passadas).

Analisaremos, assim, também, a realidade do livro do Eletromagnetismo da coleção adotada na cidade em análise com respeito a esse movimento atual de reaproximação afirmado por Mathews (1995) em âmbito internacional como também assegurado pelo PNLEM⁸⁷ e as orientações curriculares para este nível de ensino sobre a necessidade de incluir a discussão adequadamente histórica da ciência no ensino científico.

⁸⁷ A reaproximação descrita por Mathews (1995) é muito mais abrangente do que um simples “assegurar” de palavras em um documento norteador de produções didáticas. Essa reaproximação se deu em vários âmbitos, como a organização de palestras e conferências, geridas por alguns órgãos educacionais e universidades renomadas, além da inclusão desse tema como matéria obrigatória em alguns casos na educação básica a nível fundamental, a exemplo da Flórida, assim como a inclusão dessa discussão ao âmbito universitário em caráter institucional (MATHEWS, 1995). Recomendamos a leitura desse artigo.

5 Percurso Metodológico da Pesquisa

Contemporaneamente, confrontamo-nos diretamente com algumas instituições sociais que, ao envolverem a Física como *Raison D'être*⁸⁸ – tais como: desenvolvimento da ciência Física (teórica e experimental), formação, ensino, relação com o desenvolvimento social, desenvolvimento de tecnologias, relação com outros conhecimentos –, permite-nos propor algumas perguntas: qual tem sido (e qual é) a relação entre a máxima Eliot-Morin e esses níveis? Tal relação influencia/influenciou de alguma forma em algum desses níveis? Se sim (e se não), de que forma?

Poderíamos justificar o aparecimento de tais perguntas encerrando-as como atos do pensamento puro, como uma atividade que foi ditada pelo pensar desvinculado de algum substrato, com o único intuito, então, de ponderar a atividade humana na área Física, precisando a posição dos conhecimentos perante um produto do pensar, como se estivéssemos exercitando um objetivo filosófico de fazê-lo simplesmente pela possibilidade de ser pensado. Poderíamos tecer a mesma justificativa para o aparecimento e natureza da máxima Eliot-Morin. Contudo, esta, talvez, seja o melhor exemplo de uma justificativa fugidia em plenitude da ideia defendida por Edgar Morin (em sua obra aqui já citada) da necessidade de estudarmos a real condição humana para entendermos a realidade que construímos a cada momento sob os termos que dispomos.

Se respondermos negativamente a pergunta “Tal relação influencia/influenciou de alguma forma em algum desses níveis?” (Os níveis sociais em que a ciência Física se insere) estaremos nos alinhando a uma justificativa filosófica desgarrada de fazer pelo fazer, sugerindo assim implicitamente muitas características envoltas no processo de (e sobre a) produção do conhecimento na Ciência, na Física. Uma dessas características seria a capacidade do sujeito em reconhecer e entender fácil e naturalmente essa máxima como inexistente no conhecimento e/ou existente, porém de fácil superação, constituindo uma vantagem extraordinária do intelecto humano em relação a sua estrutura do pensar.

Entretanto, pelo mesmo motivo que força Morin a perceber a necessidade de um estudo da realidade baseado nos condicionantes humanos, somos conduzidos/as a responder positivamente a questão acima levantada devido a: *existência de problemas*. O movimento

⁸⁸Expressão francesa utilizada na obra citada de Kuhn e que significa “razão para a existência” conforme <http://dictionary.cambridge.org/pt/dicionario/ingles/raison-d-etre>. Acesso em 23/03/2017.

retrospectivo de análise do conhecimento é que origina a máxima Eliot-Morin. Retrospectividade esta que lança luz sobre as características reais envoltas no processo de construção do conhecimento humano (entre elas, os problemas) que devam ser analisadas, conhecidas e reafirmadas constantemente, pois é neste meio permeado de problemas relativos ao conhecimento que tal máxima é condizente e não a uma atividade do pensamento puro. Esse fato tem profundas implicações no conhecimento e nas atividades ligadas a este, por conseguinte, na sociedade como um todo. “Como existe um circuito entre a escola e a sociedade – uma produz a outra [...]” (MORIN, 2003, p. 100), este é, por conseguinte, um fato relevante também para o ensino e aprendizagem e a ele dedicamos boa parte de nossa atenção.

Versando nossa pesquisa à ciência Física, em especial ao ensino desta, deve ficar claro, *a fortiori*, diante do que já discutimos, que ao falarmos em movimento retrospectivo, significa tratarmos de sua história e, então, da História da Ciência como um todo, pois, como tentamos defender, que é impossível – assim como Morin (2003) critica o absurdo em considerar o estudo do sujeito apenas pela História ou outro conhecimento humanista – entender a Física, nos termos citados, apenas concentrando-nos em sua rigidez disciplinar. Aceitamos a máxima de Eliot-Morin como fundamentalmente correta, porém, esta assim a é para aqueles que consideram o movimento retrospectivo como fundamental ao entendimento paradigmático, e ao bom pensar de forma geral. Porém, para aqueles que não assim a concebiam tal máxima não pode constituir uma deliberação. Experenciamos, especialmente na prática profissional – isso é um problema! – que o intelecto humano e a mais evidente e usada perspectiva de ensino do conhecimento atual, o ensino “tradicional”, tende mais a segunda concepção do que a primeira. Viemos discutindo, em especial, o caso da Física.

Deste modo, conhecendo esse caráter dúbio do saber, cientes de sua gênese pelos mesmos processos que originam o conhecimento e fundamentados na história (da Física) de seus acontecimentos, perguntamo-nos: qual o impacto desse fato nas atividades que se pautam nos conhecimentos científicos? A obrigatoriedade e multiplicidade dos problemas, além da dinamicidade do tempo, oportunizam-nos, quando não obriga-nos, reelaborar a pergunta: quais têm sido as consequências deste fato nas atividades pautadas no conhecimento científico (prática científica, formação acadêmica, aplicação tecnológica, ensino, por exemplo)? Muito de nossa pesquisa se baseia no reconhecimento atual da vivacidade dessa discussão, a existência de problemas nessa relação dúbio e oculta do conhecimento e as discussões pertinentes que, de forma encadeada, possuem implicações profundas no ensino, conforme justificado, desses conhecimentos. São óbvios os aspectos que fazem a Ciência um

conhecimento importante e imprescindível perante a sociedade contemporânea? Veremos isso à luz da História da Ciência ao longo das análises do Livro Didático.

Creemos que o exemplo mais representativo e consequente (e também produtor) da máxima Eliot-Morin⁸⁹ seja a Ciência e sua forma de desenvolvimento, como vimos, a Revolução Científica. Pela singularidade de sua composição, a Ciência tem em seus resultados algo de muito particular, que é a capacidade em objetivar o produto final do processo de produção a que se destina. Numa abordagem baseada em Thomas Kuhn, por meio de revoluções científicas é composta sua estrutura. Como terá sido presenciar uma época de mudança paradigmática? O que ocorre na literatura científica em tais épocas? Como os cientistas reagem a essa mudança de compromissos? Como um único homem pôde influenciar tanto as pesquisas em uma área? Como (e como se deu) será ter vivido sob a influência de tal personagem? Os cientistas conseguiram libertar-se das influências externas quando da aceitação de um paradigma? De que forma um paradigma guia um experimento, um cálculo? Qual o impacto disso na prática científica? Quais são os indícios de que uma revolução científica está em curso? Como a sociedade foi influenciada? Esses são exemplos de conhecimentos e as sapiências perdidas devido às informações que retiramos da Ciência em sua apresentação sistemática final. Esse é um problema atual.

Um fato atualmente rotulado de biológico torna esse processo altamente consequente não só ao ensino, mas ao desenvolvimento cognitivo do sujeito de forma geral: não partilhamos de uma característica peculiar das bactérias – a capacidade de aprender, geneticamente, com gerações anteriores, conforme Bryson⁹⁰ relata. Todo o conhecimento construído e desenvolvido por um sujeito em seu desenvolvimento biológico se esvanece do momento de sua morte. Assim, cada novo indivíduo necessita aprender absolutamente – não necessariamente, mas idealmente – todas as funções da consciência conquistadas por nossa espécie, incluindo a Ciência. Podemos classificar essa consciência adquirida como Inteligência. Isso justifica então a pergunta: os conhecimentos e sapiências, assim como sua localização, que se perdem devido a alguma informação são importantes de serem conhecidas pelos novos sujeitos? Sim e não somente, mas, inclusive, esse caráter dúbio e oculto do nosso processo de conhecimento.

⁸⁹Morin (2003) usa esse questionamento de Eliot sob alguns pontos de vistas que não somente o sentido que empregamos aqui, por exemplo, é criticada em sua obra a torre de babel de informações desconexas e colossais que os tempos modernos oferecem aos sujeitos, recorrendo, nesse sentido, também a máxima de Eliot.

⁹⁰“Qualquer bactéria apanha pedaços de código genético de qualquer outra. Essencialmente, como afirmam Margulis e Sagan, todas as bactérias nadam no mesmo pool de genes. Qualquer mudança adaptativa que ocorra em uma área do universo bacteriano pode se espalhar para qualquer outra” (BRYSON, 2005, p. 171)

Talvez se nossa formação intelectual não fosse tão negligente em desenvolver aptidões gerais, na perspectiva de Morin⁹¹, reconheceríamos que atualmente estamos vivendo sob a influência de inúmeras revoluções, não somente científicas, e que visam a responder e a justificar a presença das discussões aqui incipientes. Destas revoluções, nos prendemos a discorrer sobre: (1) uma revolução no estudo do desenvolvimento cognitivo humano e as implicações destes no ensino e (2) uma revolução historiográfica na História e na Ciência. De certo modo, uma revolução social.

Essa negligência se estende em todos os níveis da formação acadêmica? Quando do momento desta, não fica claro a existência da forma como os avanços no conhecimento nessas áreas ocorrem, muito devido à formação reducionista a que somos apresentados (perceba, um problema!), incapacitando-nos a reconhecer a importância de seus aspectos (de natureza variada) de seu estudo, assim como impossibilitando a nossa ação, a nossa atividade histórico-crítico-reflexiva sobre o conhecimento em geral. Apenas⁹² com o conhecimento e aprofundamento das leituras que defendem justamente o ensino do complexo, do global, do movimento retrospectivo, como o trabalho de Morin (2003) (e de inúmeros outros autores), percebemos a dinamicidade do processo que, como se prega atualmente na historiografia e no bom senso acadêmico atual, inicialmente marginalizado e incipiente, chamamos de conhecimento. Recorremos a Thomas Kuhn para elucidar alguns pontos da formação científica acadêmica por este representar um marco nessas considerações sobre o processo de construção do conhecimento científico na obrigatoriedade de uma Comunidade Científica a qual pertence.

Então, eis o que abordamos em essência: sob a alegação⁹³ constante da existência de problemas entremeando e populando o processo do conhecimento e das atividades (sociais) ligadas a este e a defesa da presença e dinamicidade de “revoluções” que visam a avançar na resolução daqueles na atualidade e assim inserirmos nosso trabalho em tal perspectiva. Ao final desse processo revolucionário (que somente indicamos em nosso trabalho) e que por sua constituição oportuniza uma revolução social, suas implicações no ensino serão evidentes,

⁹¹ Ver nota 02.

⁹²“Apenas” significa recairmos na história do que já foi produzido, pensado pelo intelecto humano, partindo do sentimento de que tal elemento de aprendizagem é insubstituível para o entendimento da realidade construída. Temos implicitamente a intenção de perguntar: é possível nos libertarmos da influência da história de algum conhecimento e ainda sim o entendermos da mesma maneira que se propõe quando desse estudo histórico? Soa-nos como um absurdo tal pensamento, porém, que pensamento o fundamenta: um pensamento reducionista ou generalista (apto a considerar o geral, cf. MORIN, 2003)? Esse é um problema a ser elucidado pelo intelecto.

⁹³ Iremos apenas *alegar* a existência de tais problemas por dois motivos: sua aparente obviedade, retirada da leitura acadêmica, e insuficiência de espaço! Sendo muitos, eis que nos inclinamos a versar sobre mais um.

pois sociedade e escola possuem um “circuito fechado”⁹⁴. Desta forma, sabendo da implicação consequente destes estudos faremos, em nossa análise, uma tentativa de usá-los e indicá-los já da maneira incipiente que os caracterizam atualmente. Utilizaremos essa nova realidade em ascensão para justificar a emergência da especificidade desta pesquisa.

A cidade que desenvolvemos os estágios supervisionados II e III, São José de Piranhas, localizada no alto sertão da Paraíba, distando apenas 30 km da UFCG/CFP, Campus Cajazeiras, dispõe atualmente de apenas duas escolas a nível médio, restringindo consideravelmente a abrangência de nossa pesquisa. Apesar de seus, em torno de, 20.000 habitantes, ambas as escolas comportam todo o quadro estudantil a nível médio que, atualmente, se traduz em torno de pouco mais de 700 estudantes. Ainda mais restritas são as coleções de livros adotados por tais escolas: trata-se do singular de “coleções”. O levantamento bibliográfico das coleções em ambas as escolas mostrou que, no caso da Física, estas são idênticas. Trata-se da coleção *Física – Contexto & Aplicações*, 1ª edição, 2013, dos autores Antônio Máximo e Beatriz Alvarenga, nas versões do professor e do estudante. Como objetivo da pesquisa, limitar-nos-emos a analisar apenas o último volume de tal coleção, o volume 03, que trata do Eletromagnetismo e Física contemporânea. Limitámo-nos ao Eletromagnetismo.



Livro do estudante e manual do professor. Fonte⁹⁵: PNLD – Ensino Médio 2015.

⁹⁴Em analogia com a Física dos circuitos elétricos.

⁹⁵ Livro em formato digital, disponível, acesso em 25 de abril de 2017, em versão online no site <<http://pnld2015interno.scipioneatica.com.br/pnld2013/default.aspx?opc=108&art=517&set=0&url=livro-digital>>.

Como especificamos, dada a realidade dos estágios supervisionados praticados, surgiu-nos o problema do uso da História da Ciência quando usamos o Livro Didático para elaboração de indicações de leituras durante a sala de aula e/ou texto de apoio às incursões pela história dos conhecimentos científicos proposta em nossa abordagem profissional: não havia, ou havia de forma equivocada, o uso dessa abordagem do conhecimento científico em tal obra. Como nos limitamos, em tais estágios, a discutir poucos elementos do Eletromagnetismo – nos limitamos apenas a primeira parte do livro que tratava apenas sobre Carga Elétrica, Campo e Potencial Elétrico - estenderemos a análise ao Eletromagnetismo presente nos demais capítulos da obra.

Realizamos a análise dos conteúdos considerando a pesquisa quanto a sua natureza qualitativa conforme concebem Lüdke e André (1986) e Bogdan e Biklen (1994). Os referidos autores destacam que esse tipo de pesquisa auxilia aos investigadores encontrar respostas muito particulares, com um nível de realidade e fidedignidade que não pode ser quantificada, mas analisada, interpretada a luz de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes, correspondendo a um espaço mais profundo das relações, dos processos e dos fenômenos que não podem ser reduzidos à operacionalização de variáveis. (JANUARIO, 2010)

No tocante a esse aspecto, nossa pesquisa coaduna com Bogdan e Biklen (1994) quando esses autores caracterizam a pesquisa qualitativa enquanto uma “[...] metodologia de investigação que enfatiza a descrição, a indução, a teoria fundamentada e o estudo das percepções pessoais” (BOGDAN e BILKLEN, 1994, p. 11 apud JANUÁRIO, 2010) em que “as questões a investigar [são formuladas] com objetivo de investigar os fenômenos em toda sua complexidade e em contexto natural” (BOGDAN e BILKLEN, 1994, p. 16 apud JANUÁRIO, 2010).

Nesse sentido, analisamos o Livro Didático especificado sob o olhar constante da História da Ciência, considerando, análise qualitativa, sendo a discussão dos resultados pautada na perspectiva da teoria fundamentada, pois dessa forma, o pesquisador analisa os dados de modo a entender determinada situação e como e por que determinado fenômeno ou situação se desdobra deste ou daquele jeito (GLASER & STRAUSS, 1967).

Deste modo, a análise do Livro Didático especificado sob o olhar constante da História da Ciência dar-se-á, majoritariamente, de maneira qualitativa. Assim, ao percebermos quais são as utilizações dadas pelo livro aos aspectos históricos da ciência, estaremos

subsumindo-nos a dimensão descritiva, enquanto que ao reconhecermos algum aspecto de caráter histórico como fundamental a apresentação do conteúdo, mas de maneira implícita, estaremos falando da dimensão explicativa. Estamos longe de querermos normatizar o uso da História da Ciência por meio dessa análise, mas, como objetivo traçado, indicaremos, coextensivamente aos procedimentos descritivos e explicativos, caminhos pelos quais as apresentações que nos interessamos poderiam ter sido mais bem pensadas historicamente falando. Também é possível que façamos uso de aspectos quantitativos, pois, a apresentação de aspectos históricos requer certa ligação com números (este é um problema), tais como, a quantidade de espaço dedicada a alguma explicação mais circunspecta de um tema, quantidade de imagens históricas, de referências a fontes primárias, de nomes de personagens envolvidos nos episódios científicos em questão etc. Mas, estaremos sempre no intuito de desenvolver uma crítica a qualidade da obra em questão, não a sua quantificação (quadros, tabelas), apesar de sua importância.

Da complexidade que viemos defendendo, é importante, sobretudo, urgirmos alguns aspectos que são relevantes e discutimos serem necessários quando diz respeito ao adequado uso da História da Ciência na apresentação destes conhecimentos aos sujeitos, no caso específico, estudantes e professores. Dito de um modo mais claro: como analisar? O que analisar? É nesse sentido que encontramos na literatura algumas preocupações já reais sobre os critérios mais evidentes que deverão ser levados em conta quando da análise de materiais que tratem da historicidade da ciência, como livros didáticos, paradidáticos ou outros textos de divulgação científica. Pena et al (2014, p. 5) investiga na literatura algumas dezenas de resenhas de especialistas da área de História da Ciência sobre os materiais dessa natureza e aponta-nos os aspectos mais evidentemente importantes que esse tipo de produção deva ensinar, onde os aspectos síntese a serem analisados devem ser:

- clareza e precisão na linguagem;
- análise crítica de fontes primárias;
- considerar o contexto da época;
- estudo histórico elaborado por profissionais especializados;
- texto acompanhado de ilustrações e gravuras relacionadas com as ideias nele discutidas;
- abordagem histórica com aspectos teóricos e matemáticos;
- evitar a mistificação da ciência;
- permitir transposição didática;
- incluir a contribuição de Físicos brasileiros de grande interesse para a História da Ciência e para a própria Física.

Dentro dessas categorias de observação estão inseridos subcritérios que os asseguram e que constituem critérios de qualificação de qualquer texto que envolva essa abordagem, como, por exemplo, a apresentação das incertezas geradas pelo conhecimento, em especial da Física e de problemas não resolvidos nessa área, e que podem ser tidos como mecanismos que asseguram, por exemplo, quando reconhecidos pelo estudante, a “não-mistificação da ciência”, além das observações proporcionadas pela discussão que realizamos sobre historiografia *Whig*.

À análise.

6 Análise do Livro Didático

O livro em questão adota a estrutura de 04 unidades bem abrangentes, intitulados de: *Campo e Potencial Elétrico, Circuitos de Corrente Contínua, Eletromagnetismo e Física Contemporânea*. Antes de nos atermos as três unidades aqui relacionadas, é salutar enunciar de forma sucinta a apresentação que abre a obra em questão. Com o intuito de tornar tal estudo interessante e agradável

[...] optamos por uma linguagem que fosse acessível e que não exagerasse no formalismo matemático. Além disso, procuramos ilustrar, por meio de seções específicas e **exemplos diversificados**, como essa ciência se relaciona com a sua **realidade**. [...] A **aprendizagem das leis e fenômenos físicos** pode trazer um complemento importante para sua **formação cultural e intelectual**, não apenas pela relação que apresentam como o desenvolvimento tecnológico do mundo moderno, mas também porque nosso cotidiano está “repleto de Física”. Com a orientação de seu professor, lendo com atenção os textos de cada capítulo, discutindo com seus colegas e procurando realizar as atividades sugeridas, esperamos que, ao final do curso, você tenha conseguido compreender as leis fundamentais da Física. É possível que essa compreensão faça crescer dentro de você uma **admiração** pelos fenômenos naturais, bem como **respeito** pelos **grandes cientistas** que, por meio de **vidas** inteiras dedicadas à **pesquisa**, edificaram esse importante ramo do conhecimento humano (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013, p. 3) (grifos nossos).

Ao longo do texto analisaremos como tais intencionalidades estão sendo traduzidas na prática – textos, ilustrações, seções específicas, tendo como horizonte maior uso da História da Ciência, uma vez que a problemática associada ao nosso estudo abrange a discussão de como o Livro Didático de Física faz uso dessa área já consolidada na Pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil. Tendo como quimera maior o uso da História da Ciência ao realizar tais intencionalidades (é sempre bom repetir: como o livro em questão faz uso da História da Ciência?). Ainda importa informarmos que tal obra foi escolhida pelas escolas no ano de 2013, sendo válida sua adoção até o presente ano deste trabalho.

Antes de iniciarmos, é importante darmos espaço a verificação dos supostos teóricos que estão presentes para estudantes e para professores/as por parte do livro. Para o primeiro grupo, além da apresentação acima descrita é dedicada uma pequena sugestão de leitura após as resoluções de exercícios presentes no final dos capítulos. A sugestão inclui 23 sugestões de leitura sobre Ciência e algumas incluem HC. Não notamos nenhum historiador da ciência que utilizamos em meio a essas sugestões, não que isso signifique qualidade, mas alguns são

autores bem difundidos na literatura acadêmica. Entre as sugestões nenhuma é diretamente relacionada à história do Eletromagnetismo. O/A estudante pode ter contato ainda com as referências bibliográficas da Física consultadas por parte do Livro Didático, onde verificamos que muitos manuais científicos conhecidos estão presentes (autores como Eisberg, Halliday, Nussenzveig etc.)

Para o segundo grupo, no manual do professor, são apresentadas oito páginas com referências para “apoio e aprofundamento” sob alguns currículos, a saber: formação de professores, Livro Didático, experimentação, História e filosofia da ciência, energia, meio ambiente e sociedade, ensino e aprendizagem de ciências/Física entre outras. A área que nos interessa principalmente é a área de HC, onde verificamos a recomendação a leitura de muitos autores conhecidos e, alguns, utilizados em nossa discussão, como Kuhn, Rocha (et al) e Martins, além de outros como Prigogyne, Popper, Thuillier, Bachelard. Na área de ensino e aprendizagem de ciências/Física encontramos referências a Piaget e a Vigotsky, autores discutidos em nossa análise da realidade educacional.

Ainda nesse manual encontramos uma discussão que os autores propõem sobre os fundamentos de sua obra. Uma discussão sobre o “O ensino de física e os desafios atuais” é realizada. Nesta, os autores discorrem sobre autores, como o suíço Piaget, que colaboraram para desenvolver novas concepções envolvendo o pensamento e a linguagem, contando, atualmente com muitas pesquisas na área. Essas contribuições viriam na década de 80 e 90 a consolidar orientações curriculares e educacionais sobre a importância da educação científica a todos e não somente aos cientistas. Mudanças curriculares assim impulsionadas influenciando as produções didáticas. De acordo com os autores “Acreditamos que é nessa linha e nesse contexto que estamos nos orientando e produzindo subsídios para os professores” (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013, p. 329).

Seguindo as orientações dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, PCNEM, “[...] que pode nos auxiliar na reflexão e na busca de caminhos diante dos tantos desafios que se colocam hoje para nós” (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013, p. 329), os autores discutem os principais aspectos a serem favorecidos de maneira geral em sua obra: representação e comunicação, investigação e compreensão, contextualização e interdisciplinaridade. Com vistas ao desenvolvimento conceitual, passando pela contextualização do momento de seus desenvolvimentos, o livro adota a seguinte postura

De maneira geral, procuramos salientar a natureza física dos princípios e fenômenos em estudo, enfatizando a origem e a evolução dos conceitos, dos

modelos e das teorias, ressaltando, em particular, seus aspectos históricos. Seguindo essa linha, temos, temos observado que não só tornamos a compreensão da Física menos árida, como a aprendizagem torna-se mais eficaz e significativa. Os alunos, muitas vezes, ao tomarem contato com concepções históricas de conceitos ou modelos físicos, os identificam com suas próprias concepções, o que pode auxiliar a compreensão dos modelos atuais. Além disso, esse processo de identificação com a forma de pensamento de outras épocas contribui para que o aluno desenvolva uma visão dinâmica e social da construção da ciência, superando a concepção comum de uma ciência neutra e desvinculada de interesses sociais e econômicos. (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013, p. 334).

Dito isto, vemos que os autores conhecem as discussões pertinentes a História da Ciência, sendo indicado, para os estudantes livros que abordem a temática em si, o estudo de personagens históricos em especial como Arquimedes, Galileu e Bohr, mas não referencia, por exemplo, discursos meta-historiográficos para estes. No que concerne a atuação dos/as professores/as poucos são as referências aos outros níveis discursivos, o que é compreensível pelo limitado espaço (somente?). Observaremos, então, como essas indicações são realizadas (se são diretas ou indiretas) e como as informações históricas são apresentadas tendo em vista a grande referência a esses temas. Esperamos contribuir para a precisão da abordagem histórica no livro em questão, pois as intenções e os conhecimentos da discussão que viemos tratando aqui foram verificados como presentes e imprescindíveis.

Uma análise antecipada sobre a obra de forma geral é resenhada no Guia de livros didáticos do ano de 2012, ano anterior a adoção do Livro Didático em questão na referida cidade. Chegando a uma similar conclusão sobre o material presente no manual do professor que fizemos, este guia ainda cita o fato de apesar de uma tradicional sequência na apresentação dos conteúdos, o livro busca evitar o excesso no formalismo matemático ao inserir exemplos de aplicação do conteúdo e seções onde aprofundamento do conhecimento conceitual é realizado. Com relação à História da Ciência, o guia nos informa que

A História da Ciência é referenciada em diversas passagens, relacionada aos conteúdos que estão sendo abordados, embora com ênfase em notas biográficas dos cientistas envolvidos com esses conteúdos. Apesar de a leitura das seções que abordam a História da Ciência ser incentivada, esse aspecto é pouco explorado didaticamente, em função de um tratamento algumas vezes superficial das questões históricas e epistemológicas. Assim, as referências históricas, muitas vezes, deixam de apresentar os contextos de produção do conhecimento científico em suas dimensões política, econômica, social e cultural. Dessa maneira, esta é uma obra na qual a organização do conhecimento a ser desenvolvido privilegia a estruturação conceitual da própria ciência Física, com pouca ênfase na construção do conhecimento físico, a partir de uma abordagem histórica. Essa característica

se mantém na abordagem das relações ciência, tecnologia, sociedade e ambiente, pois embora presente em algumas oportunidades, geralmente nas seções Física no cotidiano, não envolve discussões mais aprofundadas referentes aos contextos de produção do conhecimento científico e tecnológico (BRASIL, 2012, p. 34).

Ao final de nossa análise que iniciamos agora verificaremos de forma mais pontual e exemplificada se essas críticas são fundamentadas e indicaremos algumas discussões e apresentações que possam ser realizadas mantendo boa parte das intenções verificadas, conforme estipulemos como objetivos a seguirmos.

6.1 Unidade 01: Campo e Potencial Elétrico

A unidade está subdividida em alguns capítulos e estes são apresentados por seções e subtópicos. A título de ilustração: (1) **Carga elétrica:** Eletrização, condutores e isolantes, indução e polarização, eletroscópios, lei de Coulomb; Seção temática: integrando... a força elétrica e a matéria; pratique física, problemas e testes; (2) **Campo elétrico:** o conceito de campo elétrico, campo elétrico criado por cargas pontuais, linhas de força, comportamento de um condutor eletrizado, rigidez dielétrica – poder das pontas; pratique física, problemas e testes; (3) **Potencial elétrico:** diferença de potencial, voltagem em um campo uniforme, voltagem no campo de uma carga pontual, superfícies equipotenciais, o gerador de Van der Graff; pratique física, problemas e testes, infográfico.

Como pórtico da Unidade 01, encontramos um texto, o primeiro caso que aqui nos interessa, que faz uso de uma informação histórica. Analisemo-la:

A Química e a Física são duas ciências que se desenvolveram lado a lado, beneficiando-se mutuamente de suas descobertas, principalmente quando se dedicaram a estudar a teoria atômica da matéria a partir do século XIX.

A formulação e a transformação dos modelos atômicos de Thomson, Rutherford e Bohr se deram basicamente por meio dos resultados obtidos nos experimentos de descargas elétricas em gases rarefeitos e de radioatividade.

Dessa forma, ao longo dos nossos estudos sobre Eletricidade, utilizaremos conceitos comuns, como carga elementar do elétron, íons (positivos e negativos), potencial e corrente elétrica (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013, p. 11).

As informações descritas são interessantes. Poderia a Química e Física terem se desenvolvido lado a lado? Bem, da forma que estão escritas (com maiúscula, significando assim a produção paradigmática dos/as químicos/as e físicos/as sobre seus objetos de estudo) isso é verdadeiro. Pois, se partimos da concepção que o objeto de estudo de tais ciências são independentes dos cientistas e se usarmos a história da Física e da Química como fonte argumentativa defensiva (para defender a existência da Química como disciplina segmentada como atualmente) encontraremos diversos casos em que a pesquisa em Física implicava em termos estudados e discursos praticados hoje pela Química e vice-versa. Exemplificando conforme nosso caso podemos citar, além do que já foi incipientemente dito pelos autores, o caso do *Galvanismo*, ou seja, a pesquisa elétrica (física) que estudava os efeitos da recém inovadora corrente contínua da pilha voltaica em líquidos, do italiano Alessandro Volta, na síntese de elementos etc. Hodiernamente o estudo acadêmico químico faz grande uso dos resultados de tais investigações em seus manuais científicos.

Mas, além dessa “colheita” histórica de fatos que asseguram a existência da Química como corpo de conhecimento que se desenvolveu coextensivamente com a Física e depois alçou voos próprios, podemos dizer que o trabalho dos/as físicos/as e dos/as químicos/as não se deu da forma harmoniosa que o uso “Química e Física são duas ciências que se desenvolveram lado a lado” infelizmente pode deixar a entender. A história da química é extremamente interessante e, assim como praticamente tudo, teve inícios modestos e ligados a prática. A sua forma não pronunciada significou em outros tempos certa marginalidade em comparação a outros estudos. Muitos discursos hoje tidos como químicos na realidade se iniciaram na Física, biologia, geologia etc. O próprio conhecimento humano sobre a natureza, de modo geral, se iniciou de forma coadunada sob a forma de uma Filosofia Natural. Obras de filósofos naturais antigos (nem tanto) versam sobre os mais variados assuntos. O caso da alquimia é um exemplo de como elementos hoje tidos como químicos ficaram de fora do escopo de pesquisas científicas da época (por exemplo, pesquisas físicas) em que a alquimia vinha sendo praticada, exemplificando assim a existência de uma distância entre discursos químicos e físicos, ou de forma mais íntima, distância entre o trabalho de físicos e químicos.

O uso de casos históricos da ciência menos abstratos e mais “simples” (com respeito à montagem experimental, problemáticas e outras situações.) de entendimento, como o Galvanismo, poderia ter sido utilizado pelos autores para exemplificar relações entre o que chamamos hoje de Física e Química, apesar disto não significar uma proximidade entre o trabalho e a comunicação entre tais comunidades, como Kuhn (2007) nos chama atenção. Tal

movimento não se deu por parte dos autores pelos mesmos tentarem justificar *ilegitimamente* o uso constante de conceitos químicos nos estudos físicos que irão se seguir. Claramente, via estudo histórico da ciência, tal ligação não é simples, nem válida, pois se cria um jogo de troca de conhecimento e responsabilidade pela inserção de termos, conceitos etc. que em nada explicam a sua origem e existência.

O que se entendia por Química à época que esses conceitos imperaram? A Química já era reconhecida como um campo de pesquisa próprio (Comunidade Científica, periódicos, sociedades, institutos de pesquisa, paradigmas)? Se tal corpo de conhecimento não estava em amadurecimento e (seus pesquisadores) ciente dos problemas em que tais conceitos “surgiram” se cria uma impossibilidade histórica de creditar à Química a responsabilidade por tais termos. A tendência atual de segmentar o conhecimento alimenta muito a concepção de que existem métodos unicamente químicos, físicos, matemáticos. De certo modo, tal texto apresenta uma visão simplista do passado.

Poderia ser criada uma problematização que teria sido instada até mesmo com o texto (com o exemplo citado dos modelos atômicos)? Conforme os autores, “descargas elétricas em gases rarefeitos” foram usados nos experimentos que iriam por fim desvelar o mundo do muito pequeno; isto pode ser visto hoje como um fato histórico. Para o caso em questão: Que “descarga elétrica” é essa? O que é essa tal de descarga e por que se chama elétrica? O que significa isso em termos práticos? Como cientistas conseguiram e conseguem obter tais descargas? De que forma se iniciou o estudo de tais descargas: foi uma consequência de outros estudos ou foi um *insight* natural e incontestado de um/a cientista (cientistas?)? Em que época tais estudos se iniciaram? Em que povo? Sob quais circunstâncias históricas? A partir desses questionamentos o corpo textual seguinte poderia ser talhado com vistas a responder esses questionamentos, apesar de, historicamente, tais estudos não terem se desenvolvido para responder a tais perguntas cretinas (como Bryson humildemente ironiza).

De que outra forma seria possível introduzir o estudo de tais conteúdos? Existem inúmeras maneiras, dependendo das *crenças* (concepção de ciência, de aprendizagem, de formação cultural e acadêmica etc. dos autores ou proponentes) que funcionem como paradigmas para os escritos. No caso dos autores, tentar mostrar que o mundo está “repleto de física”, além da necessidade de compreender a realidade tecnológica atual. Nesse primeiro momento pode ser suposto que os autores não sentem a necessidade de indagar a expressão “descarga elétrica” por crer (estamos supondo) que tal termo é familiar. Porém, não seria esse o momento inexpugnável para levar aos leitores a necessidade de indagação sobre suas

concepções? A naturalidade de termos e conceitos não significa que estes sejam adequadamente conhecidos (é natural falarmos de política, equidade de gêneros, ambientalismo).

Visto que sua origem (naturalidade de algo) provém do desenvolvimento histórico de tais conhecimentos nada viria mais a cumprir o papel do conhecimento da naturalidade da realidade quanto o estudo que se defende aqui. Os estudos sobre o desenvolvimento humano estão sendo utilizados pelos autores ao considerar que tais estudos são naturais? Serão as concepções dos/as estudantes sobre esses temas suficientes para entender todos os conteúdos que o livro propõe? A História da Ciência mostra que não. Partiremos do bom senso sobre a realidade para afirmarmos que nossa realidade ainda não assegurou naturalidades “corretas” (a própria noção do que é correto deve ser entendido dentro do que temos historicamente chamado de Ciência) sobre esses conteúdos, precisando então, em tais discussões, de que essas concepções sejam indagadas, postas em evidência, criticadas com base no que se tem hoje com base na validade do que já foi pensado e, o mais importante, no que já se foi conjecturado como possível e não-possível nesses temas.

Como sabemos muitos conceitos na Ciência devem ser escritos com “”, pois muitos destes não se enquadraram (e não se enquadram ainda atualmente) nas tentativas dos físicos de classificação e conhecimento análogo com objetos naturais fundamentais. Eles não se encaixam maravilhosamente bem nas analogias. É a incerteza do conhecimento. Devemos ilustrar que ao escrever a palavra *sabemos* deveria a termos colocado em aspas, pois se a formação de um/a cientista, seja pesquisador/a ou professor/a de física, por exemplo (já que ambos usam os mesmos manuais científicos em sua formação), se desenvolver unicamente em consultas a manuais científicos tal uso generalista de um entendimento pode não ser harmonioso (o/a leitor/a pode não concordar em se incluir quando dizemos “sabemos”), pois aliado a uma formação histórica se pode constatar mais facilmente os problemas ligados aos conceitos ao mostrar, por exemplo as dificuldades paradigmáticas criadas por uma analogia. Como registra Rocha sobre os problemas da Ciência Normal oferecidos pelo paradigma, a “resolução de quebra cabeças” como Kuhn interpreta, dos eletricitas que consideravam como o modelo de explicação dos efeitos elétricos a analogia com as características dos fluidos, pois era necessário despir o fluido elétrico de características convencionais de um fluido, como peso, inércia, massa (ROCHA, 2002), constituindo assim dificuldades conceituais. Esse, também, é o caso da Carga Elétrica.

6.1.1 Capítulo 01: carga elétrica

É desta forma que se inicia o capítulo 01: uma apresentação bem chamativa da imagem de uma máquina de fotocópia e seguida pela titulação “Carga elétrica”, Anexo 1. É interessante notar que o texto que se segue é uma tentativa de mostrar a aplicação dos conhecimentos que serão discutidos ao longo do texto com o método de fotocopiar um documento. Tal método “é uma interessante forma de se entender a aplicação dos processos de eletrização”. Neste processo o cilindro fotocopador é eletrizado com “cargas negativas por indução”, que após o uso de aplicações ópticas eletriza o material fotocondutor com carga negativa para a deposição do toner, que “é um pó formado por partículas de plástico e possui carga positiva”. Por processos semelhantes o papel é eletrizado e pela “força de atração eletrostática” o toner é transferido ao papel e então aquecido, se fundindo ao papel (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013, p. 12).

É respeitoso entendermos que a série a que se destina tal obra (3ª série do ensino médio) já, teoricamente, deve ter tido contato com alguns desses “conceitos”, como os próprios autores anunciaram introdutoriamente, pois o ensino da Química nesse nível de estudos é fortemente influenciado pelo paradigma atômico, tendo que, precocemente, ser forçado a apresentar tais termos para explicar os fenômenos de seu *corpus* de conhecimento. Mas, assessorados pela realidade, é válido indagar: como tais conceitos estão sendo (ou foram) apresentados nos estudos químicos?

Se assumirmos que o ensino da química já tenha superado os problemas relacionados ao uso histórico de termos, conceitos, terminologias, nomenclaturas que inegavelmente imperam na transposição de seus saberes podemos esquecer a pergunta e prosseguir criticando apenas o estudo da Física. Porém, tal realidade ainda não se deu. Dessa maneira, não seria necessário (e imperativo até) tentar mostrar (ou indicar) como tais conceituações e processos foram sendo formados, entendidos, interpretados, defendidos, imaginados ao longo do tempo (sabendo que tais movimentos não se apresentaram naturalmente ao pensamento humano)? Um relatório que rapidamente indique os pesquisadores dessa área e os fenômenos analisados podem conscientizar a complexidade e a não naturalidade desses movimentos⁹⁶. Infelizmente

⁹⁶ Um exemplo de tal relatório pode ser encontrado em (acesso em 30/03/2017) <http://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530_F590_F690_F809_F895/F809/F809_sem1_2003/992558ViniciusIsol

o texto de apresentação do capítulo deixa a desejar nesse sentido. Mostrar a aplicação dos temas a serem tratados e dar continuidade a um processo de familiaridade dos termos (sem criticá-los ou historicizá-los, problematizá-los) é, além de uma inversão cronológica, uma possível fonte de erros sobre a Ciência como a viemos discutindo⁹⁷.

Além desses pontos, uma parte meio incognoscível presente no texto é a assertiva “o toner é um pó formado por partículas de plástico e possui carga positiva”. Ao ler essa assertiva não se consegue fugir da pergunta: por que o toner possui carga positiva? Realmente o toner possui apenas carga positiva ou ele passa por um processo de eletrização anterior? Obviamente ele não possui apenas cargas positivas e o processo que supomos não é especificado no texto. Este é um exemplo de problema que pode ocorrer no uso de aplicações tecnológicas para ilustrar os temas a serem estudados (poderia ser um erro tipográfico de impressão ou digitação? Não descartamos, pois o paradigma atômico nesse caso é claro – partículas de plástico são feitas de átomos, átomos possuindo duas espécies de carga elétrica – e respeitar tal paradigma é um pressuposto básico). É interessantíssimo observar que esse texto de apresentação do capítulo 01 não aborda o “conceito” de (o que se entende por) carga elétrica, que segundo Rocha (2002, p. 277)

O termo “carga” (elétrica) tem sua origem em uma analogia que se fazia entre o ato de “carregar” alguma coisa – tal como um canhão, com pólvora – e o ato de eletrizar um objeto com um fluido elétrico, isto é, “encher” um objeto com o fluido. Tal objeto eletrizado passou a ser chamado de “carregado” e o uso da expressão “carregar” para significar “eletrizar” perdurou até nossos dias, sendo que carga elétrica, ou simplesmente carga, passou a significar eletricidade ou fluido elétrico. Franklin é tido como o autor da palavra carga na eletricidade.

É válido perguntar: é metodologicamente mais vantajoso usar esse tipo de movimento em detrimento de uma abordagem histórica da Física? Precisamos de mais exemplos para assegurar uma posição mais firme sobre tal e eis que vem a “Eletrização”.

Sob tal denominação discorre-se sobre os temas que serão abordados nos capítulos (1, 2 e 3 tratando unicamente eletrostática – segundo o livro) posteriores e cita dois fatos históricos que aqui nos interessam: as primeiras descobertas relacionadas aos fenômenos

[a-RMartins_F809_RF09_0.pdf](#)>. O citado relatório foi produzido sob a orientação de um Historiador da Ciência – Roberto de Andrade Martins. Apesar disso, encontramos usos de linguagens conflituosos com nossa discussão. Outra cronologia interessante encontra-se no site do instituto de Física da UFRS (acesso em 30/03/2017): <<https://www.ufrgs.br/Eletromagnetismo/material-suplementar/historia-do-Eletromagnetismo/>>.

⁹⁷ Um conhecimento científico não precisa resultar em uma aplicação tecnológica, nem mesmo os pesquisadores – não todos - que dedicaram volumosas somas de tempo a estudá-los necessariamente estavam interessados em usá-los tecnologicamente – as razões variam de pesquisador a pesquisador.

elétricos, citando a ligação de Tales de Mileto a essas primeiras “descobertas” (palavra do próprio livro) relacionadas ao âmbar e afirma que “Somente cerca de 2 mil anos mais tarde é que começaram a ser feitas observações sistemáticas e cuidadosas de fenômenos elétricos destacando-se os trabalhos do médico e cientista inglês William Gilbert” (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013, p. 13). Os autores citam ainda a denominação que Gilbert dá aos corpos que se comportavam como o âmbar, os “elétricos”. E termina por afirmar que “Atualmente, sabemos que todas as substâncias podem apresentar comportamento semelhante ao âmbar, isto é, podem ser eletrizadas ao ser atritadas com outra substância” (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013, p. 13). A página é ilustrada com uma imagem desenhada mostrando o intenso uso da eletricidade no cotidiano e outra mostrando a atração elétrica causada por um pente atritado sobre um pêndulo, o cabelo e um filete de água.

A tradição historiográfica cita o caso de Thales como pensador ligado aos fenômenos elétricos. Platão também cita o efeito atrativo do âmbar atritado (ROCHA, 2002). Mas o fato que nos chama atenção é a informação histórica sobre o tempo decorrido entre os registros históricos sobre tal fenômeno (na Antiguidade clássica) e as primeiras investigações “sistemáticas e cuidadosas de fenômenos elétricos”. Foram 2 mil anos! Esse é um período de tempo que não pode ser ignorado. O que se passou durante esses dois mil anos na Ciência (ou nos seus equivalentes históricos) que suprimiram e/ou relegaram o estudo desses fenômenos até a Europa Renascentista? Crer na pouca importância desse fenômeno perante os que o conheciam ou dizer simplesmente que os pesquisadores estavam interessados em outros fenômenos mais recônditos é um anacronismo e uma inverdade de muitas maneiras.

Apesar de não conhecermos (até a produção deste trabalho) estudos (ao menos traduzidos) sobre os fatores que influenciaram esse fato histórico, podemos supor legitimamente ao menos que as duas conjecturas acima relatadas não podem corresponder à realidade. O que se tinha era uma simples ação, atritar uma resina com tecido, que inegavelmente (?) possuía um forte efeito: atrair pequenos pedaços de materiais leves, como a palha, pelos! Isso não é algo trivial ao pensamento (até hoje se percebe a fascinação de muitas pessoas ao se realizar esse procedimento) e não é um problema superficial de pesquisa, já que seu entendimento costumeiro não estava atrelado a nenhum esquema de conhecimento conhecido a época.

Mesmo com essa deficiência de conhecimento mais amíuê sobre tal período, podemos supor que entre esses dois extremos muitos fatores devam ser considerados, a saber: decadência da civilização grega, conquista por outros povos do conhecimento grego (como os

árabes), como a Ciência árabe fez uso de tais conhecimentos, se tal povo conheceu o fenômeno, como o interpretou, se motivou alguma explicação diferenciada da dos gregos sobre o fenômeno, como a cultura (dos pesquisadores) influenciou a abordagem e mesmo a importância do fenômeno, como a constante mudança política fez irromper tal conhecimento na Europa, quais campos de estudo estavam em destaque e sua influência para o não-estudo desse fenômeno, a produção intelectual entre esse período na Europa (que passou pelo período conhecido como Baixa Idade Média).

Essa problemática poderia até ter sido inserida no texto com a simples introdução da expressão “Somente cerca de 2 mil anos mais tarde, por razões (circunstanciais, sociais, culturais, políticas etc.) ainda não muito bem esclarecidas...” se, é claro, nenhum trabalho tratar de forma mais adequada sobre tal período (pedimos desculpas por não conhecer todos os trabalhos). Mas, historicamente falando, algo teve de acontecer para que esse problema não o fosse visto dessa forma por tanto tempo. Pode ser o caso, até, da interpretação paradigmática dada ao problema não ter motivado a pesquisa posterior como Thomas Kuhn (2007) ensina. O interesse inicial do próprio G. Cardano, o primeiro europeu que Rocha (2002) (assim como outros autores) cita em sua obra como expoente nesse fenômeno (assim como os fenômenos magnéticos), “[...] parece ter sido despertado pelas alegadas propriedades de valor medicinal que, para alguns, o âmbar teria” (ROCHA, 2002, p. 188). Mostrando, desta forma, um ótimo momento para discussão pré-paradigmática na Ciência (como os fatos foram introduzidos na pesquisa, por exemplo).

O fato de Gilbert ter dado uma classificação aos corpos que se comportavam como o âmbar de elétricos e os contrários como não-elétricos não foram usados completamente pelos autores, pois apenas tentaram explicar os sufixos “*elétr.*” presentes nesses estudos (e em nossa vida diária), o que constituiu uma pena, pois este é uma classificação “primitiva” de um *corpus* de estudo que estava em gênese e que poderia revelar o critério utilizado nessa classificação (e que mais tarde poderia ser utilizado para explicar a contradição entre esses elétricos e não-elétricos e a classificação usada na eletrodinâmica – condutores e isolantes).

O último fato inserido, o atual entendimento sobre o efeito âmbar, é generalista de certo modo, pois da época que Gilbert viveu até nossa época transcorreram-se em torno de 450 anos. Relatar tal situação não favorece o entendimento do momento (ou momentos – descobertas, experimentos) que esse conhecimento (do sufrágio das substâncias ao efeito âmbar) tornou essa indução válida. Algo que chama atenção é que nem a data de vida de Gilbert foi descrita no livro (o mínimo de cuidado histórico). E a tentativa de afirmar que após

dois mil anos é que “começaram a ser feitas observações sistemáticas e cuidadosas dos fenômenos elétricos” é, apesar de poder estar certa, pouco específica, pois pode passar a ideia errada de que foi preciso transcorrer todo esse tempo para que aparecesse alguém (capacitado) que começasse a fazer “observações sistemáticas e cuidadosas”, já que alguns outros pesquisadores cuidadosos, habilidosos o poderiam ter feito ao longo do tempo (as razões vão além das qualidades intelectuais).

Sob o subtítulo “Carga Positiva e Carga Negativa” o livro dá continuidade ao tópico geral “Eletrização”. Devido a sua importância, eis que descrevemos os textos que se dedicam a explicar... Vejamos:

Realizando-se vários experimentos com vários objetos eletrizados, verificou-se que eles podem ser separados em dois grupos distintos:

1º grupo: constituído pelos objetos que se comportam como uma barra de vidro atritada com seda. Verifica-se que todos os objetos eletrizados desse grupo repelem-se uns aos outros. Diz-se que esses objetos estão **eletrizados positivamente** ou que, ao serem atritados, adquiriram uma **carga elétrica positiva** [...].

2º grupo: constituído pelos objetos que se comportam como uma barra de borracha atritada com pedaço de lã. Verifica-se que todos os objetos eletrizados desse grupo repelem-se uns aos outros, mas atraem os objetos do grupo anterior. Diz-se que os objetos desse 2º grupo estão **eletrizados negativamente** ou que, ao serem atritados, adquiriram uma **carga elétrica negativa** [...]. (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013, p. 14).

Quem realizou esses vários experimentos? A Física é produzida pelos/as físicos/as e estes/as dedicam anos de pesquisa a experimentos, a encontrar variáveis preditas por paradigmas, a testar ideias, interpretar dados, a resolver, de modo geral, como cita Kuhn (2007), quebra-cabeças da Ciência Normal. Suprimir os nomes destes físicos (muitos gostam de ser classificados como experimentalistas) e seus trabalhos não se alinha com o objetivo de nutrir o sentimento de respeito pelos “grandes cientistas que, por meio de vidas inteiras dedicadas à pesquisa, edificaram esse importante ramo do conhecimento humano”. As experiências realizadas e que, inclusive, oportunizaram as imagens empregadas no texto (barra de vidro e de borracha atritadas com seda e lã, respectivamente) constituíram o trabalho do francês Charles Du Fay e, infelizmente, não foram relatadas pelo livro em seu escrito. Em primeiro lugar, segundo Rocha (2002), Du Fay em 1734 era conhecedor, através da *Royal Society*, dos trabalhos de Stephen Gray sobre dois novos fenômenos, a saber: a condução elétrica e a eletrização por influência.

Todavia, cronologicamente, o livro já se insere de forma histórica errônea no prosseguimento de seus temas, pois a condução elétrica é um fenômeno eletrodinâmico e tal

parte do livro trata da eletrostática, como se fosse (ou foi) possível tratar isoladamente os problemas da eletrostática sem ser necessário o conhecimento de fenômenos não eletrostáticos (historicamente eletrostática e eletrodinâmica coexistiam, mesmo os cientistas não reconhecendo a natureza divergente de tais fenômenos – principalmente pela quebra de paradigma e compromissos que regem uma pesquisa já em curso conforme Kuhn (2007)). É sim possível tratar primeiramente de eletrostática e depois de eletrodinâmica, porém, é extremamente problemático e não corresponde à história, passando uma imagem errônea dos fatores que influenciam o processo de pesquisa.

Tendo conhecimento sobre tais fenômenos Du Fay teria empreendido experimentos próprios, sistemáticos por assim dizer (seus resultados implicam isto), chegando ao convencimento de que existem duas espécies de eletricidade, uma chamada de vítrea e a outra de resinosa. A repulsão elétrica, que foi tratada no texto de forma natural e implícita na realidade teve primeiro de ser reconhecida como de natureza elétrica antes de ter sido considerada por Du Fay ou Gray, pois, como dissemos na fundamentação, de acordo com Kuhn (2007), alguns grupos de eletricitistas divergiam a quais eram os aspectos fundamentais dos fenômenos elétricos (também encontramos essa discussão em Rocha (2002), assim como em Martins e outros.). As duas primeiras afirmações de cada grupo citado acima são muito cuidadosas, limitando-se a relatar as características experimentais (históricas até) do processo. Porém, as últimas informações em cada grupo são, ao mesmo tempo, terminologicamente corretas (eletrizados positivamente/negativamente, carga elétrica positivo-negativa) e anacrônicas, por não serem atribuídas a Du Fay (apenas eletricidade vítrea e resinosa), nem a situação pela qual se deu tal terminologia (positivamente carregado (ou o contrário) se deu no contexto do modelo do fluido único de Franklin).

Assim, mesmo que o texto não use explicitamente detalhes de episódios históricos este o faz uso nas imagens usadas, nos termos experimentais, nas situações e tenta coligir noções desenvolvidas não coextensivamente e não metodologicamente como a ideia de carga elétrica (até então justificada pelo seu uso na química) na forma de um conhecimento experimental, quando a analogia adequada é a que procuramos citar acima (sendo fácil de entender a sua função de “termo metodológico e intermediário” como diz Max Jammer ao falar do “conceito” de força). Sabendo destes erros e dos desafios ao intelecto de tal resumo (anacrônico, incompleto e contraditório com os objetivos de procedimento e conteúdo do livro) pode-se perguntar: foi realmente mais vantajoso realizar tal, curtíssimo, texto?

O outro subtítulo que se segue a esse tema já se inicia de forma descuidada: “**Por que** um objeto se eletriza (grifo nosso)”. É tacitamente suposto em alguns manuais científicos que a Ciência natural, em especial a Física, não está interessada em responder a perguntas de cunho investigativo mais recôndito sobre um conhecimento, a saber: por quês, finalidades, causas (e suas *raison d'être*), funções naturais de uso e existência. Historicamente, isto é uma inverdade, pois por longos períodos de tempo a Ciência foi utilizada para os mais diversos fins pelas pessoas que se dedicavam a seu estudo. À mente vem nos inúmeros casos de crenças particulares influenciarem e guiarem muitas vezes as pesquisas realizadas por se é que se podem chamar de cientistas, pois, se formos aplicar literalmente a ideia de cientista que atualmente nos domina poucos pesquisadores poderiam ser a esta inseridos. Martins (2001), conforme já dissemos, nos conta de filósofos “vasculhando” a História da Ciência, com intuítos variados, tentando entender a real posição dos conhecimentos científicos perante o esquema geral das coisas.

Nem precisamos ir muito longe para sabermos, intuitivamente, como a Ciência é ou pode ser utilizada com razões outras que não somente o “conhecimento pelo conhecimento”, a exemplo da arte⁹⁸. Digo intuitivamente por dispormos, pessoalmente, esperanças próprias variadas que creditamos à Ciência enquanto corpo de conhecimentos, alimentando sensações diversas quanto caráter de seus resultados enquanto conhecimento perseguido como racional da realidade enigmática a que vem a humanidade trilhando.

Certamente o abandono, ao menos explícito, de perguntas desse cunho nos discursos científicos é um processo interessantíssimo de ser analisado, pois revelaria a maneira como a Ciência aparentemente viu-se livre da obrigatoriedade dessas algemas paradigmáticas que em nada resolviam seus problemas (seria necessário nessa análise incluir as bem vindas considerações kuhnianas sobre o funcionamento da Comunidade Científica perante situações como essas que, imaginamos, tenha demorado um considerável tempo para ser tidas como um elemento de funcionamento da pesquisa e que ainda dedicamos muitas horas ao convencimento das novas gerações de que tal “alforria” é um *elemento* do conhecimento científico). Não poderemos realizar tal análise por razões óbvias, apesar de ser necessário para nossa análise considerar que este discurso é, inequivocamente, vivo dentro da Ciência (tem-se constantemente que reafirmar tal discurso na formação dos cientistas, pois ainda não herdamos da evolução a capacidade bacteriana citada introdutoriamente).

⁹⁸*Ars Gratia Artis*, como nos fez conhecer o magistral Rovilson José Bueno.

Deste modo, em um simples subtítulo, o livro peca em certo sentido ao não ministrar esse conhecimento que a História da Ciência registra. A Física (os físicos) aprendeu a não usar fortuitamente esse pronome interrogativo, pois isso recai em *metafísica* e esta parece não ser muito bem vinda atualmente nos discursos científicos, muito devido às incompreensões e impasses paradigmáticos que esta gera. A *metafísica* não é um discurso tido explicitamente como válido na Ciência somente por esta espécie de conhecimento não gerar os mesmos resultados a que aquela se condicionou a produzir, pois se isto fosse verdade, nada seria mais prazeroso que dispor de um sistema de conhecimento que sobre tudo versasse e que harmoniosamente explicasse. “Explicar” algo na Ciência, hodiernamente, significa subsumir um conhecimento em um princípio fundamental, uma lei geral etc. como nos informa Max Jammer. O “por que” é melhor representado substituído pelo “como” na Ciência.

Continuando em seu discurso, o livro cita que

O famoso político e cientista americano Benjamin Franklin, após realizar um grande número de observações experimentais, constatou que, quando dois objetos são atritados um contra o outro, se um deles se eletrizar positivamente, o outro, necessariamente, irá adquirir carga elétrica negativa (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013, p. 15).

Primeiro: por que usar o póstico “famoso político e cientista” antes de citar o nome de Franklin? Isso é interessante, pois revela o tipo de historiografia empregada no livro. Muitos dos resultados da pesquisa elétrica a que Franklin chega historicamente o tornam realmente famoso, como Kuhn cita o sucesso de seu modelo elétrico, porém o livro inverte a ordem dos acontecimentos⁹⁹. Se o livro tivesse usado algo como: “o versado investigador Benjamin Franklin, que empreendeu pesquisas relacionadas também a eletricidade e que posteriormente o trariam destaque considerável nessas pesquisas, que hoje é mais reconhecido pela sua dedicação a política de sua época...”. Desta forma, respeitando a cronologia dos acontecimentos e citando um discurso que respeite a minúcia pregada pela historiografia “moderna” tanto da Ciência quanto da História o livro poderia ter renegado a fazer uso de tal apresentação problemática.

O problema é bem maior. É realmente necessário realizar um grande número de observações (experimentos na realidade) para que se perceba diferença de carga líquida (e seus efeitos) adquirida pelos corpos usados nessas observações? Não encontramos nenhum

⁹⁹ É bem verdade que este poderia ser reconhecido assim antes mesmo de seus trabalhos na eletricidade, porém, mesmo ao usar tal póstico demonstra-se certa crença na fama, na autoridade de Franklin para justificar o que viria se seguir. Será necessário ser um famoso cientista para produzir resultados? Certamente que influencia, porém, não é um requisito necessário e nem mesmo suficiente

trabalho que afirme que Franklin tenha tomado explicitamente conhecimento dos trabalhos de Du Fay, mas isso não é nem sequer necessário, pois qualquer pessoa que esfregue um pente nos cabelos pode perceber que os mesmos cabelos que foram usados para eletrizar o pente irão ser atraídos pelo mesmo. Este é um fato a ser explicado (!) e que não precisa de inúmeros experimentos para ser apercebido (se bem que se deve testá-los a fim de indutivamente expandir o reconhecimento de acordo com a ideia da “Arte de Pesquisa” da Física como salienta Martins (2006)).

Se os resultados de Du Fay tivessem sido realmente conhecidos por Franklin poderíamos dizer que Franklin precisou apenas concluir que não necessariamente (considere dois corpos sendo atritados, chame-os de 01 e 02) um corpo (02) precisa ser atritado com outro tipo de material que “gera” o oposto tipo de eletricidade (do corpo 01) gerado no corpo testado para ser atraído, como o paradigma de Du Fay implica. Franklin, concluiria apenas que mesmo um único tipo de material poderia dar origem a ambos os tipos de eletricidade (como o caso do pente. Porém, guiado por seu paradigma, pode-se perguntar: como Du Fay interpretou esse fato? Não encontramos resposta na História da Ciência consultada. Pode ele ter ignorado esse fenômeno como somos levados a supor pelos ensinamentos de Kuhn? Conjecturamos apenas).

Os textos consultados aqui apenas afirmam que algum tempo depois de Du Fay “foi mostrado que um mesmo corpo pode ter, por atrito, uma ou outra eletricidade, a depender de seu estado de polimento e da substância com que se atrita” (ROCHA, p. 194, 2002). Conforme o modelo atômico atual, sabe-se explicar como se dá tal fato (não seu “por que”). Porém, seria o trabalho de Franklin àquele que possibilitou esse resultado? Nossas fontes consultadas não deixam claro, podendo ter sido fruto do trabalho de Franklin ou de algum (alguns?) experimentalista que, infelizmente, não mereceu destaque (um problema de quebra-cabeça da Ciência Normal). Essa falta de continuidade se reflete no ensino desses conteúdos históricos, permeando de problemas a transposição desses acontecimentos.

Sabendo desse problema de consulta evidente, como o livro o contornou? Não sabemos. Pode os autores terem adaptado tal momento histórico? Difícil saber. Se a fonte (fontes?) específica para este assunto dos autores tenha respondido a tal pergunta podemos considerá-la nesse aspecto como boa (por se preocupar com tal funcionalismo). Porém, se tal fonte é boa, as lições metodológicas retiradas de lá não foram as melhores, pois vejamos. Segundo o livro, após explicar como Franklin respondia o fato da atração mesmo entre dois corpos atritados entre si, Franklin

[...] formulou uma teoria segundo a qual os fenômenos elétricos eram produzidos pela existência de um fluido elétrico que estaria presente em todos os objetos. Em um objeto não eletrizado (objeto neutro) esse fluido existiria em “quantidade normal” (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013, p. 15).

Tal afirmação não poderia estar mais conflituosa com a realidade de seu desenvolvimento. Um primeiro ponto, que Rocha (2002) chama atenção, é o fato que tal modelo de Franklin pode ter sido influenciado pela concepção mecanicista da natureza fortemente presente na mecânica e que felizmente (ou infelizmente, a depender dos “avanços” e “retrocessos” oportunizados por tal paradigma ideológico, na verdade uma *crença*) e pode ter sido inspirada pelas recentes novidades experimentais, como a CONDUÇÃO elétrica, indução elétrica e os tipos de eletricidade (trabalhos de Gray e Du Fay), além de todos os outros casos sistematicamente construídos que eram conhecidos, não necessitando então que Franklin desenvolvesse uma hipótese *ad hoc* sobre unicamente e originalmente para o fenômeno citado. Essa é uma prerrogativa da historiografia da ciência a que nos prestamos, conforme Kuhn, devolver aos resultados sua consistência contextual (perceba que isto não retira o brilhantismo do trabalho de Franklin, pois seu trabalho não é apenas um produto de seu tempo, mas um magistral exemplo de Ciência a seu tempo, de importância do trabalho de um pesquisador e como este influenciou as buscas posteriores).

A explicação paradigmática do status elétrico diferenciado dos corpos envolvidos nesse fenômeno é dada em seguida pelo livro, com um informe bem interessante:

[...] O objeto que recebesse fluido ficaria eletrizado positivamente e aquele que perdesse ficaria eletrizado negativamente. Dessa maneira, segundo as ideias de Franklin, não haveria nem destruição de carga elétrica, mas apenas transferência de eletricidade de um objeto para outro, isto é, a quantidade total de fluido elétrico permaneceria constante (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013, p. 15).

A explicação paradigmática que se presencia nesse modelo é contrária ao que denominamos hoje, com base no paradigma atômico vigente, como eletrizado positivamente e negativamente. Isso devia ter sido explicado, pois anteriormente os autores fazem uso de tais termos para explicar, de forma moderna, o que se entende por eletrizados positivamente/negativamente. Nada mais que a confusão pode anunciar-se disto. Mas o livro explica sim essa contradição entre esse resultado de Franklin e o atual, porém a inversão de cronologia é evidente, dando a entender que primeiro apareceram os termos ditos e depois

Franklin fez uso deles, o que não corresponde à verdade. Franklin, como homem de negócios que foi, deve ter feito sua analogia com o saldo econômico de uma pessoa a uma instituição, pois assim como o excesso de fluido tornaria o material positivamente carregado e sua falta o deixaria negativamente carregado (em acordo total com a analogia da balança econômica), sendo, então, um maravilhoso momento de exemplificar a influência da formação de um pesquisador em suas pesquisas¹⁰⁰.

Mas o fato que mais chama atenção nesse ponto é a segunda informação presente na citação. Inadvertidamente aos/as leitores/as os autores inserem a discussão em torno dos fatos relacionados à adoção de um ou outro paradigma elétrico, ao falar por exemplo da vantagem conceitual do entendimento em considerar a conservação da carga elétrica. Mas, um momento, existia divergências quanto a isto? Mesmo não citando o modelo de Eflúvio de Gilbert, que certamente ia contra esse princípio de conservação, o texto faz uso implícito de tal modelo para citar a vantagem paradigmática oferecida pelo modelo de Franklin. Qual a probabilidade disto não causar estranhamento no/a estudante? Vir discutindo (no caso, não discutindo) a naturalidade dos conceitos e de repente introduzir uma ideia que poderia também ser enquadrada dessa forma mas assim não o é feita é, de um ou outro modo, não se ater a metodologia proposta, pretendida ou é um indício da impossibilidade de manter esse meio de apresentação, relegando tanto quanto possível (*quantum potest*) esse modo de apresentação (que é a mais digna com a realidade). Causar estranhamento é simplório. Digamos então que tal feito proporciona o incognoscível.

Como o/a estudante, que não é conhecedor/a (não por tal livro) de tais acontecimentos, pode entender a vantagem de um modelo se não conhece os anteriores? Isto recai em uma impossibilidade. Sem o uso da História da Ciência é insuperável. E a inserção de uma breve apresentação de tal modelo não é bem-vinda, pois, assim como no caso de Franklin, tal modelo deve ser vislumbrado sob considerações próprias sob o risco, caso não seja feito tal processo, de recairmos em mais incongruências e perpetuar ações ignorantes. A irresistível possibilidade de introduzir a ideia de “conservação” como um dos princípios mais fortes atuais na Ciência, tentando convencer o leitor de que tal princípio é (e foi) inevitável pode ter sido o motivo do uso de tal peculiaridade. Esse é um procedimento perigoso, pois pode oportunizar uma imagem da Ciência equivocada, a imagem, em especial, que tudo que

¹⁰⁰Veja, não encontramos referência a esta relação entre a terminologia utilizada por Franklin sobre o estado de eletrização dos corpos. Portanto, trata-se de nossa opinião. Se a informação não é naturalmente discutida perguntamos: os pesquisadores atuais já se perguntaram sobre essa questão? Se sim, por qual motivo esta não é veiculada como importante?

foi feito conduziu-nos a poderosa e incontestada Ciência atual, matriarca do mundo moderno (há de se saber, por exemplo, que muitos pesquisadores de hoje não reconhecem a validade de alguns resultados a que a Ciência chegou – como são as críticas a mecânica quântica e a relatividade, verifica-se isso no contato com tais pessoas – apesar disso se constituir a realidade não quer dizer que seus discursos sejam incontestáveis, bem fundamentados (cientificamente falando) e dignos de serem analisados. Muitos destes são erroneamente consolidados).

Algo de interessante a ser discutido ainda nesse texto é que segundo a atual e “moderna teoria atômica nos ensina que toda matéria é constituída, basicamente, pelas partículas denominadas prótons, nêutrons e elétrons. Os prótons possuem carga positiva, os nêutrons não possuem carga e os elétrons possuem carga negativa” (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013, p. 15). Explicando corretamente como se dá o processo de eletrização (mas sem incluir a ideia de “carga líquida total”, ideia esta necessária e vantajosa conceitualmente falando) de um corpo ao perder ou ganhar elétrons, chamando de eletrizado positivamente/negativamente quando o número de elétrons estiver em *déficit* ou *superávit* em relação ao número de prótons. Porém, algo que a “moderna teoria atômica” não responde é a antiga e indestrutível questão do conceito da carga elétrica.

Resistindo a todos os desdobramentos até hoje conhecidos ainda não se conseguiu algo melhor do que imaginar a carga elétrica como uma “propriedade” dos prótons e elétrons (propriedade não é uma definição, é, nesse caso, simplesmente uma atribuição de “responsabilidade”) se assemelhando defeituosamente a um fluido. Isso deveria ser discutido, pois a ideia de algo moderno está muito atrelada a algo inovador, sem problemas. Mas, uma vez impossibilitado pela inexistência de uma discussão ao menos incipiente sobre a História da Ciência, tal discussão não se mantém, se sim, de forma exponencialmente problemática.

O texto ainda adverte, sob o título de “Comentários”, da impossibilidade de mover os prótons do núcleo, sendo os elétrons os responsáveis pelos processos ordinários de eletrização, reafirmando a conservação da carga elétrica e faz uma breve nota histórica sobre Benjamin Franklin que fala de sua infância difícil, tendo que trabalhar aos 12 anos como impressor, tornando mais tarde jornalista e de 1748 em frente começou a se dedicar ao estudo da Ciência. Apesar de dedicando pouco tempo a esta atividade Franklin passou a se preocupar com a política. Todas essas informações dão ao todo uma citação direta de 04 linhas. Eis que a vida científica de Franklin se resume fracamente, citando características gerais sobre sua vida, sendo um pesquisador de realizações primorosas dentro desse campo de pesquisa, apesar

do texto não saber usar estes fatos, como encontramos em Rocha (2002): explicação interessantíssima para a “garrafa de Leyden” a partir de seu modelo, ideia de juntar várias destas garrafas e produzir uma *bateria elétrica* mais potente, estudos sobre a similaridade entre a centelha produzida por tal instrumento e os relâmpagos e raios (a experiência do papagaio) que o levaram a criação do para-raios, além do modelo de explicação do fluido elétrico já citado e de correspondência com pesquisadores sobre o assunto (contribuições gerais, por assim dizer, sem minúcias, afora todos os detalhes interessantíssimos que resultam da busca pelo entendimento, como a expressão “fogo elétrico”).

Um novo subtópico é inserido sob denominação “*Condutores e isolantes*” – subdividido em “o que é um condutor de eletricidade” e “o que é um dielétrico”. Sem maiores delongas, lemos:

Conforme já foi enunciado na seção anterior, os objetos são constituídos de átomos e estes possuem partículas eletrizadas (prótons e elétrons). Quando vários átomos se reúnem para formar certos sólidos, como os metais, os elétrons das órbitas mais externas **não permanecem ligados** (grifo nosso) aos respectivos átomos, adquirindo liberdade de se movimentar no interior do sólido. Esses elétrons são denominados **elétrons livres**. (Figura) Nos sólidos que possuem elétrons livres, é possível que a carga elétrica seja transportada através deles; por isso, dizemos que esses materiais são condutores de eletricidade. Por exemplo: se ligarmos os polos de uma bateria por meio de um fio metálico, os elétrons livres do metal entrarão em movimento, deslocando-se de um polo a outro. Assim, as cargas elétricas estarão se deslocando através do fio, constituindo uma corrente elétrica (que estudaremos posteriormente) (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013, p. 17).

A discussão é validada pelo paradigma vigente atômico, porém, historicamente analisando é cheio de inconsistências (não só histórica). Por exemplo: “não permanecem ligados”? Será isso verdade? Não seria mais correto escrever “fracamente ligado” ao núcleo? Incoerências paradigmáticas a parte, percebemos que o texto está apresentado de acordo com o último paradigma, não havendo qualquer menção a classificações anteriores, como a de Gilbert (em elétricos – isolantes e não-elétricos – condutores) que foi estipulada levando em consideração os fenômenos eletrostáticos e a classificação (condutor e não-condutor) possibilitada pela descoberta do eletrodinamismo de Stephen Gray. Ambas as classificações são, tendo em vista a que se possui hoje, contraditórias terminologicamente, mas coerentes com os fenômenos que os fundamentavam. Nenhuma menção a este fato, apesar do texto fazer uso de uma explicação que na realidade é a “resposta” procurada ao problema do comportamento anômalo dos metais enquanto ótimos condutores e outros materiais (não-

condutores segundo Gray, elétricos segundo Gilbert – confuso, mas real) que não se constituíam bons condutores que o paradigma de Gray proporcionou. Mais uma vez, os autores não explicitam os acontecimentos históricos, mas o fazem uso (que espécie de conhecimento deseja-se construir? Técnico? Precisamos de mais exemplos para assegurar tal visão). Vale lembrar que a ideia de elétrons não era conhecida por tais pesquisadores¹⁰¹.

Então, além da instauração do entendimento atômico e depois a influência deste sobre a condução elétrica constituir uma inversão cronológica, há ainda a informação da bateria! Segundo o texto, usando-se uma bateria moderna e ligando um fio a seus polos ter-se-á uma corrente de elétrons “circulando” o fio. Além de introduzir conceitos futuros, como o movimento de uma carga elétrica gerada por uma DDP, A inserção inadvertida de tal bateria constitui um problema, pois modernamente pode sim ser usado tal instrumento, porém, cabe o seguinte pensamento “cretino”: tal fonte de eletricidade existia à época de Cardano, Gilbert, Du Fay, Gray, Franklin etc.? A resposta é não e isto constitui um dos fatos mais belos (opinião pessoal) da história do Eletromagnetismo. Não sendo citado o caso da garrafa de Leyden até o momento perde-se a oportunidade de informar como os instrumentos influenciaram a produção de tais pesquisadores.

Tal caso, conforme já discutimos em Kuhn (2007) sobre a sua ligação com a concepção sobre a natureza da eletricidade, influenciou e possibilitou estudos acerca da natureza desses fenômenos, servindo não apenas como fonte de eletricidade estática, mas sendo objeto de investigação (como dissemos). Além de poder oferecer um caso de independência de trabalhos que convergiam nos resultados, pois, a garrafa de Leyden¹⁰² foi, “em trabalhos quase simultâneos”, obtidos independentemente pelo Polonês Ewald G. Von Kleist e do professor holandês Pieter Von Musschenbroek (ROCHA, 2002, p. 196).

A já discutida contribuição de Franklin ao caso, ligando em série vários destes instrumentos, poderia ao menos, caso fosse inserida, incitar o leitor a visualizar as condições experimentais que fundamentaram as pesquisas elétricas até certo momento. Quando e como se deu essa mudança de cenário (da garrafa de Leyden a bateria moderna)? Essa é uma riquíssima história que veremos depois (o caso Galvani - Volta). Aliás, o texto não traz nenhuma menção a máquinas eletrostáticas, nem as mais famosas, como a esfera de enxofre

¹⁰¹ O modelo atômico, segundo ROCHA (2002), desenvolveu-se, a partir de novos fatos experimentais, tais como a descoberta do elétron e medições relacionadas (medida da carga elétrica elementar, massa) a partir de meados do século XIX. Entenda que “a partir de” não significa que tudo refeito, mas sim reinterpretado.

¹⁰² Denominação do físico Jean Nollet, em homenagem a cidade de Musschenbroek, Leyden – por que não em homenagem a Kleist? Razões desconhecidas, mas quem sabe pela falta de conhecimento sobre o trabalho de Kleist ou outra razão não elucidada pelas referências citadas.

(~1663) de alemão Otto Von Guericke, ou a máquina eletrostática do inglês Francis Hauskbee (1706) ou a mais elaborada máquina eletrostática criada em 1882 por James Wimshurt (ROCHA, 2002). Então, muitos aspectos que poderiam ser discutidos e que poderiam dar uma imagem da Ciência mais digna com seu desenvolvimento e, possivelmente, mais apta a ser recebida pelo pensamento ignorante estão sendo negligenciados deliberadamente. Asseguraremos isso com mais exemplos, apesar de já a termos em mente. Esse é claramente um tipo de historiografia da ciência não benquista no trabalho de muitos historiadores científicos.

Sob a denominação “o que é um dielétrico” poderiam ser aplicadas as nossas considerações descritas acima. Acrescentando uma a mais: “por que” chamar um isolante de di-élétrico? Seria por causa de seu comportamento dúbio (oportunizada pelo resultado relativamente recente: qualquer isolante pode se tornar condutor – a constante dielétrica característica de cada material)? Não encontramos a resposta a esta pergunta nas fontes consultadas, nem o livro se importa em usar sem explicitar. Porém, adotaremos tal concepção por não ser contrária ao paradigma vigente.

Ainda nesse tópico o livro dedica uma grande parte da página a explicar um método em que existe um chamado – o livro não usa esse termo, mas usa a representação de tal – “fio-terra”, onde cremos que isso não pode ser simplesmente “jogado” para o leitor como algo natural, que quando ligado entre o objeto e a Terra anula o estado eletrizado (positivo/negativo) de um corpo, este suspenso em uma base isolante¹⁰³. De que forma os homens interpretaram esse fato? Quando este foi apercebido? Existe alguma aplicação prática (aparentemente desejada pelo livro até aqui) de tal fato? Não encontramos discussões dessa natureza. Talvez a introdução de tal procedimento seja com vistas somente a elucidação do próximo subtópico: indução e polarização.

A discussão desses temas no texto é interessante, fundamentadas no paradigma atômico, mas longe de ter sido de fácil entendimento quanto o livro propõe. Será mesmo possível que os cientistas tiveram a facilidade de elucidar tais processos (como a apresentação de um único paradigma permite concluir)? A História da Ciência, nas especificações filosófico-sociológicas, mostra claramente que não. Até que tal fenômeno tenha sido subsumido em um paradigma um longo caminho de convencimento e estudo foi trilhado.

¹⁰³ Historicamente essa era uma montagem bem clássica e até hoje usada (que se apoia no fato experimental divergente de comportamento dos materiais) quando se quer eletrizar um corpo – suspendê-lo em uma base isolante. Por que não explicitar isso?

Segundo Medeiros (2002), tal fenômeno pode ser mais bem compreendido, explicado, com o desenvolvimento de aparelhos indicadores de eletrização.

Os aperfeiçoamentos introduzidos por Canton no eletroscópio permitiram-lhe investigar a natureza da indução eletrostática, constatando que a aproximação de um corpo carregado de um condutor neutro induzia o aparecimento do tipo oposto de carga no lado do corpo neutro mais próximo do corpo originalmente carregado, ou indutor. Ao mesmo tempo, no lado oposto do corpo inicialmente neutro, ou induzido, aparecia uma carga igual e de mesmo tipo da do indutor. Parecia agora claro, para Canton, o fenômeno já anteriormente observado, mas não compreendido, de que, ao afastar-se o indutor, o induzido voltava a ficar neutro. Os sinais opostos e as quantidades aparentemente idênticas das cargas surgidas, assim como a posterior neutralização do induzido, evidenciadas com o seu eletroscópio, levaram-no a conjecturar, baseado no modelo de dois fluidos de Du Fay, sobre uma mera separação de cargas preexistentes no corpo que recebia a influência elétrica. (MEDEIROS, 2002, p. 358)

Desta maneira, uma grande discussão é excluída de tal tema, onde poderia exemplificar os constantes encontros entre os mais diversos experimentos, fenômenos, conceituações e outros aspectos que o desenvolvimento dessa área presenciou. Talvez a busca pela simplicidade textual tenha influenciado tal postura dos autores (é, como já discutimos, facilmente reconhecível que este trabalho (dos/as historiadores/as da ciência e seu uso no ensino) não é fácil), apesar de isso engavetar inúmeros problemas. O livro assinala a existência da indução eletrostática e o processo de eletrizar um corpo indutivamente (usando o fio-terra seguidamente) segundo os ditames do paradigma atual, mas, como viemos defendendo, tal procedimento não é suficiente (apesar de necessário) para responder “perguntas cretinas” (a atividade do sujeito perante o conhecimento não é facilitada por esse procedimento adotado pelo livro em não adotar a historicidade da ciência explicitamente de forma adequada).

A polarização de um material é exatamente o tipo de discussão que é mais entendida pelo paradigma atual do que os paradigmas anteriores, pois apenas podemos aceitar a classificação de materiais como não-condutores quando não se conhece algo mais fundamental para “responsabilizar” (os átomos segundo o modelo atômico) os fenômenos observados. Também tal discussão não existe no texto por justamente nenhum desses aspectos virem sendo discutidos, tidos como indeléveis.

A subseção termina com um texto sobre “Aplicações da Física”, abordando o caso da pintura eletrostática (uma página completa!). Podemos perceber, com um exemplo dessa ordem, que o livro está mais interessado em mostrar as aplicações científicas do

conhecimento e mostrar onde a realidade está “repleta de Física” do que mostrar como e de que forma os humanos se aperceberam desses fatos.

O próximo subtópico se intitula “Eletroscópios” e segue-se como pórtico a este a *assertiva* “Por que um objeto neutro é atraído por um objeto eletrizado”. Reiteramos o que discutimos longamente alguns caracteres acima, o uso do pronome interrogativo “por que” é inadequado se se parte da ideia de usar apenas resultados paradigmáticos atuais como fractal modelo, pois os discursos científicos, talvez perseguindo a abstrata ideia da racionalidade, costumam excluir tais níveis discursivos em suas considerações. Como o próprio livro assinala, “vimos que um dos primeiros fenômenos elétricos observados consistia na atração de um objeto eletrizado (âmbar atritado) sobre objetos leves **não eletrizados** (pedaços de papel, por exemplo)” (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013, p. 22), sendo então necessário entender como tal fenômeno ocorre.

Bem, seguimos os escritos históricos de tal livro e tal discussão sobre o âmbar foi pequena, simplória, na forma de um relato e agora reaparece na forma de um ponto de discussão obrigatória, como se seu efeito não tivesse sido relevante a menos que tais discussões tivessem se dado. Usando o paradigma atual o texto didático analisado explica como se dá tal efeito atrativo e, instantaneamente, uma discussão aparece neste: a consequente repulsão do corpo que inicialmente foi atraído pelo indutor. Historicamente já viemos discutindo que tal fenômeno demorou a ser reconhecido como elétrico, o sendo assim tido, segundo Rocha (2002), por Thomas Brawne em 1646. Mesmo sem discutir a existência histórica de tal problema o livro faz uso de tal como se fosse resultado de uma observação cuidadosa paradigmática, suprimindo assim qualquer suspeita sobre o problema da repulsão elétrica (imaginada historicamente outrora como uma espécie de problema mecânico).

“O que é um eletroscópio”, nome do próximo pórtico, é um exemplo magnífico do que acontece quando se tenta suprimir a vida histórica de uma ciência (não somente). Por exemplo: “O eletroscópio é um dispositivo que nos permite verificar se um objeto está eletrizado” (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013, p. 23). A partir do momento que se opta pela não discussão de aspectos que fomentam a pesquisa científica se está automaticamente adentrando uma região circundada por perigos advindos da história (como anacronismo, inversão de cronologia dos acontecimentos, ignorância científica sobre os desenvolvimentos). É inegável que um eletroscópio permita isso, porém, não somente com esse intuito tal dispositivo esteve atrelado. Segundo Roller & Roller (1953) *apud* (MEDEIROS, 2002, p. 354),

[...] o estudo do desenvolvimento histórico do eletroscópio pode revelar toda uma história de construção de conceitos da eletricidade, como também possibilitar a apreciação do papel por ele desempenhado na criação da Física atômica.

Os estudos, ainda segundo Medeiros (2002), proporcionados e possibilitados por tal instrumento vieram a construir ideias, conceitos como carga elétrica, potencial e capacidade elétrica. O interessantíssimo deste pesquisador aqui citado é um ótimo exemplo de movimentos que vem populando cada vez mais a prática historiográfica minuciosa defendida aqui, além de ser um exemplo que faz nos pensar que o movimento pesquisa-prática escolar é possível, pois trabalhos de investigação como este auxilia enormemente a intencionalidade de mostrar que, no caso aqui, o eletroscópio não foi um instrumento pronunciado da forma como hoje é tido, construído.

Ao citar alguns tipos de eletroscópios que foram sendo construídos (e estiveram presentes) na pesquisa, como os versorium de Gilbert (um primitivo eletroscópio que muito ajudou Gilbert em seus estudos), o método das linhas radiais de Hauskbee, o eletroscópio de linhas (ou penas) de Gray, precursores do *pêndulo eletrostático* descrito no livro, podem conscientizar os leitores da atmosfera que rondava a pesquisa elétrica. A consequente transformação dos eletroscópios em eletróforos (com o intuito de medir grandezas elétricas) se deu, da mesma forma, paulatinamente. Contribuições, apresentadas em Medeiros (2002), de pesquisadores como D'Arcy, Le Roy, Nollet, Beccaria, Richmann, Canton, Cavallo, Volta, Henley, Bennet, Cavendish, Michell, Coulomb e outros culminaram na aparência dos eletroscópios de folha que se encontra nos livros didáticos, não no sentido de inevitavelmente terem recaído em tal forma, mas no sentido de ter sido fruto de tais trabalhos

Existe um pórtico no texto cujo nome parece-nos indicar que os autores souberam avaliar a importância de tal instrumento na discussão que os autores vieram tratando, pois o pórtico se intitula “Eletroscópio de folhas”. Apesar da meia página dedicada à descrição do instrumento e de seu funcionamento, a forma de apresentação na discussão é problemática (historicamente falando), pois “outro tipo de eletroscópio muito comum é o **eletroscópio de folhas**” (grifo nosso) (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013, p. 23). Não vir abordando tal necessidade de discussão de aspectos da construção científica força a apresentação desses temas de forma alheia, como se tais aspectos não interessassem (e o mais importante, não influenciassem) à discussão que se deve ter sobre tais temas.

A conscientização proporcionada pela História da Ciência sobre a linguagem que deva ser usada na apresentação de tais conteúdos é um exemplo da necessidade de tal estudo.

Como dissemos anteriormente sobre a natureza das analogias que permearam a pesquisa elétrica, no caso da carga elétrica, a tendo, inicialmente, em analogia defeituosa como um fluido e mais bem mais entendido através do modelo atômico, deve-se usar o conceito de carga líquida para se apresentar os efeitos observáveis nos processos da eletrostática e da eletrodinâmica, visto que o atual paradigma vigente esclarece, grosso modo, a conexão da carga elétrica com as partículas atômicas (e subatômicas). Essa ideia não é usada pelo livro, pois ao explicar o fenômeno do afastamento das folhas do eletroscópio se diz que “[...] os elétrons livres serão atraídos para a esfera, fazendo aparecer nas folhas um excesso de cargas positivas” (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013, p. 23). O problema reside na última parte da explicação.

Ao citar “fazendo aparecer nas folhas um excesso de cargas positivas” cria-se a falsa ideia de que as cargas não estivessem lá anteriormente, ou que estas estavam no centro do sistema e migraram para a extremidade inferior, como se as cargas fossem partículas. A simples introdução da ideia de carga elétrica líquida supera facilmente tais problemas, pois segundo o modelo atômico, as cargas elétricas (positiva e negativa), seja lá o que forem, podem ser entendidas como propriedades dos prótons e dos elétrons (um interessante exemplo de como a aquisição paradigmática saiu do “por que” e se preocupou no “como”) e, como o livro discorreu anteriormente, apenas os elétrons livres possuem a mobilidade ordinária para se mover, ao contrário dos prótons. Sendo assim, apenas os elétrons se responsabilizam pelos processos de eletrização (a baixas energias), pois em iguais quantidades com os prótons a carga elétrica líquida é zero, sendo diferente de zero quando do excesso ou falta de elétrons. Em vez de “fazendo aparecer nas folhas um excesso de cargas positivas” seria mais adequado dizer “deixando a parte inferior do instrumento com carga elétrica líquida positiva, ou seja, na região inferior há um déficit de elétrons livres”.

No fim deste subtópico é apresentada uma seção sob o nome “Comentários” onde se mostra o uso do eletroscópio de folhas para determinar a natureza da carga elétrica de um corpo ao se aproximar tal objeto do eletroscópio eletrizado previamente com carga de natureza conhecida. A seção é interessante, pois mostra como o paradigma atômico pode ajudar na explicação de tal procedimento, porém poderia ser mostrada também a origem histórica deste problema, pois este foi um procedimento muito usado pelos eletricitas para determinar a natureza da carga de um corpo em um tempo em que apenas as tabelas hoje chamadas de triboelétricas existiam. Fica sugerido que tal procedimento é simples, é

antecipado pelo paradigma atual e aparentemente sem divergências entre pesquisadores/as na sua explicação, o que, na verdade, historicamente não o é.

Ao mostrar (no livro) que tocar um eletroscópio de folhas inicialmente neutro com um objeto eletrizado com carga conhecida aquele irá adquirir a mesma carga de tal objeto é fazer uso concomitante dos trabalhos de Gray e Du Fay. Pois o “saber” que um corpo tem carga ou positiva ou negativa deve-se ao trabalho de Du Fay quando este anunciou ao mundo científico a existência das duas eletricidades, garantindo uma longa lista de materiais que possuíam eletricidade vítrea e resinosa. O eletroscópio, ao ser tocado, compartilha a mesma “virtude elétrica” do objeto, fazendo uso da chamada condução elétrica de Stephen Gray. Então, a simples apresentação de tal procedimento por parte do livro é interessante, contudo torna-se magnífica quando apresentada historicamente, pois demonstra as condições científicas que os pesquisadores outrora dispuseram para enunciar seus resultados e lançar procedimentos que possibilitassem e facilitassem o estudo posterior, ao mesmo tempo em que resolviam os problemas da Ciência Normal de sua época.

A próxima subseção analisada é intitulada “Lei de Coulomb”, subdividida em “medida da carga elétrica”, “a força elétrica é proporcional às cargas”, “a força elétrica depende da distância entre as cargas”, “Lei de Coulomb” e “Influência do meio”.

A primeira parte, “medida da carga elétrica” é problemática. Primeiramente temos que

Vimos que, quando um objeto está eletrizado, ele possui **um excesso de prótons (carga positiva)** (grifo nosso) ou um excesso de elétrons (carga negativa). Por esse motivo, o **valor da carga** (grifo dos autores) de um objeto [...] pode ser medido pelo número de elétrons que ele perdeu ou ganhou. Entretanto, essa maneira de expressar o valor da carga não é prática, pois **sabe-se** (grifo nosso) que, em um processo comum de eletrização (atrato, por exemplo), o objeto perde ou ganha um número muito elevado de elétrons. Assim, os valores de Q ou q seriam expressos por números extremamente grandes (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013, p. 25).

Inicialmente devemos ter em mente a ideia de relatividade para entendermos o que significa a primeira parte, pois um corpo apresenta carga positiva quando possui mais prótons que elétrons em sua constituição, não há “excesso” de prótons nos exemplos estudados até o momento (seria interessante eletrizar um corpo adicionando prótons em sua constituição, apesar de possível este processo é não realizável por processos comuns discutidos no livro). Então, há um excesso de prótons em relação ao número de elétrons que são transferidos por algum processo de eletrização. Um estudo histórico do modelo atômico resolveria tal

situação, apesar de que apenas um estudo do modelo atômico (sem história nenhuma) já bastaria para tecer com cuidado tal explicação. Fez-nos lembrar da explicação de Franklin para o estado positivo eletricamente de um corpo: excesso de fluido – aqui sim podemos falar em excessos, pois o fluido concebido seria totalmente móvel, ao contrário dos prótons.

Na segunda e terceira parte de tal assertiva introduz-se fácil e inadvertidamente duas informações interessantes, apesar de complexas historicamente falando: o valor da carga elétrica e as grandes populações do mundo do muito pequeno. Historicamente falando, o valor da carga elétrica e as dimensões do mundo atômico foi uma ideia perseguida a duras penas e sua história revela diversos aspectos da Ciência e da prática científica. Tal estudo histórico revelaria, por exemplo, a ligação íntima entre paradigmas e problemas a serem resolvidos, pois, tendo-se em mente a ideia de carga oferecido pelo paradigma atual (quantizada, elementar, propriedade de partículas subatômicas) e os modelos de fluidos elétricos presentes nos séculos europeus de desenvolvimento científico poder-se-ia querer saber em que momento e sob quais circunstâncias (qual, quais) paradigma promoveu os primeiros problemas de pesquisa e noções (crenças metodológicas, a exemplo de Kuhn (2007)) que culminariam nos resultados de atualmente¹⁰⁴.

A *necessidade* de quantificar a pesquisa elétrica também pode ser entendida como um dos requisitos para a procura pelas primeiras quantificações neste campo de estudo. As tentativas de transformar os eletroscópios em eletróforos, como mostra Medeiros (2002), e a criação de outros aparelhos de medida fazem parte desse movimento de quantificação da pesquisa elétrica. Um manual de dimensões enciclopédicas seria necessário para indicar todos os trabalhos de cientistas que contribuíram de maneira efetiva para esses desdobramentos seria necessário (se considerarmos a possibilidade de existência de uma linha – não reta – de acontecimentos registrados que efetivamente influenciaram tais pesquisas. Registrados e efetivos por crer na possibilidade de trabalhos que foram realizados, mas que não foram conhecidos ou não reconhecidos por outros pesquisadores dessa área). O que nos cabe aqui fazer é citar a existência das mais diversas oportunidades de discussão sobre a Ciência (trabalho dos cientistas, construção de equipamentos, revolução paradigmática) que esse “simples” acontecimento (a busca do valor da carga elétrica) poderia gerar nesse ponto, porém, o livro não a faz, não a cita, ligando-se unicamente a discussão do problema relativo a

¹⁰⁴ A conclusão a que chegamos é uma consequência de estudos que nos apoiamos em todas as referências citadas, pois tais conhecimentos estão tão ligados aos desenvolvimentos dessas pesquisas elétricas, magnéticas e eletromagnéticas que é impossível referenciar apenas uma referência a esse reconhecimento. Afinal, a complexidade é uma característica própria do conhecimento que deve ser desenvolvida, abordada, ensinada de acordo com Edgar Morin (2003).

medida de tal carga tendo em vista a grande quantidade de elétrons transferida ou induzida nos processos.

O conhecimento das dimensões do mundo do muito pequeno, o chamado mundo atômico, é outro capítulo da História da Ciência como um todo que revelaria aspectos fundamentadores dos pontos aqui descritos e defendidos. O problema de pesquisa do movimento de partículas pequenas em suspensão em um fluido advindo da botânica por Robert Brown que depois foi interpretado por Einstein como indicador do movimento atômico levando ao início dos estudos que, por fim, iriam revelar as dimensões deste mundo, é um exemplo esplêndido da migração de problemas que Morin (2003) cita, da forma como os cientistas interagem e reagem perante um problema incompreensível via paradigma como prega Kuhn. Seriam muitas as considerações a se fazer em cada exemplo, porém, tal livro não o faz. Então, duas informações que seriam reveladoras da natureza das coisas como Kuhn nos relata acerca dos dados que por si só garantem relevantes informações de um fenômeno, simplesmente são expostas sem uma devoção adequada.

Para quem não conhece tais episódios históricos fica impossível entender que o conhecimento das dimensões do mundo atômico tem uma história, é respaldado por uma ideia muito antiga (a ideia dos átomos), foi controverso em sua aceitação, foi um problema que migrou de uma área outra que não a pesquisa elétrica, envolveu o trabalho de físicos teóricos e experimentais na construção e elaboração de equipamentos cada vez mais refinados e específicos. A questão do valor da carga elétrica é de igual composição.

Nos trabalhos que vieram ser desenvolvidos para atender a quantificação de tal campo de estudos aparece o trabalho de Charles Augustin de Coulomb. Esse pesquisador é introduzido na discussão do livro após o livro apresentar a unidade do SI, Sistema Internacional de Unidades, que é usada para indicar o estado de eletrização de um corpo, o Coulomb (C). “Quando dizemos que um objeto possui uma carga de 1 C, modernamente, após o estabelecimento do valor da carga fundamental, entendemos que esse objeto perdeu ou ganhou $6,25 \times 10^{18}$ elétrons” (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013, p. 25). O texto deixa claro que atualmente possuímos uma compreensão matemática, encerrada em si mesma, para a determinação do estado de eletrização de um corpo.

Porém, uma digressão a História da Ciência é claramente realizada em tal texto e que certamente provocaria um conflito de entendimento ao leitor/a: o que é “carga fundamental”? Até o presente momento, nada no livro até agora fez menção a carga elétrica fundamental do elétron. Então, é legítimo fazer a introdução de tal ideia? Se os autores se apoiam na ideia de

que tal informação já está presente na mente do estudante por que não rememora-la (uma espécie de organizador prévio, talvez)? E se tal informação ainda não foi conhecida pelo/a estudante nos seus estudos anteriores (o estudo da realidade propõe isso)? A probabilidade maior de tal estudo deveria ser na Química que, como discutimos anteriormente, é forçada a apresentar o modelo atômico atual de forma prematura a fim de rapidamente adentrar nos estudos da tabela periódica dos elementos químicos por exemplo.

Mas, se tal informação surge no seio das pesquisas elétricas, ou seja, na Física, por que não discuti-la como processo da Física? É incognoscível a introdução de tal informação de forma tão prematura (sendo que tal informação apareceu tardiamente com os trabalhos de Milikan, século XX!), porém é explicada pela introdução desse saber se dá pela necessidade de introduzir Coulomb na discussão através da unidade de medida Coulomb, sem a menção e nenhuma discussão histórica de tal necessidade de medição desses fenômenos. Tudo parece estar girando segundo o paradigma atual. Tudo soa muito natural.

Ainda nessa mesma página uma imagem é introduzida, Anexo 2, e esta não poderia ser mais problemática. Esta é equivocada em muitos sentidos. Retrata-se nesta o pesquisador Charles Augustin de Coulomb realizando um cálculo da lei das proporcionalidades simples (a famigerada regra de três simples) envolvendo informações. Bem, a imagem sugere (e isso é mais que necessário para muitas coisas) que Coulomb teria chegado a realizar tal cálculo, o que é uma inverdade, já que tal cálculo e tal valor para a carga elétrica fundamental (a própria ideia de carga fundamental) se deram tempos depois de Coulomb ter vivido, como Rocha (2002) nos informa, o que historicamente está imbricado do fato de a sua época nenhum desses saberes aí retratados serem conhecidos ou sugeridos por um paradigma¹⁰⁵. E, ainda, sobre a mesa está a famosa balança de torção de Coulomb, sugerindo que com tal instrumento se possa obter tais resultados. Na verdade, o que Coulomb poderia medir (e não calcular) com tal balança era uma medida indireta (torção angular de um fio em relação a um estado inicial) que após o uso da teoria física (cálculo) se chegaria a um resultado sobre a relação entre força de natureza elétrica e distância.

A Coulomb, no livro, é dedicada uma pequena nota história curta na parte superior da página em questão, tratando de seu nascimento, nacionalidade e que se dedicou a pesquisas científicas, tendo *inventado* a balança de Coulomb que o mesmo fez uso para estabelecer a sua célebre lei que ficou conhecida como “lei de Coulomb”.

¹⁰⁵A determinação de uma unidade de medida com seu nome, inclusive, a quantização da carga elétrica e um método experimental para determiná-la e a dimensão dos números envolvidos de elétrons nesses processos – 10^{18} ! – bem inconcebíveis contra contar litros de fluidos.

Seguidamente, sob a denominação “a força elétrica é proporcional às cargas”, na tentativa de remontar um panorama laboratorial para explicar a estética da lei de Coulomb (formulação matemática da força elétrica) o texto recorre à História da Ciência para afirmar que “No século XVIII, Coulomb realizou uma série de medidas cuidadosas das forças entre duas cargas puntuais utilizando uma balança de torção semelhante àquela usada por Cavendish para comprovar a lei da gravitação universal” (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013, p. 26). Certamente Coulomb não fez uso de cargas puntuais em sua balança de torção e sim esferas nada puntuais, pois, além de isso ser uma abstração bastante difícil de ser produzida (idealização científica), segundo Rocha (2002, p. 190) “as esferas, feitas do cerne do galho do sabugueiro e recobertas com uma película de ouro, têm 4, 2 cm de diâmetro”. Esferas com tal diâmetro não podem ser consideradas puntuais, pois ainda segundo o autor a balança de torção apresentada por Coulomb tinha o formato cilíndrico de 30,5 cm de geratriz e 30,5 cm de diâmetro.

Apenas tal informação histórica é apresentada, sem menção nenhuma as informações contidas em Rocha (2002), a saber: a comunicação de Franklin sobre o problema do efeito elétrico nulo no interior de um condutor elétrico a Priestley, que levou este a publicar a ideia de que a dependência da força elétrica em relação à distância análoga ao caso gravitacional, nem ao menos o caso da medição realizada por Cavendish, chegando bem próximo do resultado de Coulomb, nenhuma menção a invenção de tal dispositivo, a ideia de tal instrumento, por John Mitchell por volta de 1750. Informações estas que, apesar de superficiais acerca da situação que vinha se formando nessas pesquisas, mostra os elementos que Coulomb fez uso para chegar a seu famoso resultado, desmitificando a ideia de que um cientista descobre tudo do zero. O texto do livro talvez tenha percebido este fato ao dizer “utilizando uma balança de torção semelhante àquela usada por Cavendish”, tentando conter o que disse anteriormente, “tendo inventado a balança de Coulomb”. Não foi bem uma invenção e sim um aperfeiçoamento¹⁰⁶.

Entretanto, nenhuma dessas discussões é realizada. Ao contrário dos movimentos que vinham ocorrendo anteriormente, o caso do resultado de Coulomb é detalhadamente discutido nas subdivisões da subseção que se chama “Lei de Coulomb”. Qual o objetivo desse

¹⁰⁶ Segundo consta em Bryson (2005), a máquina e ideia tida por Mitchell para medir a massa da Terra foi legada a Cavendish, pois Mitchell faleceu antes de completar seu objetivo. A máquina ocupava uma sala, se assemelhando a um equipamento de ginástica, com pesos, contrapesos, fios de torção, duas esferas maiores de chumbo de 159 kg no centro da máquina e outras menores para efeito de medição. As medições, 17 medições delicadas e interligadas, foram observadas por um telescópio por Cavendish a partir de uma sala contígua a do aparelho. A finalização das medições levando um ano para serem concluídas. São sempre surpreendentes os detalhes de tais práticas. Diríamos insubstituível.

movimento de detalhamento físico e matemático que envolve a lei de Coulomb? Supomos que tal movimento se deve ao cumprimento das noções de Ciência a que os autores desejam cumprir e/ou pela tentativa de atender a algum programa de estudos de conteúdos presos a uma grade curricular. Esse movimento é muito revelador das intenções e concepções de Ciência que o livro deixa transparecer e fornecer aos leitores/as. Apenas um pensamento atento e conhecedor dos ditames históricos da ciência são capazes de entender onde e como se suprime a história em detrimento dos paradigmas atuais, algo que, segundo Kuhn (2007), tem nos proporcionado uma imagem errônea da Ciência.

As demais discussões ditas como presentes no livro são totalmente físicas, matemáticas, explicando a formulação matemática da força elétrica e da influência do meio na determinação da constante de proporcionalidade “**k**”. A discussão histórica da ciência ajudaria na justificação de tais procedimentos ao incluir a variação do valor dessa constante com o meio como um problema da Ciência Normal, um problema que devia ser explicado com um paradigma, no caso, o atômico, mas que poderia ser tido como um problema não-resolvido por outros paradigmas, exemplificando assim o tipo de pesquisa que a aquisição de um paradigma proporciona e o desenvolvimento via paradigmas como uma característica de uma Ciência amadurecida conforme os ensinamentos de Kuhn (2007) discutidos outrora. Não nos propomos aqui negar o uso dos entendimentos atuais em detrimento dos que não chegaram até hoje, mas apenas seguir a proposta historiográfica atual da ciência de considerar um adequado estudo de tais desenvolvimentos a fim de não conceber imagens erradas da Ciência, por crermos que nada de benéfico pode provir do erro.

Como uma espécie de subterfúgio, como que antevendo as críticas a essa modelagem textual, no fim de tal seção existe uma seção única até o momento, como um oásis em meio ao deserto escaldante. Sob a denominação “As experiências de Coulomb com a balança de torção” encontra-se em tal texto um movimento de resgate do contexto do qual Coulomb fez parte. Vale a pena reproduzir alguns pontos.

Até a época dos trabalhos de Franklin e Dufay (meados do século XVIII) apenas os aspectos qualitativos dos fenômenos elétricos tinham sido abordados. Os cientistas sentiam que, para o progresso dos estudos relacionados com a Eletricidade, era necessário estabelecer relações **quantitativas** entre as grandezas envolvidas nos fenômenos.

Em particular, houve preocupação em relacionar quantitativamente a força elétrica, F , entre dois objetos a distância, r , entre eles. Percebendo que havia uma certa semelhança entre a atração elétrica e a gravitacional [...], alguns físicos, no final do século XVIII, lançaram a hipótese de que a força elétrica poderia, também, variar, com o inverso do quadrado da distância entre os

objetos [...]. Entretanto, era necessário que fossem realizadas medidas cuidadosas para verificar se essa hipótese era verdadeira (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013, p. 31).

Esta é, claramente, uma abordagem diferente da que vinha sendo discutida. O cuidado empregado e detalhes da pesquisa elétrica foram considerados. Contudo, esse é o primeiro momento que o nome de Charles Cisternay Dufay aparece no texto! Essa não é claramente uma falha metodológica? Quem é esse tal de Dufay? Qual o papel dele nessa discussão? Sabemos que a sua importância é assegurada pela história de tal área, porém, ao fugir da mesma *quantum potest*, o livro comete um erro metodológico proporcionado pelo mau uso da História da Ciência. Apesar desse equívoco e de não apresentar uma cronologia rápida sobre como o contexto de medições nessa área vinha compondo essa necessidade, a proposta ainda é interessantíssima. Outro cuidado com a História da Ciência é empregado no prosseguimento do texto quando lemos que:

“Entre os diversos trabalhos que foram desenvolvidos pelos cientistas com esse objetivo, destacam-se as experiências realizadas por Coulomb, que, em 1785, apresentou à Academia de Ciências da França um relatório de seus trabalhos. Coulomb construiu um aparelho, denominado Balança de torção, com o qual se podia medir diretamente as forças de atração e repulsão entre objetos eletrizados” (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013, p. 31)

Deste modo, percebemos um maior zelo na abordagem do tema: construir em vez de inventar como o texto afirmou na nota histórica sobre tal pesquisador e a diversidade de trabalhos populando a busca por essa medição. O que é interessante, pois demonstra capacidade por parte dos autores em abordar tais temas e de uma forma sucinta (cerca de meia página), porém, bem sucedida. Um desenho de tal balança é exposto, porém sem suas dimensões, o que habilita o estudante a imaginá-la arbitrariamente. Outro fato interessante ligado a esse pequeno texto é a discussão rápida do que realmente consistia o trabalho de Coulomb com tal balança: “Medindo o ângulo de torção do fio, Coulomb conseguia determinar o valor da força entre as esferas” (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013, p. 31). Certo cuidado deveria ter sido empregado, adicionando, após a medição do ângulo de torção, algo como “e fazendo uso de um paradigma que relaciona torção angular e intensidade de força utilizada”, pois a simples medição de ângulo não proporciona a relação procurada.

Outro ponto que deveria ter sido devotado atenção ou menção ao menos é a medição realizada por Cavendish sobre essa mesma questão, chegando a resultados muito próximos dos de Coulomb e anteriores ao trabalho deste e usando uma balança de torção, que

descrevemos outrora, trabalho este que só viria a ser conhecido depois que Maxwell o encontrou (outra história) como consta em Rocha (2002). Uma imagem mais humana sobre o aparecimento desse resultado se consolidaria com essa abordagem.

Vendo a notoriedade dos autores em versar sobre essas questões históricas nos perguntamos: por que motivos não estender essa abordagem desde o início do capítulo? E por que escolher só um tema? Por que motivos não elaborar um quadro histórico sobre tais questões introdutoriamente e ir discutindo-as ao longo do texto? Não pretendemos que o livro se torne um livro histórico da ciência, mas apenas siga uma apresentação que condiga com os ensinamentos que a história nos proporciona sobre a construção de todo esse universo científico, em especial da Física, a fim de não ser conflituoso com a realidade da forma de produção que fomenta tal área de estudo. Assim finalizamos a discussão sobre o capítulo 01. Os muitos erros de entendimento apontados poderiam ser superados, ou nunca assim tidos pelo pensar, se o respeito à cronologia dos acontecimentos tivesse ocorrido. Não apenas respeitar a cronologia desses episódios poderia proporcionar tal entendimento, porém, este seria um primeiro passo a se traçar, ou não seria? Já existem materiais históricos da ciência, indicamos alguns em português, que asseguram a complexidade dos conhecimentos sobre os temas que foram tratados de forma fugidia a essa complexidade em tal capítulo.

Seria a Lei de Coulomb mais revolucionária do que o reconhecimento da eletricidade vítrea e resinosa por Charles Dufay ou ao reconhecimento da condução elétrica por Stephen Gray? De acordo com Kuhn (2007), conforme discutimos, não. Cada fato, cada experimento, cada pesquisador, cada modelo de explicação, cada consternação para com os efeitos desses fenômenos por parte dos pesquisadores e dos leigos poderiam ser tidos como partes dessa discussão, onde a importância e a influência de cada contribuição particular para com a linha de desenvolvimento institucional que se consolidou até o momento deveriam e poderiam guiar as discussões na perspectiva desse autor.

A complexidade que reside nos conceitos, as idealizações principalmente, as várias interpretações para os fatos experimentais, a miríade de escolas de pensamento em períodos pré-paradigmáticos, a migração de conhecimentos entre áreas disciplinares, as motivações dos pesquisadores etc. todos esses são fatos que fazem parte da história do Eletromagnetismo e que, quando discutidos, poderiam assegurar uma imagem mais fidedigna a Ciência, em especial, a Física. Todavia, muitos desses aspectos, se não todos, não são discutidos e os que são discutidos se dão de forma implícita, como se apenas quem os conhecesse pudesse apreciá-los em plenitude crescente. Em tal capítulo, encontramos muitas expressões do tipo

“suponhamos que”, “pela experiência verifica-se que”, “observemos que”. Tais expressões estão tipicamente ligadas a idealizações paradigmáticas, uso de fatos experimentais e deduções lógicas, metodologias usadas na prática científica. O uso da Filosofia e Sociologia da Ciência poderiam ajudar a expor esse reconhecimento implícito.

Eis um exemplo atual e socialmente relevante que é impossibilitado de discussão pela omissão de aspectos históricos do Eletromagnetismo: qual o impacto de se ter um modelo atual de explicação elétrica que se pautar na conservação do que na geração de fluido elétrico na produção de eletricidade? Este é um requisito básico para se entender quais os impactos da forma de produção atual de eletricidade sobre a dinâmica ambiental. Se a explicação dos modelos elétricos não se faz presente impossibilita-se assim a discussão prolífica das implicações de um ou outro modelo em questões outras de ordem social e uma maior importância do conhecimento sobre a natureza dessa obtenção, por exemplo.

6.1.2 Capítulo 02: Campo Elétrico

A apresentação da página inicial desse capítulo é interessante e que vem a explicitar-nos melhor a abordagem metodológica usada no livro. Na realidade, tal abordagem, uma imagem seguida de um texto introdutório, não é novidade no livro, conforme já discutimos sobre o capítulo 01. A questão que se evidencia paulatinamente é sobre as influências dessa abordagem inicial em relação ao conteúdo como um todo. A apresentação, Anexo 3, relata uma aplicação, até então desconhecida, tecnológica do conceito de campo elétrico, ou seja, um assunto ainda não abordado. Não vemos problema em realizar tal abordagem, pois instiga o leitor a leitura posterior, porém, um problema pode ocorrer: a crença que o restante do capítulo venha ser capaz de responder as perguntas que surgem numa “mente curiosa normal”: o que é esse tal campo elétrico? O que é campo magnético? Como se grava informação em um disco rígido? O que são *bits* magnéticos? A antecipação da ideia de campo magnético, sem o devido esclarecimento do momento em que este será discutido, por exemplo, é um sinal claro do perigo de tal abordagem antecipada.

O restante do capítulo não se pauta em cima dessa informação inicial para apresentar os conteúdos, sendo este um problema, pois tal espaço poderia ser utilizado para abordar historicamente a ideia de um *Campo de Forças* permeando a pesquisa elétrica e que jamais

sairia de tal pesquisa em Física. Acreditamos que apresentar uma aplicação tecnológica antecipada é indício da noção de Ciência que o livro deseja apresentar, algo mais técnico do que filosófico, talvez seguindo a ideia, fracamente deliberada, respaldada por órgãos educacionais, de “contextualizar” o ensino de Física.

Desta forma, e sob a denominação “*o conceito de campo elétrico*”, seguida pelo título “*o que se entende por campo elétrico*” observamos implicitamente uma antiga discussão filosófica sobre o que viria a ser o campo elétrico. Afinal, o que é campo elétrico? Os manuais científicos, com objetivos persuasivos e pedagógicos segundo Kuhn (2007), abordam esse questionamento? Se sim, o que é campo elétrico? Se não, por quais motivos? A complexidade se apresenta nesse ponto, pois não constatamos menções diretas, afinal, sobre o que seria o campo elétrico. Essa discussão é impossibilitada de prosseguir caso não revivamos a antiga questão ideológica de *ação à distância*. Não vemos outra forma de responder a ideia de Campo elétrico sem recorrer ao questionamento: como uma carga elétrica consegue interagir com outra se ambas estão separadas no espaço? Essa questão, fortemente evidenciada no caso gravitacional e presente em diversos momentos da História da Ciência, pôs uma séria limitação ao poder da Física, da racionalidade em si em responder aos problemas originários em seu seio. Historicamente, a importância dedicada a ideia de campo elétrico se consolida unicamente se tal problema for considerado como um empecilho ao bom pensar físico da natureza. A revolução científica causada por essa ideia não é nomeada assim se não tivermos uma antiga ideia que devia ser superada, compreendida, reinterpretada.

Entretanto, o livro aborda esse antigo debate? Não. Para “encaixar” esse conceito na apresentação posterior o livro idealiza uma situação, “consideremos”, em que uma carga fixa Q (regime eletrostático ainda, claro) e afirma, como “já sabemos”, que outra carga q experimentará uma força de natureza elétrica devida a essa carga Q inicial. Transportando essa carga de teste a outros pontos do espaço, “evidentemente”, essa carga irá continuar experimentando tal força elétrica. Assim, “para descrever esse fato, dizemos que em qualquer ponto do espaço em torno de Q **existe um campo elétrico** criado por essa carga (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013, p. 38)”. Deste modo, quando uma carga q sofrer uma ação em decorrência de uma força elétrica diz-se que nesse ponto do espaço existe um campo elétrico. Verificamos a inexistência da discussão sobre a ação a distância, apesar dessa discussão fomentar a elaboração do texto, pois “consideramos que a força elétrica que atua sobre q **é devida à ação do campo elétrico** e não a ação direta de Q sobre q (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013, p. 38)”. O grifo é do próprio texto. O que para nós é claramente uma

justificativa sobre a elucidação proporcionada pela ideia do campo elétrico em detrimento da ideia de ação à distância.

Deste jeito, não é dado aos/as estudantes o conhecimento sobre a realidade que fomenta a apresentação da ideia do campo elétrico. A crise paradigmática proporcionada pela ideia de ação a distância foi deliberadamente omitida, expondo uma aprendizagem “correta” sobre como a Física atual aborda essa questão e não sobre como foi construído o caminho errante e cheios de exemplos históricos interessantíssimos que poderiam ser aproveitados em discussões sobre a Natureza da Ciência. Em que sentido seria vantajoso apresentar um corpo de conhecimentos de forma sistemática e positivista? Seria benéfico, por um lado, pois um julgamento com novas provas e novos métodos de acusação ou defesa, a exemplo do Direito, que sempre lançasse por terra concepções ingênuas sobre o réu e sobre a situação em que este está, fossem constantemente incluídas na formação de uma nova classe de advogados, promotores e juízes. Porém, o julgamento científico não pode se dá somente em tal visão – nem um julgamento no Direito – pois, além da possibilidade de estreitarmos o olhar sobre a variedade de questões e abordagens científicas (o que certamente é um problema) estaríamos praticando uma cientificidade que não corresponde com os modos de aprendizagem humana.

Seguindo a natureza de apresentação que esta forma de abordagem permite, o livro inclui na seção *Comentários* a existência de outros campos, sendo este não somente restrito aos fenômenos elétricos (acreditamos que nesse ponto os autores falem sobre a idealização de Faraday sobre as linhas de força), como o campo gravitacional e campo de temperatura (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013). Tal conceito fora discutido nos estágios supervisionados citados outrora, porém, de forma mais adequada.

Em um bom exemplo de comunicação entre a prática de sala de aula e um historiador da ciência fizemos contato, via e-mail, com o professor José Fernando Moura Rocha, da Universidade Federal da Bahia, pedindo cooperação para com a discussão sobre o Eletromagnetismo, pois tivemos contato com uma obra em que tal autor é o organizador (*Origens e evolução das ideias da Física*) e proponente do capítulo referente ao Eletromagnetismo. Gentilmente tal pesquisador nos respondeu e indicou-nos alguns artigos de sua autoria ou não ora abordando o ensino do Eletromagnetismo ora discutindo episódios históricos dessa área. Estamos em dívida para com tal autor, visto que um de seus artigos foi

de grande utilidade para pensarmos sobre a apresentação (e sobre nosso aprendizado também) do conceito de campo na sala de aula¹⁰⁷.

Ao invés de nos apoiarmos na abordagem fenomenológica proposta pelo Livro Didático, seguimos a abordagem histórica de tal conceito, desde as primeiras ideias sobre a ideia de Campo de Gilbert, atualmente resgatada, em partes, conforme Rocha (2009), pela ideia de Campo Quântico, passando pela ideia de ação à distância e as consequências negativas repercutidas na Física sobre esse conceito que, segundo Jammer (2011) devolvia a Física ao ocultismo e ao misticismo, e culminando na apresentação das ideias de Faraday sobre linhas de força e campo de forças, discursando também sobre a ligação entre os efeitos “visíveis” dos fenômenos magnéticos sobre o pensamento de Faraday em relação aos fenômenos elétricos, conforme Rocha (2002).

Conhecendo a história registrada sobre tais discussões, cabe-nos perguntar: de que maneira a apresentação dos escritos de Maxwell sobre o que viria a ser a ideia de campo de Faraday seria útil ao ensino?¹⁰⁸ Em que sentido os relatos experimentais de Faraday proporcionam aprendizado sobre esse conceito? Dizemos que em várias maneiras e sentidos, pois, se não possuímos um estado consolidado de explicações comuns sobre a natureza do campo elétrico (o que viria a ser fundamentalmente o campo elétrico – sem recairmos em um círculo vicioso de o “que é” e de “por quês”) nada mais viria a elucidar essa realidade paradoxal do que buscar entender como essa ideia se fez proeminente na mente desses pesquisadores e em quais circunstâncias podemos falar de Campo elétrico sem causar atritos com o que se sabe atualmente sobre essa ideia. O conhecimento de tais relatos serviria como uma fonte insubstituível ao adequado conhecimento dessa realidade que integra conhecimentos experimentais contundentes e supostos teóricos próprios da Física, sendo, então, altamente educativa sobre a natureza dos conhecimentos científicos e suas limitações.

Esses relatos poderiam ajudar, por exemplo, na explicação sobre as ideias de *linhas de força*. Segundo o livro em análise, “O conceito de linhas de força foi introduzido pelo físico inglês Michael Faraday, no século XX, com a finalidade de representar o campo elétrico por meio de diagramas (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013, p. 46)”. Seria essa a intenção de Faraday sobre as linhas de força? Segundo Rocha (2009, p. 06), não.

¹⁰⁷ Estamos em especial dívida para com o interessante artigo: ROCHA, José Fernando Moura. *O conceito de “campo” em sala de aula* – uma abordagem histórico-cultural. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol.31, nº 1, p. 1604, dezembro de 2009.

¹⁰⁸No artigo citado na nota anterior encontramos uma lúcida explicação proporcionada por Maxwell sobre as ideias de Faraday e o estado atual desse conceito à sua época.

No curso destas suas experiências, após observar figuras de limalhas de ferro produzidas por um ímã colocado sob uma folha de papel ou lâmina de vidro [...] Faraday passou a visualizar as forças magnéticas e elétricas como uma espécie de tubos de borracha ou linhas elásticas que se estendem no espaço a partir de ímãs ou de corpos eletrizados e que podiam ser distorcidas, as quais ele denominou linhas de força. Como essas linhas deveriam preencher o espaço vazio este passava a constituir-se em um campo de forças.

Desta forma, a cronologia dos acontecimentos é: primeiro a idealização do que viria a ser as linhas de força seguidas pela idealização sobre o conceito de campo. Percebamos que os efeitos magnéticos desempenharam um papel importante nesse desenvolvimento, porém, o livro não mostra nenhuma figura (clássica até) desse efeito, devido, também, ao fato de não ter discutido até o momento sobre os efeitos magnéticos. Efeitos estes que já eram conhecidos e tratados juntamente com os elétricos desde muito tempo como mostram o livro de William Gilbert, *De Magnete*. Uma apresentação concomitante de efeitos elétricos e magnéticos poderia ter sido feita pelo Livro Didático, já que, afinal, este irá indubitavelmente discutir a unidade de ambos os efeitos ao final do capítulo 08. Então, se esse movimento de aproximação entre tais efeitos não está sendo realizada, como será feita essa aproximação? Veremos mais à frente.

Os relatos de Maxwell¹⁰⁹ sobre a ideia de linhas de força são muito interessantes e poderiam auxiliar o texto no momento da apresentação das características das linhas de força por parte do livro e, a partir dos escritos de Maxwell, fazer os/as estudantes perceberem a notoriedade e a importância desse conceito ao afastar a ação à distância das considerações físicas. Os escritos de Maxwell também são importantes por serem capazes de mostrar a influência recebida por esse pesquisador por parte do trabalho de Faraday. Segundo Rocha (2002, p. 263) “Para Maxwell, seus trabalhos são uma tradução matemática do que ele considera ser as ideias de Faraday”. Desta maneira, entender a ideia que Michael Faraday possuía sobre as características do espaço em torno desses fenômenos ajuda a entender como a matematização realizada por Maxwell sobre a ideia de Campo foi influenciada. O enredo de Maxwell na História da Ciência é indiscutível. O único momento em que o livro apresenta uma imagem da materialização das linhas de força é quando apresenta o campo elétrico uniforme, contudo, como vimos, essa não foi a influência direta (o fato experimental direto) que Faraday se baseou para fundamentar seus pressupostos teóricos.

Seguidamente a este tópico o livro descreve três efeitos que poderiam ser apresentados como fatos experimentais que, na ausência de uma explicação “universalmente”

¹⁰⁹Ver nota 93. Nesse livro encontramos breves relatos de um trabalho de Maxwell sobre as ideias de Faraday.

aceita, só foram explicados desta forma com o auxílio dos paradigmas atômicos atuais tanto físicos quanto químicos a saber: *a carga se distribui na superfície do condutor, campo no interior e na superfície do condutor, blindagem eletrostática*. O caso da Blindagem eletrostática desempenhou um papel importante nas suspeitas sobre a relação entre a força elétrica e a distância, pois, segundo Rocha (2002) Benjamin Franklin teria escrito uma carta a Joseph Priestley no qual aquele menciona o “fato singular” de que um recipiente metálico isolado não retinha carga em sua parte interna. Priestley conhecia o famoso caso gravitacional de Newton sobre o fato de a força gravitacional devido a uma massa em forma esférica era nula no interior. Dessa forma, por analogia, Priestley teria sido o primeiro a supor, de forma registrada, a dependência da força elétrica com o inverso do quadrado da distância. Esse resultado teria sido apresentado no seu livro *A História e a Situação Atual da Eletricidade*. Desta maneira, apenas uma exemplificação como essa mostraria um mecanismo de movimentação dos estudos nessa área, mostrando as múltiplas relações de um fato sobre a pesquisa posterior, além de exemplificar a natureza dos livros e periódicos a essa época, por exemplo (época em que estavam sendo nutridos muitos conceitos que hoje utilizamos fortuitamente¹¹⁰).

No caso da Blindagem Eletrostática, o livro traz uma breve nota histórica sobre o experimento de Michael Faraday em que o mesmo teria adentrado em uma gaiola com um eletroscópio e um ajudante teria eletrizado seguidamente a gaiola. Faraday não teria registrado nenhum efeito eletrostático, demonstrando assim conhecer o fato citado (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013).

Outros exemplos de fatos experimentais que chamaram atenção dos físicos em suas práticas aparecem nos livros de forma abduzida, simplesmente os elencando em subtópicos, tais como: *um isolante pode se tornar condutor, o que é rigidez dielétrica, a centelha elétrica, o relâmpago e o trovão, o que é “poder das pontas”*. Qual o papel desses fatos sobre a pesquisa elétrica? Certamente não foi irrisório, pois, a classificação dos materiais em isolantes e condutores foi historicamente realizada e de repente, eis que um novo fato surge: qualquer isolante pode se tornar condutor! Que espécie de reação este fato deve ter causado na pesquisa? Qual a relação entre os raios, os relâmpagos e os fenômenos elétricos produzidos em laboratório? Por que um corpo pontiagudo “perde” sua eletrização rapidamente? Esses fatos não foram simples de enunciar, nem ao menos entender. O modelo atômico assegura uma vantagem excepcional sobre tais questões, porém, tal paradigma é recente na história da

¹¹⁰ Ver nota 104.

física (imaginemos, então, a essa época, fatos experimentais acumulando-se e urgindo que um novo paradigma se consolide).

No caso do “poder das pontas” o livro faz uma abordagem omissiva.

Há mais de duzentos anos os cientistas observaram que um condutor que apresenta em sua superfície uma região pontiaguda dificilmente se mantém eletrizado, pois a carga elétrica fornecida a ele escapa através da ponta. Esses cientistas não conseguiram uma explicação satisfatória para tal efeito e simplesmente o denominaram poder das pontas (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013, p. 57).

A pergunta mais sensata a fazer-nos é: quem foram esses cientistas? Foram cientistas que relataram inicialmente esse efeito? Onde? Em que circunstâncias? Existem tais informações documentadas? Tais cientistas realmente não deram uma explicação a esse fato? O que viria a constituir uma explicação satisfatória a essa época? Se tomarmos como base o paradigma atual certamente não há muitas explicações satisfatórias a muitos fenômenos explicados anteriormente ao paradigma vigente. A explicação do livro se segue da forma convencionalmente instaurada, com base no modelo atômico atual sem vistas a nenhum outro modelo. Seriam estas perguntas *ativas* por parte dos/as estudantes sobre esse fenômeno?

Certamente que sim, visto que a ultrapassagem a aceitação dessas informações apenas constitui certa passividade no processo de conhecimento de tal fenômeno, apesar desse processo não ser passivo em termos intelectuais, pois, como salienta Ausubel, a aprendizagem significativa requer a subsunção de um conhecimento a outro preexistente, ou no sentido piagetiano, a assimilação requer um esforço intelectual para que o conhecimento seja acomodado a sua estrutura de pensamento a fim de atingir a equilíbrio desejada. Se esses fatos fossem apresentados conforme o desenvolvimento histórico, as desequilibrações (os momentos de quebras de paradigma, ou insuficiência explicativa destes, por exemplo) que os cientistas tiveram de enfrentar em suas pesquisas poderiam ter sido expostas como tais, demonstrando a relação de proximidade do processo de aprendizado dos/as cientistas em sua prática e os/as estudantes em seus aprendizados conforme relatamos de acordo com Martins (2006).

“Como funcionam os pára-raios?”. Este é o título da seção “Aplicações da Física” ao fim deste capítulo. Antes de explicar a funcionalidade de tal instrumento eis que encontramos um episódio histórico relatado pelo Livro Didático como importante de ser conhecido sobre o seu inventor: Benjamin Franklin e a pipa.

O poder das pontas encontra uma importante aplicação na construção dos pára-raios, os quais foram inventados pelo cientista americano Benjamin Franklin no século XVIII.

Esse cientista observou que os relâmpagos eram muito semelhantes às centelhas elétricas que ele via saltar entre dois objetos eletrizados em seu laboratório. Suspeito, então, de que os raios fossem enormes centelhas causadas por eletricidade que, por algum processo, desenvolvia-se nas nuvens. Para verificar sua hipótese, ele realizou uma perigosa experiência, que se tornou famosa [...].

Durante uma tempestade, Franklin empinou um papagaio de papel na tentativa de transferir eletricidade, que ele acreditava existir nas nuvens, para alguns aparelhos de seu laboratório. Ligando a linha do papagaio a esses aparelhos, Franklin verificou que eles adquiriam carga elétrica, comprovando que as nuvens realmente estavam eletrizadas (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013, p. 58).

Seriam essas informações corretas historicamente falando? Franklin teria realmente empinado tal pipa? Se não, de onde provém tal ligação entre Franklin e esse experimento? Segundo Pimentel e Silva (2006, p. 5)¹¹¹, “Em vários momentos, Franklin manifestou suas ideias sobre a natureza elétrica dos raios bem antes de propor o experimento da pipa, como pode ser notado em sua correspondência”. Ainda segundo as autoras,

Mais tarde, em uma carta para Collinson de 19 de outubro de 1752, Franklin sugeriu um segundo experimento para testar a eletrificação das nuvens, que se tornou muito popular e que é muito citado atualmente em livros didáticos: o experimento da pipa empinada em uma tempestade. Em nenhum momento Franklin afirma que ele mesmo realizou este experimento; o que ele faz é descrever o experimento que teria sido realizado por alguma outra pessoa [...].

A lenda sobre a realização por parte do próprio Franklin teria sido levantada por Joseph Priestley, então amigo de Franklin, que em um livro¹¹² sobre a eletricidade teria sugerido, logo após a descrição da montagem experimental (no qual o próprio Franklin descreveu como poderia ser realizado) escreveu que

Mas temendo ser ridicularizado por seu possível fracasso, que geralmente ocorre na ciência, ele (Franklin) não comunicou sua intenção de realizar este experimento a ninguém, exceto seu filho que o assistiu empinando a pipa. (Priestley 1966, p.p. 216-217 apud Pimentel e Silva, 2006, p. 06).

¹¹¹PIMENTEL, Ana Carolina. SILVA, Cibele Celestino. **Benjamin Franklin e a História da Eletricidade em Livros Didáticos**. Anais do X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. Instituto de Física de São Carlos, São paulo - SP, 2006. Disponível em: <<http://www.ifsc.usp.br/~cibelle/arquivos/T0150-1.pdf>> . Acessado em: 06 de abr. 2017.

¹¹²No seu livro, já citado aqui, *A História e a Situação Atual da Eletricidade* segundo as autoras citadas.

De acordo com as autoras, Franklin aparentemente aprovou a descrição feita por Priestley. Usamos aparentemente pelo fato da correspondência entre tais pesquisadores não tenha sido preservada como destacam tais autoras. Desse modo, o que aparentemente é uma questão simples por parte do livro é uma questão histórica que, em sua essência, se distancia da descrição que o Livro Didático tentou relatar, pois além de não assegurarmos que Franklin realizou a experiência, esta não foi a única proposta para verificar suas hipóteses, estas não sendo frutos direto do resultado de tal experiência, mas, como referenciamos, de um estudo anterior mais profundo¹¹³, pois o experimento da pipa proposto por Franklin foi sugerido, em carta endereçada a Collinson a 19 de outubro, no ano de 1752 (PIMENTEL e SILVA, p. 04).

Uma observação interessante reside no fato de essa questão sobre a realização ou não do experimento por Franklin não parecer ser deliberada, nos termos aqui apresentados, pois em Rocha (2002) encontramos uma discussão que vai de encontro ao texto do livro. Segundo o autor ele teria empinado a pipa e até mesmo uma faísca saltou até seu dedo. Qual das perspectivas está correta? O dito autor não faz um estudo, não na referência consultada, pormenorizado de tal episódio, ao contrário de Pimentel e Silva (2006) que apresentam argumentos mais profundos. Como não sabemos quais fontes foram consultadas por aquele ficamos impossibilitados de dar um veredicto final. Porém, cabe observar que a postura adotada pelo livro não deveria, dada essa realidade interpretativa divergente, assumir uma postura dogmática para com uma dessas abordagens. Pimentel e Silva (2006, p. 06) chamam atenção para o fato de muitos historiadores da ciência tendenciarem a enaltecer o trabalho de Franklin, seriam os “franklinistas”. Não encontramos fundamentos em Rocha (2002) para classificá-lo de tal maneira, o que dificulta o julgamento.

Este é um dos motivos pelos quais introduzimos os níveis discursivos (presentes em Martins, 2001) em nossa discussão, pois os problemas permeiam todas as atividades do intelecto humano, até mesmo nos discursos meta-meta-historiográficos da ciência. Assim, saber lidar com essa realidade, saber de sua existência, é também uma capacidade que deva ser praticada na formação acadêmica. Procuramos então nutrirmos de habilidades de análise sobre os diversos níveis discursivos da História da Ciência a fim de não recairmos em dogmatismos.

¹¹³Segundo Pimentel e Silva (p. 04), Franklin teria, em carta enviada a John Michell em 29 de abril de 1749, descrito 56 “observações e suposições em direção a uma nova hipótese para explicar os vários fenômenos dos raios (Franklin 1941, p.p. 201-211)”. Em 1749 Franklin teria apresentado 12 semelhanças entre os relâmpagos e as descargas elétricas produzidas artificialmente na Terra.

Neste capítulo, então, foram utilizados episódios históricos clássicos, momentos que poderiam ser considerados revolucionários na abordagem científica, como o caso da ideia de campo de Michael Faraday que posteriormente influenciou os trabalhos de Maxwell – este, a partir de seus estudos, revoluciona os estudos matemáticos nas questões eletromagnéticas com a consolidação das quatro equações fundamentais do Eletromagnetismo – vários fatos experimentais que propiciaram quebras paradigmáticas, influenciando e urgindo pesquisas nessa área, além da influência de Franklin sobre a unidade entre os fenômenos elétricos produzidos artificialmente e os certos fenômenos naturais, contribuindo para a valorização dos estudos científicos a sua época. Esses são episódios capazes de revelar modelos de representação da pesquisa em Ciência, além de contribuir para a elucidação da Natureza da Ciência, proporcionando exemplos fundamentadores do discurso: a Ciência é um constructo, elaborada a partir de problemas que surgem a partir de seus esquemas de cientificidade, onde, na busca por tal superação por vezes revolucionam suas visões, contribuindo para a diversidade de questões e abordagens científicas que verificamos na leitura desta. Além, é claro, de serem capazes de revelar as engrenagens por trás do relógio científico: os humanos, suas limitações, seus sucessos, seus erros, suas influências, suas realizações.

Findo o capítulo não percebemos nenhuma menção ao texto introdutório que é apresentado no início deste, ou seja, a gravação de dados em discos rígidos. Essa abordagem serviu a algum objetivo? Instigado em querer entender os termos utilizados nesse texto introdutório o/a estudante pode ser influenciado a procurar entender como a aprendizagem de tais conceitos contribui para a compreensão da gravação dos dados em tais discos. Se ao final de tal capítulo tais respostas não ficaram claras e o/a estudante não conseguiu entender o motivo pelo qual tal texto foi introduzido, que sensação aquele irá nutrir sobre seu aprendizado? A relação entre os sentimentos e a aprendizagem, como discutimos, não deve ser um passo a ser desconsiderado.

6.1.3 Capítulo 03: Potencial Elétrico

O texto introdutório deste capítulo é interessante Anexo 4. Ao abordar uma prática criminosa, o roubo de fios elétricos, que é frequente em nosso país, é feita uma alerta sobre o perigo relacionado a tal prática devido, entre outras coisas, a diferença de potencial elétrico

nas redes de alta tensão, estas alvo dos criminosos. De maneira análoga aos outros capítulos, os autores fazem uma abordagem “contextual” da realidade onde encontramos conceitos da Física, esperando, então, que essa apresentação contribua para instigar o/a estudante a ler o conteúdo posterior. Já discutimos sobre esse ponto e, não convém discutirmos tal questão no momento, pois fugiria do nosso objetivo. Contudo, o que podemos observar é que, com base no caso do campo elétrico, podemos pensar se realmente vale a pena inserir uma informação dessa natureza se informações recônditas não irão se seguir a essa proposta. Se o objetivo for mostrar que o seu cotidiano está “repleto de Física” nada mais do que isso está sendo proporcionado (o conhecimento técnico necessita de uma discussão histórico-crítica? Acreditamos que sim, conforme discutimos via Max Jammer).

No primeiro subtópico de tal capítulo, “O que é voltagem”, após enunciar o nome da unidade de aferição da diferença de potencial, o Volt, o livro introduz a justificativa para tal nomeação: “[...] em homenagem ao físico italiano Alessandro Volta, que viveu no século XVII e XIX” (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013, p. 63). Uma nota histórica é introduzida na parte lateral direita da página em questão falando sobre alguns pontos da vida de Volta. As informações históricas são pertinentes, porém, assim como qualquer outro resumo, as informações apresentadas rapidamente dão margem a interpretações errôneas sobre o processo que levou ao resultado estipulado, como, por exemplo:

[...] ele mostrou que os efeitos elétricos observados por Luigi Galvani (1773-1798), com pernas de rãs, eram realmente produzidos pelo contato entre dois metais e não em razão de uma espécie de eletricidade animal, como Galvani acreditava. Esse estudo levou-o à descoberta da pilha que recebeu o nome de **pilha de Volta** e o tornou célebre (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013, p. 63).

Essa é a primeira discussão desse episódio histórico presente no livro! O episódio marcante de disputa intelectual entre Galvani e Volta em torno do problema da eletricidade animal foi relegado a uma simples nota histórica em tal livro, onde, aliás, Volta aparece como o grande vencedor de tal disputa. A valorização do trabalho de Galvani só pode ser exposta caso um estudo histórico sobre esse caso fosse proposto, ou ao menos indicado pelo livro. O estudo de tal caso revelaria, por exemplo, a divergência na interpretação dos fenômenos envolvidos nessa discussão por parte desses pesquisadores. Poderia mostrar a dificuldade do estabelecimento dos trabalhos de Volta na Comunidade Científica de sua época, a resistência a aceitação de um novo paradigma, onde o papel de seu invento teria papel importantíssimo, apesar de não contundente para tal como Martins (1999) defende, em tal movimento de

reconhecimento de unidade entre os efeitos eletrostáticos da geração por fricção e a eletricidade gerada pela pilha de Volta.

São muitas as contribuições que esse episódio histórico para o processo de aprendizado sobre as questões relacionadas à mudança de postura entre a realidade experimental dos pesquisadores, passando da eletricidade estática a eletricidade contínua, eletrodinâmica. Segundo Martins (1999) atualmente aprendemos desde cedo que a eletricidade produzida por uma pilha é idêntica à eletricidade produzida por fricção, porém, esse aprendizado rendeu inúmeras discussões e estudos sobre a natureza do invento de Volta e de aparelhos capazes de intensificar os efeitos eletrostáticos do fenômeno de contato entre os dois metais que Galvani interpretou como uma eletricidade animal, enquanto Volta estava inclinado a provar a situação eletrostática desse contato (utilizando um condensador). Entra aqui a questão que Piaget & Garcia (2010) *apud* Bartelmebs (2014) abordaram sobre a diferença entre a Ciência antiga e a moderna: os supostos teóricos de cada pesquisador influenciando em suas observações. Na impossibilidade de demonstrar as oportunidades de aprendizado sobre a Natureza da Ciência, a relação entre pesquisadores, a filosofia de seus métodos, a influência externa em seus estudos de fenômenos etc. em tal episódio citamos a existência de um artigo de Martins (1999)¹¹⁴ sobre o tema.

Um ponto que merece destaque no livro e que revela a concepção de Ciência presente neste é a existência de uma seção dedicada a discursar sobre “O gerador de Van de Graaff”. Sob as denominações “*altas voltagens necessárias na física contemporânea*”, “*princípio de funcionamento do gerador de Van de Graaff*” e “*como funciona o gerador de Van de Graaff*” precisamos a importância dada, pelo livro, aos avanços recentes na área de pesquisa da Física atual do que aos avanços passados que a oportunizaram. 03 páginas dedicadas ao gerador de Van de Graaff enquanto que o episódio de Volta e Galvani (ambos os pesquisadores importantíssimos em suas áreas de pesquisa) foi relegado a uma nota histórica em um meio de uma margem direita de uma página. As perguntas que podem se seguir a apresentação desse gerador são respondidas, inclusive, utilizando fatos experimentais historicamente interessantes, como o caso do “fato singular” registrado por Franklin sobre a não-retenção de carga no interior de um condutor oco, fato este intitulado “*princípio de funcionamento do gerador de Van de Graaff*”. Quantas concepções errôneas sobre a cronologia dos acontecimentos irão se seguir em apresentações como essas?

¹¹⁴MARTINS, Roberto de Andrade. *Alessandro Volta e a invenção da pilha: dificuldades no estabelecimento da identidade entre o galvanismo e a eletricidade*. Acta Scientiarum 21 (4): 823-835, 1999.

Sem explicitar ao leitor que esse princípio de funcionamento já era conhecido há mais de um século por Franklin, uma interpretação é oportunizada por parte do livro: foi no desenvolvimento de tal gerador que esse fato surgiu. Que absurdo! Poderíamos afirmar. O/A leitor/a pode afirmar que isso não é possível de ocorrência. Porém, conforme discutimos em Palangana (2001), em Piaget, a lógica da criança é diferente da lógica do adulto. Para Piaget o último estágio de desenvolvimento incisar-se-á aos 12 anos. Seria esse o limite para o termo “criança”? Caso o desenvolvimento desse estágio cognitivo não seja iniciado a essa fase, podemos dizer que a ideia de uma criança em termos intelectuais pode se aplicar aos estudantes em tal época de estudos aqui analisada, pois se a noção de criança, além do fator biológico, se ligar ao desenvolvimento cognitivo e, assentados na realidade de nossa educação científica, podemos dizer que sim, tal ligação lógica é possível.

Vale salientar que a nota histórica dedicada a Robert J. Van de Graaff é a mais extensa até o momento. Uma pequena incoerência histórica aparece no texto de tal seção, a saber: “[...] O nome desse aparelho é uma homenagem ao físico norte-americano Robert Van de Graaff, que **idealizou e construiu** o primeiro gerador desse tipo em 1930” (grifo nosso) (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013, p. 77). De acordo com Rocha (2002) Lorde Kelvin foi o idealizador desse projeto de gerador em 1890. Se a informação é verdadeira o texto não devia incluir a palavra “idealizou”, e mesmo que a informação não seja completamente livre de equívocos interpretativos o livro deveria ter se apropriado de cuidado em tal enunciado. Percebemos assim que, conforme Kuhn (2007), o livro discute aspectos salientes da Física, relegando aos aspectos menos “impactantes” um pequeno espaço em seu texto. Os critérios de classificação desses episódios, aspectos, ficam evidentes quando analisamos a discussão proposta pelo livro sobre tais episódios, sobre a aplicação de resultados oriundos destes¹¹⁵.

Ao fim de tal capítulo encontramos na seção “Física no Contexto” um episódio histórico muito famoso na História do Eletromagnetismo: “As experiências de Milikan”. Duas páginas são utilizadas para descrever em detalhes não superficiais sobre o funcionamento dos experimentos minuciosos deste, sendo que estes juntamente com outro trabalho sobre o efeito fotoelétrico lhe renderam um prêmio Nobel de Física em 1923. A exposição é boa, trazendo detalhes físicos do funcionamento do aparelho utilizado por tal

¹¹⁵Devemos esclarecer: não propomos que os temas discutidos sejam mal escolhidos, mas, sim, mal organizados, de forma que suprimem muitos outros aspectos que poderiam contribuir para a aprendizagem mais significativa da ciência. O próprio livro parece dispor de tal atitude, porém, de forma equivocada em alguns sentidos. Se esta não fosse a atitude também do livro – mostrar uma ciência humana – não haveria sentido em apresentar no início de cada capítulo aplicações cotidianas sobre os estudos científicos e especificar historicamente muitos momentos de construção da ciência. Críticas parecem-nos nunca ser bem vistas, porém, esperamos que esta fosse vista como um relato humildemente benéfico.

pesquisador, além de uma imagem (fotografia) do próprio Milikan operando com o aparelho. Porém, por que a mudança repentina de postura? Por que apenas o trabalho de Van de Graaff e de Milikan mereceram tal pormenorização? Duas páginas são dedicadas ao caso de Milikan e mais informações técnicas sobre o aparelho e sobre a vida deste são adicionadas, nada referentes ao contexto histórico da época – a não ser “Os cientistas do século XX já suspeitavam de que essas ideias fossem verdadeiras” em se tratando da quantização da carga proporcionada pelo modelo atômico – e da importância da engenhosidade deste pesquisador em projetar um equipamento que foi influenciado pelo paradigma atômico por exemplo.

Será mesmo que a ideia de quantização prevista pelo uso de um paradigma atômico foi universalmente aceita? Conforme tudo que viemos discutindo, certamente que não. Este deveria ter sido um exemplo de cuidado empregado na linguagem, pois esta influencia demais o aprendizado de qualquer disciplina, afinal, esta é o meio pelo qual o livro entra em contato com o/a leitor/a: palavras.

6.2 Unidade 02: Circuitos elétricos de Corrente Contínua

O texto e a imagem desta unidade, Anexo 5, fazem referência a uma ligação entre a arte e o Eletromagnetismo em uma releitura da obra de Rodin, o pensador, proporcionada pelo médico australiano Peter Terren. A imagem é impactante, mostra o pesquisador ilustrando a obra do francês Auguste Rodin¹¹⁶ ao mesmo tempo que reflete a nova face de sua era majoritariamente elétrica. A imagem chama atenção pelo espetáculo dos arcos voltaicos produzidos e pelas faíscas que contornam o arco, além de muitos outros aspectos que interessariam os estudantes. O texto ressalta muito bem aspectos que são necessários serem conhecidos como: como se produz esse efeito? Como é possível que o pesquisador não leve choques elétricos? Qual o objetivo da montagem experimental? Qual a ligação com a arte?

A essa bela apresentação poderia ser instaurada mais perguntas que muito ajudariam na motivação a leitura posterior: como se produz uma roupa protetora dessa (poderia ser adicionada a informação de que ela é feita de metal)? Qual a relação desses raios que saltam da máquina com os raios atmosféricos? Como os cientistas saíram de choques em garrafas de

¹¹⁶ Para conhecer esta obra em detalhes ver <<http://www.arteeblog.com/2015/11/analise-de-o-pensador-de-auguste-rodin.html>> Acesso em 24 de Abril de 2017.

Leyden a produção de altas voltagens? Mas nada disso é feito no texto. A excelente imagem fica um pouco desgarrada, apesar da belíssima apresentação.

6.2.1 Capítulo 04: Corrente Elétrica

A imagem o texto introdutório desse capítulo são muito interessantes, Anexo 6. A relação buscada entre o enredo de um filme que é baseado em fatos reais e a utilização de conceitos da Física tidos como necessários a sobrevivência da tripulação é interessante. O filme retrata a história de como uma pane elétrica quase vitimou a tripulação da missão Apollo 13. Os conhecimentos de Eletromagnetismos necessários para contornar o problema foram muito engenhosos como o próprio texto ressalta no caso dos “ampères”. Uma ligação entre esse fato e a história do Eletromagnetismo poderia ser realizada através de um questionamento: quais os conhecimentos básicos necessários para a aprendizagem e manipulação para com circuitos elétricos? Na busca por esse entendimento seria chamada atenção para a história de cada um desses conceitos, principalmente relacionando as montagens experimentais e os relatos dos pesquisadores sobre o que viriam a ser as primeiras noções de cada conceito. Só que isto não é feito por parte do Livro Didático.

A necessidade de especificar o que é um circuito elétrico não seria necessária se a abordagem histórica viesse sendo desenvolvida desde muito cedo, pois poder-se-ia chamar de circuitos elétricos as montagens experimentais utilizadas por pesquisadores/as na prática laboratorial. Exemplificados estariam muitos exemplos de circuitos elétricos de forma implícita até. Entretanto, como tal abordagem não vem sendo feita, eis que o texto do livro necessita definir tal expressão. Antes de tal definição esse texto aborda a ideia de corrente elétrica e a convenção sobre o sentido de tal corrente. Esses são dois temas que claramente possuem uma raiz histórica que foi preservada até os dias de hoje. Por que “corrente” se o que ocorre é um movimento orientado de cargas elétricas? Por que se define um sentido “convencional” a esse movimento se o que realmente ocorre não é o movimento convencional? Essas são questões ligadas a prática científica, pois, ao falar sobre a convenção de tal corrente elétrica, de acordo com Alonso e Finn (2012, p. 502): “Esta convenção pode parecer inconveniente, mas foi adotada antes de se saber que a corrente, nos condutores

metálicos, se deve ao movimento dos elétrons; tornou-se, depois, difícil de alterar”. O texto produzido não cita explicações dessa natureza, o que constitui uma perda de explicação.

O próximo conhecimento básico que os astronautas da Apollo 13 deviam estar cientes é o conceito de intensidade de corrente que é medida em Ampère. Porém, o livro não faz essa ligação, não cria um banco de perguntas que justificassem o aparecimento de tal conceito. A noção de intensidade de corrente poderia ser levantada em algum relato histórico de um pesquisador sobre a “quantidade de fluido elétrico” que uma garrafa de Leyden armazenava ou que uma pilha voltaica poderia oferecer. Todavia, a apresentação de tal conceito se dá na forma de um pouso vertical. Uma nota histórica sobre André-Marie Ampère é inserida logo após a indicação da homenagem dedicada a este em relação a unidade de medida.

Para Maxwell e de acordo com Rocha (2002, p. 250) ao “Newton da eletricidade”, esta foi a parte no livro a ele dedicada. E, ainda, de forma não muito bem harmoniosa com a realidade encontrada na História da Ciência sobre Ampère: “Embora não fosse um estudioso sistemático, Ampère desenvolveu uma grande obra em seus momentos de brilhante inspiração”. Apesar de não ser um “estudioso sistemático” (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013, p. 95) o texto didático prossegue discutindo a obra deste pesquisador, que inclui a lei de Ampère para o Eletromagnetismo, experimentos que permitiram desenvolver a teoria matemática dos fenômenos eletromagnéticos e a construção de um instrumento de medição precursor aos atuais aparelhos de medidas. Não é meio contraditório que um estudioso não sistemático tenha conseguido essas realizações? Em Rocha (2002) encontramos informações sobre seus trabalhos¹¹⁷ que em nada vão consolidar a ideia de estudioso não sistemático que possui *insights* momentâneos. Eis o tipo de informação histórica que acreditamos serem representantes de uma historiografia *Whig* da Ciência conforme Martins (2010) nos chama atenção.

A apresentação de dois temas historicamente marcantes foi feita de forma vertical. A gratuita briga intelectual conhecida como “Guerra das Correntes” entre Thomas Edson e Nikola Tesla sobre a primazia de seus sistemas de produção e distribuição de energia elétrica foi apresentada de forma omissiva em várias partes, pois o subtópico se intitula “corrente contínua e corrente alternada”, onde, porém, nada referente a esse contexto citado é discutido.

¹¹⁷ Entre elas: a construção de um aparelho de medição elétrica chamado por ele de galvanômetro; a demonstração sobre a força elétrica entre correntes elétricas; Publicação de 15 textos sobre os fenômenos em proeminência a sua época, como a descoberta de Oersted, ao longo de três anos; Apresentando, também, em 1825 sua *Teoria Matemática dos Fenômenos Eletrodinâmicos Deduzida Unicamente da Experiência* que, segundo o autor, é considerada por muitos, uma das mais belas obras da Física Matemática (ROCHA, 2002).

Apenas a maneira de produção de tais correntes é discutida, tendo assim a intenção de informar a existência de dois tipos de corrente elétrica quanto direção do fluxo elétrico. Como dissemos: verticalmente inserida foi essa discussão. Sem nenhuma raiz histórica ou como os pesquisadores cruzaram com tal diferenciação de efeitos em tais correntes. Uma perda de justificação se fez presente então.

O que seria mais significativo aprendermos: conhecer uma disputa histórica¹¹⁸ sobre essa questão que para ser resolvida necessitou de migrações extra científicas, demonstrando uma ligação mais efetiva com o cotidiano, levando a atual forma de transmissão de energia elétrica, ou a enunciação de dois tipos de produção de corrente elétrica aparentemente sem explicações maiores sobre a importância desse conhecimento? Consideramos o caso Tesla-Edison um dos mais interessantes na História da Ciência por ser um excelente representante da Natureza da Ciência produzida sob circunstâncias outras que não as científicas, tornando incognoscível a elucidação dessa disputa quando entendida apenas pela óptica científica como propõe Thomas Kuhn.

No prosseguimento dos temas encontramos um subtópico chamativo intitulado “Pilha seca”. Uma das primeiras perguntas que nos vem à mente antecipadamente a essa expressão é: em que sentido se coloca a palavra “seca”? É o oposto de molhado? A linguagem nesse caso é histórica, pois sim, é nesse sentido que se fala sobre Pilha seca. A contraposição a pilha seca é a pilha de volta, que era embebida em solução salina ou em ácido para produzir eletricidade contínua. A construção das pilhas atuais, que não utilizam essa construção da pilha de Volta, faz uso de reações químicas e tem construção recente. Porém, os autores não explicam por que motivo se chama a pilha convencional atual de pilha seca (sabemos que esta pilha é a que temos atualmente porque uma imagem desta é inserida no texto). Um silêncio sobre tal terminologia é impossibilitada pelo fato da pilha de Volta não ser discutida em momento algum. Esse silêncio poderia ser desfeito caso a pilha de Volta fosse descrita, mas os autores propõem que tal estudo se dê na química, pois a partir dos conceitos de potencial de redução e de oxidação a explicação fosse mais adequada, como se tal instrumento não tivesse papel algum na história da Física.

A discussão sobre Georg Simon Ohm se inicia neste capítulo quando é preciso justificar o nome da unidade de medida de resistência elétrica Ohm. Uma nota histórica é

¹¹⁸Para quem não possui tempo de ler a biografia de tais personagens, recomendamos assistir no YouTube o documentário *Tesla – Master of Lightning*, produzido e dirigido por Robert Uth, documentário este televisionado também pelo canal governamental brasileiro TVescola, evidenciando o episódio conhecido por “Guerra das Correntes”. Link para acesso <<https://www.youtube.com/watch?v=3Ma2HLZjbIA&t=141s>> . Acesso em 12 de Abril de 2017.

dedicada a Ohm. Tal nota possui um caráter interessante do ponto de vista da História da Ciência, pois revela alguns aspectos sobre a reação da Comunidade Científica aos trabalhos de Ohm e a influência de tal postura sobre a produção posterior de tal pesquisador: a frieza e o conseqüente distanciamento de Ohm de realidade científica da época (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013, p. 101). Esta é uma abordagem interessante que poderia ser reproduzida com mais frequência no texto por se adequar a realidade aqui defendida.

A seção “Física no contexto” traz uma discussão sobre “fatores que influenciam no valor de uma resistência de um condutor”. Historicamente essa discussão corresponde ao trabalho de Ohm sobre alguns fatos relacionados aos circuitos elétricos e as noções das quantidades que hoje conhecemos como voltagem, intensidade de corrente e resistência. Segundo Rocha (2002, p. 208) os estudos empreendidos por Ohm o levaram a inserir os conceitos de intensidade de corrente e de resistência, tratados por ele como “perda de força” no condutor metálico analisado e de resistência para considerar a existência de tal perda. Desses estudos algumas relações entre áreas da seção reta, comprimento e tipo de material do condutor e essas quantidades introduzidas por ele foram estabelecidas, correspondendo aos “fatores que influenciam no valor de uma resistência de um condutor”. Entretanto, apesar dos autores tratarem sobre tais fatores em conformidade com os trabalhos de Ohm, nenhuma menção a Ohm é feita nessa seção. Não seria produtivo e significativo mostrar em que consistiu o trabalho de Ohm e o seu papel na construção dos conceitos tratados nas seções precedentes? Não compreendemos o motivo para a omissão dessa informação.

De certa forma, os resultados assim apresentados dão a sugestão de que tais fatores fazem parte da ciência Física sem a necessidade de atribuir este trabalho a algum/a pesquisador/a, uma conquista natural e conseqüente dos estudos nessa área que, de forma absurdamente esclarecida não pode deixar de ser conhecido e realizado por qualquer cientista da área hoje e a época do desenvolvimento desses estudos de circuitos elétricos. Porém, como o próprio Livro Didático salienta, o trabalho de Ohm enfrentou objeções sérias por parte da Comunidade Científica. Bastava apenas inserir a propriedade de tais estudos a Ohm e tudo se resolvia.

O reaparecimento do trabalho desse cientista no livro se dá por meio da enunciação da Lei de Ohm sobre a constância da proporção entre a voltagem e a corrente em um condutor ôhmico. A única ressalva que fazemos é no que diz respeito a utilização da notação dessa lei que, Rocha (2002) informa, não se deu da maneira que fazemos hoje, pois muitos desses conceitos estavam sendo desenvolvidos e/ou melhorados pelo próprio Ohm. Este fato

indicaria a contribuição de Ohm sobre os estudos posteriores a pesquisa elétrica que a essa época já era Eletromagnética.

Uma dessas contribuições poderia ser utilizada por exemplo ao falar sobre os instrumentos de medida que hoje dispomos, pois estes são utilizados para medir, dentre outras coisas, intensidade da corrente elétrica, voltagem e resistência. Essa discussão é feita pelo livro sob o título “Instrumentos elétricos de medida”, contudo, sem a abordagem histórica aqui descrita. Uma abordagem histórica ou uma seção especial poderia ser inserida nesse momento, pois muita prática laboratorial se faz com a utilização de tais instrumentos e saber como Franklin, Volta, Nollet, Ohm realizaram suas medições pode justificar muitos resultados historicamente obtidos por cada pesquisador. O artigo de Medeiros (2002), por exemplo, é um bom caminho para iniciar tal discussão. Inclusive erros de interpretação devido à imprecisão de equipamentos, como foi o caso do efeito Joule, poderiam ser justificados com um conhecimento digno da realidade em que estavam sujeitas tais pesquisas.

De acordo com Rocha (2002) os resultados experimentais obtidos por Joule indicaram-lhe o caminho correta da relação entre o calor dissipado por um fio condutor, em um dado momento, e proporcionalidade ao quadrado da intensidade da corrente vezes a resistência do condutor. Enquanto que Ohm e Humpry Davy tinham estudado tal relação quantitativa, mas concluindo incorretamente sobre a proporcionalidade direta com a corrente. O Livro Didático, ao falar do efeito Joule, comete uma incoerência epistemológica sobre o fato do efeito de aquecimento de um condutor e o nome de tal efeito, onde: “[...] Esse fenômeno foi estudado, no século XIX, pelo cientista James P. Joule (1818-1889) e, em homenagem a ele, é denominado **efeito Joule**” (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013, p. 126). Foi o simples fato de Joule ter estudado o fenômeno que assegurou a honraria concedida pela Comunidade Científica a esse efeito? Vimos que não. Mais uma vez, a escolha dos autores não emprega um cuidado na linguagem, apesar da iniciativa ser louvável. As aplicações do efeito Joule no dia a dia são apresentadas na seção “Física no contexto” sem referência a natureza do trabalho de Joule, sobre como este chegou a estipular tal resultado.

A ligação do Livro Didático com os problemas atuais da Física se apresenta e se evidencia de forma intensa no fim desse capítulo, no tópico “Variação da resistência com a temperatura”, com a apresentação do efeito de Semicondução e supercondutividade de alguns materiais. Este é um tema atual na Pesquisa em Física e possui uma ligação tênue com o Eletromagnetismo da distribuição de eletricidade. A apresentação desses fatos do ponto de vista da abordagem histórica é omissiva quando diz respeito à Semicondução, como os

cientistas conheceram o fenômeno, quando e como se deu o desenvolvimento da área. Mas a abordagem da Supercondutividade é boa. Ao tratar este tema como um caso extremo da variação da resistência com a temperatura e citando a percepção de tal fenômeno pelo cientista holandês Kamerlingh Onnes fica explícita uma abordagem atenta a construção da Ciência; e, posteriormente, a atenção dada aos movimentos de pesquisa presentes na Comunidade Científica após o trabalho de Onnes com vistas a melhorar os resultados deste, e a busca por uma aplicação social viável deste efeito, atendem a um movimento de elucidação sobre a Ciência Normal e o paradigma vigente.

Em momentos como esses percebemos que a apresentação de conteúdos em consonância adequada com a História da Ciência é possível de serem obtidos por parte do Livro Didático, bastando, então, que os autores consigam vislumbrar uma maneira de estender tal prática aos demais conteúdos e a perceber que, como Kuhn (2007) propõe, os episódios menos “chamativos” da História da Ciência são exemplos capazes de promover revoluções na Ciência tanto quanto os episódios marcados com rubricas pelos/as historiadores/as. Esse conhecimento é importante para que uma imagem da Ciência diferente da que vem sendo praticada tanto em manuais científicos quanto em livros didáticos seja paulatinamente transformada pela compreensão dos movimentos que a constituíram e que a constituem. Em especial, o conhecimento sobre as condições humanas que proporcionaram a construção da Ciência.

6.2.2 Capítulo 05: Força Eletromotriz – Equação do Circuito

A imagem e o texto introdutório desse capítulo mantêm a convenção dos outros capítulos, Anexo 7. Sim, o celular! Tal aparelho veio a conquistar um espaço inexpugnável em nossa sociedade contemporânea, sendo essa tecnologia uma das que mais rapidamente evoluíram – isso significa miniaturalizá-la e incluir diversidades de funções. Como tal tecnologia foi desenvolvida? Se os começos são sempre marginalizados e periféricos, como a História demonstra cada vez mais, como se procedeu o início de desenvolvimento de tal tecnologia? Não seria essa uma pergunta instigante a ser exposta e baseado o restante do capítulo? Seria, mas o livro não apresenta questionamentos, onde estes possibilitariam desequilibrações sobre os conhecimentos prévios dos mesmos.

A apresentação de tal tecnologia relacionou-se com a bateria utilizado nos celulares e, que uma forma sucinta, a economia de energia nas baterias. É interessante saber deste fato? Obviamente que sim, porém, a relação entre o que aparecerá no texto posterior e o que fora dito em tal introdução não entrarão em sintonia, visto que o texto não se pauta em apresentar a historicidade do desenvolvimento da bateria. Vimos que nem a garrafa de Leyden, nem a pilha de Volta foram apresentadas até o momento como fontes de alimentação de diversos resultados que foram apresentados pelo livro até o momento. Um problema, pois é cedido espaço a arbitrariedade do pensamento (não bem vinda nesse caso) sobre qual fonte era utilizada pelos/as pesquisadores/as ao longo do tempo em seus estudos. A revolução causada pela pilha de Volta e pela Garrafa de Leyden foi só importante, mas também imprescindível no desenvolvimento da teoria elétrica, magnética e eletromagnética.

O primeiro equívoco de apresentação cometida pelo texto é a apresentação antecipada e vertical sobre a força eletromotriz, f.e.m.. “O que é um gerador de força eletromotriz”. Esse é nome do subtópico da seção “Força eletromotriz”. Duas coisas que chamam a atenção imediata e que esperamos que o livro responda: o que é eletromotriz? Por que “força”? Qual a relação dessa “força eletromotriz” e força elétrica? O que é um gerador? Até o momento essa palavra não foi esclarecida sobre o seu significado limitado em nenhum caso. Todavia, o livro não responde a tais questionamentos. O que resume a explicar é que, após considerar um circuito e imaginar o caminho que a carga elétrica deva percorrer até chegar ao outro polo da *bateria*, existem

Vários outros dispositivos elétricos que, como uma bateria, são capazes de realizar um trabalho sobre as cargas elétricas que passam através deles, aumentando o potencial dessas cargas. Tais dispositivos são denominados **geradores de corrente** ou **geradores de força eletromotriz** (gerador de f.e.m.). Assim, uma pilha (ou uma bateria) é um gerador de f.e.m., pois utiliza energia química, que é transferida para as cargas sob a forma de energia elétrica (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013, p. 144).

Vemos que nada referente a uma explicação sobre a terminologia foi discutida. Por que chamar de força eletromotriz o fato das cargas serem transportadas de um polo de potencial mais baixo para um mais alto? O que significa gerar energia se essa apenas é transformada? Rastreamos em Rocha (2002, p. 210) sobre a justificativa desses termos e sobre esse processo:

O conceito de *fem* foi introduzido por Ohm para aclarar a ideia de tensão, usada por Franklin em seus trabalhos. Por outro lado, o conceito de diferença

de potencial elétrico entre os extremos do condutor não foi usado pelo fato do mesmo só ter sido melhor compreendido a partir de 1828, após os trabalhos do matemático escocês George Green. A “força eletromotiva” de Ohm mostrou-se o elo de ligação entre o galvanismo (ou melhor, a teoria das correntes) e a eletrostática e, aos poucos, as noções de “força eletromotiva” e “tensão” foram sendo relacionadas ao conceito matemático de potencial.

Sobre a terminologia usada podemos supor que o uso da palavra força se deva ao fato do desconhecimento desses outros conceitos auxiliares que ainda não tinham sido compreendidos em natureza. Segundo Jammer (2011) o “conceito” de força serviu a muitos objetivos ao longo do desenvolvimento da Ciência, sendo que muitas vezes seu uso como *termo metodológico intermediário* pode ser percebido. Assim, o termo força eletromotriz representa a noção do fato do “gerador” intermediar uma força sobre as cargas a fim de assegurar a coerência da situação em análise.

O conhecimento histórico sobre esse tema ainda poderia oportunizar uma discussão sobre a “Expressão da Diferença de Potencial entre os polos de um gerador”. Este subtópico é posterior a um tópico intitulado “Diferença de potencial nos terminais de um gerador” e, como vimos, a construção dessa união entre f.e.m., potencial e tensão não ocorreu de maneira simples, tendo ocorrido migrações de considerações matemáticas sobre a noção de uma grandeza física, o potencial (o trabalho de Green), para que tal construção ocorresse. É interessante observar que o livro chama atenção para um fato que ele mesmo não esclarece antecipadamente – uma confusão interpretativa –, sendo que seu adequado entendimento se efetiva ao estudarmos a história dos conceitos em questão descritos. Segundo o livro,

Algumas pessoas costumam confundir os conceitos de f.e.m. e diferença de potencial, acreditando que a diferença de potencial [...] existente entre os polos de um gerador, é sempre igual à sua f.e.m. [...]. Entretanto, isso não é verdade, como veremos na análise a seguir. (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013, p. 154).

Historicamente, como vimos, isso é verdade, pois o primeiro conceito só corresponde ao segundo em igualdade apenas quando o circuito está aberto. Em essência os conceitos são resultantes de considerações diferentes. O livro apenas desenvolve fisicamente uma expressão que relacione a diferença de potencial de um gerador em seus polos e a sua f.e.m. Toda a questão problemática sobre o que viria a ser a força eletromotriz, a diferença de potencial nos polos de um gerador é suprimida – este foi um problema a ser resolvido na Ciência Normal, conforme Rocha (2002) cita sobre o trabalho de Ohm –, sua existência só pode ser suspeita nessa citação acima descrita e ainda sim, sem a discussão da construção gradual desta, da

expressão matemática em si, impossibilitando o entendimento em plenitude da observação que o livro propõe, como isso pode ser desenvolvido na prática científica, na prática humana, em quais condições humanas esta foi desenvolvida.

A contribuição de Gustav Kirchhoff ao estudo desses circuitos é apresentada historicamente – entenda: seu nome e nacionalidade são apresentadas, assim como a fundamentação, conservação da carga e da energia, que o levou a enunciar as leis dos nós e das malhas – e desenvolvida as considerações matemáticas e físicas destes estudos. Nada mais relativo a tal pesquisador ou o contexto a sua época, incluindo tentativas de entendimento das relações entre grandezas em circuitos que utilizavam resistências, capacitores foram emersas da profunda história do Eletromagnetismo.

Findo o capítulo encontramos, na seção “Física no contexto”, uma discussão sobre semicondutores e transistores, sendo que o conhecimento obtido do estudo de tais componentes possibilitaram a miniaturização de muitas tecnologias que fazem uso dos conhecimentos eletromagnéticos. A discussão sobre o celular poderia ter retornado, mas assim não o foi. A seção é interessantíssima, pois o desenvolvimento de tais tecnologias foi um marco na história desse campo de estudo. Mostra-se em tal seção a história sobre a invenção do transistor com o nome dos pesquisadores que ganharam o Nobel com esse aparelho e uma discussão das conquistas provenientes do aprofundamento desses estudos, como a invenção do *chip* e de aplicações práticas bem sucedidas destes, possibilitou muitas tecnologias hoje disponíveis na palma da mão a exemplo do celular.

A única ressalva que fazemos, além da negligência sobre o celular apresentado no início da seção, é quanto à primeira parte do texto de tal seção: “É possível que você já tenha ouvido falar que as válvulas eletrônicas foram substituídas por dispositivos muito menores, mais econômicos e mais duráveis, construídos com o auxílio de materiais semicondutores” (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013, p. 161). Será? Todas essas informações são antinaturais ao pensamento. Primeiramente a informação sobre válvulas já chama atenção (o que são válvulas?), além da substituição destas por outros aparelhos feitos com materiais recentemente descobertos e mais vantajosos em vários termos não ser uma informação simples de ser encontrada nos “ouvires falar”. Uma melhor explicação sobre semicondutores (a maneira pelo qual foram conhecidos, estudados, encarados) ajudaria a iniciar o entendimento sobre as vantagens sobre as válvulas, estas necessitando de explicações melhor especificadas, tais como origem, desenvolvimento posterior, aplicações em meios de comunicações, problemas na produção, custo-benefício, espaço. Essa parte foi negligenciada,

uma pena, pois tais desenvolvimentos são os episódios de mudança mais expressiva para a realidade atual de nossa tecnologia, dos novos problemas resultantes dessas novas descobertas na prática científica e a utilização maciça de tecnologias atuais nas diversas atividades humanas.

O capítulo ainda inclui duas outras seções seguidamente a esta citada, uma “Integrando...” e a outra denominada “infográfico”. A primeira discute a diferença entre a abordagem utilizada na Química e na Física entre a pilha de Daniel e o geradores de força eletromotriz. A pilha de Daniel, que costumeiramente aparece na Química, é o escopo das considerações entre as abordagens em tais disciplinas. Por que não expô-la na configuração da Pilha de Volta? Talvez pela intenção de demonstrar essa tal de “diferença de abordagem” que existe entre tais disciplinas. Um momento: tal diferença é historicamente válida? Cremos que não. Interpretamos que tal intenção em apresentar essa diferença apenas *contribui* para a *segmentação* entre as *disciplinas*, algo denunciado por Morin como inadequado ao desenvolvimento de aptidões gerais, de uma cabeça bem feita, e que leva-nos as palavras de Feynman (2008) sobre a realidade última do conhecimento: a natureza não sabe que a dividimos.

A apresentação do infográfico aborda as principais informações sobre o funcionamento do computador. A história do desenvolvimento de tal máquina é altamente educativa sobre como a o desenvolvimento dos estudos na área de semicondutores evoluiu e culminou em direção a miniaturização das tecnologias – não implicando que um estudo amiúde resulte necessariamente em melhorias de entendimento (os números primos estão aí para comprovar nossa observação) ou em aplicações. Vale ressaltar que a apresentação dessas informações não são fáceis de entendimento: BIOS, processador, CHIPSET SOUTHBRIDGE, barramentos de expansão e outros temas. (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013, p.168-169) A introdução de conceitos e do funcionamento da máquina requer conhecimento vastos e variados sobre informática. Os autores do livro poderiam se ativer aos circuitos elétricos, ou aos elementos de circuitos que compõe essa poderosa máquina. Nada referente a seu desenvolvimento histórico é realizado.

6.3 Unidade 03: Eletromagnetismo

Essa unidade traz um texto interessante, mas, caso a abordagem histórica se fizesse presente já nesse momento, que poderia ser mais bem utilizado, tendo em vista a continuidade dos conhecimentos que virão. O texto é o que segue:

Conhece-se por Eletromagnetismo a relação mútua existente entre os efeitos elétricos e magnéticos. A aplicação tecnológica dos conhecimentos dessa área é muito ampla, desde a mais simples tarja magnética dos cartões de crédito e bilhetes de metrô e ônibus, passando pelos motores elétricos que fazem funcionar liquidificadores e furadeiras, até os mais complexos sistemas de aceleradores de partículas e usinas hidrelétricas.

Nas ramificações da informática e telefonia móvel, o Eletromagnetismo também está presente, seja no sistema de gravação de dados no disco rígido ou na memória de *chips*, seja nas comunicações entre aparelhos via *Bluetooth*, infravermelho ou *wi-fi* (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013, p.170-171).

Como vimos constatando, a apresentação de aplicações tecnológicas e problemas atuais em Física como aporte à apresentação dos conteúdos é a matéria-prima das discussões realizadas no livro analisado (estamos supondo pelas evidências). Entretanto, essa prática não vem sendo corretamente realizada, pois, como vimos, tal prática não encontra respaldo ao fim de cada capítulo, servindo apenas como um *condutor* até os conteúdos que, como a abordagem histórica não é tratada adequadamente, são expostos de maneira vertical, como fundamentos a serem aprendidos com naturalidade.

Sugerimos que em tal texto, que não exhibe nenhum traço de historicidade, poderia auxiliar em desequilibrações nos/as leitores/as, sendo o restante do capítulo dedicado a indiciar algumas respostas a essas desequilibrações. Uma imagem de um cartão magnética servindo como chave para uma fechadura eletrônica está disposta na página de apresentação a unidade e o pequeno texto que inserimos em outra página. Não seria mais conveniente otimizar tal espaço? Em duas páginas facilmente descrever-se-ia muitos aspectos da sociedade atual que se pautam na utilização de equipamentos “tecnológicos” como citados acima. Um fato que seria interessante se pautaria em indicar a correlação entre todos esses aparelhos, informando os/as leitores/as sobre um papel desempenhado pelos conhecimentos da Física nessa atual configuração: o Eletromagnetismo. Aliado ao conhecimento proporcionado pelo ensino da História sobre o progresso tecnológico da sociedade atual perante a sociedades passadas, devido sobretudo ao uso de máquinas, equipamentos, instrumentos tecnológicos etc. poderia ser instaurada a interessante questão sobre a cisão entre tais períodos aparentemente antagônicos.

Utilizando a abordagem de Bryson (2011): em que momento as sociedades começaram a fazer uso desses equipamentos? Como, onde, por quem estes foram inventados? Qual o papel da Ciência nesses desenvolvimentos? Como a sociedade influenciou o desenvolvimento de tais construções? Quem foram os personagens científicos envolvidos nesses desenvolvimentos? Quais suas reais contribuições? A busca pela resolução de problemas influenciou alguma dessas aplicações? Essas seriam algumas perguntas que se alinhariam a uma discussão capaz de oferecer elementos mais profundos sobre a Natureza da Ciência e do trabalho dos cientistas, assim como entendimento sobre as relações entre os diversos meios (culturais, econômico, ambiental, político) sem deixar de discutir a realidade atual que nos encontramos. Sendo o Eletromagnetismo um dos conhecimentos da Física mais diretamente palpáveis no dia a dia social (seja no trabalho, no lazer, na pesquisa científica, social) esse estudo se auto justificaria. Como entender a atualidade das questões energéticas de nossa sociedade atual se essa discussão for tratada excluindo esses aspectos sociais próprios do seu desenvolvimento?

O estudo científico composto, também, por elementos históricos é importante para compreendermos, até, se as perguntas que costumeiramente fazemos sobre o objeto de estudo são adequadas. Seria a pergunta “o que é Eletromagnetismo?” adequada ao estudo deste? Certamente que sim, se o enxergarmos do ponto de vista do que ele é hoje com o desígnio de atender a uma rápida desequilibração, mas esta abordagem não se torna tão adequada sobre o ponto de vista histórico.

6.3.1 Capítulo 06: Campo magnético – 1ª parte

O texto e a imagem que abrem o capítulo seguem o padrão convencional que viemos discutindo, Anexo 8. Não o discutiremos, pois. A primeira observação que emergimos é sobre a história do Magnetismo presente no livro.

As primeiras observações dos fenômenos magnéticos são muito antigas. Acredita-se que essas observações foram realizadas pelos gregos, em uma cidade da Ásia, denominada Magnésia. Eles verificaram que existia, nessa região, um certo tipo de pedra que era capaz de atrair pedaços de ferro. Sabe-se atualmente que essas pedras, denominadas **ímãs naturais**, são constituídas por certo óxido de ferro.

O termo “magnetismo” foi usado para designar o estudo das propriedades desses imãs, em virtude do nome da cidade onde foram descobertos (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013, p. 173).

As informações prestadas não são, historicamente falando, deliberadas. Rocha (2002) apresenta outra versão, atribuída a Plínio (23-79 d.C.), o Antigo, sobre um pastor de ovelhas grego chamado Magnes que teria se surpreendido pelo fato da ponta de seu cajado ter sido atraído por uma pedra que se encontrava ao longo de seu caminho. De uma ou outra forma, o fato é que Platão já tinha relatado o fenômeno da atração do ferro pela magnetita.

O problema na verdade, pois se utiliza a palavra “Acredita-se” na primeira informação, reside na segunda informação, pois esta vem a contrariar a linguagem empregada na informação acima. Ora, se o termo magnetismo é devido a este fato, não se acredita mais, confirma-se! A linguagem é complexa. Deste modo, além de não explicitar adequadamente a incerteza dessa informação (e aproveitar o momento para explicar as limitações da historiografia, por exemplo) o livro poderia apresentar a segunda informação citada: o quão antiga é essa observação.

Caso a abordagem histórica se seguisse, o Livro Didático não deixaria de abordar uma interessante questão, mas que infelizmente, baseada em sua abordagem, a suprime ao afirmar que: “Verificou-se que os pedaços de ferro eram atraídos com maior intensidade por certas partes do imã, as quais foram chamadas **polos do imã**” (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013, p. 174). Quem verificou? Quando se verificou? Essa informação foi simples em ser observada? Sem a pesquisa histórica, a questão encerra-se sobre si mesma. Conforme Rocha (2002) o maior conhecedor do imã natural na época medieval foi o engenheiro Pierre de Maricourt, sendo ele, inclusive, responsável pela denominação “polo” do magneto. Este pesquisador teria compilado todas as informações que pode sobre essa questão e fez observações e experiências próprias sobre esse fenômeno. Teria sido ele também o primeiro pesquisador a perceber a inseparabilidade dos polos magnéticos. Assim, o livro poderia ter se aproveitado dessa discussão em vez de relegar à imaginação e à dúvida uma resposta incipiente como a apresentada.

Outro exemplo: “Suspendendo-se um imã em forma de barra, de modo que possa girar livremente em torno de seu centro observa-se que ele se orienta sempre ao longo de uma mesma direção [...]” (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013, p. 174). Em vez de “observa-se” poderia este fato ser apresentado como um fato experimental, ou um problema, pois as explicações a este fenômeno com certeza não foram simples nem ao menos poucos. Este é um fato que deva ser explicado por algum sistema interpretativo. A utilização prática deste fato

poderia ter sido discutida historicamente, como em Rocha (2002, p. 202), pois os chineses teriam sido os primeiros a fazer uso de tal fato, sendo que a história registra um uso ocidental por volta de 1180 em uma obra do inglês Alexander Neckan. Além do fato de tais aplicações estarem relacionadas a projetos de exploração, fato este que poderia ser discutido como uma influência extra científica nas considerações assim tidas. Porém, o Livro Didático cita essa ligação, mas sem nenhum aporte histórico anterior a informação aparece verticalmente.

O que poderia ser mais antinatural ao pensamento do que uma regra simples quanto: “polos magnéticos de mesmo nome se repelem e polos magnéticos de nomes contrários se atraem” (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013, p. 174). Nada referente às reações dos pesquisadores diante desse reconhecimento é feito, nem muito menos tentativas de discutir como os diversos pesquisadores interpretavam esse fato. “É possível que você já tenha observado que, ao tentarmos aproximar o polo norte de um ímã do polo norte de outro ímã, notaremos que há uma força magnética de repulsão entre esses polos” (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013, p. 174). Após esse discurso o texto insere a regra acima inserida.

Será que é dessa forma que a Ciência obtém seus resultados? Apenas por observação direta? Posso observar algo e enunciá-lo em uma simples lei? Nada referente a essa discussão prossegue e a próxima seção se inicia. Qual a explicação é dada atualmente para explicar o caráter dessas “regras”? Nada sobre isso no Livro Didático é proposto, talvez pelo fato de que não há uma explicação fundamental para tal efeito, a não ser a de que o ímã tenha essa propriedade¹¹⁹, devendo, então, o referido texto explicar o caráter desse conhecimento.

O próximo subtópico é intitulado “A Terra é um grande ímã”. Esta seção aborda HC. Nesta, os autores citam o fato da nossa atual explicação para a orientação da bússola ter sido formulado por William Gilbert em seu livro *De magnete, magneticisque corporibus et de magno magnete tellure* (Sobre os ímãs, os corpos magnéticos e o grande ímã terrestre), onde a hipótese de que a terra se comportaria como um grande ímã é registrada. Gilbert teria ainda descrito um grande número de propriedades dos ímãs e formulado hipótese rumo a explicá-las. O fato da convenção dos polos magnéticos da Terra ser invertidos em relação aos polos geográficos é explicado, pois tal se tratou de uma convenção com a orientação da bússola (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013).

Algo que poderia ser tratado mais detalhadamente seriam tais propriedades dos ímãs, pois Rocha (2002, p. 203) nos mostra que Gilbert buscou em seu livro enunciar diferença de natureza entre os fenômenos elétricos e magnéticos: os efeitos elétricos se propagavam

¹¹⁹Devemos pedir desculpas, pois não encontramos nenhuma discussão sobre essa temática. Como este fato foi explicado pelos pesquisadores que a ele tiveram contato? Silêncio.

através de “eflúvios”, enquanto os magnéticos se davam através de uma “esfera de influência”, pois estes despertavam no ferro uma propriedade latente, permitindo a sua atração; a observação de Gilbert sobre as propriedades dos imãs consolidava a sua ideia de ambos meios de propagação de efeitos elétrico e magnéticos, pois, enquanto que a atração elétrica era barrada pela umidade do ar ou pela água a atração mútua entre o ferro e o imã não, explicações asseguradas pelo eflúvio e pela esfera de influência.

Então, percebemos que o sistema de explicação teórico-experimental de Gilbert possuía consistência interna, algo que poderia ser utilizado no texto para demonstrar um exemplo de sistema de explicação que não o atual, mas que há seu tempo era legitimamente assegurado pelos ditames científicos, revelando um exemplo de movimento de adoção de um paradigma ou ainda um exemplo do agudo de Morin (2003) sobre a cegueira que o conhecimento científico pode oportunizar ou ainda a ideia de Piaget e Garcia (2010) *apud* Bartelmebs (2014) sobre a influência dos supostos teóricos do pesquisador no momento da observação e explicação dos fenômenos envolvidos. Muitas perspectivas de aprendizado podem ser derivadas dos relatos de tais pesquisadores, algo que consideramos insubstituível para a consolidação da noção: “Construção da Ciência”.

Um ponto que discutimos anteriormente é a questão da inseparabilidade dos polos magnéticos percebida segundo a história registrada por Pierre de Maricourt. Esta informação é apresentada verticalmente pelo livro como um subtópico, “Inseparabilidade dos polos”, seguidos das palavras: “Outra propriedade interessante dos imãs consiste na inseparabilidade dos polos: verificou-se experimentalmente que não se consegue obter um polo magnético isolado” (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013, p. 175). A exemplo de Eliot-Morin, quantas informações e sapiências foram perdidas nessa informação! A importância desse fato é assegurada até mesmo pelas equações de Maxwell, sendo a procura dos monopolos magnéticos uma questão não encerrada na Física (graças ao trabalho de Paul Dirac). Nenhuma informação referente a Pierre de Maricourt ou a atualidade do tema na pesquisa em Física. Um enraizamento histórico de tal fato poderia assegurar uma linha de pensamento até a busca por tal conhecimento (é possível obter um polo magnético isolado?) na Física atual.

Após esse subtópico seguimos analisando a próxima seção intitulada “Eletromagnetismo”, ou seja, o cerne do livro. Porém, o descuido na apresentação histórica de tal seção não poderia ser maior. Os problemas que serão evidenciados mostram um tipo de noção sobre a historiografia da ciência totalmente inadequada segundo as posturas atuais da historiografia citadas em nosso trabalho. Vejamos.

O magnetismo foi se desenvolvendo com o estudo das propriedades dos ímãs, algumas das quais já descrevemos na seção anterior. Não se suspeitava, no entanto, que pudesse existir qualquer relação entre os fenômenos magnéticos e os fenômenos elétricos. Em outras palavras, o Magnetismo e a Eletricidade eram considerados dois ramos da Física totalmente independentes e distintos um do outro.

Entretanto, no início do século XIX, um fato notável determinou uma mudança radical nesse ponto de vista. Esse fato, observado pelo professor dinamarquês H. C. Oersted veio mostrar que há uma íntima relação entre a Eletricidade e o Magnetismo, ao contrário do que se pensava até então (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013, p. 176).

Não se suspeitava? Não tem sido esta a versão que os historiadores da ciência vêm demonstrando existir sobre os períodos antes de Oersted. Segundo Martins (1986, p. 91): “Em certo sentido, a relação entre a eletricidade e magnetismo era conhecida desde o século XVIII. Pelo menos três séculos antes de Oersted já se observara que as bússolas eram perturbadas, durante tempestades, e que por ação de raios sua polaridade era invertida”. Este autor cita o fato de Franklin estar ciente desse fenômeno, mas que infelizmente não acreditava na ligação entre tais fenômenos, pois: “Em relação ao magnetismo, que parece ser produzido pela eletricidade, minha opinião atual é que esses dois poderes da natureza não possuem afinidade mútua, e que a aparente produção do magnetismo é puramente acidental” (SPARKS, Works of Franklin, pp. 450-1^a *apud* Martins, 1986, p. 93). Dessa maneira, muito antes de Oersted observar seu fato “notável” suspeitava-se sim que Magnetismo e Eletricidade possuísem uma relação íntima ao invés de “não se suspeitava”. Conforme Martins (1986, p. 93)

Mesmo sem resultados claros, no início do século XIX, a posição dos físicos esclarecidos era algo assim: é claro que há uma relação entre eletricidade e magnetismo, mas não se sabe exatamente qual é essa relação. O problema estimulava, por isso, a realização de experiências mais ou menos ao acaso, procurando-se novas interações entre eletricidade e magnetismo. Mas a procura não era totalmente cega: guiava-a a uma suposição entre as semelhanças entre as simetrias dos fenômenos elétricos e magnéticos.

Então, o início do século XIX citado no Livro Didático analisado não pode corresponder à realidade deste século e a descoberta de Oersted veio a confirmar o que se pensava até então, e não o contrário como o é suposto pelo texto em análise. A descrição da experiência desse pesquisador é mais problemática que a citação anterior, pois, segundo o livro

Em 1820, trabalhando em seu laboratório, Oersted montou um circuito elétrico, tendo nas proximidades uma agulha magnética. Não havendo corrente no circuito (circuito aberto), a agulha magnética se orientava na direção norte-sul, como já sabemos [...].

Ao estabelecer uma corrente no circuito, Oersted observou que a agulha magnética se desviava, tendendo a se orientar em uma direção perpendicular ao fio AB [...]. Interrompendo-se a corrente, a agulha retornava à sua posição inicial, ao longo da direção norte-sul. Essas observações realizadas por Oersted mostravam que uma corrente elétrica podia atuar como se fosse um ímã, provocando desvios em uma agulha magnética. Verifica-se, assim, pela primeira vez, que existe uma relação entre a Eletricidade e o Magnetismo: **uma corrente elétrica é capaz de produzir efeitos magnéticos** (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013, p. 177).

Comentemos algumas coisas antes de falarmos da descoberta em si que são importantes considerar tendo em vista o que já discutimos sobre a natureza da pesquisa científica. De acordo com Martins (1986), Oersted era conhecedor de muitos experimentos que vinham sendo relacionados a essas pesquisas antes de 1820, sendo mantido informado sobre tudo o que se fazia nestas (experiências químicas até). De acordo com o autor, Oersted foi influenciado por suas concepções metafísicas que ele dispunha sobre a natureza, levando-o a *crença* na unidade entre eletricidade, calor, magnetismo e luz¹²⁰. Este pesquisador teria baseado suas experiências na concepção de dois fluidos elétricos, implicando em uma corrente galvânica transportando, no mesmo fio, por exemplo, os dois fluidos ao mesmo tempo. Segundo o próprio Oersted haveria em um condutor uma constante decomposição e recomposição do equilíbrio elétrico no condutor (MARTINS, 1986).

Seguindo a concepção de que a diferença entre a corrente galvânica e as descargas elétricas da garrafa de Leyden era apenas quantitativa, Oersted foi guiado, também, pela ideia de que o magnetismo poderia estar relacionado ao conflito elétrico, apesar das experiências que visavam magnetizar uma agulha de aço com a corrente galvânica não terem sido bem sucedidas (apenas após a experiência de Oersted tais experiências foram bem sucedidas) (MARTINS, 1986). Baseado nessas concepções sobre o comportamento de um condutor, este autor cita que qualitativamente aquele pesquisador poderia encontrar era: (1) o fio condutor se tornasse algo semelhante a uma agulha magnetizada (com os polos magnéticos correspondendo aos polos do fio); (2) o fio se tornasse um polo magnético. Segundo este

¹²⁰ Em Martins (1986, p. 95) encontramos um fragmento de um artigo escrito pelo próprio Oersted para a Enciclopédia de Edinburgo que descreve as concepções que o dirigiu: “O Eletromagnetismo foi descoberto no ano de 1820 pelo professor Hans Christian Oersted, da Universidade de Copenhague. Durante toda sua carreira, ele aderiu à opinião de que os efeitos magnéticos são produzidos pelos mesmos poderes que os efeitos elétricos. Ele não foi levado a isso pelas razões comumente alegadas a favor dessa opinião, mas por um princípio filosófico, o de que todos os fenômenos são produzidos pelo mesmo poder original. [...]” (OERSTED, 1827).

autor ainda, as experiências que viriam a verificar tais hipóteses não o levariam a reconhecer o efeito que o tornaria mundialmente famoso. Como então Oersted fez sua descoberta?

Sobre esse aspecto Martins (1986) apresenta uma versão, que se tornaria posteriormente a oficial, dada por Hansteen sobre o fenômeno em carta endereçada a Faraday datada de 1857, ou seja, muito tempo após a experiência descrita. Segundo Hansteen (1857), há fortes evidências para considerar a descoberta de Oersted como que por acaso. Teria sido durante ao final de uma aula noturna do curso que este ministrava sobre eletricidade e magnetismo que o pesquisador ousou verificar o que ocorreria com a agulha magnética – este estaria tentando expor a sua ideia de ligação entre magnetismo e eletricidade mostrando experimentalmente a não observabilidade dessa relação (não entendemos como isso é possível) – se fosse experimentado colocar o fio paralelamente à agulha. Fazendo uso de uma forte pilha este pesquisador teria ficado perplexo ao ver a agulha oscilar com força, tendo sido logo invertido o sentido da corrente e observado o fenômeno correlato. Segundo Martins (1986), tal descrição é questionável, sendo a dada por Oersted sobre sua descoberta mais plausível. A descrição foi publicada na Enciclopédia de Edinburgh.

Oersted descreve que ao preparar sua apresentação sobre a analogia entre magnetismo e eletricidade conjecturou que apenas uma ação lateral devia produzir um efeito magnético pela eletricidade, pois uma ação na direção da corrente já tinha sido demonstrada em nada resultar. Este acreditava também na possibilidade de tal efeito ser perceptível apenas no momento em que o fio condutor utilizado se tornasse incandescente, a exemplo da produção do calor e da luz pela eletricidade, sendo estes propagados em todas as direções, o magnetismo deveria se propagar desta forma pelo condutor. O fio condutor, para tal, necessitando ser muito fino. A experiência foi preparada, não testada antes da aula, com tal fio sobre a bússola encerrada sob vidro. No decurso da aula pareceu-lhe mais forte a ideia de testá-la. Embora sob tais circunstâncias teóricas e experimentais, a bússola foi perturbada, apesar de não impressionar o público, pois o efeito era muito fraco e irregular. Oersted não realizou experiências sobre o assunto durante os próximos três meses, postergando-a a uma época mais conveniente pela fraqueza e aparente confusão dos fenômenos na primeira experiência. Retornando a estas, usando um aparelho galvânico mais forte e percebendo a não necessidade de fios finos na percepção dos efeitos, muito pelo contrário, Oersted “descobriu” (palavras dele próprio), através de experiências continuadas por alguns dias, a lei fundamental do Eletromagnetismo: que o efeito magnético da corrente elétrica tem um movimento circular em torno dela (OERSTED, 1827 *apud* Martins, 1986).

A diferença entre essa descrição e a de Hansteen é clara. Martins (1986) chama atenção para o fato de que Oersted não indica a maneira pela qual o fio foi inicialmente disposto, mas, independente de tal fato, o importante a destacar é que aquele pesquisador não fez tal descoberta ao acaso, se tratando mais de uma mudança de atitude deste sobre a ação magnética não ser paralela ao fio, mas circular como vimos.

Diante de tudo isso, reler o texto que o livro propõe é percebermos a total discrepância com a história desse episódio, pois, além de em ambas as versões descritos termos que não foi no laboratório que o fenômeno foi percebido e sim durante uma aula que estava tentando corroborar essa ligação íntima entre ambos os fenômenos, nada referente aos supostos teóricos de Oersted são citados ou ao fato de ser circular o efeito magnético em torno do fio, nem relativos ao fato de tal montagem desse circuito não ser ao acaso, mas deliberadamente feito com vistas a testar um efeito consequente da utilização de concepções que este possuía sobre a corrente galvânica.

Prosseguindo nessa apresentação rápida e simples da Ciência, citando o vertical fato notável de Oersted a essa época, lemos que: “Percebendo a importância de sua descoberta, Oersted divulgou-a, atraindo a atenção de grandes cientistas da época” (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013, p. 177). Será mesmo verdade? Já dissemos que o próprio Oersted distanciou-se desse fenômeno pela confusão causada no momento da primeira experiência. Qual foi a postura da Comunidade Científica diante dessa descoberta? Um relato histórico nos esclarece uma dessas reações:

De acordo com Dulong, em uma carta a Berzelius, no mês seguinte, “As notícias (do trabalho de Oersted) foram recebidas inicialmente de modo muito frio aqui (Paris). As pessoas pensaram tratar-se de um novo delírio germânico”. De acordo com Ampère, quando Arago descreveu os novos fenômenos à Academia, “as pessoas os rejeitaram da mesma forma como haviam rejeitado as pedras caídas do céu (meteoritos) na época em que Pictet leu uma memória sobre essas pedras no instituto. Todos decidiram que aquilo era impossível” (CANEVA, 1980 *apud* MARTINS, 1986, p. 102).

Apesar da descoberta de Oersted ser apresentada sob um opúsculo que continha cerca de **60 experiências** nas quais ele discorria sobre muitos testes com este fenômeno, a aceitação de tal descoberta foi envolta em muita discussão e incompreensão (MARTINS, 1986). Diante desta rica história por trás desse episódio e da incompreensível utilização do livro de alguns desses dados (totalmente equivocados) ficamos em dívida com o entendimento: qual a fonte histórica utilizada pelo livro? Como o livro não cita suas fontes

fica impossível julgarmos tais fontes, apesar dos reflexos dessa utilização ser bem claros. O conflito fica ainda mais evidente quando lemos a nota histórica referente à Oersted no lado direito da página em questão (Em apenas uma página retiramos todas essas citações):

Em um ensaio de 1813, **previu** que deveria existir uma ligação entre a Eletricidade e Magnetismo. Em 1820, durante uma **aula**, descobriu que uma agulha magnética é desviada quando colocada nas proximidades de um condutor de corrente elétrica, assim **confirmando** experimentalmente sua **previsão** (grifos nossos) (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013, p. 177).

Não comentaremos essas afirmações por já termos comentado o contexto da descoberta de Oersted. Os termos destacados indicam a natureza da historiografia que é praticada pelo livro. Afinal: foi durante uma aula ou no laboratório que o efeito foi percebido? Ele previu ou foi influenciado pelo seu tempo? Problemas como esses ocorrem quando a história é ignorada ou não adequadamente praticada.

As outras seções que seguem tratam verticalmente de alguns efeitos que vieram a se tornar conhecidos pela pesquisa eletromagnética, intituladas como: “o vetor campo magnético”, “direção e sentido da força magnética”, “linhas de indução (e do campo terrestre)”, “movimento circular em um campo magnético”, “força magnética em um condutor” etc. Um fato que chama atenção nessa exposição é o subtópico “O que se entende por campo magnético”. Em tal apresentação o livro usa reiteradas vezes a ideia de que apenas o **espaço em torno** de uma carga elétrica (e de um ímã) em movimento é perturbado, o que é uma inverdade, já que os efeitos magnéticos, assim como os elétricos variam com a distância e esta é infinita.

Nesse movimento é apresentada uma nota histórica sobre Nikola Tesla. A maneira pela qual tal cientista é instaurada é devido à terminologia da unidade de medida do campo magnético, o Tesla. Segundo a nota histórica, Tesla foi o primeiro cientista a construir o motor elétrico. Sendo uma pessoa muito dinâmica este pesquisador teve oportunidade de desenvolver outras invenções, entre elas a bobina de Tesla (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013). Conforme o documentário sobre a Guerra das Correntes Tesla inventou sim um motor elétrico, mas era um motor a base de corrente alternada, algo que à época era tido como impossível de ser construído. Thomas Edison tinha uma patente sobre um motor elétrico que usava corrente contínua e era pouco eficiente por usar faiscamento¹²¹. Michael Faraday, como veremos, foi o primeiro a utilizar a energia elétrica e transformá-la em energia mecânica

¹²¹ Ver nota 102 para conhecer a cronologia dos fatos apresentados.

usando seu protótipo de motor elétrico, o primeiro do tipo. A influência que as linhas de indução magnéticas sobre as considerações de Faraday poderiam ser retomadas, caso estas tivessem sido discutidas no caso elétrico. Todas as conquistas de Tesla a composição da atual forma de transmissão de eletricidade não foi discutida. Uma rica discussão é omitida e, infelizmente, não referenciada ao leitor/a como existente.

Dois desses subtópicos poderiam fazer uso de aspectos históricos diretamente ligados ao que dissemos: “o galvanômetro” e “o motor de corrente contínua”. O primeiro foi desenvolvido, o modelo apresentado, por Ampère e o segundo por Faraday, além de Edison ter um modelo patenteado. Seria feito assim uma concatenação com casos anteriormente citados sobre esses pesquisadores. Mas nada referente a estes são citados. Quem idealizou uma utilização para o fato de uma força surgir em um condutor percorrido por uma corrente elétrica em um campo magnético ficou relegado à imaginação, algo que poderia ser facilmente superado se uma abordagem que favorecesse tal informação viesse sendo desenvolvida.

6.3.2 Capítulo 07: Campo magnético – 2ª parte

A introdução de tal capítulo é convencional, ou seja, sem referência direta a nenhuma História da Ciência (Anexo 9). Tal texto poderia proporcionar, sob o viés histórico científico, alguns questionamentos que poderiam ser utilizados para guiarem o capítulo ou para introduzir a discussão sobre a natureza magnética: “o que quer dizer “fluidos magnéticos”?” “Essa ideia de que o magnetismo poderia ser um fluido é válida?”, “como se produz um campo magnético forte atualmente?”, “qual o princípio básico do funcionamento de um aparelho de ressonância magnética?”. Mas o texto não adota essa postura e prefere continuar chamando atenção para a avaliação do processo ao invés de preocupar-se com questões de cunho histórico. A introdução da frase “A Física se relaciona com outras áreas do conhecimento [...]” nos revela certa artificialidade ainda em ter que reconhecer esse ponto como necessário ao entendimento das migrações históricas que ocorreram e fomentaram (ocorrem e fomentam) reciprocamente áreas do conhecimento humano. A abordagem histórica, mais uma vez, auxiliaria intenções como essas.

Esse capítulo em especial não se dedica a nenhuma informação histórica a não a ser a “regra de Ampère” sobre a direção da corrente e o sentido do campo magnético em torno de um fio condutor. Praticamente todos os tópicos e subtópicos desse capítulo constituem problemas de pesquisa eletromagnética (ou historicamente, magnética) que, a partir de suas resoluções, vieram a se tornar informações a serem conhecidas pela Física posterior. Mas nenhuma menção a nenhum desses trabalhos é feita. Nenhum nome, data de desenvolvimentos, país, circunstâncias dos estudos, influência externa. Aparentemente nos parece mais como uma apresentação de características básicas a serem aprendidas sem nenhum questionamento, tais como: direção e sentido de \mathbf{B} ¹²², regra prática para determinar o sentido de \mathbf{B} , fatores que influenciam o módulo de \mathbf{B} , campo magnético no centro de uma espira circular, campo magnético de um solenoide etc.

É claro que há acima aprendizados que não podem ser questionados, mas que merecem reconhecimentos, tais como: por que existe uma regra prática para se determinar o sentido de \mathbf{B} ? Tal regra surge a partir do reconhecimento da não naturalidade em reconhecer esse sentido e sua ligação com a corrente. Como se sabe que tal fator não influencia o módulo de \mathbf{B} ? Por que é importante saber o campo magnético no centro de uma espira circular? Porque a maioria dos circuitos montados são enrolamentos de fios em torno de centros circulares a fim de produzir bobinas, sendo a espira circular o caso mais simples e é matematicamente mais simples, pois tal cálculo para outros pontos da espira é trabalhoso.

Há outros tópicos que mereceriam informações mais dignas de questionamentos, tais como: influência do meio no valor do campo magnético, imantação de um material, materiais paramagnéticos e diamagnéticos, materiais ferromagnéticos. É facilmente suposto que tais conhecimentos não tenham sido conhecidos sem experimentação, práticas laboratoriais, sendo essas informações não naturalmente reconhecíveis, especialmente pela sensibilidade dos efeitos registrados. São nesses tópicos que são discutidas a invenção do eletroímã. Quer dizer, a discussão física do eletroímã, nada referente a seu idealizador (ou seus), país de origem, época de desenvolvimento, primeiras áreas de aplicação. Neste ponto ainda encontramos erros no uso da linguagem, como “por que um ímã atrai um pedaço de ferro”. Já discutimos o uso dos porquês na Física. Essa é certamente uma das perguntas históricas mais importantes no estudo dos ímãs naturais, sendo que a resposta a essa pergunta é despida de sua importância histórica, onde a precisão da importância de tal resposta fica prejudicada, muitas vezes nem visualizada. A discussão paradigmática atual é fortemente realizada.

¹²² O livro adota a convencionar a representação vetorial do Campo Magnético em fonte maiúscula em negrito.

É sob esse tópico, na busca por entender como um pedaço de ferro é atraído por um ímã, que é introduzido um caso histórico: Michael Faraday, no século XIX, teria percebido que um material diamagnético, um pedaço de bismuto, quando aproximado de uma extremidade de um ímã era repelido, não atraído, a exemplo do ferro, “como ele estava acostumado a observar” (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013, p. 214). Ponto. Nada mais é discutido. Quantas discussões poderiam ser feitas a partir desse caso histórico? Da maneira que viemos discutindo, muitas. Casos como esses nos exemplificam a importância dada a alguns casos históricos: pontos de arremate do texto produzido.

Quatro seções especiais são dedicadas ora a aplicações tecnológicas dos conhecimentos aprofundados nesse capítulo ora a discussão de reconhecimento de sistemas naturais que fazem uso de tais conhecimentos em discussão. A primeira delas, “Aplicações da Física”: “Como se forma a imagem em um tubo de TV”; A seguida a esta, “Física no contexto”: “Outras aplicações do eletroímã”; A terceira, “Física no contexto”: “O campo magnético terrestre”; A última, “Integrando...”: “A Física e a forma como os seres vivos se orientam no espaço”. Tais seções contêm informações importantíssimas para entendimentos de tecnologias atuais e de problemas de pesquisa de outros campos de estudo que surgiram há muito tempo, tal como: como uma tartaruga sabe exatamente qual a praia em que nasceu a fim de retornar até a mesma para desovar depois de um longo tempo em alto mar?

Não negamos a importância de tais seções, mas sim a omissão completa de fatores históricos sobre quem foram os personagens nesses conhecimentos, a temporalidade, as circunstâncias desenvolvimentistas e outras considerações, já que a aplicabilidade de tais conhecimentos está mais do que estabelecida pelo livro. Como salienta Martins (2001), a pluralidade de abordagens é mais vantajosa do que um dogmatismo metodológico. Tal pluralidade, apesar de ser prevista pelo livro, não está sendo adequadamente praticada. Quatro seções dedicadas a essas discussões, muitas delas com detalhes técnicos excessivos, poderiam ser reorientadas, ao menos uma delas, para uma discussão histórica sobre fatores antecedentes as perguntas que viriam a ser discutidas nas seções seguintes, evitando a apresentação vertical de tais questionamentos, na verdade, fazendo o leitor reconhecer ao mesmo tempo o fato e a explicação correta do mesmo. Talvez tais apresentações antecedentes não fossem necessárias se essa apresentação histórica viesse sendo praticada desde o início, pois a motivação inicial para a busca de tais questionamentos não necessita sempre ser realizada, mas assegurada pelo bom discurso.

Simples, mas poderosos, questionamentos que motivaram muitos pesquisadores na busca por suas explicações, nutrindo a pesquisa Física, são apresentadas nesse capítulo, onde, porém, nenhuma menção a esses movimentos fundadores é feita. Grandes experimentadores e aplicações históricas não são referenciadas, a não ser pelo caso do Telégrafo Morse citado (seu funcionamento) pelo livro, algo que historicamente representou uma ligação íntima entre essa nova Ciência, o Eletromagnetismo, e a burguesia em ascensão¹²³. Em algum momento da sua história o Eletromagnetismo anexou esses conhecimentos a seu *corpus* de estudo. Essa é a única conclusão que chegamos ao ler esse capítulo.

6.3.3 Capítulo 08: Indução Eletromagnética – Ondas Eletromagnéticas

O texto apresentado no início desse capítulo é um enredo incrível, Anexo 10. Abordar esse fato histórico, que hoje chega a ser jocoso, é importante para exemplificar a não naturalidade das tecnologias hoje abundantes e “normais” da sociedade, além de mostrar a forte dependência evolutiva entre ambas. Esse episódio narrado poderia servir, caso algumas linhas viessem a ser escritas a mais, pois o texto está, de fato, muito bom, também ao restante do capítulo, onde discutir as origens dos fatos que possibilitaram o surgimento de meios de comunicação como o rádio e a televisão iriam de encontro à boa iniciativa de pesquisa histórica desse episódio. A ideia de que a luz viaja a essa velocidade e de que esta é uma onda (!) foram conquistas ao intelecto difíceis de serem aceitas e não algo que deva surgir naturalmente em discussões. De um início perturbado, onde a Mecânica exerceu grande influência como paradigma, até a aplicação suspeita de tais conhecimentos por Marconi decorreu-se um longo e perturbado momento na história do Eletromagnetismo. Mas o texto não se inclina a montar inicialmente esse quadro problemático da Física. Vejamos.

O primeiro tópico desse capítulo é intitulado “Força eletromotriz induzida”. Segundo o texto,

¹²³ Essa e outras dezenas de informações históricas podem ser assistidas no documentário da BBC, apresentado costumeiramente pela TVescola, *Shock and Awe: The Story of Electricity*, apresentada pelo Físico Iraquiano, naturalizado Britânico, Jim Al-Khalili, professor este muito interessado na apresentação da história dos conteúdos da ciência para a televisão. O documentário é dividido em três episódios e mostra de uma forma equilibrada a história do Eletromagnetismo. Recomendamos.

Sabemos que a produção de corrente elétrica requer o consumo de uma forma qualquer de energia. Até a época de Michael Faraday, porém, somente a energia química era transformada em energia elétrica, de maneira aproveitável, por meio de pilhas ou baterias. Mas esse processo não é adequado para produzir grandes quantidades de energia elétrica, como as necessárias para iluminar nossas cidades [...] ou alimentar indústrias. Em 1831, Faraday descobriu o fenômeno da indução eletromagnética, que provocou uma verdadeira revolução no estudo do Eletromagnetismo. [...] Nesse capítulo, analisaremos o trabalho de Faraday sobre o fenômeno da indução eletromagnética, descreveremos como essa pesquisa foi utilizada na construção dos dínamos e dos transformadores e mostraremos como o grande físico escocês J. Maxwell desenvolveu a teoria das ondas eletromagnéticas apoiando-se nas descobertas de Faraday (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013, p. 224).

Que promissor! Ao que nos parece, esta é uma grande discussão. Mas a realidade já se apresenta contraditória. Primeiramente: sabemos? Nenhuma discussão é refeita pelo livro, neste volume, sobre a conservação da energia, algo de suma relevância. Segundo, o texto deixou a entender que a justificativa que levou Faraday a seus estudos foi à busca por um meio de produzir grandes quantidades de energia elétrica, o que não é verdade. É desse reconhecimento, a maneira “arcaica” de produção de eletricidade contínua antes de Faraday, que o texto apresenta o trabalho desse ilustre pesquisador, uma abordagem que usa erroneamente a História da Ciência. Segundo Rocha (2002), é na busca pela verificação de simetria do recente fato descoberto por Oersted sobre os desvios da agulha magnética proporcionados pela corrente galvânica que Faraday percebe os primeiros efeitos relacionados a esse fenômeno que, dada as condições que se apresentam neste – os efeitos só apareciam quando ocorriam variações no fluxo galvânico –, constituíram um mérito intelectual de Faraday. Nada referente a essa investigação, que na realidade pode ser encarada como um trabalho da Ciência Normal, um problema a ser investigado, é citado no livro.

Obviamente a procura por um modo de produzir eletricidade em larga escala não pode ser tido como um meio de justificativa histórico válido, pois, já que nenhuma indústria ou casa era fomentada por eletricidade tal necessidade nem se quer existia, nem ao menos era possível, em termos de conhecimento, Faraday ser conduzido a um problema dessa natureza sendo guiado por essa intencionalidade. Analisaremos como o restante do capítulo será representado pelos objetivos históricos declarados.

A fim de expor naturalmente as ideias de Faraday em um contexto mais amplo, enraizado, os autores apresentam dois subtópicos antes, intitulados “Condutor em movimento dentro de um campo magnético”, que discute o que ocorre com os elétrons livres sob tais circunstâncias e a instauração de uma DDP, Diferença de Potencial, como consequência dessa

situação e define o que seria uma f.e.m. induzida, e “Corrente induzida em um circuito”, que vem a discutir o tipo de fluxo elétrico (no caso aqui, corrente alternada) que é gerado em uma experiência que gera f.e.m., o circuito “U”, esta anteriormente descrita no subtópico anterior.

“Outros exemplo de f.e.m. induzida”. É dessa forma que o trabalho de Faraday é introduzido no texto.

O cientista inglês M. Faraday, realizando um número muito grande de experiências no século XIX, verificou que existem várias outras situações nas quais se observa o aparecimento de uma f.e.m. induzida em um circuito (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013, p. 226).

O texto apresentado é, ao mesmo tempo, cuidadoso e generalista, conceitos aparentemente ambíguos. Cuidadoso por informar-nos que Faraday fez um número grande de experiências, o que de fato ocorreu como aponta Dias e Martins (2004), onde este verificou f.e.m. induzidas em alguns deles antes de estipular um resultado geral. O livro apresenta em seguida o exemplo clássico em que este pesquisador teria chegado incontestemente a sua lei: o circuito em formato de solenoide onde um ímã é movimentado em seu interior. Segundo o Livro Didático Faraday teria chamado de “induzida” essa f.e.m. por analogia com um circuito anteriormente discutido no livro, o circuito “U”¹²⁴. Outro exemplo que Faraday teria percebido uma f.e.m. induzida é mostrado no livro, onde uma bobina ligada a um circuito que abre e fecha influencia outra bobina ligada a um amperímetro (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013).

Segundo Dias e Martins (2004), Faraday já tinha realizado o experimento descrito pelo livro, o condutor em forma de solenoide e o ímã móvel, antes de 1831, tentando verificar se um ímã influenciaria a intensidade de uma corrente elétrica, sem, no entanto, ter observado os efeitos mesmos do experimento último citado, muito pelo fato de nesse primeiro experimento o solenoide estar ligado aos polos de uma bateria voltaica, algo que não ocorreu no último (Martins deixa claro que os efeitos eram para ser percebidos durante os instantes de variação brusca do fluxo magnético). Este seria um belo exemplo de como a experimentação influenciaria a pesquisa. De acordo com os autores, Faraday realizou dois experimentos bem sucedidos em que este percebeu o fenômeno da indução eletromagnética: o anel de ferro e a pinça de ímãs. Segundo os autores,

¹²⁴ Bem conhecido circuito em um curso de Eletromagnetismo básico. Neste tipo de circuito investiga-se a Indução Eletromagnética devida ao movimento relativo de um condutor e de um condutor magnético. Consultar, para maiores especificações, a referência a Alonso e Finn (2012).

Nesse momento, Faraday já estava ciente de que era possível produzir correntes elétricas a partir de uma outra corrente elétrica (a indução volta-elétrica) como pela variação magnética brusca (no experimento da “pinça” formada por dois ímãs). Embora ele já tivesse tentado obter efeitos pela aproximação e afastamento de ímãs, não tinha obtido resultado, mas tais efeitos deviam existir. Por isso ele insistiu e no dia 17 de outubro de 1831 Faraday realizou o seu experimento mais conhecido, a indução de corrente pela movimentação de uma barra magnética dentro de uma bobina (DIAS e MARTINS, 2004, p. 527).

É a partir do experimento do anel de ferro que, Rocha (2002), este pesquisador teria percebido que não era necessária a presença do núcleo de ferro para que o efeito fosse percebido. Sendo apresentado assim, sem o núcleo de ferro, no Livro Didático, esse seria o segundo exemplo pelo qual Faraday teria percebido o efeito da indução eletromagnética, o que na verdade foi o primeiro, sendo o primeiro exemplo apresentado pelo livro o terceiro em termos de sucesso, sendo que este foi o primeiro em termos de aparecimento a fim de teste da simetria do fenômeno de Oersted, como dissemos de acordo com Dias e Martins (2004) (essa aparente confusão só ocorre quando se intencionalmente se inverte a ordem histórica desses experimentos).

Não encontramos em nenhuma fonte consultada o experimento (o circuito “U”) que, segundo o livro, teria influenciado Faraday a nomear a f.e.m. como induzida, o que é estranho. Segundo o livro o circuito “U” era “explicável” antes de Faraday por outros conhecimentos que já tinham sido estudados no livro¹²⁵. A descoberta de Faraday constitui assim um fato “inteiramente novo, que não poderia ser explicado baseando-se em leis estabelecidas anteriormente dentro do campo do Eletromagnetismo” (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013, p. 226). Realmente a descoberta de Faraday é singular, porém, Rocha (2002, p. 254) nos afirma que baseando-se na ideia de linhas de força que o próprio Faraday idealizou, este pesquisador “sintetizou seus resultados afirmando que a variação das linhas de força magnética pode induzir uma corrente num fio.”

Dito isto, podemos verificar que o livro apresenta informações históricas fora da ordem cronológica – fato importante a se considerar –, duvidosas, justificadas em um contexto anacrônico e longe de expor a intenção de Faraday de verificar se havia ou não a

¹²⁵Não entendemos em que conteúdos tais temas fossem explicados pelo livro e não entendemos como tal circuito poderia ter sido explicado antes de Faraday, já que este, como lemos em Dias & Martins (2004), teve que se convencer que correntes elétricas poderiam induzir correntes elétricas, além de o campo magnético ser o responsável por induzir correntes elétricas também. Se algum caso experimental fosse conhecido por ser anterior a estes desdobramentos de Faraday como indutor de corrente elétrica não seria este um caso a ser estudado e não influenciador do trabalho de Faraday (segundo o Livro Didático, foi por analogia com o circuito U que Faraday teria denominado f.e.m. induzida a f.e.m. que apareceu no solenoide com o ímã móvel)? Nesse caso, somos forçados a perguntar: que fontes históricas o livro consultou?

simetria entre magnetismo e eletricidade deixada em aberto por Oersted onze anos antes de Faraday enunciar positivamente tal simetria. Segundo Dias e Martins (2004, p. 528),

O trabalho de Faraday mostra-se assim um bom exemplo de que a evolução científica se faz com muita pesquisa, com resultados positivos e negativos, com debates dentro da comunidade, com conflitos e, principalmente, com investigações em torno de hipóteses e ideias. Elementos importantes para uma discussão sobre a Ciência que devem ser levados para as salas de aula, juntamente com a valorização do trabalho experimental.

O próximo tópico a ser abordado é “A lei de Faraday”. O formalismo explicitado pelo livro a fim de explicar fisicamente a indução de tal corrente induzida é a apresentação da ideia de fluxo magnético. Essa, que migrou da mecânica dos fluidos, poderia ser referenciada assim, a fim de que uma migração de conhecimentos fosse exemplificada como Morin (2003) defende expor. É nessa discussão que uma nota histórica de Wilhelm Eduard Weber (1804-1891) é introduzida logo após ser exposta a unidade de medida do fluxo do campo magnético, o Weber. A nota histórica é curtíssima, sendo dito que tal pesquisador estudou juntamente com Gauss o magnetismo terrestre (informação nova) e que desenvolveu o telégrafo eletromagnético (sem maiores informações sobre esse aparelho), tendo sido honrado com o nome do fluxo magnético por seus inúmeros trabalhos no campo da ciência do magnetismo (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013, p. 228).

O enunciado da lei de Faraday não deve nos surpreender, se esta for encarada como a simetria do fenômeno descoberto por Oersted, ou seja, que os efeitos magnéticos no tempo podem induzir efeitos elétricos em um condutor em circuito fechado. Dessa forma, a apresentação seria naturalmente enraizada em um estudo anterior, vindo a corroborar com a aceitação desse novo conhecimento, intensificando, assim, a noção do que viria a constituir uma aprendizagem significativa desse tema. O livro não chama atenção para esse “arremate” que poderia ser proporcionado pela abordagem histórica, deixando implícito ao/à estudante a importância desse conhecimento no prosseguimento das pesquisas eletromagnéticas que viriam a ser destacadas matematicamente por Maxwell. Segundo Rocha (2002) é nessa fase, após os trabalhos de Joseph Henry e Heinrich Lenz, que chegam a resultados similares aos de Faraday, sendo Lenz quem acoplaria a lei de indução eletromagnética um importante conhecimento, que a época das descobertas experimentais é completada – 1834.

Lenz é apresentado pelos autores em uma seção única a este. Segundo o texto “Embora Faraday tivesse percebido esse fenômeno, ele não conseguiu chegar a uma lei que indicasse como determinar o sentido da corrente induzida” (ALVARENGA & MÁXIMO,

2013, p. 236). Sendo, então, Lenz, alguns anos depois de Faraday, 1834, o cientista a apresentar uma “regra” (aspas dos autores) que permitiria resolver esse problema. Uma nota histórica¹²⁶ é dedicada a Lenz. Não procuramos retirar de Lenz suas conquistas, muito pelo contrário, mas ao realizar este movimento de descrição torna-se representativo a forma pelo qual o livro prefere dedicar as suas notas históricas.

Destacamos o ponto central de nossa discussão através de um único exemplo: **não é dedicada nenhuma nota histórica a Michael Faraday!** Não há nenhuma imagem desse pesquisador, nada de sua vida – a não ser que foi um cientista inglês do século XIX. Esse, com total clareza foi, sob o crivo de nossa análise, um dos maiores equívocos cometidos pelos autores do Livro Didático analisado, apesar de abordá-lo, os inúmeros trabalhos de Faraday não foram valorizados, onde, os/as estudantes, a partir desse reconhecimento, possivelmente irão dedicar a Faraday um papel não muito evidente em todos os estudos desenvolvidos até agora. Um estudo sobre esse pesquisador, como Dias e Martins (2004) destacaram, não só das conquistas de Faraday, como também das condições sob as quais ele as fez, poderiam servir a inúmeros intentos, não só como exemplo de cientista em construção, mas como ser humano que, embora limitado pela sua difícil e singular formação, de início humilde e improvável conseguiu se tornar um dos mais célebres cientistas da história.

As contribuições deste pesquisador vão desde a descoberta do princípio do transformador, do dínamo de Faraday (o primeiro gerador mecânico de corrente contínua), o primeiro motor elétrico (teria sido Faraday e não Barlow o primeiro a construir este), idealizador das linhas de força e da ideia de campo, por indução, além da influência dos trabalhos teóricos deste sobre Maxwell e outros (ROCHA, 2002). Essas são apenas algumas informações¹²⁷ incipientes sobre esse ilustre pesquisador que não mereceram destaque na referida obra didática.

Uma dessas contribuições de Faraday é discutida no livro, o transformador. Em uma seção intitulada “transformador”, compostas pelos subtópicos “o que é um transformador”, “como funciona um transformador” e “relações entre as voltagens no primário e no

¹²⁶ Quando falamos de nota histórica em tal livro é sempre uma imagem seguida por um texto que aparece em alguma margem de uma página.

¹²⁷ Mais informações sobre a vida e obra de Faraday de uma forma bem ilustrada encontra-se em COSMOS – uma odisseia no espaço. Produção norte-americana de sucesso mundial, premiada e foi altamente indicada a premiações televisivas. As informações históricas contidas são interessantemente ilustradas. Apenas alguns erros de linguagem poderiam ser contornados, mas no geral a série é surpreendente. O episódio dedicado a Faraday, Maxwell e outros físicos ligados ao Eletromagnetismo é o episódio 11: o visionário da eletricidade. Dada a importância dedicada a esse conhecimento na atualidade, também inserimos implicitamente em nossas intenções a possibilidade de dotar o estudante de habilidades e saberes de História da Ciência através da História da Ciência nesta análise, pois ensinar a realidade inclui COSMOS como uma composição desta.

secundário”, nenhuma referência a Faraday ou o que este pesquisador estava investigando, assim como as interpretações do fenômeno quando este pesquisador conscientizou-se fisicamente sobre os resultados inicialmente apercebidos. Imagens de torres de transmissão e subestações de energia elétrica são introduzidas e nada referentes ao anel de ferro de Faraday, onde discutimos seu uso segundo Dias e Martins (2004), em que este tentava verificar a influência de uma corrente elétrica sobre outra como dissemos anteriormente.

O último tópico dessa análise que iremos nos ater é a seção “Ondas eletromagnéticas”. Nesta seção, ao contrário do que vinha sendo realizado, o cuidado é maior, pois esse tema é representante de uma época que pode ser dita revolucionária na Física. O livro faz uma descrição breve de Maxwell em uma nota histórica e fala das quatro equações (utilizando uma palavra cuidadosa, “sintetizou”) ao falar de sua contribuição ao Eletromagnetismo e o fato previsto teoricamente por essas equações – desculpe-nos a expressão imprecisa – as ondas eletromagnéticas. É uma boa discussão, inclusive a ideia do que viria a ser uma onda eletromagnética é feita de forma cautelosa após uma discussão da simetria entre a variação entre os campos magnéticos e elétricos.

Há dois problemas, entretanto, relacionados a essa apresentação: utiliza-se no texto um “gerador de corrente de alta frequência” para criar, através de um eletroímã, um campo magnético variável no tempo e entender a formação de um “distúrbio” eletromagnético. O problema é que um gerador de tal tipo não foi utilizado para a verificação da existência das ondas eletromagnéticas. O aparato experimental utilizado¹²⁸ por Hertz era simples e pouco eficiente, dando ao leitor uma associação errônea dos fatos.

O outro problema é a omissão de um dos capítulos históricos mais interessantes da Ciência: pode a luz se propagar no vácuo? Podem as ondas eletromagnéticas se propagarem no vácuo? O livro não remonta essa questão, pois “Como um campo elétrico e um campo magnético podem ser estabelecidos mesmo em um espaço vazio, é claro que uma onda eletromagnética pode se propagar no vácuo” (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013, p. 245). As duas informações que proporcionam o resultado não foram inseridas no texto, não que tenhamos visto. Essa associação entre a não necessidade de um meio para a criação dos campos elétricos e magnéticos foi usada para justificar a não necessidade de um meio para o campo eletromagnético? Quem a usou? Essa justificativa responde a pergunta: como uma onda cruza o espaço vazio? A suficiência da auto preservação da onda a partir de uma variação em qualquer um dos campos só parece ser inequívoca atualmente, pois os múltiplos

¹²⁸ Ver nota 111.

experimentos realizados em busca do éter luminífero nos fazem indagar se esta questão foi tão simples assim de resolver. Não foi.

A singular e estranha propriedade de uma onda eletromagnética ter de se propagar no vácuo (fugindo da concepção tradicional de onda) é apresentada no texto com naturalidade, apenas afirmando que ao contrário das ondas mecânicas a onda em questão não necessitava de um meio (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013), inserindo a discussão que inserimos acima. O que esse importante capítulo histórico poderia proporcionar ao ensino do Eletromagnetismo na Física? A estrutura da pesquisa científica, os compromissos com a tradição e os paradigmas tradicionais, a influência paradigmática na elaboração de equipamentos, os resultados previstos erroneamente por um “método” científico. O que significa aprender da maneira que o livro propõe? Aprender os aspectos que são necessários e incontestes, mostrando os elementos que são discutidos pelo paradigma vigente e só. Nada condizente aos problemas insolúveis do Eletromagnetismo e a crença na existência nesses meios que seriam aqueles que responderiam a questões ligadas a tradição na pesquisa científica, levando a quebra de paradigma nesta área de pesquisa, mudando os compromissos que os cientistas teriam que abraçar desse reconhecimento em diante, é discutido.

O texto ainda aborda a verificação experimental das ondas eletromagnéticas por Heinrich Hertz no fim do século XIX, sem especificar data. Em três parágrafos, de duas linhas cada, a contribuição de Hertz foi apresentada, impossibilitando que a sapiência seguinte seja conhecida: como se prova que ondas eletromagnéticas (invisíveis) existem? Nenhuma foto ou nota histórica é dedicada a esse cientista.

Em um parágrafo anterior a essa rápida apresentação de Hertz é discutida antecipadamente a ligação do Eletromagnetismo com a óptica. Na página seguinte, na seção “Física no contexto” é discutida “As unificações das teorias físicas”. Nesta seção discute-se a unificação de dois grandes campos da Física: a mecânica clássica e o Eletromagnetismo no que concerne a “forças”. A força gravitacional, a eletromagnética, a nuclear forte e fraca são mostradas como unificadas pela teoria atualmente chamada de TOE, do inglês *theory of everything*, resultados do paquistanês Abdus Salam, sendo sua pesquisa “comprovada experimentalmente graças aos potentes aceleradores de partículas do CERN” (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013, p. 247).

Creemos que essa discussão é interessante e que permite um vislumbre da Física como um todo, um *corpus* de conhecimento coerente, mas tal apresentação é forçosa e, como sabemos pela discussão de Max Jammer (2011), o conceito de força está em processo de

extinção na Física atual. Nada referente a essa decadência desse conceito é trabalhado, sendo tal exposição um retrato de uma realidade que vem sendo contestada. Em referência ao Eletromagnetismo, a inserção deste campo de estudo como um constituinte da realidade física se mostra interessante, mas apressada e mal realizada, tendo Maxwell como o grande personagem desse processo.

O restante do capítulo se atém a discutir o espectro eletromagnético, explicando alguns tipos de ondas eletromagnéticas presentes no dia a dia e faz uma nota história sobre Wilhelm Conrad Roentgen (1845-1923) quando menciona os Raios X. A interessante história de “descoberta” dos Raios X e do entusiasmo no mundo acadêmico para com esse fenômeno e com a pista errada que relaciona a fluorescência e os Raios X que levará Becquerel a concepção errônea, segundo Martins (1990), que este descobriu a radioatividade – na verdade este pesquisador teve um papel na elucidação desse fenômeno, mas não total – são discutidos nesse interessante e “antigo” artigo de Martins (1990), onde, contudo, o livro não aborda nenhum aspecto desse prolífico e excitante momento científico.

Na seção “Aplicações da Física” é discutida a “amplificação da luz por emissão estimulada de radiação – *Laser*”, mas sem nenhuma menção aos estudos históricos da mecânica quântica sobre estados estimulados, onde Einstein possui contribuição importante. Como se produz *Laser* em laboratórios e quando este foi possibilitado pelos e por quais estudos são perguntas não respondidas. Não seria esta uma importante ligação da Física com o desenvolvimento social? Os maravilhosos espetáculos luminosos, as peças trabalhadas a *Laser* ou as canetas *Laser* utilizadas pelos oradores em palestras não seriam exemplos dessa importante criação? Vale realmente mais a pena conhecer como o tal aparelho funciona do que como foi possível os seres humanos entenderem elementarmente os princípios de funcionamento do átomo para logo após uma visualização de sua aplicação ser feita? Qual o papel do Eletromagnetismo nesse episódio? Tais estudos só foram possíveis com a ligação do Eletromagnetismo com a Óptica? Sapiências perdidas na informação.

Duas outras partes ainda do capítulo em questão não serão discutidas por não apresentarem nenhuma menção a história dos conhecimentos científicos. Cabe-nos aqui destacar a grande quantidade de páginas dedicadas a essas duas seções. A primeira delas, “Transmissão e distribuição de energia elétrica”, ocupa cinco páginas e não se remete a nenhuma disputa ideológica corporativa que existiu sobre a prioridade dos sistemas de corrente alternado ou contínuo sobre a maneira de distribuição da energia elétrica a partir da “fonte geradora”, como discutimos na Guerra das Correntes. A segunda seção, na verdade um

apêndice (!), o apêndice F, em sequência aos apêndices dos volumes anteriores, trata dos **Capacitores**. São dedicadas **20 páginas** a exposição dos capacitores: o que é capacitor, capacitância, fatores que influem na capacitância, associação de capacitores, energia de um capacitor. No entanto, nada referente à Franklin, Kleist, Musschenbroek ou a algum paradigma que o tenha possibilitado conforme discutimos em Kuhn (2007). A falta de espaço com certeza não poderá ser apontada como um fator condicionante a essa realidade, estando o projeto científico a que se dedica o livro o fator condicionante principal dessa omissão¹²⁹.

Um último texto, na seção “Infográfico”, vem a discutir aspectos interessantes a sobre a consequência da instalação de uma usina hidrelétrica. “Qual o impacto ambiental da instalação de uma hidrelétrica?” (ALVARENGA & MÁXIMO, 2013). Alguns quadros são apresentados em que se mostra preocupação em indicar que esta forma de produção de energia elétrica não é uma fonte livre de impactos, mostrando uma ligação clara com sua forma de produção, oportunizada pela conservação da energia e do fenômeno de indução eletromagnética, sendo a única maneira possível, o alagamento, de rotação das pás da turbina. Os impactos sociais também poderiam ser apresentados juntamente com as primeiras tentativas de utilizar as quedas d’água para a produção de eletricidade, mas para o propósito da pergunta já é legítima. A descrição é válida e poderia ter sido estendida desde o início do livro.

¹²⁹ Será que os autores conhecem essa discussão de Thomas Kuhn ou outro historiador da ciência? Certamente conhecem o livro de Kuhn citado, pois o referenciam no manual do professor. Mas, a partir da leitura que fazemos desta obra aqui analisada, quão importante foi a obra de Kuhn para a elaboração desta obra? Cremos que muito pouco.

7 À guisa de conclusão

A resenha crítica do livro em questão disponibilizada pelo PNLD para consulta dos/as professores/as discute, genericamente, adequadamente o uso da História da Ciência neste. Percebemos que a valorização das considerações sob a ótica da Física a partir dos paradigmas científicos atualmente vigentes é imperativa na apresentação dos conteúdos. A elaboração de notas históricas curtas e que tratam rapidamente de aspectos da vida científica de alguns cientistas e/ou engenheiros foi percebida em diversos momentos, sendo dedicados a personagens e episódios históricos de maior relevância aos estudos que se desenvolviam nos capítulos pequenos espaços, ao contrário de algumas notas históricas e seções inteiras dedicadas a discorrer sobre alguns pesquisadores e experimentos que não possuíam ligação direta e enraizada com o desenvolvimento conceitual histórico da Física trabalhada e desenvolvimento conceitual dos paradigmas atuais desta.

Muitos erros de apresentação de aspectos históricos de desenvolvimento de conceitos e supostos teóricos, além incoerências interpretativas sobre o trabalho de cientistas, foram notados ao longo do texto. A apresentação de temas do capítulo 01 se mostrou a mais problemática por se tratar de uma discussão inicial que alimentaria as demais discussões tratadas no texto de uma forma geral. Uma introdução a história das primeiras manifestações elétricas é abordada em tal capítulo, mas de forma problemática, de modo que muitas informações históricas importantes foram omitidas ou serviram de apoio a elaboração do conteúdo das seções, porém, de forma implícita e tratadas, então, de maneira natural ao pensamento científico dos/as estudantes. A idealização de muitos conceitos e fenômenos e a complexidade de entendimento sobre suas reais naturezas (ainda hoje em aberto em alguns casos) foram percebidas como conscientes por parte do livro, apesar de esta discussão ser não explícita, sendo a aprendizagem desses pontos um pouco prejudicada, onde a História da Ciência poderia auxiliar em tais momentos.

Ora o Livro Didático apresenta algumas informações históricas de forma adequada, com zelo, condizente a resultados de estudos históricos adequados, ora apresentou informações históricas que nos fizeram duvidar das fontes consultadas e das concepções figuradas na mente dos autores sobre os processos em discussão, nutrindo assim o interesse e a necessidade de saber qual fonte fora consultada. Todavia, tal informação não consta na exposição dos conteúdos, fazendo-nos supor sobre o real movimento de produção dos textos

em que informações históricas são notadas (foi um historiador da ciência que elaborou tal texto? Foram os autores? Difícil concluirmos).

O livro, apesar da resenha consultada registrar a fuga a um formalismo matemático em excesso, aborda em muitos momentos, onde a utilização de procedimentos matemáticos é evidente. Não criticamos tais procedimentos, pois são necessários, criticamos apenas a apresentação das seções que, individualmente, ajudam a esclarecer cada propriedade ou aspecto a ser conhecido do fenômeno. Acreditamos que o uso de discussões (ou indicações diretas no texto) sobre o trabalho de pesquisa, dos movimentos de busca por resolver problemas da Ciência Normal por parte dos pesquisadores já ajudaria a evidenciar a importância e a origem de muitos resultados que são construídos a partir de um paradigma e que são desenvolvidos posterior e paulatinamente pelo trabalho dos/as cientistas, em vez das apresentações verticais, naturais, destes conteúdos.

A ligação da Física com o cotidiano atual de nossa sociedade é fortemente praticada pelo livro, especialmente no início das unidades e dos capítulos. Como dissemos, tal objetivo é necessário e respaldado pela realidade complexa global que vivemos atualmente, mas tal intencionalidade é problemática em alguns sentidos. A apresentação antecipada de conceitos que serão ainda tratados ao longo do texto pode constituir um problema, visto que o livro não retoma a discussão sobre essa apresentação prévia ao fim do capítulo, o que pode ser prejudicial ao entendimento sobre o que aprender e essas aplicações científicas expostas no livro. Mais uma vez reiteramos que a História da Ciência poderia ajudar a complementar essa abordagem ao indagar as circunstâncias históricas, experimentais, conceituais, procedimentais que permitiram direta ou indiretamente a aplicação de tais conhecimentos científicos a algum serviço prático da sociedade. Algumas dessas apresentações são interessantes do ponto de vista do favorecimento do entendimento da realidade atual, mas em nenhuma destas a História da Ciência é oportunizada, ficando a cargo do estudante a busca pelos momentos em que tais tecnologias adentraram na sociedade.

Além das críticas registradas sobre a não adequação deste livro à utilização adequada da História da Ciência, recaindo em exemplos de mau uso desta presente na literatura especializada, como a historiografia *Whig*, encontramos alguns casos em que os autores demonstraram estar cientes da necessidade de empregar o cuidado nas considerações que envolviam informações históricas da ciência e a importância de discutir alguns episódios amiúde, além da consulta a boas fontes desta disciplina. Este é um exemplo de bom uso da

proposta que só uma pesquisa pontual pode revelar, além, é claro, se estivermos inclinados a procurá-las (poucos foram esses casos, mas são exemplos existentes, reais).

Os espaços existentes no livro poderiam ser otimizados a fim de não ser necessário manter distância da História da Ciência *quantum potest*, como verificamos. Vários momentos omitiram tanto quanto possível a utilização de episódios históricos ou do trabalho de pesquisa dos cientistas como demonstrado na análise. Muitas vezes a História da Ciência é utilizada em “grandes momentos” do desenvolvimento conceitual e experimental, como foi o caso representado por Franklin, Oersted, Faraday – apesar da sua problemática apresentação no texto –, Maxwell, sendo os episódios menos “extraordinários” omitidos e representados pela abstração da Comunidade Científica, indo na direção contrária à defesa que adotamos sobre a importância desses episódios que, mesmo aparentemente não revolucionários, foram importantes na transposição dos compromissos da prática científica.

A indicação que realizamos a algumas leituras em português nessa área e a indicação por parte do Livro Didático desses materiais leva-nos a supor uma realidade atual adequadamente fundamentada em muitos episódios históricos do Eletromagnetismo e, como notamos, poderiam servir de material de apoio a preparação adequada de todos os aspectos históricos tratados no texto. Alguns textos indicados apresentam uma cronologia dos acontecimentos que poderia ser pensada pelo Livro Didático a fim de não ser necessário inverter a ordem natural e histórica do pensamento científico de muitos conceitos físicos, como foi encontrado no texto do livro em questão. Destes equívocos muitos problemas podem surgir. A pluralidade de concepções, seguindo as discussões que realizamos, deve ser buscada, visto a enorme importância desenvolvida em nossa época pela Ciência e pela necessidade cada vez mais urgente de entendimento dos cidadãos sobre os problemas que emergem da complexidade de nosso mundo.

Os estudos de desenvolvimento humano poderiam ajudar nessa difícil tarefa de entendimento sobre a natureza da construção do pensamento, principalmente, nesse caso, na busca pela melhor maneira de apresentar os conteúdos ao pensamento do sujeito e indagar a natureza dos aprendizados em cada caso estudado, fazendo uso da História dos acontecimentos para tal, pois cada novo ser humano precisa ser educado dentro da cultura humana. A Ciência faz parte desse legado. Tais investigações poderiam também ajudar o/a professor/a, pesquisador/a, como também os/as autores/as de Livros Didáticos, a perceberem o grande papel que a História da Ciência pode desempenhar no processo de ensino e aprendizagem da Física.

Sob muitos aspectos o livro analisado não está de acordo aos critérios estabelecidos por especialistas da área. Estes fogem ao sentimento de que um especialista não deva constituir-se como um ser dotado de cultura geral. Ficou, via de exemplo, evidente a necessidade dos/as professores/as da Física, em especial, conhecerem e serem instruídos, no sentido indicado, nos diversos níveis discursivos que envolvem não só a História da Ciência, mas o conhecimento como um todo, para atender a criação de um sentimento de democracia cognitiva em nossos cidadãos. As realidades omitidas expostas e as críticas assim feitas visaram exemplificar a necessidade desses conhecimentos discursivos, contribuindo assim para o conhecimento da realidade, por parte, inclusive, dos professores quando do momento de análise das coleções a serem adotadas na escola, em especial a cidade a que destinamos a nossa pesquisa. Atendendo implicitamente a este intuito, cremos que a análise realizada pode servir de aporte ou referência aos professores da cidade a que nos dirigimos a futuras análises de ensino e aprendizagem, em particular, nas produções didáticas, nas perspectivas apresentadas, visto que nosso problema de pesquisa partiu da experiência com a realidade que nos deparamos com o desenvolvimento dos Estágios Supervisionados.

A necessidade de uma formação em Física adequada, ou ao menos uma capacitação inicial, a esse Componente Curricular em discussão – como discutimos, não só na Licenciatura, como também no Bacharelado – nutre-se cada vez mais perante os problemas que vem sendo emersos pela literatura da pesquisa, em nosso caso, em Ensino de Ciências (Física, em particular). As habilidades e competências de análise dessa perspectiva devendo, portanto, serem desenvolvidas, tendo em vista os casos reais, como este trabalho tentou mostrar, em que sapiências e conhecimentos que se perdem na informação devam ser cuidadosamente apresentados a sujeitos que não conhecem a complexidade do conhecimento em tempos de fragmentação deste.

Um dos aspectos que mais falhou na adequação da proposta Histórica da Ciência apresentada, em especial a história do Eletromagnetismo, foi o uso da linguagem empregada. O cuidado nesse emprego, na valorização dos detalhes como um todo, é importante, pois, se não, assim, qualquer gema bruta poderia ser chamada de diamante.

Referências

ALBUQUERQUE^(a), J. L. T. **Relatório de estágio supervisionado II**. 2015. 132 f. Estágio supervisionado. UFCG, Cajazeiras, 2015.

ALBUQUERQUE^(b), J. L. T. **Relatório de estágio supervisionado III**. 2015. 150 f. Estágio supervisionado. UFCG, Cajazeiras, 2015.

ALONSO, Marcelo; FINN, Edward J. **Física**. Lisboa: Escolar Editora, 2012.

ALVARENGA, Beatriz; MÁXIMO, Antônio. **Física: contexto e aplicações**. Editora Scipione, São Paulo, 2014.

BARROS, José D'assunção. **Teoria da História – 2**. Os primeiros paradigmas: positivismo e historicismo. Petrópolis: Editora Vozes Ltda., 2011.

BARTELMÉBS, Roberta Chiesa. **Psicogênese e História da Ciência**: Elementos para uma epistemologia construtiva. Revista Ensaio, v. 16, n. 02, p. 147-165, maio-agosto, 2014.

BICUDO, Irineu. **Os Elementos - Euclides**. São Paulo: Editora UNESP, 2009.

BRYSON, Bill. **Breve história de quase tudo: do bigbang ao HomoSapiens**. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.

DIAS, Silvia Valéria; MARTINS, Roberto de Andrade. **Michael Faraday: o caminho da livraria à descoberta da indução eletromagnética**. Ciência&Educação, v. 10, n. 3, p. 517-530, 2004.

ELIOT, T.S. *Chorus from the rock*. London: Faber, 1947.

FEYNMAN, Richard P., LEIGHTON, Robert B., SANDS, Matthew. **Lições de Física: edição definitiva volume I, II, III e dicas de Física**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

FOUREZ, Gérard. **A construção das ciências: introdução à filosofia e à ética das ciências**. São Paulo: Editora Universidade Estadual Paulista, 1995.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da Autonomia:** Saberes necessários à prática educativa. 25ª ed. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

GLASER, Barney G.; STRAUSS, Anselm L. **The Discovery of Grounded Theory:** Strategies for Qualitative Research. New York: Aldine de Gruyter, 1967.

GUIA DE LIVROS DIDÁTICOS: PNLD 2012: Física. – Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2011.

IVIC, Ivan. **Lev Semionovich Vygotsky / Ivan Ivic;** Edgar Pereira Coelho (org.) – Recife: Fundação Joaquim Nabuco, Editora Massangana, 2010.

JANUÁRIO, Gilberto. **Análise de conteúdo de livros didáticos:** contribuições à prática do professor de Matemática. 2010. 61f. Monografia. Especialização em Formação de Professores. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, São Paulo-SP, 2010.

JAMMER, Max. **Conceitos de espaço:** as teorias do espaço na física. Rio de Janeiro: Contraponto: Ed. PUC-Rio, 2011.

JAMMER, Max. **Conceitos de força:** estudo sobre os fundamentos da dinâmica. Rio de Janeiro: Contraponto: Ed. PUC-Rio, 2011.

KUHN, Thomas. S. **A estrutura das revoluções científicas.** São Paulo: Perspectivas, 1975.

MARTINS, Roberto de Andrade. **Como não se escrever sobre história da física** – um manifesto historiográfico. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 23, nº 1, p. 113-129, Março de 2001.

-----, **Alessandro Volta e a invenção da pilha:** dificuldades no estabelecimento da identidade entre o galvanismo e a eletricidade. *Acta scientiarum* 21 (4): 823-35, 1999.

-----, **Ciência versus historiografia:** os diferentes níveis discursivos nas obras sobre História da Ciência. Pp. 115-145. In: ALFONSO-GOLDFARB, Ana Maria & BELTRAN, Maria Helena Roxo (eds). *Escrevendo a História da Ciência: tendências, propostas e discussões historiográficas.* São Paulo: EDUC/ Livraria da Física/FAPESP, 2005.

-----. **História e História da Ciência:** encontros e desencontros. Pp. 11-46. In: *Actas do 1º Congresso Luso-Brasileiro de História da Ciência e da Técnica* (universidade de Évora e universidade de aveiro). Évora: centro de estudos de história e filosofia da ciência da universidade de Évora, 2001.

-----. Introdução. **A história das ciências e seus usos na educação.** Pp. xxi-xxxiv, in: SILVA, Cibelle Celestino (ed.). *Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino.* São Paulo: Livraria da Física, 2006.

-----. **O que é a ciência do ponto de vista da epistemologia?** Caderno de Metodologia e Técnica de Pesquisa (n. 9): 5-20, 1999.

-----. **Oersted e a descoberta do Eletromagnetismo.** Cadernos de História e Filosofia da Ciência. (10): 89-114, 1986.

-----. **Que tipo de História da Ciência esperamos ter nas próximas décadas?** Episteme. Filosofia e História das Ciências em Revista (10): 39-56, 2000.

-----. Seria **possível uma história da ciência totalmente neutra, sem qualquer aspecto whig?** *Boletim de História e Filosofia da Biologia* 4 (3): 4-7, set. 2010.

MATTHEWS, Michael R. **História, Filosofia e Ensino de Ciências:** a tendência atual de reaproximação. Cad. Cat. Ens. Fís., v. 12, n. 3: p. 164-214, dez. 1995.

MEDEIROS, Alexandre. **As origens históricas do Eletromagnetismo.** Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 24, n.3, Setembro, 2002.

MORAES, J.U.P. **O Livro Didático de Física e o Ensino de Física:** suas relações e origens. SCIENTIA PLENA, Vol. 7, n. 9, pp. 1-4, 2011.

MOREIRA, Marco Antônio. **Aprendizagem significativa:** um conceito subjacente. Aprendizagem significativa em Revista. V1(3), pp. 25-46, 2011.

MOREIRA, Marco Antônio. **Ensino de Física no Brasil:** retrospectiva e perspectiva. Revista Brasileira de Ensino de Física. V. 22, n. 1, mar. 2000, p. 94-99.

MORIN, Edgar. **A cabeça bem feita: repensar a reforma, repensar o pensamento.** 8. ed. Rio de Janeiro : Bertrand Brasil, 2003.

MUNARI, Alberto. **Jean Piaget** / Alberto Munari; tradução e organização: Daniele Saheb. – Recife: Fundação Joaquim Nabuco, Editora Massangana, 2010.

ORIENTAÇÕES CURRICULARES PARA O ENSINO MÉDIO: Ciências da Natureza, matemática e tecnologias. 135 p. vol. 2. – Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006.

PAGLIARINI, Cassiano Rezende. **Uma análise da história e filosofia da ciência presente em livros didáticos de física do ensino médio**. 2007. 115 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

PALANGANA, Isilda Campaner. **Desenvolvimento e aprendizagem em Piaget e Vygotsky: a relevância do social**. 3.ed. São Paulo: Summus, 2001.

PENA, Fábio Luís Alves; TEIXEIRA, Elder Sales; FREIRE JR, Olival. **Como avaliar a qualidade dos livros de física com enfoque na abordagem Histórico-Filosófica?** Anais do VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Núcleo de Tecnologia Educacional e Saúde. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R0600-2.pdf>>. Acesso em 30 de Março de 2017.

PIMENTEL, Ana Carolina. SILVA, Cibele Celestino. **Benjamin Franklin e a História da Eletricidade em Livros Didáticos**. Anais do X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. Instituto de Física de São Carlos, São paulo - SP, 2006.

ROCHA, José Fernando M. (org.). **Origem e Evolução das Idéias da Física**. Salvador: EDUFBA, 2002.

ROCHA, José Fernando Moura. **O conceito de “campo” em sala de aula – uma abordagem histórico-cultural**. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol.31, nº 1, p. 1604, dezembro de 2009.

ROSA, Cleci Werner & ROSA, Álvaro Becker da. **Ensino da Física: tendências e desafios na prática docente**. Revista Iberoamericana de *Educación* (ISSN 1681-5653), n. 42/7, p.p. 1-12, 25 maio de 2007.

Na internet e/ou na Televisão

<https://pensador.uol.com.br/autor/t_s_eliot/biografia/>. Acesso em 23 de Fevereiro de 2017.

<<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R0600-2.pdf>> - Acesso em 30 de Março de 2017.

<https://pensador.uol.com.br/autor/t_s_eliot/biografia/> Acesso em 23 de Fevereiro de 2017.

<<http://dictionary.cambridge.org/pt/dicionario/ingles/raison-d-etre>>. Acesso em 23 de Março de 2017.

<<http://escola.britannica.com.br/article/481798/Magna-Carta.>> Acesso em 23 de Março de 2017.

<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf>. Acesso em 30 de Março de 2017.

<http://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530_F590_F690_F809_F895/F809/F809_sem1_2003/92558ViniciusIsola-RMartins_F809_RF09_0.pdf> Acesso em 30 de Março de 2017.

<<https://www.ufrgs.br/Eletromagnetismo/material-suplementar/historia-do-Eletromagnetismo/>>. Acesso em 30 de Março de 2017.

<<https://www.youtube.com/watch?v=3Ma2HLZjbIA>>. Acesso em 17 de Abril de 2017.

<<https://www.youtube.com/watch?v=3Ma2HLZjbIA&t=141s>> Acesso em 12 de Abril de 2017.

<<http://www.arteeblog.com/2015/11/analise-de-o-pensador-de-auguste-rodin.html>> Acesso em 24 de Abril de 2017.

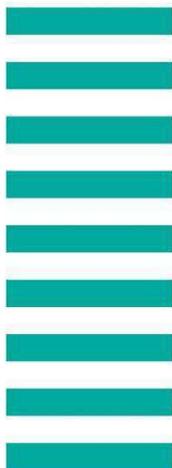
<<http://pnld2015interno.scipioneatica.com.br/pnld2013/default.aspx?opc=108&art=517&set=0&url=livro-digital>>. Acesso em 25 de Abril de 2017.

SHOCK AND AWE: The Story of Electricity. Produção: Open University & BBC. Liberação Original: 06 – 20 de Outubro de 2011.

COSMOS: uma odisséia no espaço. Direção: Brannon Braga, Bill Pope, Ann Druyan,
Produção: Livia Hanick, Steven Holtzman. Estados Unidos da América: Cosmos Studios,
Fuzzy Door Productions, 2014.

ANEXOS

ANEXO 1



Máquinas fotocopadoras monocromáticas. Na máquina da direita o painel frontal está aberto mostrando o cartucho que armazena o *toner*.

CAPÍTULO 1

Carga elétrica

O método de copiar um documento nas fotocopadoras é uma interessante forma de se entender a aplicação dos processos de eletrização. Nas fotocopadoras analógicas, inicialmente, o cilindro fotocondutor (que permite a passagem de corrente elétrica quando nele incide luz) é eletrizado com cargas negativas por indução. Quando o original é fortemente iluminado pela lâmpada, a luz é refletida pela parte branca ou vazia do documento e absorvida pela parte escura ou que possui o conteúdo a ser reproduzido. Um sistema de lentes e espelhos direciona os raios de luz provenientes do original para o cilindro. Nas regiões onde houve reflexão da luz, o material fotocondutor torna-se neutro; onde houve absorção da luz, permanece carregado negativamente.

O próximo passo consiste na deposição do *toner* sobre o cilindro carregado. O *toner* é um pó formado por partículas de plástico e possui carga positiva. Como cargas opostas se atraem, ele é atraído para a região negativamente eletrizada do cilindro. O papel que será a cópia é eletrizado por um processo semelhante ao que sofreu o cilindro fotocondutor. Assim, o *toner* é transferido do cilindro para o papel pela força de atração eletrostática.

Por último, o *toner* é aquecido até seu derretimento e se fixa ao papel. É por isso que quando recebemos a cópia ela ainda está quente.

PARA INICIAR A CONVERSA

☐ O que acontece quando aproximamos objetos carregados com cargas elétricas de sinais opostos? E com cargas de mesmo sinal?

☑ Tanto o cilindro fotocondutor quanto o papel que recebe a cópia são eletrizados pelo mesmo processo. Como se chama esse processo de eletrização e no que ele difere dos outros processos?

🔍 Se o fotocondutor funcionasse de forma oposta, ou seja, não permitisse a passagem de corrente quando nele incide luz, como ficariam impressas as cópias no papel?

1.5 Lei de Coulomb

MEDIDA DA CARGA ELÉTRICA

Vimos que, quando um objeto está eletrizado, ele possui um excesso de prótons (carga positiva) ou um excesso de elétrons (carga negativa). Por esse motivo, o **valor da carga** de um objeto, que vamos representar por Q ou q , pode ser medido pelo número de elétrons que ele perdeu ou ganhou. Entretanto, essa maneira de expressar o valor da carga não é prática, pois sabe-se que, em um processo comum de eletrização (atrás, por exemplo), o objeto perde ou ganha um número muito elevado de elétrons. Assim, os valores de Q ou q seriam expressos por números extremamente grandes.

Na prática, procura-se então usar uma unidade de carga que seja mais apropriada. No Sistema Internacional (SI) a unidade de carga elétrica é denominada **1 coulomb = 1 C**, em homenagem ao físico francês Charles Coulomb. Esse cientista, analisando as forças de interação entre cargas elétricas, chegou a uma importante lei, que estudaremos nesta seção.

Quando dizemos que um objeto possui uma carga de 1 C, modernamente, após o estabelecimento do valor da carga fundamental, entendemos que esse objeto perdeu ou ganhou $6,25 \times 10^{18}$ elétrons, [FIGURA 1.22], isto é:

1 C corresponde a $6,25 \times 10^{18}$ elétrons em excesso (se a carga do objeto for negativa) ou em falta (se a carga do objeto for positiva).

Na Eletrostática, geralmente lidamos com cargas elétricas muito menores do que 1 C. Nesse caso, é costume expressar os valores das cargas dos objetos eletrizados em mC ($1 \text{ mC} = 10^{-3} \text{ C}$) ou em μC ($1 \mu\text{C} = 10^{-6} \text{ C}$).



Charles Augustin de Coulomb (1736-1806)

Coulomb nasceu em Angoulême, na França, e dedicou-se às pesquisas científicas, tendo inventado a balança de Coulomb, dispositivo que lhe permitiu medir as forças elétricas com enorme precisão, levando-o a estabelecer a célebre lei que ficou conhecida como "lei de Coulomb".

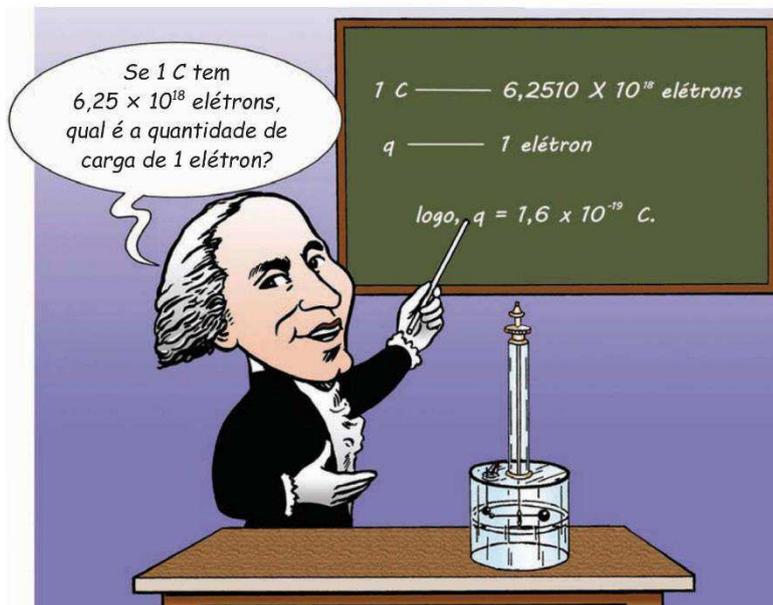


FIGURA 1.22. Cálculo da carga elementar do elétron.



Globe Images/Alamy/Other Images/Alamy

CAPÍTULO 2

Campo elétrico

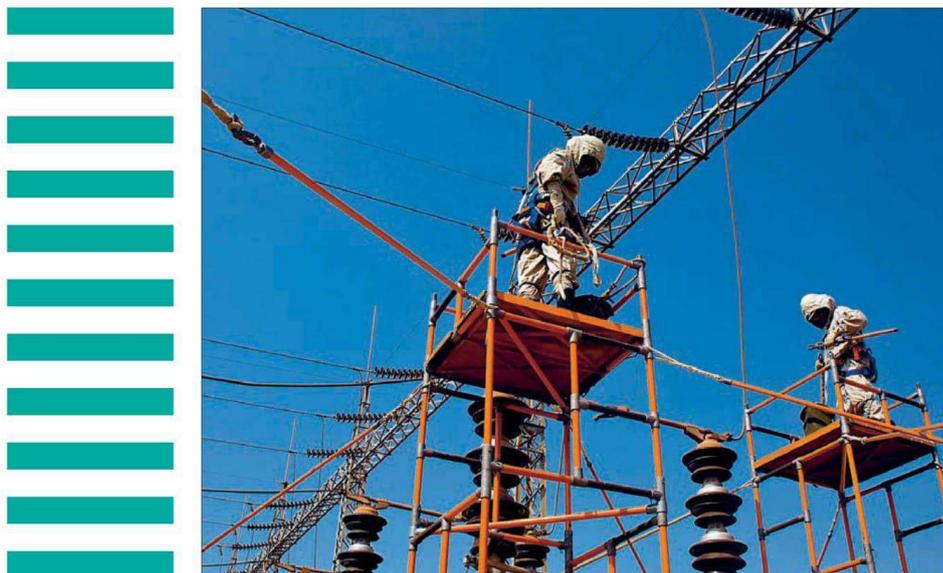
A todo momento somos surpreendidos por novidades tecnológicas nas áreas de eletroeletrônicos e informática. Os equipamentos estão ficando cada vez mais rápidos, compactos, com maior poder de definição e armazenamento de dados.

Um exemplo são os discos rígidos dos computadores (conhecidos como HD – *hard disk* –, local onde são gravados os dados processados); esses dispositivos nunca terão uma capacidade infinita de armazenamento. Comparados com os modelos da década de 1990, os atuais gravam mais dados em uma área menor; em contrapartida, tornaram-se mais suscetíveis a perdas. Mas são justamente desses entraves tecnológicos que surgem as mais inesperadas soluções científicas.

Uma das soluções que estão sendo pesquisadas mostra que um campo elétrico associado ao campo magnético, que grava os dados no disco rígido, pode reduzir a energia necessária para alterar os *bits* magnéticos, tornando o processo de gravação mais preciso. O campo elétrico, tradicionalmente evitado ao máximo nos computadores por blindagens metálicas para evitar descargas elétricas, passa agora a oferecer uma serventia até então desconhecida.

PARA INICIAR A CONVERSA

-  Por que é importante que os discos rígidos tenham sua qualidade de armazenamento ampliada?
-  Como o campo elétrico pode colaborar para isso?
-  O que é blindagem metálica e qual é sua função?



Ricardo Tunes/Pulsar Imagens

CAPÍTULO 3

Potencial elétrico

Infelizmente, um tipo específico de crime tem recebido destaque na imprensa nacional: o roubo de fios e cabos das redes elétricas e telefônicas. Os fios e cabos são feitos de cobre, metal de grande valor no mercado.

Segundo as reportagens, só na cidade de São Paulo, mais de 700 mil quilômetros de fios e cabos são roubados por ano. Quem rouba vende esse produto nos comércios de sucata e ferro-velho. Por sua vez, esses comerciantes repassam o cobre para indústrias de pequeno e médio porte.

Nessa atividade ilícita há sempre o risco de os criminosos, principalmente aqueles que roubam fios elétricos energizados, morrerem eletrocutados, pois, sem utilizar equipamentos de segurança, como luvas e botas de borracha, além de ferramentas adequadas, a probabilidade de ocorrer um acidente é muito grande em razão da diferença de potencial elétrico dos fios e cabos.

Os eletrcistas que fazem reparos nas redes elétricas trabalham com os equipamentos de segurança apropriados para evitar choques elétricos.

PARA INICIAR A CONVERSA

- ☞ Qual é o metal utilizado na fabricação de fios e cabos elétricos?
- ☞ Por que é recomendada a utilização de luvas, botas de borracha e ferramentas adequadas no exercício de atividades que envolvam eletricidade?
- ☞ Além da rede elétrica, onde mais é possível medir a diferença de potencial?

ANEXO 5



Peter Ferrer/Arquivo da Editora

2

UNIDADE

Circuitos elétricos de corrente contínua

Peter Terren é um “entusiasta” da Eletricidade. Médico, físico amador, esse australiano é conhecido por realizar grandes demonstrações do uso controlado da Eletricidade e do Magnetismo. Sua realização mais conhecida é certamente a releitura da escultura de Rodin (1840-1917), *O Pensador: The Modern Thinker* – O Pensador Moderno.

Para realizar essa “obra de arte elétrica”, Terren se submeteu a uma descarga elétrica de 200000 volts por 15 segundos ininterruptos. Ao ser perguntado sobre seus objetivos com a obra, o autor disse querer “transmitir o conceito da era moderna elétrica com a barragem de interferência elétrica nas nossas vidas. Há tantas coisas acontecendo e exigindo a nossa atenção que fica difícil pensar”.

Terren tomou todas as medidas de segurança para realizar esse experimento, inclusive desenvolvendo máscara de proteção para rosto, braços e pés.

CAPÍTULO 4
Corrente elétrica

CAPÍTULO 5
Força eletromotriz – Equação do circuito

“Pensador Moderno”, escultura elaborada por Peter Terren, utilizando descarga elétrica de 200 000 volts.



Archives du 7ème Art/Photos 12/Alamy/Other Images

Cena do filme *Apollo 13*. O filme mostra a história real da falha elétrica na espaçonave.

CAPÍTULO 4

Corrente elétrica

O filme *Apollo 13* conta a história verídica da difícil missão de trazer de volta à Terra, após um grave problema técnico, três astronautas estadunidenses que fariam o terceiro pouso lunar da história. O enorme esforço combinado da equipe terrestre com a lunar fez com que tudo terminasse bem, e os astronautas foram resgatados com vida.

No filme, um dos maiores desafios entre os envolvidos era usar sabiamente a reserva de energia elétrica que a nave possuía. Por exemplo, nos diálogos sobre a temperatura no interior da nave, o chefe da missão, Jim Lovell (interpretado pelo ator Tom Hanks), é categórico: “Nós vamos precisar desses ampères! E o ar-condicionado permanece desligado.”

Em sua fala, o ator utiliza o termo “ampère”, que é a unidade de corrente elétrica. No filme, a preocupação em economizar energia elétrica era fundamental para manter em funcionamento o computador que gerenciava a trajetória e a reentrada da nave na atmosfera terrestre, bem como o acionamento do paraquedas que faria a frenagem final para o pouso.

Isso nos faz pensar em como usamos a energia elétrica no nosso cotidiano. Se fôssemos limitados a usar alguns ampères por dia, quais seriam as nossas reais prioridades?

PARA INICIAR A CONVERSA

 Durante o resgate da tripulação da *Apollo 13*, ligar o ar-condicionado não era uma opção. Por quê?

 Como se estabelece a corrente elétrica nos fios e cabos elétricos?

 Nas residências existem disjuntores ou fusíveis ligados em série aos circuitos elétricos das tomadas e interruptores. Qual é a função desses dispositivos?



Imaginechina/Contrib/Latinstock

CAPÍTULO 5

O desenvolvimento de novos modelos de bateria possibilita aos usuários explorarem diferentes funções dos celulares, além de proporcionar intervalos maiores entre as recargas.

Força eletromotriz – Equação do circuito

O telefone celular pode ser considerado a invenção do século XX que mais sofreu transformações na última década. A tecnologia empregada nesse equipamento fez com que ele se tornasse cada vez menor, mais leve e incorporasse funções que não eram atribuídas inicialmente aos telefones, como câmeras de foto e vídeo, jogos, música e processamento de dados.

A bateria do telefone celular também precisou ser melhorada para prover energia elétrica para todas essas funções. As principais queixas dos usuários eram de que as baterias dos modelos antigos descarregavam muito rapidamente, demoravam a carregar, esquentavam em excesso e tornavam o equipamento pesado. Algumas opções foram testadas e hoje o mercado conta com novos recursos que solucionam esses problemas e garantem às baterias maior vida útil e menor impacto ambiental ao serem descartadas.

À medida que os usuários vão entendendo as funções de seus equipamentos, também vão aprendendo formas para economizar a energia de suas baterias: desligar as funções de compartilhamento de arquivos e dados quando não há necessidade, não utilizar em conjunto a função de toque com a de vibração, reduzir a intensidade luminosa de tela e teclado durante o dia, entre outras.

PARA INICIAR A CONVERSA

📱 Compare a configuração atual do seu celular, ou o de algum colega, com as dicas que o texto oferece de como poupar energia. Quais delas você já adota e quais adotará para economizar bateria?

📁 Por que as baterias dos celulares esquentam?

🔍 Pesquise como as baterias dos celulares podem impactar o meio ambiente.



GIPhotoStock/Photo Researchers/LatinStock

CAPÍTULO 6

Ímãs suspensos por repulsão magnética. A repulsão magnética entre os polos de um ímã ou eletroímã foi a base para o desenvolvimento da levitação dos trens-bala.

O campo magnético – 1ª parte

Muitas vezes o conhecimento científico é tão extraordinário que se confunde com o universo da ficção científica e da fantasia. Um exemplo é a levitação.

Sem entrar em detalhes sobre como os mágicos realizam seus truques de levitação, fisicamente é possível fazer um objeto levitar. Para isso é necessário empregar conhecimentos de um ramo da Física: o Eletromagnetismo. O trem-bala é um exemplo de objeto que levita por meio de campos magnéticos.

Por se manter afastado do chão a uma distância de aproximadamente 10 cm, o trem-bala tem o ar como único agente dissipador de energia. Isso faz com que ele atinja altas velocidades com baixo consumo de energia. Sua propulsão se dá através de forças de atração e repulsão magnéticas, o que minimiza o impacto ambiental comparado aos outros tipos de transporte coletivo.

PARA INICIAR A CONVERSA

Alguns países utilizam os trens-bala em seu sistema viário. Enumere algumas vantagens de possuir esse meio de transporte, do ponto de vista tecnológico e ambiental.

Os trens-bala levitam sobre os trilhos. Como é possível explicar essa levitação por meio dos conceitos magnéticos?

Se houver queda de energia elétrica, o trem-bala funcionará?



Larry Muvehi/Photoresearch/Latinstock

CAPÍTULO 7

Paciente posicionado no interior do aparelho de ressonância magnética enquanto o operador regula a máquina para funcionar.

O campo magnético – 2ª parte

A Física se relaciona com outras áreas do conhecimento, como por exemplo, a Medicina. Conhecemos inúmeros casos de descobertas que são aplicadas diretamente na área da saúde, como os raios X, a radioterapia, os tratamentos com infravermelho, o *laser*, entre outros.

O magnetismo também foi aplicado na área médica: em 1778, em Paris, o médico austríaco Franz Mesmer ofereceu como tratamento para doenças como a paralisia e o escorbuto imersões em fluidos magnéticos. A intenção era “equilibrar” um fluido humano que tinha propriedades magnéticas iguais às do ímã (cabeça – norte, pés – sul) por meio de um campo magnético gerado por uma cuba contendo ácido sulfúrico diluído e barras de ferro. Apesar do relativo “sucesso” dessa terapia, com o relato de cura de vários pacientes, uma comissão de médicos ligados à Real Sociedade de Medicina condenou o tratamento e acusou Mesmer de charlatanismo.

As técnicas de “cura pelo magnetismo” existem até hoje: colchões, jarras de água com ímãs, aplicação direta de objetos imantados sobre a região doente, entre outras, mas são consideradas terapias de medicina alternativa, ficando a critério de quem as procura avaliar os benefícios de sua aplicação.

PARA INICIAR A CONVERSA

☐ Na concepção médica de Mesmer – e também de outros médicos contemporâneos e anteriores – a doença era vista como um “desequilíbrio” das funções vitais. Como, então, a saúde era restabelecida?

☐ Como seria possível criar um campo magnético com uma cuba contendo ácido sulfúrico diluído e barras de ferro?

🔗 Neste capítulo, no texto “Outras aplicações do eletroímã”, há uma descrição da aplicação do magnetismo na Medicina. É possível acusar esse exemplo de “charlatanismo”? Justifique.



Srikan Kollum/Pulsar Imagens

Antenas de transmissão utilizadas em telecomunicações, na cidade de Guaratiba (RJ).

CAPÍTULO 8

Indução eletromagnética – Ondas eletromagnéticas

Em 1938, o cineasta americano George Orson Welles (1915-1985), inspirado pelo romance *A Guerra dos Mundos* (1898) de Herbert G. Wells (1866-1946), anunciou, durante a transmissão de uma novela radiofônica, que discos voadores haviam invadido a Terra. No anúncio, Welles afirmou que se tratava de naves marcianas e que se dirigiam para a região de Nova Jersey, nos Estados Unidos. A população americana que acompanhava a novela ficou em pânico. Esse fato marcou a grande importância do rádio como meio de comunicação na sociedade daquele tempo.

As ondas de rádio são ondas eletromagnéticas que se propagam no ar com velocidades próximas à da luz (300 000 km/s). Seus comprimentos variam de poucos milímetros a alguns quilômetros. Dessa forma, a transmissão do acontecimento fictício citado acima aconteceu praticamente em tempo real. A TV, a telefonia celular e a internet são exemplos de meios de comunicação que se valem da transmissão das ondas eletromagnéticas para propagar suas informações.

PARA INICIAR A CONVERSA

 Você acredita que algum outro cineasta conseguiria produzir o mesmo impacto que Welles conseguiu nos dias de hoje?

 As ondas eletromagnéticas de TV, celular e rádio possuem comprimentos diferentes. O que elas têm em comum?

 Podemos enxergar a luz, mas não conseguimos ver as ondas de rádio. Por quê?