



Michael Patrick Costa de Lucena

**PRINCIPAIS OBSTÁCULOS À INSERÇÃO DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA E DA
FILOSOFIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE FÍSICA NO CONTEXTO DA
EDUCAÇÃO BÁSICA**

Maceió
2019

Michael Patrick Costa de Lucena

PRINCIPAIS OBSTÁCULOS À INSERÇÃO DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA E DA
FILOSOFIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE FÍSICA NO CONTEXTO DA EDUCAÇÃO
BÁSICA

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

Orientador:
Prof. Dr. Jenner Barretto Bastos Filho

Maceió
2019

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central

Bibliotecário Responsável: Helena Cristina Pimentel do Vale – CRB4 - 661

L935p Lucena, Michael Patrick Costa de.

Principais obstáculos à inserção da história da ciência e da filosofia da ciência no ensino de física no contexto da educação básica / Michael Patrick Costa de Lucena. – 2019.

92 f. : il.

Orientador: Jenner Barretto Bastos Filho.

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Física. Programa de Pós Graduação de Mestrado Nacional Profissional em Física, 2019.

Bibliografia: f. 51.

Apêndice: f. 54.

Anexo: f. 80.

1. Física – Estudo ensino. 2. Ciência – História. 3. Filosofia e ciência. 4. Educação básica. I. Título.

CDU: 53:372



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE FÍSICA

Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Polo 36 - UFAL

Campus A. C. Simões - Av. Lourival de Melo Mota, S/Nº.
Tabuleiro dos Martins - 57.072-970 - Maceió - AL - Brasil
Tels.: Direção: (82) 3214-1645; Coordenação Graduação: (82) 3214.1421;
Coordenação Pós-Graduação: (82) 3214-1423 / 3214 - 1267



**PARECER DA BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

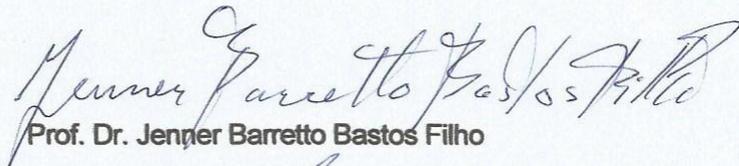
**“Principais Obstáculos à Inserção da História da Ciência e
da Filosofia da Ciência no Ensino de Física no Contexto da
Educação Básica”.**

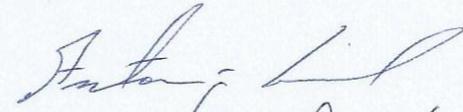
por

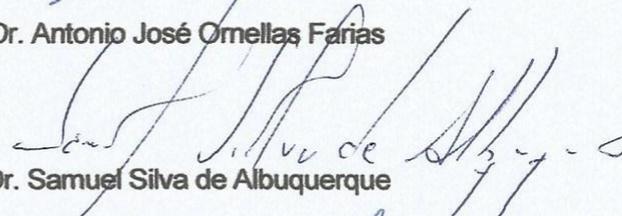
Michael Patrick Costa de Lucena

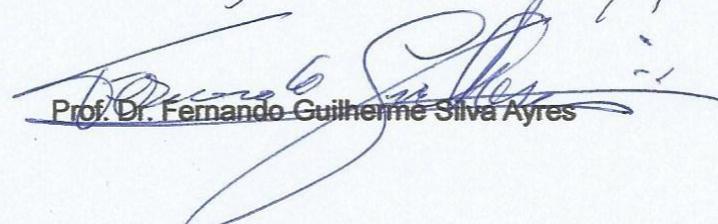
A Banca Examinadora composta pelos professores, Dr. Jenner Barretto Bastos Filho, como presidente da banca examinadora e orientador, do Instituto de Física da Universidade Federal de Alagoas, Dr. Antonio José Ornellas Farias, do Instituto de Física da Universidade Federal de Alagoas, Dr. Samuel Silva de Albuquerque do Campus Arapiraca da Universidade Federal de Alagoas, Dr. Fernando Guilherme Silva Ayres, do Instituto de Ciências Humanas Comunicação e Arte – ICHCA da Universidade Federal de Alagoas, consideraram o candidato **aprovado**.

Maceió, 26 de fevereiro de 2019.


Prof. Dr. Jenner Barretto Bastos Filho


Prof. Dr. Antonio José Ornellas Farias


Prof. Dr. Samuel Silva de Albuquerque


Prof. Dr. Fernando Guilherme Silva Ayres

Dedico esta dissertação aos meus pais, Valmi Carlos de Lucena (*in memoriam*) e Maria Nanci Costa de Lucena, fontes de inspiração e constante motivação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela proteção e objetivos alcançados.

A minha esposa, Vívian Lucena, pelo amor e apoio incondicionais, que me incentivaram a continuar mesmo diante dos obstáculos, e pela compreensão e paciência ao longo do curso.

A todos os familiares e amigos que sempre torceram pelo meu sucesso.

À Sociedade Brasileira de Física – SBF, pela implantação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF, que tornou esta realização possível, ressaltando, ainda, que o presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Aos colegas da turma MNPEF 2016: André Gonçalves Macêna Júnior, Charles Lisboa Tenório de Magalhães, Erivaldo Douglas Santos de Lima, Glauco Araújo do Nascimento, Jacqueline Maria de Oliveira Praxedes, Marcos Fabrício Lopes Alves, Paulo Victor Araújo Lopes (*in memoriam*), Rangel Florentino Bomfim, Reinaldo de Lima Oliveira Junior, Ronaldo Cristiano da Silva Moura e Tobias Marcelo do Nascimento, pela convivência agradável e construtiva.

Aos professores: Antonio José Ornellas Farias, Elton Malta Nascimento, Kleber Cavalcanti Serra, Maria Socorro Seixas Pereira, Pedro Valentim dos Santos, Samuel Silva de Albuquerque, pelos ensinamentos e dedicação ao curso, e à secretária Valdjane Gomes Matias, pelas informações prestadas e tratamento gentil.

Ao professor Jenner Barretto Bastos Filho, inicialmente pela confiança, depois pela excelente orientação, sem a qual esse trabalho não teria sido possível. Agradeço, ainda, pela rara oportunidade de conviver com uma pessoa cuja cultura e conhecimento sempre me fascinaram.

Aos alunos que participaram da aplicação do produto educacional, pelo empenho e pela experiência compartilhada.

RESUMO

O objetivo precípua deste trabalho é o de apresentar e discutir os principais obstáculos que dificultam a inserção a contento, no contexto da educação básica, de considerações históricas e de questões epistemológicas que ajudem a dar significado aos conteúdos de física que lá são veiculados. A motivação precípua deste trabalho reside no fato amplamente constatado que constitui o fraco desempenho dos estudantes da educação básica na área de ciências tal como se verifica nos resultados do exame PISA (*Programme for International Student Assessment*). Elegemos para a nossa análise dois obstáculos dentre os muitos que existem: (1) a excessiva linearização dos processos históricos e (2) a mitologia da genialidade. Argumentamos que, no que concerne à lei de inércia, a excessiva linearização habitualmente praticada em muitas situações de ensino no nível médio é claramente nociva para que os estudantes venham a adquirir uma compreensão minimamente adequada da abrangência que a própria lei encerra. Como exemplo emblemático da mitologia da genialidade, citamos as cartas redigidas por Leonhard Euler a uma princesa, através das quais evidenciou Isaac Newton como um gênio, enaltecendo seus feitos. Concluimos que uma educação científica consequente não pode prescindir de trazer à baila todos os dois obstáculos aqui apontados e tentar superá-los, lançando mão da autonomia do professor. Sendo um dos requisitos do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física a confecção de um produto educacional, optou-se pela elaboração de um guia cujas finalidades são apresentar e discutir os principais obstáculos à inserção da História da Ciência e da Filosofia da Ciência no ensino de física no contexto da educação básica por meio de textos e questionários.

Palavras-chave: Ensino de Física. História da Ciência. Filosofia da Ciência. Excessiva Linearização. Mitologia da Genialidade. Lei de Inércia.

ABSTRACT

The main objective of this work is to present and discuss the main obstacles that make it difficult to integrate, in the context of basic education, historical considerations and epistemological questions that help to give meaning to the contents of physics that are transmitted there. The main motivation of this work lies in the fact that the poor performance of students in elementary education in the field of science, as it is verified in the results of the PISA (Program for International Student Assessment) exam, is widely acknowledged. We chose for our analysis two obstacles among the many that exist: (1) the excessive linearization of historical processes and (2) the mythology of genius. We argue that, as far as the law of inertia is concerned, the excessive linearization usually practiced in many situations of teaching at the secondary level is clearly harmful for students to acquire a minimally adequate understanding of the scope of the law itself. As an emblematic example of the mythology of genius, we quote the letters written by Leonhard Euler to a princess, through which he evidenced Isaac Newton as a genius, extolling his deeds. We conclude that a consequent scientific education cannot dispense with bringing to bear all the two obstacles mentioned here and trying to overcome them, using the autonomy of the teacher. One of the requirements of the Professional National Master's Degree in Physics Teaching was the preparation of an educational product. It was decided to prepare a guide whose purpose is to present and discuss the main obstacles to the insertion of the History of Science and Philosophy of Science in teaching physics in the context of basic education through texts and questionnaires.

Keywords: Physics Education. History of Science. Philosophy of Science. Excessive linearization. Mythology of genius. Law of inertia.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Capa da Enciclopédia Saraiva do Direito – volume 41	80
Figura 2 – Dados catalográficos da Enciclopédia Saraiva do Direito – volume 41	81

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
2.1	Vantagens e desvantagens da inserção da História da Ciência e da Filosofia da Ciência no Ensino de Ciências	13
2.2	A História da Ciência e a Filosofia da Ciência como potenciais provedores de significado no contexto do Ensino de Ciências	14
2.2.1	O problema da excessiva linearização.....	14
2.2.2	Como tratar a mitologia da genialidade?.....	15
2.2.3	O protagonismo oculto das mulheres	16
2.2.4	A não consideração, no contexto do Ensino de Ciências habitual, tanto do conflito quanto da complementaridade conflitiva entre a história interna e a história externa	17
2.2.5	A interpretação Whig da história.....	18
2.2.6	Crítica à interpretação Whig da história.....	19
2.2.7	Das tensões entre a Filosofia e sua História	20
2.2.8	Das tensões entre a História da Ciência e a Filosofia da Ciência.....	21
3	A TEORIA DE APRENDIZAGEM E O CONTEÚDO DE FÍSICA PRESENTES NESTA DISSERTAÇÃO E NO PRODUTO EDUCACIONAL CORRESPONDENTE QUE DELA EMERGE	22
3.1	Teoria de Aprendizagem	22
3.2	Conteúdo de Física	23
3.2.1	Considerações preliminares.....	23
3.2.2	Diretrizes básicas que permeiam o nosso estudo	24
3.2.3	Como o estudo do processo histórico potencializa a compreensão do conteúdo de Física no estrito senso: uma narrativa de A a Z.....	25
3.2.4	Algumas palavras finais	31
4	OBSTÁCULO 1: A EXCESSIVA LINEARIZAÇÃO DOS PROCESSOS HISTÓRICOS	33
4.1	Lei de inércia	33
4.1.1	Considerações epistemológicas sobre o aspecto contrafactual da lei de inércia	37
5	OBSTÁCULO 2: A MITOLOGIA DA GENIALIDADE	42
5.1	Em que consiste a mitologia da genialidade?	42
5.2	Por que é importante aprender sobre isso?	42
5.3	Leonhard Euler	43
6	PRODUTO EDUCACIONAL	45
6.1	Descrição	45
6.2	Implementação em sala de aula	45
6.3	Receptividade/reação dos alunos	46
6.4	Resultados obtidos	46
6.5	Dificuldades encontradas	46
7	CONCLUSÃO	48
	REFERÊNCIAS	51
	APÊNDICE A – Guia de apresentação e discussão dos principais obstáculos à inserção da História da Ciência e da Filosofia da Ciência no Ensino de Física no contexto da Educação Básica	54
	ANEXO A – Verbetes de História extraído da Enciclopédia Saraiva do Direito (v. 41, p. 259-270, 1977)	80

1 INTRODUÇÃO

Pesquisadores na área de ensino de ciências, bem como os professores/pesquisadores atuando no âmbito dos ensinos médio e superior das ciências, constataam a percepção aguda, notadamente por parte dos estudantes, mas não apenas por parte deles, quanto à *falta de significado* que lhes parece representar muitos dos conteúdos que são veiculados durante o curso. Esta situação emerge com nitidez quando ouvimos perguntas tais como: *Professor, para quê serve isso? Professor, de onde veio isso? Quem foi que criou isso?*

Tudo isso leva as pessoas a acreditarem que o ensino habitual em grande parte dos casos se importa apenas com meros resultados que apequenam a inteligência e a formação dos indivíduos, resultados esses enormemente restritos, como aplicação direta de fórmulas matemáticas sem contrapartida na compreensão do que significam e, portanto, constituindo-se em um ensino incapaz de gerar pensamento e autonomia para os sujeitos que o praticam.

Contudo, uma mente mais curiosa não se contenta com uma mera prática de exercícios de fixação sem nenhum conhecimento de causa nem de significado subjacente.

Partindo do pressuposto segundo o qual o entendimento razoável de algum conteúdo requer tanto a compreensão intelectual dos elementos conceituais que subjazem àquele conteúdo em si próprio quanto, em alguma medida, a compreensão do processo, ou dos processos por meio dos quais tais conteúdos foram gestados, é forçoso concluir que um ensino de boa qualidade acerca desses conteúdos, e que não seja apenas um ensino de boa qualidade centrada em conteúdos¹, não pode prescindir de tratar, no decurso de suas abordagens, de processos e de contextos correspondentes. Processos históricos e o suscitar de questões epistemológicas emergem como ajudas importantes que podem propiciar um ensino mais qualificado. Em tal ensino, supomos que tanto os significados bem como a discussão em torno deles emerjam a todo instante.

Como obstáculos que dificultam uma boa compreensão de elementos presentes na História da Ciência, Filosofia da Ciência e no Ensino de Ciências, podemos citar: a excessiva linearização dos processos históricos; a mitologia da genialidade; o protagonismo oculto das mulheres; a não consideração tanto do conflito entre a história interna e a história externa quanto de sua complementaridade conflitiva; a interpretação Whig da história; crítica à

¹ Existe, de fato, ensino de boa qualidade centrada em conteúdos aprofundados e relacionados entre si, mas se entendermos a educação científica também na perspectiva da formação do cidadão e na formação de alguém que possa julgar o seu tempo, então alguns elementos importantes precisam ser adicionados.

Interpretação Whig da história; tensões entre a Filosofia e sua História; tensões entre a História da Ciência e a Filosofia da Ciência.

Em razão da complexidade e extensão do tema, focaremos a nossa atenção apenas nos dois primeiros obstáculos: a excessiva linearização dos processos históricos e a mitologia da genialidade, uma vez que há uma relação muito estreita entre ambos.

Deste modo, o objetivo precípuo deste trabalho é o de apresentar e discutir dois dos principais obstáculos que dificultam a inserção a contento, no contexto da educação básica, de considerações históricas e de questões epistemológicas que ajudem a dar significado aos conteúdos de física que lá são veiculados.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

É inegável e inmensurável a importância das teorias científicas e de suas aplicações no desenvolvimento das sociedades, uma vez que a condensação e o desenvolvimento dessas teorias, com o passar do tempo, propiciaram à humanidade um conjunto de instrumentos que favorece o seu diálogo com o mundo natural de forma cada vez mais intensa e sofisticada, influenciando e recebendo influências desse mundo natural.

Segundo Ferreira & Martins (2010):

A “imbricação” da ciência e da tecnologia que, em maior ou menor grau, sempre existiu ao longo dos séculos, parece haver assumido, na atualidade, um nível de profundidade sem precedentes. Vivemos cercados por uma parafernália tecnológica cujo desenvolvimento remonta, muitas vezes, a pesquisas básicas no campo da Física teórica mais abstrata. A própria indústria cria suas demandas particulares, realimentando o processo de produção de conhecimento a partir da prática e do saber “aplicado”. Tudo isso faz a ciência ser um conhecimento **valorizado socialmente**. O mundo globalizado é, em certa medida, fruto da ciência. Essa, por sua vez, faz-se presente em nosso dia a dia das mais variadas formas, implícita ou explicitamente. Nos bancos escolares, por exemplo, **estudamos** ciência. Se há disciplinas como Física, Química e Biologia nos currículos é porque nossa sociedade conserva e quer transmitir esse tipo de saber, que pertence a nossa **cultura**. A ciência também pode ser vista em jornais diários (“competindo” com outras abordagens não tão científicas...) e na mídia em geral, onde “ser científico” costuma ser usado como fator de credibilidade para algo que se queira vender ou validar (quem nunca se deparou com uma propaganda de creme dental ou de outro produto “testado cientificamente?”).

Dessa forma, torna-se imprescindível o estudo histórico e filosófico do surgimento e desenvolvimento da Ciência para a sua boa compreensão e aplicação.

Diante dessa necessidade, vamos introduzir algumas noções relativas a História da Ciência e Filosofia da Ciência.

Mas, o que é História da Ciência?

De acordo com ALFONSO-GOLDFARB (1994):

Não basta juntar História e Ciência para que o resultado final provavelmente seja História da Ciência. E isso não acontece só porque a junção ou a combinação de duas coisas diferentes quase sempre produz uma terceira com características próprias, embora se pareça com as que lhe deram origem.

A autora ressalta que, quando se trata da História da Ciência, a complicação é ainda maior, tendo em vista que o seu desenvolvimento sempre esteve mais próximo da Filosofia do que da História. Só após algum tempo, é que ela passou a utilizar efetivamente métodos e procedimentos próprios da História.

A História da Ciência ficou assim durante algum tempo, como uma estranha no interior dos estudos históricos. Aos poucos foi assimilando, filtrando e adaptando

elementos da História que combinavam com outros elementos da Sociologia, da Antropologia e de várias ciências humanas. (...) O resultado que temos hoje é uma História da Ciência complexa e com muitas faces, sem com isso ter se transformado numa *colcha de retalhos* (ALFONSO-GOLDFARB, 1994).

No programa de História da Ciência da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo encontramos o conceito de História da Ciência como sendo “a análise e estudo crítico da ciência através do estudo de seus métodos, conceitos, caminhos, resultados, contextos e todos os processos envolvendo os mesmos” (O VITAL DA CIÊNCIA).

A História da Ciência apresenta caráter explicativo e dispensa o uso de generalizações. A pesquisa histórica tem como produto final uma narrativa que deve tornar plausível e compreensível os eventos passados (FERREIRA & MARTINS, 2010).

Percebendo que a História da Ciência se preocupa com o contexto no qual se deu o desenvolvimento de um evento da ciência, torna-se necessário compreender a importância do que vem a ser o fato histórico ligado a esse evento e sua singularidade. Vejamos de forma sucinta como o filósofo Jenner Barretto Bastos definiu, na Enciclopédia Saraiva do Direito (1977), a singularidade do fato histórico:

Qualquer fato histórico é inevitavelmente único na sua espécie. Pois a singularidade que possui decorre necessariamente de sua historicidade mesma. E esta, evidentemente, não pode ser, como tal, abstraída de sua dimensão temporal. Assim, o fato que é objeto da cogitação do historiador se, por um lado, se prende a um momento determinado que o antecede, por outro, liga-se forçosamente a momento não menos determinado que imediatamente lhe sucede. E é precisamente isto que o torna irrecusavelmente singularizado (ver verbete completo – Anexo A; Figuras 1 e 2).

Uma vez que o fato histórico é único na sua espécie, a sua descrição exige do historiador um alto grau de conhecimento específico e de isenção, evitando, por exemplo, uma narrativa histórica repleta de anacronismos. Vejamos o que Crombie (1983) diz a esse respeito:

O historiador da ciência perderia muito se caísse na tentação de utilizar o conhecimento moderno para avaliar as descobertas e teorias do passado. É precisamente quando ele faz isso que se expõe aos maiores perigos. Como a ciência progride fazendo descobertas e detectando erros, a tentação de considerar as descobertas do passado como meras antecipações da ciência atual e de apagar os erros supondo que não conduziram a parte alguma é quase irresistível. É precisamente esta tentação, que pertence à essência da ciência, aquela que pode algumas vezes tornar mais difícil para nós compreender como se realizaram de fato as descobertas e como as teorias foram pensadas por seus autores em sua própria época; tentação que pode levar à forma mais traiçoeira de falsificação da história.

E Filosofia da Ciência, o que seria?

Ainda de acordo com Ferreira & Martins (2010):

A Filosofia da Ciência busca generalizações de caráter universal, e não o que é particular a um período ou lugar. Assim, se um historiador da ciência analisa determinado trabalho de Galileu, ele está interessado particularmente no que esse pensador produziu e **na ciência dessa época**. Em contrapartida, se um filósofo da ciência analisa o mesmo trabalho de Galileu, seu interesse é entender como funciona **a ciência em si**. Para um mesmo trabalho, diferentes olhares são possíveis.

Pode-se afirmar que é inerente à Filosofia da Ciência lançar um olhar sobre a ciência buscando esclarecer a natureza e a produção desse conhecimento. Ferreira & Martins (2010) elencam alguns dos múltiplos aspectos relacionados a esse campo:

- Que método(s) a ciência utiliza em seu desenvolvimento?
- Em que circunstâncias podemos afirmar que uma teoria científica foi “provada”?
- O conhecimento científico pode ser considerado “verdadeiro”?
- As teorias científicas “evoluem”? É possível falar em “progresso da ciência”?
- Que papel devemos atribuir aos experimentos na construção do conhecimento científico? E à razão?
- Há “experiências cruciais”?
- A ciência reflete o real de forma objetiva?
- Qual o papel da comunidade científica e do contexto histórico na construção desse conhecimento?
- É possível estabelecer critérios claros para dizer o que é – e o que não é – ciência?

Imre Lakatos, filósofo da ciência, afirma que “a Filosofia da Ciência sem a História da Ciência é vazia; a História da Ciência sem a Filosofia da Ciência é cega”. Dessa forma, é possível perceber que Lakatos reconhece a relevância mútua de ambas as áreas.

2.1 Vantagens e desvantagens da inserção da História da Ciência e da Filosofia da Ciência no Ensino de Ciências

A partir do trabalho de Ferreira & Martins (2010), podemos listar como vantagens:

- A História da Ciência e a Filosofia da Ciência podem “humanizar” a Ciência;
- A História da Ciência e a Filosofia da Ciência contribuem para o tratamento interdisciplinar dos conteúdos;
- A História e a Filosofia da Ciência têm uma importância intrínseca como “herança cultural da humanidade”;
- A História da Ciência e a Filosofia da Ciência auxiliam na compreensão dos conteúdos específicos;

- A História da Ciência e a Filosofia da Ciência auxiliam os professores a compreenderem as dificuldades de aprendizagem dos estudantes;
- A História da Ciência e a Filosofia da Ciência contribuem para a compreensão da natureza do conhecimento científico;
- A História da Ciência e a Filosofia da Ciência contribuem à fundamentação teórica da Didática das Ciências.

E como desvantagens:

- A História da Ciência possível em cursos de Ciência é a “pseudo-história”;
- A História da Ciência costuma ser “fabricada” para servir a ideologias científicas (“*quasi-history*”);
- A História da Ciência e a Filosofia da Ciência podem desestimular os jovens a seguirem carreiras científicas;
- Não há espaço nos currículos para a inserção da História da Ciência e da Filosofia da Ciência.

2.2 A História da Ciência e a Filosofia da Ciência como potenciais provedores de significado no contexto do Ensino de Ciências

Aqui levantamos alguns problemas que devem ser considerados e discutidos com o fito de alcançar, ainda que parcialmente, o objetivo precípua aqui explicitado. Os obstáculos a seguir foram previamente abordados por BASTOS FILHO (2017).

2.2.1 O problema da excessiva linearização

Começamos pelo problema da excessiva linearização encontrada em grande parte dos livros de texto ou, alternativamente, livros-texto.

Na literatura da área de ensino de ciências (ver PEDUZZI *et al.*, 2012), pode-se constatar a crítica às narrativas acerca dos feitos da ciência como se essas pudessem ser adequadamente concebidas como uma sucessão artificiosa de eventos rigorosamente encadeados em uma lógica tal como se no próprio curso histórico do empreendimento científico não houvesse numerosas controvérsias envolvendo idas e vindas, marchas e contramarchas e, desta maneira, tais narrativas excessivamente lineares contribuiriam

sobremaneira para distorcer nas mentes dos estudantes, e dos eventuais leitores de escritos que seguem essa linha de adoção, a própria *natureza da ciência*².

De fato, os assim chamados *livros-textos* constituem-se em narrativas didáticas que têm como objetivo realizar transposições didáticas e simplificações pedagógicas e, em princípio, não há mal algum nisso. A questão central é a de saber se tais transposições didáticas e simplificações pedagógicas se constituem ou não em narrativas que podem comprometer uma visão coerente e aceitável acerca da *natureza da ciência*. Faz parte do trabalho aqui proposto, identificar problemas no seio do ensino de ciências e de propor sugestões para a superação, ainda que parcial, desse problema.

Passemos para um segundo problema frequentemente encontrado no contexto do ensino de ciência.

2.2.2 Como tratar a mitologia da genialidade?

O problema da excessiva linearização (problema discutido anteriormente) é frequentemente referido em conexão com o problema da genialidade, o qual passaremos a comentar. Isso porque, nas narrativas excessivamente lineares de feitos da ciência, o protagonismo dos grandes gênios constitui-se no único aspecto citado na grande maioria dos livros. Tal circunstância, quando presente de forma exagerada nessas narrativas tende a comprometer a própria e adequada avaliação da atividade científica por parte de estudantes e professores, na medida em que tais narrativas deixam de reconhecer outros protagonismos de alta relevância. Em outras palavras, toda uma mitologia em torno da genialidade constitui sério obstáculo para que estudantes e professores venham a caracterizar a imprescindível dimensão social deste complexo empreendimento.

Como consequência direta de uma possível mitologia da genialidade³ em conexão com a excessiva linearização dos feitos científicos apenas protagonizados por gênios, surge o sério problema da intimidação que poderia ser sofrida por outros reais protagonistas do empreendimento científico como no caso daqueles que contribuem ou para a construção do conhecimento científico ou para o provimento de seus significados que constituem desafios

² É difícil em uma nota de rodapé definir algo complexo como a **natureza da ciência**, ela própria considerada como objeto de investigação. Entretanto, em primeira instância e em primeira aproximação, pode-se considerar de maneira panorâmica como **natureza da ciência** o estudo das características precípua e singulares dos saberes científicos, como esses são produzidos e em quais circunstâncias o são.

³ Adiantamos aqui que, a nosso ver, embora a mitologia da genialidade seja algo não educativo, isso não significa por si só que não existam pessoas singularíssimas que deram contribuições seminais e que assim podem ser consideradas como gênios. Não obstante, o empreendimento científico requer necessariamente outros protagonistas importantes além daqueles dos gênios.

para todos aqueles que buscam as suas autonomias dentro de suas próprias possibilidades (a propósito ver BASTOS FILHO, 2001). Eles não devem se constranger apenas por não se considerarem gênios, pois a ciência, sendo um empreendimento coletivo, social e histórico, os protagonismos são muitos e em diversas instâncias e, deste modo, não se reduzem apenas a gênios ou àqueles considerados como tais. Sugere-se, assim, que existe uma relação entre a excessiva valorização da genialidade com a excessiva linearização dos complexos processos históricos nos quais os gênios seriam os únicos protagonistas que importam. Assim, os dois problemas já elencados se conectam.

2.2.3 O protagonismo oculto das mulheres

O problema da ocultação do protagonismo das mulheres no processo de construção dos saberes científicos, independentemente de como ele ocorra, se de forma programática, se subliminar ou de maneira implícita, relaciona-se com os dois problemas previamente comentados. Isso porque, as mais frequentes linearizações das narrativas sobre o conhecimento científico são raras em explicitações de gênios do sexo feminino. Faz parte de políticas afirmativas, em conformidade com uma melhor concepção, inclusive da própria *natureza da ciência*, o desvelar desta injustiça e ocultação inaceitável. Há literatura disponível neste sentido. No momento, nos referimos a uma delas (ver BAGGIO SAITOVITCH *et al.*, 2015).

Trata-se de um problema bastante relevante, na medida em que existe concretamente o mito de que as meninas têm um grau de abstração sobremaneira menor na comparação com os meninos e deste modo não seriam – por razões de “vocação intelectual” – tão aptas quanto os seus correspondentes colegas do sexo masculino para a atividade científica. Trata-se de um mito especialmente perverso na medida em que isto constitui um expediente injusto e excludente do protagonismo das mulheres.

Exemplos que colocam em cheque este mito são vários. Limitemo-nos, no momento a apenas três deles: (1) Hip cia (nascida entre os anos de 351 e 370 e falecida em 415), a famosa matemática e bibliotecária da Biblioteca de Alexandria; (2) Marie Curie (1867-1934), única pessoa que foi laureada com dois pr mios Nobel⁴, cada um deles em uma ciência diferente, a saber: Física em 1903 e Química em 1911; (3) Emmy Noether (1882-1935), que

⁴ Pelo menos dois outros cientistas foram laureados com o Pr mio Nobel como John Bardeen que ganhou duas vezes o Pr mio Nobel de Física e Linus Pauling que ganhou uma vez o Pr mio Nobel de Química e outra vez o Pr mio Nobel da Paz. Não obstante, ninguém até então, exceto Marie Curie – uma mulher – ganhou dois Pr mios Nobel em duas ciências distintas.

demonstrou um dos teoremas mais importantes da física teórica que relaciona as leis de simetria às leis de conservação.

Reconhecendo que este é um ponto importante a ser ressaltado pela comunidade científica, é importante dizer que a página eletrônica do CNPq dá especial destaque a mulheres cientistas brasileiras. Há uma galeria delas exibida na sua página de abertura. Todas elas protagonizaram importantes desenvolvimentos. Isso é especialmente alentador para encorajar vocações de jovens mulheres no sentido de ensejar os seus próprios protagonismos e autonomias ao escolherem a profissão de cientistas.

2.2.4 A não consideração, no contexto do Ensino de Ciências habitual, tanto do conflito quanto da complementaridade conflitiva entre a história interna e a história externa

Este problema está relacionado com os outros três aqui elencados. Os problemas se interseccionam e, assim, eles rigorosamente não se apresentam de uma maneira claramente isolada, como se cada um deles fosse independente dos demais. A separação aqui adotada se dá meramente pela ênfase a ser dada em um dos aspectos escolhidos. Optamos por tratar do assunto pelo viés da genialidade, se isso constitui mito ou não, ou alternativamente, se isso é educativo ou não, e caso haja uma resposta intermediária, como e quanto se deve ponderar com relação às atitudes e aos procedimentos visando uma solução, ainda que parcial, do problema. Na literatura da área, é muito criticada a apologia da genialidade. Boris Hessen em 1931 apresentou em famoso congresso em Londres um artigo que se tornou célebre (ver HESSEN, 1931).

Hessen parte de apologias à genialidade de Newton tais como as expressas pelo poeta Pope, autor dos famosos versos:

*Nature and nature's laws lay hid in night;
God Said 'Let Newton be!' and all was light.⁵*

Hessen também se refere a Alfred North Whitehead, quem houvera sugerido que se dois enormes gênios – Galileu e Newton – não tivessem existido, então o curso da história do desenvolvimento da humanidade seria outro.

Pode-se reparar que os dois exemplos aludidos por Hessen revelam uma concepção quase messiânica, senão mesmo totalmente messiânica, de “salvadores da humanidade” e/ou “salvadores da civilização ocidental”, ou de algo do gênero.

⁵A natureza e suas leis estavam escondidas na noite; Deus disse: 'Faça-se Newton!', E tudo foi luz.

Hessen contesta vigorosamente esse tipo de historiografia que empresta protagonismo apenas a celebridades e apresenta – inspirado na concepção marxista da história – outra versão antitética às concepções de Pope e de Whitehead, na qual as forças de produção em uma sociedade são os fatores precípuos e fundamentais que determinam a sua superestrutura (educação, cultura) e não o contrário.

Talvez, a partir de então, os historiadores passaram a considerar dois tipos de tradição historiográfica: por um lado, uma tradição que se importa mais com a evolução interna dos conceitos e teorias, sem considerar, pelo menos explicitamente, os seus condicionantes sociais, econômicos e históricos e, por outro lado, uma tradição na qual os condicionantes históricos, culturais e sociais são considerados imprescindíveis para uma historiografia minimamente adequada.

Evidentemente, é possível, no curso do presente projeto de pesquisa, combinar as duas abordagens – interna e externa – e investigar exemplos que se constituam em excessos contidos em ambas as interpretações extremas. No nosso parecer, as abordagens, respectivamente, internalista e externalista, não somente podem como devem ser entrelaçadas no contexto de uma análise consequente.

2.2.5 A interpretação Whig da história

Em 1931, o historiador inglês Herbert Butterfield escreveu um livro que se tornou muito influente com o título *The Whig Interpretation of History* no qual criticava os historiadores que analisavam os fatos históricos do passado à luz do que acontece no presente e, desta maneira, falsificando a história, pois esta, segundo o seu ponto de vista, deveria ser analisada à luz de sua própria época e assim, esse esforço para entrar na cabeça dos homens daquela época, escolhida como objeto de investigação, seria condição *sine qua non* para uma boa historiografia.

Praticamente argumento semelhante pode ser encontrado em famoso livro de Crombie intitulado *História da Ciência: de Santo Agostinho a Galileu* (ver passagem escolhida de CROMBIE).

Por ser uma interpretação muito influente, há inúmeras ramificações e/ou ressignificações implícitas e/ou explícitas dessas ideias em diversos contextos (ver, por exemplo, SCHWARTSMAN, 2012; NOVAIS, 2008; PRADO JR., 2011).

Entretanto, há críticos dessa interpretação, principalmente quando essa assume algo de extremismo. No contexto do ensino de ciência, é possível que não haja consenso sobre o que

isso realmente significa e sobre as viabilidades práticas e epistemológicas de uma interpretação extremista do whiggismo.

2.2.6 Crítica à interpretação Whig da história

O historiador inglês John Henry escreve:

A *raison d'être* da história da ciência é, essencialmente, procurar compreender por que e como a ciência veio a se tornar uma presença tão dominante na nossa cultura. Assim sendo, toda a nossa história é voltada para o presente. Por isso, embora o repúdio vigoroso ao whiggismo tenha se tornado uma senha que é preciso pronunciar para ganhar acesso às fileiras dos estudiosos sérios, o whiggismo se esconde em todos nós (HENRY, 1998, pág. 15).

Em seguida, Henry acrescenta:

O eminente historiador do intelecto, Richard H. Popkin, certa vez anunciou espirituosamente que pretendia estudar as razões por que “um dos maiores teólogos antitrinitários do século XVII”, Isaac Newton (1642-1727), teria reservado parte de seu tempo para escrever obras sobre a ciência natural. Por que qualifico isso de espirituoso? Porque me parece impossível levar a sério a sugestão de que a importância histórica de Newton deriva de sua reputação como teólogo. Nessa medida, tenho meu próprio whiggismo. Acredito que estudamos Newton por ele ter dado contribuições tão excepcionais à nossa cultura científica. Nada mais acerca desse homem fascinante pode apresentar tamanho interesse (HENRY, 1998, pág. 15).

Os dois excertos aqui reproduzidos são claros. Se a interpretação não Whig fosse a única via possível para que esta viesse a merecer o status de História genuína, então os motivos que teríamos para estudar Newton seriam àqueles centrados no Newton teólogo, o que representaria no mínimo algo de irônico, pois o que de fato nos move a estudar Newton não é outra coisa senão a sua extraordinária obra científica, cujas influências e repercussões somente são corretas e devidamente avaliadas à luz do que hoje concebemos como ciência e, diríamos em adição, à luz do que concebemos por tecnologia. Deste modo, o próprio conceito de *Revolução Científica* tem muito de whiggismo.

Edward Hallet Carr escreveu no seu livro intitulado *Que é História?* uma crítica a Butterfield que, ao mesmo tempo, é um elogio pela sua mudança de perspectiva diante dos tenebrosos eventos ocorridos durante o século XX. Se em 1931 Butterfield escreveu *The Whig Interpretation of History*, Butterfield também escreveu em 1944 o livro *The Englishman and His History* no qual ele muda radicalmente de perspectiva e de adoção. Carr escreve:

[...] em 1944, o professor Butterfield não apenas decidiu que a interpretação *whig* da história era a interpretação “inglesa” por excelência, mas falava entusiasticamente da “aliança dos ingleses com a sua história” e “do casamento entre o presente e o passado”. Chamar a atenção para estas inversões de perspectiva não é uma crítica hostil. Não é meu propósito refutar o proto-Butterfield com o deutero-Butterfield, ou confrontar o professor Butterfield bêbado com o professor Butterfield sóbrio (CARR, 1989, p. 39).

Mais adiante, Carr argumenta que todos mudam, e que ele próprio não constituiria exceção. Reconhece que os escritos de um dado autor variam em perspectiva a depender da época e das circunstâncias, principalmente de circunstâncias que, interpreta-se aqui, além de dramáticas são sobremaneira trágicas. A propósito, ele, um pouco adiante escreve: “Meu propósito é apenas mostrar com que proximidade o trabalho do historiador reflete a sociedade na qual trabalha. Não são apenas os acontecimentos que estão em fluxo. O próprio historiador está em fluxo” (CARR, 1989, p. 39).

Todas essas considerações são fundamentais para a reflexão acerca de uma introdução consequente de aspectos históricos e epistemológicos no contexto do ensino de ciências no ensino médio com o foco da física, mas não necessariamente apenas da física.

2.2.7 Das tensões entre a Filosofia e sua História

O filósofo ítalo-argentino Rodolfo Mondolfo (MONDOLFO, 1969) trouxe à baila um problema muito interessante que, segundo ele, houvera sido colocado anteriormente pelo filósofo Victor Delbos, acerca de uma contradição entre as finalidades e exigências da filosofia e de sua história. A filosofia trata os seus objetos em uma perspectiva *sub specie aeternis* enquanto a história trata os seus objetos em uma perspectiva *sub specie temporis*. Como conciliá-los? Mondolfo vai argumentar que a orientação anti-histórica de certos filósofos não passaria de uma ilusão. A propósito, ele escreve:

Desta maneira, a reconstrução histórica do desenvolvimento da filosofia aparece como um reconhecimento do caminho percorrido pelo processo de formação progressiva da consciência filosófica, o que vale dizer, como uma conquista de autoconsciência. E daí evidencia-se o erro de toda a orientação anti-histórica dos filósofos e a necessidade de reconstrução histórica como fundamento e condição prévia da investigação filosófica (MONDOLFO, 1969, pág. 34).

Mondolfo, mais adiante, escreve:

Assim, Descartes e Malebranche inserem-se também eles, sem se dar conta, não só na grande corrente do historicismo moderno, que vai de Bruno a Pascal e Leibniz (os quais comparam a humanidade a um homem que vivesse sempre e aprendessem cada vez mais), como também na teoria do progresso, precursora, desde fins do século XVIII, das concepções historicistas do século XIX e de nosso século XX. Entretanto, a concepção historicista, que no século XIX encontra em Hegel um grande teorizador, que a aplica também à filosofia, já tinha algum antecedente parcial na filosofia antiga, e precisamente na intuição aristotélica do desenvolvimento espiritual humano (MONDOLFO, 1969, pág. 34).

É interessante ter em vista que filósofos como Descartes, que tinham como programa construir uma ciência e uma filosofia ambas verdadeiras a partir do começo e, como tal, sem apelo ao que pensadores do passado pensaram e fizeram é uma desconsideração para com a

tradição de que foram tributários. Por exemplo, Gilson (1979) argumenta sobre como Descartes é tributário dos escolásticos a despeito do próprio ter envidado esforços para se livrar da influência dos mesmos.

É interessante aqui ressaltar que este problema se refere a uma tensão entre a Filosofia e sua História, ou seja, entre a *Filosofia*, por um lado, e a *História da Filosofia*, por outro. Pode-se considerar que também há uma tensão entre a *História da Ciência*, por um lado, e a *Filosofia da Ciência*, por outro. É conveniente colocar também esta tensão como problema.

2.2.8 Das tensões entre a História da Ciência e a Filosofia da Ciência

Investigar o problema aqui elencado à luz das perspectivas sugeridas pelos conceitos de *sub specie aeternis* e de *sub specie temporis*.

A propósito, é possível formular várias perguntas entre as quais as duas seguintes:

- Quais são ou podem ser os eventuais problemas na junção, no entrelaçamento e/ou na conciliação, ainda que parciais, entre as duas abordagens, a saber: a *História da Ciência*, por um lado, e a *Filosofia da Ciência*, por outro?

- Em instância posterior, como isso se reflete, ou pode se refletir, como problemático e como alentador na perspectiva do ensino de ciências para quaisquer que sejam os níveis de escolaridade?

3 A TEORIA DE APRENDIZAGEM E O CONTEÚDO DE FÍSICA PRESENTES NESTA DISSERTAÇÃO E NO PRODUTO EDUCACIONAL CORRESPONDENTE QUE DELA EMERGE

3.1 Teoria de Aprendizagem

Este trabalho é fundamentado na teoria de aprendizagem cognitivista denominada **aprendizagem significativa**, proposta por David Ausubel, especialista em Psicologia Educacional, na qual o conhecimento prévio do aluno é a chave para se alcançar uma aprendizagem com significado.

Uma vez que o objetivo precípuo deste trabalho é conhecer os principais obstáculos que impedem a inserção, na educação básica, de considerações históricas e de questões epistemológicas que ajudem a dar **significado** aos conteúdos de física que lá são veiculados, torna-se necessário conhecer o que o aluno já sabe, a fim de que novos conhecimentos sejam incorporados à sua estrutura cognitiva. De forma incisiva, David Ausubel afirma em seu livro Psicologia Educacional (1980) que “o fator isolado mais importante que influencia o aprendizado é aquilo que o aprendiz já conhece”, funcionando como ponto de ancoragem para as novas ideias (**subsunçor**), uma vez que existe uma estrutura na qual organização e integração de aprendizagem se processam.

De acordo com Ornellas Farias (2018):

*A aprendizagem não é uma propriedade extensiva do ensino, por mais eficaz que seja o mesmo. O ensino é apenas uma condição que pode influenciar na aprendizagem entre outras variáveis como a predisposição e a preparação cognitiva (uma prontidão em propriedades fundamentais e organizacionais de conhecimentos previamente adquiridos específicos relevantes na associação a novos conhecimentos). Porém, precisa ser levado em conta que a finalidade da preparação do ensino é a facilitação da aprendizagem. O ato de ensinar não pode se encerrar em si mesmo, uma vez que, a finalidade do ensino é a aprendizagem apesar de outros fatores interferirem e terem que ser levados em conta (Ausubel *et al*, 1980, p. 12 e 25).*

Para que a aprendizagem significativa proposta por Ausubel ocorra, de fato, as seguintes condições precisam ser atendidas: a) que o sujeito esteja disposto a relacionar o conhecimento; b) que o material a ser assimilado contenha um “potencial significativo”; e c) que exista um conteúdo mínimo na estrutura cognitiva do indivíduo, com subsunçores suficientes ao ponto de atender as necessidades concernentes. Nesta teoria, o processo de assimilação é crucial para o entendimento do processo de aquisição e organização de significados na estrutura cognitiva, desde que o professor inicialmente investigue os

conhecimentos prévios do aluno para que se possa propiciar a ele uma aprendizagem significativa (BRUINI, 2010).

Diante de tudo que foi exposto, é fundamental que o professor perceba a necessidade de adequar a sua metodologia de ensino de modo que os conhecimentos já adquiridos dos alunos possam ser articulados, utilizando, para isso, uma linguagem que seja a mais familiar possível para eles.

3.2 Conteúdo de Física

3.2.1 Considerações preliminares

A presente Dissertação bem como o Produto Educacional dela decorrente constituem-se, ambos, em trabalhos cujos objetivos precípuos gerais são aqueles de prover um melhor e mais qualificado Ensino, e no caso específico aqui considerado, o de prover, ou pelo menos o de tentar prover, um melhor e mais qualificado Ensino de Física, mas não necessariamente apenas o de um melhor Ensino de Física.

Sendo um trabalho classificado como pertencente ao campo do Ensino de Física, então nele devem necessariamente estar presentes conteúdos de Física, pois do contrário não poderíamos tecer considerações minimamente pertinentes sobre História da Ciência (História da Física no nosso caso) e sobre Filosofia da Ciência (Filosofia da Física, no nosso caso). Em outras palavras, se os nossos pontos de partida não fossem ancorados firmemente em conteúdo de Física, não teríamos condições de tecer considerações nos campos da História e da Filosofia da Ciência.

Não obstante, a maneira pela qual emerge o conteúdo de Física nos trabalhos dedicados ao Ensino e a maneira pela qual emerge o conteúdo de Física nos trabalhos de Física, no sentido estrito do termo, diferem entre si, pois essas maneiras são, em larga medida, consagradas pelas respectivas tradições construídas pelos autores que trabalharam e trabalham em cada um desses campos.

Em um campo como o da História da Ciência, por exemplo, os pesquisadores perseguem mais frequentemente objetivos que os levem a analisar *processos* que conduziram a tais e tais resultados, enquanto uma tradição ligada à pesquisa em Física está mais focada em obtenção de *resultados*, notadamente de *novos resultados*.

Não há porque os objetivos precípuos dos pesquisadores que perseguem *processos* serem mais ou menos nobres do que os objetivos dos pesquisadores que perseguem *resultados*, mesmo porque não há nada que proíba a um mesmo pesquisador adotar para a sua

pesquisa, em princípio, ambos os objetivos. Eles não são mutuamente excludentes e, muito pelo contrário, tanto podem como devem se potencializar. Em suma, tanto ambas as adoções são igualmente legítimas quando tomadas de per si, quanto é também legítima uma adoção metodológica que se situe a meio caminho entre as duas opções referidas, ou seja, uma adoção metodológica dedicada tanto a *processos* quanto a *resultados*.

No caso da Filosofia da Ciência, essa potencialização é altamente recomendável, pois a Física, enquanto disciplina geradora de conhecimento genuíno no campo das Ciências, provê inevitavelmente, a partir daí, a emergência de problemas suscitados sobre esse conhecimento gerado bem como sobre a natureza desse mesmo conhecimento, o que enseja necessariamente um leque de problemas epistemológicos. O Ensino de Ciências pode e, até mesmo em certo sentido, deve, em um cenário desejável, ser uma importante instância a prover essa potencialização e essa sinergia cognitiva tanto naquilo que concerne à História da Ciência quanto naquilo que concerne à Filosofia da Ciência.

Embora o professor de ciências, aqui o professor de física, tenha um mister diverso dos misteres correspondentes aos historiadores da ciência e aos filósofos da ciência, os professores de ciência, em particular os professores de física, devem se balizar e estudar trabalhos desses autores, observando, contudo, na hora de suas decisões do que incorporar, do que refletir e do que elaborar a partir dos estudos desses historiadores e filósofos, o necessário exercício de suas próprias autonomias, tanto intelectual quanto política. Em outras palavras, os professores de ciências devem exercer as suas respectivas autonomias, intelectual e política, se bem que em sinergia com os demais intelectuais que se dedicam a abordagens sob outros pontos de vista (sobre o argumento, ver Bastos Filho, 2012).

3.2.2 Diretrizes básicas que permeiam o nosso estudo

O conteúdo de Física mais proeminente concernente à Dissertação e ao Produto Educacional aqui elaborados é relativo à assim chamada *Lei de Inércia*, a qual, pela sua enorme importância e pela sua enorme potencialidade de exploração, tanto de processos históricos quanto do suscitar de problemas epistemológicos, revela-se também como de grande potencialidade pedagógica para o ensino de física.

De antemão, podemos e devemos assumir as seguintes diretrizes:

- I. A Lei de Inércia parece, à primeira vista, como algo trivial para os físicos hodiernos e para os professores de física de praticamente todos os níveis de escolaridade. Poderiam eles inclusive perguntar, para que se debruçar com algo

que já está internalizado solidamente para físicos e professores de física? É nossa intenção mostrar aqui que os pressupostos que subjazem à pergunta acima, e aqui não teremos meias palavras para classificá-la como ingênua, são histórica, pedagógica e epistemologicamente falsos;

- II. Em continuidade conceitual com a diretriz precedente e relacionada com a mesma, argumentamos que a Lei de Inércia não é nem trivial nem tão antiga assim enquanto geradora de uma revolucionária concepção de mundo. Para dar uma ideia preliminar disso, podemos asseverar que os gregos articularam conceitos seminais como *Liberdade*, *Cidadania*, *Ser*, *Devir*, *Átomo*, *Causa*, *Substância* e tantos outros, mas eles não conceberam o *movimento* enquanto *estado* e também não conceberam o movimento enquanto *estado-relação*. Argumentamos que, diante da sofisticação de sua cultura e da ampla influência que exerceram tanto no ocidente quanto no oriente, dar a devida atenção à análise de algo que os gregos não tinham e que somente passou a estar minimamente estabelecido somente a partir do século XVII, já se constitui em indicativo de um conteúdo revolucionário não desprezível;
- III. O estudo do *processo histórico* da invenção da Lei de Inércia é enormemente complexo. Não obstante, um pequeno recorte dessa complexa história já é suficiente para revelar a sua potencialidade didática, de indicar claramente o absurdo reducionista de considerá-la como meramente um caso particular da segunda lei de Newton. Uma tal redução é histórica, pedagógica e epistemologicamente falsa. Temos como uma das propostas argumentar nesta direção;
- IV. O aspecto contrafactual da Lei da Inércia será explorado tanto nesta Dissertação quanto neste Produto Educacional, o que leva à compreensão por parte de quem a estude seriamente que se trata de um Princípio Geral da Mecânica Newtoniana relacionado com os conceitos de *estado de movimento*, *estado-relação*, *referenciais de inércia para os quais vigem as Leis de Newton*, além dos conceitos seminais de *espaço absoluto*, *tempo absoluto*, entre vários outros.

3.2.3 Como o estudo do processo histórico potencializa a compreensão do conteúdo de Física no estrito senso: uma narrativa de A a Z

Se tomarmos o trabalho de um historiador da ciência da estatura de um Alexandre Koyré, que se debruçou sobre o estudo da Lei de Inércia com grande profundidade (ver Koyré, 1966), veremos que a história é bem mais complexa do que apresentamos. Aqui, no nosso trabalho, autores como Torricelli, Gassendi, Cavalieri não serão trazidos à baila.

Podemos seguir a seguinte narrativa pois, mesmo não sendo propriamente uma narrativa completa, ela é fértil na medida em que não distorce a história e, além disso, é capaz de preservar com ganhos a importância dos *processos* enquanto elementos importantes da *compreensão do conteúdo* e portanto de relevante potencial pedagógico.

Sigamos os seguintes passos numa possível reconstrução racional da história e não da história propriamente dita:

- A. A partir de seus famosos experimentos reais ou experimentos pensados (há controvérsias que aqui não consideraremos), Galileu (1564-1642) argumentou que planos inclinados descendentes são causa de aceleração, enquanto planos inclinados ascendentes são causa de desaceleração. Por conseguinte, um plano que não seja nem descendente nem ascendente não seria causa nem de aceleração nem de desaceleração e, portanto, seria o caso de persistência. Esse seria o plano horizontal no qual o corpo persistiria com o seu movimento *ad infinitum* em linha reta.
- B. Poder-se-ia considerar, assim como fazem vários livros, que aí estaria formulada a lei de inércia, mas o próprio Galileu, pressentindo a grande dificuldade teórica de tratar a lei enquanto princípio universal, aduzirá outros elementos.
- C. Galileu presente que se formos além de uma formulação válida em nível meramente local e passarmos para uma formulação que se constituísse em princípio geral, então ele se depararia com enorme dificuldade na medida em que a persistência do movimento em linha reta quando prolongado implicaria em uma subida do corpo pela tangente à superfície da Terra, o que contradiria flagrantemente a lei da queda livre a qual estão sujeitos todos os graves.
- D. Isso levou Galileu a tecer considerações sobre a natureza do que seria esse *plano horizontal*.
- E. Esse plano horizontal é tão somente o plano horizontal da geometria de Euclides se nos ativermos ao nível local.
- F. A única alternativa para escapar da contradição com a sua lei da queda livre seria a de assumir que o plano horizontal, que na aproximação local é o plano da

geometria euclidiana, aqui nada mais seria que o plano da superfície da Terra que é esférica e, assim, a persistência do movimento se daria em um plano que não se aproximasse nem se afastasse do centro da Terra.

- G. Introduz Galileu, nesse ponto, uma espécie de *inércia circular*, que é profundamente problemática, como veremos a seguir.
- H. Descartes (1596-1650) mostrou que o movimento circular não pode persistir, pois para tal movimento é requerida uma *ação* contínua para desviar o corpo do movimento em linha reta.
- I. É importante salientar que a demonstração cartesiana não se dá em termos de conceitos newtonianos. Deste modo, a *ação* cartesiana não é, do ponto de vista histórico, a força newtoniana, nem deve ser confundida com ela. Seria um anacronismo atribuir a Descartes conceitos newtonianos como os de *força* e de *massa*.
- J. O raciocínio de Descartes reza do seguinte teor: em um movimento circular, hoje diríamos em um movimento circular uniforme, se removermos a *ação* que é solicitada para o corpo realizar o movimento circular, então o corpo emerge pela tangente da trajetória circular em linha reta; logo, o movimento circular não pode persistir e por conseguinte, *não pode haver inércia circular*.
- K. O raciocínio de Descartes, quando analisado à luz de termos conceituais newtonianos, pode assim ser simplificada e exposta: uma pedra em uma funda que gira em torno da mão de alguém, segundo uma trajetória circular de raio \mathbf{R} , tem a seguinte velocidade linear em módulo: $|\mathbf{V}| = 2\pi|\mathbf{R}|/\mathbf{T}$, onde \mathbf{T} denota período, ou seja, o tempo requerido para uma rotação completa da pedra na funda em torno da mão de alguém que a faz girar. Desde que a velocidade é um vetor, diríamos que, apesar da velocidade linear permanecer constante em módulo, a sua direção varia constantemente ao longo do movimento; logo, o vetor velocidade varia com o tempo e, por conseguinte, há uma aceleração cujo módulo é $|\mathbf{a}| = [2\pi|\mathbf{V}|/\mathbf{T}] = [2\pi(2\pi|\mathbf{R}|/\mathbf{T})/\mathbf{T}] = 4\pi^2|\mathbf{R}|/\mathbf{T}^2 = |\mathbf{V}|^2/\mathbf{R}$.
- L. Essa aceleração que age sobre a pedra na funda é dirigida para o centro. Deste modo, ela é chamada de aceleração centrípeta ou central. Se introduzirmos o conceito newtoniano de força, então a força centrípeta agindo sobre a pedra na funda é $\mathbf{F} = \mathbf{M}|\mathbf{V}|^2/\mathbf{R}$, onde \mathbf{M} denota a sua massa.

- M. Galileu e Descartes, ambos, deram um passo gigantesco. Ambos estabeleceram algo decididamente revolucionário no século XVII que era a concepção do *movimento* enquanto *estado* e ainda mais, enquanto *estado-relação de cunho matemático*. Este passo é importantíssimo e precisa ser explorado no contexto do Ensino de Física.
- N. Havia uma contradição dilacerante que aqui pode ser assim explicitada: movimento, para os gregos, era algo que muda. *Movimento* significava *mudança* em sentido lato. Por outro lado, *estado* era referido a algo que não muda. Como se podia conceber o significado de *estado de movimento* se a própria expressão *estado de movimento* se referia a coisas mutuamente contraditórias?
- O. Os gregos se referiam a *movimento* enquanto *processo*. Assim é importante, tanto histórica quanto epistemológica quanto ainda pedagogicamente, ter em mente o obstáculo epistemológico imenso que se constituiu em superar a antiga concepção de movimento enquanto *processo* para se estabelecer a concepção do movimento enquanto *estado*.
- P. Nesse sentido, a Lei de Inércia caminha para ser concebida como intimamente relacionada ao Princípio da Relatividade de Galileu, que confere igual estatuto ontológico aos referenciais inerciais, que são aqueles que se deslocam em linha reta com velocidades constantes uns em relação aos outros ou, em outras palavras, a concepção de *igual estatuto ontológico a repouso e a movimento*.
- Q. Deste modo, estabelece-se um passo de compreensão muito importante que permite conferir autonomia à Lei de Inércia enquanto princípio independente, também implicando a sua relação com o Princípio da Relatividade de Galileu ao estabelecer igual estatuto para todos os referenciais inerciais do universo, ou seja, para aqueles que se deslocam em linha reta com velocidades constantes uns em relação aos outros.
- R. Deste modo, quando se afirma que as Leis de Newton valem igualmente para quaisquer referenciais inerciais do universo, está implícito que a própria definição de tais referenciais já pressupõe a Lei de Inércia enquanto Princípio independente.
- S. Essas considerações até então trazidas à baila são suficientes para criticar uma atitude – completamente errônea tanto histórica quanto epistemológica quanto, ainda, pedagogicamente – ao insistir que a Lei de Inércia seria um caso particular da segunda lei de Newton quando o vetor força fosse igual a zero, pois nesse caso

a solução da equação diferencial correspondente somente seria compatível com movimentos em linha reta com velocidades constantes.

- T. Este reducionismo é falso e um Ensino de Física nele baseado tem que ser duramente criticado, pois as pessoas que assim ensinam não se dão conta de que as outras duas leis de Newton (a segunda enquanto definição de força e a terceira que se constitui na lei da ação e reação) pressupõem necessariamente o Princípio da Relatividade de Galileu e, intimamente ligado a ele, a Lei de Inércia, que foi uma lei elevada por Newton a Princípio Independente.
- U. Em outras palavras, tudo isso pressupõe a concepção revolucionária de *igual estatuto atribuído a repouso e a movimento*, bem como a concepção de movimento enquanto estado e, ainda mais, enquanto estado-relação de cunho matemático.
- V. A extensão cosmológica da Lei de Inércia enquanto princípio geral e, além disso, enquanto Princípio Universal, será realizada com a teoria gravitacional de Newton que pressupõe, enquanto elemento imprescindível, a constante de interação universal G sem a qual não se poderia unificar a física de Galileu, válida para movimentos locais próximos à superfície da Terra, com a teoria gravitacional de Newton; de maneira inteiramente análoga, não poderíamos unificar a astronomia de Kepler, válida para os planetas que giram em torno do Sol, com a teoria gravitacional de Newton. Nesse procedimento, aparecem os vínculos matemáticos que ligam a teoria gravitacional de Newton tanto à física dos movimentos locais de Galileu quanto à astronomia de Kepler (ver Bastos Filho, 1995; 2018; Lucena & Bastos Filho, 2017 – parte2). É interessante trazer à baila também a carta escrita por Euler a uma princesa no dia 3 de setembro de 1760 e intitulada *Sobre o descobrimento da gravitação universal feita por Newton* (ver Euler, 1985, p. 74-77). É importante notar que, apesar de ser uma carta belíssima dirigida a uma princesa (não sabemos se ela leu e se leu se entendeu), ela (a carta) introduz, por ironia, um elemento mistificador que se constituiu na tão criticada lenda da maçã de Newton. A carta está repleta de elementos fatalistas, que são hodiernamente muito criticados pelos historiadores da ciência e pelos educadores como, por exemplo, a mensagem segundo a qual se Newton não tivesse existido estaríamos perdidos na ignorância. Este aspecto foi explorado por Lucena & Bastos Filho, 2017 – parte 1 quanto ao obstáculo da mitologia da genialidade.

- W. Quando analisamos a unificação newtoniana, constatamos o caráter de *universalidade* da constante de gravitação de Newton \mathbf{G} e, com ela, os conceitos de *massa gravitacional* e *massa inercial*, bem como de sua igualdade, então somos levados a um vínculo que pode ser expresso por $[\mathbf{g}_i(\mathbf{R}_i)^2 / (\mathbf{M}_i)] = \mathbf{G}$, onde \mathbf{G} denota constante de gravitação universal de Newton, \mathbf{g}_i a aceleração da gravidade local desse i -ésimo corpo, \mathbf{M}_i a massa newtoniana do i -ésimo corpo que se considere e \mathbf{R}_i o raio geométrico desse mesmo i -ésimo astro em consideração. Este vínculo expressa que podemos dar expressão cosmológica a quaisquer movimentos locais de Galileu como ocorrendo, em princípio, nas respectivas superfícies de quaisquer astros que consideremos (Terra, Lua, Júpiter, asteroide, Io, Réia etc.). Podemos conceber, também, lugares no imenso cosmos para os quais $\mathbf{g} \approx \mathbf{0}$. Para tais locais, podemos tranquilamente conceber que se o corpo receber um piparote deverá acontecer algo como uma persistência do movimento em linha reta. Quaisquer corpos massivos no sentido newtoniano estão sujeitos à inércia enquanto dotados de massa e, assim, a lei de Inércia de Galileu é elevada a Princípio Universal.
- X. A História da Lei de Inércia pode, então, ser considerada como uma construção na qual nomes como Galileu, Descartes e Newton (1642-1727) e muitos outros desempenharam importantíssimos papéis.
- Y. Aspecto importantíssimo é que, apesar de ser um Princípio Explicativo independente e autônomo no conjunto das três leis de Newton e de ser base para a ciência da mecânica clássica newtoniana, cuja corroboração empírica é extensiva, sendo o mais monumental exemplo constituído pela própria corroboração empírica da unificação newtoniana, ela é, por mais estranho que pareça ou venha a parecer, *uma lei contrafactual*. Não porque exista o atrito e outras dissipações para restringir o seu caráter de persistência eterna, mas pela sua própria construção interna. Ora, rigorosamente a validade absoluta da lei de inércia de Galileu-Descartes-Newton entre outros, requer que no universo haja apenas um único corpo que se propague em linha reta com velocidade constante em um espaço preexistente, pois no caso em que haja um outro corpo, e a qualquer distância em que se encontre do primeiro, então há forçosamente uma interação de natureza gravitacional entre os dois corpos, o que impediria o movimento livre de qualquer força newtoniana em linha reta com velocidade constante. Tudo isso

mostra que a Lei de Inércia é uma elaboração complexa em que pese a sua aparente simplicidade.

Z. Por fim, diríamos que o estudo aprofundado da Lei de Inércia, bem como de suas múltiplas relações, é base para englobar um enorme leque de conceitos, a saber: de *espaço, tempo, velocidade, aceleração, aceleração centrípeta, massa, força newtoniana, força gravitacional, força decorrente de considerações de uma física inercial, a igualdade entre massa inercial e massa gravitacional, universalidade, unificação entre céu e terra, espaço absoluto, tempo absoluto e interações a distância*. Sabemos, por exemplo, que o espaço absoluto é expressão do conjunto de todos os referenciais de inércia do universo e o tempo absoluto está intimamente ligado às interações instantâneas de Newton.

3.2.4 Algumas palavras finais

Na presente justificativa de explicitação do conteúdo de física que aparece tanto na Dissertação quanto no Produto Educacional, o termo *processo* aparece em dois sentidos diferentes.

Na primeira dessas acepções, o termo *processo* faz menção à vantagem comparativa de um Ensino de Física que não se restringe a *resultados de chegada*, e isso, sem que haja, de nossa parte, qualquer indisposição para com os *resultados de chegada* que são muito bem discutidos do ponto de vista conceitual. De fato, é perfeitamente possível um bom Ensino de Física que não esteja inserido em uma abordagem que se utilize da História e da Filosofia da Ciência. No entanto, defendemos com ênfase, que uma abordagem criteriosa que inclua a História e a Filosofia da Ciência permite ganhos conceituais mais sutis em comparação com uma abordagem meramente centrada em conteúdo no estrito sentido do termo.

Uma segunda acepção para a palavra *processo* foi usada no sentido em que, para os gregos, o movimento enquanto mudança (sentido lato) era apenas concebível enquanto um *processo* que se dava no curso de dado tempo e não como *estado* como para os modernos a partir de Galileu e Descartes, e essa acepção para a palavra *processo* representava um *obstáculo epistemológico* como diria Bachelard.

Vários outros aspectos são levantados nesta Dissertação e neste Produto Educacional, o que discutiremos no curso de nossa exposição.

Aqui encerramos as nossas considerações sobre o conteúdo de Física que, pela natureza do próprio trabalho, é apresentado em íntima conexão e com a própria abordagem

sobre alguns obstáculos que identificamos para a inserção da História e da Filosofia da Ciência no contexto do Ensino de Física na Educação Básica.

Muito provavelmente, muitos de nossos resultados podem ser estendidos ao Ensino de Física em outros níveis de escolaridade, notadamente o Ensino Superior.

4 OBSTÁCULO 1: A EXCESSIVA LINEARIZAÇÃO DOS PROCESSOS HISTÓRICOS

Nesta seção, focaremos a nossa atenção para o primeiro dos obstáculos, que diz respeito à excessiva linearização dos processos históricos. Mostraremos com um exemplo emblemático da história da ciência que essa excessiva linearização compromete a compreensão da importância do próprio conteúdo a ser ministrado ao não se conceber os processos históricos na sua abrangência. Mostraremos que se nos ativermos apenas aos resultados, então o entendimento dos temas abordados se vê seriamente prejudicado em detrimento da própria e correta avaliação da natureza da ciência. Isto se agrava sobremaneira quando esses conteúdos se apresentam como resultados descontextualizados.

O exemplo que traremos à baila para a nossa análise será a lei de inércia.

4.1 Lei de inércia

Teremos necessariamente que fazer alusão aos célebres experimentos mentais dos planos inclinados de Galileu. Os planos inclinados descendentes são causa de aceleração, enquanto os planos inclinados ascendentes são causa de desaceleração. Logo, um plano que não seja nem descendente nem ascendente, ou seja, um plano horizontal, não será nem causa de aceleração nem causa de desaceleração e sim de persistência. Trata-se de um raciocínio estupendo (ver GALILEU⁶, p. 173; MARICONDA *et al*⁷, nota de rodapé n. 11, p. 283-284).

Em uma **situação real**, ao abandonarmos um corpo de uma dada altura em um plano inclinado descendente, então se constata que este corpo, após descer este plano, para depois percorrer um plano horizontal e, em seguida, se deparar com um plano inclinado ascendente, ele subirá ao longo deste último até atingir uma altura bem próxima daquela da qual fora abandonado no plano inclinado descendente e somente não alcança exatamente a mesma altura devido a efeitos de dissipação.

⁶Com efeito, nos planos inclinados descendentes está presente uma causa de aceleração, enquanto que nos planos ascendentes está presente uma causa de retardamento; segue-se disso, ainda, que o movimento sobre um plano horizontal é eterno; posto que, se é uniforme, não aumenta nem diminui, e muito menos se acaba" (GALILEU, p. 173).

⁷Aqui está expresso pela primeira vez de forma clara o princípio de inércia determinadamente e não naquela forma vaga de nenhum alcance prático que os precursores de Galileu nos tinham dado. Resta, contudo, a dúvida de se esse *plano horizontal* deve ser entendido plano de modo muito aproximado como uma porção de superfície a nível da terra, ou se, ao contrário, deve ser entendido como movimento retilíneo uniforme. A nosso ver, Galileu não nos dá esse princípio em toda a sua extensão até os corpos celestes; e as considerações que faz a esse propósito, especificamente no *Diálogo sobre os Máximos Sistemas*, parecem, sem dúvida, excluir que tenha querido dar a este princípio aquele alcance universal expresso no primeiro axioma de Newton" (MARICONDA *et al*, p. 283-284).

Abstraindo-se todas as dissipações e atritos, pode-se inferir por raciocínio que em uma **situação ideal** que se supõe, em algum grau ser próxima da real, então este corpo subiria ao longo do plano inclinado ascendente até atingir exatamente a mesmíssima altura da qual fora abandonado no plano inclinado descendente e somente não alcança a mesma altura devido a efeitos de dissipação.

O referencial teórico no qual se baseia essa explicação é a *teoria do ímpeto*. Quando o corpo se encontra no plano inclinado descendente a uma altura **h** em relação ao plano horizontal ele tem um dado *ímpeto*. Abstraídas todas as possíveis dissipações e atritos, o corpo conservará esse *ímpeto* que lhe permitirá subir ao longo do plano inclinado ascendente até a mesmíssima altura **h** em relação ao plano horizontal, para qualquer que seja a inclinação desse plano inclinado ascendente.

Quanto mais suave for a inclinação deste plano inclinado ascendente em relação ao plano horizontal, o corpo percorrerá cada vez mais uma maior extensão ao longo deste plano até que venha a atingir a altura **h** em relação ao plano horizontal, pois ele tem o suficiente *ímpeto* para atingir essa altura.

No caso limite em que diminuimos paulatinamente a inclinação do plano inclinado ascendente de modo que este venha a coincidir exatamente com o plano horizontal, então o corpo, devido a seu *ímpeto* para atingir a altura **h**, “procurará” indefinidamente atingir essa altura, sem, contudo, jamais alcançá-la e, desta maneira, persistirá com seu movimento para sempre mantendo a sua velocidade constante ao longo do plano horizontal, uma vez que em tal situação não haverá mais nem causa de aceleração nem de desaceleração.

Surge aí uma questão muitíssimo importante que é quase inteira e solenemente desconsiderada na grande maioria das abordagens didáticas sobre o assunto.

- Qual a natureza desse plano horizontal?

Ora, de um ponto de vista meramente local, esse plano seria o plano da geometria de Euclides. Esse plano horizontal seria tão horizontal quanto um campo de futebol ideal, ou uma mesa longa ou algo do gênero. No entanto, para Galileu, esse plano é o plano da superfície da Terra cujos pontos não se afastam nem se aproximam do centro da Terra. Logo, o mesmo Galileu que parecia intuir tão estupendamente a persistência do movimento em linha reta agora apresenta uma "inércia circular" que à luz do conhecimento a partir da física de Newton – portanto à luz de uma teoria posterior a Galileu⁸ – não pode ter lugar, pois o

⁸É necessário enfatizar este ponto a fim de darmos margens para algum anacronismo ingênuo.

movimento circular uniforme, ainda que mantenha a sua velocidade escalar constante, requer uma força (a força centrípeta) para variar a direção de sua velocidade.

Descartes (1596-1650), também um pensador anterior a Newton (1642-1727), e que não tinha nem o conceito de vetor nem tampouco o de força newtoniana, foi capaz de concluir pela impossibilidade de persistência de um movimento circular por meio de argumentos acerca da pedra que é girada pela funda (ver Descartes, 1952)⁹. O que persiste sem a *ação* de quem gira é o movimento retilíneo que escapa pela tangente à trajetória circular e não o movimento circular que exige essa *ação*¹⁰. Por esta razão, desde Koyré (1966), os créditos da invenção dessa lei são muito mais atribuídos a Descartes, que mostrou, embora sem o conceito de força newtoniana que lhe é posterior, que o movimento circular não pode persistir.

Não nos alongaremos muito nessas considerações, mas o exemplo é muito importante para que sejam ensejadas práticas pedagógicas que privilegiem os **processos** e os **contextos** e não apenas os resultados. Poder-se-ia ingenuamente conjecturar que isso não seria importante, pois independentemente se foi Galileu ou não a formular a lei de inércia na sua generalidade, ela está aí. No entanto, se isso fosse desprezado, então a *natureza da ciência* enquanto conflito de concepções seria desconsiderada com evidentes prejuízos para a formação cultural e para a própria prática da atividade científica. Logo, práticas pedagógicas que ensejem discussões deste tipo e que requeiram a colaboração de historiadores com educadores que sejam aptos para a elaboração de transposições judiciosas, revelam-se da mais alta importância para o ensino de ciências, notadamente para o ensino de física. Deste modo, a História da Ciência nos ajuda a perceber que a lei de inércia tem a sua própria autonomia, tanto histórica quanto epistemológica, enquanto lei da persistência do movimento. Isso é importantíssimo, pois permite criticar um ensino, baseado em reducionismos extremos e anacronismos que falsificam o processo histórico como aquele frequentemente ensinado nas escolas segundo o qual a primeira lei de Newton (ou princípio da inércia) seria um "caso particular" da segunda lei quando a força newtoniana for igual a zero. Evidentemente, ao se adotar uma posição redutora tão drástica e falsificadora, age-se de forma negativa e, portanto, em desfavor de uma apreciação minimamente coerente acerca da natureza da ciência, e em

⁹Ver a segunda parte dos *Princípios da Filosofia*, seção 39 intitulada *A segunda lei da natureza: que todos corpos que se movem tendem a continuar seus movimentos em linha reta* (Ver Descartes, 1952, p.634-636).

¹⁰Para não se cometer um anacronismo, não se deve confundir de maneira alguma a *ação* de Descartes com a *força* de Newton.

desprezo por um processo que é central para o julgamento de algo que os gregos não pensaram e, como diria Koyré, trata-se de uma lei conhecida apenas a partir do século XVII.

Analisar este processo complexo de uma lei aparentemente simples é perturbador. Uma real compreensão dessa complexidade somente foi possível após longa maturação e isso somente torna-se intelectualmente perceptível ao se analisar o sofisticado processo que a envolve.

Galileu, de fato, concebe a inércia em nível local. Também percebe que a extensão dessa lei para o nível cosmológico é de fato bastante problemática. Ora, de acordo com a geometria de Euclides, e não de acordo com uma mera aproximação local dessa, o movimento retilíneo persistente implica numa trajetória que tangencia a superfície da Terra e, portanto, se afasta do centro. Isso, certamente, violaria a lei a que estão submetidos todos os graves, pois todos eles são atraídos¹¹ para o centro da Terra. Além disso, Galileu percebe com clareza que a linha reta leva a considerações sobre o infinito. Certamente, ele quis evitar essas dificuldades de monta.

Galileu morreu em 1642, no mesmo ano em que Newton nasceu. Deste modo, o sábio florentino não conheceu o conceito de força newtoniana e nem a dimensão cosmológica do princípio da persistência do movimento numa perspectiva que transcendesse o nível local. Era preciso, portanto, considerar o céu. A propósito, Stillman Drake assim escreve:

Em última análise, a continuação do movimento em velocidade uniforme, numa linha reta, tornou-se a pedra angular da física newtoniana. É agora chamado “movimento da inércia”, que Galileu apenas admitia para corpos pesados, movendo-se em distâncias relativamente pequenas perto da superfície da Terra. Na sua física, um corpo pesado deve ganhar ou perder velocidade se aproxima ou se afasta do centro da Terra; isto é, se cai ou se consegue levantar-se. Em pequenas distâncias horizontais, como na experiência de 1608, o corpo podia considerar-se como permanecendo à mesma distância do centro da Terra, por isso, na sua física, a regra da inércia era a mesma que a nossa para tais casos. Mas Galileu não queria transformá-la num princípio universal. O movimento reto, uniforme e indefinido, implicaria um universo infinito, e qualquer tendência natural para esse movimento, feita por corpos celestes, parecia-lhe incompatível com a ordem observada no cosmos. Se qualquer movimento na natureza fosse verdadeiramente uniforme e perpétuo, dizia Galileu, teria de ser um movimento circular. Mas não declarou que qualquer movimento na natureza é verdadeiramente uniforme; apenas que movimentos horizontais, relativamente breves, perto da Terra, podem ser assim considerados. Isto bastava para a física terrestre, e Galileu não especulou sobre a física celeste, como fez Kepler (DRAKE, 1980, p.72).

Este excerto de Stillman Drake é especialmente instrutivo acerca dos obstáculos com os quais Galileu se deparou em vista de escapar de uma contradição. Desta forma, a única maneira de conciliar todos os elementos que ele dispunha seria admitir a validade da inércia

¹¹Galileu, evidentemente, não conhecia a atração universal de Newton. Usamos o termo ‘*atraído*’ não como relacionado à atração universal de Newton e sim como algo relacionado à queda livre.

em linha reta apenas em nível local. Uma extensão para os corpos celestes, como bem salientou Stillman Drake, parecia ao mestre florentino *incompatível com a ordem observada no cosmos*. A assim chamada inércia circular era a única escapatória para conciliar a situação¹².

Podemos ainda trazer à baila a continuação do excerto de Stillman Drake em função da pertinência para os nossos propósitos aqui:

Nada ilustra melhor a ideia de Galileu de restringir a ciência a coisas que podiam ser estabelecidas com “experiências dos sentidos e necessárias demonstrações”, na frase que adotou quando os filósofos apelaram para os teólogos, em busca de apoio. A extensão que Newton fez da lei da inércia a todos os corpos foi feita quando descobriu a lei da atração universal, confirmada por inúmeras observações astronômicas. Sem atração universal, a generalização da lei da inércia permaneceria pura especulação, como aconteceu com Pierre Gassendi e René Descartes, pouco depois da morte de Galileu, que bem desejava deixar essas especulações aos filósofos e apenas “descobrir o mármore” de onde era esculpida (DRAKE, 1980, p.72-73).

Diríamos que será principalmente em torno de Galileu, de Descartes e de Newton – mas não exclusivamente em torno desses seminais autores – que podemos avaliar, no contexto do processo histórico da formulação da lei de inércia, importantes avanços ao conhecimento.

4.1.1 Considerações epistemológicas sobre o aspecto contrafactual da lei de inércia

Como vimos, Galileu concebeu a lei de inércia no sentido restrito de sua física dos movimentos locais. Não há, ainda, uma extensão cosmológica desta lei. Para escapar de uma contradição, ele se restringe aos movimentos locais; para isso paga o preço em admitir uma espécie de “inércia circular”. Descartes mostra que o movimento circular não pode persistir. Somente pode persistir o movimento retilíneo uniforme.

Ambas as contribuições, respectivamente de Galileu e de Descartes, constituem progressos importantes na direção de um maior avanço do conhecimento. De fato, o movimento deixa de ser um processo para ser um *estado*, e este ponto é de grande relevância. Isso combina muitíssimo bem com o que hoje nós chamamos de princípio da relatividade de Galileu que empresta igual estatuto a todos os referenciais que se deslocam uns em relação aos outros com velocidade constante: repouso e movimento retilíneo uniforme são equivalentes e, por isso, tem iguais estatutos ontológicos.

¹²[...]; pois, assim como é impossível que um grave ou um conjunto deles se mova naturalmente para o alto, afastando-se do centro comum para o qual tendem todos os corpos graves, também é impossível que um grave se mova espontaneamente, se com tal movimento seu próprio centro de gravidade não se aproxima do centro comum anteriormente mencionado; razão pela qual será nulo o ímpeto ou movimento de dito móvel sobre a horizontal, que aqui se considera como uma superfície igualmente distante de um mesmo centro e, por isso, completamente desprovida de inclinação (GALILEI, p. 143).

Galileu e Descartes também se distanciam de Aristóteles. Aqui, diferentemente do que o mestre grego concebeu, não há necessidade da ideia de *motor*. O corpo persiste em seu *estado de movimento* sem necessidade de *motor* algum.

A propósito Koyré escreve:

A concepção clássica – galileana, cartesiana, newtoniana – de movimento, nos parece hoje em dia, não apenas evidente como também “natural”. No entanto, esta “evidência” é ainda recente: ela tem apenas três séculos. E é a Descartes e a Galileu que nós a devemos (KOYRÉ, 1966, p. 164).¹³

Koyré dá a Galileu e a Descartes bastante crédito e, sem qualquer dúvida, trata-se de um merecido crédito; um pouco mais adiante, em seu importante livro *Estudos Galileanos*, Koyré argumenta que se trata de um *processo longo e penoso*. Coisa curiosa: um processo longo e penoso para uma lei considerada hoje em dia como “evidente”; esta circunstância tem enorme importância no contexto do ensino de ciências, como adiante argumentaremos, e é este, de fato, o contexto em que reside o foco de nosso trabalho.

O famoso psicólogo cognitivista suíço Jean Piaget e o físico e filósofo argentino Rolando Garcia escreveram em colaboração um importante livro no qual tinham a intenção de articular a psicogênese com a história da ciência (ver PIAGET & GARCIA, 2011). Piaget e Garcia consideraram que, durante todo o século XIX e durante grande parte da primeira metade do século XX, os estudiosos tinham a tendência em considerar Galileu como aquele protagonista principal a forjar a revolução científica, mas que, após estudos sobre o século XIV, constatou-se que Galileu, em pleno século XVII, seria precipuamente mais um continuador, em que pese importantíssimo, do espírito dos parisienses e dos oxfordianos do século XIV. A propósito, Piaget e Garcia escreveram:

Sem atingir o incontestável gênio de Galileu, pode-se dizer – e é essa a nossa perspectiva – que a obra desse físico não se constituiu uma criação espetacular e sem precedentes, mas, sobretudo, um salto para à frente no desenvolvimento que tem suas raízes no *quatrocentto* em Paris e Oxford e conduz a Galileu, passando pela Universidade de Pádua. Nessa ótica, Galileu seria apenas um “corolário” do século precedente, enquanto o grande “criador” da mecânica – chamada hoje “clássica” seria Newton (PIAGET & GARCIA, 2011, p. 255).

Ato contínuo, Piaget e Garcia argumentam que “a desmistificação de Galileu é de extrema importância para a nossa abordagem da história concebida enquanto laboratório epistemológico” (PIAGET & GARCIA, 2011, p. 255).

¹³La conception classique – galiléenne, cartésienne, newtonienne – du mouvement, nous paraît aujourd’hui non seulement évident, mais même “naturelle”. Et pourtant cette “évidence” est encore toute récente: elle vieillit à peine de trois siècles. Et c’est à Descartes et à Galilée que nous la devons (KOYRÉ, 1966, p. 164).

Bem entendido, a nossa intenção nesta seção é mostrar a adequação e a riqueza conceituais da introdução de elementos históricos e epistemológicos no ensino de física no nível médio. Como o nosso objetivo é precipuamente pedagógico em prol de uma melhora da educação científica, argumentamos que a compreensão dos *processos* também desempenha fator importantíssimo em uma educação científica lato senso e que essa não se reduz apenas a um ensino, ainda que de boa qualidade, que seria centrado tão somente em conteúdos que apenas visam quase que unicamente resultados.

Se este objetivo não fosse importante, então por que razão Piaget e Garcia empreenderiam tantos esforços para desconstruir/desmistificar um pensador tão seminal para a história da ciência como Galileu?

Em que pese considerarmos a análise de Piaget e Garcia um tanto quanto exagerada e que pode, por outro lado, contribuir para desmerecer pensadores de tão grande envergadura e importância como Galileu, haveremos de convir que, entre as extraordinárias concepções de Galileu e de Descartes – sem dúvida, revolucionárias – e a concepção de Newton apresentada em seus *Principia*, ainda resta um grande caminho a percorrer e que este caminho nada tem de trivial. Para os nossos objetivos didáticos, é importante enfatizar com todas as letras que a lei de inércia quando vista por um olhar não ingênuo, realmente nada tem nem de evidente nem de trivial nem, tampouco, de natural.

O gigantesco caminho a percorrer a partir de Galileu/Descartes até Newton requer o conceito de massa enquanto quantidade de matéria, igualdade entre massa inercial e massa gravitacional, o conceito de força newtoniana e o conceito de gravitação universal. Deste modo, podemos compreender como a física dos movimentos locais redundava em caso particular da teoria da gravitação de Newton na aproximação em que as alturas envolvidas sejam muito pequenas em relação ao raio da Terra. Deste modo, podemos dar à lei de inércia o seu caráter cosmológico e de generalidade que está presente na formulação que Newton dá nos seus *Principia*. Vejamos como.

Podemos compreender esse gigantesco caminho da seguinte maneira. Ora, os raciocínios de Galileu para os planos inclinados descendentes e ascendentes estão em plena conformidade com a lei da queda livre. À luz da teoria de Newton, e nessa aproximação local, um corpo que caia em queda livre está sujeito a uma força newtoniana constante. Quando comparada com a força de gravitação agindo sobre o corpo devido à interação entre a Terra e o corpo em questão, então é necessário que admitamos a igualdade entre as massas, respectivamente inercial e gravitacional. Todo este procedimento baseado na universalidade

da atração gravitacional nos permitirá concluir que existem quedas livres locais em quaisquer corpos celestes conforme a fórmula (ver BASTOS FILHO, 1995):

$$[g_{\beta} (R_{\beta})^2 / M_{\beta}] = G$$

Na fórmula acima, o índice β se refere a quaisquer que sejam os corpos celestes que tenham raio geométrico R_{β} e massa M_{β} e nos quais, em princípio, ocorram quedas livres com acelerações constantes. G é a constante de gravitação universal e a característica de universalidade é de fundamental importância tanto para entender a conexão da teoria gravitacional de Newton com a física dos movimentos locais de Galileu, quanto para entender a conexão da teoria gravitacional de Newton com a teoria ensejada pelas três leis de Kepler dos movimentos planetários em torno do Sol.

A partir daí se pode concluir que em uma região do espaço sideral na qual a aceleração g seja muito aproximadamente nula, ou seja, $g \approx \mathbf{0}$, então os corpos flutuam. Se, por um raciocínio mental, supusermos que o corpo venha a sofrer um pequeno impulso, então a lei de inércia pode ser concebida em toda a sua generalidade cosmológica, pois os corpos têm inércia enquanto massa.

Newton, que expõe os seus monumentais *Principia* como um sistema que substitui completamente o sistema Aristotélico, compreendeu a grandeza deste princípio e o colocou como uma das pedras angulares de sua mecânica.

Newton, em que pese ter formulado a lei de inércia (primeira lei da mecânica de Newton) como uma lei autônoma e independente, atribuiu a Galileu o já conhecimento das duas primeiras leis da mecânica (NEWTON, 1990)¹⁴.

Ressaltemos brevemente outro aspecto, digno de ser chamado à atenção. Trata-se do aspecto contrafactual da lei de inércia. Vejamos, pois. Ora, quaisquer dois corpos de massas respectivamente m_1 e m_2 interagem entre si conforme a lei da interação gravitacional com uma intensidade que cai com o inverso do quadrado da distância entre tais massas. Conseqüentemente, para quaisquer distâncias finitas, então teremos sempre forças de ação e reação não nulas entre essas massas. Tais forças somente se anulariam no infinito. Quer dizer que um mundo no qual a lei de inércia tivesse validade universal seria apenas se nos ativésemos a um universo de apenas um e somente um corpo que se desloca em linha reta com velocidade constante em um espaço preexistente, portanto, uma abstração. E, no entanto, essa abstração é importante para que venhamos a conceber a autonomia de uma das três leis fundamentais de uma teoria que tem contrapartida empírica como a mecânica de Newton.

¹⁴Ver o primeiro parágrafo do Escólio disposto na p. 24.

Este é um ponto importante para discussão em um contexto de ensino. Neste ponto encerraremos as nossas considerações nesta seção e mais resultados serão apresentados nas conclusões.

5 OBSTÁCULO 2: A MITOLOGIA DA GENIALIDADE

Na presente seção, nos dedicamos a uma análise do obstáculo que corresponde à mitologia da genialidade.

5.1 Em que consiste a mitologia da genialidade?

A questão pode, em primeira instância, ser colocada assim: considerando a existência de pessoas singulares em relação as quais pudéssemos classificá-las como gênios, qual então deveria ser a narrativa a mais razoável possível a ser adotada pelo professor de ciências que descrevesse essas contribuições rubricadas como geniais, de maneira racional, evitando preconceitos, mitos indesejáveis, intimidações etc.? Narrativas que não levem isso em consideração certamente se constituiriam em sérios obstáculos, tanto no que se refere à inserção de jovens estudantes no contexto do empreendimento científico bem como no desenvolvimento das próprias adoções que esses viessem a formar sobre uma adequada concepção da natureza da ciência.

É importante ressaltar que aqui não é nosso objetivo dirimir se gênios existem ou não, pois sempre é possível conceber que haja pessoas que tem habilidades e competências especiais. O nosso foco é o de tentar situar o valor do protagonismo dessas pessoas sem que isso possa comprometer nem minimizar o protagonismo, decerto relevante, de outras pessoas não classificadas como gênios e que, não obstante, são muito importantes para o desenvolvimento da ciência. Adota-se, assim, uma postura que caracteriza o empreendimento científico como uma construção social, histórica, cultural de elevada complexidade que não deveria ser reduzida a brilhantes singularidades por mais luminosas que fossem.

Em outras palavras, não é a genialidade propriamente o problema e sim o mito da genialidade que consiste em sério obstáculo. Dessa forma, textos que tentam fazer uma reconstrução da História da Ciência por meio de biografias de cientistas, caracterizando-os como gênios perfeitos e inatingíveis, rotulando-os como “pai do Método Científico”, “pai da Ciência Moderna”, entre outros, precisam ser evitados ou, pelo menos, lidos com muita cautela, sempre utilizando uma visão crítica.

5.2 Por que é importante aprender sobre isso?

O professor, mesmo desconhecendo diversos aspectos da História da Ciência e da Filosofia da Ciência para um certo evento, consegue perceber uma inclinação a uma narrativa

histórica *Whig* (ALLCHIN, 2004). De acordo com o autor, trabalhos de má qualidade tendem a exaltar determinado cientista, desconsiderando informações sobre o contexto no qual ele desenvolveu seus trabalhos e, muitas vezes, desprezando outras produções que certamente contribuíram para o seu resultado. Esse comportamento tende a fortalecer o mito do gênio.

Conforme explicam Ferreira & Martins (2010):

Nessas “pseudo-histórias”, como denomina Allchin, a teoria hoje aceita é exaltada e parece ter sido fadada ao sucesso desde o início, seguindo um caminho já predestinado. Ideias opostas não aparecem como trajetórias alternativas possíveis. Não se leva em conta que, em muitos casos, não era possível numa época decidir entre uma determinada teoria e outra rival. Se a ideia oposta é mencionada, comenta-se que quem a sustentava o fez por motivos não-científicos ou porque errou, e muito possivelmente errou porque não seguiu o método correto. Os críticos do que hoje é aceito aparecem como vilões que tentaram impedir o inevitável e estavam cegos diante das evidências. Não se pensa que algo hoje considerado errado pode ter sustentação razoável em outra época.

Esse tipo de História da Ciência onde mitos são criados deturpa aspectos da Natureza da Ciência, isto é, passam uma imagem distorcida a respeito do modo como a Ciência funciona. Por isso, como ressalta Allchin, **esses fatores, se presentes numa narrativa, devem chamar a atenção do professor, mesmo que ele não conheça muito de História da Ciência.**

Os autores ainda destacam que:

Historiadores da Ciência e pessoas que têm um bom conhecimento da área não costumam escrever dessa maneira. As dificuldades inerentes à pesquisa nos permitem dizer que somente pessoas com formação na área podem escrever trabalhos *de* História da Ciência. Permitem também dizer que trabalhos que visem a formulação de atividades para a inserção de História

da Ciência no ensino devem ser realizados por profissionais das áreas de História da Ciência ou Educação. Nesse último caso, **mesmo não atuando como historiadores da Ciência**, esses profissionais precisam ter uma visão aprofundada da História da Ciência, recorrer a trabalhos específicos escritos por historiadores (e não a obras gerais), bem como fazer alusão a fontes primárias sobre os temas abordados.

Assim, é necessário que o professor esteja atento à qualidade do material que pretende utilizar. Diante de um trabalho, é importante procurar saber quem é o autor e se ele tem conhecimento específico na área. É importante analisar o tipo de enfoque realizado pelo trabalho e a bibliografia citada como referência. Além disso, é importante analisar a **imagem de Ciência** que está sendo transmitida. É inegável que muitos materiais didáticos continuam transmitindo a imagem de uma Ciência que progride linearmente, às custas de gênios e descobertas sensacionais. E, na divulgação científica, parte significativa do que é produzido conserva esse tom.

5.3 Leonhard Euler

Algo quase consensual na comunidade dos educadores e professores de ciência é a recomendação para que, em situações de ensino, o professor evite, ou pelo menos tente evitar, apresentar a atividade científica mediante episódios folclóricos, lendas etc., pois isso poderá vir a se constituir em sério obstáculo à formação de uma concepção razoável e aceitável da natureza da ciência.

Não obstante, se isso for um mau exemplo, a origem desse mal pode ser imputada até mesmo a grandes e seinais nomes da história da ciência como Euler que, em belas e claras cartas redigidas no século XVIII para a educação científica de uma princesa, insinua e reforça justamente a atitude que os nossos educadores e professores de ciências tentam evitar.

Por mais estranho que possa parecer, é o próprio Euler que reforça esse mito quando escreve em uma carta de 3 de setembro de 1760:

Se Newton não estivesse em um jardim debaixo de uma macieira e se não tivesse caído por acaso uma maçã sobre a sua cabeça talvez ainda nos encontrássemos na mesma ignorância sobre o movimento e sobre uma infinidade de fenômenos que dependem dele (EULER¹⁵, Carta n. 52, p. 77).

Vemos, então, que Euler dá um tom de fatalidade histórica ao episódio, justamente o contrário do que se deseja. Tal narrativa desconectada de processos e contextos, e evidenciando a ação exclusiva de um único cientista, compromete a visão de construção social e coletiva da ciência, além de intimidar possíveis estudantes a seguirem carreiras científicas, uma vez que esses estudantes possam acreditar que apenas os gênios são capazes de contribuir para o avanço da ciência.

É muito comum no ambiente escolar ouvirmos por parte dos alunos perguntas do tipo: “*quem foi mais inteligente, Newton ou Einstein?*”, “*qual era o valor do QI do Einstein?*”. Tais indagações podem suscitar indesejadas situações: o reforço da mitologia da genialidade, que traz consigo todos os problemas anteriormente discutidos, dentre eles, a possível intimidação de novos talentos, e o comprometimento da natureza da ciência, uma vez que esta leva em conta todas as contribuições e não apenas *insights* isolados que, certamente, iriam obscurecer os processos, dando destaque apenas aos resultados.

Curiosamente, na educação superior, ainda é possível encontrar questionamentos semelhantes. Perguntas do tipo: “*qual cientista foi mais produtivo?*”, “*quem deu contribuições mais relevantes?*” preservam uma ideia equivocada do que seria ciência e da maneira como ela é construída. Sendo assim, torna-se indispensável, ainda na educação básica, que os estudantes tenham contato com a História da Ciência e a Filosofia da Ciência no intuito de dirimir tais indagações.

¹⁵Si Newton no se hubiera tendido en un jardín bajo un manzano y no le hubiera caído por azar una manzana sobre la cabeza, tal vez nos encontraríamos en la misma ignorancia sobre el movimiento de los cuerpos celestes y sobre una infinidad de fenómenos que dependen de él (EULER, Carta n. 52, p. 77).

6 PRODUTO EDUCACIONAL

6.1 Descrição

Diante da problemática exposta neste trabalho, surgiu a ideia de elaborarmos um guia (APÊNDICE A) que possibilitasse ao professor de Física apresentar e discutir os principais obstáculos à inserção da História da Ciência e da Filosofia da Ciência no contexto da Educação Básica junto a alunos do Ensino Médio. O guia é composto por:

- Um questionário inicial, cujo intuito é identificar conhecimentos prévios dos alunos em relação aos conteúdos a serem trabalhados;
- Um capítulo que introduz os conceitos de História da Ciência e Filosofia da Ciência;
- Um capítulo que apresenta os obstáculos que serão trabalhados ao longo do guia;
- Um capítulo onde se discute o primeiro obstáculo (a saber: a excessiva linearização dos processos históricos), onde se lança mão da Lei de Inércia como exemplo emblemático;
- Um capítulo onde se discute o segundo obstáculo (a saber: a mitologia da genialidade), onde se utiliza como exemplo as cartas redigidas por Euler para uma princesa;
- Dois textos motivadores com seus respectivos questionários;
- Um questionário final, para verificar o nível de aprendizado alcançado.

6.2 Implementação em sala de aula

A aplicação do material ocorreu em 6 (seis) aulas de 50 minutos, em contraturno, durante os meses de setembro e outubro de 2018, na turma do segundo ano do ensino médio de uma escola particular de Maceió/AL, conforme as orientações constantes na seção intitulada “COMO APLICAR O GUIA EM SALA DE AULA”. Cada aluno ficou responsável por participar da leitura dialógica e por redigir as suas respostas para cada item, recebendo-as de volta ao término das discussões referentes a cada questionário.

6.3 Receptividade/reação dos alunos

Todos os alunos envolvidos foram previamente questionados quanto ao interesse de participar da experiência. Dos 42 (quarenta e dois) alunos que integravam a turma, apenas 25 (vinte e cinco) concordaram em participar. Destes, 3 (três) desistiram após a primeira aula, alegando falta de tempo. Os 22 (vinte e dois) restantes ficaram até o final do processo. Os debates foram bem intensos, com os alunos, em alguns momentos, tentando fugir do tema tratado, mas nada que comprometesse o bom andamento das aulas.

6.4 Resultados obtidos

Apesar da apreensão inicial, os alunos foram se empenhando cada vez mais nas leituras e discussões propostas pelo material. Houve, inclusive, sugestões de outros textos para futuras aplicações do guia, envolvendo outras disciplinas, tais como química e biologia.

Foi possível perceber uma melhora significativa ao longo das discussões e das respostas dadas nos questionários. Os alunos que optaram por concluir o processo demonstraram interesse em aprender algo que não é convencionalmente ensinado, encarando a oportunidade como meio de se obter um diferencial em relação aos colegas de outras séries e, até, de outras escolas.

Sendo os questionários compostos por perguntas que requerem, em sua maioria, respostas subjetivas, fica impossibilitada a realização de uma análise estatística para avaliar o entendimento global do assunto por parte dos alunos, de modo que o momento de leitura e discussão de suas produções foi a melhor ferramenta para identificar o progresso deles, considerado satisfatório.

6.5 Dificuldades encontradas

Visto que este produto não fazia parte do planejamento anual da disciplina, houve certa preocupação por parte da coordenação pedagógica, bem como dos alunos, com a possibilidade de comprometer os conteúdos obrigatórios previstos. Por conta disso, as atividades referentes a este produto foram executadas no contraturno.

Uma vez que não havia material impresso para os alunos, optou-se por utilizar o *data-show*, possibilitando, dessa forma, a leitura do texto na íntegra por todos os presentes.

A falta de atenção por parte de alguns alunos foi, em muitos momentos, desanimadora. Mas o interesse foi retomado durante o processo, principalmente nas discussões finais, nas

quais ficou claro o quanto foi aprendido em relação ao tema, por meio da comparação dos questionários prévio e final.

7 CONCLUSÃO

Tal como foi o escopo deste nosso trabalho, perseguimos como objetivo precípua de apresentar e discutir os principais obstáculos que dificultam a inserção a contento, no contexto da educação básica, de considerações históricas e de questões epistemológicas que ajudem a dar significado aos conteúdos de física que lá são veiculados.

Para tal, elencamos dois problemas que, de alguma maneira, constituem obstáculos para que os conteúdos veiculados sejam epistemologicamente significativos e realcem uma boa concepção da *natureza da ciência*, e não uma mera caricatura dela. Embora esses não sejam os únicos obstáculos que existem para a formação adequada de uma boa concepção da natureza da ciência por parte de nossos estudantes e professores, a nossa atenção neste trabalho foi centrada nesses problemas.

Um exemplo emblemático de *linearização excessiva* e que distorce por completo o significado histórico e epistemológico da assim chamada lei da inércia constitui-se no procedimento grotesco de reduzi-la a um caso particular da segunda lei de Newton, procedimento esse que elimina a capacidade de compreender a própria natureza da ciência pela remoção de todos os aspectos de um processo sobremaneira rico e altamente complexo.

No que concerne à *mitologia da genialidade*, esta constitui um obstáculo em, pelos menos, dois níveis: (i) o primeiro, pela atribuição exagerada da exclusividade de protagonismos que, ao mesmo tempo, ressalta uma pressuposta e excessiva linearização em contradição com a própria história da ciência; (ii) o segundo, pelo expediente de intimidação que pode causar o afastamento de vocações e protagonismos ensejando, assim, uma falsa concepção de uma adequada e conseqüente concepção da *natureza da ciência*. É necessário que trabalhem em uma tensão essencial, pois tudo o que anteriormente afirmamos não significa que não existam pessoas singulares que podem ser consideradas como gênios. É, pois, necessário que assumamos uma abordagem ponderada e equilibrada.

Concluimos este trabalho salientando que esses problemas que constituem obstáculos para a compreensão da natureza da ciência devem ser considerados e discutidos extensivamente no contexto do ensino de ciências e na educação básica, pois eles podem ensejar a necessária atribuição de significados aos processos e conteúdos que são veiculados na prática escolar.

Em conformidade com os nossos objetivos neste trabalho, argumentamos que a excessiva linearização é enormemente prejudicial ao ensino de física no ensino médio. As razões para fundamentar os nossos resultados são várias, entre as quais, as seguintes:

- (a) A análise consequente da lei de inércia, bem como o estudo dos processos históricos e o levantamento de questões epistemológicas que deles emergem, de fato, transcendem meros resultados, além de ajudar na compreensão mais abrangente tanto do assunto como um todo quanto até mesmo dos próprios resultados;
- (b) Algo aparentemente trivial, evidente e natural pode decorrer de um longo e penoso processo histórico e a análise desse processo levanta questões epistemológicas que nada tem nem de triviais nem de evidentes e nem, tampouco, de naturais;
- (c) Não é à toa, e nem é sem razão, que estudiosos perspicazes e sutis que se debruçaram sobre a análise da lei de inércia não concordam entre si em todos os pontos e, deste modo, a análise dessas divergências se revela como enriquecedora para o ensino contextualizado do assunto;
- (d) A solução completa é complexa e não é isenta de aspectos contrafactuais;
- (e) A análise intelectual de toda essa situação é que nos possibilita oferecer a crítica a um ensino reducionista que atropela todo um processo enriquecedor, trivializando a importante lei de inércia ao considerá-la como um caso particular da segunda lei da Newton;
- (f) O reducionismo encerrado em (e) é de má qualidade, mas há reducionismos de boa qualidade como o procedido por Galileu que foi capaz de abstrair as dissipações em seus raciocínios;
- (g) O fato de ser uma lei que os antigos gregos não conceberam é pleno de importante significado para que o assunto venha a ser desenvolvido em diversas situações de ensino;
- (h) O grande número de conceitos que são envolvidos na sua discussão revela a abrangência do assunto e isso tem repercussão em diversas situações possíveis de ensino.

Quanto à mitologia da genialidade, podemos destacar os seguintes aspectos potencialmente prejudiciais ao ensino de física:

- (a) Comprometimento de uma boa narrativa histórica pela exaltação de uma única figura (o “gênio”), eliminando todos os outros protagonistas;
- (b) Uma possível intimidação que comprometeria a escolha de carreiras científicas por parte dos alunos;

- (c) Pelo fato da narrativa histórica apresentar um único protagonista, ela se tornaria excessivamente linear.

No que concerne ao produto educacional e sua aplicação, a experiência foi muito gratificante e engrandecedora, tanto pela interação com os alunos quanto pela possibilidade de trazer à baila conteúdos e metodologias não utilizadas convencionalmente. Esses aspectos ajudaram a despertar nos alunos participantes interesse pela História da Ciência e Filosofia da Ciência, percebendo seus principais elementos e suas influências.

REFERÊNCIAS

- ALFONSO-GOLDFARB, A. M. **O que é história da ciência**. 1 ed. São Paulo: Brasiliense, 1994.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana. Tradução para o português do original *Educational psychology: a cognitive view*. 625 p., 1980.
- BAGGIO SAITOVITCH, E. M.; ZUKANOVICH FUNCHAL, R.; BERNARDES BARBOSA, M. C.; RUBIM DE PINHO, S. T.; EUGÊNIO DE SANTANA, A. (Orgs.). **Mulheres na Física: casos históricos, panoramas e perspectivas**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2015.
- BASTOS, J. B. Verbetes **História** na Enciclopédia Saraiva do Direito, 1977.
- BASTOS FILHO, J. B. **A Unificação de Newton da física de Galileu com a astronomia de Kepler à luz da crítica Popperiana à indução**. Rev. Bras. Ens. Fis. Vol.17, n. 3, p. 233-242, 1995.
- BASTOS FILHO, J. B. **A Ciência normal e a educação são tendências opostas?** In: BURSZTYN, M. (Org.). *Ciência, ética e sustentabilidade*. 2ª ed. São Paulo: Cortez; Brasília: Editora da UnB; Unesco, p. 61-93, 2001.
- BASTOS FILHO, J. B. **Qual História e qual Filosofia da Ciência são capazes de melhorar o Ensino de Física?** In: *Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino*, Peduzzi, L. O. Q; Martins, A. F. P.; Hidalgo Ferreira, J. M. (Orgs.), Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (EDUFRN), Natal, cap. 3, p. 65-83, 2012. Disponível em: <http://ppgect.ufsc.br/files/2012/11/Temas-de-Historia-e-Filosofia-da-Ciencia-no-Ensino1.pdf>.
- BASTOS FILHO, J. B. **Reconstruções racionais de episódios da história da ciência sob um viés epistemológico: fundamentação**. In: Roberto, o Amigo: Roberto Moreira e a história e filosofia da ciência. *Festschrift* em homenagem ao Prof. Roberto Moreira Xavier de Araújo por ocasião de seus 80 anos. Org. Francisco Caruso, São Paulo: Livraria da Física, p. 75-115, 2017.
- BASTOS FILHO, J. B. **Reconstrução Racional e Ensino de Física** (palestra apresentada no dia 27 de setembro de 2017 por ocasião do IV Encontro Brasileiro de Ensino de Física – IV ENEF, patrocinado pela Sociedade Brasileira de Física – SBF, realizado de 25 a 29 de setembro de 2017, em Ilhéus, Bahia, Brasil).
- BASTOS FILHO, J. B. **Unificação Newtoniana à luz de uma Reconstrução Racional sob viés Epistemológico, Psicologia & Saberes**, v. 7, n. 8, p. 3-19, 2018. Disponível em: <http://revistas.cesmac.edu.br/index.php/psicologia/article/view/771>.
- BRUINI, E. C. **Aprendizagem significativa**. Brasil Escola, 2010. Disponível em: <https://educador.brasilescola.uol.com.br/trabalho-docente/aprendizagem-significativa.htm>. Acesso em: 27 ago. 2018.

BUTTERFIELD, H. *The Whig Interpretation of History*. 1931. Disponível em: <http://www.eliohs.unifi.it/testi/900/butterfield/>. Acesso em: 12 nov. 2016.

BUTTERFIELD, H. *The Englishman and His History*. Archon Books. Universidade de Michigan. 142p., 1944.

CARR, E. H. **Que é História?** Penguin Books. Universidade de Cambridge. 189p., 1989.

CROMBIE, A. C. *Historia de la ciencia: de San Agustin a Galileo*. Madrid: Alianza, 1983.

DESCARTES, R. *Les Principes de la Philosophie*, In: Oeuvres et Lettres de Descartes, Bibliotheque de la Pleiade, Librairie Gallimard, 1952.

DRAKE, S. **Galileu**. Lisboa: Edições Dom Quixote, 1980.

EULER, L. **Carta a uma princesa alemana sobre diversos temas de física y filosofia**, In: Reflexiones sobre el espacio, la fuerza y la matéria, Madrid: Alianza Editorial, 1985.

FERREIRA, J. M. H.; MARTINS, A. F. P. **História e Filosofia da Ciência**. Programa Universidade a Distância – UNIDIS Grad, Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, 2010.

GALILEI, G. **Dois Novas Ciências**, São Paulo: Ched Editorial, Nova Stella, Istituto Italiano di Cultura, s/d [Tradução e notas de Letizio Mariconda e Pablo R. Mariconda], 1935.

GILSON, E., **Index Scolastico-Cartésien**, Paris: Librairie Philosophique J. Vrin, 1979.

HENRY, J. **A Revolução Científica e as origens da Ciência Moderna**. Rio de Janeiro: Zahar Editor, 1998.

HESSEN, B. **The Social and Economic Roots of Newton's 'Principia'**. In: Science at the Cross Roads-Second International Congress History of Science and Technology, London: Frank Cass & Co. Ltd., 1931.

KOYRÉ, A. *Études Galiléennes*, Hermann: Paris, 1966.

LAKATOS, I. *History of science and its rational reconstructions*. In: HACKING, I. (org.) *Scientific revolutions*. Hong-Kong: Oxford University, 1983.

LUCENA, M. P. C.; BASTOS FILHO, J. B. **Contribuição para a inserção da história da ciência e da filosofia da ciência no ensino de física no contexto da educação básica-parte-1**, Trabalho apresentado no IV Encontro Estadual de Ciências e Matemática de Ciências (IV EECM), Maceió, Alagoas, Brasil, 01 - 03 de fevereiro de 2017a. Trabalho publicado no GT3 08. Disponível em: <http://eventos.ufal.br/anais-do-iv-ecm/blog/anais-do-ivecm>.

LUCENA, M. P. C.; BASTOS FILHO, J. B. **Contribuição para a inserção da história da ciência e da filosofia da ciência no ensino de física no contexto da educação básica-parte-2**, Trabalho apresentado no IV Encontro Estadual de Ciências e Matemática de

Ciências (IV EECM), Maceió, Alagoas, Brasil, 01 - 03 de fevereiro de 2017b. Trabalho publicado no GT3 09. Disponível em: <http://eventos.ufal.br/anais-do-iv-eeem/blog/anais-do-iveecm>.

MONDOLFO, R. **Problemas e Métodos de Investigação na História da Filosofia**. São Paulo: Editora Mestre Jou., 1969.

NEWTON, I. **Principia - Princípios Matemáticos da Filosofia Natural** - São Paulo: Nova Stella/Edusp, Volume I, tradução de Trieste Ricci, Leonardo Gregory Brunet, Sônia Terezinha Gehring e Maria Helena Curcio Célia, 1990.

NOVAIS, F. **Fernando Novais: entrevista**. Revista Brasileira de Psicanálise, v. 42, n. 2. São Paulo, 2008. Disponível em: http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?pid=S0486-641X2008000200002&script=sci_arttext. Acesso em: 23 nov. 2018.

ORNELLAS FARIAS, A. J. **A Psicologia Educacional da Aprendizagem Significativa aplicada à Programação Escolar**. Psicologia & Saberes, v. 7, n. 8, 2018.

O VITAL DA CIÊNCIA. **O que é História da Ciência**. Disponível em: <https://vitaldaciencia.wordpress.com/sobre-historia-da-ciencia/o-que-e-historia-da-ciencia/>. Acesso em: 12 ago. 2018.

PEDUZZI, L. O. Q.; MARTINS, A. F. P.; HIDALGO FERREIRA, J. M. (Orgs.). **Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino**. Natal: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (EDUFRN), 2012. Disponível em: <http://ppgect.ufsc.br/files/2012/11/Temas-de-Historia-e-Filosofia-da-Ciencia-no-Ensino1.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2016.

PIAGET, J.; GARCIA, R. **Psicogênese e História da Ciência**. Petrópolis: Editora Vozes, tradução de Giselle Unti, 2011.

PRADO JR. C., **Formação do Brasil Contemporâneo**. Colônia. São Paulo: Companhia das Letras, 2011.

SCHWARTSMAN, H. **Analfabetismo Histórico**. 2012. Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/colunas/helioschwartzman/1155398-analfabetismo-historico.shtml>. Acesso em: 12 nov. 2016.

APÊNDICE A – Guia de apresentação e discussão dos principais obstáculos à inserção da História da Ciência e da Filosofia da Ciência no Ensino de Física no contexto da Educação Básica



GUIA DE APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS PRINCIPAIS OBSTÁCULOS À INSERÇÃO DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA E DA FILOSOFIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE FÍSICA NO CONTEXTO DA EDUCAÇÃO BÁSICA

Michael Patrick Costa de Lucena
Orientador: Prof^o. Dr. Jenner Barretto Bastos Filho

Maceió/AL
2019

APRESENTAÇÃO

O objetivo principal deste trabalho é o de apresentar e discutir os principais obstáculos que dificultam a inserção a contento, no contexto da educação básica, de considerações históricas e de questões epistemológicas que ajudem a dar significado aos conteúdos de física que lá são veiculados.

A motivação precípua deste trabalho reside no fraco desempenho dos estudantes da educação básica na área de ciências, comprovado pelo resultado do exame PISA (*Programme for International Student Assessment*), bem como os obtidos em exames nacionais, como exemplo o Exame Nacional do Ensino Médio – ENEM.

No presente material, são enfatizados dois obstáculos que dificultam uma boa compreensão de elementos presentes na História da Ciência, Filosofia da Ciência e no Ensino de Ciências: (1) a excessiva linearização dos processos históricos e (2) a mitologia da genialidade.

Acreditamos que uma educação científica consequente não pode prescindir de trazer à baila os obstáculos aqui apontados e tentar superá-los, lançando mão da autonomia do professor.

COMO APLICAR O GUIA EM SALA DE AULA

Tendo em vista o principal objetivo deste material, sugere-se que o professor siga as seguintes recomendações:

- Reservar 6 (seis) aulas em seu planejamento anual para aplicação desse guia, cabendo ao profissional julgar o período do ano letivo mais adequado ao considerar o calendário próprio da escola;
- Aula 1: apresentar o projeto, discutindo a sua metodologia; aplicar um questionário com o intuito de identificar conhecimentos prévios dos alunos em relação aos conteúdos a serem trabalhados (APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO PRÉVIO) e discutir as respostas dadas sem, no entanto, identificar seus autores;
- Aula 2: apresentar os capítulos I e II, promovendo uma discussão sobre os principais aspectos da História da Ciência, da Filosofia da Ciência e indicando os obstáculos a serem trabalhados; apresentar os capítulos III e IV, discutindo os dois obstáculos selecionados;
- Aula 3: fazer uma leitura dialógica do primeiro texto motivador (ANEXO A), valorizando os conhecimentos anteriormente refletidos pelo aluno e aplicar o questionário correspondente (APÊNDICE B). Ao final, deve-se discutir algumas das respostas, garantindo o anonimato dos alunos;
- Aula 4: fazer uma leitura dialógica do segundo texto motivador (ANEXO B), valorizando os conhecimentos anteriormente refletidos pelo aluno e aplicar o questionário correspondente (APÊNDICE C). Ao final, deve-se discutir algumas das respostas, garantindo o anonimato dos alunos;
- Aula 5: aplicar um questionário com o intuito de identificar se ocorreu aprendizagem em relação aos conteúdos trabalhados (APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO FINAL). Novamente, após essa etapa, deverá ocorrer uma discussão entre o professor e os alunos sobre as respostas dadas;
- Aula 6: momento reservado para as considerações finais e conclusão do trabalho.

Recomenda-se utilizar o presente material na segunda série do Ensino Médio, pois deve-se levar em consideração a vivência desses alunos com temas relacionados à disciplina e a maior flexibilidade quanto ao planejamento/cronograma das aulas, comparando-se, por exemplo, com o planejamento/cronograma do terceiro ano, totalmente direcionado para as avaliações do ENEM.

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO À HISTÓRIA DA CIÊNCIA E À FILOSOFIA DA CIÊNCIA

É inegável a importância das teorias científicas e de suas aplicações no desenvolvimento das sociedades, uma vez que o desenvolvimento dessas teorias, com o passar do tempo, propiciou à humanidade uma instrumentalização do seu diálogo com o mundo natural de forma cada vez mais intensa e sofisticada.

Segundo Ferreira & Martins (2010):

A “imbricação” da ciência e da tecnologia que, em maior ou menor grau, sempre existiu ao longo dos séculos, parece haver assumido, na atualidade, um nível de profundidade sem precedentes. Vivemos cercados por uma parafernália tecnológica cujo desenvolvimento remonta, muitas vezes, a pesquisas básicas no campo da Física teórica mais abstrata. A própria indústria cria suas demandas particulares, realimentando o processo de produção de conhecimento a partir da prática e do saber “aplicado”. Tudo isso faz a ciência ser um conhecimento **valorizado socialmente**. O mundo globalizado é, em certa medida, fruto da ciência. Essa, por sua vez, faz-se presente em nosso dia a dia das mais variadas formas, implícita ou explicitamente. Nos bancos escolares, por exemplo, **estudamos** ciência. Se há disciplinas como Física, Química e Biologia nos currículos é porque nossa sociedade conserva e quer transmitir esse tipo de saber, que pertence a nossa **cultura**. A ciência também pode ser vista em jornais diários (“competindo” com outras abordagens não tão científicas...) e na mídia em geral, onde “ser científico” costuma ser usado como fator de credibilidade para algo que se queira vender ou validar (quem nunca se deparou com uma propaganda de creme dental ou de outro produto “testado cientificamente?”).

Dessa forma, torna-se imprescindível o estudo histórico e filosófico do surgimento e desenvolvimento da Ciência para a sua boa compreensão e aplicação.

Diante dessa necessidade, vamos introduzir algumas noções relativas a História da Ciência e Filosofia da Ciência.

Mas, o que é História da Ciência?

De acordo com ALFONSO-GOLDFARB (1994):

Não basta juntar História e Ciência para que o resultado final provavelmente seja História da Ciência. E isso não acontece só porque a junção ou a combinação de duas coisas diferentes quase sempre produz uma terceira com características próprias, embora se pareça com as que lhe deram origem.

A autora ressalta que, quando se trata da História da Ciência, a complicação é ainda maior, tendo em vista que o seu desenvolvimento sempre esteve mais próximo da Filosofia do que da História. Só após algum tempo, é que ela passou a utilizar efetivamente métodos e procedimentos próprios da História.

A História da Ciência ficou assim durante algum tempo, como uma estranha no interior dos estudos históricos. Aos poucos foi assimilando, filtrando e adaptando elementos da História que combinavam com outros elementos da Sociologia, da Antropologia e de várias ciências humanas. (...) O resultado que temos hoje é uma

História da Ciência complexa e com muitas faces, sem com isso ter se transformado numa *colcha de retalhos* (ALFONSO-GOLDFARB, 1994).

No programa de História da Ciência da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo encontramos o conceito de História da Ciência como sendo a “análise e estudo crítico da ciência através do estudo de seus métodos, conceitos, caminhos, resultados, contextos e todos os processos envolvendo os mesmos” (O VITAL DA CIÊNCIA).

A História da Ciência apresenta caráter explicativo e dispensa o uso de generalizações. A pesquisa histórica tem como produto final uma narrativa que deve tornar plausível e compreensível os eventos passados (FERREIRA & MARTINS, 2010).

E Filosofia da Ciência, o que seria?

Ainda de acordo com Ferreira & Martins (2010):

A Filosofia da Ciência busca generalizações de caráter universal, e não o que é particular a um período ou lugar. Assim, se um historiador da ciência analisa determinado trabalho de Galileu, ele está interessado particularmente no que esse pensador produziu e **na ciência dessa época**. Em contrapartida, se um filósofo da ciência analisa o mesmo trabalho de Galileu, seu interesse é entender como funciona **a ciência em si**. Para um mesmo trabalho, diferentes olhares são possíveis.

Pode-se afirmar que é inerente à Filosofia da Ciência lançar um olhar sobre a ciência buscando esclarecer a natureza e a produção desse conhecimento. Ferreira & Martins (2010) elencam alguns dos múltiplos aspectos relacionados a esse campo:

- Que método(s) a ciência utiliza em seu desenvolvimento?
- Em que circunstâncias podemos afirmar que uma teoria científica foi “provada”?
- O conhecimento científico pode ser considerado “verdadeiro”?
- As teorias científicas “evoluem”? É possível falar em “progresso da ciência”?
- Que papel devemos atribuir aos experimentos na construção do conhecimento científico? E à razão?
- Há “experiências cruciais”?
- A ciência reflete o real de forma objetiva?
- Qual o papel da comunidade científica e do contexto histórico na construção desse conhecimento?
- É possível estabelecer critérios claros para dizer o que é – e o que não é – ciência?

Imre Lakatos, filósofo da ciência, afirma que “a Filosofia da Ciência sem a História da Ciência é vazia; a História da Ciência sem a Filosofia da Ciência é cega”. Dessa forma, é possível perceber que Lakatos reconhece a relevância mútua de ambas as áreas.

CAPÍTULO II – IDENTIFICANDO OS OBSTÁCULOS

Pesquisadores na área de ensino de ciências bem como os professores/pesquisadores atuando no âmbito dos ensinos médio e superior das ciências, constatam a percepção aguda, notadamente por parte dos estudantes, mas não apenas por parte deles, quanto à *falta de significado* que lhes parece representar muitos dos conteúdos que são veiculados durante o curso. Esta situação emerge com nitidez quando ouvimos perguntas tais como: *Professor, para que serve isso? Professor, de onde veio isso? Quem foi que criou isso?*

Tudo isso leva às pessoas a acreditarem que o ensino habitual em grande parte dos casos se importa apenas com meros resultados que apequenam a inteligência e a formação dos indivíduos, resultados esses enormemente restritos, como aplicação direta de fórmulas matemáticas sem contrapartida na compreensão do que significam e, portanto, constituindo-se em um ensino incapaz de gerar pensamento e autonomia para os sujeitos que o praticam.

Contudo, uma mente mais curiosa não se contenta com uma mera prática de exercícios de fixação sem nenhum conhecimento de causa nem de significado subjacente.

Partindo do pressuposto segundo o qual o entendimento razoável de algum conteúdo requer tanto a compreensão intelectual dos elementos conceituais que subjazem àquele conteúdo em si próprio quanto, em alguma medida, a compreensão do processo, ou dos processos por meio dos quais tais conteúdos foram gestados, é forçoso concluir que um ensino de boa qualidade acerca desses conteúdos, e que não seja apenas um ensino de boa qualidade centrada em conteúdos¹⁶, não pode prescindir de tratar, no decurso de suas abordagens, de processos e de contextos correspondentes. Processos históricos e o suscitar de questões epistemológicas emergem como ajudas importantes que podem propiciar um ensino mais qualificado. Em tal ensino supomos que tanto os significados bem como a discussão em torno deles emergem a todo instante (a propósito, ver LUCENA & BASTOS FILHO, 2017).

Como obstáculos que dificultam uma boa compreensão de elementos presentes na História da Ciência, Filosofia da Ciência e no Ensino de Ciências, podemos citar:

- a excessiva linearização dos processos históricos;
- a mitologia da genialidade;
- o protagonismo oculto das mulheres;
- a não consideração do conflito da história interna com a história externa;

¹⁶Existe, de fato, ensino de boa qualidade centrada em conteúdos aprofundados e relacionados entre si, mas se entendermos a educação científica também na perspectiva da formação do cidadão e na formação de alguém que possa julgar o seu tempo, então alguns elementos importantes precisam ser adicionados.

- a interpretação Whig da história;
- crítica à interpretação Whig da história;
- tensões entre a Filosofia e sua História;
- tensões entre a História da Ciência e a Filosofia da Ciência.

Em razão da complexidade e extensão do tema, focaremos a nossa atenção apenas nos dois primeiros obstáculos: a excessiva linearização dos processos históricos e a mitologia da genialidade, uma vez que há uma relação muito estreita entre ambos.

CAPÍTULO III – A EXCESSIVA LINEARIZAÇÃO DOS PROCESSOS HISTÓRICOS

Neste capítulo, focaremos a nossa atenção para o primeiro obstáculo, que diz respeito à excessiva linearização dos processos históricos. Mostraremos com um exemplo emblemático da história da ciência que essa excessiva linearização compromete a compreensão da importância do próprio conteúdo a ser ministrado ao não se conceber os processos históricos na sua abrangência. Mostraremos que se nos ativermos apenas aos resultados, então o entendimento dos temas abordados se vê seriamente prejudicado em detrimento da própria e correta avaliação da natureza da ciência. Isto se agrava sobremaneira quando esses conteúdos se apresentam como resultados descontextualizados.

O exemplo que traremos à baila para a nossa análise será a lei de inércia.

▪ Lei de inércia

Teremos necessariamente que fazer alusão aos célebres experimentos mentais dos planos inclinados de Galileu. Os planos inclinados descendentes são causa de aceleração, enquanto os planos inclinados ascendentes são causa de desaceleração. Logo, um plano que não seja nem descendente nem ascendente, ou seja, um plano horizontal, não será nem causa de aceleração nem causa de desaceleração e sim de persistência. Trata-se de um raciocínio estupendo (ver GALILEU¹⁷, p. 173; MARICONDA *et al.*¹⁸, nota de rodapé n. 11, p. 283-284).

Em uma **situação real**, ao abandonarmos um corpo de uma dada altura em um plano inclinado descendente, então se constata que este corpo, após descer este plano, para depois percorrer um plano horizontal e em seguida se deparar com um plano inclinado ascendente, ele subirá ao longo deste último até atingir uma altura bem próxima daquela da qual fora abandonado no plano inclinado descendente e somente não alcança exatamente a mesma altura devido a efeitos de dissipação.

¹⁷"Com efeito, nos planos inclinados descendentes está presente uma causa de aceleração, enquanto que nos planos ascendentes está presente uma causa de retardamento; segue-se disso, ainda, que o movimento sobre um plano horizontal é eterno; posto que, se é uniforme, não aumenta nem diminui, e muito menos se acaba" (GALILEU, p. 173).

¹⁸"Aqui está expresso, pela primeira vez de forma clara, o princípio de inércia determinadamente, e não naquela forma vaga de nenhum alcance prático que os precursores de Galileu nos tinham dado. Resta, contudo, a dúvida de se esse *plano horizontal* deve ser entendido plano de modo muito aproximado como uma porção de superfície a nível da terra, ou se, ao contrário, deve ser entendido como movimento retilíneo uniforme. A nosso ver, Galileu não nos dá esse princípio em toda a sua extensão até os corpos celestes; e as considerações que faz a esse propósito, especificamente no *Diálogo sobre os Máximos Sistemas*, parecem, sem dúvida, excluir que tenha querido dar a este princípio aquele alcance universal expresso no primeiro axioma de Newton" (MARICONDA *et al.*, p. 283-284).

Abstraindo-se todas as dissipações e atritos, pode-se inferir por raciocínio que, em uma **situação ideal** que se supõe, em algum grau, ser próxima da real, então este corpo subiria ao longo do plano inclinado ascendente até atingir exatamente a mesmíssima altura da qual fora abandonado no plano inclinado descendente e somente não alcança a mesma altura devido a efeitos de dissipação.

O referencial teórico no qual se baseia essa explicação é a *teoria do ímpeto*. Quando o corpo se encontra no plano inclinado descendente a uma altura **h** em relação ao plano horizontal ele tem um dado *ímpeto*. Abstraídas todas as possíveis dissipações e atritos, o corpo conservará esse *ímpeto* que lhe permitirá subir ao longo do plano inclinado ascendente até a mesmíssima altura **h** em relação ao plano horizontal, para qualquer que seja a inclinação desse plano inclinado ascendente.

Quanto mais suave for a inclinação deste plano inclinado ascendente em relação ao plano horizontal, o corpo percorrerá cada vez mais uma maior extensão ao longo deste plano até que venha a atingir a altura **h** em relação ao plano horizontal, pois ele tem o suficiente *ímpeto* para atingir essa altura.

No caso limite em que diminuimos paulatinamente a inclinação do plano inclinado ascendente de modo que este venha a coincidir exatamente com o plano horizontal, então o corpo, devido a seu *ímpeto* para atingir a altura **h**, “procurará” indefinidamente atingir essa altura, sem, contudo, jamais alcançá-la e, desta maneira, persistirá com seu movimento para sempre mantendo a sua velocidade constante ao longo do plano horizontal, uma vez que, em tal situação, não haverá mais nem causa de aceleração nem de desaceleração.

Surge aí uma questão muitíssimo importante que é quase inteira e solenemente desconsiderada na grande maioria das abordagens didáticas sobre o assunto.

-Qual a natureza desse plano horizontal?

Ora, de um ponto de vista meramente local, esse plano seria o plano da geometria de Euclides. Esse plano horizontal seria tão horizontal quanto um campo de futebol ideal, ou uma mesa longa ou algo do gênero. No entanto, para Galileu, esse plano é o plano da superfície da Terra cujos pontos não se afastam nem se aproximam do centro da Terra. Logo, o mesmo Galileu que parecia intuir tão estupendamente a persistência do movimento em linha reta agora apresenta uma "inércia circular" que, à luz do conhecimento a partir da física de Newton – portanto, à luz de uma teoria posterior a Galileu¹⁹, não pode ter lugar, pois o

¹⁹É necessário enfatizar este ponto a fim de darmos margens para algum anacronismo ingênuo.

movimento circular uniforme, ainda que mantenha a sua velocidade escalar constante, requer uma força (a força centrípeta) para variar a direção de sua velocidade.

Descartes (1596-1650), também um pensador anterior a Newton (1642-1727), e que não tinha nem o conceito de vetor nem tampouco o de força newtoniana, foi capaz de concluir pela impossibilidade de persistência de um movimento circular por meio de argumentos acerca da pedra que é girada pela funda (ver Descartes, 1952)²⁰. O que persiste sem a *ação* de quem gira é o movimento retilíneo que escapa pela tangente à trajetória circular e não o movimento circular que exige essa *ação*²¹. Por esta razão, desde Koyré (1966), os créditos da invenção dessa lei são muito mais atribuídos a Descartes, que mostrou, embora sem o conceito de força newtoniana que lhe é posterior, que o movimento circular não pode persistir.

Não nos alongaremos muito nessas considerações, mas o exemplo é muito importante para que sejam ensejadas práticas pedagógicas que privilegiem os **processos** e os **contextos**, e não apenas os resultados. Poder-se-ia ingenuamente conjecturar que isso não seria importante, pois independentemente se foi Galileu ou não a formular a lei de inércia na sua generalidade, ela está aí. No entanto, se isso fosse desprezado, então a *natureza da ciência* enquanto conflito de concepções seria desconsiderada com evidentes prejuízos para a formação cultural e para a própria prática da atividade científica. Logo, práticas pedagógicas que ensejem discussões deste tipo e que requeiram a colaboração de historiadores com educadores que sejam aptos para a elaboração de transposições judiciosas, revelam-se da mais alta importância para o ensino de ciências, notadamente para o ensino de física. Deste modo, a História da Ciência nos ajuda a perceber que a lei de inércia tem a sua própria autonomia tanto histórica quanto epistemológica enquanto lei da persistência do movimento. Isso é importantíssimo, pois permite criticar um ensino, baseado em reducionismos extremos e anacronismos que falsificam o processo histórico como aquele frequentemente ensinado nas escolas segundo o qual a primeira lei de Newton (ou princípio da inércia) seria um "caso particular" da segunda lei quando a força newtoniana for igual a zero. Evidentemente, ao se adotar uma posição redutora tão drástica e falsificadora, age-se de forma negativa e, portanto, em desfavor de uma apreciação minimamente coerente acerca da natureza da ciência, e em desprezo por um processo que é central para o julgamento de algo que os gregos não

²⁰Ver a segunda parte dos *Princípios da Filosofia*, seção 39 intitulada *A segunda lei da natureza: que todos os corpos que se movem tendem a continuar seus movimentos em linha reta* (Ver Descartes, 1952, p.634-636).

²¹Para não se cometer um anacronismo, não se deve confundir, de maneira alguma, a *ação* de Descartes com a *força* de Newton.

pensaram e, como diria Koyré (1966), trata-se de uma lei conhecida apenas a partir do século XVII.

Analisar este processo complexo de uma lei aparentemente simples é perturbador. Uma real compreensão dessa complexidade somente foi possível após longa maturação e isso somente torna-se intelectualmente perceptível ao se analisar o sofisticado processo que a envolve (a propósito, ver LUCENA & BASTOS FILHO, 2017).

Não considerar o obstáculo da excessiva linearização certamente comprometerá o bom entendimento dos processos e contextos, evidenciando, apenas, os resultados.

CAPÍTULO IV – A MITOLOGIA DA GENIALIDADE

No presente capítulo, nos dedicamos a uma análise do obstáculo que corresponde à mitologia da genialidade.

O problema da excessiva linearização (problema discutido no capítulo anterior) é frequentemente referido em conexão com o problema da genialidade, o qual passaremos a comentar. Isso porque, nas narrativas excessivamente lineares de feitos da ciência, o protagonismo dos grandes gênios constitui-se no único aspecto citado na grande maioria dos livros. Tal circunstância, quando presente de forma exagerada nessas narrativas tende a comprometer a própria e adequada avaliação da atividade científica por parte de estudantes e professores, na medida em que tais narrativas deixam de reconhecer outros protagonismos de alta relevância. Em outras palavras, toda uma mitologia em torno da genialidade constitui sério obstáculo para que estudantes e professores venham a caracterizar a imprescindível dimensão social deste complexo empreendimento.

Como consequência direta de uma possível mitologia da genialidade²² em conexão com a excessiva linearização dos feitos científicos apenas protagonizados por gênios, surge o sério problema da intimidação que poderia ser sofrida por outros reais protagonistas do empreendimento científico, como no caso daqueles que contribuem ou para a construção do conhecimento científico ou para o provimento de seus significados que constituem desafios para todos aqueles que buscam as suas autonomias dentro de suas próprias possibilidades (a propósito, ver BASTOS FILHO, 2001). Eles não devem se constranger apenas por não se considerarem gênios, pois na ciência, sendo um empreendimento coletivo, social e histórico, os protagonismos são muitos e em diversas instâncias e, deste modo, não se reduzem apenas a gênios ou àqueles considerados como tais. Sugere-se, assim, que existe uma relação entre a excessiva valorização da genialidade com a excessiva linearização dos complexos processos históricos nos quais os gênios seriam os únicos protagonistas que importam. Assim, os dois problemas já elencados se conectam.

É importante ressaltar que, aqui, não é nosso objetivo dirimir se gênios existem ou não, pois sempre é possível conceber que haja pessoas que têm habilidades e competências especiais. O nosso foco é o de tentar situar o valor do protagonismo dessas pessoas sem que

²²Adiantamos aqui que, a nosso ver, embora a mitologia da genialidade seja algo não educativo, isso não significa por si só que não existam pessoas singularíssimas que deram contribuições seminais e que, assim, podem ser consideradas como gênios. Não obstante, o empreendimento científico requer necessariamente outros protagonistas importantes além daqueles dos gênios.

isso possa comprometer nem minimizar o protagonismo, decerto relevante, de outras pessoas não classificadas como gênios e que, não obstante, são muito importantes para o desenvolvimento da ciência. Adota-se, assim, uma postura que caracteriza o empreendimento científico como uma construção social, histórica, cultural de elevada complexidade que não deveria ser reduzida a brilhantes singularidades por mais luminosas que fossem.

Em outras palavras, não é a genialidade propriamente o problema e sim o mito da genialidade que consiste em sério obstáculo.

Como exemplo de tal prática, citaremos as cartas escritas por Leonhard Euler e enviadas a uma princesa.

▪ **Leonhard Euler**

Algo quase consensual na comunidade dos educadores e professores de ciência é a recomendação para que, em situações de ensino, o professor evite, ou pelo menos tente evitar, apresentar a atividade científica mediante episódios folclóricos, lendas etc., pois isso poderá vir a se constituir em sério obstáculo à formação de uma concepção razoável e aceitável da natureza da ciência.

Não obstante, se isso for um mau exemplo, a origem desse mal pode ser imputada até mesmo a grandes e seminais nomes da história da ciência como Euler que, em belas e claras cartas redigidas no século XVIII para a educação científica de uma princesa, insinua e reforça justamente a atitude que os nossos educadores e professores de ciências tentam evitar.

Por mais estranho que possa parecer, é o próprio Euler que reforça esse mito quando escreve em uma carta de 3 de setembro de 1760:

Se Newton não estivesse em um jardim debaixo de uma macieira e não tivesse caído por acaso uma maçã sobre a sua cabeça, talvez nos encontrássemos na mesma ignorância sobre o movimento dos corpos celestes e sobre uma infinidade de fenômenos que dependem dele (EULER²³, Carta n. 52, p. 77).

Vemos, então, que Euler dá um tom de fatalidade histórica ao episódio, justamente o contrário do que se deseja. Tal narrativa desconectada de processos e contextos, e evidenciando a ação exclusiva de um único cientista, compromete a visão de construção social e coletiva da ciência, além de intimidar possíveis estudantes a seguirem carreiras

²³Si Newton no se hubiera tendido en un jardín bajo un manzano y no le hubiera caído por azar una manzana sobre la cabeza, tal vez nos encontraríamos en la misma ignorancia sobre el movimiento de los cuerpos celestes y sobre una infinidad de fenómenos que dependen de él (EULER, Carta n. 52, p. 77).

científicas, uma vez que esses estudantes possam acreditar que apenas os gênios são capazes de contribuir para o avanço da ciência.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tal como foi o escopo deste trabalho, perseguimos como objetivo precípua apresentar e discutir os principais obstáculos que dificultam a inserção a contento, no contexto da educação básica, de considerações históricas e de questões epistemológicas que ajudem a dar significado aos conteúdos de física que lá são veiculados.

Para tal, foram elencados e discutidos dois problemas que, de alguma maneira, constituem obstáculos para que os conteúdos veiculados sejam epistemologicamente significativos e realcem uma boa concepção da *natureza da ciência* e não uma mera caricatura dela. Embora esses não sejam os únicos obstáculos que existem para a formação adequada de uma boa concepção da natureza da ciência por parte de estudantes e professores, a atenção neste trabalho foi centrada nesses problemas.

Um exemplo emblemático de *linearização excessiva*, e que distorce por completo o significado histórico e epistemológico da assim chamada lei da inércia, constitui-se no procedimento grotesco de reduzi-la a um caso particular da segunda lei de Newton, procedimento esse que elimina a capacidade de compreender a própria natureza da ciência pela remoção de todos os aspectos de um processo sobremaneira rico e altamente complexo.

No que concerne à *mitologia da genialidade*, esta constitui um obstáculo em pelos menos dois níveis: (i) o primeiro, pela atribuição exagerada da exclusividade de protagonismos, que ao mesmo tempo ressalta uma pressuposta e excessiva linearização em contradição com a própria história da ciência; (ii) o segundo, pelo expediente de intimidação que pode causar o afastamento de vocações e protagonismos, ensejando, assim, uma falsa concepção de uma adequada e consequente concepção da *natureza da ciência*. É necessário que trabalhem em uma tensão essencial, pois tudo o que anteriormente afirmamos, não significa que não existam pessoas singulares que podem ser consideradas como gênios. É, pois necessário, que assumamos uma abordagem ponderada e equilibrada.

Ficou claro que um bom trabalho em História da Ciência e Filosofia da Ciência deve evitar, em especial, a excessiva linearização e a mitologia da genialidade, cabendo ao professor ficar atento à qualidade desse material, buscando sempre conhecer quem é o autor e a sua experiência na área específica, qual o enfoque utilizado e as referências bibliográficas, observando, ainda, se elas são fontes primárias (textos originais) ou fontes secundárias (trabalhos que analisam textos originais).

Concluimos este produto enfatizando que esses problemas que constituem obstáculos para a compreensão da natureza da ciência devem ser discutidos extensivamente no contexto do ensino de ciências e na educação básica, pois eles podem ensejar a necessária atribuição de significados aos processos e conteúdos que são veiculados na prática escolar.

REFERÊNCIAS

- ALFONSO-GOLDFARB, A. M. **O que é história da ciência**. 1 ed. São Paulo: Brasiliense, 1994.
- BASTOS FILHO, J. B. **A Ciência normal e a educação são tendências opostas?** In: In: BURSZTYN, M. (Org.). *Ciência, ética e sustentabilidade* 2ª ed. São Paulo: Cortez; Brasília: Editora da UnB; Unesco, 2001. p. 61-93.
- DESCARTES, R. *Les Principes de la Philosophie*, In: Oeuvres et Lettres de Descartes, Bibliotheque de la Pleiade, Librairie Gallimard, 1952.
- EULER, L. **Carta a uma princesa alemana sobre diversos temas de física y filosofia**, In: Reflexiones sobre el espacio, la fuerza y la matéria, Madrid: Alianza Editorial, 1985.
- FERREIRA, J. M. H.; MARTINS, A. F. P. **História e Filosofia da Ciência**. Programa Universidade a Distância – UNIDIS Grad, Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, 2010.
- GALILEI, G. **Dois Novas Ciências**, São Paulo: Ched Editorial, Nova Stella, Istituto Italiano di Cultura, s/d [Tradução e notas de Letizio Mariconda e Pablo R. Mariconda], 1935.
- KOYRÉ, A. *Études Galiléennes*, Hermann: Paris, 1966.
- LAKATOS, I. *History of science and its rational reconstructions*. In: HACKING, I. (org.) *Scientific revolutions*. Hong-Kong: Oxford University, 1983.
- LUCENA, M. P. C.; BASTOS FILHO, J. B. **Contribuição para a inserção da história da ciência e da filosofia da ciência no ensino de física no contexto da educação básica- parte1**, Anais do IV Encontro Alagoano de Ensino de Ciências e Matemática (EECM), 2017.
- LUCENA, M. P. C.; BASTOS FILHO, J. B. **Contribuição para a inserção da história da ciência e da filosofia da ciência no ensino de física no contexto da educação básica- parte2**, Anais do IV Encontro Alagoano de Ensino de Ciências e Matemática (EECM), 2017.
- NEWTON, I. **Principia - Princípios Matemáticos da Filosofia Natural** - São Paulo: Nova Stella/Edusp, Volume I, tradução de Trieste Ricci, Leonardo Gregory Brunet, Sônia Terezinha Gehring e Maria Helena Curcio Célia, 1990.
- O VITAL DA CIÊNCIA. **O que é História da Ciência**. Disponível em: <https://vitaldaciencia.wordpress.com/sobre-historia-da-ciencia/o-que-e-historia-da-ciencia/>. Acesso em: 12 ago. 2018.

APÊNDICE A – Questionário Prévio

1. O que você entende por História da Ciência e Filosofia da Ciência?
2. Quais personagens vêm a sua mente quando se trata do desenvolvimento da ciência?
3. Quais as contribuições (teorias ou produtos) propostas por eles?
4. Você acha que todo trabalho sobre História da Ciência consegue reproduzir com exatidão todos os fatos relevantes ao tema?
5. Na sua opinião, quais requisitos devem ser cumpridos para se ter um bom trabalho sobre um tema da História da Ciência?
6. Para você, os livros-textos, materiais de divulgação científica e textos encontrados na internet representam boas fontes de pesquisa sobre a História da Ciência e a Filosofia da Ciência?
7. Você acha importante aprender sobre História da Ciência e a Filosofia da Ciência? Explique.

APÊNDICE B – Questionário - Texto Motivador 1

1. No texto apresentado anteriormente, qual é o cientista em evidência?
2. Quais as suas principais contribuições para o avanço da ciência?
3. Na sua opinião, o texto apresenta algum dos obstáculos discutidos (excessiva linearização e mitologia da genialidade)? Em caso afirmativo, qual(is)? Justifique.
4. Identifique no texto o fragmento que corrobora a seguinte afirmação: a ciência é uma atividade de cooperação (ou coletiva).
5. Com base no texto, é possível afirmar que a ciência causa impacto no desenvolvimento da sociedade?

APÊNDICE C – Questionário - Texto Motivador 2

1. No texto apresentado anteriormente, qual é o cientista em evidência?
2. Quais as suas principais contribuições para o avanço da ciência?
3. Na sua opinião, o texto apresenta algum dos obstáculos discutidos (excessiva linearização e mitologia da genialidade)? Em caso afirmativo, qual(is)? Justifique.
4. Identifique no texto palavras ou expressões que podem comprometer uma boa narrativa histórica, por seu teor exagerado ou inadequado.

APÊNDICE D – Questionário Final

1. Após conhecer um pouco mais sobre História da Ciência e Filosofia da Ciência, como você as definiria?
2. Você acha que todo trabalho sobre História da Ciência consegue reproduzir com exatidão todos os fatos relevantes ao tema?
3. Na sua opinião, quais requisitos devem ser cumpridos para se ter um bom trabalho sobre um tema da História da Ciência?
4. Para você, os livros-textos, materiais de divulgação científica e textos encontrados na internet representam boas fontes de pesquisa sobre a História da Ciência e a Filosofia da Ciência?
5. Você acha importante aprender sobre História da Ciência e a Filosofia da Ciência? Explique.
6. Quais foram os obstáculos estudados e como eles podem interferir na construção de uma boa narrativa histórica?

ANEXO A - Texto Motivador 1

Ciência e Cultura

On-line version ISSN 2317-6660

Cienc. Cult. vol.57 no.2 São Paulo Apr./June 2005

COMEMORAÇÃO

A GENIALIDADE NÃO RELATIVA DE EINSTEIN

A comemoração do Ano Mundial da Física em 2005 coincide com duas datas significativas para esse campo do conhecimento: cem anos da publicação da Teoria da Relatividade Restrita e cinquenta anos da morte de seu criador, Albert Einstein (1879-1955), o mais importante nome da física moderna. Há um século, esse carismático gênio vivia um momento de produção intelectual intensa que fez com que 1905 ficasse conhecido como o "ano milagroso" (*annus mirabilis*) de Einstein. Além de sua teoria da relatividade, uma série de outros trabalhos importantes sobre fótons, a relação massa-energia e o movimento browniano, que mudaram os rumos da história da ciência, vieram a público. Este ano, o Brasil comemora ainda 80 anos da visita do físico ao país, em maio de 1925.

Está prevista uma intensa programação em todo mundo, com destaque para Alemanha, país onde Einstein nasceu, e Estados Unidos, onde se naturalizou. Um dos objetivos é aproveitar a data para chamar a atenção do público em geral, em especial dos jovens, para a importância e o impacto da física no mundo contemporâneo.

No Brasil, o Ministério da Ciência e Tecnologia anunciou a liberação de R\$ 1 milhão para o financiamento das atividades comemorativas. A Sociedade Brasileira de Física programou atividades, como exposições, seminários e palestras em várias regiões do Brasil. A exposição "Einstein e a América Latina" é uma das atividades programadas, expondo o acervo de imagens e documentos sobre a viagem de Einstein ao Brasil e à América Latina.

PRIMEIROS CONTATOS BRASILEIROS

Em 1925, durante sua viagem ao Brasil Einstein fez conferências sobre a Teoria da Relatividade no Clube de Engenharia, na Escola Politécnica do Rio de Janeiro e na Academia Brasileira de Ciências. Esses primeiros contatos, porém, não foram intelectualmente proveitosos pois a platéia ainda conhecia pouco as teorias expostas por Einstein, envolvendo física quântica e a própria Teoria da Relatividade, e olhavam com desconfiança e ceticismo tais idéias "extravagantes" para a época.

Segundo informações retiradas de artigos de jornais da época, divulgadas no site *Einstein no Brasil*, mantido pelo pesquisador do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) Carlos Alberto dos Santos, em 1919 começaram a aparecer as primeiras referências sobre as descobertas de Einstein e um certo interesse da comunidade científica brasileira por elas. Naquele ano, foi realizada uma expedição de brasileiros e britânicos em Sobral (CE) para observar o eclipse solar e testar a hipótese do efeito da gravidade na propagação da luz de Einstein.

O primeiro trabalho original sobre relatividade no Brasil foi o artigo publicado, em 1923, "A Teoria da Relatividade e as Raias Espectrais do Hidrogênio" desenvolvido por Teodoro Ramos, pesquisador da Universidade de São Paulo (USP).

PONTO DE MUTAÇÃO

Em 1905, Einstein utiliza a teoria exposta em 1900 pelo cientista Max Planck sobre emissão e absorção de radiação e explica o efeito fotoelétrico. Alguns anos depois, entre 1911 e 1913, o cientista Niels Bohr desenvolve o primeiro modelo atômico da era moderna, descrevendo o átomo de hidrogênio e dando início à teoria quântica. A descrição do efeito fotoelétrico é vista como uma das maiores contribuições de Einstein para a física moderna e determinante para sua conquista do Nobel de física em 1921. Essas três descobertas feitas por Planck, Einstein e Bohr são apontadas como o "ponto de mutação" para a física moderna, e foram parte do contexto científico que permitiu a elaboração da Teoria da Relatividade.

OBRAS

Ainda no iluminado ano de 1905, Einstein publica o artigo "A inércia de um corpo depende da sua energia?" onde propõe sua famosa equação $E=mc^2$ (energia, "E", é igual à massa, "m", multiplicada pelo quadrado da velocidade da luz, "c²") que demonstra a relação intercambiável entre energia e massa. Essa equação foi usada para obtenção da energia nuclear e também para desenvolver a tecnologia da bomba atômica. Foi também nesse ano que o físico publica a chamada Teoria da Relatividade Restrita ou Especial. Dois anos depois publica o artigo revisado "Sobre o princípio da relatividade e as conclusões tiradas dele", onde introduz as primeiras idéias sobre a Teoria da Relatividade Geral.

Márcia Tait Lima

Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252005000200029. Acesso em: 17 ago. 2018.

ANEXO B - Texto Motivador 2

Ciência

Publicado em 30 jun 2006.

Por Leandro Narloch

Isaac Newton: fé e física

Isaac Newton, quem diria, era um religioso fanático, obcecado por experiências místicas. E esse lado oculto foi essencial para ele se tornar o pai da ciência moderna.

O homem que descobriu a gravidade e as leis do movimento, criou a ótica e reinventou a matemática também legou à humanidade receitas para transformar metais em ouro, remédios feitos com centopéias e uma lista de pecados que costumava anotar em seus cadernos. Passou a vida estudando a Bíblia para prever quando Jesus voltaria à Terra.

Contraditório? Não para a época. Quando Isaac Newton nasceu, na Inglaterra de 1642, matemática, religião, ciência e magia se confundiam. Astronomia e astrologia eram a mesma coisa. Alquimia e química também. “O século 17 foi uma transição entre a Idade Média e o Iluminismo”, afirma o físico Eduardo de Campos Valadares, professor da UFMG e autor do livro *Newton – A Órbita da Terra em um Copo d'Água*. “Os homens que criaram o nosso jeito de pensar viveram com idéias medievais, barrocas, e tementes a Deus.”

No caso de Newton, o misticismo e a religião não só conviveram com a ciência como a fortaleceram. “Seu mergulho profundo nas experiências alquímicas e nas raízes da teologia pode ter influenciado seus pensamentos a respeito de uma visão mais ampla do Universo”, afirma Michael White, autor da biografia *Isaac Newton – O Último Feiticeiro*.

Até o século 20, Newton era conhecido como um cara racional. Após sua morte, escritores trataram de ressaltar seus feitos e sua obra-prima, o *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (“Princípios Matemáticos da Filosofia Natural”). Nesse livro, ele mostrou, matematicamente, que um corpo parado ou em movimento tende a ficar assim se não houver outra força na jogada. Com a Lei da Gravitação Universal, Newton provou que todos os corpos do Universo, seja a Lua ou uma maçã, obedecem à mesma força de atração. Mas o outro lado de Newton passou batido. Só veio à tona em 1936, com o economista John Maynard Keynes, o criador da Teoria do Estado de Bem-Estar Social. Depois de ter acesso a documentos e anotações do físico, Keynes deu uma palestra mostrando-o como um místico e

fanático. “Newton não foi o primeiro da Idade da Razão. Foi o último dos mágicos”, disse Keynes.

Newton morreu afirmando que o movimento e as órbitas dos planetas eram definidos por Deus, assim como a composição da matéria. “Se os homens, animais etc. tivessem sido criados por ajuntamentos fortuitos de átomos, haveria neles muitas partes inúteis, aqui uma protuberância de carne, ali um membro a mais. Alguns animais poderiam ter um olho só, outros, mais dois”, escreveu.

Científico e religioso, ele fez da matemática um modo de estudar a Bíblia. Fazia cálculos imensos para confirmar as histórias bíblicas mais inverossímeis. Um exemplo é a criação do mundo em 7 dias. Newton acreditava na criação por Deus e, para resolver o problema de um tempo tão curto, observou que a Bíblia não afirma quantas horas durava um dia no momento da Criação. Como ainda não existia Terra nem movimento de rotação, um dia poderia ser quanto Deus decidisse. Para fazer previsões sobre o futuro do mundo, Newton não se baseou nos dias contados pela Bíblia. Ele tomou como base o gafanhoto, uma das pragas de Deus no Antigo Testamento, que vive em média 5 meses. A partir desse número, ele cravou que os judeus voltariam a Jerusalém em 1899, e em 1948 ocorreria a segunda vinda de Cristo à Terra. Depois, se passariam 1000 anos de paz.

Para o biógrafo White, a fascinação de Newton por uma figura bíblica, o rei Salomão, influenciou na criação da gravitação universal. Salomão teve seu templo construído por volta de 1000 a.C., em Jerusalém. Seguindo o Livro de Ezequiel, Newton imaginou o templo com um fogo central, onde aconteciam sacrifícios, e os discípulos de Jesus colocados em círculo ao redor. “É visível o paralelo entre o sistema solar e o templo: os planetas correspondem aos discípulos, e o fogo do templo é o modelo do Sol”, afirma White.

Texto completo disponível em: <https://super.abril.com.br/ciencia/isaac-newton-fe-e-fisica/>
Acesso em: 21 ago. 2018.

ANEXO A – Verbetes de História extraído da Enciclopédia Saraiva do Direito
(v. 41, p. 259-270, 1977)

Figura 1 – Capa da Enciclopédia Saraiva do Direito – volume 41.



Fonte: Enciclopédia Saraiva do Direito – volume 41.

Figura 2 – Dados catalográficos da Enciclopédia Saraiva do Direito – volume 41.

CIP-Brasil. Catalogação-na-Fonte
Câmara Brasileira do Livro, SP

E46
v.1-

Enciclopédia Saraiva do Direito / coordenação do Prof. R. Limongi
França. — São Paulo : Saraiva, 1977-

Edição comemorativa do Sesquicentenário da Fundação dos Cursos
Jurídicos no Brasil, 1827-1977.

1. Direito — Enciclopédias 1. França, Rubens Limongi, 1927-

79-0646 CDU-34(03)

Índice para catálogo sistemático:
1. Direito : Enciclopédias 34(03)

1121

SARAIVA S.A. — Livreros Editores

Belo Horizonte — MG
R. Célia de Souza, 571 — Bairro Sagrada Família — Tels.: (031) 461-9962 e 461-9995

Porto Alegre — RS
Av. Chicago, 307 — Floresta — Tels.: (0512) 22-1463 e 22-0564

Rio de Janeiro — RJ
Av. Marechal Rondon, 2231 — Tels.: (021) 201-7149 e 261-4811

São Paulo — SP
Av. do Emissário, 1897 — Tel.: (011) 826-8422

Curitiba — PR
Rua Eng.º Leão Sounis, 187 — Capanema — Tel.: (041) 262.1641

Fonte: Enciclopédia Saraiva do Direito – volume 41.

HISTÓRIA

SUMÁRIO: 1. *A singularidade do fato histórico.* 2. *O fato histórico e a infinitude do singular.* 3. *O historiador e a natureza da explicação que lhe é própria.* 4. *A verdade da história é fundamentalmente uma verdade de fato, não uma verdade racional.* 5. *Valor da história como conhecimento humano.* 6. *Mediante as aparências fenomênicas aponta o cientista experimental as naturezas que tais aparências mascaram.* 7. *Como procedem as ciências experimentais para alcançar a generalização.* 8. *O individual histórico pode ser explicado em si mesmo. Não vale, porém, a universalidade.* 9. *Conclusão.*

1. A singularidade do fato histórico

Qualquer fato histórico é inevitavelmente único na sua espécie. Pois a singularidade que possui decorre necessariamente de sua historicidade mesma. E esta, evidentemente, não pode ser, como tal, abstraída de sua dimensão temporal. Assim, o fato que é objeto da cogitação do historiador se, por um lado, se prende a um momento determinado que o antecede, por outro, liga-se forçosamente a momento não menos determinado que imediatamente lhe sucede. E é precisamente isto que o torna irrecusavelmente singularizado.

Mas não é apenas na dinâmica cronológica estritamente dita; é também no curso fluente das mudanças circunstanciais – que jamais se detêm – que ele se situa, num ponto único e insubstituível da evolução temporal.

E, por isso, é claro, sua exata colocação na seqüência do tempo nunca poderá ser indiferente ao investigador da história nem será possível isolá-lo da determinação temporal e circunstancial que forçosamente possui. Daí os caracteres de unidade e irreversibilidade que lhe são acertadamente atribuídos.

Deste modo, o fato que interessa ao historiador possui na singularidade mesma o que lhe é peculiar e próprio, não admitindo, conseqüentemente, a extensão de sua verdade ou de sua explicação a acontecimentos outros supostamente idênticos ou semelhantes, colocados em pontos diferentes do tempo.

Se, porém, os acontecimentos de que se ocupa a história são fatos singulares, concretos e irrepitíveis, se cada um deles sucede indispensavelmente num ponto único e determinado do tempo, e se o conhecimento que deles possui o historiador não o autoriza a sacar de seu conteúdo uma verdade geral aplicável a toda uma classe de ocorrências supostas do mesmo gênero (porque, em rigor, não podem existir classes de acontecimentos históricos idênticos genericamente), não significa isto, entretanto, que não se possam encontrar nos fatos históricos certos aspectos gerais indutivamente captáveis acerca do comportamento mais freqüente do homem ou dependentes de sua própria natureza essencial. Mas, ao atingir-se, por indução, o geral, não se estará fazendo mais história propriamente dita. Pois o peculiar e específico do fato histórico – objeto formal desta disciplina – continuará, não obstante, a ser a

unicidade ou singularidade da ocorrência. E esta acontece em certo e determinado momento do fluxo temporal.

De tudo isto resulta que, a diferença do que se dá com os fatos que são objeto das ciências da natureza, ninguém está autorizado a fazer generalização, em história, a partir de um ou mais fatos bem verificados, para chegar a uma conclusão válida historicamente para toda uma classe deles. Pois a explicação de um ou de alguns fatos históricos não pode servir, indutivamente, como explicação suficiente para outros fatos históricos ainda que com estes últimos mantenham certas analogias ou aspectos comuns. Do contrário, o fato histórico seria despojado justamente de sua indispensável concreção, de suas circunstâncias peculiares, de suas conexões temporais determinadas, de seu momento único e irrepetível, enfim, de seu caráter específico: deixaria, em suma, de merecer o qualificativo de histórico.

2. O fato histórico e a infinitude do singular

Ainda mais: o fato histórico possui a infinitude do singular. Ao tratá-lo, o historiador se encontra diante de circunstâncias e aspectos inumeráveis do real concreto que jamais se podem esgotar ou exaurir. Em busca de sua inteligibilidade, cada historiador pode nele enxergar aspectos que dependam, em certa medida, ou de sua argúcia, ou de seu preparo, ou de seus pendores, ou de sua perspicácia, ou de sua capacidade de perceber relações, ou de tudo isto diversamente combinado ou conjuntamente atuando. Mas, a respeito do que acabamos de dizer, suas explicações não esgotarão, por completo, a compreensibilidade do fato histórico, que pode ser indefinidamente aprofundada por historiadores diferentes ou em condições mais propícias para fazê-lo, ou dotados de qualidades favoráveis ao entendimento de certos aspectos antes omitidos ou descurados ou não divisados adequadamente, ou ainda por estudiosos possuidores de preparação especializada, capacitados a aprendê-los devidamente. Daí a diversidade de explicações, tão freqüente entre historiadores, não havendo nisto qualquer incoerência. Embora, a certas mentes estreitamente geométricas, se afigure este fato um escândalo lógico imperdoável.

Daí, também, as mudanças que sofrem as explicações dadas, no sentido de clareá-las, completá-las, ampliá-las ou aprofundá-las, ou mesmo retificá-las, à medida que, fluindo o tempo, se deixem descobrir e patentear certas perspectivas, antes ocultas ou pouco exploradas, de determinados eventos.

3. O historiador e a natureza da explicação que lhe é própria

A tarefa do historiador, conforme se conclui do modo de proceder de todos os que merecem este honroso título, não é, entretanto, a de um simples verificador da autenticidade dos acontecimentos; sua missão é também a de explicá-los em certa medida, pois nenhum se satisfaz apenas com uma mera narração.

Se ao historiador digno desse nome incumbe, assim, explicar de algum modo os fatos que ocorreram, forçoso é que se deva esclarecer qual o tipo de explicação que ele nos pode legitimamente fornecer.

Parece fora de dúvida, na altura em que se encontra a epistemologia histórica, que a explicação que lhe compete dar não poderá jamais ser equiparada pura e simplesmente à explicação das ciências da natureza. O historiador interessa-se pelo curso pormenorizado dos acontecimentos individuais ainda que pretendendo dar destes sucessos alguma explicação. Isto leva a pensar que o conhecimento histórico é uma forma peculiar de conhecimento, relacionado certamente com os fatos naturais, porém não redutível à ciência natural. Porque o historiador não consegue, como estes cientistas da natureza, ao cabo de suas observações e experiências e havendo partido do concreto individual, alcançar conceitos abstratos por meio de um processo de extração que resulta em isolar determinados aspectos gerais de ocorrências, o que lhes permite firmar a constância de certos liames que prendem os fatos entre si. Ou, noutras palavras, porque o historiador não consegue, como os físicos e os biólogos, estabelecer nexos constantes e permanentes entre estes mesmos fatos, correlações universais e necessárias entre eles, não chegando, assim, às leis científicas propriamente ditas. Ele, em verdade, não dispõe de fatos que possa entrelaçar ou conectar da mesma forma como estes cientistas da natureza podem fazê-lo com os que constituem o objeto de suas cogitações específicas. A explicação histórica não pode fornecer razões de ser obtidas ou captadas dos fatos naquilo que constitui o núcleo de generalidade comum a tais ocorrências. Ele tem que levar em conta, a cada momento, as mutáveis contingências dos acontecimentos singulares. E o individual, como tal, não é explicativo em sentido próprio: representando apenas a si mesmo, ele não pode, evidentemente, dar razões de outra coisa, não pode levar a conclusões gerais e abstratas. Os fatos que são oferecidos ao historiador, por certo, podem ser confrontados ou entrelaçados. Mas ele tem que proceder confrontando ou entrelaçando o singular com o singular, o individual com o individual. Se, entretanto, o historiador trabalha coligando séries de acontecimentos que se alinham numa certa dependência causal, se examina sucessos históricos que se prendem a uns outros numa seqüência em que eles se articulam em liames em que entra, sem dúvida, algo de necessário, é no imprevisto da ocorrência, e, portanto, no contingente, que se encontra a característica mais marcante e específica do objeto de sua cogitação.

4. A verdade da história é fundamentalmente uma verdade de fato, não uma verdade racional

Uma vez que a história trata do singular, do concreto e do contingente, a verdade que ela nos fornece é, assim, uma verdade de fato, não uma verdade racional. A explicação histórica não pode dar razões de ser captadas daquilo que, nos entes, constitui a essência. O processo de que usa o historiador na obtenção do conhecimento histórico, conquanto possa levar à certeza em matéria de verificação de fato, e não ficar somente no provável ou no

conjectural, não conduz, nas suas explicações, a argumentos propriamente demonstrativos com a força de constranger o espírito a aceitar logicamente as suas conclusões.

Não possui, assim, a história, a mesma certeza da ciência, tomada esta palavra no sentido mais rigoroso do conhecimento demonstrativo, universal e necessário. Ela não pode, por isso mesmo, fazer com igual segurança previsões certas de acontecimentos futuros, assim como o podem fazer, em larga medida, as ciências da natureza. Além de ter de levar em conta, nas suas previsões, uma infinidade de fatores diversos e de diferente potencialidade que atuam, além disso, em conjunções e combinações variadíssimas, encontra a história, também, inevitavelmente, uma série imensa de indeterminações que lhe não permitem, em regra, mais do que o *provável* e o *conjectural*, o que não se coaduna com a precisa exatidão das ciências naturais. Nestas, cada fato que vem a ocorrer se acha sempre regido pelas mesmas leis gerais, o que lhe confere o caráter da necessidade.

Não haverá, então, novidade propriamente dita no que se pode prever, uma vez que, como o percebeu muito bem Hegel, estamos aí no domínio da repetição. Na história, ao contrário, a indeterminação do futuro confere ao fato de que ela se ocupa uma novidade verdadeiramente imprevisível.

Se quisermos atribuir ao conhecimento histórico o qualificativo de científico, poderemos certamente fazê-lo, se o considerarmos como tendo sido obtido por meio de processos críticos de extrema exatidão constituindo, em conjunto, método rigorosamente científico. É lícito dizer, então, que o conhecimento histórico é científico pelo método de que se serve, embora não se possa dizê-lo científico pelo seu objetivo: este é singular e contingente e não pode, como tal, conduzir ao universal e ao necessário. A indução generalizadora não é permitida logicamente à história, visto que cada fato histórico é único e específico na sua particularidade. A verdade da história é uma verdade de fato: "só pode ser estabelecida por intermédio de sinais segundo a maneira pela qual todo dado individual e existencial deve ser verificado" (Maritain).

5. Valor da história como conhecimento humano

Tudo o que precede não importa em desmerecer, o mínimo que seja, da importância e do valor da história como conhecimento humano. Muito pelo contrário: a contingência de que é dotado o fato histórico, como já o perceberam os fundadores da filosofia da história (Vico e Hegel, dentre outros), longe de lhe subtrair importância, confere-lhe uma dignidade que não se encontra nos objetos das ciências naturais. Estas são, conforme Hegel, o domínio da repetição; estas, segundo afirma Vico – reivindicando, aliás, a dignidade do conhecimento histórico contra o monismo metodológico e matematicista da ciência cartesiana que o degradava – são áreas em que não pode o homem penetrar profundamente, já que os seus objetos só os pode conhecer superficialmente mediante suas aparências fenomênicas. De acordo com a crítica de Vico à concepção cartesiana da ciência, a história, pelo contrário –

cujo objeto é constituído pelas ações do homem – é a ambiência própria em que este mesmo homem, tendo-as produzido, pode conhecê-las e penetrar no seu mais profundo interior. Na história, conforme Vico, nós somos verdadeiramente criadores – produtores dos nossos atos – o que nos permite o seu conhecimento por dentro.

Ao passo que, em relação às coisas da natureza, estas são mistério para nós, uma vez que só Deus, que as criou, as conhece na sua essência profunda.

O juízo desfavorável, que, por outro lado, uma concepção nominalista da causalidade conferiu à história, não nos deve levar a erro. Basta pensar que, em realidade, o nexos que prende causa a efeito não se pode restringir apenas ao relacionamento do necessário e fenomênico. Pois o princípio da causalidade não deixa de ser igualmente válido no que concerne às causas livres. E, assim, causas necessárias produzem efeitos necessários, assim como causas livres produzem efeitos livres. Deste modo, o *contingente* – com que topa freqüentemente o investigador da história, o imprevisto ou as livres decisões humanas – está presente nesta cogitação conjuntamente com o *necessário*, que de mil maneiras condiciona e limita a ação de seus protagonistas. Afora a complexidade verdadeiramente estonteante das relações que são objeto da reflexão histórica, os elementos de indeterminação que nela se encontram tornam particularmente difícil a missão do historiador. E, por isso, poucos são capazes de cumpri-la com eficiência; poucos podem ser considerados como verdadeiros historiadores. E isto resulta, como se está vendo claramente, em sutileza, elevação e complexidade de seu objeto.

A explicação na história não é assim tão simples de se estabelecer, como a que se oferece à reflexão do cientista da natureza. Ademais, nela a consideração das causas não se pode restringir, exclusivamente, às conexões casuais eficientes, como, orientada segundo a física clássica, o fez a posição unilateral e naturalista de certo setor do pensamento moderno. Tal atitude, extrapolada de seus legítimos limites, conduziu a aporias insolúveis em relação às ciências humanas.

Encontrando, na realidade social e humana, exigências que excediam inexoravelmente destas restrições, alguns grandes pensadores, tardia e às vezes insuficientemente, reagiram contra tais limitações, pondo em evidência a importância das causas finais. Foi o caso, dentre outros, de Rudolf von Jhering, Léon Duguit, Maurice Hauriou, Georges Rénard e Hans Kelsen, no direito, Lester Ward e J. T. Delos, na sociologia, assim como dos neokantianos de Baden, na história e nas ciências da cultura, sem falar em Dilthey. Em todas estas ciências, os atos não se podem explicar devidamente apenas por liames que prendem um antecedente, como produtor, a um conseqüente, como produto. A mais freqüente e cabalmente explicativa das formas de causalidade humana não será, assim, a eficiente, mas a final.

Como quer que seja, todo fato acontecido requer uma causa que lhe tenha posto em ato. A existência de um ser contingente depende, realmente, de qualquer maneira que seja, de uma causa (se por causa se entende a razão ontológica real do causado).

Deste modo, na consideração do fato histórico, como causado, não se pode portanto prescindir do laço de dependência em que este se encontra em relação à sua razão de existir. Impõe-se, assim, ao historiador, a consideração das causas dos fatos históricos. Sua missão não se achará cumprida se não conseguir achar (chegar a), no seu labor, esta meta final.

Tal empresa é, entretanto, a mais difícil e a mais elevada de suas tarefas. Pois, à parte a dificuldade real da pesquisa histórica em geral, cumpre-lhe distinguir com cuidado as causas reais dos eventos, de seus condicionamentos, as causas principais e determinantes, das causas instrumentais cuja virtude operativa não se produz senão se forem atuadas ou conduzidas pelas primeiras.

De outro lado, inúmeros erros seriam evitados se houvesse sempre nos historiadores clara e precisa consciência da distinção entre *causa* e *condição necessária*. Pois esta, embora indispensável para a produção do ato, ou fato, não pode, só por si, exercer influxo efetivo suficiente sobre a existência do causado.

No difícil labor do historiador, muito longe estaremos da relativa facilidade com que o cientista natural consegue, por indução, partindo do particular concreto, estabelecer leis necessárias e universais. Seu objeto de estudo envolve a indeterminação e a contingência, e neste, por força mesmo da matéria de que trata, se vê ele limitado a descobrir apenas certos aspectos inteligíveis. Sua explicação há de ser, assim, elevada em razão da elevação mesma de seu objeto de estudo da mais alta significação espiritual e humana, mas não se pode pretender uma extensão universal de sua verdade nem esgotar exaustivamente o seu significado integral.

6. Mediante as aparências fenomênicas aponta o cientista experimental as naturezas que tais aparências mascaram

Tendo procurado incessantemente penetrar no âmago ontológico da realidade objetiva, foi a filosofia antiga e medieval – principalmente a de linhagem platônico-aristotélica – acusada de haver atrasado o advento e desenvolvimento da ciência fenomênica e matemática moderna, que não entende ser de sua tarefa andar em busca de descobrir "naturezas" ou "essências".

Procuraria esta, ao contrário, apenas descrever e analisar aparências fenomênicas medindo e avaliando relações quantitativas entre elas.

A despeito do que, de maneira categórica, eminentes filósofos e historiadores da ciência já tenham asseverado acerca disto, afirmando entre outras coisas que o desenvolvimento efetivo da ciência, nos tempos modernos, não corresponde com exatidão a esta proclamada simplificação, ainda assim continua a correr em livros e manuais esta acusação supinamente primária e que se apóia justamente sobre a ignorância do que é, do que tem sido, em realidade, o curso efetivo da ciência até aos nossos dias.

Não foi menos do que Émile Meyerson escreveu, p. ex., na sua importante obra *De l'explication dans les sciences* (Paris, 1921, t. 1, p. 31): "a verdadeira ciência, a única de que temos conhecimento, não é de maneira alguma e em nenhuma de suas partes conforme ao esquema positivista". Foi ainda esse mesmo filósofo da ciência quem, em outra obra (*La déduction relativiste*, Paris, Payot, 1927, p. 79), escreveu: "O real da teoria relativista" (de Einstein) "é, certamente, um absoluto ontológico, um verdadeiro ser-em-si, mais absoluto e mais ontológico do que as coisas do senso comum e da física pré-einsteiniana".

O que, então, em primeiro lugar se deve dizer desta aligeirada crítica à filosofia antiga – crítica que a cada instante se vem repetindo superficialmente pela imperícia da rotina intelectual e que criou, pela repetição, uma atitude muito pouco crítica – é que ela envolve inexatidões e falsidades históricas que precisam ser examinadas mais detidamente a fim de colocar o assunto no seu devido lugar.

É claro que não podemos deter-nos, no momento, neste assunto, nem pode ser agora este o propósito destas ligeiras e despreziosas observações. Mas, de passagem, para chegar a concluir este modesto verbete, convém advertir que, embora filosofia e ciência se coloquem como atividades cognoscitivas que intentam captar a realidade objetiva em níveis diferentes de profundidade, de modo algum elas se mantêm em posições tão extremadas e incomunicáveis a ponto de poder exigir-se do cientista em ação – cuja missão específica consiste precisamente em lidar com aparências fenomênicas – que se abstenha de apontar, por meio das aparências que maneja, as naturezas ou essências que estas mesmas aparências mascaram. Isto ele faz efetivamente, não com o propósito deliberado de seu labor próprio de manipulador de fenômenos, mas como resultado inevitável deste mesmo labor.

7. Como procedem as ciências experimentais para alcançar a generalização

Do que precede pode dizer-se que existem ciências capazes de levar os seus conhecimentos à generalização e mesmo à universalização. Porque, na multiplicidade dos fatos particulares com que trabalham, encontram não direta e imediatamente, é certo, mas sob a forma de sinais que as denunciam, certas "tipicidades", "naturezas" ou "essências" que superam as determinações individuantes dos fatos singulares. Pois é precisamente isto que ocorre em todas as ciências experimentais: física, química, zoologia, botânica, e assim por diante. No uso do método indutivo, ao efetuarem elas a generalização, não fazem mais do que extrair da multiplicidade de fatos diversos e singulares a unidade universal (que não se confunde com a pluralidade) e, muito menos, com a totalidade que subsiste em todos os de uma espécie, e em cada um deles individualmente. Ou, por outra forma, não fazem mais do que captar, por meio de manifestações fenomênicas diversas, um tipo de ser que está presente *toda vez* que estes fatos acontecem e que se revela na constância de certos comportamentos, que o indicam inequivocamente.

Se o oxigênio, ou melhor, se todo oxigênio (e não apenas esta pequena porção determinada de oxigênio que constitui a matéria de minha experiência atual), se *todo* oxigênio é inflamável é porque este ente que assim se comporta sempre, em certas situações, tem um *tipo de ser* que, em todo tempo e lugar, dadas as mesmas condições, possui determinadas propriedades que se revelam permanentemente as mesmas porque dependem de uma única estrutura ontológica.

Se o gato, se *todo* gato é dotado de unhas retráteis e é carnívoro, não é porque este gato determinado que tenho agora diante de mim possua estas propriedades, pois, também, tem outras que só a ele, como indivíduo, pertencem: mas porque *todo e qualquer* gato realiza um tipo de ser cuja estrutura ontológica se manifesta mediante a constância de certos comportamentos.

Se uma porção de água ferve a cem graus centígrados, se outra porção submetida a aquecimento também ferve a cem graus, se ainda uma terceira porção, posta ao fogo, ferve igualmente a cem graus centígrados, é porque existe uma *essência* ou *natureza* sempre a mesma que se manifesta fenomenicamente pela constância daquele mesmo fato.

Mas o mais importante em tudo isto é o que o espírito passa, por meio de um salto infinito, de *alguns* para *todos*: desta porção limitada de água a *toda* água – absolutamente a *toda* – embora seja impossível verificar *experimentalmente* que sempre acontecerá da mesma forma: deste gato individual a *todo* gato existente no possível, no tempo e no espaço; deste pequeno pedaço de ferro que foi atacado pela ferrugem (óxido de ferro) a *todo e qualquer* ferro sujeito a ser atacado pelo oxigênio do ar nas mesmas condições.

Se bem se atente, portanto, para a questão, verifica-se que cada fato singular, sendo determinado no tempo e no espaço e nas suas conotações individuantes, mesmo pluralizado ou multiplicado ilimitadamente pela repetição de numerosas experiências, estas não autorizam o cientista a chegar logicamente à universalização senão por meio de um movimento de ascensão em que o espírito efetua um imenso pulo, de magnitude infinita, saindo do particular e atingindo a *qualidade universal*, ou, noutras palavras, por via de movimento de mudança de planos em que o espírito "mete as garras" no *imutável*, passando assim do plano dos fatos experimentais e mutáveis para o plano do *inteligível*, que supera as limitações do sensível.

Pode-se entender bem este processo de ascensão ou subida ao plano do inteligível e do imutável, tendo-se partido do mutável e do particular, atentando-se para o fato de que todo cientista faz apenas *algumas* experiências sobre a matéria de sua pesquisa, e não pode fazer mais do que *algumas*, por mais numerosas que sejam elas, e, em tempo limitado, visto que lhe seria impossível realizar *todas* e em *todo* tempo. Mas a conclusão que tira – absolutamente certa e que não admite dúvidas – é que os fatos se comportarão *sempre, todas as vezes e em qualquer parte*, da mesma maneira.

Estamos aí, realmente, numa superação do empírico e das limitações de *tempo* e de *espaço*; achamo-nos aí diante do imutável e do inteligível.

Tudo isto faz pensar no primarismo com que se repete tão freqüentemente, mesmo em meios universitários, que em ciência nada existe de imutável.

Assim sendo, vê-se claramente como, nas ciências experimentais, embora o cientista não possa, com os seus limitados recursos, apoderar-se das essências das coisas tal como elas são, ficando apenas nas suas manifestações fenomênicas, ele as apreende ou indica às apalpadelas, como sob véus, mediante a constância destas mesmas manifestações que as revelam. Deste modo, a obtenção das relações permanentes entre certos fenômenos, ou seja, a consecução de leis científicas universais e necessárias, dotando-o de *razões de ser*, capacita-o a efetuar este salto infinito que lhe vai permitir, assim, partindo de alguns fatos, de limitada série de experiências, alcançar a universalidade de uma espécie.

Dá-se aí, diga-se uma vez, uma ascensão do espírito do plano do fato singular ao plano do inteligível e universal. Por isso, todo conhecimento que estiver em condições de realizar este processo lógico de captação da verdade estará em condições de explicar por causas, por razões universais, os acontecimentos singulares.

8. *O individual histórico pode ser explicado em si mesmo. Não vale, porém, a universalidade*

O processo cognoscitivo de captação da verdade por meio da generalização – próprio das ciências experimentais – não pode ser corretamente usado para a obtenção do conhecimento histórico.

A história não pode dispensar-se de ter como objeto fatos singulares; e estes não podem ser despojados de sua singularidade sem, ao mesmo tempo, perderem a condição de históricos. Pretender de outro modo seria subtrair da história o tempo e as circunstâncias diferentes que acompanham cada momento deste fluxo irreversível. O que importaria justamente em retirar dela o seu caráter próprio.

A conclusão que se pode tirar destas breves considerações é que o conhecimento histórico não poderá alcançar o universal, e, assim, não poderá explicar no mesmo sentido em que o podem fazer as ciências, que, atingindo o universal, são capazes de dar *razões de ser* para toda uma classe de acontecimentos da mesma natureza. A singularidade do fato histórico, de outro lado, limita o conhecimento histórico a uma verificação de fato, que conduz a uma verdade de fato – não a uma verdade racional – e portanto sem poder estendê-la a outros fatos semelhantes, já que ele não alcança tipos universais. O individual, como tal, não pode ser explicativo senão para si mesmo; não vale para uma universalidade de fatos da mesma natureza, não vale para outros fatos.

A Revolução Francesa, a I Grande Guerra Mundial, a descoberta da América, a conquista do Oeste do Brasil operada pelos bandeirantes são fatos históricos. Cada um deles ocorreu em determinado tempo e em determinado lugar; cada um deles envolve circunstâncias, pessoas e coisas particulares; cada um deles depende de decisões humanas e de condicionamentos físicos e de fatos da natureza bem determinados que nunca se

encontrarão coligados em iguais conjunturas; nenhum deles, como tal, se repetirá jamais; nenhuma explicação de cada um deles valerá como explicação para toda guerra, todo descobrimento da terra nem para toda conquista de território. Por certo que, na guerra, na revolução, na descoberta e na conquista genérica, sem determinações de tempo e circunstâncias, se podem captar certos aspectos constantes ou permanentes. Todos estes fatos, porém, assim generalizados, não são mais objeto de história propriamente dita, pois, escapando ao fluxo do tempo, se tornaram estabilizados e não possuem portanto a peculiaridade do fato histórico: singularidade e temporalidade. Quando muito, eles poderão ser de interesse para outras ciências sociais e, ainda nesta condição, dificilmente poderão revelar razões de ser universais. Muitas vezes estas ciências se limitam apenas ao grande número, à média estatística ou à maior freqüência sem chegar, em rigor, a uma completa indução generalizadora.

Em suma, é a história conhecimento da mais alta significação para o homem e de elevadíssimo valor educativo para a sua vida; mas ela não lhe pode fornecer, cientificamente, razões de ser universais e necessárias captadas dos fatos que são objeto de sua própria cogitação.

É óbvio que o dilatadíssimo suceder dos fatos singulares, que constituem o objeto de seu estudo, não pode deixar de valer como preciosíssima experiência para o homem. E é evidente que proporciona inestimável soma de conhecimentos vividos. Desta maneira, forma e informa, ensina e educa. Mas a natureza de seus conhecimentos é bem diversa da que possuem as ciências do mundo físico. Estas captam verdades gerais por meio do processo lógico que, de experiências singulares, faz o pensamento transcender à intemporalidade do universal. Estas ficam, desde então, aptas para demonstrar e, portanto, para constranger o espírito e aceitar as suas conclusões. Muito mais o ficam, se assim se pode dizer, as ciências matemáticas, pois elas manejam seres de razão cuja natureza essencial lhes permite desenvolver relações lógicas dotadas de necessidade aprioristicamente inexorável.

A história, ao contrário, mostra que em cada caso os acontecimentos ocorreram de certa maneira particular, mas lhe falecem condições para demonstrar que assim teria de ocorrer necessariamente.

As ciências naturais e, muito mais ainda, as ciências matemáticas demonstram e forçam o espírito a aceitar o resultado de suas conclusões. A história verifica existências sem poder estender suas verdades, conforme necessidades lógicas, a outros acontecimentos passados, presentes ou futuros. Seus acontecimentos jamais podem subtrair-se a referências temporais, não havendo possibilidade de existirem sem, de alguma forma, possuírem suas datas: eles não ocorrem *sub specie aeternitatis*.

9. Conclusão

Para terminar, a história não pode transcender do tempo – está presa irrecusavelmente a seu fluxo irreversível. Para tentar libertar-se dele é preciso buscar na filosofia e na teologia o seu significado transhistórico. Noutras palavras, o aprofundamento do estudo dos fatos históricos, numa possível ordenação totalizadora, numa abrangente compreensão de seu significado último, faz apelo a uma explicação superadora do tempo, a uma explicação no plano do inteligível e do transcendente. A verdade mais elevada da história postula, assim, uma explicação transhistórica da própria história.

Jenner Barreto Bastos