

Referência bibliográfica: MARTINS, Roberto de Andrade. A fundamentação histórica da lei da inércia: um exemplo de conflito entre educadores e historiadores da ciência no uso da história da ciência no ensino de física. Pp. 143-159, *in*: CAMARGO, Sérgio *et al.* (orgs.). *Controvérsias na pesquisa em ensino de física*. São Paulo: Livraria da Física, 2014. (ISBN 978-85-7861-293-1)

A FUNDAMENTAÇÃO HISTÓRICA DA LEI DA INÉRCIA: UM EXEMPLO DE CONFLITO ENTRE EDUCADORES E HISTORIADORES DA CIÊNCIA NO USO DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE FÍSICA

THE HISTORICAL FOUNDATIONS OF THE LAW OF INERTIA: AN EXAMPLE OF CONFLICT BETWEEN EDUCATORS AND HISTORIANS OF SCIENCE IN THE USE OF HISTORY OF SCIENCE IN SCIENCE TEACHING

Roberto de Andrade Martins¹

¹ Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) / Departamento de Física,
roberto.andrade.martins@gmail.com

Resumo

Existe uma inegável tensão entre historiadores da ciência e educadores que procuram utilizar história da ciência no ensino. Embora raramente eles se recriminem em publicações, há críticas mútuas veladas e pouca colaboração. Considerando as diferenças mais extremas, a tensão parece se originar principalmente no seguinte ponto: educadores recriminam os historiadores da ciência porque seus trabalhos são tão detalhistas e complexos que parecem impossíveis de serem aplicados ao ensino; historiadores da ciência criticam os trabalhos produzidos pelos educadores por apresentarem uma história da ciência simplificada e *whig*, distorcendo aspectos importantes da natureza da ciência. Recentemente, Ricardo Lopes Coelho (2007) publicou um artigo sobre a lei da inércia, analisando aspectos históricos e epistemológicos dessa lei e defendendo ser impossível testar experimentalmente esse princípio. Calvin Kalman (2009) criticou o trabalho de Coelho, argumentando que “Na verdade, a lei tem suporte experimental. Galileo, que descobriu a lei, dedicou-se bastante a demonstrar esse suporte.” Kalman afirma que a lei da inércia é abstraída dos experimentos de Galileo com planos inclinados, para movimento sobre um plano horizontal sem atrito. Neste exemplo específico, a versão histórica de Kalman é simples e fácil de apresentar sob o ponto de vista educacional; porém é quase totalmente equivocada, sob os pontos de vista histórico e epistemológico. Educadores que utilizam uma má historiografia da ciência para apresentar um produto palatável aos estudantes fazem um desserviço à educação. Por outro lado, a historiografia da ciência desenvolvida por historiadores experientes é bastante confiável, mas inadequada para uso educacional direto. Ela precisa ser transposta para o ambiente educacional – e um

historiador da ciência pode não ter a habilidade adequada para isso. Um pesquisador em educação poderá fazer essa adaptação ou transposição desde que tome determinados cuidados, evitando distorções grosseiras, conforme alertado por Thaís Forato (2009).

Palavras-chave: história da física; ensino de física; lei da inércia; Galileo Galilei; transposição didática

Abstract

There is an undeniable tension between historians of science and educators who use history of science in science teaching. Although they seldom criticize one another in publications, there are mutual veiled criticism and scarce collaboration. Regarding the most extreme differences, this tension seemingly originates from the following issue: educators reproach historians of science because their works are so complex and full of details that it seems impossible to apply them to teaching; historians of science condemn works produced by educators because they present a simplified and Whig history of science, twisting important characteristics of the nature of science. Recently, Ricardo Lopes Coelho (2007) published a paper on the law of inertia, analysing historical and epistemological features of this law and claiming the impossibility of providing an experimental test of this principle. Calvin Kalman (2009) criticized Coelho's work, arguing that "Actually the law has experimental support. Galileo, who discovered the law went to some length to demonstrate this support". Kalman states that the law of inertia is abstracted from Galileo's experiments with inclined planes, in the case of motion on a frictionless horizontal plane. On this specific part, Kalman's historical account is simple and easy to present from the educational point of view. However, it is almost completely mistaken from the historical and epistemological points of view. Educators who employ a deficient historiography of science to present to students a pleasant product provide a flawed contribution to education. On the other hand, although the historiography of science produced by expert historians is quite trustworthy, it is inadequate for direct educational use. It must be transposed to the educational setting – and a historian of science may be unable to do that. An educational researcher may provide this adaptation or transposition provided he or she takes into account special caution, avoiding crude distortions, as recommended by Thaís Forato (2009).

Keywords: history of physics; physics teaching; law of inertia; Galileo Galilei; didactic transposition

Introdução

Tanto os historiadores da ciência quanto os pesquisadores em educação valorizam a utilização da história e da filosofia da ciência no ensino, mas existe uma inegável tensão entre eles. Raramente os dois grupos se criticam formalmente (em publicações), mas ocorrem discretos enfrentamentos, críticas mútuas veladas e pouca colaboração. Muitas vezes, os dois grupos se ignoram mutuamente, em vez de colaborar um com o outro.

Neste trabalho procuro fazer um rápido diagnóstico do problema e explorar com mais detalhes um exemplo específico: as críticas de Calvin Kalman a um trabalho de Ricardo Lopes Coelho sobre a história e filosofia da lei da inércia.

Ao final, apresento uma proposta de conciliação e colaboração entre historiadores e pesquisadores em educação, mostrando como suas competências específicas podem se complementar para a produção de material educacional utilizando a história das ciências.

O conflito

Existem muitas diferenças entre as abordagens dos historiadores da ciência e dos pesquisadores em educação ao estudarem a história da ciência ou tentarem aplicá-la na educação. Essas diferenças geram conflitos e tensões. Vamos apresentar abaixo alguns desses contrastes mais marcantes, fazendo a ressalva de que se procura aqui mostrar os focos de tensão, e não os pontos de contato e de entendimento. É importante também deixar claro que estamos aqui confrontando as posições de dois tipos de pesquisadores, os historiadores da ciência e os pesquisadores em educação – e não os professores que atuam diretamente em sala de aula e que, geralmente, não têm condições de se dedicar à pesquisa educacional.

Muitos educadores se sentem desconfortáveis com os trabalhos produzidos pelos historiadores da ciência porque estes são tão detalhistas e complexos que parecem impossíveis de serem aplicados ao ensino. Sem dúvida, é correto afirmar que os melhores trabalhos dos historiadores da ciência são extremamente detalhados e extensos. Citemos alguns exemplos bem conhecidos. O livro de Abdelhamid Sabra (1967) sobre história da óptica de Descartes a Newton dedica 363 páginas para descrever as teorias da luz no século XVII. René Dugas (1954) consagra 620 páginas para apresentar o histórico da mecânica no mesmo século. John Heilbron (1979) apresenta a história da eletrostática nos séculos XVII e XVIII em 606 páginas; e um dos episódios discutidos por Heilbron, a controvérsia entre Galvani e Volta sobre a eletricidade animal, é analisado mais detalhadamente em 203 páginas no magistral livro de Marcello Pera (1992) sobre esse tema.

As exigências de leitura e de pesquisa dos historiadores da ciência são incompatíveis com o tempo que os educadores podem utilizar em seu estudo. Os historiadores da ciência parecem exagerados, em sua ambição de estudar detalhadamente cada episódio histórico, tornando tudo complicado demais. E os textos que produzem, embora possam ser muito úteis para outros historiadores da ciência, não podem ser utilizados por educadores em sala de aula, e raramente serão estudados também por pesquisadores em educação, de forma detalhada.

Por outro lado, os historiadores da ciência criticam os trabalhos produzidos por pesquisadores em educação que não possuem uma formação historiográfica adequada, porque estes apresentam uma história da ciência linear, simplificada e triunfalista (*whig*), ocultando a complexidade histórica e distorcendo aspectos importantes da natureza da ciência. É claro que não são apenas os educadores que cometem equívocos e distorções quando tentam escrever sobre a história da ciência: qualquer pessoa sem um treino adequado incorrerá em erros graves quando tentar escrever sobre algo que só conhece superficialmente (Martins, 2001).

Herbert Butterfield (1931) apresentou de forma contundente os defeitos de uma historiografia *whig*, que procura apresentar a história como uma seqüência linear de sucessos, até chegar à situação atual (Prestes, 2010). Esta é a abordagem geralmente utilizada por pessoas sem treino histórico, ao tentarem compreender a história da ciência. A realidade histórica é muito mais complexa e rica, embora seja difícil (ou impossível) apresentar toda sua complexidade (Martins, 2010). Apesar da dificuldade de ser fiel à história, é inaceitável adotar uma visão completamente distorcida e *whig* do desenvolvimento científico, como a que aparece nas obras de divulgação sobre história da ciência e em muitos trabalhos produzidos por educadores.

Os problemas que os historiadores da ciência percebem nos trabalhos de muitos pesquisadores em educação incluem, também, falta de treino epistemológico. Como Norwood Hanson comentou há várias décadas, a história da ciência sem filosofia da ciência é cega, assim como a filosofia da ciência sem a história da ciência é vazia (Hanson, 1962, p. 580). A falta de treino adequado em filosofia da ciência leva muitas pessoas a adotarem um ponto de vista empirista completamente ultrapassado e a interpretarem a história da ciência de forma simplista – por exemplo, como se fosse possível *provar* uma teoria científica por meio de observações e experimentos (o que é um absurdo, sob o ponto de vista epistemológico).

Um exemplo: dois trabalhos sobre a lei da inércia

Vejamos um exemplo específico de conflito entre pesquisadores das duas áreas, para analisar de modo concreto as divergências de abordagem.

Ricardo Lopes Coelho publicou um artigo a respeito da lei da inércia, analisando alguns aspectos históricos e epistemológicos dessa lei e defendendo que é impossível testar (“provar”) experimentalmente esse princípio (Coelho, 2007).

Calvin Kalman criticou o trabalho de Coelho, argumentando que a lei da inércia tem, sim, um suporte experimental, que foi proporcionado por Galileo – o qual, segundo Kalman, foi quem descobriu essa lei (Kalman, 2009a). Ricardo Coelho não replicou ao artigo de Calvin Kalman, o que pode ter levado muitos leitores a pensarem que as críticas deste estavam corretas.

Os dois trabalhos foram publicados na mesma revista (*Science & Education*), que é dedicada ao uso de história, filosofia e sociologia da ciência na educação científica. Os árbitros desse periódico são tanto historiadores e filósofos da ciência quanto educadores interessados nesse tipo de aplicação.

Quem são os dois autores?

A área de pesquisas de Ricardo Lopes Coelho é História e Filosofia da Física¹. Possui duas graduações: em Filosofia, pela Faculdade de Filosofia de Braga; e em Física, pela Faculdade de Ciências de Lisboa. Fez o mestrado em Filosofia Contemporânea na Universidade Nova de Lisboa e doutorou-se na Universidade Técnica de Berlim, em 1994, com uma tese sobre a mecânica de

¹ As informações biográficas sobre Ricardo Lopes Coelho apresentadas neste artigo foram obtidas a partir da Internet, através das páginas: <http://hfc.fc.ul.pt/recursos_humanos/ricardo.htm> e <<http://www.officialis.org/membros/ricardo-lobes-coelho>>, acessadas em 05/06/2012.

Hertz. Em 1999 fez a Habilitação em História e Filosofia das Ciências Exactas na mesma Universidade. É desde 1997 professor auxiliar da Faculdade de Ciências de Lisboa, sendo desde 2005 membro da Secção de História e Filosofia da Ciência do Instituto de Investigação Científica Bento da Rocha Cabral e membro do Centro de Estudos em História e Filosofia da Ciência desde 2007 (sendo, atualmente, seu Diretor). É coordenador nacional do projeto europeu “History and Philosophy of Science in Science Teaching”, iniciado em 2008. Publicou vários artigos na revista *Science & Education*, o que também mostra seu envolvimento efetivo com o uso de história e filosofia da física na educação.

Calvin S. Kalman² fez doutorado em física de altas energias pela Universidade de Rochester. É professor do Departamento de Física da Concordia University, Canadá, desde 1968, tendo se tornado professor titular em 1984. Foi chefe desse Departamento entre 1983 e 1989, sendo atualmente diretor do Concordia's Science College. Em 1992 publicou o livro *Preons: models of leptons, quarks and gauge bosons as composite particles*. Desde 1990 ele tem se envolvido com pesquisas sobre ensino de física, tendo publicado dois livros sobre o assunto em 2006 e 2008. Recebeu um prêmio de "Excelência em Ensino" do conselho de estudantes de sua universidade em 1998, uma medalha por Excelência em Ensino de Física da *Canadian Association of Physicists* em 1999 e um prêmio da Faculdade de Artes e Ciências por suas realizações em ensino, em 2009. Tem orientado trabalhos sobre ensino de física, sendo atualmente o coordenador de um projeto internacional intitulado “Personal epistemologies as barriers and facilitators to learning by science and engineering undergraduate students”. Um de seus trabalhos recentes, publicado na revista *Science & Education*, é intitulado “The need to emphasize epistemology in teaching and research” (Kalman, 2009b), onde aborda aspectos sobre epistemologia e a natureza da ciência no ensino.

No presente trabalho, vamos considerar Calvin Kalman como um exemplo de um pesquisador em educação que não tem formação específica em história e filosofia da ciência (mas usa história e filosofia da ciência), e Ricardo Lopes Coelho como um historiador e filósofo da ciência que também atua na área de educação (embora não tenha formação em educação)³.

A lei da inércia, segundo Ricardo Coelho

No seu artigo, Ricardo Coelho analisou o *status* da lei da inércia, discutindo desde a visão de Newton até a de autores do século XX sobre o assunto (Coelho, 2007). Ele mostrou que nenhum dos autores analisados propôs qualquer “prova” experimental da lei da inércia. Mostrou também que muitos deles afirmam que é impossível testar experimentalmente a lei da inércia, pois ela descreve uma situação inexistente (um corpo que não está submetido a nenhuma ação externa). Seu trabalho é claro e bem documentado.

² As informações biográficas sobre Calvin S. Kalman apresentadas aqui foram obtidas através das seguintes páginas: <<http://physics.concordia.ca/facultyandresearch/bios/ckalman.php>> e <<http://provost.concordia.ca/provost-and-team/provosts-circle-of-distinction/2010/>>, acessadas em 05/06/2012.

³ Calvin Kalman não tem, também, formação em educação; mas isso é irrelevante, para a presente análise. Estou comparando duas pessoas que se dedicam ao uso de história e filosofia da ciência no ensino e que publicam trabalhos sobre o assunto – uma delas tendo formação na área de história e filosofia da ciência, a outra não.

Embora Coelho não analise especificamente a obra de Newton, é relevante mencionar como este apresentou a sua primeira lei do movimento nos *Principia*, em 1687: “Lei 1. Todo corpo persevera em seu estado de repouso ou de movimento uniforme em uma direção, a menos que seja compelido a mudar seu estado por uma força impressa” (Newton, 1687, p. 12).

Para fornecer exemplos da primeira lei de Newton, é necessário mostrar objetos que não estão submetidos a nenhuma força impressa e que permanecem em repouso ou se movem em linha reta com velocidade constante. Que tipo de exemplos Newton poderia ter pensado? Logo depois do enunciado da lei, ele comentou:

Os projéteis perseveram em seus movimentos, enquanto não são retardados pela resistência do ar, ou impelidos para baixo pela força da gravidade. Um pião, cujas partes, pela coesão, são perpetuamente desviadas dos movimentos retilíneos, não cessa de rodar a não ser quando retardado pelo ar. Os grandes corpos dos planetas e cometas conservam seus movimentos progressivo e circular por muito mais tempo por se moverem em espaços com menor resistência. (Newton, 1687, p. 12)

Seria algum desses exemplos uma *demonstração* ou *confirmação* da lei da inércia? Projéteis, piões, planetas e cometas não são exemplos de situações descritas pela primeira lei de Newton. Nenhum deles mostra um corpo livre de forças impressas que se move em linha reta com velocidade constante. Portanto, não são exemplos da lei da inércia. Curiosamente, os três exemplos que ele utilizou são muito semelhantes aos que foram empregados por Jean Buridan, na época medieval, para justificar a ideia do *impetus*: o movimento de projéteis, a rotação de uma roda de moinho e o movimento dos orbes celestes (Franklin, 1976, pp. 538-539; Clagett, 1959, pp. 532-538).

Na verdade, Newton não se preocupou em tentar apresentar qualquer fundamentação experimental ou observacional da lei da inércia. Note-se que ele descreveu suas três leis do movimento como “axiomas”. Isso quer dizer que ele considerava que essas leis não deveriam ser provadas e sim utilizadas como suposições não demonstradas para provar outras proposições.

Ricardo Coelho comentou que as situações nas quais se tenta, hoje em dia, mostrar exemplos da lei de inércia são casos em que *a resultante das forças que age sobre o corpo é considerada nula*. Isso é diferente de uma situação em que *não existem forças agindo sobre o corpo*. E só se conclui que a resultante é nula... porque o movimento obedece à lei da inércia.

Segundo Ricardo Coelho, a lei da inércia “não pode ser corroborada nem falsificada por nenhum experimento [...]”. “Se não podemos fazer qualquer experimento relativo a essa lei, não podemos saber se ela é correta” (Coelho, 2007, p. 965). O autor concluiu que a lei da inércia tem a função de uma *definição* daquilo que é considerado o “movimento de referência” da mecânica newtoniana. Movimentos (ou repouso) que obedecem a essa lei não precisam de explicação; os que não obedecem precisam de explicação (através de forças).

Galileo e a lei da inércia, segundo Calvin Kalman

Em um artigo publicado dois anos depois (2009), Calvin S. Kalman criticou o trabalho de Ricardo Coelho, afirmando:

Na verdade, a lei tem suporte experimental. Galileo, que descobriu a lei, dedicou-se bastante a demonstrar esse suporte. Estranhamente, Lopes Coelho não menciona Galileo em seu artigo. [...] Todo o modo pelo qual Galileo descobriu a Lei da Inércia

é realmente um excelente exemplo sobre a Natureza da Ciência. (Kalman, 2009a, p. 25)

Ricardo Coelho, de fato, não discutiu a contribuição de Galileo, Descartes ou dos autores medievais para o desenvolvimento da lei da inércia. Em vez de se preocupar com a gênese dessa lei, estava mais interessado nos autores que, a partir de Newton, discutiram sua fundamentação.

De acordo com Calvin Kalman, Galileo apresentou e fundamentou a lei da inércia analisando o movimento de um corpo em planos inclinados (Kalman, 2009a, p. 28). Primeiramente, Kalman apresentou uma citação do livro de 1638, “Discursos e demonstrações matemáticas sobre duas novas ciências”, que conteria a descrição de Galileo o princípio de inércia:

Imagine qualquer partícula projetada em um plano horizontal sem atrito; então sabemos, a partir do que foi exposto de forma mais completa nestas páginas, que esta partícula se moverá nesse plano com um movimento que é uniforme e perpétuo, desde que o plano não tenha limites. (Galileo, *apud* Kalman, 2009a, p. 28)

Em seguida, Kalman comentou:

O ponto importante, no que se refere à ciência moderna, é que não apenas Galileo chegou a seu resultado comparando teoria com teoria, mas que Galileo gastou um esforço considerável em experimentos com planos inclinados para proporcionar a base experimental para este princípio:

Galileo (1630/1967, p. 145)⁴ considera o movimento sobre “uma superfície plana tão lisa quanto o vidro e feita de algum material duro como aço”. Se você considerar o movimento de um corpo pesado em dois planos como esse, um inclinado para baixo e um inclinado para cima, Galileo (1630/1967, p. 147), “No plano inclinado para baixo, o corpo pesado que se move desce espontaneamente e se acelera continuamente, e para mantê-lo em repouso exige-se força. No inclinado para cima, é necessário aplicar força para mantê-lo parado, e o movimento impresso nele diminui continuamente até que é completamente aniquilado”. Se então você considera “o mesmo móvel colocado sobre uma superfície sem inclinação para cima ou para baixo”, a bola continuará a se mover com velocidade que não diminui. (Kalman, 2009a, p. 28)

Note-se que Galileo não gastou “um esforço considerável em experimentos com planos inclinados” para chegar à conclusão descrita por Kalman. Trata-se de experimentos imaginários, em condições ideais. Sabemos que Galileo fez experimentos reais com planos inclinados para analisar a aceleração de bolinhas, mas neste caso se trata de “experimentos imaginários” sobre o plano inclinado.

É claro que se pode realizar um experimento real associado a esse raciocínio. Consideremos uma bolinha que desce um plano inclinado a partir do repouso e depois sobe outro plano inclinado; ela chega *quase* à mesma altura de onde partiu, se o atrito for pequeno. Isso é tudo o que o experimento pode mostrar. Mas Galileo vai além daquilo que se pode observar. Se não houvesse atrito, chegaria exatamente à mesma altura (“experimento imaginário”). Mesmo se o segundo plano for menos inclinado, a bolinha tende a chegar à mesma altura (“experimento imaginário”). Se não houvesse atrito e se o segundo plano for horizontal, a bolinha nunca poderá chegar à mesma altura anterior e continuará a se mover sempre, com velocidade constante.

⁴ Aqui, Kalman se referiu ao livro “Diálogo sobre os dois principais sistemas do mundo”, de Galileo, na tradução de Stillman Drake. A notação (1630/1967) indica a data do original e a data da tradução. No entanto, o livro de Galileo não é de 1630 e sim de 1632, como todos sabem.

As ideias de Galileo

Vamos analisar com mais atenção essa argumentação. Em sua obra, Galileo comentou:

Além disso, notemos que qualquer grau de velocidade fornecido a um móvel será impresso indelevelmente em sua natureza, desde que sejam removidas as causas externas de aceleração ou retardamento, o que só acontece no plano horizontal; pois em planos descendentes há uma causa de aceleração, nos ascendentes de retardamento. Daí segue-se que o movimento na horizontal é eterno; pois se é uniforme, não é diminuído nem retardado, e muito menos destruído. (Galileo, 1898, p. 243; Galilei, 1914, p. 215)

Podemos considerar que, através desse experimento imaginário, Galileo apresentou e provou a lei da inércia? Como muitos físicos e educadores, Calvin Kalman acreditou que Galileo havia exposto e fundamentado experimentalmente a lei da inércia. Mas ele estava equivocado.

Para verificar o que Galileo realmente pensava, vejamos um outro trecho da mesma obra já mencionada:

[..] na horizontal, [...] o móvel se encontra indiferente ao movimento e ao repouso, e não tem por si mesmo nenhuma inclinação para mover-se para lado nenhum, nem qualquer resistência a ser movido; [...] portanto sobre a horizontal, que aqui se entende como uma superfície igualmente distante do mesmo centro e, portanto, privada de inclinação, o ímpeto ou momento do dito móvel será nulo. (Galilei, 1898, p. 215; Galilei, 1914, p. 181)

Note-se que, embora na primeira citação Galileo se refira a um *plano* horizontal, nessa segunda ele está claramente descrevendo uma superfície *curva*, eqüidistante do centro da Terra: “a horizontal, que aqui se entende como uma superfície igualmente distante do mesmo centro”. Muitos historiadores da ciência, desde Alexandre Koyré, ao analisarem a obra de Galileo, perceberam que este *jamais apresentou a lei da inércia* no sentido em que entendemos essa lei. Como veremos mais adiante, ele utilizou, algumas vezes, o conceito medieval de *ímpeto*; e outras vezes utilizou um princípio de *inércia circular*, que não aceitamos.

Para que não haja dúvidas, apresentamos abaixo uma citação de uma obra publicada por Galileo em 1613, na qual esse raciocínio já aparecia, com um significado muito claro:

Porém me parece observar que os corpos naturais têm uma tendência natural a algum movimento, como os graves para baixo, movimento este que vem de um princípio intrínseco a eles, e sem necessidade de atividade de algum motor externo particular, desde que não sejam impedidos por algum obstáculo. Possuem repugnância a qualquer outro movimento, assim como os mesmos graves ao movimento para cima, e jamais se moveriam desse modo, se não lançados violentamente por um motor externo. Finalmente, encontram-se indiferentes a alguns movimentos, como o movimento horizontal para os mesmos graves, ao qual não possuem inclinação, pois ele não vai para o centro da Terra, nem repugnância, não se afastando do mesmo centro, e se forem removidos todos os impedimentos externos, um grave na superfície esférica e concêntrica da Terra será indiferente ao repouso e aos movimentos para qualquer direção do horizonte; e se conservará no estado em que tenha sido colocado, isto é, se tiver sido colocado em estado de repouso, ele o conservará, e se tiver sido colocado em movimento para o ocidente, por exemplo, continuará no mesmo. E assim um navio, por exemplo, uma vez que tenha recebido algum ímpeto, no mar tranqüilo, mover-se-ia continuamente em torno do nosso globo sem cessar jamais, e colocado em repouso, ficaria parado perpetuamente, se no primeiro caso pudessem ser removidos todos os impedimentos extrínsecos, e no segundo nenhuma causa motriz externa que atuasse sobre ele. (Galilei, 1613, pp. 50-51)

É muito curioso que Kalman estava ciente dos trabalhos de Koyré, Finocchiaro e Westfall que enfatizaram que a “inércia circular” de Galileo não deveria ser confundida com a lei da inércia de Newton (Kalman, 2009a, p. 28); mas Kalman afirmou (incorretamente) que, no caso do experimento dos planos, Galileo estava discutindo o princípio da inércia linear de Newton (*ibidem*).

Há mais de meio século, graças a Alexandre Koyré e outros historiadores da ciência, sabemos que Galileo não pensava como nós, nem como Newton⁵. Foi Descartes, e não Galileo, quem apresentou de forma muito clara aquilo que chamamos de “lei da inércia” (Martins, 2012). Ao contrário do que se costuma acreditar, Galileo ainda aceitava as categorias aristotélicas de “movimento natural” e “movimento violento”, e a dicotomia entre movimento retilíneo e movimento circular. Ele afirmava que apenas o movimento circular é natural, perpétuo e perfeito (Westfall, 1972, p. 187; Martins, 1998; Franklin, 1976, pp. 540-542).

Em alguns pontos de suas obras, Galileo parece adotar uma ideia semelhante à de Newton; mas, ao descrever o movimento de projéteis, ele utilizou apenas o conceito medieval de *impetus* (Westfall, 1972, p. 185; Franklin, 1976, pp. 536, 538, 540). Segundo Pierre Duhem, “o papel desempenhado pelo *impetus* na dinâmica de Buridan é exatamente aquele que Galileo atribuiu ao *impeto* ou *momento*” (Duhem, 1990, p. 194)⁶.

Na maioria dos casos, Galileo apenas afirmou uma tendência dos corpos de continuarem um movimento circular, em vez de um movimento retilíneo (Cohen, 1964, p. 133; Dutton, 1999, p. 54). Por isso, muitos autores lhe atribuem aquilo que se costuma chamar de “inércia circular” (Koyré, 1965, pp. 67-68; Koyré, 1966, 205-290; Dijksterhuis, 1986, pp. 347-352; Franklin 1976, pp. 58-62, 84-87; Shea, 1972, pp. 116-138; Shapere, 1974, pp. 87-121; Feyerabend, 1993, capítulo 7, pp. 65-76, especialmente pp. 73-76). Há alguns poucos historiadores que negam essa interpretação, como Stillman Drake – mas acredito que ele estava equivocado.

O que fazer?

Suponhamos que queremos utilizar a história da física para apresentar a lei da inércia aos estudantes. Que abordagem deveria ser utilizada?

A versão histórica de Kalman sobre como Galileo descobriu e provou a lei da inércia através de experimentos com planos inclinados nos quais “gastou um esforço considerável” é simples e fácil de apresentar sob o ponto de vista educacional. Muitos professores ficariam felizes em mostrar como Galileo descobriu e provou a lei da inércia... porém, essa versão é quase totalmente equivocada, tanto sob o ponto de vista histórico quanto epistemológico.

A análise histórica e epistemológica de Ricardo Coelho é bastante profunda e correta... Mas será que queremos ensinar aos nossos estudantes que a lei da inércia é apenas uma convenção ou definição do movimento de referência da física

⁵ O pensamento de Newton era extremamente complexo, e também diferente das versões didáticas atuais (Martins, 2013).

⁶ Stillman Drake (que sempre procurou “modernizar” Galileo) tentou mostrar que as ideias de Galileo era diferentes do *impetus* medieval, mas seus argumentos foram refutados por Allan Franklin (Drake, 1975; Franklin, 1977).

newtoniana? Será possível ensinar isso a estudantes do ensino médio, ou dos primeiros anos da universidade?

Educadores que utilizam uma má historiografia da ciência (pseudo-história) para apresentar um produto simples, agradável e palatável aos estudantes fazem um desserviço à educação. Não apenas descrevem uma história falsa, mas também – e esse é o problema principal – transmitem uma visão equivocada sobre a natureza da ciência.

Por outro lado, a historiografia da ciência desenvolvida por historiadores experientes pode ser considerada bastante confiável e transmite uma visão adequada sobre a natureza da ciência. No entanto, ela não é adequada para uso educacional direto, pois é complexa, sofisticada, exigindo o conhecimento detalhado da história e uma discussão epistemológica para a qual os professores e os estudantes não estão preparados.

Há bons motivos para que os historiadores da ciência fiquem horrorizados com certos trabalhos de pesquisadores em educação, e vice-versa. A dificuldade de aplicar a história da ciência no ensino é quase desesperadora...

Mas existe uma solução, que depende da colaboração entre historiadores e pesquisadores em educação. A história da ciência desenvolvida pelos historiadores precisa ser adaptada ou transposta para o ambiente educacional – e um historiador da ciência pode não ter a habilidade adequada para isso. Por outro lado, o pesquisador em educação tem um conhecimento que pode permitir uma adaptação do resultado da pesquisa histórica à educação.

O trabalho de pesquisa histórica, com toda profundidade e sofisticação profissional, cabe ao historiador, não ao pesquisador em educação. Por outro lado, a transposição de bons trabalhos de história da ciência para seu uso em situações de ensino/aprendizagem cabe ao pesquisador em educação, e não ao historiador da ciência – nem ao professor que atua apenas na sala de aula.

Porém, essa tarefa não é simples, exigindo que o pesquisador em educação que queira utilizar história e filosofia da ciência (pois ambos são indissociáveis) tenha uma formação nessas áreas. Entre outras coisas, o educador precisa saber como escolher obras historiográficas confiáveis⁷, e compreendê-las, para poder adaptá-las ao ensino. Em alguns casos, os próprios historiadores da ciência apresentam interpretações muito diferentes do mesmo episódio histórico⁸, sendo necessário uma formação historiográfica adequada para não escolher uma visão ultrapassada ou ingênua. Sob esse aspecto, um historiador da ciência experiente pode auxiliar o pesquisador em educação.

Além disso, para fazer uma transposição adequada da história da ciência para o âmbito educacional, o educador precisa tomar uma série de cuidados, evitando distorções grosseiras, conforme alertado por Thaís Forato (2009), que estudou muitos obstáculos a serem superados nessa adaptação didática.

⁷ Essa questão é discutida em um trabalho de Lilian Martins (2005).

⁸ Em especial, a respeito de Galileo, há enfoques totalmente diversos, que levaram Paolo Rossi a escrever um ensaio sobre sete interpretações diferentes a respeito desse personagem: "Ci sono molti Galilei?" (Rossi, 1999).

Referências

- BUTTERFIELD, Herbert. *The whig interpretation of history*. London: G. Bell, 1931.
- CLAGETT, Marshall. *The science of mechanics in the Middle Ages*. Madison: University of Wisconsin Press, 1959.
- COHEN, Isaac Bernard. 'Quantum in se est': Newton's concept of inertia in relation to Descartes and Lucretius. *Notes and Records of the Royal Society of London*, **19**: 131-155, 1964.
- COELHO, Ricardo Lopes. The law of inertia: how understanding its history can improve physics teaching. *Science & Education*, **16**: 955-974, 2007.
- DIJKSTERHUIS, Eduard Jan. *The mechanization of the world picture*. Princeton: Princeton University Press, 1986.
- DRAKE, Stillman. Impetus theory reappraised. *Journal of the History of Ideas*, **36**: 27-46, 1975.
- DUGAS, René. *La mécanique au XVIIe siècle. Des antécédents scolastiques à la pensée classique*. Neuchatel: Editions du Griffon, 1954.
- DUHEM, Pierre. Research on the history of physical theories. *Synthese*, **83**: 189-200, 1990.
- DUTTON, Blake D. Physics and metaphysics in Descartes and Galileo. *Journal of the History of Philosophy*, **37**: 49-71, 1999.
- FEYERABEND, Paul. *Against method*. 3rd edition. London: Verso, 1993.
- FORATO, Thaís Cyrino de Mello. *A natureza da ciência como saber escolar: um estudo de caso a partir da história da luz*. Tese. (Doutorado em Educação). São Paulo: FEUSP, 2009.
- FRANKLIN, Allan. Principle of inertia in the Middle Ages. *American Journal of Physics*, **44**: 529-545, 1976.
- FRANKLIN, Allan. Stillman Drake's "impetus theory reappraised". *Journal of the History of Ideas*, **38**: 307-315, 1977.
- GALILEI, Galileo. *Istoria e dimostrazioni intorno alle macchie solari e loro accidenti*. Roma: Giacomo Mascardi, 1613.
- GALILEI, Galileo. *Discorsi e dimostrazione matematiche intorno a due nuove scienze*. Vol. 8, in: *Le opere di Galileo Galilei*. Edizione nazionale. Ed. Antonio Favaro. Firenze: G. Barbera, 1898.
- GALILEI, Galileo. *Dialogues concerning two new sciences*. Trad. Henry Crew, Alfonso de Salvio. New York: Dover, 1914.
- HANSON, Norwood Russell. The irrelevance of history of science to philosophy of science. *The Journal of Philosophy*, **59**: 574-586, 1962.
- HEILBRON, John L. *Electricity in the 17th and 18th centuries: a study of early modern physics*. Berkeley: University of California Press, 1979.
- KALMAN, Calvin S. A role for experiment in using the law of inertia to explain the nature of science: a comment on Lopes Coelho. *Science & Education*, **18**: 25-31, 2009. (a)

- KALMAN, Calvin S. The need to emphasize epistemology in teaching and research: use of reflective writing. *Science & Education*, **18**: 325-348, 2009. (b)
- KOYRE, Alexandre. *Études galiléennes*. Paris: Hermann, 1966.
- KOYRÉ, Alexandre. *Newtonian studies*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1965.
- MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira. História da ciência, objetos, métodos e problemas. *Ciência & Educação* **11** (2): 305-317, 2005.
- MARTINS, Roberto de Andrade. Natural or violent motion? Galileo's conjectures on the fall of heavy bodies *Dialoghi – Rivista di Studi Italic* **2** (1/2): 45-67, 1998.
- MARTINS, Roberto de Andrade. Como não escrever sobre história da física – um manifesto historiográfico. *Revista Brasileira de Ensino de Física* **23** (1): 113-129, 2001.
- MARTINS, Roberto de Andrade. Seria possível uma história da ciência totalmente neutra, sem qualquer aspecto whig? *Boletim de História e Filosofia da Biologia* **4** (3): 4-7, set. 2010. Versão online disponível em: <<http://www.abfhib.org/Boletim/Boletim-HFB-04-n3-Set-2010.pdf>>. Acesso em 01/12/2010.
- MARTINS, Roberto de Andrade. Estado de repouso e estado de movimento: uma revolução conceitual de Descartes. Pp. 291-308, in: PEDUZZI, Luiz; MARTINS, André Ferrer; FERREIRA, Juliana (eds.). *Temas de história e filosofia da ciência no ensino*. Natal: Editora da UFRN, 2012.
- MARTINS, Roberto de Andrade. The law of inertia and *vis insita*: Newton and his sources. In: SILVA, Cibelle Celestino; PRESTES, Maria Elice Brzezinski (eds.). *Learning science and about science through history and philosophy*. Campina Grande; São Paulo: Editora da UEPB; Livraria da Física, 2013.
- NEWTON, Isaac. *Philosophiae naturalis principia mathematica*. London: Joseph Streater, 1687.
- PERA, Marcello. *The ambiguous frog: the Galvani-Volta controversy on animal electricity*. Princeton: Princeton University Press, 1992.
- PRESTES, Maria Elice Brzezinski. O whiggismo proposto por Herbert Butterfield. *Boletim de História e Filosofia da Biologia* **4** (3): 2-4, set. 2010. Versão online disponível em: <<http://www.abfhib.org/Boletim/Boletim-HFB-04-n3-Set-2010.pdf>>. Acesso em 01/12/2010.
- ROSSI, Paolo. *Un altro presente: saggi sulla storia della filosofia*. Bologna: Il Mulino, 1999.⁹
- SABRA, Abdelhamid I. *Theories of light from Descartes to Newton*. London: Oldbourne, 1967.
- SHAPER, Dudley. *Galileo: a philosophical study*. Chicago: University of Chicago Press, 1974.

⁹ Um extrato do capítulo "Ci sono molti Galilei?" pode ser consultado na Internet: ROSSI, Paolo. "Sette Galilei? Meglio di uno". *Il Sole 24 Ore*. 21 novembre 1999. Disponível no seguinte endereço: <<http://lgxserver.uniba.it/lei/rassegna/991121a.htm>>. Acesso em 07/06/2006.

SHEA, William R. *Galileo's intellectual revolution*. New York: Science History Publications, 1972.

WESTFALL, Richard S. Circular motion in seventeenth-century mechanics. *Isis*, **63**: 184-189, 1972.