

Desenvolvimento em Ensino de Física

História da ciência na sala de aula: Uma sequência didática sobre o conceito de inércia (*History of science in the classroom: A teaching sequence about the concept of inertia*)

Midiã M. Monteiro¹, André Ferrer P. Martins²

¹*Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática,
Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil*

²*Centro de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil*

Recebido em 6/4/2015; Aceito em 20/6/2015; Publicado em 12/12/2015

A defesa da utilização da história e a da filosofia da ciência no ensino é marcante nas pesquisas em ensino de física. No entanto, parte considerável dos trabalhos desta área aborda essa temática sob a perspectiva teórica, havendo carência de avaliações de estratégias didáticas que trabalham com conteúdos de história e filosofia no ensino da física. Esse estudo relata a aplicação de uma sequência didática que objetivou discutir historicamente a evolução do conceito de inércia. A amostra constou de trinta e cinco alunos de graduação em física e geofísica da UFRN, que responderam a questionários antes e depois da sequência didática. A análise dos dados mostra um aumento significativo do número de respostas corretas, evidenciando que é possível aprender conceitos físicos com uma abordagem histórico-filosófica.

Palavras-chave: ensino de física, história da ciência, inércia.

The proposal of the use of history and philosophy of science in education is a striking feature in research in physics teaching. However, a considerable amount of studies in this area deals with this issue from a theoretical perspective. There is a lack of evaluation of teaching strategies that make use of history and philosophy contents in physics teaching. This study reports the application of a teaching sequence aimed at discussing the concept of inertia from a historical perspective. Thirty-five Physics and Geophysics undergraduate students answered questionnaires before and after the teaching sequence. Data analyses show an increase in the number of correct answers, supporting the idea that it is possible to learn physics concepts with a historical-philosophical approach.

Keywords: physics teaching, history of science, inertia.

1. Introdução

Na área de ensino de ciências, em geral, e de ensino de física, em particular, aspectos relativos à inserção didática da história e da filosofia da ciência (HFC)² tem sido frequentemente discutidos [1-2]. Em defesa dessa abordagem encontramos argumentos como: contribuição para o ensino/aprendizagem dos conceitos científicos, contrapondo-se a uma visão excessivamente matematizada e descontextualizada das ciências; papel motivador; possibilidade de conhecimento das concepções alternativas, já que certas concepções científicas do passado têm paralelos com concepções manifestas por alunos na atualidade; possibilidade de discutir questões pertinentes ao desenvolvimento científico; contribuição para o entendimento da relação ciência, tec-

nologia e sociedade; compreensão da ciência como uma atividade cultural [3-9].

Além disso, encontramos claramente expressa, nos documentos de orientação da educação para a formação básica [10-11] e para a formação superior (p. ex., nas diretrizes curriculares para os cursos de graduação em física [12]), a recomendação de inserção de conteúdos de natureza histórico-filosófica. Também em nível internacional essa recomendação encontra-se presente [13-14].

Embora exista razoável consenso no que se refere à importância do uso didático da HFC, alguns estudos mostram que ainda são escassos os trabalhos de pesquisa que investigam a utilização dessa abordagem em contextos reais de salas de aula [15-17]. Dentre os aspectos que dificultam a inserção da HFC no ensino podemos citar: a falta de material pedagógico ade-

¹E-mail: mm.monteiro83@hotmail.com.

²Utilizaremos aqui a sigla tradicionalmente aceita "HFC", embora defendamos a inserção explícita do "S" de sociologia da ciência.

quado; dificuldade de leitura e interpretação de textos por parte dos alunos; insuficiência na formação inicial (normalmente, nas licenciaturas, há somente uma disciplina de HFC ou equivalente) [8]. Essas e outras dificuldades não são particulares da realidade nacional [18].

Inserida nessa problemática, nossa pesquisa buscou desenvolver uma sequência didática que viabilizasse e avaliasse essa inserção [19]. Nesse trabalho, trazemos o resultado de parte dessa pesquisa, centrando-nos no seguinte aspecto: é possível aprender conteúdos científicos por meio de uma abordagem histórica?

Optamos por tratar do desenvolvimento histórico do conceito de inércia, discutindo o estudo do movimento desde Aristóteles até a enunciação feita por Newton, nos *Principia*. Mas, por que a escolha pela inércia?

A escolha por trabalhar a história da inércia deve-se pelos seguintes fatores: i) Por entender a relevância dessa temática no campo do conhecimento em física. A noção de inércia é de fundamental importância para compreensão do movimento. Historicamente, ela esteve fortemente relacionada ao fim do paradigma aristotélico-ptolomaico; ii) Por considerar o potencial dessa temática para inserir conteúdos de natureza da ciência (NdC) no ensino; iii) Como forma alternativa à visão simplista do tratamento geralmente dado ao conceito de inércia nas escolas e apresentado em livros didáticos; iv) Pelo fato de que há bibliografia (de qualidade) produzida na área de história da ciência acerca de temas históricos sobre os conteúdos de mecânica clássica;³ v) Trata-se de um conceito de difícil aprendizado, fato evidenciado pelas pesquisas de concepções alternativas.

Há uma série de concepções alternativas relacionadas à incompreensão do conceito de inércia: i) Se um corpo se move num dado sentido, é porque está atuando uma força nesse sentido; ii) Sob a ação de uma força constante, um corpo move-se com velocidade constante; iii) O valor da velocidade de um corpo é proporcional à intensidade da força que nele atua; iv) A aceleração de um corpo é devida a um aumento da força que nele atua; v) Na ausência de força, um corpo está em repouso, ou, se está a mover-se, acaba por parar; vi) Na ausência de força, um corpo move-se até parar porque armazenou uma espécie de “ímpeto” durante a atuação de uma força a que foi submetido anteriormente; vii) As forças que não produzem movimentos não existem. É o caso da reação de uma mesa sobre um corpo, que “não existe” porque o corpo não se move para cima; viii) A ação que um corpo exerce noutro e a reação que este exerce no primeiro dependem de aspectos figurativos, tais como a forma e a posição dos corpos, a massa dos

³Existe uma tensão entre educadores e historiadores da ciência no que se refere à utilização da história da ciência no ensino (ver Ref. [20]). Queremos deixar claro que nosso trabalho se configura no terreno da transposição didática, nesse sentido, o que fizemos foi nos apropriar de trabalhos historiográficos para produzir o texto destinado aos estudantes. Daí a necessidade de haver bibliografia já existente no tema a ser estudado.

⁴Uma vez que os textos ainda não estão disponíveis on-line, sugerimos aos interessados em obtê-los que se corresponda com os autores do trabalho.

⁵Os seguintes conteúdos de NdC foram objeto de atenção: o conhecimento científico, enquanto durável, tem caráter provisório, assim como seu processo de construção; a controvérsia entre os cientistas sempre é possível; o conhecimento científico se desenvolve em um contexto cultural de relações humanas e é influenciado por fatores extracientíficos.

mesmos, o seu tamanho, o estado cinético em que se encontram etc.; ix) A força é uma propriedade de um corpo [21].

A noção de que o movimento depende da ação contínua de força(s) também pode ser encontrada em outros trabalhos [22-23]. Professores apresentam dificuldades para ensinar ou planejar um curso que garanta a aprendizagem desse conceito [24]. Tais aspectos reforçam a justificativa da escolha do nosso tema.

Na próxima seção, apresentaremos a sequência didática aplicada em duas turmas de graduação (licenciatura em física e bacharelado em geofísica), na disciplina de introdução à mecânica. Consideramos adequado iniciar a aplicação dessa sequência imediatamente antes dos conteúdos relacionados à dinâmica (leis de Newton). Descreveremos, brevemente, a sequência didática em sua totalidade. Embora a sequência objetivasse abordar tanto o conceito de inércia quanto questões relativas à natureza da ciência, em função dos objetivos desse trabalho discutiremos apenas os resultados de pesquisa relativos ao conteúdo de inércia.

2. A sequência didática

Para promover a inserção da HFC no ensino decidimos construir dois textos históricos (ver Ref. [19]),⁴ que foram elaborados com dois objetivos específicos, a saber: i) apresentar, de maneira histórica, a evolução do conceito de inércia (tendo como pano de fundo as discussões sobre o movimento); e ii) problematizar determinados conteúdos de NdC.⁵

Os textos foram estruturados da seguinte maneira:

Texto I: Uma breve história da inércia – de Aristóteles à teoria do *impetus*.

- Introdução
- A física de Aristóteles
- O movimento local
- Filopono e alguns comentadores da alta Idade Média
- O *impetus* de Buridan e Oresme

Texto II: Uma breve história da inércia – Galileu, Descartes e Newton.

- Galileu entre continuidades e rupturas
- Descartes e as leis da natureza
- A primeira lei de Newton nos *Principia*
- Descartes *versus* Newton: um debate teológico

A Tabela 1 mostra uma síntese das atividades e conteúdos contemplados ao longo da sequência didática.

Tabela 1 - Síntese da sequência didática.

Tempo	Objetivos	Atividades
Aula 1 e 2 - 50 min (cada aula)	Conhecer a turma e apresentar a sequência. Além de identificar as concepções iniciais dos estudantes acerca do conceito de inércia e de alguns conteúdos de NdC.	Questionário inicial - respondido em sala de aula. Entrega dos textos para leitura.
Aula 3 - 50 min	Discutir os aspectos históricos apresentados no Texto I: i) A concepção de movimento para Aristóteles; ii) As críticas dirigidas à física aristotélica por Filopono e alguns comentaristas da Idade Média – principais críticas ao movimento violento	Entrega do questionário (Texto I). Aula apresentada através de slides.
Aula 4 - 50 min	Discutir os aspectos históricos apresentados no Texto I (continuação): O surgimento de uma teoria alternativa para a explicação do movimento, a teoria do <i>impetus</i> – uma causa interna para o movimento	Aula apresentada através de slides.
Aula 5 - 50 min	Discutir os aspectos históricos apresentados no Texto II: As contribuições de Galileu para compreensão o desenvolvimento do conceito de inércia.	Entrega do questionário (Texto II). Aula apresentada através de slides.
Aula 6 - 50 min	Discutir os aspectos históricos apresentados no Texto II (continuação): i) A inércia nas leis da natureza de Descartes; ii) A inércia na obra newtoniana; iii) A divergência entre Newton e Descartes – suas concepções sobre a ação de Deus na natureza.	Aula apresentada através de slides.
Aula 7 - 50 min	Verificar se os alunos, a partir da leitura e discussão dos textos conseguiram identificar os conteúdos de NdC selecionados	Aula do tipo expositiva dialogada – interrogações iniciais para suscitar o debate.
Aula 8 - 50 min	Promover uma reflexão sobre a natureza da ciência (NdC) a partir do debate histórico. Identificar as concepções iniciais dos estudantes acerca do conceito de inércia e de alguns conteúdos de NdC.	Aula do tipo expositiva dialogada – interrogações iniciais para suscitar o debate. Questionário final – respondido em sala de aula.

Uma vez que os textos são relativamente extensos (Texto 1 com 13 páginas e Texto 2 com 11 páginas), não pretendemos abordar aqui cada um dos aspectos históricos neles contemplados, no entanto, é importante destacar alguns pontos relacionados aos nossos objetivos específicos.

Os aspectos históricos apresentados nos textos foram discutidos, explicitamente, nas aulas 3 e 4 (Texto 1) e 5 e 6 (Texto 2). O material havia sido entregue aos alunos na primeira aula para que pudessem ler em casa. A leitura antecipada teve como objetivo principal instrumentalizar o aluno, permitindo sua participação de modo mais qualificado nas discussões nas aulas, posteriormente.

O Texto I discute a história do movimento, de Aristóteles até a alta Idade Média, quando uma teoria rival ganha força (teoria do *impetus*). A questão central do movimento, inicialmente, era tentar responder o que mantém um corpo em movimento, quando não está sendo puxado ou empurrado. Questões como, por exemplo: *por que um corpo cai? O que faz um corpo manter seu movimento mesmo após perder o contato com o lançador?* foram recebendo diferentes explicações ao longo do tempo. O texto procurou discutir os argumentos que fundamentavam essas respostas, a começar por Aristóteles.

Segundo Aristóteles, o movimento exige a ação de contínua de um agente externo, um motor. Curiosamente, Aristóteles, ao defender suas ideias sobre o movimento e negar a existência do vácuo, enuncia o princípio

da inércia como uma impossibilidade, alegando se tratar de um absurdo. Suas ideias sobre o movimento são bem diferentes do que aceitamos hoje, no entanto, seguem uma estrutura lógica bem interessante e exerceram influência por aproximadamente dois milênios, fornecendo explicações às perguntas apresentadas acima.

Contraopondo-se à visão de Aristóteles, o Texto apresenta as ideias de Filopono, pensador que ficou por muito tempo esquecido, sendo redescoberto por comentaristas árabes ao longo da Idade Média, sobretudo, Avicena, Avempace e Averroes. É citado que, ainda na antiguidade, Hiparco de Nicéia e Plutarco defendiam a ideia de que alguma coisa se mantinha no corpo e seria o responsável pela manutenção do movimento, opondo-se a Aristóteles. No entanto, tais ideias não foram bem aceitas. Apontamos alguns dos argumentos utilizados por Filopono para criticar as ideias de movimento de Aristóteles e sua influência para o estabelecimento da teoria do *impetus*, que encontra em Oresme e Buridan seus maiores representantes, embora com diferenças de enfoques. Um dos aspectos mais importantes apresentados e enfatizados ao longo do texto é que, tanto na concepção de Filopono quanto nas diferentes noções de *impetus*, existe a ideia de que o movimento requer a ação de um agente, um motor. Para Aristóteles e seus seguidores esse motor é externo, enquanto que para Filopono e seus seguidores o agente é interno. Essa concepção é correspondente à apresentada por muitos sujeitos em questionários de concepções alternativas, atualmente. Na reconstrução desse episódio histórico uti-

lizamos como principais referências trabalhos de historiadores da ciência [25-28].

O Texto II abarca aspectos das discussões sobre o movimento em Galileu, Giordano Bruno, Descartes e Newton. Agora, as discussões sobre o movimento têm como pano de fundo o debate sobre a possibilidade de rotação da Terra. Aceitar a mobilidade do nosso planeta implicou em responder a certas objeções – de ordem física, inclusive – que essa ideia trazia consigo.

Apontamos que, ao aceitar essa ideia, Giordano Bruno aproxima-se da compreensão newtoniana de inércia e estabelece os princípios básicos da relatividade do movimento, além de fortalecer as críticas às ideias de Aristóteles sobre o movimento. Apresentamos trechos dos *Diálogos*, de Galileu, e a ideia de inércia subjacente ao experimento de pensamento do plano inclinado, mesmo que Galileu não tenha feito uso do termo “inércia” (o termo designava, unicamente, o estado de repouso). Por fim, apresentamos as leis da natureza de Descartes (a primeira e a segunda lei da natureza expressam, explicitamente, o princípio da inércia, embora ele também não faça uso do termo “inércia”), além de sua justificativa a essas leis, e a primeira lei de Newton, dando destaque às diferentes concepções de movimento desses pensadores, relacionadas às suas concepções teológicas. Para Descartes, Deus havia criado o universo e destinado a ele certa quantidade de movimento que deveria ser mantida constante. Nesse sentido, Descartes parece chegar a ideia de inércia por intermédio de uma protoideia de conservação de movimento. Newton, por outro lado, aceita um Deus que age constantemente na natureza, não aceita a conservação do movimento e utiliza a ideia de *vis insita* (espécie de força interna), um poder de resistir à mudança de movimento (que chamamos hoje de inércia). É possível que Newton tenha sido influenciado por Descartes e pela ideia de *impetus*. Na reconstrução desse episódio histórico também utilizamos como principais referências trabalhos de historiadores da ciência [29-31].

Nas aulas 1 e 2 aplicamos um questionário (inicial) que objetivou identificar as ideias dos estudantes sobre inércia e sobre alguns aspectos de NdC (que não abordaremos aqui). Na aula 8, reaplicamos o mesmo questionário, para verificar possíveis mudanças influenciadas pelo desenvolvimento da sequência didática.

3. Resultados

Apresentaremos nessa seção, resumidamente, uma discussão dos resultados obtidos a partir da aplicação do nosso instrumento de pesquisa (ver Anexo).

O questionário continha 9 questões acerca do conceito de inércia. As questões 1 a 7 são objetivas e fo-

ram reproduzidas ou adaptadas de trabalhos da área [32-34]. Optamos por inserir duas questões abertas (questões 8 e 9), desenvolvidas por nós a partir de discussões históricas bem conhecidas, por acreditar que tais questões possibilitariam que o aluno discorresse sobre seu pensamento, nos permitindo fazer inferências a partir de seus argumentos.

Responderam a ambos os questionários (inicial e final) 35 sujeitos (17 do curso de física e 18 do curso de geofísica, todos ingressantes). Uma vez que as turmas não apresentaram diferenças significativas nas respostas, vamos apresentar os resultados de maneira unificada, sem separar os sujeitos por turma.

Nas questões 1 a 7, objetivas, nosso intuito foi investigar se os alunos associavam o movimento à ação de força resultante para duas situações comumente abordadas no ensino médio, o lançamento vertical (questões 1 a 4) e o lançamento oblíquo (questões 5 a 7).

As figuras apresentadas indicam o percentual de respostas corretas identificadas pelos alunos ANTES e DEPOIS da aplicação da sequência didática. Para verificar se as diferenças de acertos entre os períodos foram significativas, conduzimos um Teste de Sinais de Wilcoxon, com $\alpha = 0,05$, utilizando o software SPSS-IBM 21. Os resultados significativos estão denotados por um asterisco (*) nas figuras.⁶

Nas questões 1 a 7, que versavam sobre o lançamento vertical para cima e o lançamento oblíquo, os resultados do questionário inicial evidenciaram que, possivelmente, boa parte dos estudantes admite a existência tanto da força gravitacional quanto de uma força na direção do movimento. Tal aspecto expressa-se mais claramente quando observamos que, na questão 1, 65,71% dos alunos admitem como resposta correta a alternativa D e, na questão 5, apenas 5,71% dos alunos responderam corretamente.

Após a aplicação da sequência didática, obtivemos um aumento do número de acertos em todas as questões, sendo a diferença maior quando examinamos a questão 1 e as questões 5, 6 e 7 (que apresentaram baixo índice de acertos ANTES). Na questão 2, o resultado foi marginalmente significativo (indicado pelo símbolo \times na Fig. 1). Na questão 4 não houve diferença significativa.

Embora o número de acertos tenha crescido para cada uma das questões, é possível inferir que alguns dos alunos continuaram pensando na ação de uma força na direção do deslocamento. Se tomarmos, p. ex., a questão 1, que é a uma das situações mais fácil de identificar esse fato, temos 40% de respostas erradas (DEPOIS), sendo 34,29% delas de sujeitos que escolheram a mesma alternativa D, onde atua uma força para baixo (que possivelmente os alunos identificam com a força gravitacional) e uma força de maior módulo para cima.

⁶É válido utilizar o teste em questão para amostras com N reduzido, como no nosso caso.

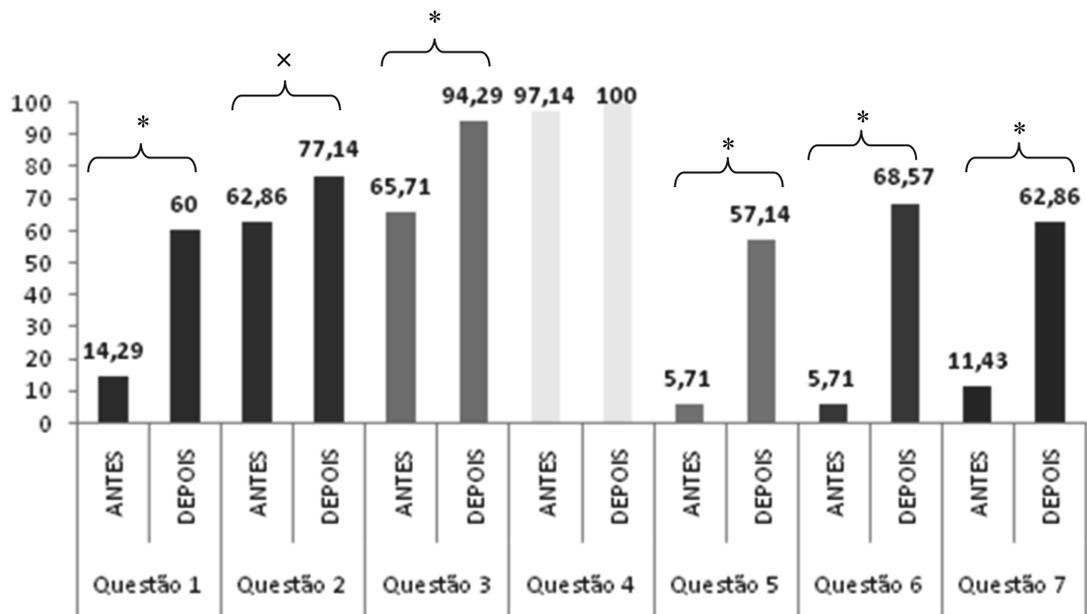


Figura 1 - Percentual de acertos para as questões 1 a 7, antes e depois da aplicação da sequência didática.

O lançamento oblíquo é normalmente um movimento de mais difícil compreensão, pois envolve composição de movimentos. Embora tenha havido um aumento significativo no número de acertos em cada uma das questões de 5 a 7, consideramos alto, ainda, o índice de erros nesse bloco (DEPOIS).

Na questão 8 os alunos deveriam indicar a posição que uma esfera atinge ao descer um plano inclinado e subir um plano ascendente para três diferentes inclinações. Além disso, os alunos precisariam responder o que ocorreria à bola caso não houvesse o plano ascendente. Essa questão remete às discussões de Galileu sobre o plano inclinado.

Nessa questão, inicialmente, 65,71% dos alunos assumiram que a esfera solta de um plano inclinado deveria atingir a mesma altura (considerando a inclinação do plano ascendente e descendente iguais em relação à horizontal – subitem A). Quando a inclinação do plano ascendente diminuiu, em duas novas situações (subitem B), o percentual de alunos que representou corretamente a posição da esfera caiu para 51,43%. Para as três situações o percentual de acertos aumentou após a aplicação da sequência didática. O aumento só não foi estatisticamente significativo para a situação da Fig. 1 (subitem A) que, no entanto, já obteve o maior per-

centual de respostas corretas ANTES, na comparação entre as três situações. A Fig. 2 mostra esses resultados.

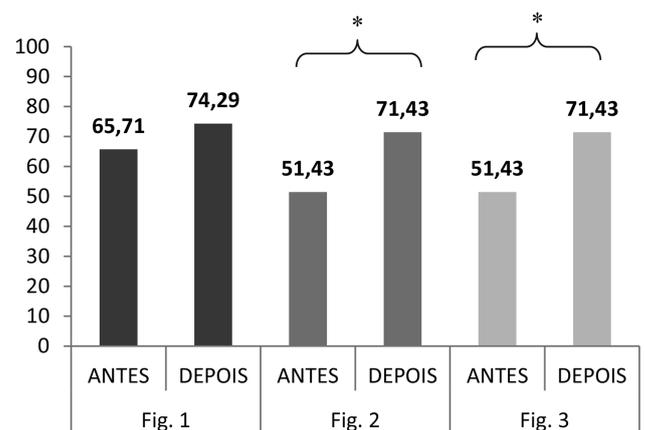


Figura 2 - Percentual de acertos antes e depois, para a questão 8, subitens A e B.

Em relação às justificativas apresentadas, foram criadas categorias que emergiram a partir da análise das respostas. As Tabelas 2 e 3, a seguir, sintetizamos resultados para os subitens B e C.

Tabela 2 - Justificativas nas respostas à questão 8, subitem B.

Categorias	Altura atingida pela bola (ANTES)				Altura atingida pela bola (DEPOIS)			
	Igual [†]	Acima	Abaixo	Total	Igual [†]	Acima	Abaixo	Total
Conservação energia/movimento	15	0	0	15(42,85)	23	0	0	23(65,71)
Inclinação do plano	0	6	9	15(42,85)	0 (0,00)	3	4	7(20,00)
Inconsistente ou vaga	2	0	2	4(11,43)	2	0	3	5(14,29)
Em branco	1	0	0	1(2,86)	0 (0,00)	0	0	0(0,00)

O símbolo [†] indica a resposta correta e em negrito aparecem as respostas de maior incidência.

Tabela 3 - Justificativas nas respostas à questão 8, subitem C.

Categorias	Antes	Depois
Movimento infinito, por conservação de energia	14(40,00)	19(54,29)
Movimento infinito, por inércia	6 (17,14)	16(45,71)
Movimento uniforme	7 (20,00)	0 (0,00)
Até parar	7 (20,00)	0 (0,00)
Em branco	1 (2,86)	0 (0,00)

Em negrito a categoria de maior incidência.

No que se refere às justificativas, os alunos que indicaram, inicialmente, que a esfera alcançaria a mesma altura justificam a escolha a partir da ideia de conservação da energia (maioria dos sujeitos) ou do “movimento”, uma vez que não há atrito. Aqueles que indicam uma altura maior ou menor para a bola justificaram suas escolhas indicando uma relação entre a modificação do ângulo de inclinação do plano ascendente e a nova altura atingida pela esfera. No questionário final, é possível perceber uma diminuição dessas opções de respostas e um aumento da justificativa de que a esfera atinge a mesma altura pela ideia de conservação.

No que diz respeito à resposta dada ao tempo em que a bola ficaria em movimento na ausência do plano ascendente, sabemos que a ideia de um movimento infinito é abstrata e contra-intuitiva. Como foi visto na história da inércia, esse foi um dos obstáculos que a ciência teve que superar. Aqui, também, podemos observar que houve um aumento de justificativas que se utilizam do conceito de inércia, mas ainda manteve-se a tendência ao uso da ideia de energia (Tabela 3). A resposta (incorreta) de que a bola iria parar (20,00% ANTES) desapareceu.

A questão 9 tratava do movimento de uma escuna, na qual é solta uma esfera do alto do mastro. O aluno deveria indicar em que posição a esfera cairia. Essa questão também remete a uma discussão histórica bastante conhecida (essencialmente, o “argumento da torre”). Para essa questão, obtivemos os resultados indicados na Fig. 3, a seguir, que compara a quantidade de respostas corretas ANTES e DEPOIS da aplicação da sequência didática, para essa questão.

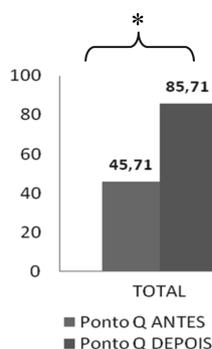


Figura 3 - Percentual de acertos antes e depois, questão 9.

Pela Fig. 3 podemos perceber que, assim como aconteceu nas questões anteriores, houve um aumento no percentual de alunos que escolheram a alternativa

correta no questionário final. Esse aumento também foi estatisticamente significativo.

Embora a inércia seja um conteúdo que os alunos estudam no ensino médio, o questionário inicial evidenciou que os sujeitos ainda traziam elementos de concepções alternativas (semelhantes às encontradas na literatura [21]). Apesar do aumento do número de acertos em todas as questões do questionário final, inclusive nas justificativas apresentadas pelos sujeitos, concepções equivocadas ainda persistiram. Esse aspecto mostra que a inércia é um conteúdo de difícil compreensão.

4. Avaliação

No que diz respeito à aplicação da sequência didática como um todo, o tempo foi um dos nossos maiores empecilhos, tanto no que se refere às discussões históricas dos textos, quanto, sobretudo, às discussões específicas sobre os conteúdos de NdC. Outra dificuldade foi a falta de hábito de leitura dos alunos, o que levava a erros de interpretação dos textos.

No que se refere às concepções sobre inércia, a análise do questionário inicial permitiu identificar que boa parte dos graduandos, mesmo tendo estudado durante o ensino médio o conceito de inércia, apresentaram (em sua maioria) ideias coerentes com concepções de senso comum acerca do movimento: em essência, a ideia de que há, necessariamente, a ação de uma força (ou força resultante) na direção do deslocamento. Essa ideia é oposta à aceitação da inércia, mostrando que os alunos não compreendem, de fato, esse conceito. Nossos dados reproduzem, em larga medida, os bem conhecidos resultados da área de pesquisa em ensino de física a respeito de concepções alternativas sobre a inércia.

Durante a aplicação da sequência didática e as discussões dos textos históricos procuramos enfatizar como eram explicados os movimentos pelos diferentes personagens da história, sem discutir nenhuma das questões propostas nos questionários. No questionário final, composto pelas mesmas questões, buscamos identificar possíveis mudanças. A análise permitiu evidenciar, no tocante aos aspectos sobre a inércia, um aumento no percentual de acertos para todas as respostas dessa parte. Do ponto de vista do teste utilizado, em praticamente todas as questões houve um aumento estatisticamente significativo, inclusive. Além disso, as justificativas apresentadas pelos alunos também sofreram

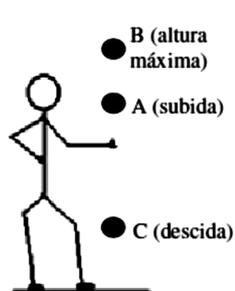
modificações, sendo mencionado com maior frequência o conceito de inércia. Tais fatores evidenciam a influência da sequência didática aplicada, com abordagem histórica.

Ressaltemos, entretanto, que de modo algum isso significa que outras abordagens não possam produzir resultados semelhantes ou até melhores. Também devemos estar atentos às limitações de uma análise quantitativa e da utilização de questionários do tipo “antes” e “depois”.⁷ Nesse sentido, a amostra estudada não permite generalizarmos esse resultado, dada a complexidade de fatores que influenciam o aprendizado em sala de aula e que estiveram em ação durante a aplicação da sequência.

Um dos argumentos a favor da utilização didática da HFC é a possibilidade de aprendizagem de conceitos científicos a partir de uma abordagem histórico-filosófica. Consideramos que, no particular contexto da pesquisa aqui relatada, a HFC parece haver contribuído para a compreensão do conceito de inércia por parte desses sujeitos. Não houve utilização de outro tipo de abordagem (experimental, por exemplo). Esse pode ser considerado um resultado importante, na medida em que nem todos os trabalhos que defendem o uso da HFC como estratégia didática sinalizam para a possibilidade (e importância) de “aprender física” via HFC.

Anexo

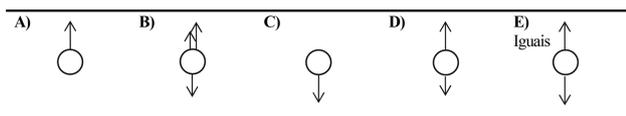
As questões 1, 2, 3 e 4 referem-se ao seguinte enunciado:



Um homem lança verticalmente para cima uma pequena esfera. Os pontos A, B e C identificam algumas posições da bola após o lançamento (quando não há mais o contato entre a mão do lançador e a esfera). Despreze a resistência do ar. As questões referem-se à representação da velocidade da esfera e da ação da(s)

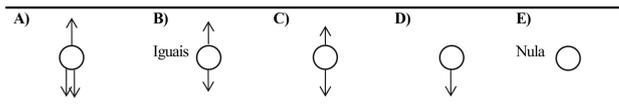
força(s) sobre ela.

Q1. Indique, dentre as alternativas abaixo, a que melhor representa a ação da(s) força(s) no ponto A, quando a esfera está se deslocando para cima.

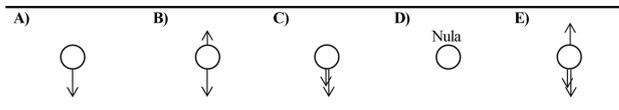


Q2. Indique, dentre as alternativas abaixo, a que melhor representa a ação da(s) força(s) no ponto B, na

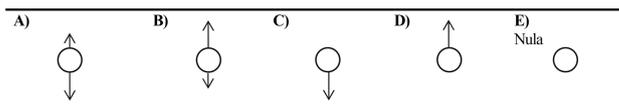
posição mais alta da trajetória.



Q3. Indique, dentre as alternativas abaixo, a que melhor representa a ação da(s) força(s) no ponto C, quando a esfera está se deslocando para baixo.

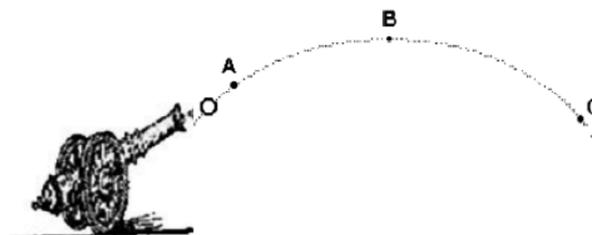


Q4. No ponto B, onde a altura é máxima, qual alternativa representa melhor a velocidade da esfera?

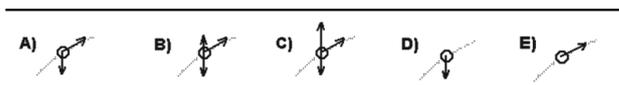


Enunciado das questões 5, 6 e 7

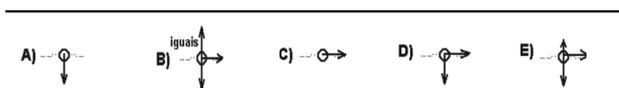
Um canhão lança uma bola, que descreve a trajetória indicada na figura a seguir. Sendo B o ponto mais alto da trajetória e considerando-se desprezível a resistência do ar, analise as questões 5, 6 e 7.



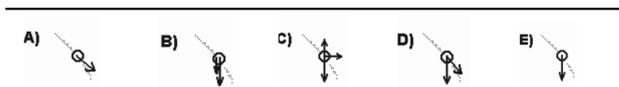
Q5. Assinale a alternativa que representa a(s) força(s) sobre a esfera no ponto A.



Q6. Assinale a alternativa que representa a(s) força(s) sobre a esfera no ponto B.



Q7. Assinale a alternativa que representa a(s) força(s) sobre a esfera no ponto C.



Q8. Na superfície inclinada, conforme a figura abaixo, uma esfera é abandonada do repouso em A e desloca-se sobre a superfície AO. Consideremos todas as superfícies perfeitamente polidas e que a esfera desliza sem atrito. Despreze a resistência do ar.

⁷A familiaridade dos sujeitos com as questões – embora elas não tenham sido discutidas durante a sequência didática – pode ter alguma influência sobre o resultado final. Por outro lado, a utilização das mesmas questões é uma forma de garantir que as mesmas situações estejam em jogo e que os resultados possam ser comparados. O tamanho da amostra (*N* reduzido) também sugere certa cautela na interpretação dos resultados. Outros estudos com amostras mais amplas podem, eventualmente, reforçar ou não nossas conclusões.

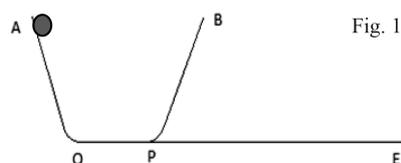


Fig. 1

A) Indique, na figura acima, a altura máxima atingida pela bola ao subir pelo plano PB.

B) Considere, agora, que a inclinação do plano ascendente seja gradualmente reduzida, formando os planos PC (fig. 2) e PD (fig. 3) representados abaixo.

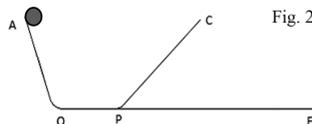


Fig. 2

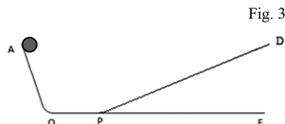
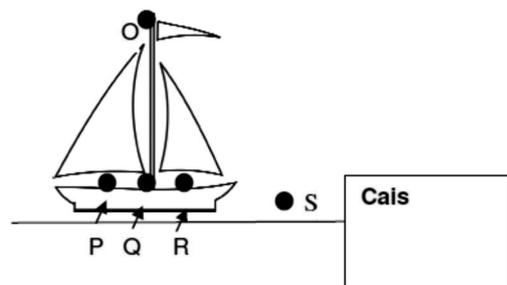


Fig. 3

C) O que aconteceria se não houvesse os planos ascendentes e a esfera, após atingir o ponto O, se deslocasse no sentido OE? Lembre-se de considerar inexistente qualquer tipo de dissipação. Explique sua resposta.

Q9. A figura abaixo representa uma escuna atracada ao cais.



Imagine que a escuna está parada em relação ao cais. Deixa-se cair uma bola de chumbo do alto do mastro – ponto O. Nesse caso, ela cairá ao pé do mastro – ponto Q. Quando a escuna se afastar do cais (movimento para esquerda), com velocidade constante, e desprezada a resistência do ar, se a mesma bola for abandonada do mesmo ponto O, em que ponto cairá? Justifique a sua resposta.

Referências

- [1] C.C. Silva (org.), *Estudos de História e Filosofia das Ciências: Subsídios para Aplicação no Ensino* (Livraria da Física, São Paulo, 2006).
- [2] L.O.Q. Peduzzi, A.F.P. Martins e J.M.H. Ferreira (orgs.), *Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino* (EDUFRN, Natal, 2012).
- [3] J. Zanetic, *Física Também é Cultura*. Tese de Doutorado em Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.
- [4] M.R. Matthews, *Cad. Bras. Ens. Fís.* **12**, 164 (1995).
- [5] L.O.Q. Peduzzi, in: *Ensino de Física: Conteúdo, Metodologia e Epistemologia Numa Concepção Integradora*, editado por M. Pietrocola (Editora da UFSC, Florianópolis, 2001), p. 101-123.

- [6] R.A. Martins, *Episteme Filosofia e História das Ciências em Revista* **10**, 39 (2000).
- [7] R.A. Martins, in: *Estudos de História e Filosofia das Ciências: Subsídios para Aplicação no Ensino*, editado por C.C. Silva (Livraria da Física, São Paulo, 2006), p. 3-21.
- [8] A.F.P. Martins, *Cad. Bras. Ens. Fís.* **24**, 112 (2007).
- [9] T.C.M. Forato, R.A. Martins e M. Pietrocola, in: *Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino*, editado por L.O.Q. Peduzzi, A.F.P. Martins e J.M.H. Ferreira (EDUFRN, Natal, 2012), p.123-154.
- [10] Brasil, *Parâmetros Curriculares Nacionais- Ensino Médio* (MEC, Brasília, 2000).
- [11] Brasil, *Orientações Curriculares para o Ensino Médio - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Volume 2* (MEC, Brasília, 2006).
- [12] Brasil, *Parecer CNE/CES n° 1.303 de 6/11/2001*. Brasília, Diário Oficial da União de 7/12/2001, Seção 1, p. 25, 2001.
- [13] National Research Council, *Next Generation Science Standards: For States, By States* (The National Academies Press, Washington, 2013).
- [14] Department for Education, *The National Curriculum in England* (2013). Disponível em <http://www.gov.uk/dfe/nationalcurriculum>, acesso em 3-09-2014.
- [15] V.S. Dias, *História e Filosofia da Ciência na Pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil: Manutenção de um Mito?* Tese de Doutorado em Educação para a Ciência, UNESP, 2008, 115 p.
- [16] E.S. Teixeira, I.M. Greca e O. Freire Jr., in: *Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino*, editado por L.O.Q. Peduzzi, A.F.P. Martins e J.M.H. Ferreira (EDUFRN, Natal, 2012), p. 9-40.
- [17] R.A. Oliveira e A.P.B. Silva, in: *Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino*, editado por L.O.Q. Peduzzi, A.F.P. Martins e J.M.H. Ferreira (EDUFRN, Natal, 2012), p. 41-64.
- [18] D. Höttecke and C.C. Silva, *Science & Education* **20**, 293 (2011).
- [19] M.M. Monteiro, *Inércia e Natureza da Ciência no Ensino de Física: Uma Sequência Didática Centrada no Desenvolvimento Histórico do Conceito de Inércia*. Dissertação de Mestrado, UFRN, Natal, 2014, 230 p.
- [20] R.A. Martins, in: *Controvérsias na Pesquisa em Ensino de Física*, editado por S. Camargo, L.G.R. Genovese, J.M.H.F. Drummond, G.R.P.C. Queiroz, Y.E. Nicote, et al. (Livraria da Física, São Paulo, 2014), p. 143-159.
- [21] J.A.C.S. Valadares, *Concepções Alternativas no Ensino da Física à Luz da Filosofia da Ciência*. Tese de Doutorado em Ciências da Educação, Universidade Aberta, Lisboa, 1995.
- [22] L.O.Q. Peduzzi, A. Zylberstajn e M.A. Moreira, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **14**, 239 (1992).
- [23] M.C.D. Neves e A.A.Savi, *Ciência & Educação* **6**, 11 (2000).
- [24] J.L.A. Pacca. *Cad. Bras. Ens. Fís.* **8**, 99 (1991).

- [25] A. Campos, *A Teoria do Impetus de Nicole Oresme e a Possibilidade de Movimento Diurno no Le Livre Du Ciel et do Monde*. Dissertação de Mestrado em História da Ciência, PUC, São Paulo, 2008, 117 p.
- [26] A. Campos e E.C. Ricardo, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **34**, 3601 (2012).
- [27] F.R.R. Évora, *A Evolução do Conceito de Inércia: De Philoponos a Galileu*. Tese de Doutorado em Filosofia, FFLCH, São Paulo, 1996.
- [28] F.R.R. Évora, *Caderno de História e Filosofia da Ciência* **16**, 281 (2006).
- [29] R.A. Martins, *Cadernos de História e Filosofia da Ciência* **9**, 69 (1986).
- [30] R.A. Martins, *Cad. Bras. Ens. Fís.* **11**, 196 (1994).
- [31] R.A. Martins, in: *Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino*, editado por L.O.Q. Peduzzi, A.F.P. Martins e J.M.H. Ferreira (EDUFRN, Natal, 2012), p. 291-308.
- [32] S. Peduzzi e L.O.Q. Peduzzi, *Cad. Bras. Ens. Fís.* **5**, 142 (1988).
- [33] F.L. Silveira, M.A. Moreira e R. Axt, *Enseñanza de las Ciencias* **10**, 187 (1992).
- [34] F. Rezende e S.S. Barros, *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências* **1**, 203 (2001).