
UMA ANÁLISE DAS CONCEPÇÕES DOS ALUNOS SOBRE A QUEDA DOS CORPOS^{+,*}

Margarete Hülsendeger
Colégio João XXIII
Colégio Israelita Brasileiro
Porto Alegre – RS

Não há um só efeito na natureza, nem mesmo o menor que existe, de modo que os teóricos mais hábeis possam chegar sempre a uma compreensão total. Esta vã presunção de compreender tudo não pode ter outra base que não seja nunca compreender tudo. Porque alguém que tenha experimentado uma só vez a compreensão perfeita de uma só coisa, e tenha verdadeiramente provado como se chega ao conhecimento, reconheceria que da infinidade de outras verdades nada compreende.

Galileu Galilei (O Ensaíador)

Resumo

Neste artigo apresento um assunto recorrente dentro da mecânica, mas nem por isso de fácil compreensão: a queda dos corpos. Pretendi fazer um paralelo entre as possíveis representações trazidas por alunos da 2ª série do Ensino Médio sobre a queda dos corpos e as idéias defendidas por Aristóteles sobre esse mesmo assunto. Também busquei apresentar uma alternativa para influir nessas concepções, com a apresentação das experiências de Galileu – tanto as empíricas quanto as de pensamento – e a forma como elas refutaram as idéias de Aristóteles. Foram realizadas atividades práticas com a utilização

⁺ An analysis of students' conceptions about falling bodies

^{*} Recebido: junho de 2003.
Aceito: junho de 2004.

de materiais de fácil manipulação, assim como textos extraídos do livro de Galileu “Diálogos sobre os dois maiores sistemas do mundo”, publicados no livro de Alexandre Koyré, “Estudos de história do pensamento científico”.

Palavras-chave: *Concepções, queda dos corpos, ensino médio.*

Abstract

In this paper I present a recurrent subject in mechanics, not ever easily comprehensible: the falling body. I intend to make a parallel between possible representations assumed by high school students about falling bodies and Aristotle’s idea about the same subject. I also search for an alternative to influence on these conceptions, presenting Galileo’s experiments – the empirical as much as the thinking ones – and the way they refute Aristotle’s ideas. Practical activities were developed, using easily manipulated materials, as well as texts extracted from Galilei’s book, “Dialogues Concerning the Two Chief Systems of the World”, founded on Alexander Koyre’s “Studies of scientific thinking history”.

Keywords: *Conceptions, falling bodies, high school.*

I. A título de introdução

Desde a década de 70, a análise das concepções trazidas pelos alunos tem suscitado inúmeros estudos, como aqueles realizados por Viennot (1979), Zylbersztajn (1983), Driver (1986), Gil Pérez (1986), entre outros. Sabe-se que essas surgem da interação do aluno com o meio ambiente, sendo, na maioria das vezes, muito resistentes a mudanças. Os estudos também demonstraram a semelhança dessas representações com idéias de determinados períodos históricos.

Este artigo baseia-se em um trabalho que desenvolvi no curso de Mestrado em Educação em Ciências e Matemática da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS) e apresentado, na forma de pôster, no XV Simpósio Nacional do Ensino de Física (Curitiba/2003). Essa pesquisa teve como ponto de partida um assunto recorrente dentro da Mecânica, mas nem por isso de fácil compreensão: a queda dos corpos. Para que este estudo pudesse ocorrer, foram realizados cinco encontros, na sala de aula, de duração total de 50 minutos cada um, com aproximadamente 30 alunos da 2ª Série do Ensino Médio de uma escola particular de Porto Alegre (Colégio João XXIII).

Em um primeiro momento, pretendi averiguar até que ponto as concepções dos estudantes se assemelhavam às idéias de Aristóteles sobre a queda dos corpos. Já em um segundo instante, ao apresentar a figura de Galileu e seus experimentos a eles, a proposta era tentar desestabilizar possíveis concepções sobre um assunto que, para muitos deles, nunca foi motivo de questionamento – a queda de corpos leves e pesados. Com a apresentação das experiências de Galileu – tanto as empíricas, quanto as de pensamento – e a discussão sobre a forma como elas refutaram as idéias de Aristóteles, procurei mostrar uma alternativa para influir nessas concepções.

Realizei atividades práticas com a utilização de materiais de fácil manipulação, assim como leitura de textos do livro de Galileu, “Diálogos sobre os dois maiores sistemas do mundo”, retirados do livro “Estudos de história do pensamento científico” (KOYRÉ, 1991).

Portanto, neste artigo procuro expor algumas das conclusões a que cheguei no decorrer do trabalho, dentre as quais destaco: a importância de permitir aos alunos trabalharem de forma que chegassem às suas próprias conclusões sem a interferência constante do professor e a de compreender que eles trazem consigo concepções – semelhantes a modelos que a Ciência atual considera superados – que têm grande força no seu imaginário, pois estão diretamente associadas ao senso comum.

II. Contextualizando o trabalho

É importante reconhecer a extensão dos serviços prestados pelos gregos à Física e compreender que, para eles, o discurso filosófico e a investigação científica estavam intimamente ligados. A experimentação, com o sentido que a atribuímos nos dias de hoje¹, não era considerada indispensável, pois o que importava era a possibilidade da realização de uma investigação apaixonada, mas desinteressada (RUSSELL, 2001).

Aristóteles, seguidor da escola grega de pensamento, não fugiu à regra. Suas teorias, relacionadas com a filosofia da natureza, baseavam-se na idéia de que todas as substâncias terrestres eram resultado da combinação de quatro elementos: Terra, Água, Ar e Fogo. Nela encontra-se a concepção de que os corpos têm a tendência de procurar ocupar o lugar que lhes é próprio ou natural. Assim, para o filósofo, por exemplo, “*a água se espalha pelo chão como se tivesse sido derramada porque o lugar natural do elemento aquoso era a superfície da Terra*” (RONAN, 1987, p. 111).

Da mesma forma, no seu estudo sobre a queda dos corpos, Aristóteles afirmava que se abandonarmos corpos leves e pesados de uma mesma altura, o mais

¹ Segundo Japiassú e Marcondes, significa: “*interrogação metódica dos fenômenos, efetuada através de um conjunto de operações, não somente supondo a repetibilidade dos fenômenos estudados, mas a medida dos diferentes parâmetros: primeiro passo para a matematização da realidade*” (1996, p. 96).

pesado chegaria mais rápido ao solo. Essa idéia está apoiada em algo que é difícil de refutar, a observação direta da realidade. Se deixarmos cair uma pedra e uma folha, não haverá dúvida, para quem está observando, de que a pedra chegará antes ao solo, tornando-se natural concluir que ela tem maior velocidade.

É difícil contestar o que se vê. Por essa razão, não se deve estranhar que em sala de aula, passados tantos séculos, os alunos ainda tenham as mesmas respostas de Aristóteles à queda dos corpos; afinal, elas eram não só coerentes, mas também completas para a sua época (RONAN, 1987). Nesse momento, apresentar o pensamento de Galileu poderia provocar no aluno novos questionamentos, aproximando-o de uma nova forma de pensar, na qual “*ver simplesmente não é tão importante quanto quer a tradição*” (MATTEWS, 1995, p.180).

A Lei da Queda dos Corpos proposta por Galileu – a qual diz que, abandonados de uma mesma altura, corpos leves e pesados caem simultaneamente, atingindo o chão no mesmo instante – é considerada, por alguns historiadores da ciência, como o fato histórico que “*fez soar o dobre para a Física aristotélica*” (KOYRÉ, 1991, p.208). Nesse contexto, Galileu notabilizou-se por realizar experimentos empíricos e os chamados experimentos do pensamento (*Gedankenexperiment*), fazendo uso de modelos matemáticos que revolucionaram o pensamento científico.

No entanto, no estudo da queda dos corpos, Galileu defrontou-se com uma grande dificuldade: medir o tempo, uma vez que as pedras caem depressa demais. Para solucionar esse problema, relata que observou o movimento de corpos em uma rampa, pois para rampas pouco inclinadas, quase horizontais, o movimento é lento, podendo ser medido com os instrumentos de que dispunha, como, por exemplo, a quantidade de água escorrida de uma bica com vazão constante, o seu pulso ou o período de oscilação de um pêndulo.

Uma pergunta que se pode fazer é: os resultados obtidos foram satisfatórios? As opiniões dos historiadores da ciência se dividem, alguns considerando improvável que os resultados alcançados tenham podido coincidir com as previsões teóricas (KOYRÉ, 1991), enquanto outros acreditam firmemente na possibilidade de Galileu ter realizado esses experimentos e conseguido resultados satisfatórios (SETTLE, 1961).

Entretanto, colocando as discussões epistemológicas de lado, pois, como explica Thuillier, “*há várias tradições na história das ciências. E cada uma promove sua própria epistemologia*” (1994, p. 127-128), sabe-se hoje que esse estudo é considerado um marco dentro da história do conhecimento científico. Por quê?

Uma resposta simplificada é o método empregado, uma mistura de argumentos experimentais e raciocínios teóricos. Os primeiros, tentando estabelecer um novo método de trabalho baseado na experimentação; os últimos, mostrando a distinção entre o objeto do mundo real e os objetos teóricos da ciência. Pode-se dizer que Galileu introduz na Ciência da época a expressão “*e se ...*”.

Porém, em sala de aula, quando se trata do estudo da queda dos corpos, muitas vezes percebemos a dificuldade do aluno em romper com idéias baseadas na simples observação do fato. Autores como Zylbersztajn (1983) ou Gil Peres (1986) afirmam que essas concepções são persistentes e conflitantes com a educação escolar e que, às vezes, assemelham-se a concepções aceitas em determinados períodos da História da Ciência.

O trabalho por mim desenvolvido pretendeu averiguar até que ponto as concepções dos alunos se assemelham às idéias de Aristóteles sobre a queda dos corpos, sem menosprezá-las, porém. Se um grande filósofo assim o fez, e foi aceito durante tantos séculos, algum motivo deveria existir, motivo esse que não pode ser ignorado, pois, como comenta Matthews, *“normalmente se diz que os aristotélicos tinham concepções errôneas sobre o mundo real, quando seria mais preciso dizer-se que eles tinham concepções errôneas sobre o mundo projetado e construído por Galileu e Newton”* (1995, p. 183).

Ao apresentar a figura de Galileu e seus experimentos, pretendi verificar se essas idéias tão cristalizadas sobre um assunto que, para muitos estudantes, nunca foi motivo de questionamento – a queda de corpos leves e pesados –, poderiam sofrer algum tipo de modificação. O propósito não era endeusar Galileu ou apresentar Aristóteles como uma figura cientificamente pobre e sem imaginação, mas, mostrar aos alunos visões de mundo diferentes, já que *“cada teoria corresponde a uma determinada concepção de mundo e só dentro dela tem sentido”* (BORGES, 1996, p.45).

III. Caracterizando o trabalho

Com o objetivo de desenvolver essa pesquisa, estruturei algumas atividades que envolveram não só a discussão dos resultados que iam sendo obtidos, mas também a possibilidade da experimentação das informações que estavam emergindo durante os encontros. Foram utilizados somente materiais de baixo custo (papel, pedras, isopor, lata de refrigerante), rampas de madeira e bolas de borracha. As atividades – experimentais, de leitura e interpretação de textos – foram realizadas pelos estudantes reunidos em sete grupos com quatro componentes cada. Ao final de cada atividade, entregavam um relatório de suas práticas na forma de respostas às perguntas solicitadas.

Durante o desenvolvimento dos trabalhos, procurei realizar anotações com o intuito de descrever as dificuldades vividas pelos alunos e os caminhos por eles encontrados na solução dos problemas propostos. A avaliação (na forma de uma nota de zero a dez) foi feita levando em conta critérios como envolvimento com as atividades, entrega dos relatórios ao final de cada encontro e presença nas aulas.

IV. Descrevendo as atividades

O trabalho iniciou com a entrega do que chamei “questões de sondagem”, respondidas pelos grupos e entregues no final do primeiro encontro. Seu objetivo era realizar uma sondagem sobre as representações trazidas pelos alunos acerca da queda dos corpos e envolviam a necessidade de um posicionamento sobre esse assunto.

Para facilitar e tornar claro esse posicionamento, criei um diálogo entre dois colegas fictícios que discutiam o motivo de os corpos caírem de forma diferente. Nessa atividade, o propósito era verificar se as idéias que traziam sobre a queda dos corpos se aproximavam da idéia defendida por Aristóteles, ou se estavam mais de acordo com a de Galileu. O diálogo apresentado aos alunos era assim construído:

1. Estavam dois colegas discutindo, após uma aula de Física, a queda dos corpos, e um tentava convencer o outro que tinha razão.

*Você será o juiz! Leia com atenção o que cada um diz e escolha o que acha mais correto para a situação, mas **explique o porquê**.*

Colega A: O corpo mais pesado cai mais rápido que um menos pesado, quando largado de uma mesma altura. Eu provo, largando uma pedra e uma rolha. A pedra chega antes. Pronto! Tá provado!

Colega B: Eu não acho! Peguei uma folha de papel esticado e deixei cair. Quando amassei, ela caiu mais rápido. Como é isso possível? Se era a mesma folha de papel, deveria cair do mesmo jeito. Tem que ter outra explicação!

2. Após ter respondido a questão anterior. Pense que você tem que dar um jeito de provar o que está dizendo, e que uma maneira seria medir o tempo de queda dos corpos. Mas você tem um problemão, você vive numa época em que não há relógios (dos tipos que você conhece).

Pense em pelo menos duas maneiras de medir o tempo de queda dos corpos, sem relógio, e escreva-as aqui.

3. Mais um desafio! Pense agora em como provar seu ponto de vista sem precisar medir o tempo.

A escolha desse procedimento esteve embasada no fato de acreditar que o aluno traz para dentro da sala de aula conceitos, idéias ou concepções que, se ignorados ou não levados a sério, poderão dificultar, e até mesmo prejudicar, o processo de ensino-aprendizagem. Pois, como afirma Demo, “*não existe tábula rasa, analfabetismo absoluto; todos falam, se comunicam, usam um vocabulário básico, manejam conceitos dentro do senso comum, possuem referências da realidade em que estão inseridos*” (2000, p. 32). E justamente são essas referências que determinarão mais adiante a forma como o aluno irá compreender determinada idéia ou conceito e como irá incorporá-lo a sua vida.

O que pude constatar, ao final desse encontro, foi que, apesar de os sete grupos terem-se posicionado ao lado do colega B, somente dois atribuíram

exclusivamente à resistência do ar a diferença de comportamento dos corpos em queda; os demais responderam que isso ocorria porque os corpos têm densidades diferentes. Essa confusão fica clara quando um grupo, ao tentar explicar o porquê da sua escolha pelo colega B, afirma que a velocidade de queda não dependeria da massa, mas da superfície e da densidade.

Da mesma forma, algo que me chamou atenção durante a discussão das questões foi a preocupação constante, de quase todos os grupos, se estariam certos ou errados, mostrando-se inseguros em registrar suas respostas, com receio de que estivessem erradas. Alguns grupos tiveram dificuldade de trabalhar sozinhos, procurando sempre confirmação a suas respostas. Só quando deixei claro que o importante era o registro responsável de suas observações, e não a correção delas, a maioria pareceu ficar mais à vontade, parando, inclusive, de questionar sobre o acerto ou erro de suas conclusões.

Quando essa atividade foi encerrada, propus uma outra, porém de pesquisa, na qual os alunos se comprometeram não só a pesquisar, mas também a apresentar oralmente para todos os seus colegas, no encontro seguinte, as informações coletadas. Essa atividade teve como título: **As idéias de Aristóteles e Galileu sobre a queda dos corpos**. Essa dinâmica, de pesquisa e de comunicação oral, tinha por finalidade ajudar os grupos a refletirem sobre as observações feitas no instrumento de sondagem.

Assim, quando no segundo encontro tiveram a oportunidade de expor ao restante da turma os resultados da pesquisa, alguns reconheceram que ela permitira uma reflexão sobre o que haviam respondido nas questões de sondagem. Por exemplo: um grupo que havia optado pelo colega B, justificando sua escolha a partir da relação entre o tempo de queda de um corpo com a sua densidade, ao ser perguntado se o que tinha pesquisado coincidia com o que havia declarado no instrumento de sondagem, disse que não e que, após a pesquisa, percebeu que “não era bem como eles achavam”.

Porém, outros grupos, apesar de incorporarem às suas justificativas o fato de a superfície de contato influir nesse tempo de queda, ainda continuaram utilizando o conceito de densidade para explicar esse fenômeno. Assim, após essa discussão, propus atividades experimentais com o objetivo de relacionar o tempo de queda e a superfície de um corpo. Essas atividades foram extraídas do livro de Beatriz Alvarenga e Antônio Máximo (2000, p. 73, v. 1/primeira experiência).

No terceiro encontro, os alunos receberam um texto extraído do livro de Galileu, “Diálogo sobre os dois maiores sistemas do mundo” (apud KOYRÉ, 1991, p.211-212), que reproduz o diálogo entre os personagens – Simplicio e Salviati – criados por ele. Nesta prática, pretendi apresentar uma das maneiras utilizadas por Galileu para provar a inexistência da idéia aristotélica de que a velocidade dos corpos em queda livre é proporcional ao seu peso – a chamada experiência do pensamento.

Após a leitura do texto, propus dois experimentos, extraídos também do livro de Beatriz Alvarenga e Antônio Máximo (2000, p. 73, v. 1, segunda e terceira experiências), com o objetivo de facilitar o entendimento do texto de Galileu e confirmar a validade do raciocínio ali exposto. A atividade foi concluída com a

proposição de resposta a pergunta feita por Simplicio a Salviati: *“Admitamos que a pequena pedra não pese sobre a grande. Mas não seria de modo diferente se se colocasse a maior sobre a menor?”* (apud KOYRÉ, 1991, p. 212).

Pela análise dos depoimentos, pude perceber que os grupos, na sua maioria, conseguiram entender que a diferença de tempo na queda dos corpos se devia à resistência imposta ao movimento pelo o ar. Por outro lado, observei também que, à exceção de um grupo, todos os outros tiveram dificuldades em perceber a possibilidade de os corpos poderem se mover com a mesma velocidade se não houver a resistência do ar. Para Meirrieu, essa situação nada mais é do que a ratificação da idéia de que se apoderar de uma *“informação não é uma operação de simples recepção, é, ainda e novamente, uma história complexa em que o sujeito assimila o desconhecido de maneira ativa e raramente espontânea”* (1998, p. 53).

Da mesma forma, outro grupo justificou as suas observações utilizando o conceito de resistência, mas do corpo em relação ao ar, argumentando que quando o livro e a folha de papel caem juntos, *“a folha por estar em cima do livro não oferece resistência ao ar durante a queda, pois sua superfície é do mesmo tamanho do livro, não possuindo nenhuma superfície que ofereça resistência ao ar”*. E quando respondem a Simplicio, não atentam para a possibilidade de os corpos, juntos ou separados, caírem com a mesma velocidade, independentemente de sua massa: *“Não, pois durante a queda do corpo maior, o corpo menor sofre a resistência do ar, diminuindo a velocidade de sua queda e o corpo maior se ‘gruda’ ao corpo mais leve por ter velocidade maior”*.

No quarto encontro, propus três atividades diferentes:

Na primeira, deveriam escrever suas observações sobre os fatores que influenciam na queda dos corpos, comparando com suas idéias iniciais e avaliando se estas haviam sofrido alguma alteração. Ao relatarem suas conclusões, cinco grupos afirmaram ter mantido seu ponto de vista, ou seja, que a massa não influencia no tempo de queda de um corpo, mas que há diferença nesse tempo devido à presença da resistência do ar. Um grupo concluiu que é a superfície que mais influencia na queda, sendo esse pensamento diferente do inicial, pois antes acreditavam que *“quem realmente influenciava era a densidade do corpo”*. Entretanto, outro concluiu que, os fatores intervenientes na velocidade dos corpos são: *“volume e densidade”*, mas ainda tinham muitas dúvidas sobre se isso seria verdadeiro ou não.

Na segunda atividade, receberam um novo texto de Galileu, descrito no seu livro *“Discursos sobre duas novas Ciências”* (apud, KOYRÉ, 1991, p. 211), descrevendo a experiência do plano inclinado. Cabia aos grupos reproduzir o experimento descrito por Galileu, utilizando uma das sugestões para medir tempo sem o uso do relógio, apresentadas no primeiro encontro, devendo, nesse momento, apenas relatar suas dificuldades e avaliar se os resultados a que chegaram poderiam ser considerados adequados. O objetivo foi mostrar o quanto é importante situar os trabalhos estudados em seu contexto cultural e social, inclusive apontando suas possíveis limitações. Compreender a importância de interpretar o conhecimento científico à luz da sua época e também das épocas que o precederam. Pois, como

argumenta Koyré, “é igualmente essencial integrar, na história de um pensamento científico, a maneira como ele se compreendia a si mesmo e como se situava em relação ao que o precedia e ao que o acompanhava” (1991, p. 13).

E o resultado foi unânime. Todos relataram dificuldades semelhantes, como: se a rampa estava muito inclinada, a bolinha rolava rápido demais e sem o uso de um relógio, medir tempo tornava-se uma tarefa difícil. Da mesma forma, quando solicitei que analisassem o grau de precisão de suas medidas e as realizadas por Galileu, concluíram não ser possível considerá-las adequadas, pois não havia condições, com os meios disponíveis, de se obter resultados corretos, como afirmou um dos grupos: “*Não, nem os nossos, nem os de Galileu, pois sem a utilização do relógio foi impossível encontrar resultados exatos, tivemos possibilidades de tempo, porém não algo comprovado, nada com certeza*”.

Na terceira e última atividade desse encontro, apresentei a continuação do mesmo texto, no qual Galileu estabelece a relação entre distância e tempo, solicitando aos alunos que procurassem elaborar algumas conclusões sobre o que haviam observado no decorrer da atividade experimental e na leitura. Aqui, houve maior diversidade de opiniões e conclusões sobre qual seria a proposta de Galileu com a realização do experimento do plano inclinado. Cinco grupos identificaram corretamente, a partir da experiência, o movimento e suas características; quatro concluíram que, na vertical, o movimento continua apresentando as mesmas características; outros quatro afirmaram que, mesmo os corpos sendo diferentes, ao caírem apresentarão o mesmo tipo de movimento como se estivessem deslocando-se na horizontal.

Para encerrar esse estudo, procurei resgatar os conceitos que haviam sido trabalhados durante as aulas. Para isso, utilizei um instrumento de avaliação, e convidei os alunos a responder algumas questões dissertativas sobre o que havia sido abordado, como:

1. *O que pensava Aristóteles a respeito do tempo de queda dos objetos leves e pesados, quando abandonados de uma mesma altura sobre a superfície da Terra?*
2. *O que você entende por resistência do ar?*
3. *Você acha que a resistência do ar atuante sobre os corpos em queda contribuiu para que Aristóteles chegasse a suas conclusões? Por quê?*
4. *Se você abandonar uma pedra e uma pena de ave simultaneamente da mesma altura, qual delas atingirá mais rapidamente o solo se:*
 - a) *a queda se der no vácuo?*
 - b) *a queda se der no ar?*
5. *Segundo Galileu, que tipo de movimento a pedra e a pena da ave terão em ambas as situações descritas na questão anterior?*
6. *Qual é, então, a explicação dada por Galileu para o comportamento na queda ser diferente?*

Conforme os grupos iam encerrando, solicitei que realizassem uma avaliação do projeto, não devendo se identificar.

A leitura dos relatórios elaborados pelos grupos apresentou os seguintes resultados, que, apesar de não serem definitivos, dão uma idéia de possíveis conclusões:

– Todos concluíram que a diferença no comportamento de queda dos corpos observada por Aristóteles não se devia à massa desses corpos, mas à sua área de contato com o ar.

– Todos concluíram que corpos diferentes, no vácuo, caem ao mesmo tempo e com a mesma velocidade.

– Dos sete grupos, apenas dois perceberam que na ausência da resistência do ar o movimento tem como uma de suas características a mesma aceleração (g).

V. A título de conclusão

Este artigo relata uma pesquisa cuja proposta era investigar até que ponto as idéias dos alunos do Ensino Médio sobre a queda dos corpos se assemelhavam às idéias de Aristóteles e de que forma a discussão e a realização dos experimentos de Galileu poderiam influir nas idéias desses estudantes.

Apesar de o assunto – Queda dos Corpos – fazer parte do conteúdo que já estava sendo desenvolvido em sala de aula, no contexto dos movimentos, ele ainda não havia sido, pelo menos formalmente, apresentado. Não houve uma aula introdutória. Os alunos deveriam, por meio das atividades sugeridas, chegar às suas próprias conclusões.

Assim, no referente ao primeiro objetivo, averiguar até que ponto as concepções dos alunos se assemelhavam as idéias de Aristóteles, percebi que ele foi, pelo menos parcialmente, confirmado. A maioria dos grupos (cinco de sete), apesar de já ter algum tipo de conhecimento sobre o que se desejava estudar, compartilhava de conceitos semelhantes aos de Aristóteles sobre o estudo dos corpos em queda. A única diferença que constatei foi a substituição do conceito de peso por densidade, mas a conclusão à qual os alunos chegaram foi análoga – corpos com pesos/densidades diferentes caem com velocidades diferentes, confirmando, de algum modo, a idéia de que, na maioria das vezes, os alunos já trazem consigo concepções muitas vezes semelhantes a modelos que a Ciência atual já considera superados, mas que ainda têm grande força no imaginário do aluno.

Uma possível explicação seria que o estudante e nós mesmos estamos acostumados a aceitar o mundo como ele se apresenta diante dos nossos sentidos. Como explica Koyré, ao justificar as razões de nos sentirmos à vontade com as idéias de Aristóteles:

Os fatos ou dados que servem de fundamento a essa elaboração teórica são muito simples e, na prática, nós os admitimos

exatamente como o fazia Aristóteles. Todos nós achamos sempre 'natural' ver um corpo pesado 'cair para baixo' (1991, p. 157).

Essa idéia aparece repetidas vezes nos depoimentos dos grupos, mesmo durante a realização das atividades. Observei, inclusive, alguns grupos hesitando entre o que estavam observando e o que eles acreditavam saber. E, muitas vezes, era justamente a realização do experimento que os encaminhava para respostas equivocadas.

A razão para esses equívocos poderia ser a dificuldade de abstrair a existência do ar e pensar em uma situação ideal na qual ele não existisse. Para o aluno (e para quem não o é), o ar existe, produz um efeito visível, sendo difícil ignorar, idealizar ou abstrair tal fato. Porém, houve um esforço para ir além disso, quando todos os grupos incorporaram em suas definições o conceito de resistência do ar, já que para a maioria, num primeiro momento, a causa da diferença de tempo na queda dos corpos se devia a sua maior ou menor densidade.

Quanto ao outro objetivo dessa pesquisa, tentar provocar uma desestabilização das concepções dos alunos sobre a queda dos corpos, acredito que ele também tenha sido parcialmente atingido, visto que a influência dos experimentos de Galileu nessas concepções foi pequena. A atividade final demonstra que, para alguns grupos, o movimento na vertical não apresenta as mesmas características do movimento na horizontal, repetindo-se explicações de que a forma, o volume e a densidade alterariam esse movimento. Houve muita confusão e dúvidas em perceber que, quando a rampa é colocada na vertical, as características do movimento não se alteram. Na verdade, hoje se questiona se o próprio Galileu teria trabalhado com ângulos maiores que 6° , significando que a extrapolação para o ângulo de 90° (queda livre) é um tanto temerária. Portanto, não é de se estranhar que para o aluno também tenha sido difícil entender essa questão.

Os alunos foram apresentados a dois tipos de experimentos realizados por Galileu: o experimento do pensamento (Simplicio x Salviati) e o do plano inclinado. A proposta não tinha por finalidade realizar medições que confirmassem as idéias defendidas por Galileu, mas que os estudantes pudessem, de alguma forma, vivenciar as dificuldades inerentes a um trabalho que pretendia ser científico.

Para tanto, coloquei-os em situações em que deveriam tentar entender e se fazer compreender ao explicar o significado das palavras de Salviati a Simplicio. Observei que não tiveram dificuldades, apesar da linguagem difícil do texto, de entender o que estava sendo explicado, mas novamente, ao tentarem transpor essas idéias para uma atividade experimental, confusões surgiram e recuos ocorreram.

Outra vez, a dificuldade de abstrair e idealizar. A idéia de que na ausência de ar, pela resistência que ele impõe, todos os corpos se comportariam da mesma forma não é citada pela maioria dos alunos. Portanto, mesmo que se reconheça o importante papel da experimentação no estudo dos fenômenos físicos, deve-se também reconhecer que a transposição para a teoria não é uma tarefa simples; ao contrário, possui grande complexidade, exigindo muita maturidade e envolvimento.

Em outra atividade, apresentei um novo texto, no qual Galileu descreve sua experiência do plano inclinado e afirma que “*a experiência foi repetida várias vezes para determinarmos exatamente o tempo gasto na descida*” (apud, KOYRÉ, 1991, p. 211). Em um primeiro momento, a proposta foi colocá-los em situação similar à de Galileu² para verificar se, nas condições descritas por ele, seria possível falar em exatidão de resultados.

O problema da medição foi a tônica dessa atividade: medir tempo apenas com os instrumentos sugeridos por Galileu, como o batimento do pulso, por exemplo. Percebi que os alunos foram categóricos em afirmar a impossibilidade de obtenção de medidas precisas: “*Não, porque o meio que utilizamos para medir o tempo de queda não é um tempo padrão, pois varia de pessoa para pessoa*” ou “*Não foram exatos, nem os de Galileu, porque naquela época a medição do tempo era muito rudimentar e imprecisa*”. Ao utilizar o plano inclinado, porém, perceberam que isto era possível porque o corpo se movia mais devagar, como comentam os mesmo grupos: “*Observa-se melhor o tempo de queda dos corpos, que seria mais lento*” e “*Diminuirá a velocidade daquele corpo para facilitar a medição do tempo*”.

Assim, quando pretendi trazer para a sala de aula exemplos como os de Aristóteles e Galileu, encontrava-se entre meus objetivos auxiliar o aluno a compreender suas próprias dificuldades percebendo que suas dúvidas foram as mesmas de grandes homens da Ciência em diferentes épocas e circunstâncias. Da mesma forma, pretendi mostrar, como esclarece Peduzzi, que “*o pensamento científico se modifica com o tempo, evidenciando que as teorias científicas não são ‘definitivas e irrevogáveis’, mas objeto de constante reflexão*” (2001, p. 158), pois o conhecimento está sendo constantemente reconstruído e questionado. Dando-se, então, ao aluno a oportunidade de conhecer o desenvolvimento das idéias e dos conceitos, ele poderá perceber que nada está realmente pronto, mas sim em constante construção ou, quem sabe, reconstrução. E que ele também pode tornar-se parte disso, saindo do papel de mero espectador para tornar-se agente/ator nesse processo de elaboração e construção do conhecimento.

O trabalho, no entanto, também tinha como intenção propiciar situações que visassem auxiliar o aluno a pensar e a chegar sozinho a conclusões. Porém, houve, no início do trabalho, o aparecimento de certa resistência a essa proposta de maior autonomia, pois fui constantemente chamada para confirmar respostas e observações que estavam sendo feitas pelos grupos. Essa situação aparece claramente na avaliação final de um dos grupos, quando, apesar de elogiarem o trabalho, pedem que a professora retome o assunto:

Gostamos do projeto, achamos uma forma mais divertida de aprender Física. É bastante produtivo, pois nós temos que chegar as

² Não utilizar nenhum tipo de relógio, mas apenas o material que foi disponibilizado (rampas de madeira e bolas).

respostas. Quando apenas nos dão as respostas apenas decoramos e logo esquecemos. Aprovamos desde que ao fim do trabalho a professora explique o conteúdo para que tenhamos certeza que a resposta obtida está certa (grifo do autor).

Ao analisar essas reações, pude chegar a uma primeira constatação, que mesmo não fazendo parte de meus objetivos iniciais, auxiliou-me a refletir sobre alguns dos aspectos que estão presentes no trabalho que realizamos em sala de aula.

Acostumados à metodologia do comando, alguns professores tendem a dirigir os alunos em seus trabalhos, não permitindo, muitas vezes, que pensem por si. Quando se solicita que trabalhem sozinhos, não sabem como começar e, quando iniciam, ficam tão inseguros que a única coisa que buscam são certezas, ignorando a relatividade da maioria das situações propostas. Em outros termos,

A insistência no ensino e na aula como didática fundamental, alimenta-se de um acervo de equívocos históricos e acadêmicos, entre eles [...] confundir educar com doutrinar, fazer a cabeça, conduzir, apelar, deixando o aluno como objeto de aprendizagem e manipulação (DEMO, 2000, p. 90).

São diversos os motivos para essa situação. Em muitos momentos, devido, quem sabe, a uma vida em que estamos sempre correndo contra o relógio, esquecemos que a sala de aula não é feita de mesas e cadeiras, mas de pessoas. Da mesma forma, na maior parte do tempo, estamos acostumados a ser ouvidos e a fazer tudo, acreditando que essa é a nossa função como professores. Torna-se, então, extremamente difícil ouvir e não fazer nada, ou seja, não interferir, não dirigir, não comandar. Observar os alunos caminharem com suas próprias pernas, escolher caminhos mais difíceis ou equivocados e não interferir exige um autocontrole e disciplina que não estamos acostumados a ter. Por essa razão, creio na importância de propiciar situações nas quais os alunos trabalhem de forma a chegar sozinhos a suas conclusões, para que possam reconstruir o conhecimento sem a constante interferência do professor.

Portanto, participar de uma experiência na qual os alunos foram os personagens principais foi algo extremamente gratificante e digno de ser repetido. São necessárias mais situações como essa para que professores possam se sentir alunos e estes possam vivenciar ser professores, pois acredito que só assim ambos poderão crescer e aprender.

Referências bibliográficas

ALVARENGA, B.; MÁXIMO, A. **Curso de Física**. 5. ed. São Paulo: Scipione, 2000. v. 1.

BORGES, R. M. R. **Em Debate: cientificidade e educação em ciências**. Governo do Estado do Rio Grande do Sul, Secretaria de Estado da Educação. Porto Alegre, 1996.

DEMO, P. **Pesquisa e Construção do conhecimento: metodologia científica no caminho de Habermas**. 4. ed. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 1994.

DRIVER, R. Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 4, n. 1, p. 3-15, 1986.

GALILEI, G. O Ensaíador (Trad.: Helda Barraco). **Coleção Os Pensadores**. São Paulo: Nova Cultural, 1996.

GIL PERES, D. La metodología científica y la enseñanza de las ciencias. Unas relaciones controvertidas. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 4, n. 2, p. 111-121, 1986.

JAPIASSU, H.; MARCONDES, D. **Dicionário Básico de Filosofia**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1996.

KOYRÉ, A. **Estudos da História do Pensamento Científico**. 2. ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1991.

MATTHEWS, M. R. História, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de aproximação. **Caderno Catarinense do Ensino da Física**, Florianópolis, v. 12, n. 3, p. 164-214, dez. 1995.

MEIRIEU, P. **Aprender... sim, mas como?** 7. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998

PEDUZZI, L. O. Q. Sobre a utilização da História da Ciência. In: PIETROCOLA, M. (Org.). **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001.

RONAN, C. A. **História Ilustrada da Ciência**. Rio de Janeiro: Universidade de Cambridge, Jorge Zahar Editor, 1987.

RUSSEL, B. **História do Pensamento Ocidental: a aventura dos pré-socráticos a Wittgenstein**. Rio de Janeiro: Ediouro, 2001.

SETTLE, T. B. **An experiment in the history of science**. Science, 1961.

THUILLIER, P. **De Arquimedes a Einstein**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1994.

VIENNOT, L. Spontaneous reasoning in elementary dynamics. **European Journal of Science Education**, v. 1, n. 2, p. 205-221, 1979.

ZYLBERSZTAJN, A. Concepções espontâneas em Física: exemplos em Dinâmica e implicações para o ensino. **Revista de Ensino de Física**, v. 5, n. 2, p. 3-16, 1983.