

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**O ENSINO E A APRENDIZAGEM DE FÍSICA:
Contribuições da História da Ciência e do Movimento das
Concepções Alternativas. Um estudo de caso.**

Maria José Fontana Gebara

Orientador: Prof. Dr. Décio Pacheco

Este exemplar corresponde à redação
final da dissertação defendida por Maria
José Fontana Gebara e aprovada pela
Comissão Julgadora.

Data: 22/10/2001

Assinatura: _____
(orientador)

Comissão Julgadora:

Para Bruno e Vitor.

AGRADECIMENTOS

Ao Décio, pela orientação desse trabalho.

Ao Ademir, companheiro em todos os momentos e principal incentivador, pela ajuda e determinação em me fazer acreditar que seria possível concluir essa Dissertação.

Ao meu pai, por tudo.

À Cidinha, por sua amizade e competência.

Ao CNPq, pelo suporte oferecido durante o Mestrado, iniciado em Física, mais tarde convertido em Aperfeiçoamento, cujos frutos foram colhidos nessa Dissertação.

RESUMO

Este trabalho se desenvolveu com alunos do Ensino Médio da cidade de Campinas, identificando as concepções alternativas sobre o fenômeno da queda dos corpos. As práticas pedagógicas emergentes a partir da análise dessas concepções incorporaram a História da Ciência como ferramenta didática, capaz de estimular e motivar o estudo da Física e de auxiliar o professor, na identificação dos entraves ao desenvolvimento de conceitos científicos, muitas vezes semelhantes aos obstáculos à aprendizagem apresentados pelos alunos

A pesquisa mostrou que determinadas formas de pensar, próximas do conhecimento do senso comum, estão fortemente arraigadas ao pensamento do estudante, tornando difícil a sua superação. Verificou-se também que este não é um problema local ou restrito a determinadas faixas etárias ou graus de escolaridade.

ABSTRACT

This work was carried on with high school students from Campinas city aiming to identify the alternative conceptions concerning the free fall of bodies. The pedagogical practices, emerging from the analysis of these conceptions, embodied the History of Science as a didactic tool intending to encourage and to motivate Physics studies, as well as helping teachers in the identification of the barriers to the development of scientific conceptions, frequently the same barriers are also presented in the students learning process.

Research shows that students thinking are closed to the common sense , they are deep rooted inside students thought, making difficult its over throwing. It was showed too that these is not a local or a confined problem to different age groups or school level.

ÍNDICE

Introdução.....	01
Capítulo 1: As perspectivas para o ensino de Física.....	08
Capítulo 2: A História da Ciência e as concepções.....	32
prévias dos alunos no estudo da queda dos corpos.	
Capítulo 3: A pesquisa.....	53
Considerações finais.....	86
Bibliografia	95
Anexos.....	101

Introdução

“É imensa a distância entre o livro impresso e o livro lido, entre o livro lido e o livro compreendido, assimilado, sabido! Mesmo na mente lúcida, há zonas obscuras, cavernas onde ainda vivem sombras”.

Gaston Bachelard

Em diferentes oportunidades, nesses dez anos de dedicação ao ensino no nível médio, nos deparamos com o desconforto dos estudantes frente aos conteúdos da Física.

São diversos os fatores apontados para justificar as dificuldades dos alunos. Física é habitualmente considerada uma matéria difícil, exigindo grande necessidade de abstração, alto grau de precisão lógica na resolução de problemas, sofisticação dos tipos de raciocínio requeridos e conhecimentos matemáticos.

Às dificuldades acima devemos acrescentar a questão das concepções alternativas dos alunos, ou seja, conhecimentos diferentes dos científicos, adquiridos através de suas experiências no cotidiano, trazidos para a sala de aula e que são resistentes ao ensino formal, possivelmente por fornecerem respostas satisfatórias para os fenômenos discutidos na escola. As pesquisas mais recentes têm alertado para a importância das concepções alternativas dificultando a aprendizagem, lembrando que estas aparecem relacionadas tanto à compreensão de conceitos como, por exemplo, massa, aceleração e *momentum*, quanto de princípios fundamentais e modelos, como as leis de Newton, leis de conservação, modelo atômico etc. (Clement, 1982).

A importância que essas dificuldades representam para a aprendizagem parece ser diretamente proporcional às dificuldades encontradas para detectá-las e identificá-las, pois, as concepções dos estudantes são muitas vezes mascaradas

pelo conhecimento superficial de fórmulas e suas técnicas de manipulação. De acordo com Clement (1982) não são apenas as dificuldades quantitativas, mais óbvias, que representam um problema, mas sim as qualitativas.

Sendo assim, as concepções alternativas constituem-se em um dos problemas centrais da aprendizagem, e uma das principais causas da ineficácia do ensino, pois, ignorando o ponto de vista dos alunos, apresenta os conceitos científicos com a percepção do adulto especializado, para uma platéia que tenta compreendê-los recorrendo a representações mentais, as quais, freqüentemente, pouco têm a ver com esses conceitos.(Santos, 1991, p.91-2).

É, então, fundamental, através de uma investigação específica, detectar e avaliar as concepções prévias dos estudantes, pois esse é o primeiro passo para sua transformação em concepções científicas.

Para que essa mudança conceitual ocorra faz-se necessário utilizar novas estratégias, pois os estudantes não deixarão facilmente seu confortável paradigma pré-científico, visto que este fornece respostas satisfatórias às questões que lhes são colocadas, segundo a “lógica de seu conhecimento/pensamento”.

Embora respaldados por colegas professores, trabalhando com dedicação na forma tradicional, e por “tantos alunos que aprendem dessa maneira”, cresce a importância de promover um ensino mais envolvente, capaz de trazer encantamento para as maltratadas aulas de Física, preparar e conquistar mais jovens para a Ciência.

A História da Ciência aparece como um importante subsídio ao ensino de Física em pesquisas sobre as formas de raciocínio dos estudantes. Seja porque *“de um modo geral, as concepções alternativas fazem recordar concepções históricas da ciência. Sugerem conceitos científicos já ultrapassados”* (Ibid., p.113), antecipando os entraves à aprendizagem, seja porque torna as aulas mais motivadoras, mostrando a Física como construção humana.

Não se trata de trocar a Física pela sua História, mas usar de diferentes instrumentos pedagógicos, caso contrário justificaremos as palavras de Zanetic¹:

Não se deve olhar para a História da Ciência como uma panacéia para o ensino. Houve uma época em que se pensava que o ensino estava ruim porque não havia laboratório. Fizeram laboratório e continuou ruim. Em outra época, o problema era não haver livro didático: veio o livro didático e não melhorou, ao contrário, piorou. Estudo dirigido, ensino integrado, instrução programada... foi tentado tudo e se constatou que não existe panacéia. A gente pode substituir o ensino de física atual pela história e nos vestibulares, daqui a três anos, se deparar com a pergunta: quando é que nasceu Newton? (1988).

Essas inquietações motivaram o trabalho, na tentativa de melhorar nosso desempenho como professora. Vale dizer que, naquele momento, acreditávamos, verdadeiramente, que um bom laboratório de ensino, onde as “demonstrações” dos professores e os experimentos “realizados” pelos alunos tivessem lugar, resolveriam todos os problemas da aprendizagem. Não víamos o ensino como um problema mais amplo.

Uma visão quase ingênua das relações entre aluno – professor – ensino - aprendizagem foi substituída pela certeza de que nada pode ser esquecido ou menosprezado. Tão importante quanto o ensino é a aprendizagem, professor e aluno dividem as mesmas angústias, analisadas por ópticas diferentes: um sentindo-se incapaz de fazer-se compreender, o outro de entender.

E o importante é que a maneira simplista de encarar o ensino, considerando o domínio do conteúdo condição suficiente para tornar físicos, químicos e biólogos bons professores, foi abandonada. Não se trata de desprezar o conhecimento científico disciplinar, indispensável para qualquer profissional que pretenda ensinar.

¹ João ZANETIC, 1988, (mesa redonda) apud Maria Clotilde Corrêa CURADO *Ação pedagógica em Física no ensino médio: contribuições da História da Ciência – um estudo de caso*. Dissertação de mestrado. FE. Unicamp, 1999 p.123

lo. Desprezá-lo seria um erro tão grande quanto os que vêm sendo cometidos; trata-se sim de tentar "humanizá-lo", mostrando que sua construção foi o resultado da dedicação e do empenho de gerações de cientistas.

Dentro desse cenário investigaremos quais concepções alternativas os alunos apresentam sobre os fenômeno da queda dos corpos, e verificaremos até que ponto, procedimentos didáticos que levem em consideração a História da Ciência contribuem para uma mudança conceitual.

Com nosso interesse principal voltado para as Ciências Naturais, particularmente a Física, pudemos conhecer uma parcela das pesquisas produzidas nos últimos anos. Isso mostra o quanto é pequena a fração dos trabalhos acadêmicos que efetivamente chegam ao conhecimento da comunidade e, conseqüentemente, à sala de aula.

Trabalhos mais recentes apontam para uma preocupação maior com esse fato, evidenciando a importância da adesão dos professores, sem o que as alterações propostas para o ensino não passarão de medidas burocráticas. Tentamos, neste trabalho, não perder de vista nosso interlocutor - o professor - que, com sua prática pedagógica, testará o alcance desta proposta. Sem esse referencial claro nos limitaremos a produzir apenas mais um trabalho, bem intencionado, sem dúvida, mas sem relevância.

Em dez anos de trabalho no Ensino Médio, tivemos a oportunidade de observar alunos que, submetidos a avaliações tradicionais, apresentavam respostas satisfatórias aos exercícios propostos, via de regra quantitativos. Contudo, frente a avaliações de abordagem qualitativa, onde se buscava a compreensão dos conceitos, as respostas deixavam os conhecimentos científicos ao largo. Curiosos por entender os mecanismos que levam a essa situação e buscando padrões que pudessem explicá-la, tornamos a inclusão de questões essencialmente qualitativas uma prática comum em nossas avaliações.

Dada a importância, para o professor, do conhecimento prévio dos alunos, apresentaremos neste trabalho algumas das concepções alternativas, relatadas por estudantes brasileiros sobre a queda dos corpos, fenômeno escolhido por sua

importância histórica, diretamente relacionada à visão de mundo dos cientistas do passado.

Com esses objetivos, discutiremos no primeiro capítulo como os problemas envolvendo ensino de forma geral, e o de Física em particular, estruturam-se no Brasil, indicando o processo de revisão constante das Leis de Diretrizes e Bases da Educação (LDB), ao mesmo tempo em que estas mudanças legais têm se mostrado para os professores totalmente arbitrárias, e, para os alunos, ineficientes.

Enquanto isso, multiplicam-se os artigos, dissertações e teses voltados para os problemas do ensino, evidenciando a gravidade da questão. Megid Neto e Pacheco (1998) investigaram e organizaram os trabalhos produzidos no Brasil sobre o ensino de Física, dentre os quais destacamos a linha que pesquisa a *“Física formal e concepções espontâneas”*.

Segundo os autores (Megid Neto e Pacheco, 1998) os trabalhos realizados no Brasil partem da contradição entre os conceitos formais, transmitidos aos estudantes no ensino de Física, e os conceitos alternativos por eles apresentados, muitas vezes após anos de escolaridade. Os autores não abordaram as pesquisas sobre História da Ciência e ensino porque, no período observado, estas voltavam-se basicamente para o terceiro grau, e seu interesse concentrava-se no Ensino Médio.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNs), baseados no texto da LDB/96, também destacam a História da Ciência e as concepções alternativas apresentadas pelos estudantes como novos e indispensáveis recursos didáticos.

No segundo capítulo apresentaremos o levantamento bibliográfico dos trabalhos produzidos no Brasil e em outros países, enfatizando as relações entre o ensino de Física, a História da Ciência e o Movimento das Concepções Alternativas.

Uma parcela significativa dos trabalhos, na linha de investigações envolvendo a História da Ciência e as concepções alternativas, sugere a

existência de paralelismo entre as pré-concepções dos estudantes e modelos históricos da Ciência que foram abandonados ou modificados.

Nessa linha temos investigadores que acreditam encontrar “*na evolução genética das concepções uma recapitulação da evolução histórica*” (Santos, 1991, p.114) e há os “*que desconfiam de qualquer aproximação*”. Entre uns e outros, situam-se proposições segundo as quais as idéias dos alunos não podem recapitular a História dos conceitos de uma dada disciplina, embora existam semelhanças suficientes para que a História da Ciência possa esclarecer a aprendizagem das Ciências” (Cf. Santos, 1991, p.114).

No terceiro capítulo, apresentaremos os resultados de uma pesquisa empírica, realizada com um grupo de cinquenta e cinco alunos, da segunda série do Ensino Médio de uma escola privada de Campinas.

A pesquisa partiu de dois levantamentos das concepções alternativas apresentadas pelos estudantes sobre o movimento de queda dos corpos. As sondagens (chamadas de “pré-teste” e “pós-teste”) foram realizadas através de questionários respondidos por escrito, intercaladas por um módulo de seis aulas, no qual a apresentação do conteúdo foi definida a partir das principais concepções apresentadas.

Elaboramos uma classificação para as respostas, ilustrada com exemplos retirados dos testes aplicados, facilitando a verificação das tendências. Para uma visão mais detalhada transcrevemos nos anexos, integralmente, todas as respostas. Os mesmos procedimentos foram utilizados nas duas sondagens, possibilitando uma comparação entre os dois momentos.

É importante ressaltar que essa classificação incorpora a convivência com os alunos e inclui dados que não aparecem de forma explícita nas respostas. Seguramente existem outras leituras possíveis para as respostas apresentadas, que pode levar a diferentes classificações.

As considerações finais são apresentadas comparando os resultados da pesquisa empírica (capítulo III), sobre as concepções alternativas, com as

concepções identificadas em estudantes de outros países, com diferentes faixas etárias e diferentes níveis de escolarização.

As perspectivas para o Ensino de Física

As perspectivas para o Ensino de Física

Então eu digo que uma das primeiras coisas a me chocar quando cheguei ao Brasil foi ver garotos da escola elementar em livrarias, comprando livros de física. Havia tantas crianças aprendendo física no Brasil, começando muito mais cedo do que as crianças nos Estados Unidos, que era estranho que não houvesse muitos físicos no Brasil – por que isso acontece? Há tantas crianças dando duro e não há resultado.

Richard Feynman

A cada final de ano uma nova legião de estudantes termina o Ensino Médio e, estatísticas do governo têm demonstrado, esse número deve aumentar de forma considerável num futuro próximo. Uma parte desses jovens entrará diretamente no mercado de trabalho, outra irá se aventurar nos vestibulares, procurando seu lugar nas universidades, públicas e particulares.

Em que medida o período escolar formal, quando são adquiridos os conceitos científicos básicos, únicos para aqueles que não seguirão os estudos nas universidades ou que ingressarão diretamente no mercado de trabalho, contribui para uma melhor qualidade de vida ou compreensão do mundo em que vivemos?

Embora a vida da maioria das pessoas seja hoje dependente da tecnologia, o Ensino Médio, que é a etapa final da formação básica do cidadão, não tem sido capaz de promover adequadamente a capacitação desses jovens para a tomada de decisões, compreensão, construção e participação no controle dos conhecimentos científicos. Para não irmos tão longe, até mesmo a discussão da importância da aprendizagem das Ciências, enquanto parte da cultura humana, passa longe dos bancos escolares.

No ensino das Ciências básicas as dificuldades são inúmeras, e entre elas a Física é das que tem pior receptividade entre os jovens, sendo o desastre ainda maior, pois sentem-se expostos a um conhecimento sem aparente utilidade prática e desvinculado da realidade. Para eles o grau de dificuldade é muito grande e sua apresentação de forma quantitativa, matematizada, a torna sem nenhum atrativo.

Introduzida no Brasil como disciplina do currículo escolar em 1837 no Colégio Pedro II, do Rio de Janeiro, o processo de ensino-aprendizagem de Física pouco mudou em mais de 160 anos. A “transmissão dos conhecimentos” acontece através de aulas expositivas, com pouca ênfase às atividades experimentais, uso indiscriminado do livro didático e grande enfoque na resolução de exercícios memorísticos (Megid Neto e Pacheco, 1998, p.6-7).

Aulas expositivas, apelo à memorização, segmentação e verdades absolutas são diferentes enfoques que tentam explicar as dificuldades, como vemos permanentes, no ensino e na aprendizagem de Física.

Com o objetivo principal de preparar os jovens para os exames vestibulares, esse acaba sendo *“um ensino que apresenta a Física como uma ciência compartimentada, segmentada, pronta, acabada, imutável”* (Ibid., p.7).

O ensino de Física é, com certeza, um desafio não apenas no Brasil como em vários outros países do mundo e observamos nos jovens mais que simples desinteresse, na verdade existe descontentamento, provocado pelo sentimento de incapacidade para compreender a “Ciência escolar”.

Em matéria recente publicada no jornal *O Estado de São Paulo*, por ocasião da abertura da série Colóquios em Ensino de Ciências, na 53^a. Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, o diretor da American Association for Advancement of Science (AAAS), George Nelson, fez um diagnóstico do ensino de Ciências nos Estados Unidos com conclusões que podem ser facilmente aplicadas ao Brasil. *“A primeira delas é o despreparo dos professores para acompanhar o avanço da ciência. Depois, que eles têm dificuldades de entender que seu objetivo não é apenas o de encher as cabeças dos alunos com informações. Na verdade, os estudantes têm conhecimentos,*

*mesmo que errados*¹. Segundo ainda as propostas apresentadas durante a reunião, os professores devem partir desse conhecimento trazido pelos alunos para realizar seu trabalho.

O conferencista concluiu dizendo que o ensino formal por ser meramente informativo e não formativo, *“enche o aluno de informações, mas não forma um cidadão preparado para lidar com os avanços da ciência, principalmente em relação aos aspectos tecnológicos que afetam o seu dia-a-dia, como o uso de um caixa eletrônico”*.

Um dos objetivos da AAAS é, através do projeto *“Ciência Para Todo Americano em 2061”*, iniciado há 10 anos, garantir o acesso de todo cidadão aos conhecimentos científicos e sua familiarização com a tecnologia.

Esse trabalho inspirou o lançamento do Projeto Brasil 2006, durante a 53^a. Reunião Anual da SBPC, que é, na verdade, uma carta de intenções dos cientistas *“cansados de verem gerações de brasileiros sem acesso a informações básicas sobre ciências”*². Segundo notícia divulgada pela imprensa, o ano de 2006 foi escolhido de maneira simbólica, por ser o prazo máximo definido pelo governo para que todo professor do país tenha curso superior, pois ainda existem dezenas de milhares de professores leigos, o que significa, segundo a matéria, ensino científico ruim em muitas escolas.

Nos anos de 1949 e 1951, o professor Feynman esteve no Brasil e suas observações sobre o sistema educacional brasileiro, provavelmente, seriam as mesmas, caso a sua visita acontecesse hoje. Através de exemplos, retirados de sua experiência com o ensino de terceiro grau no país, ele relata uma das principais dificuldades encontradas com os estudantes brasileiros: *“Depois de muita investigação, finalmente descobri que os estudantes tinham decorado tudo, mas não sabiam o que queria dizer. (...) Tudo estava totalmente decorado, mas nada havia sido traduzido em palavras que fizessem sentido”* (2000, p.238).

¹ Evanildo DA SILVEIRA *Geneticista cancela conferência na SBPC por falta de segurança*. O Estado de São Paulo, 15.7.2001, p.A-13, c. Geral

² Eduardo NUNOMURA *2006, o ano em que o Brasil saberá ensinar ciência*. O Estado de São Paulo, 16.07.2001, p. A7, c. Geral.

Por diferentes ângulos, em diferentes lugares e momentos, identificam-se inúmeras dificuldades no ensino de Física.

Após muitos anos trabalhando como professora do Ensino Médio, infelizmente concordamos com a maior parte das afirmações acima, contudo, gostaria de enfatizar que, de maneira aparentemente contraditória, para os docentes as ofertas de atualização de conhecimentos são limitadas. Quando essas oportunidades aparecem, assistimos a um comparecimento maciço desses profissionais do ensino, dado o grande interesse.

Em dezembro de 2000, o Instituto de Física da Unicamp (Campinas - SP) realizou a I Oficina de Física Moderna, voltada para professores de Ensino Médio, e, para “surpresa” dos organizadores, houve um tal número de inscrições, inclusive com professores de outros estados, que se fez necessária a realização da II Oficina (na verdade, uma repetição da primeira, para poder atender aos que não conseguiram vagas).

Um outro fato sempre reiterado em relação ao ensino de Física é que a formação científica de nossos jovens é insatisfatória, poucos são os que apresentam resultados e perspectivas satisfatórias, apreendem as informações, e, mais importante, transferem o que aprenderam para situações práticas de suas vidas.

Justamente por ser esta uma formulação crítica dos professores sobre os alunos, nós, professores de Ciências devemos procurar responder à pergunta “*para que ensinar ciência?*”. Só então vamos justificar para o jovem a necessidade de aprendê-la. Segundo um dos mais conceituados historiadores vivos, Hobsbawm, “*nenhum período da história foi mais penetrado pelas ciências naturais nem mais dependente delas do que o século XX. Contudo, nenhum período, desde a retratação de Galileu, se sentiu menos à vontade com elas*” (1995, p.504).

O desconforto explicitado acima talvez possa ser explicado em função do distanciamento que o cidadão comum tem do conhecimento científico. No entanto, os produtos e os subprodutos das pesquisas científicas traduzem-se quase que

imediatamente em tecnologia e estão ao alcance do não-cientista para ser utilizados sem qualquer exigência de conhecimento especializado, ou, nas palavras de Hobsbawm *“as máquinas de fax são projetadas para uso por pessoas que não têm idéia de como a máquina em Londres reproduz um texto que foi posto nela em Los Angeles. Não funcionam melhor quando operadas por professores de eletrônica”* (1995, p.510).

Mesmo que o uso da tecnologia dispense qualquer qualificação científica, não podemos deixar de estabelecer um debate sobre o desenvolvimento da Ciência atual, que é hoje uma de nossas mais importantes instituições, e suas relações com o poder. O poder é algo que deve ser partilhado em uma sociedade democrática.

Quando passamos por uma mudança radical de paradigma, a nossa função é também preparar o jovem para esse processo e esse novo momento. Ele deve ser capaz de compreender quais implicações as descobertas científicas, rapidamente transformadas em tecnologia, terão em sua vida. Para isso é necessário algum conhecimento científico, que não precisa necessariamente passar pelo domínio de sua linguagem mais complexa, seu formalismo matemático, mas deve permitir a compreensão de suas conseqüências para o cotidiano das pessoas. Afinal, entender seu mundo e participar das decisões é o que chamamos cidadania, é também uma forma de participar do poder.

Tendo em vista a importância da aprendizagem de Ciências, e mais especificamente no nosso caso, da Física, em tantos e diferentes campos, e tendo em vista a política de construção de uma sociedade participativa, hoje irremediavelmente ligada ao desenvolvimento tecnológico, vejamos como esse processo foi implementado e desenvolvido nas escolas brasileiras.

As diretrizes do ensino de Ciências

O ensino de Ciências e a sua didática constituem-se hoje em campos de conhecimento com identidade própria, que mantêm estreitas e indispensáveis relações com os campos das Ciências (Física, Química e Biologia) bem como da Educação. A Didática das Ciências traz ao conhecimento dos futuros professores as mais recentes pesquisas sobre o ensino e suas instâncias de divulgação, como periódicos, congressos e seminários. (Furió e Gil-Perez, 1998).

Torna-se cada vez mais evidente na formação um bom professor que o domínio do conteúdo, aliado ao “dom” de ensinar não é mais suficiente. Inteirar-se das recentes pesquisas sobre o ensino/aprendizagem de Ciências é condição fundamental para uma boa formação inicial e continuada de qualquer profissional.

Para entender as necessidades de formação e qualificação de profissionais dessa área que hoje se caracteriza como um campo social de produção de conhecimento, Franco e Sztajn (1998) traçaram um panorama do ensino de Ciências e Matemática no Brasil, merecedora de maior atenção a partir de 1946, com a criação do Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura (IBEEC). Esse instituto, em meados do século passado, desenvolvia atividades extra-escolares com professores e alunos. Foi, porém, com a criação de programas de Pós-Graduação em Ensino de Ciências na Universidade de São Paulo e na Universidade do Rio Grande do Sul, no início da década de 70 que a pesquisa nacional na área ganhou novos rumos (Megid Neto e Pacheco, 1998, p.5).

Com a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, de 1961, houve a introdução do curso de Ciências no antigo ginásio e o aumento da carga horária no secundário, atual Ensino Médio, criando-se assim uma necessidade maior de formação de professores nessa área (Franco e Sztajn, 1998). Além disso, ou junto com isso, durante a década de 60, os Estados Unidos da América, e alguns países da Europa, introduziram reformas curriculares, principalmente no ensino de Ciências, motivadas sobretudo pela “Guerra Fria”, culminando com o lançamento

do Sputnik, pela antiga União Soviética. Tratava-se de uma corrida visando ao domínio tecnológico, provavelmente iniciado com a bomba atômica.

Nesse período, o Brasil firmava convênios com a Organização dos Estados Americanos (OEA) para formar professores capazes de ensinar os novos conteúdos de Ciências e Matemática, adequados aos novos tempos, bem como projetos de capacitação docente e produção de materiais didáticos, com financiamento internacional (USAID, Fundação Ford e BIRD), sendo que o desenvolvimento desses projetos passou a caracterizar, com a reforma universitária, a extensão universitária (Franco e Sztajn, 1998).

A partir de 1983, ainda financiados pelo BIRD, com o objetivo de promover a criação de uma comunidade no país voltada para a área de ensino de Ciências e Matemática, é criado o Subprograma Educação para a Ciência, que apoiou a formação e consolidação de grupos de pesquisas na área, a publicação de periódicos e o treinamento e a formação de professores, incluindo a concessão de bolsas de estudo para mestrado e doutorado no exterior.

Desde então, a organização dos pesquisadores em “Sociedades”, como a Sociedade Brasileira de Física (SBF) e a Sociedade Brasileira de Educação Matemática (SBEM), tem permitido a publicação de periódicos³ para a divulgação das pesquisas e trabalhos realizados, bem como a realização de “Encontros”⁴, possibilitando a discussão do conhecimento acadêmico produzido. Franco e Sztajn (1998) destacam o espaço que vem sendo conquistado pelo ensino de Ciências através do financiamento de doutorados no exterior, em especial na área de ensino de Física, relacionados principalmente com a área da Educação.

Ainda que esse retrospecto aponte na direção de progressos significativos para o ensino de Física, constatamos um quadro preocupante, em que tanto a formação inicial, quanto a continuada dos professores está aquém do desejável e,

³ Revista de Ensino de Física, surgida em 1979; Temas e Debates, 1988; A Educação Matemática em Revista, 1993,

⁴ Simpósio Nacional de Ensino de Física, 1970; Encontro dos Pesquisadores em Ensino de Física, 1986; Encontro Nacional de Educação em Matemática, 1987; Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, 1997.

sem dúvida alguma, contribui de forma significativa para a baixa qualidade do ensino.

No Brasil, a grande imprensa tem destacado ultimamente questões relativas ao ensino e à formação inadequada de professores⁵, mas, na verdade, há décadas, os problemas vêm se acumulando em consequência tanto de uma política educacional ineficiente, da formação inadequada de professores, da desvalorização dos profissionais da educação (Rinaldi e outros, 1997), quanto das dificuldades postas pela dimensão territorial e populacional crescentemente incorporadas ao ensino público básico.

A desvalorização não se reflete apenas nos baixos salários, que obrigam o professor a jornadas de trabalho desumanas, mas também na inexistência de um programa de formação permanente, através do qual sejam corrigidas as falhas de sua formação inicial e ele possa sentir-se preparado para trabalhar com as novas tecnologias e ferramentas, principalmente o professor das Ciências Naturais, já que se trata da questão de motivar o crescimento e o trabalho do profissional da educação.

Se por um lado o domínio do conteúdo a ser ensinado deve fazer parte da formação inicial do professor (exceção feita às atualizações decorrentes do próprio avanço científico), temos por outro lado muitos aspectos pedagógicos, relevantes para a prática docente, que devem ser continuamente revistos. Antes de estar inserido em sua prática profissional, a “sala de aula” aparece como um lugar idealizado, onde é possível “transmitir conhecimentos” para uma plateia atenta e curiosa, com as mentes vazias, prontas para absorver o conhecimento acumulado por gerações.

O caso da Física é grave, uma vez que aos problemas relativos à qualidade da formação dos professores somam-se os da quantidade de profissionais formados. O número de professores licenciados a cada ano não é suficiente para

⁵ Em matéria publicada dia 19/07/2001 no jornal *O Estado de São Paulo* (p.A12, c. Geral), assinada por Marta AVANCINI, é destacada a baixa qualificação dos docentes brasileiros. Em uma comparação entre 47 nações, entre as quais estão a Malásia, Indonésia, Peru, Tailândia, etc., realizada pela Unesco e pela Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE), ficamos à frente apenas da China e da Tunísia.

suprir o mercado, sendo então as vagas nas escolas, principalmente as públicas, preenchidas por licenciados em Matemática, Química ou por engenheiros, que, a título precário, encarregam-se da disciplina.

Em 15/03/2000, o jornal *O Estado de São Paulo* sob o título “*MEC vai acelerar formação de professores*”⁶, comentava os aspectos que vêm assustando o governo: nos últimos quatro anos o número de matrículas aumentou 57% no Ensino Médio, mas segundo o secretário de Educação Média e Tecnologia do MEC, Rui Leite Berger Filho, “*onde achar professores, por exemplo, de matemática, física e geografia?*”, que são as áreas de maior carência de docentes.

O Ministério da Educação pensa em acelerar a formação e a capacitação de professores do Ensino Médio concedendo bolsas para cursos de licenciatura em universidades privadas e investindo no ensino à distância. Ao que parece, recursos destinados a esses propósitos existirão, resta saber se serão adequadamente aplicados e se esses recursos, além de financeiros, têm um prazo de maturação compatível com as necessidades das gerações que já estão enfrentando as conseqüências do problema.

Nessa mesma edição do jornal o professor Antônio Joaquim Severino⁷, da Faculdade de Educação da USP, colocava seu temor quanto à pressa com que esses projetos de capacitação são desenvolvidos, lembrando que “*a mudança de mentalidade de um professor é um processo lento e difícil*” e que “*titular as pessoas não significa necessariamente qualificá-las.*” Também no texto dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) explicita-se a preocupação com essa questão, lembrando que “*entre os maiores desafios para a atualização pretendida no aprendizado de Ciência e Tecnologia, no Ensino Médio, está a formação adequada de professores*”(PCNs: Ensino Médio, 1999, p.263).

Enquanto questões importantes no nosso entendimento, tais como formação e valorização profissionais, não forem tratadas adequadamente,

⁶ MEC vai acelerar formação de professores. *O Estado de São Paulo*, 15/03/2000, Caderno Geral, p. A17

⁷ EDUCADOR teme “pressa” em projetos. *O Estado de São Paulo*, 15/03/2000, Caderno Geral, p. A17

veremos reformas educacionais implantadas, buscando a tão sonhada excelência de qualidade do ensino, fracassarem.

Em 1996, foi promulgada a nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, prevendo em seu artigo 26 que *“os cursos do ensino fundamental e médio devem ter uma base nacional comum, a ser complementada, em cada sistema de ensino e estabelecimento escolar, por uma parte diversificada, exigida pelas características regionais e locais da sociedade, da cultura, da economia e da clientela”* dividindo o conhecimento escolar em três áreas – Linguagens, Códigos e suas Tecnologias; Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias; Ciências Humanas e suas Tecnologias. Os critérios adotados para essa divisão sugerem que, conhecimentos que compartilham do mesmo objeto de estudo, visando à interdisciplinaridade dentro da prática escolar, devem ser norteados pelos mesmos princípios.

A nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, lei 9.394/96, determina em seu artigo 21 que a educação escolar compõe-se de:

I – Educação básica, formada pela educação infantil, ensino fundamental e ensino médio;

II – Educação superior.

Os objetivos estabelecidos na Lei de Diretrizes e Bases de 1996 (LDB/96) foram aprofundados pelo Conselho Nacional da Educação em 1998⁸, e contudo, temos um Ensino Médio carente de identidade, pois nem prepara o jovem para

⁸ *“A partir da lei de Diretrizes e Bases de 1996 (lei 9394/96) que instituiu o Ensino Médio – antigo 2º grau – como parte integrante da educação básica, fica assegurada a todo brasileiro o direito a essa etapa da formação escolar.*

O Ensino Médio deve se responsabilizar pela formação de indivíduos capazes de enfrentar problemas e situações novas, com habilidades que permitam continuar aprendendo fora dos muros escolares e com reflexão crítica sobre a realidade social, especialmente, no que diz respeito às mudanças impostas pelo avanço tecnológico.

Esse perfil está descrito nas Diretrizes Curriculares Nacionais Para o Ensino Médio, elaborada pelo Conselho Nacional de Educação em junho de 1998, e complementada pela lei que torna obrigatória a reformulação do Ensino Médio em todas as escolas do País”

“NOVO ENSINO MÉDIO. Uma reflexão sobre a implantação do ensino Médio a partir dos PCNs” (São Paulo – 3 a 5 de dezembro de 1999, na Fundação Getúlio Vargas)

desempenhar uma função profissional, nem busca de forma significativa sua formação cultural.

No nosso entendimento, ainda que legalmente, todos os estabelecimentos de Ensino Médio devam se pautar pela LDB/96, que confere ao antigo 2º. grau uma nova identidade, de Educação Básica, é na Lei nº 5692/71, anterior à atual, que encontramos, ainda hoje, as características mais marcantes desse nível. A lei 5692/71 estabelecia que *“o 2º. grau se caracterizava por uma dupla função: preparar para o prosseguimento de estudos e habilitar para o exercício de uma profissão técnica”* (PCNs: Ensino Médio, 1999, p.22).

Com essa nova perspectiva iniciaram-se as discussões, em 1997, por parte de equipes de educadores e especialistas, reunidos pelo Ministério da Educação e Cultura, para definir quais seriam os objetivos educacionais do Ensino Médio em relação aos conteúdos básicos de cada área. Foram então divulgados os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, em 1999, contendo as orientações básicas para a reforma do ensino e estabelecendo as habilidades e as competências que, espera-se, sejam adquiridas pelos alunos na aprendizagem das disciplinas.

Usando como referência legal a Lei de Diretrizes e Bases para o Ensino Nacional, foram elaborados os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), primeiramente para o Ensino Fundamental, em seguida para o Ensino Médio, que são apresentados ao professor em carta introdutória do texto oficial, pelo Ministro da Educação⁹ como *“o resultado de meses de trabalho e de discussão realizados por especialistas de todo o país”* (PCNs: Ensino Médio, 1999, p.11).

O texto-base dos PCNs para o Ensino Médio (p.17-19), descreve o processo de trabalho que levou à elaboração dessas diretrizes básicas para o ensino. Não pudemos deixar de, novamente, nos surpreender com a tímida participação dos professores que atuam efetivamente nesse nível de ensino. A primeira versão da proposta de reforma, elaborada por Ruy Leite Berger Filho e

⁹ Prof Dr. Paulo Renato de SOUZA.

pela professora Eny Marisa Maia¹⁰, foi discutida “*por professores universitários com reconhecida experiência nas áreas de ensino e pesquisa, os quais atuaram como consultores especialistas*” (idem, p.17), e, em seguida, juntaram-se à equipe de especialistas, representantes de todas as Secretarias Estaduais de Educação.

Na fase dos debates, com o objetivo de permitir uma análise crítica do material e promover o aperfeiçoamento dos documentos, os textos preliminares foram colocados em discussão pelos consultores especialistas entre professores de outras universidades e, agora sim, entre professores e técnicos que atuavam no Ensino Médio.

Concomitantemente à reformulação dos textos teóricos que fundamentavam cada área de conhecimento, foram realizadas duas reuniões nos Estados de São Paulo e Rio de Janeiro com professores que lecionavam nas redes públicas, escolhidos aleatoriamente, com a finalidade de verificar a compreensão e a receptividade, em relação aos documentos produzidos.
(idem, p.19).

Não nos colocamos aqui na posição de críticos das idéias apresentadas nos PCNs, pelo contrário, utilizamos algumas das estratégias de ensino propostas mesmo sem o conhecimento prévio do texto, o que mostra nossa concordância com essas sugestões. No entanto, ainda que o diálogo com os professores de Ensino Médio tenha sido mais expressivo do que a leitura do texto deixa transparecer e que a imposição de novas mudanças seja mais aparente do que real, o problema do envolvimento de quem, efetivamente, implementará as reformas educacionais, na sala de aula, com a elaboração das novas regras ainda persiste.

Salientamos contudo, que o grupo responsável pelas discussões específicas da área das Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias,

¹⁰ Na época, respectivamente diretor do Departamento de Desenvolvimento da Educação Média e Tecnológica e coordenadora do projeto.

mostrou-se consciente das dificuldades de implantação de novas normas relativas à Educação:

A educação em geral e o ensino das Ciências da Natureza, Matemática e das Tecnologias não se estabelecem como imediata realização de definições legais ou como simples expressão de convicções teóricas. ... As idéias dominantes ou hegemônicas em cada época sobre a educação e a ciência, seja entre os teóricos da educação, seja entre as instâncias de decisão política, raramente coincidem com a educação efetivamente praticada no sistema escolar, que reflete uma situação real nem sempre considerada, onde as condições escolares são muito distintas das idealizadas. (PCNs: Ensino Médio, 1999, p.261)

Essas dificuldades não são novas ou exclusivamente brasileiras, como percebemos pelas palavras de Durkheim sobre o sistema educacional francês no final da década de trinta, do século XX:

Mas não é só isso. O ensino secundário está atravessando, há meio século, uma crise que ainda não chegou à sua conclusão e parece estar longe disso. Todo mundo sente que não pode continuar sendo o que é, mas sem ver ainda com clareza o que poderá tornar-se. Daí todas essas reformas que se sucedem quase que periodicamente, que se completam, corrigem-se, às vezes também se contradizem umas as outras, atestando ao mesmo tempo as dificuldades e a premência do problema. (...) Por toda a parte, pedagogos e homens de Estado estão conscientes de que as mudanças ocorridas na estrutura das sociedades contemporâneas, em sua economia interna, bem como nas suas relações externas, necessitam transformações paralelas e não menos profundas nessa parte especial de nosso organismo escolar. (...) De todo o modo, para sair dessa era de distúrbio e incerteza, não se pode contar apenas com a eficácia dos decretos e regulamentos. Como eu mostrava no início, decretos e regulamentos só podem passar para a realidade apoiando-se na opinião pública. Direi até que não podem ter uma verdadeira autoridade senão quando a opinião competente os antecedeu, preparou, pediu, solicitou de alguma maneira, quando são sua expressão

pensada, definida e coordenada ao invés de pretender inspirá-la e regulamentá-la automaticamente. Enquanto a indecisão reinar nas mentes, não há uma decisão administrativa, por mais sábia que seja, que possa acabar com ela. É preciso que esse trabalho de reforma e reorganização, que é necessário, seja obra da própria corporação que é chamada a fazer-se e reorganizar-se. O ideal não é decretado: deve ser entendido, amado, desejado por aqueles cuja tarefa é realizá-lo. Assim, não há nada mais urgente do que ajudar os futuros professores de nossas escolas a formar coletivamente uma opinião sobre o que deve tornar-se o ensino que será de sua responsabilidade, os fins que deve procurar, os métodos que deve utilizar. Ora, para isso, não há outro meio senão colocá-los na presença das questões levantadas e dos motivos de seu surgimento; pondo em suas mãos todos os elementos informativos que possam ajudá-los a resolver esses problemas, guiando suas reflexões através de um ensino livre. (1995, p.15)

Tanto no Brasil quanto no exterior, tanto hoje quanto no século passado, a questão do envolvimento docente é fundamental, não importam os aspectos parciais ou mesmo as incertezas das propostas reformuladoras. Todas elas deverão ser implementadas e devem servir para aprofundar o envolvimento docente na construção das propostas curriculares. Aliás, o docente é o centro mais permanente do processo de ensino-aprendizagem, uma vez que algumas gerações de alunos são trabalhados por um docente em sua carreira no magistério.

Não podemos perder de vista que para implementar quaisquer mudanças o professor deve estar, além de engajado com o problema, preparado intelectualmente para isso. Quantos de nós, por diferentes motivos, não deixaram de se atualizar logo após terminar o curso de graduação? Sem dúvida a questão das reformas do ensino deverá ser acompanhada de um processo de formação continuada dos professores, além de uma revisão dos cursos de formação inicial.

Na mesma direção, um documento divulgado pela Organização dos Estados Ibero-americanos (OEI) (Gil-Perez e outros, 2000), fruto da realização de um curso de formação de professores, demonstra a preocupação em traduzir as reformas educativas pelas quais muitos desses países vêm passando,

principalmente as referentes à educação científica e tecnológica, em uma melhor qualidade de educação. Essa necessidade torna-se mais premente quando verificamos que a Ciência está presente no cotidiano de cada cidadão, pois seu trabalho, conforto, lazer, seus momentos de não-trabalho estão cada vez mais dependentes dos avanços científicos e tecnológicos.

As causas apresentadas nesse documento, ajudando a compreender as dificuldades de implantação das reformas educativas, nos levam a acreditar que a sensação de desconforto sentida pelos professores brasileiros, frente às mudanças na educação, são compartilhadas por colegas de outros países. Evidencia-se em primeiro lugar a necessidade de reiterar junto aos professores, que qualquer modelo de ensino é uma estrutura dotada de coerência, em que cada elemento é apoiado pelos restantes, e não como um conjunto de elementos justapostos e intercambiáveis¹¹, idéia que, de maneira geral, os cursos oferecidos para “adaptá-los” aos processos de reforma ajudam a reforçar.

Como segunda causa, o documento destaca as concepções dos professores, suas *“idéias, atitudes e comportamentos sobre o ensino, devidos principalmente a uma formação ‘ambiental’, em particular durante o período em que foram alunos”*¹² que se constituem em verdadeiros obstáculos para uma mudança de método pedagógico. O estudo das pré-concepções dos docentes já constitui um campo de pesquisa dentro da didática das Ciências e da Educação em geral.

A terceira causa seria consequência da falta de participação dos professores nos processos de construção de novos conhecimentos didáticos, resultando em ineficiência na implantação das mudanças curriculares e, muitas vezes, até mesmo em uma atitude de desprezo para com as novas propostas. É interessante notar como o documento reforça a impressão segundo a qual a simples transmissão das decisões dos especialistas para aplicação por parte dos professores é pouco efetiva, e que cursos, tenham eles a duração que tiverem,

¹¹ Cf. apud Viennot, 1989; Gil, 1991 citados no documento

¹² apud Gil, 1991; Gil et al 1991 citados no documento.

não irão, sozinhos, solucionar o problema do envolvimento docente no processo de renovação e inovação pedagógica.

Nessa dissertação não aprofundaremos a análise dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, pois, como já alertamos em nossa introdução, muito do que se elabora nos “gabinetes”, por pessoas não acostumadas ao cotidiano das salas de aula, não chega até elas, posto que quem deve implementar o trabalho, ou não concorda com ele, ou não o compreende em sua amplitude.

Nosso interesse concentra-se nas discussões apresentadas na última parte dos Parâmetros, onde são apresentados os processos de ensino-aprendizagem, metodologias e estratégias, além de instrumentos didáticos partilhados no ensino da área, entre eles o conhecimento prévio dos alunos e a importância da História das Ciências e da Matemática, aspecto central em nossa dissertação.

Nos PCNs encontramos a indicação de alguns recursos pedagógicos de importância significativa no ensino das Ciências e da Matemática, dentre os quais dois particularmente despertaram nosso interesse, que são:

- 1) o conhecimento prévio dos alunos, pois saber o que pensa o aluno sobre determinado fenômeno científico pode ser um fator facilitador para a desejada transição de um saber ingênuo, de senso comum, para uma visão de caráter científico;
- 2) o uso da História das Ciências, que além de ilustrar o desenvolvimento e a evolução dos conceitos, mostra que o saber físico é uma construção humana e *“leva à compreensão de que os modelos explicativos não são únicos nem finais, tendo se sucedido ao longo dos tempos ... O surgimento de teorias físicas mantém uma relação complexa com o contexto social em que ocorreram.”*

Tanto o conhecimento prévio dos estudantes, quanto as possibilidades didáticas associadas ao uso de aspectos da História da Ciência no ensino de

Física, têm despertado um interesse crescente entre os educadores especialmente nas últimas duas décadas. Sabendo que os alunos são possuidores de idéias e que elaboram explicações próprias para a realidade vivida, inclusive os fatos científicos, e que esse conhecimento não é descartado apenas por freqüentarem os bancos escolares, os professores precisam estar preparados para promover a transição entre esse saber, de senso comum, e aqueles elaborados pela Ciência.

Muitas vezes a simples discussão entre as diferentes formas de conhecimento – científico, religioso e senso comum – mostra ao jovem que sua maneira de pensar, embora não seja considerada adequada para os procedimentos usuais da Ciência, é partilhada por outras pessoas, porque seu conhecimento se origina da cultura e das tradições de uma sociedade. Esse pode ser o início do diálogo necessário para que ocorra a difícil transição, ou quem sabe, integração, de uma forma de saber para outra. Também não podemos deixar de considerar que os estudantes estão acomodados e satisfeitos com as explicações que possuem para os fenômenos do cotidiano, e que, muitas vezes, mudar essa visão implica ir contra os próprios sentidos, contra o próprio “real”.

Os trabalhos de Carvalho e Gil-Perez, sobre a formação de professores de Ciências, reconhecem a existência de concepções espontâneas, também chamadas de pré-científicas, e sua origem, fortemente incorporadas ao pensamento do aluno, de difícil substituição por conhecimentos científicos, se não uma mudança conceitual e metodológica” (1995, p. 33).

Por outro lado, a Ciência, enquanto construção do Homem, é parte de sua História, com esse enfoque mostramos que os avanços científicos e as relações sociais estão ligados de forma definitiva, e também, que os conceitos passaram por um processo de desenvolvimento e evolução, que pode apresentar similaridades com o processo de aprendizagem do próprio estudante.¹³

¹³ Para um aprofundamento dessa questão é imprescindível a leitura da obra de Piaget e Garcia, *Psicogênese e História das Ciências*, publicada pela primeira vez em 1987, onde são analisados os mecanismos pelos quais o conhecimento da criança evolui e as passagens de um período histórico a outro.

Um trabalho realizado com a utilização desses dois recursos é particularmente interessante, pois identificam uma forte relação entre as concepções ingênuas dos alunos, que se assemelham aos conhecimentos pré-científicos da Física aristotélica, e as concepções científicas da Física clássica (Carvalho e Gil Perez, 1995, p.34). Essa passagem não foi fácil, pois muitas vezes as explicações para os fenômenos físicos vão na direção contrária do que é observado e pressentido.

O reconhecimento do pensamento espontâneo do aluno é fundamental para identificar os obstáculos que se opõem a sua mudança conceitual incorporando o conhecimento científico, e, nesse caso, o professor deve conhecer a História da Ciência identificando possíveis semelhanças e formas de superação.

Não defendemos aqui qualquer paralelismo entre a evolução dos conceitos científicos e o processo de aprendizagem dos jovens, até porque se trata de momentos históricos diferentes, mas destacaremos a importância do conhecimento, por parte do professor, dos entraves históricos encontrados na evolução desses conceitos, como subsídio para a escolha dos conteúdos.

A importância de tais recursos no processo ensino-aprendizagem de Ciências, fica mais evidente quando acompanhamos, nos trabalhos de Megid Neto e Pacheco (1998, p.9-10) os temas de pesquisa preferidos pelos pesquisadores brasileiros da área. Através de um levantamento das dissertações de mestrado, teses de doutorado e livre docência produzidas no Brasil até 1987, onde, mais que uma simples catalogação, verificou-se *“como os autores das pesquisas sobre ensino de Física no Brasil concebem e tratam os problemas do ensino dessa ciência no 2º. grau?”*

Como primeiro fator de organização foram separados os trabalhos referentes ao ensino de nível médio (27% do total verificado) daqueles que se referiam ao ensino superior ou a mais de um nível, sendo que a primeira pesquisa a tratar do ensino de Física no 2º. grau foi defendida em 1972. A partir da década de 80 o volume de trabalhos cresceu consideravelmente.

A classificação das pesquisas deu-se a partir do tema central, ou seja, suas tendências temáticas, e cada uma delas foi incluída em apenas uma categoria, qual seja a mais representativa da pesquisa abordada. É conveniente esclarecer que os procedimentos adotados pelos autores foram verificados com as leituras e fichamentos dos trabalhos realizados no decorrer da pesquisa.

Pontuaremos a categorização elaborada por Megid Neto e Pacheco (1998, p.9-10), com os respectivos percentuais de distribuição dos trabalhos, para compararmos em seguida os assuntos que mais têm interessado os pesquisadores da área, adendando as propostas dos PCNs como subsídio para o professor adequar-se ao novo Ensino Médio:

- a) Concepções Espontâneas (26%)
- b) Projetos de Ensino (16%)
- c) Ensino Experimental (12%)
- d) Desenvolvimento Intelectual (12%)
- e) Currículo (9%)
- f) Material Didático (9%)
- g) Caracterização de Situação Educacional (7%)
- h) Métodos de Ensino (5%)
- i) Cursos Específicos (2%)
- j) Vestibular (2%)

Vemos na classificação elaborada, que uma porcentagem significativa de pesquisas sobre ensino de Física no nível médio, concentra-se nas concepções espontâneas dos alunos e, portanto, não nos surpreende que este seja um dos instrumentos didáticos sugeridos como ferramenta aos professores desse nível.

Não encontramos entre as categorias acima, temas relativos à História ou à Filosofia da Ciência, pois segundo os autores, foram consideradas pertencentes

ao ensino superior. Hoje, entretanto, na literatura nacional, já encontramos dissertações e teses tratando da questão da utilização da História da Ciência como subsídio ou ferramenta didática no Ensino Médio, como já se observava na literatura internacional.

Localizados os principais temas que vêm sendo investigados nos programas de pós-graduação brasileiros, buscamos visualizar como essa discussão é enfrentada em trabalhos recentes voltados para as relações entre ensino de Física e História da Ciência.

Selecionamos as dissertações e teses após pesquisa realizada no Centro de Documentação de Ciências (CEDOC), da Faculdade de Educação da Unicamp, com a leitura e o fichamento dos trabalhos publicados relacionados ao nosso tema, buscando sugestões de uso e relatos de experiências, que pudessem colaborar com o passo seguinte, ou seja, a performance docente em sala de aula.

Como o levantamento apresentado no trabalho de Megid Neto e Pacheco (1998, p 9-10) cobria um período encerrado em 1987, durante o qual a produção relativa à História da Ciência voltava-se para o ensino de terceiro grau, focalizamos nossa atenção nas pesquisas realizadas após esse período. Percebemos que, de maneira geral, os trabalhos apontavam as necessidades de mudança no ensino de Física, depositando grandes esperanças na complementação dos conteúdos científicos com conhecimentos históricos, embora em sua maioria os autores não tenham testado suas premissas em sala de aula.

Osvaldo Melo Souza Filho (1987), em sua tese de doutorado orientada por Manoel R. Robilotta, intitulada *“Evolução de idéia de conservação da energia – um exemplo de História da Ciência no Ensino de Física”*, destaca que o ensino da Física, centrado na manipulação de fórmulas e resolução de exercícios, não é um problema restrito ao ensino brasileiro, e tem provocado discussões sobre o currículo escolar em diversos países, evidenciando que algo não vai bem. Nesse trabalho, o autor aponta a insegurança, chamada por ele de *“sensação de incompletude”*, demonstrada, em relação aos conteúdos científicos, por alunos

que já concluíram a universidade, como sendo causada pela falta de explicações sobre a estrutura das grandes teorias científicas¹⁴.

Com o objetivo de introduzir questionamentos e problemas próprios da História e Filosofia da Ciência no ensino de Física, o autor se propõe a produzir um texto, destinado a um público com conhecimentos mínimos de Ciências, sobre a evolução do conceito de conservação da energia, no qual o conteúdo de informações históricas possibilitará ao aluno conhecer o significado dos conceitos e interpretá-los. A escolha desse conceito deveu-se a uma série de fatores, entre eles, o de constar do currículo escolar desde a 5ª. série do Ensino Fundamental, ser um termo de uso popular, além de motivos de ordem cultural, social, política e econômica.

Também na linha de produzir um texto como subsídio ao ensino de Física, Cássio Costa Laranjeiras (1994), em sua dissertação de mestrado (orientada por João Zanetic) faz um apanhado histórico sobre a luz, refletindo a respeito do conhecimento científico, sua constituição e sobre alguns equívocos delineados em sua relação com o universo escolar, lembrando que a História e a Filosofia da Ciência são dimensões constitutivas do conhecimento, devendo ser contempladas nas atividades didático-pedagógica.

Em outro trabalho de 1987, *O papel da explicação causal no ensino de Física*, Rodinei Lourenço Rovigatti critica o processo de ensino de Física atual, baseado em exercícios repetitivos, fórmulas, receitas para laboratório, avaliações contendo apenas questões semelhantes às já resolvidas. Para o autor, esse padrão de ensino se repete em todos os níveis. O estudo da História da Ciência mostra que sua evolução foi bem diferente do que é apresentado no processo de ensino. Analisa o problema histórico da Gravidade, fazendo críticas ao positivismo e ao empirismo e comparando a evolução histórica do conceito ao estudo da evolução do conhecimento (psicogênese) de Piaget.

¹⁴ Para Souza Filho a estrutura teórica envolve a compreensão do formalismo matemático, das relações dos conceitos, leis, princípios e modelos com as observações e experiências que aqueles visam explicar e representar.

Também mencionando o mesmo conceito físico, a Gravidade, Creso Franco Júnior (1988), em sua dissertação de mestrado, estuda como o ensino da Física enfrenta, hoje, os obstáculos pedagógicos inerentes a uma Ciência que foi construída contra o senso comum. Discute a apresentação da lei da queda dos corpos em um conjunto aleatório de livros didáticos de Ensino Médio, e faz um levantamento das possíveis contribuições da História da Física para a didática, discutindo as pesquisas sobre as noções intuitivas dos estudantes e o senso comum.

Encontramos também um conjunto de teses de doutorado da Faculdade de Educação da USP, orientadas por Anna Maria Pessoa de Carvalho, onde os autores realizaram estudos psicogenéticos com estudantes do ensino básico. Nesses trabalhos são apresentadas as concepções prévias dos alunos sobre diferentes conteúdos científicos apresentados na escola de nível médio. Os autores levantaram as concepções dos estudantes através de entrevistas clínicas ou testes escritos, sobre diferentes conceitos físicos.

1- *Um estudo psicogenético das idéias que evoluem para a noção de campo: subsídios para a construção do ensino desse conceito.* (1989)

Roberto Nardi: partindo das discussões sobre as concepções prévias dos alunos, o autor realiza um estudo psicogenético. Analisando dados obtidos em entrevistas clínicas, com jovens entre 6 e 17 anos de idade, procura detectar fatores que estimulem possíveis mudanças conceituais nos estudantes. O trabalho inclui um levantamento das idéias consideradas importantes na evolução do conceito, que podem sinalizar os obstáculos históricos vencidos e nortear a aprendizagem.

2- *Desenvolvimento do conceito de calor e de temperatura.*(1992) Odete

P.B. Teixeira: pesquisou alunos do Ensino Médio, de escolas públicas e privadas, submetidos a um ensino dentro da abordagem construtivista, com o objetivo de verificar, através da aplicação de testes escritos, realizados em três momentos (primeiro dia de aula, dois meses e sete

meses após o início do ensino) como evoluíam as concepções dos alunos, desde as noções prévias até as científicas.

- 3- *Evolução do atomismo em sala de aula: mudança de perfis conceituais.* (1994) Eduardo Fleury Mortimer: estuda a evolução das concepções atomistas e o uso dessas concepções na explicação dos estados físicos dos materiais, com alunos da oitava série do Ensino Fundamental. Após o levantamento das idéias dos estudantes, através de dois testes, e da apresentação da evolução histórica do conceito, elabora uma proposta de ensino, com elementos da teoria piagetiana e de estratégias para mudança conceitual.
- 4- *Estudo das Trajetórias Cognitivas de Alunos no Ensino da Diferenciação dos Conceitos de Calor e Temperatura.* (1995) Dirceu da Silva: o autor realiza uma pesquisa com alunos de segundo grau, que na oportunidade estudavam Física Térmica, com o objetivo de entender quais os mecanismos usados para diferenciar os conceitos de calor e temperatura. Apresenta uma revisão bibliográfica sobre o assunto, como o conceito é apresentado nos livros didáticos e o seu desenvolvimento ao longo da História.

Uma obra de referência para os que querem uma avaliação crítica do ensino de Física no 2º. grau, e por decorrência, da formação dos professores, a tese de doutorado de João Zanetic (1989) discute os cursos de licenciatura, que segundo o autor, apresentam uma visão deturpada da Física. O trabalho analisa as lacunas e distorções da cultura científica e humanística na formação dos professores de Física, analisa as conseqüências dessa situação e prescreve atividades, leituras e inserções em cursos formativos que promovam a superação destas deficiências e de seus reflexos no ensino. A base para isso estaria na utilização da História e da Filosofia da Física e sua ligação com a sociedade e a cultura.

Seguindo uma trajetória diferente das anteriores, *Newton e a Metafísica: uma proposta de ensino de Física para o segundo grau a partir do resgate das*

origens do conceito de força à distância, o trabalho de Márcio Barreto (1995) apresenta os principais aspectos da obra de Newton a partir da análise de trechos de suas obras e dos comentários de seus estudiosos. Usando como foco de análise a lei da atração gravitacional, o autor mostra que o pensamento científico moderno contém respostas para questões essenciais da Educação do nosso tempo.

Inserida na chamada pesquisa-ação, portanto, colocando a sala de aula no cenário, a dissertação de mestrado de Maria Clotilde Corrêa Curado (1999), orientada por Décio Pacheco, relata a ação pedagógica da autora no estudo do movimento da queda dos corpos, em um curso de Ensino Médio, onde a História da Ciência foi incorporada. De acordo com a autora, o recurso histórico utilizado permitiu rever junto aos alunos a concepção de conhecimento científico enquanto conhecimento definitivo, mostrando que o reconhecimento desse caráter provisório contribui para o levantamento de outras questões, importantes para aproximar a Ciência escolar da Ciência.

O passo seguinte, antes de irmos à sala de aula interagir com nossos alunos, é destacar como essa questão tem sido tratada pela produção acadêmica nos grandes centros de Pós-Graduação, afirmando a presença das “concepções prévias” no centro das preocupações de nossa pesquisa.

**A História da Ciência e as concepções prévias dos
alunos:
relações com o ensino de Física**

A História da Ciência e as concepções prévias dos alunos: relações com o ensino de Física.

*As coisas mais importantes que os estudantes trazem
para as aulas de ciências são seus conceitos.*

J. H. Wandersee

A História da Ciência e o Ensino de Ciências

Como vimos no capítulo anterior, existe uma preocupação crescente entre os pesquisadores com a qualidade e a eficiência do ensino-aprendizagem de Física e com a busca de novas metodologias e ferramentas que possam chegar às nossas salas de aula. Como veremos agora, essa preocupação se traduz em um grande número de trabalhos apontando para as vantagens da associação de conhecimentos sobre as concepções prévias dos alunos e a História da Ciência.

Embora a História da Ciência seja um campo de investigações independente das questões do ensino de Ciências, com aplicações próprias, tem havido, principalmente a partir da década de 90, uma tentativa de aproximação entre essas duas áreas (Barra, 1993), com a expectativa de tornar as aulas mais estimulantes e reflexivas, de tornar os conteúdos científicos mais bem compreendidos e ainda para que as Ciências se tornem mais “humanas” melhorando a formação dos professores (Matthews, 1994)¹.

As discussões sobre a importância da História da Ciência para a formação do professor e para o trabalho deste com seu aluno, têm reforçado a importância da perspectiva histórica na formação científica (Lombardi, 1997). *“Um bom professor de uma disciplina científica deve combinar uma competência científica*

¹ Versão revista e ampliada, do artigo publicado em 1990, com o mesmo título.

(dominar o conteúdo que vai lecionar) com uma competência didática. A História da Ciência pode contribuir para esses dois aspectos da formação de um professor, de modo significativo” (Martins, 1990).

Martins adverte, no entanto, que o uso da História da Ciência, da maneira como tem sido feita, sofre de várias limitações, restringindo-se à cronologia e nomes importantes, às anedotas e, o que é “mais perverso”, ao uso como forma de persuasão e intimidação. *“Nesses casos, invoca-se a autoridade de um grande nome para reprimir dúvidas e impor doutrinas, invertendo assim a própria natureza do pensamento científico, que longe de se apoiar em nomes de autoridades procura se basear em fatos e argumentos” (Martins, 1990).*

Nessa mesma linha argumenta Kipnis (1996), afirmando que se por um lado o ensino de Ciências tem sido reduzido à memorização de leis, regras e números², adicionar a isso algumas datas, nomes e termos certamente não irá ajudar. Além disso, os historiadores argumentam que a História da Ciência é muito complexa e utilizá-la de forma errada poderia comprometê-la, e à própria Ciência (Kipnis, 1996).

É preciso ter presente que não existe uma História da Ciência única, pronta e disponível para nosso uso; as abordagens feitas aos objetos dessa história dependem de um modelo filosófico, que pode até mesmo tornar as análises históricas incompatíveis entre si (Barra, 1993).

Embora esses problemas não possam ser desconsiderados, devemos nos lembrar de que, até hoje, a única preocupação tem sido fornecer aos estudantes “conhecimentos de Ciências” esquecendo-se completamente dos “conhecimentos sobre a Ciência” (Duschl apud Wandersee, 1992), e os resultados não são satisfatórios, muito pelo contrário.

Sabemos que os conceitos são apresentados aos jovens segundo a estrutura e o conteúdo do pensamento que os produziram, habitualmente físicos reputados que se consagraram à criação científica. Não se lembram que a lógica que os guiou no momento da descoberta poucas vezes é a mesma do momento

² Acrescentaríamos aqui “e fórmulas!”

da apresentação desse pensamento (Medviediev, 1991, p.169), ou, como já colocou Marx em seu célebre “O Capital”, existe uma diferença entre o método de pesquisa e o método de exposição (1966, p.XXIII). As grandes diferenças entre a ação do cientista em seu ambiente de trabalho e seu discurso não chegam ao conhecimento dos jovens estudantes.

Com isso, a Ciência é apresentada ao estudante como algo pronto e acabado, sem incertezas ou retrocessos no correr de sua história. Isso reforça a idéia da continuidade e cumulatividade dos progressos científicos, mesmo a parcialidade da Ciência e seu caráter provisório enquanto construção do homem não são discutidos, confirmando a concepção popular que o conhecimento científico é conhecimento provado, e que *“opiniões ou preferências pessoais e suposições especulativas não têm lugar na ciência. A ciência é objetiva”*.(Chalmers, 1982, p. 22)

Dessa maneira, não é de se estranhar a crença na existência de uma ruptura brusca entre o saber dito científico e o saber do homem comum, talvez por isso mesmo, o maior número de pesquisas sobre a utilização da História da Ciência aplicada ao ensino está associada ao Movimento das Concepções Alternativas, cujo principal propósito é permitir o conhecimento *“das crenças e idéias que os alunos trazem para a instrução formal”* (Santos, 1991, p.91), bem como suas concepções durante esse ensino e depois dele.

A História da Ciência com fins educacionais.

Verificamos nos trabalhos de Matthews (1990), Bybee e outros (1991), e de Laranjeiras (1994), que as discussões acerca das contribuições da História e da Filosofia da Ciência ao ensino não são recentes. Já no final do século XIX, Ernest Mach, propunha uma instrução histórica, baseada na história da civilização, com o objetivo de vencer desafios do ensino. No início do século XX, Pierre Duhem, também propõe um “método histórico no ensino de Física” e é o primeiro a

comparar o desenvolvimento cognitivo com o desenvolvimento histórico. Em sua obra *La Théorie Physique*, de 1906, afirma que “o único método legítimo, seguro, fecundo para preparar o espírito a receber uma hipótese física, é o método histórico³”.

No final dos anos 40, James Bryant Conant, introduz casos de História da Ciência no currículo da universidade de Harvard, justificando que as pessoas poderiam compreender melhor os métodos da Ciência examinando como ela progride historicamente. Seu trabalho serve de base para “The Project Physics Course” (1960), de F.G. Rutherford, G. Holton e F. Watson, conhecido como projeto Harvard, que tinha por objetivo desenvolver um curso de Física orientado humanisticamente, e aumentar o número de alunos que viessem a escolher a Física como atividade profissional⁴. O projeto Harvard, como ficou conhecido, tornou-se comercialmente disponível em 1970, com o título “Introduction to Physics Project”.

Em seu melhor momento, o projeto Harvard foi seguido por 15% dos estudantes de Física secundária nos Estados Unidos, foi o currículo de Ciências baseado em princípios históricos e voltado para uma dimensão filosófica e humanística mais largamente implantado nos Estados Unidos. O projeto Harvard surgiu em oposição ao PSSC (Physical Science Study Committee - 1960), de cunho tecnicista.

Em 1969, Leopold Klopfer estende as idéias de Conant para o ensino secundário em um livro intitulado “History of Science Cases”, e, mais tarde, juntamente com F. Watson, publica um trabalho apresentando estratégias para ensinar a História da Ciência. Em anos mais recentes (1984), ainda como consequência desses projetos iniciais, podemos citar os estudos históricos de Stephen Brush para uso em sala de aula. Em 1970, na universidade de Columbia,

³ - Pierre DUHEN. apud Armando GILBERT *Origens Históricas da Física Moderna. Introdução Abreviada*, Porto, Fundação Calouste Gulbenkian, novembro de 1982.

⁴ A extensão da influência do trabalho de Conant pode ser estimada pelas palavras de Thomas Kuhn, autor de *A Estrutura das Revoluções Científicas*: Foi ele “quem primeiro me introduziu na história da ciência e assim iniciei a transformação de minha concepção da natureza do progresso científico.” Citado em Matthews

foi criado por Samuel Devons um curso de História da Ciência, com ênfase em experimentos históricos, para a preparação de professores de Física (Kipnis, 1996).

Além desses projetos, podemos destacar uma série de congressos científicos voltados para o tema. Em 1989 realizou-se na Universidade da Flórida o primeiro congresso nacional sobre “História e Filosofia da Ciência e Ensino de Ciências”. Houve também uma série de congressos patrocinados pela European Physical Society sobre “História da Física e Ensino de Física”: Pávia (1983), Munique (1986), Paris (1988), Cambridge (1990) e Madri (1992). Também o congresso organizado pela Sociedade Britânica para História da Ciência sobre “História da Ciência e Ensino de Ciências”, em 1987, em Cambridge. Atualmente, são realizados anualmente congressos mundiais sobre História da Ciência e ensino de Ciências.

A utilização da História da Ciência no Ensino de Ciências: prós e contras.

É grande o número de trabalhos encontrados na literatura mais recente que apresentam argumentos favoráveis à utilização da História da Ciência, e, além daqueles já apresentados, podemos acrescentar os de Sánchez (1988), Martins (1990), Sobes (1996) e Lombardi (1997).

Matthews (1990) discute a crise do ensino de Ciências, com reflexos na “*alarmante cifra de analfabetismo científico*”, alertando que embora a História da Ciência não tenha todas as respostas, nem seja a única resposta para essa crise, existem bons motivos para sua utilização:

A história, filosofia, e sociologia da ciência ... podem humanizar as ciências e aproximá-las mais dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos; podem fazer as aulas mais estimulantes e reflexivas,

*incrementando assim as capacidades do pensamento crítico; podem contribuir para uma compreensão maior dos conteúdos científicos; podem contribuir um pouco para superar o “mar de sem-sentido” em que se transformaram as aulas de ciências, onde se recitam fórmulas e equações, porém onde poucos conhecem seu significado; podem melhorar a formação do professorado contribuindo para o desenvolvimento de uma epistemologia da ciência mais rica e mais autêntica, isto é, um conhecimento melhor da estrutura da ciência e seu lugar no marco intelectual das coisas*⁵.

Gagliardi (1988) também defende a utilização da História da Ciência e da Epistemologia nas aulas, para que os alunos possam discutir questões sobre a produção, a apropriação e o controle dos conhecimentos, apontando duas abordagens básicas:

- *A utilização da história das ciências e da epistemologia para compreender a sociedade humana.*
- *A utilização da história das ciências e da epistemologia para compreender os mecanismos de produção e a reprodução social e individual dos conhecimentos.*⁶

Sem cair no reducionismo, como por exemplo, afirmando que a Ciência transformou a sociedade, ou que o desenvolvimento da Ciência só é determinado pela estrutura social, o autor diz que as transformações pelas quais passa a sociedade humana estão relacionadas com os processos de apropriação dos recursos disponíveis, portanto, com o desenvolvimento tecnológico e científico.

Quanto ao segundo ponto, Gagliardi (1988) julga importante os alunos tomarem consciência de serem reprodutores de conhecimentos já elaborados socialmente, podendo contudo produzir conhecimento no seu próprio processo de

⁵ Tradução nossa.

⁶ Tradução nossa.

reconstrução, que é individual. Nesse sentido a História da Ciência e a Epistemologia assumem importância ao permitir que as diferenças entre os processos individuais e os institucionais de construção do conhecimento sejam explicitadas e compartilhadas.

Segundo Bybee (1991) criou-se uma situação em que os indivíduos não percebem ou não entendem conexões entre a Ciência e a Sociedade, isso acontece particularmente porque nós não ensinamos sobre essas conexões.

De maneira geral, podemos sintetizar os pontos favoráveis à utilização da História da Ciência no ensino das Ciências, segundo Matthews (1990), da seguinte maneira:

1. Despertar a motivação e interesse dos alunos.
2. Humanizar os conteúdos.
3. Possibilitar uma melhor compreensão dos conceitos científicos, acompanhando seu desenvolvimento e aperfeiçoamento.
4. Refletir sobre a importância essencial do entendimento de certos episódios, chaves, da história da ciência.
5. Demonstrar que a ciência é mutável, e que o conhecimento científico atual pode ser transformado.
6. Conhecimento mais rico do método científico⁷.

Aos itens acima Bevilacqua e Giannetto (1996) acrescentam a necessidade de se ensinar para um número muito grande de alunos, o que pode ser simplificado pelo uso da História da Ciência, que também é um efetivo auxiliar na tentativa de reverter o quadro de diminuição do número de jovens interessados em estudar Física. A questão das concepções erradas dos estudantes, a necessidade de inovação, e uma visão mais ampla das ligações que podem ser estabelecidas

⁷ Por método científico neste trabalho estamos entendendo formas de conhecimento controladas metodologicamente com definição de tema e problema, buscando superar o conhecimento intuitivo ou aquele construído por tentativas (acerto e erro), ou mesmo pelo uso não controlado da racionalidade.

entre as Ciências e outros aspectos da nossa cultura, além da tecnologia, são também aspectos que não podem ser negligenciados.

Em contrapartida, nos anos 70, teve início um debate questionando o uso da História da Ciência no ensino, iniciado em um simpósio realizado no MIT, sob a direção de Stephen Brush e Allen King, sintetizado nas questões:

1. a única História possível em um curso de Ciências é uma pseudo-história;
2. a exposição do estudante à História da Ciência, debilita suas convicções científicas, sem garantir êxito na aprendizagem de Ciências.

O primeiro problema, levantado por Klein (apud Matthews, 1972), apegase à suposição de que o professor irá selecionar e usar o material histórico para fins pedagógicos específicos, o que o levaria a apresentar um arremedo de História. Segundo Klein isso criaria um novo problema, pois devemos nos preocupar também com a qualidade e a integridade da História que pretendemos ensinar, tanto quanto com a Física.

Ainda segundo ele, as diferenças de perspectiva do físico e do historiador constituem uma das razões que dificultam o objetivo de fazer com que a História da Física sirva ao ensino da Física. O historiador está acostumado a lidar com uma ampla complexidade de fatos e a busca do físico seria por uma visão simples e precisa, além disso, *“o físico e o historiador têm objetivos muito diferentes em sua pesquisa, usam diferentes fontes, empregam ferramentas de análise muito diferentes, e são guiados por princípios muito diferentes em sua busca por soluções para seus problemas de pesquisa. Em todos esses aspectos, a pesquisa nas duas disciplinas parece quase mutuamente exclusiva, como onda e partícula.”* (Stuewer, 1998)⁸

Essa diferença de perspectiva é apresentada no pensamento de um dos maiores historiadores da atualidade, Carlo Ginzburg (1999, p.155-6), na exposição

⁸ Tradução nossa.

de seu paradigma indiciário. Nele o autor discute a diferença entre as ciências que centram o seu objeto de estudo no que é individual, e, portanto não sujeito a repetições, como seria o caso da Medicina e da História, e as Ciências Naturais, que têm o que é universal, quantificável e passível de reprodução em laboratório como objeto de estudo.

Segundo o autor, as ciências que estudam o individual buscam o conhecimento na procura de indícios, pegadas, pistas, que por vezes parecem ter um caráter divinatório, enquanto que as ciências que têm como objeto o universal, entre elas a Física, baseiam-se na Matemática e no Método Experimental, heranças do paradigma galileano⁹.

Quando nos propomos a usar a História da Ciência como uma ferramenta, precisamos considerar as nossas dificuldades em trabalhar com uma Ciência que não se enquadra no paradigma com o qual estamos habituados. Não podemos, no entanto, nos esquecer de que somos professores e que antes de mais nada nosso compromisso é com a Educação, e como os professores de História, nosso público é constituído de pessoas, únicas, que não podem ser abolidas, quantificadas ou repetidas, enfrentar as diferenças e conviver com elas, é uma excelente aproximação dos processos de descoberta científica.

O segundo ponto, subsidiado por posições assumidas por Thomas Khun (1971, apud Matthews) e Stephen Brush (1974, apud Matthews), sugere que a História da Ciência poderia exercer uma má influência sobre os estudantes, abalando sua confiança no dogma científico. Para evitar que isso ocorra os autores sugerem até mesmo uma “distorção” da História, apresentando os cientistas do passado trabalhando nos mesmos problemas que os cientistas modernos, para que o jovem estudante possa sentir-se parte dessa tradição de “busca da verdade”

Matthews (1990) concorda que as objeções são sérias mas não constituem um impedimento definitivo ao uso da História da Ciência com objetivos

⁹ O autor lembra que *“muito embora a Física hoje não seja mais galileana esse paradigma permanece como um símbolo, um divisor de águas”*.

pedagógicos, pois *“na pedagogia, como na maior parte das coisas, a matéria precisa ser freqüentemente simplificada. ... A tarefa pedagógica é produzir uma história simplificada que ilustre a matéria, sem ser uma caricatura do processo histórico. A simplificação será adequada à idade do grupo que se ensina e ao currículo que se apresenta.”*¹⁰

Outra crítica apresentada no artigo de Matthews refere-se ainda à necessidade de certos autores justificar suas explicações de caráter científico com um pouco de História, contudo, para alcançar este objetivo, fazem uma reescrita da mesma acomodando-a “passo a passo com a Física”¹¹. Para ilustrar o que Whitaker (apud Matthews, 1979) chama de “quase-história” é feita uma análise de livros-texto onde são encontrados verdadeiros “mitos” científicos, como, por exemplo, o fato da descoberta da relatividade especial dever-se a um resultado negativo do experimento de Michelson-Morley.

Freqüentemente, a História da Ciência é apresentada de uma forma linear, o que acaba transmitindo ao estudante uma visão equivocada do progresso científico: *“liga-se a máquina em algum momento, e num futuro próximo ela terá produzido uma nova descoberta; nada pode pará-la ou impedi-la”* e *“sugere que físicos são pessoas – em sua maioria homens brancos, é claro – de capacidades intelectuais super-humanas; física não é uma disciplina para mortais ordinários como jovens e inexperientes estudantes”* (Stuewer, 1998)¹².

Por outro lado, Laranjeiras (1994) assume uma posição francamente favorável ao uso da História da Ciência afirmando não ser ela uma pseudo-história ou mesmo uma história destruidora do espírito crítico juvenil. Argumenta ainda que, a abordagem atual do ensino é desprovida de conteúdo histórico, e o ensino de Física tem tido uma recepção negativa por parte dos alunos, as oposições, portanto, não se justificariam.

¹⁰ Tradução nossa.

¹¹ Para um aprofundamento do assunto, o artigo de Whitaker (1979), “História e Quase-História em Educação em Física”, analisa os tipos de construção histórica e verifica sua adequação para fins pedagógicos.

¹² Tradução nossa.

Segundo o autor, as contribuições da História da Ciência podem também ser verificadas nos seguintes aspectos: determinação de obstáculos epistemológicos, definição dos conteúdos a serem ensinados e introdução na sala de aula da discussão sobre apropriação e controle dos conhecimentos em nível social e individual.

Contribuições da História da Ciência para o ensino de Ciências: **sugestões de uso e relato de experiências**

A divergência de abordagem sobre o uso da História da Ciência na atividade didática, é evidência da complexidade do problema, contudo existem exemplos positivos para o trabalho didático, ou *“táticas de ensino”* que gostaríamos de discutir.

Segundo Martins (1990), conhecimentos históricos por parte do professor, podem *“contrabalançar os aspectos puramente técnicos de uma aula, complementando-os com um estudo de aspectos sociais, humanos e culturais”*. Isso seria possível na medida em que fossem apresentados fatos sobre a vida dos cientistas, as concepções da sociedade da época e as dificuldades de aceitação de novas idéias, com o objetivo de conseguir uma maior motivação nos estudos. Essa sugestão é também defendida por Brown (1991), que propõe para a sala de aula representar a vida de figuras históricas que fizeram alguma descoberta científica, ou simplesmente falar sobre suas pesquisas¹³.

Como segunda possibilidade, Martins (1990) levanta a questão das concepções científicas antigas, que foram abandonadas ao longo da História, e que apresentam similaridades com as concepções de senso-comum, parecidas com o pensamento do aluno. Por serem os conhecimentos científicos cada vez

¹³ Brown indica em seu artigo os exemplos: Marie Curie e a radioatividade, Volta e a bateria, Galileu e a inércia, a aceleração uniforme, o termômetro, observações planetárias com seu telescópio.

menos intuitivos e óbvios, seria interessante apresentar o caminho percorrido para chegar ao resultado atualmente aceito, incluindo as discussões, a evolução e a compreensão dos resultados finais e seu real significado. A complexidade de alguns resultados científicos só pode ser, de fato, compreendida através de conhecimentos históricos, no sentido de dar amplitude social ao trabalho aparentemente solitário do cientista em seu laboratório. A apresentação do pensamento de cientistas de outras épocas pode mostrar ao jovem estudante como suas próprias concepções foram compartilhadas por personagens ilustres, e de que forma foram superadas (Gauld, 1998). Efetivamente, estaríamos construindo um caminho para evitar a pedagogia dos resultados e o currículo das verdades.

No artigo de Nissani (apud Brown, 1989), *“Mudança Conceitual: Uma Lição sobre a Natureza das Descobertas Científicas”*, é apresentada uma combinação de matemática e aproximações experimentais, para mostrar como avanços científicos podem ser obtidos, ao se substituir uma maneira de olhar a realidade por outra. Como exemplo, no tema “para ver o que outras pessoas viram e para pensar o que ninguém pensou”, há o relato das mudanças conceituais que resultaram na descoberta da inércia por Galileu, e na descoberta da órbita elíptica de Marte por Kepler.

Encontramos em um trabalho intitulado “A estória da força: de Aristóteles a Einstein”¹⁴ (Stinner, 1994), uma indicação de trabalho em sala de aula sugerindo a apresentação pelo professor, em formato de estória, dos conceitos de força que se sucederam ao longo da História, e um debate com os alunos que deverão *“articular suas próprias idéias em resposta a Aristóteles, Buridan, Galileu, Newton, Mach e Einstein”*. Stinner alerta, contudo, que o sucesso desse trabalho depende dos conhecimentos do professor, e de sua habilidade em assumir o papel dessas figuras-chave com convicção.

Também na prática de laboratório é possível contar com o subsídio da História da Ciência, como aponta Kipnis (1996) no relato de sua experiência em um curso para formação de professores. Sabendo que muitas vezes a prática de

¹⁴ Tradução nossa.

laboratório consiste em demonstrações cansativas pelos professores, em outras, na realização por parte dos alunos de experiências seguindo “receitas de bolo”, e que as duas formas são improdutivas para o ensino de Ciências, o autor assume que a História pode tornar-se mais útil quando combinada com experimentação, que por sua vez *“pode se beneficiar de vários usos de história da ciência”* (1996).

Baseados em experimentos simples realizados no passado, os alunos devem reproduzi-los, ou, nas palavras do autor, *“tentar imitar os cientistas”*, através de uma prática indutiva, começando com a observação do fenômeno e terminando com a tentativa de generalizar os resultados em leis ou regras. Ainda segundo Kipnis, as modernas práticas de ensino estão na direção contrária deste procedimento, pois os estudantes são, primeiro apresentados a uma teoria geral, e então, a teoria é aplicada a um fenômeno específico.

Martins (1990) compartilha desta posição, para ele os conhecimentos de História da Ciência podem ser ferramentas úteis na prática de laboratório:

Ainda sob o ponto de vista didático, o conhecimento da História da Ciência pode permitir o conhecimento de idéias, temas, problemas, argumentos, exemplos e aparelhos hoje esquecidos e que podem ser extremamente úteis na prática do ensino, fugindo à rotina dos livros-texto e enriquecendo as aulas com material que pode ser perfeitamente adequado aos estudantes. No próprio campo das aulas práticas, o estudo histórico é uma maravilhosa fonte de aparelhos e experimentos simples, instrutivos e de fácil improvisação.

Para Brown (1991), construir modelos de máquinas antigas, como relógios, roldanas, moinhos de vento, discutindo os princípios empregados em seu projeto e utilização, aproveitando o momento para discutir as dificuldades na obtenção de medidas precisas, e avanços científicos, com instrumentos pouco acurados, podem ajudar a derrubar alguns mitos difundidos nas aulas de Ciências, como a sua infalibilidade e precisão.

Além disso, quando se ensina uma Ciência, conscientemente ou não, são transmitidos ao aluno, além de resultados uma concepção do que é Ciência, e, para que essa concepção seja a mais próxima possível da natureza do trabalho científico só existem dois caminhos: pela prática da pesquisa, pela vivência pessoal, ou pelo estudo da História da Ciência (Martins, 1990).

De maneira mais sistemática Solbes e Traver (1996) apontam as principais deformações na visão que os alunos têm das Ciências, que poderiam ser minimizadas:

- *Considerar a Ciência como descobrimento e não como uma construção de conhecimentos.*
- *O empirismo (os conhecimentos científicos se formam por indução a partir de “dados puros”, quer dizer, as observações e os experimentos).*
- *Ignorar o papel dos problemas no desenvolvimento da Ciência e, em particular, os problemas que originaram o desenvolvimento de algumas teorias importantes.*
- *O formalismo (a Ciência é constituída basicamente por “fórmulas”, cuja aplicação mecânica permite resolver os problemas).*
- *Uma exposição linear e acumulativa do desenvolvimento científico que não mostra a existência de crises (que se traduzem na aparição de novos paradigmas) ou de mudanças conceituais nas idéias aceitas pelos cientistas.*
- *Uma Ciência fruto do trabalho de uns gênios (cujas contribuições são desconhecidas em alguns casos) e não como uma atividade humana coletiva, de homens e também de mulheres.*
- *Uma imagem das Ciências afastada do contexto histórico-social do qual forma parte.*

As concepções alternativas e o ensino de Ciências

Embora os primeiros trabalhos datem do início de 1970, é a partir de 1980 que vamos encontrar o maior número de pesquisas, apontando as concepções prévias dos alunos como uma das variáveis mais importantes do ensino de Ciências, alertando que, ignorar o ponto de vista dos estudantes e o significado que eles atribuem para palavras utilizadas em ciências, é uma das principais causas da ineficácia desse ensino (Santos, 1991, p.91).

De um modo geral, as concepções alternativas fazem recordar concepções históricas da ciência. Sugerem conceitos científicos já ultrapassados. De facto, alunos de todos os graus de ensino ostentam concepções alternativas que correspondem a modelos que já foram aceites pela ciência e que foram posteriormente, refutados ou grandemente modificados. ...

Embora não seja muito prudente insistir em tal paralelismo, estas e outras convergências fazem com que teóricos e investigadores se dividam entre duas velhas idéias: a dos que vêem, a todo custo, na evolução genética das concepções uma recapitulação da evolução histórica e a dos que desconfiam de qualquer aproximação. Entre uns e outros, situam-se os que pensam que as idéias dos alunos podem não recapitular a história dos conceitos de uma dada disciplina, mas que há semelhanças suficientes para que a história da ciência possa esclarecer a aprendizagem de ciências. (Santos, 1991, p.113)

O Movimento das Concepções Alternativas surgiu como uma reação às pesquisas de Piaget, com grande ênfase no desenvolvimento das estruturas lógicas subjacentes, e pouca importância na “*rica variedade de idéias apresentadas pelas crianças*” (Mortimer, 1994). Um marco desse movimento foi o trabalho de Viennot (1979), demonstrando que, embora a suposição inicial fosse considerar as idéias dos estudantes mais jovens, crianças e adolescentes, em relação aos conceitos científicos aprendidos na escola, também os estudantes

universitários apresentam, muitas vezes, concepções diferentes das científicas. As concepções alternativas dos alunos persistem ao longo do tempo, resistindo ao ensino formal, porque *“são sentidas por eles como sensatas e úteis. ... Assim, não são influenciadas, ou são influenciadas por formas não previstas, pelo ensino”* (Santos, 1991, p.110).

Santos (1991, p.91) apresenta um levantamento das diferentes designações que são atribuídas às representações dos alunos, alertando que essas diferenças de terminologia estão associadas às diferentes conotações atribuídas ao objeto da pesquisa, o que observamos, principalmente na literatura brasileira, é que esses termos são usados muitas vezes como sinônimos.

- 1) Conhecimento do senso comum (raciocínio espontâneo, representação intuitiva): designações que sugerem a origem das representações.
- 2) Pré-concepções (representação inicial): designações que focalizam a anterioridade das representações (no tempo e na precisão) relativamente aos conceitos científicos.
- 3) Concepção errada (misconception), compreensão errada (misunderstanding): designações que enfatizam a natureza acidental, defeituosa, evitável, imatura ou errada de tais representações. Refere-se, também, à assimilação incorreta de modelos formais.
- 4) Concepção alternativa, estrutura alternativa (alternative framework): designações que sugerem diferenças qualitativas entre as representações dos alunos e os conceitos científicos.

Ainda dentro desta questão de terminologia encontramos em Mortimer (1994) a seguinte discussão:

Há uma grande variedade de nomes que os autores usam para designar essas idéias infantis e o próprio nome pode indicar uma certa filiação epistemológica da pesquisa. Gilbert e Watts, por exemplo, relacionam a idéia de misconceptions a uma visão clássica do conhecimento como constituído por uma série de níveis hierárquicos que podem ser

decompostos em pequenas partes e estudados independentemente. Os conceitos são átomos lógicos dentro dessa subdivisão hierárquica do conhecimento e o progresso no conhecimento depende da aquisição completa de pré-requisitos. Nessa visão, o conhecimento público e o privado são vistos como isomórficos

Contrastando com essa visão clássica, há uma visão ativa do conceito, que fala em concepções como modos de fazer, como vias de organização de experiências pessoais. Nesta visão, toda aprendizagem cognitiva envolve algum grau de reconstrução do conhecimento pré-existente. Esta visão atribui um grande status epistemológico às concepções pessoais de cada indivíduo que são vistas como “ciência da criança”, “teoria em ação” ou “estrutura conceitual alternativa” (Gilbert e Watts, 1983, p.66-67).

Mas, quais seriam as fontes dessas concepções alternativas? Segundo Kane (1998), embora essa não seja uma questão simples, pois envolve aspectos cognitivos e suas relações com a prática pedagógica, é possível identificar três importantes origens:

- a primeira delas seria resultado de nossas experiências no cotidiano, pois aprendemos sobre o meio ambiente inicialmente através dos sentidos (o fogo é quente, a cortiça flutua sobre a água, balões de hélio sobem no ar, as coisas não desaparecem (conservação da matéria), bolas não rolam para sempre, as penas demoram mais para chegar ao solo do que as pedras);
- a natureza metafórica da linguagem, que atribui a determinadas palavras, uma conotação física nem sempre adequada ao conceito envolvido. Metáforas mal colocadas nas explicações de senso comum da realidade afetam diretamente a aprendizagem de Física.

“Conceitos como força são sempre associados (em linguagem comum) com movimento ou mudança; ... Então, força é sempre relacionada com ação, na visão dos estudantes, objetos inanimados

são barreiras ao movimento, mas não são agentes de força. Os estudantes são capazes de entender uma mão humana segurando uma bola estacionária como responsável por uma força para cima que se opõe à gravidade, mas desconhecem a mesma força para cima exercida por uma mesa". (Kane, 1998)¹⁵

- um currículo de “verdades”, criado para apresentar todas as idéias e conceitos em sua forma mais reduzida, simplificada e fácil de explicar, com receio de que os alunos fiquem desanimados se forem estudar a “*inteira, e às vezes, deselegante verdade*” (Kane, 1998)

Vemos então que a visão de mundo, o significado das palavras, são mais do que idéias isoladas, formam estruturas conceituais proporcionando conhecimentos coerentes para as crianças e os jovens (Osborne e Gilbert, 1980). Sendo assim, ensinar Física vai além de fornecer novas informações, implica grande medida, modificar, ou tornar científicas, as concepções que estão enraizadas nas pessoas, próximas do conhecimento de senso comum. Nas palavras de Bachelard:

Os professores de ciências imaginam que o espírito começa como uma aula, que é sempre possível reconstruir uma cultura falha pela repetição da lição, que se pode fazer entender uma demonstração repetindo-a ponto por ponto. Não levam em conta que o adolescente entre na aula de física com conhecimentos empíricos já constituídos: não se trata, portanto, de adquirir uma cultura experimental, mas sim de mudar de cultura experimental, de derrubar obstáculos já sedimentados pela vida cotidiana. (1996, p.23)

Contudo, o simples conhecimento sobre a natureza e a extensão das pré-concepções dos estudantes, não é suficiente para melhorar o ensino; relatar quais são essas concepções, como quem prepara para uma prova, tem pouco efeito

¹⁵ Tradução nossa.

(Hestenes e outros, 1992), ou seja, para tornar útil esse conhecimento sobre a aprendizagem, o professor precisa fazer uso de ferramentas de ensino que sejam capazes de promover uma transformação.

Estão, nessa direção, os trabalhos de Wandersee (1985), Gagliard (1988), Santos (1991), Sequeira E Leite (1991), Barra (1993), Curado (1999), entre outros, que sinalizam uma forte tendência na utilização da História da Ciência como recurso para ensinar Física, quer seja mostrando ao aluno semelhanças entre sua maneira própria de pensar e teorias científicas descartadas ao longo da História, quer seja usando conhecimentos históricos para antecipar essas concepções, adequando os conteúdos a serem ensinados, de forma a minimizar o distanciamento entre as duas visões de mundo: do jovem e da Ciência.

Identificadas as questões mais gerais envolvendo as concepções alternativas dos alunos e as diferentes abordagens que podem ser realizadas da História da Ciência com fins educacionais, iremos, no próximo capítulo, nos deter mais especificamente nas pesquisas realizadas investigando como as crianças e os jovens entendem o fenômeno da queda dos corpos.

Nos trabalhos de Ruggiero e outros (1985), Gunstone e White (1981), Sequeira e Leite (1991), Berg e Brouwer (1991) e Curado (1999) procuramos averiguar as questões propostas para identificar as concepções alternativas, a amostra, a metodologia, as atividades pedagógicas realizadas ou sugeridas e a categorização que os autores propuseram para organizar as respostas obtidas nos testes realizados.

Após a apresentação desses trabalhos, nosso próximo passo será a investigação das concepções alternativas de nossos alunos, comparando-as com aquelas apresentadas por estudantes de outros países, com outras idades e níveis de escolaridade.

Não podemos perder de vista que dificilmente seremos capazes de fazer com que as concepções alternativas sejam totalmente abandonadas, até porque essas concepções estão fortemente incorporadas à linguagem cotidiana, que é o modo mais abrangente de compartilhar significados.

Acreditamos que para ajudar nossos alunos a se apropriarem de um conhecimento mais estruturado, menos “atrapalhado” pelas impressões, mais próximo do conhecimento científico, precisamos primeiro conhecer suas idéias.

A Pesquisa

A Pesquisa

“Enquanto as idéias da física são tão lógicas quanto extremamente belas para as pessoas que as estudam, mostram-se completamente alheias a tudo que a maioria de nós chamaria de ‘bom senso’”

Alan H. Guth

“No decurso de minha longa e variada carreira, nunca vi um educador mudar de método pedagógico. O educador não tem senso do fracasso justamente porque se acha um mestre. Quem ensina manda.”

Bachelard

Nossa pesquisa foi realizada com cinquenta e cinco alunos da segunda série do Ensino Médio, de uma escola privada, religiosa, da cidade de Campinas, onde alguns dos sujeitos estudavam desde os quatro anos de idade. De perfil assumidamente tradicional, com aulas expositivas e ausência de atividades experimentais, o colégio passou a adotar, desde 1998, material apostilado substituindo o livro texto como referência para os alunos.

São comuns as situações de ensino em que o livro didático *“apresentando um conjunto de leis e definições, muitas vezes representadas através de fórmulas, em exercícios repetitivos de aplicação numérica”* (Silva e Saad, 1998, p.43) determina a forma de apresentação do conteúdo. As apostilas são o exemplo extremo dessa situação, com uma abordagem superficial e quantitativa, sem qualquer preocupação com a discussão dos fenômenos, privilegiam apenas a memorização. Para o aluno fica a impressão de um conhecimento descartável, tendo como finalidade única o ingresso na universidade.

A opção pelo material apostilado implicou o compromisso de cumprir o “plano de ensino sugerido pela editora”, tornando procedimentos pedagógicos

menos centrados nos professores “pouco desejáveis” e o uso de recursos complementares, como laboratório, vídeos e textos paradidáticos, impraticáveis para algumas disciplinas, entre as quais inclui-se a Física.

A mudança de material levou a uma reestruturação na distribuição das aulas, divididas entre dois (ou três) professores da mesma disciplina dentro de cada série. Isso, em tese, otimizaria o tempo, permitindo que todo o conteúdo do Ensino Médio fosse tratado em dois anos, destinando-se o terceiro para uma revisão geral. O quadro abaixo destaca que o conteúdo da Mecânica Clássica foi distribuído ao longo das três séries.

	Frente 1	Frente 2	Frente 3 ¹
1º. ano	Mecânica (2 aulas)	Óptica e Termologia (2 aulas)	Não existe
2º. ano	Mecânica (2 aulas)	Eletromagnetismo e Termologia (2 aulas)	Não existe
3º. ano	Revisão de Mecânica (2 aulas)	Revisão de Termologia e de Eletromagnetismo (2 aulas)	Revisão de Óptica. (1 aula)

Essa divisão leva os alunos a imaginarem a existência de diferentes “Físicas, Químicas e Biologias” ampliando o tão criticado caráter multifacetado da Ciência e reforçando a idéia de segmentação.

Mesmo sabendo dos limites rígidos impostos pela “ditadura das apostilas”, consideramos as vantagens de trabalhar em um ambiente familiar com pessoas conhecidas, maiores que os fatores limitantes, e adaptamos nossa pesquisa ao andamento normal das aulas e à seqüência do conteúdo.

¹ As aulas são ministradas no período da tarde, normalmente por um terceiro professor, e o comparecimento não é obrigatório.

Pesquisamos alunos da segunda série, portanto, já expostos à linguagem científica escolar quando empreendemos ao levantamento das concepções alternativas.

Contávamos inicialmente com 61 estudantes, distribuídos em duas classes. Houve uma perda, em relação ao número inicial da amostra, reduzida para 55, em função da ausência do aluno em qualquer das etapas.

Do total de entrevistados, 38 eram do sexo feminino e 17 do masculino, todos brasileiros e com idades entre 15 e 19 anos²; 48 nunca foram retidos em sua formação escolar, 6 sofreram uma retenção e 1 deles duas, em anos não consecutivos.

Todos os jovens estavam matriculados em escolas privadas desde a primeira série do Ensino Médio, sendo que 47 sempre estudaram em escolas particulares. Apenas 8 indivíduos concluíram o Ensino Fundamental em escolas públicas, procurando o Ensino Médio privado na expectativa de uma preparação mais adequada para os exames vestibulares.

Os instrumentos de medida e a coleta de dados.

Para viabilizarmos o desenvolvimento de nossa pesquisa realizamos levantamentos bibliográficos que permitiram construir uma rede de referências básicas e selecionamos os trabalhos mais representativos. Considerando também a intenção de comparar nossos resultados com aqueles encontrados na literatura buscamos nos trabalhos de Gunstone e White (1981), Ruggiero e outros (1985), Berg e Brouwer (1991), Sequeira e Leite (1991) e Curado (1999) modelos para as perguntas das sondagens, adaptadas quando necessário à faixa etária e grau de escolaridade que investigávamos.

² Distribuição dos sujeitos: 2 de quinze anos; 39 de 16 anos; 12 de 17 anos; 1 de 18 anos e 1 de 19 anos.

Verificamos serem, o método das entrevistas clínicas e os questionários respondidos por escrito, os instrumentos mais adequados ao tipo de levantamento que realizaríamos³.

O primeiro é mais empregado quando o número de elementos da amostra não é grande e consiste em entrevistas individuais, com questões apresentadas oralmente, por escrito, ou através de experimentos. Normalmente, as entrevistas são filmadas e é permitido ao entrevistado fazer perguntas que lhe permitam compreender melhor a proposta. Por outro lado, o entrevistador conta com a possibilidade de interferir durante as respostas e pode obter informações mais claras, tomando, obviamente, o cuidado de não induzir o entrevistado.

O questionário é um instrumento mais adequado a um número maior de participantes, podendo conter questões abertas, *“que são aquelas que permitem ao informante responder livremente, usando linguagem própria, e emitir opiniões”* (Rampazzo, 1998, p.119) ou de múltipla escolha.

A coleta de dados através de questionários escritos mostra-se mais adequada ao trabalho com amostras maiores, principalmente, por otimizar o tempo. No caso das entrevistas clínicas existe a necessidade de horários especiais, extra-classe, para um atendimento individual. Isso pode implicar a necessidade de participação de outros entrevistadores e, como consequência, na condução da entrevista podem ocorrer situações não planejadas.

Em contrapartida, com questionários escritos existe o risco das explicações serem demasiado sucintas e/ou pouco claras, tornando a retirada de informações uma tarefa mais difícil. Nesse caso particular, com uma amostra de 61 estudantes, consideramos inviável a realização de entrevistas individuais e optamos pelo questionário, composto por questões abertas.

Uma consulta ao planejamento mostrou que o melhor momento para a inserção do “módulo alternativo” seria antes da apresentação da lei da Gravitação

³ Santos (1991, p.99) cita outras técnicas de coleta de dados, como as entrevistas coletivas, a observação direta dos estudantes em situações de resolução de problemas trocando idéias com seus pares, composição livre e desenho livre.

Universal. O mapeamento das pré-concepções definiria quais aspectos do fenômeno da queda dos corpos seriam retomados, caso isso se mostrasse necessário.

A duração do trabalho com os alunos foi de oito horas-aula, divididas ao longo de cinco semanas, incluindo-se nesse total as duas sondagens e as atividades de ensino. Entre a aplicação dos dois testes houve um período de três semanas (seis horas-aula)⁴. As questões da primeira sondagem (pré-teste) e da segunda (pós-teste) não eram idênticas, mas procuravam abordar os mesmos aspectos do fenômeno.

No entanto, a análise das respostas do primeiro questionário tornou evidente um problema que nos levou a introduzir, na segunda sondagem, uma questão cujo enunciado, aparentemente, diferenciava-se dos demais. Verificando que as palavras “peso” e “massa” eram usadas de forma indiscriminada, como é comum no cotidiano, acrescentamos a questão 1 ao pós-teste para verificar se o problema era semântico ou conceitual.

Insistimos com os alunos quanto à necessidade de apresentarem respostas pessoais e sinceras, pois não se tratava de uma avaliação, mas sim de um processo de aprendizagem por parte do professor. Explicamos que nos importava conhecer mais sobre seus modelos de raciocínio e que, portanto, não havia a necessidade de utilizarem-se de fórmulas, dados, números ou do jargão científico.

Foi difícil convencê-los de que não se tratava de avaliação “para nota”, ou seja, um julgamento, e, ao lermos as respostas, sentimos naqueles que buscaram respaldo na linguagem adquirida nas salas de aula, a tentativa de justificar com um tom “científico” conhecimentos de senso comum.

A transcrição integral das respostas, mantidos os eventuais erros de ortografia, concordância, pontuação etc., consta dos anexos⁵. A manutenção de tais erros se justifica na medida em que o ensino de Física não se diferencia do

⁴ Os encontros semanais com os alunos acontecem uma única vez, pois as aulas são duplas.

⁵ Uma vez que os procedimentos de ensino foram os mesmos nas duas classes foi possível organizar os alunos em ordem alfabética. Propositalmente, os dois alunos transferidos para a escola no correr do ano, ficaram fora dessa organização, aparecendo nos últimos lugares.

ensino de forma geral, em relação às dificuldades, incluindo-se aquelas relativas à interpretação dos textos lidos e à expressão de seu raciocínio de maneira compreensível.

Análise dos dados do pré-teste.

Para proceder à análise das respostas das duas sondagens estabelecemos uma categorização simplificada, dividindo-as em três grupos, de acordo com as explicações fornecidas para cada pergunta. O uso da mesma classificação simplificou a comparação entre as concepções apresentadas antes e depois das atividades de sala de aula, e também a comparação com os resultados encontrados na literatura.

Após relatarmos os elementos mais relevantes dentro de cada categoria, procuraremos exemplificá-las, transcrevendo as justificativas apresentadas pelos estudantes.

PRÉ-TESTE

Questão 1: Antes de soltarmos, a partir de uma mesma altura, um martelo e uma pena, podemos fazer uma previsão de qual deles chegará primeiro ao chão? Explique sua resposta⁶.

Questão 2: Caso isso ocorresse na Lua, você poderia fazer uma previsão? Qual atingiria o solo em primeiro lugar? Justifique.

⁶ Os movimentos da Terra não foram mencionados no enunciado pois, no Ensino Médio, o habitual é considerá-la como um referencial inercial, o mesmo acontecendo em relação à Lua.

Questão 3: Duas esferas de mesmo diâmetro, uma plástica e uma metálica são colocadas a dois metros do chão e soltas ao mesmo tempo. Compare o tempo de queda das duas esferas. Justifique.

Questão 4: Um astronauta, na Lua, deixa cair uma ferramenta, a partir de mais ou menos um metro do chão. Explique o que acontece com a ferramenta.



Na elaboração de uma classificação que permitisse uma leitura simplificada dos resultados, fez-se necessário *“submeter-nos a um exercício de epistemologia de senso comum, isto é, refletir sobre nossas experiências diárias livremente (tanto quanto isso é possível para pessoas com algum conhecimento de Física)”* (Ruggiero e outros, 1985, tradução nossa).

Tentamos ser particularmente cuidadosos com o uso das palavras “certo” e “errado”, acostumados que estamos às inúmeras correções de exercícios, onde o sucesso ou o fracasso dos alunos dependem de um valor numérico. Não se tratava de corrigir, mas sim de identificar quais são as causas atribuídas à queda dos corpos e como o estudante estrutura suas explicações.

As concepções apresentadas, ainda que não condizentes com o pensamento científico são, verdadeiramente, pistas e indícios que podem tornar menos improdutivo, a tarefa de superar os obstáculos que se opõem à aquisição do conhecimento científico.

Nesse sentido estabelecemos as seguintes categorias:

I – respostas cujas justificativas se mostraram incoerentes, às vezes, contraditórias e limitadas.

- *Se comparar o peso, o martelo é que chegará primeiro ao chão, mas se fizer essa experiência verá que os dois irão chegar ao chão ao mesmo tempo, pois eu acho que nesses casos onde não tem força que inicia o movimento a massa é desprezada e o que vai agir é apenas a gravidade. Isso se a experiência for realizada onde não tenha corrente de ar, pois assim a pena voaria.*
- *Sim, por causa da resistência do ar, a pena chegará primeiro, a pena tem um formato mais “aberto” que o martelo, o martelo tem um formato que evita com que o ar faça ele cair mais lentamente. Mas se os dois estiverem no vácuo, os dois chegarão juntos ao chão.*
- *Essa ferramenta irá flutuar mais ou menos nessa distância, por causa da força da gravidade que existe na Lua, que não deixará a ferramenta cair.*

II – nesse grupo houve a necessidade de uma subdivisão, em função da diversidade de justificativas encontradas.

II a – o aluno respondeu à pergunta mas não apresentou justificativa⁷:

- *O martelo, mas eu não sei porque, pois a massa não influencia na velocidade.*

II b - justificativas ingênuas, próximas dos conhecimentos de senso comum, estruturas de pensamento menos elaboradas. Respostas que associam diretamente a rapidez da queda à massa ou ao peso do corpo (no caso das questões 1 e 3), ou que demonstram desconhecimento do ambiente lunar (nas questões 2 e 4).

- *Sim. No caso seria o martelo porque ele é mais pesado que a pena e de acordo com a gravidade (g) ele tende a ir para o chão de qualquer maneira, mas vai ser a massa que definirá a velocidade da queda do objeto (neste caso, pois as alturas são iguais).*

⁷ Felizmente o número de respostas sem justificativa foi praticamente nulo, mas mantivemos essa opção para eventuais necessidades na avaliação do pós-teste.

- *O martelo cairá primeiro pelo fato de ser mais pesado e a resistência do ar não influenciar na queda, pois se a pena tivesse o mesmo peso cairia ao mesmo tempo. Obs. O que mais influi neste exercício é a resistência do ar e área dos objetos.*
- *Na Lua não há quase a lei gravitacional e as massas são exatamente as mesmas⁸, então as duas cairão ao mesmo tempo.*
- *Acho que chegariam praticamente juntos porque na Lua não tem gravidade, então o martelo e a pena chegariam juntos.*

II c – neste grupo encontram-se as respostas cuja justificativa mescla conhecimento intuitivo com conhecimento escolar, sendo que este último aparece colocado de forma equivocada. Nas questões 1 e 3 a influência exercida pelo meio durante a queda, contida nas referências à resistência do ar, está presente, ainda que de forma ambígua, enquanto que nas questões 2 e 4, referentes ao ambiente lunar já é possível reconhecer mais elementos corretos.

- *Chegará primeiro ao chão o martelo. Isso acontece porque a pena tem uma superfície maior do que a do martelo, e sendo assim a resistência do ar fará com que essa pena chegue mais tarde ao chão. A resistência do ar na pena é maior do que no martelo.*
- *Sim, o martelo chegará antes se eles forem soltos ao ar livre, pois a pena sofrerá a resistência do ar e vai demorar mais para cair, já o martelo é mais pesado por isso vence a resistência do ar e chega primeiro. Se eles forem soltos juntos no vácuo eles chegarão ao mesmo tempo, pois não haverá a resistência do ar.*
- *Não. Acho que os dois chegariam juntos, porque tenho a impressão que na Lua não existe ar, portanto não há resistência do ar e os dois chegariam juntos. Pode ter alguma coisa a ver com a gravidade.*
- *Eles atingiriam o solo ao mesmo tempo, pois não há ar. Estão no vácuo e a gravidade é a mesma para todos os corpos no vácuo.*
- *Os dois atingiriam o solo ao mesmo tempo, pois na Lua a gravidade é menor, portanto a massa dos objetos não fará diferença alguma.*

Encontramos nas palavras de *Jul.*, uma das pessoas mais interessadas e participativas em todo o processo, os indicadores da dificuldade ao responder às perguntas sobre um ambiente desconhecido: “*Eu nunca fui à Lua e não tenho*

⁸ Refere-se à pena e ao martelo da questão 2.

noção da gravidade lá. Isso se o fato de os objetos caírem tiver relação com a gravidade. É mais fácil entender coisas que enxergamos”.

III – explicações mais elaboradas, apresentam vocabulário científico condizente com a teoria ensinada no Ensino Médio, poderíamos chamá-las de corretas.

- Depende, se ambos forem soltos no vácuo, ambos chegarão ao mesmo tempo ao chão, pois no vácuo não existe a resistência do ar que pode e que funciona como um atrito (como uma força contrária ao movimento). Se forem soltos em qualquer outro meio que não seja o vácuo, o martelo chegará primeiro ao solo, pois a resistência ao movimento terá maior efeito na pena (que é muito mais leve e no caso se o meio for o ar, irá planar). Além disso a pena tem um diâmetro muito menor do que o martelo e o martelo também é mais denso.*
- Os dois atingiriam juntos, pois não há resistência do ar, ou seja, estão no vácuo. Só existirá a força da gravidade agindo sobre eles, por isso chegarão juntos.*
- Na Lua como não existe a resistência do ar ambos chegariam exatamente ao mesmo tempo ao solo, independente de que a gravidade na Lua é menor do que a da Terra (o máximo que acontece pela diferença de gravidade é que na Lua ambos objetos terão uma velocidade pequena, pois a aceleração da gravidade é pequena).*
- O tempo de queda das duas esferas será o mesmo, pois elas possuem o mesmo diâmetro estão numa mesma distância do chão. A resistência do ar irá ser igual nas duas e sendo assim elas demorarão o mesmo tempo para chegarem ao solo.*
- Independente do peso, a uma altura de 2 m (relativamente pequena) quase não é possível se notar nenhuma diferença no tempo de queda das esferas, elas chegarão ao chão praticamente ao mesmo tempo. Se elas fossem jogadas de uma altura maior haveria uma pequena diferença no tempo de queda, a esfera de metal chegaria primeiro ao solo (ela é muito densa). Por elas terem o mesmo diâmetro, a uma altura de 2 m, quase não é possível notar diferença na chegada.*
- A ferramenta cairá na superfície da Lua, já que está é atraída pela gravidade da Lua.*
- A ferramenta irá cair até chegar ao chão, só que num tempo maior que na Terra, pois a gravidade é menor na Lua do que na Terra.*

A “economia de palavras”, por vezes, dificultou a classificação das respostas pois, a aparente “objetividade” pode mascarar algumas concepções alternativas, da mesma forma que os excessos algumas vezes dificultaram a compreensão do raciocínio.

A tabela 1 (p.72) apresenta a organização das respostas, de acordo com a classificação estabelecida⁹. A leitura horizontal dessa tabela permite averiguar se o raciocínio explicitado pelo aluno é coerente, ainda que suas respostas não sejam cientificamente corretas.

⁹ Alguns casos aparecem com asterisco, pois a resposta não pode ser enquadrada em qualquer um dos grupos.

	PRÉ-TESTE			
	QUESTÃO 1	QUESTÃO 2	QUESTÃO 3	QUESTÃO 4
Ali.	II c	II c	II c	II c
Ama.	II c	III	III	II c
Ana 1	III	III	III	III
Ana 2	I	II b	II b	II b
Ana 3	II c	III	II b	II b
Ana 4	I	II c	III	III
And.	II c	III	II b	II b
Aug.	II b	I	II c	II b
Car.	II b	III	II c	II c
Car.2	II c	II b	II b	II b
Cín.	II b	II b	I	II b
Cris.	II c	III	II b	II c
Cris.2	I	III	III	III
Edi.	II b	I	II b	II b
Ema.	II b	I	II b	II b
Fab.	II b	III	II b	II b
Fáb.2	II c	II c	III	III
Fel.	II c	II b	III	III
Fel.2	II c	II b	II b	II c
Fer.	II c	II c	III	II b
Fil.	III	III	III	II c
Fla.	II c	II c	II c	III
Gab.	II b	I	II b	I
Gus.	II c	II c	II b	II b
Iza.	II b	II b	II b	II b
Joa.	II c	III	II c	III
Jul.	II c	*	II c	II b
Jul.2	II c	II b	II b	II b
Jul.3	II c	II b	II b	II b
Kar.	II b	II b	II b	II c
Kar.2	II c	I	II b	II b
Lia	II b	II b	II b	III
Lúc.	II c	II b	II b	II b
Luc.	II b	II b	II b	II c
Lui.	II c	II c	III	III
Lyg.	II c	II b	II b	II c
Mar.	III	III	II c	III
Mar.2	II b	II b	II b	I
Mar.3	II b	II b	II b	II b
Mil.	II c	II b	II b	II b
Raf.	II b	II b	II b	II c
Rap.	II c	II c	II c	II c
Raq.	II b	I	II c	II b
Reb.	II b	II b	II b	II c
Ric.	II b	I	I	I
Síl.	II c	III	II c	III
Tás.	II c	II b	II b	III
Tat.	II a	II a	*	II c
Thi.	II b	I	II b	II b
Thi.2	II b	II b	II b	III
Tia.	II b	II b	II c	II b
Vin.	III	III	III	III
Viv.	II c	II c	III	II c
Jul.4	II b	II b	II b	II c
Ren.	*	II a	I	*

Como exemplos de conjuntos de respostas coerentes temos:

Ana 1 (grupo III)

- *Sim, se considerarmos a resistência do ar, com certeza o martelo irá chegar ao chão primeiro, mas se a desprezarmos dizendo que os dois estão no vácuo, não importa se um é mais leve que o outro, os dois cairão no chão ao mesmo tempo, já que a velocidade com que os corpos caem não depende de sua massa.*
- *A mesma resposta que dei no um, o que mudaria unicamente seria a velocidade com que os dois cairiam, já que a aceleração gravitacional da Terra é diferente da Lua.*
- *O tempo de queda das duas será igual, pelo que eu já tinha dito (explicado) na primeira questão, isso se desprezarmos todas as forças que são contra a queda das duas esferas.*
- *A ferramenta cairá na superfície da Lua, já que está é atraída pela gravidade da Lua.*

Ali. (grupo II c)¹⁰

- *Sim é possível prever que o martelo chegará primeiro ao chão, pois é mais pesado, a força da gravidade é maior sobre corpos de maior massa (peso). Se bem que o martelo tem uma resistência do ar maior, maior área, superfície em contato com o ar.*
- *Na Lua não há “resistência do ar”, e a gravidade é menor, já são dois fatores que mudam a situação. Os dois caem (primeiro o martelo, pois sua massa é maior), com uma pequena diferença de tempo, pois como não há resistência do ar, só depende da massa dos corpos e da gravidade.*
- *A metálica vai cair mais rápido, pois sua massa é maior (o material de que é feito é mais pesado). A resistência do ar que as duas sofreram é a mesma, pois a área (diâmetro) delas que está em contato com o ar é a mesma.*

¹⁰ As explicações alternam conhecimentos de senso comum com conhecimentos escolares e mantêm a relação direta entre massa (peso) e rapidez na queda.

- *A ferramenta vai cair de acordo com a massa desta e a gravidade da Lua.*

Mar.3 (grupo II b)

- *O martelo, pois o martelo pesa mais que a pena. Mas se eles estiverem em um “tubo” onde não haja nenhum tipo de força, nem de atrito, nem força da gravidade (nenhum tipo de força) os dois chegariam juntos. E com a presença de forças que atuam sobre o martelo e sobre a pena, aí sim o martelo chegará primeiro, a pena ainda vai ‘voar’ um pouco antes de chegar ao chão, pois ela é muito leve.*
- *Os dois não chegariam no solo e sim ficariam flutuando, pois na Lua não há força da gravidade. Mas se os dois tivessem que chegar de qualquer modo ao solo, os dois chegariam juntos, pelo motivo de não haver a força da gravidade.*
- *A esfera metálica chega alguns segundos antes da esfera plástica, pois o metal pesa mais que o plástico. Se não houver a força da gravidade as duas chegariam juntas, mas como a força da gravidade atua na Terra a mais pesada chega primeiro, no caso a metálica.*
- *A ferramenta vai flutuar, pois como não há força da gravidade não há quantidade de peso para o material. Mas se a ferramenta “tiver” que chegar ao solo ela vai demorar um tempo bem maior do que se ela estivesse na Terra.*

Uma leitura atenta do material das entrevistas mostrou a riqueza de informações que podem ser obtidas com essa prática, devendo tornar-se uma ferramenta útil nas escolhas pedagógicas, possibilitando a sistematização das principais concepções alternativas dos estudantes e, indicando assim, as possibilidades de intervenção em sala de aula:

a) não fazem distinção entre “massa” e “peso”;

- b) consideram a massa (peso) o fator determinante da rapidez de queda dos corpos;
- c) não relacionam “peso” e “força da gravidade”;
- d) entendem a gravidade como um fenômeno terrestre;
- e) acreditam que ausência de ar implica ausência de gravidade.

Embora nem todos se mostrassem convictos em todas as respostas, de forma geral os alunos pareciam satisfeitos com suas concepções e acomodados a elas. Diante desse quadro *“o professor pode ignorar o obstáculo e elaborar os conceitos científicos sem analisar, e nem mesmo considerar, os conhecimentos anteriores dos seus alunos”* ou criam *“um conflito interior, provocando, principalmente, uma contradição empírica, a fim de substituir as idéias espontâneas errôneas por modelos científicos adequados”* (Lvovski, 1996, p.176).

Ou, nas palavras de Bachelard:

“no fundo, o ato de conhecer dá-se contra um conhecimento anterior, destruindo conhecimentos mal estabelecidos, superando o que, no próprio espírito, é obstáculo à espiritualização. ... Quando o espírito se apresenta à cultura científica, nunca é jovem. Aliás, é bem velho, porque tem a idade de seus preconceitos” (1996, p.17-8)

As atividades de ensino

Com a expectativa de fundamentar nossas aulas em uma abordagem histórica, selecionamos trechos de obras de historiadores da Ciência renomados, como Alexandre Koyré, Armand Gilbert, I. Bernard Cohen e Stillman Drake além de textos de Galileu que seriam lidos e discutidos em aula. Contudo, os resultados do pré-teste impuseram um re-planejamento pois era visível que uma porcentagem significativa dos alunos não havia ainda substituído conhecimentos intuitivos por científicos, apresentando respostas que evidenciavam uma mal-resolvida convivência entre as duas formas de pensar.

Revimos nosso planejamento e organizamos a unidade sobre o movimento de queda dos corpos como se segue:

Aula 1 – Identificação das concepções alternativas: aplicação do primeiro questionário (pré-teste).

Aulas 2 e 3 – Discutindo o pré-teste através da História da Ciência.

É comum na explicação de fenômenos do cotidiano das pessoas, as justificativas ligadas ao que é “percebido” ou “sentido” (Teixeira e Carvalho, 1998) e essas explicações mostram-se bastante satisfatórias, levando a uma acomodação.

Visto que os participantes da pesquisa estudaram a queda dos corpos na primeira série do Ensino Médio e, ainda assim, apresentavam concepções alternativas sobre esse movimento, foi necessário criar uma situação de conflito objetivando questionar as crenças explicitadas na sondagem. Por isso mesmo iniciamos pela leitura do texto extraído de *O nascimento de uma nova Física* (Cohen, 1988, p.19-20) abrindo as discussões sobre a importância histórica do fenômeno, e mostrando a sua relação com a visão de mundo das pessoas.

Por estranho que possa parecer, os pontos de vista de muitas pessoas acerca do movimento fazem parte de uma física proposta há mais de 2000 anos e que se revelou experimentalmente inadequada, pelo menos há 1400 anos. É um facto que homens presumivelmente de boa educação, tendem ainda hoje a imaginar o mundo como se a Terra estivesse em repouso e não em movimento. Não quero com isto significar que acreditem ‘realmente’ que a Terra esteja em repouso; se forem questionados, responderão que evidentemente ‘sabem’ que a Terra gira em torno de seu eixo 24 horas e que simultaneamente, descreve uma grande órbita anual em torno do Sol. Porém, quando acontece de explicarem determinados acontecimentos físicos comuns, mostram-se incapazes de dizer como podem acontecer os fenómenos do quotidiano, tal como observamos na Terra em movimento. Em particular, estes mal-entendidos da física têm tendência acentuar-se no problema da queda livre e no conceito geral de movimento. Assim, vemos exemplificado o velho preceito ‘ignorar o movimento é ignorar a natureza’.... Por incapacidade de tratar o movimento numa Terra móvel, a generalidade das pessoas assume atitude idêntica à de alguns dos grandes cientistas do passado, o que pode constituir fonte de considerável conforto. A maior diferença, reside contudo, em que, para os cientistas do passado, a incapacidade de resolver estas questões era uma característica dos tempos que corriam, ao passo que para nós, cidadãos do mundo moderno, tal incapacidade é – ai de nós!- uma divisa de ignorância”.(1988, p.19-20)

Adaptamos a discussão apresentada no livro de Cohen (Ibid., p.20) a partir de uma gravura do século XVII, mostrando um canhão apontado para o céu e a pergunta: “*Tornará a cair?*”, ao que todos responderam afirmativamente. A bala retornaria em linha reta para o canhão.

No entanto, questionados sobre o movimento da bala caso o disparo fosse realizado de um navio, movimentando-se em relação a um referencial na Terra, as respostas se dividiram, muitos alunos afirmaram que ela cairia “atrás” do canhão, pois o navio movimentava-se enquanto a bala subia e descia.

Repetimos os cálculos sugeridos por Cohen (Ibdim., p. 26-7), da velocidade aproximada do movimento de translação da Terra, cerca de 31 km/s, questionando se nosso planeta não seria um grande “navio”. Considerando o tempo que a bala demora para subir e descer (mesmo sem realizar os cálculos, todos concordaram ser superior a um segundo), em seu retorno ela cairia muitos quilômetros distante do disparo. Isso sem considerar o movimento de rotação, o que certamente traria maiores diferenças em relação à posição de lançamento.

O exemplo mostrou a dificuldade que cidadãos do século XXI, apesar de terem visto muitas vezes imagens do planeta obtidas do espaço e serem expostos quase que diariamente a confirmação do movimento da Terra, continuam apresentando respostas que demonstram a incompreensão dessa informação, principalmente quando questionados indiretamente. A justificativa de um dos alunos foi: *“a gente nem se lembra que ela está em movimento o tempo todo, nosso ponto de referência é a Terra!”*.

Para proceder a explicação “correta” do fenômeno devemos entender o conceito de inércia, raramente lembrado ou, na melhor das hipóteses, associado apenas ao repouso.

Discutimos sobre as explicações, filosóficas, religiosas e de senso comum encontradas em diferentes períodos da História, como justificativas para um mesmo problema¹¹, além de que, o conhecimento científico também está em permanente construção, e da mesma forma que teorias do passado, reconhecidas como verdadeiras, foram descartadas, algumas do presente também o serão.

Houve algumas perguntas interessantes durante a aula, uma delas acabou trazendo resultados inesperados no pós-teste. Comentávamos que a mesma força que causa a queda de um corpo nos mantém presos ao chão, mantém a Lua em órbita da Terra e esta em sua órbita em torno do Sol, quando um dos alunos perguntou se era verdade que a Lua estava caindo, constantemente sobre a Terra, e como era possível.

¹¹ Dos anjos invisíveis que, batendo as suas asas, guiavam os planetas para adiante até a descoberta da força que aponta para o Sol e mantém os planetas em suas órbitas, um longo caminho foi percorrido pelo Homem.

A questão envolve ingredientes interessantes, e Feynman (1977, 7-5/7-7) apresenta uma explicação didática e estimulante, passando por comentários históricos. Na medida do possível, seguimos sua linha de raciocínio, incluindo as explicações sobre um lançamento “lateral”, paralelo ao chão. Houve muita conversa e visível interesse em torno do assunto.

Embora alguns alunos tenham considerado as discussões do dia “pouco proveitosas”, pois estavam mais interessados em resolver problemas para o vestibular, a maioria mostrou-se participativa e motivada.

Aulas 4 e 5 – Experiências simples.

Para criar um conflito naqueles estudantes que apresentaram concepções alternativas distantes do pensamento científico, ou ainda parcialmente ingênuas, elaboramos atividades experimentais simples, que não exigiam qualquer material sofisticado ou local especial.

Levamos para as salas de aula penas e martelos, realizando a experiência da questão 1, em que praticamente todos afirmaram que o martelo chegaria primeiro ao chão. Contudo, suas justificativas, apontando para uma relação direta entre a rapidez da queda e a massa do corpo, precisavam ser revistas.

Recorrendo novamente à experimentação abandonamos simultaneamente, a partir de uma mesma altura, duas folhas de papel abertas, que chegaram ao chão praticamente ao mesmo tempo. Amassando uma das folhas e deixando-as cair novamente, vimos a amassada chegar primeiro ao chão, embora as duas tivessem a mesma massa.

Laranjas, bolas de tênis, bolinhas de aço de diferentes diâmetros e bolas de ping-pong, também faziam parte de nosso material didático e foram colocados à disposição dos alunos para, eles próprios, repetirem as experiências simples, a partir de diferentes alturas e composições: laranja com folhas de papel (ora abertas, ora amassadas), bolinha de aço com bola de tênis, martelo com laranja etc..

Finalmente todos pareciam convencidos de que a massa não é o fator determinante no tempo de queda dos corpos, já que objetos de mesma massa e formas diferentes não completaram o seu percurso simultaneamente.

Para evidenciar a importância do meio para o movimento de queda soltamos as menores bolinhas de aço (todas iguais), dentro de tubos de ensaio contendo óleo, água e ar¹², este último com um pequeno pedaço de cortiça no fundo para evitar que o vidro quebrasse durante a colisão, todas de uma mesma posição, observando que os tempos de queda não foram iguais.

O que havia de diferente nas três situações era o meio, identificado então como um fator importante durante a queda, sendo que o mais denso exerce maior resistência ao movimento. Na ausência de um meio material (no vácuo) o movimento de queda torna-se livre, garantindo que todos os corpos caem no mesmo tempo, como acontece, por exemplo, na Lua.

Como não havia um tubo de vácuo que nos permitisse “comprovar” a simultaneidade na queda, sem resistência do ar, recorremos ao filme da série Universo Mecânico, mostrando a cena assistida em 1971 por milhões de espectadores em todo o mundo, na qual o astronauta da Apollo 11, David Scott, na Lua, ao abandonar um martelo e uma pena que caíram simultaneamente no solo lunar, refez a experiência realizada no século XVII por Robert Boyle, utilizando um tubo de vácuo.

Portanto, as afirmações relacionando ausência de ar e ausência de gravidade, levando os objetos a “flutuarem” também se mostravam insatisfatórias. Os movimentos lentos do astronauta eram sinal de que a menor atração gravitacional na Lua não atinge apenas o objeto em queda como algumas respostas sugeriram, mas também o astronauta, contrariando quem afirmou que seria mais fácil alcançar a ferramenta antes que ela chegasse ao chão, pois a gravidade sobre ela era menor.¹³

¹² Adaptado de *O nascimento de uma nova Física*, I. Bernard COHEN, 1985, p.34-9)

¹³ Durante as discussões um aluno fez um comentário, no mínimo inusitado, afirmando não acreditar que o Homem já houvesse ido à Lua e o filme que acabáramos de assistir não passava

Aula 6 – Consultando novas referências.

O processo de aprendizagem inclui diferentes etapas, consultar diferentes fontes, extraindo informações de cada uma delas, faz parte desse caminho. No ambiente escolar recorre-se pouco ao confronto de informações, normalmente o material didático é visto como referência única, comprometendo a aprendizagem e o desenvolvimento da criticidade do estudante. Como lembra Cohen *“...devemos ter presente que os estudantes não verificam todas as asserções que lêem nos livros, aceitam sem relutância a maior parte delas, particularmente as que encontram nos manuais escolares. A vida é demasiado curta”* (1988, p.31).

No material apostilado que servia de referência para os alunos, a queda dos corpos aparecia como um exemplo de movimento uniformemente variado, acelerando à razão aproximada de 10 m/s^2 , caso os efeitos da resistência do ar fossem desconsiderados. Em seguida apresentava a descrição matemática do movimento, com alguns comentários sobre a orientação da trajetória. A “discussão histórica” restringia-se a um comentário sobre as experiências de Galileu na torre de Pisa.

A situação dos livros didáticos do Ensino Médio não é muito diferente, atribuindo pouca ênfase aos aspectos históricos. Contudo, consideramos que o processo de aprendizagem deve passar, obrigatoriamente, pelo (re)conhecimento das diferentes maneiras, expressões e julgamentos dados aos assuntos em estudo.

Elaboramos uma atividade para apresentar aos alunos diferentes abordagens sobre a queda dos corpos, encontradas em publicações destinadas ao ensino de nível médio. Seleccionamos alguns livros no acervo da biblioteca¹⁴ e complementamos com publicações mais recentes. Organizados em grupos de

de encenação, uma produção do cinema americano. Apesar de todos os argumentos nós não conseguimos movê-lo de suas idéias.

¹⁴ O acervo está desatualizado, pois a partir da adoção do material apostilado, as editoras deixaram de enviar as novas publicações e as novas edições voltadas para o público do Ensino Médio.

quatro, os alunos atenderam a solicitação de analisar, no mínimo, duas das fontes e produzir uma resenha, para posterior discussão, contendo suas impressões sobre o material. As publicações circulavam entre os alunos, pois não havia exemplares suficientes para todos.

Os grupos entregaram um resumo conciso do tópico, não expressando suas observações. Na apresentação das resenhas averiguaríamos suas impressões.

Aula 7 – Debate sobre a apresentação do movimento de queda livre nos livros didáticos.

De maneira geral os alunos mostraram-se interessados no processo, afirmando que gostaram de consultar outras fontes e “quando tivessem que estudar para as avaliações” voltariam a fazê-lo.

Consideraram a abordagem do livro *Temas de Física*, muito parecida com a da apostila e o *Curso de Física* e *Os fundamentos da Física*, mais claros e completos, além de apresentarem numerosos exercícios. Quanto às publicações *Imagens da Física*, *Física e Realidade* e *Física*, ilustradas por explicações interessantes, além de uma preocupação maior em apresentar questões históricas, os comentários foram positivos, mas com restrições quanto ao “pequeno número de exercícios”. Sumarizando, destacamos as observações dos alunos:

- Bonjorno e Clinton em seu ***Temas de Física*** (1997, vol.1, p.103-14), apresentam o assunto em quatro páginas, fazendo uma análise matemática do movimento, dedicando sete linhas para contar que Galileu realizou uma série de experiências sobre a queda livre dos

corpos e chegou, graças a essas experiências, a algumas conclusões.¹⁵

- **Os fundamentos da Física**, (Ramalho e outros, 1999, vol.1, p.71-81) apresentam um complemento sobre História da Física, no final do capítulo, após os exercícios, destacando a fama de Galileu como experimentador, que se contrapôs às idéias aristotélicas dos “corpos leves e pesados” , realizando as experiências em Pisa e comprovando a simultaneidade da queda. Essa informação é apresentada antecedida da expressão “*conta-se inclusive...*”, o que indefine a veracidade do fato.
- No livro **Imagens da Física** (Amaldi, 1995, vol. único, p.86-107)¹⁶, a divisão estanque entre Cinemática e Dinâmica não é tão evidente, sendo a queda livre inserida no capítulo sobre força e movimento (capítulo 8). Não há referências históricas neste capítulo, mas, no seguinte, como introdução à lei da Gravitação Universal, encontramos um resumo de 2000 anos da História do pensamento do Homem, em pouco menos que duas páginas. A abordagem do livro foi considerada interessante pelos alunos.
- Máximo e Alvarenga (2000, vol.1, p.65-78), responsáveis por um dos mais respeitáveis conjuntos de livros didáticos disponíveis no mercado, o **Curso de Física**, aparentemente dão um enfoque mais histórico ao problema, limitando o formalismo matemático a uma apresentação das funções horárias da queda livre, como um exemplo de movimento uniformemente variado. As informações

¹⁵ Textualmente, as conclusões obtidas por Galileu a partir das experiências realizadas foram: 1) “*todos os corpos, independentemente de sua massa, forma ou tamanho, caem com a mesma aceleração*”; 2) “*a distância percorrida por um corpo em queda livre é proporcional ao quadrado do tempo gasto para percorrê-la, isto é, a função horária das posições $s = f(t)$ é do 2º grau.*”

¹⁶ É uma tradução de *Immagini della Fisica* (1992), cuja primeira versão foi elaborada por Enrico Fermi.

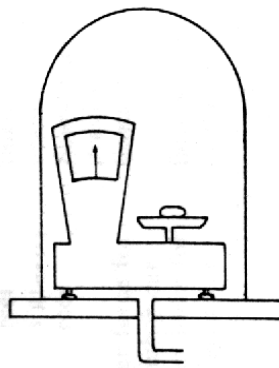
históricas aparecem na apresentação do pensamento de Aristóteles, de forma resumida; nas experiências de Galileu, demonstrando que o raciocínio aristotélico estava errado; e na apresentação da biografia de Galileu, incluindo suas descobertas e sua perseguição pela Inquisição.

- No livro ***Física e Realidade*** (Gonçalves e Toscano, 1977, vol.1, p. 123-43, 264-93) os conteúdos da Mecânica aparecem em uma ordem pouco usual nos livros didáticos, começando pela Dinâmica e apresentando a lei da Gravitação Universal antes da lei da queda dos corpos. De forma resumida são colocados alguns dos diferentes modelos cosmológicos, desde Aristóteles até Newton. No capítulo específico sobre a queda dos corpos, é enfatizada a importância do estudo desse fenômeno nos séculos XVI e XVII, ficando o destaque para Galileu e suas experiências com planos inclinados, sendo a queda livre um caso limite, para uma inclinação máxima, de 90° . A experiência na torre de Pisa é refutada.
- Na coleção de Alberto Gaspar, ***Física*** (2000, vol.1, p. 89-111), a história da queda dos corpos é colocada como leitura complementar, mas, ao contrário dos outros autores, aparece aqui no início do capítulo, relatando as diferentes explicações históricas para o fenômeno.

Aula 8 – Verificando mudanças na maneira de pensar (pós-teste).

Análise dos dados do pós-teste.

Questão 1: Um bloco é colocado sobre uma balança que se encontra dentro de um tubo de vidro. A balança registra a massa do bloco: 5 kg. O que a escala da balança registrará caso o ar seja retirado de dentro do tubo?



Questão 2: Duas esferas de mesmo diâmetro, uma plástica e uma metálica são colocadas a dois metros do chão e soltas ao mesmo tempo. Compare as velocidades com que cada uma delas chega ao chão. Justifique.

Questão 3: Um astronauta, na Lua, joga lateralmente uma ferramenta, a partir de uma certa altura do chão (ver desenho). Explique o que acontecerá com a ferramenta. (desenho)



Como dissemos, a classificação adotada para a análise das duas sondagens foi a mesma e a pergunta número 1 introduzida com o objetivo de averiguar de forma mais objetiva a questão da não diferenciação entre as palavras “peso” e “massa”. Apresentamos a seguir alguns exemplos:

I –

- *O bloco vai ficar mais leve, porque sem gravidade um objeto demora mais tempo para chegar ao chão, então o bloco vai demorar mais tempo e não vai fazer tanta força para sua massa ficar maior, quer dizer ele não vai fazer tanta pressão sobre o peso do bloco.*
- *A esfera plástica terá uma velocidade mais rápida, portanto chegará primeiro ao solo e a bola metálica só irá chegar depois de um tempo porque a sua velocidade é menor. Pelo que a plástica tem uma área mais fácil de descer por ela ser mais leve onde facilita que a força gravitacional não haja sobre ela da mesma maneira agindo na outra que é mais difícil, então dificulta cair com uma velocidade muito mais rápida.*
- *Ela terá a tendência de continuar em movimento e irá caindo à medida em que o tempo passa, mas como a Terra é redonda, a ferramenta fará umas “curvas” e continuará fazendo seu movimento e não irá parar. Então ela não cai, pois é atraída pelo centro gravitacional, o que é responsável pelo seu movimento circular.*

II –

II a – nenhum caso.

II b -

- *A balança registrará o equilíbrio, ou seja, 0 kg, os dois pratos ficarão na mesma altura, pois o corpo, sem a ação da gravidade, não pesa nada.*

- *Devido ao fato do peso das esferas ser proporcional a massa, e a massa da esfera metálica ser maior, esta é que terá maior velocidade ao cair. O diâmetro delas é igual, mas isso não interfere no valor da massa.*
- *A esfera de metal com certeza chegará muito antes do que a esfera de plástico, pois sua força peso é muito maior do que a força peso da esfera de plástico. Essa teoria pertence à segunda lei de Newton ($F = m.a$).*
- *Ela “flutuará” lentamente pela Lua, pois não há uma gravidade, um ar para ela descer e ficar no chão.*
- *A ferramenta ficará no espaço, girando em torno da Terra já que tudo é largado lá continuará a girar com o movimento da Terra.*

II c –

- *O peso do bloco (massa), pois o fato de ter ou não ar no vidro não interfere no peso do bloco. Se o bloco estivesse caindo (ou subindo) nós poderíamos considerar a resistência do ar, mas numa balança isso (ar) não interfere e sim a gravidade, o ar não faz diferença na hora de pesar ou avaliar a massa de um corpo.*
- *Mesmo sendo do mesmo diâmetro, a esfera metálica cairá primeiro ao chão pelo fato de sua massa ser maior e apresentar menor resistência do ar que a plástica.*
- *A esfera de metal vai acabar chegando antes do que a esfera de plástico, mesmo sendo as duas com o mesmo diâmetro, o peso da esfera de metal acaba vencendo mais facilmente a resistência do ar do que a de plástico, fazendo com que chegue primeiro.*
- *Ela irá se deslocar para o lado devido à força nela aplicada, mas após algum tempo ela começará a cair, pois na Lua também existe gravidade fazendo com que a ferramenta também seja atraída para o chão (o centro), mesmo que seja lentamente*
- *Ela irá cair, mas percorrerá uma grande distância, pois as forças que atuam nela são apenas a gravitacional e a força aplicada pelo astronauta. Na Terra o objeto não percorreria tal grande distância devido à força de atrito contida no ar, que não existe na Lua.*

III – explicações mais elaboradas, apresentam vocabulário científico condizente com a teoria ensinada no ensino médio, poderíamos chamá-las de corretas.

- *A escala da balança registrará 5 kg, já que só foi retirado o ar e não a massa do bloco. Se alguma parte da massa do bloco fosse tirada a balança registraria uma marca diferente, uma massa menor.*
- *As duas chegarão juntas, pois têm o mesmo diâmetro, esferas iguais. Se fosse jogado uma folha de papel e um livro, o livro chega primeiro e a folha chega planando, pois o ar atrapalha um pouco. Mas se amassássemos a folha fazendo uma bola de papel os dois chegariam juntos.*
- *Depois de algum tempo ela irá cair no chão. Na Lua apesar da gravidade ser menor ainda temos a presença dela, isso é uma coisa que devemos sempre nos lembrar, o que acontece é que lá se lançamos um objeto qualquer, ele irá demorar mais tempo para chegar ao chão, mas chegará normalmente, nunca irá flutuar (a aluna representou, no desenho, uma trajetória em forma de arco de parábola para a ferramenta).*

A análise do pós-teste permite afirmar que passamos a contar com mais respostas enquadradas no grupo III, sendo que alguns alunos apresentaram uma alteração (positiva) no padrão das respostas. Dois exemplos chamaram nossa atenção, por razões diferentes dos demais: *Ren.*, que havia chegado à escola dias antes do pré-teste, apresentou uma evolução significativa e *Jul.*, muito participativa em todas as atividades, também apresentou respostas mais coerentes.

Repetimos a organização das respostas, à semelhança do que fizemos com o pré-teste, na tabela 3 (p.90). Com a leitura das colunas das tabelas das páginas 64 e 84 foi possível analisar a distribuição das respostas dentro de cada pergunta, cujos resultados são apresentados na página 91, mostrando uma pequena alteração, em termos percentuais, do pré-teste para o pós-teste entre os

grupos II e III. A porcentagem de respostas classificadas como mais elaboradas chegou a ultrapassar os 50% (pós-teste) na questão que comparava a queda de duas bolas na Terra. A mudança mais significativa aconteceu dentro do grupo II (que apresenta uma subdivisão) tendo ocorrido uma troca de tendências, com respostas no grupo IIc em maior quantidade.

Uma análise horizontal da classificação das respostas, mostra diversos casos de alunos que apresentaram uma tendência centrada no grupo II no pré-teste passando a apresentar algumas respostas classificadas no grupo III (*Ana 2, Edi., Fab., Flau., etc.*).

Da mesma maneira tivemos casos nos quais o padrão das respostas indicou uma “regressão”, justificada talvez pela forma diferente de colocação das questões no pós-teste, levando o aluno a expor suas concepções alternativas.

Na página 92 temos a tabela 5, correspondendo à reunião das tabelas 1 e 3, para uma visão completa do processo.

	PÓS-TESTE		
	QUESTÃO 1	QUESTÃO 2	QUESTÃO 3
Ali.	II c	II b	II c
Ama.	II c	III	II c
Ana 1	III	III	III
Ana 2	II c	II c	III
Ana 3	II c	II c	II c
Ana 4	III	II c	III
And.	III	III	III
Aug.	II c	II b	II c
Car.	II b	II c	III
Car.2	II c	III	I
Cín.	II c	II c	II c
Cris.	III	II c	II c
Cris.2	II c	II c	II c
Edi.	II c	III	II b
Ema.	I	III	II b
Fab.	III	III	III
Fáb.2	II c	III	III
Fel.	III	III	II c
Fel.2	II b	II c	II b
Fer.	II b	III	III
Fil.	III	II c	II c
Fla.	III	III	III
Gab.	I	II b	II b
Gus.	II c	III	II c
Iza.	I	III	II b
Joa.	II c	II c	III
Jul.	III	II c	III
Jul.2	II c	III	III
Jul.3	II c	II c	II c
Kar.	III	III	II c
Kar.2	II b	III	II b
Lia	II c	III	III
Lúc.	II c	II b	II c
Luc.	II c	II b	II c
Lui.	II b	III	II c
Lyg.	III	III	II c
Mar.	III	III	II b
Mar.2	III	II c	III
Mar.3	II b	II b	II c
Mil.	II c	III	I
Raf.	II c	II c	II c
Rap.	III	III	III
Raq.	II c	III	II b
Reb.	II c	III	III
Ric.	III	I	II b
Síl.	III	II c	III
Tás.	II c	III	II c
Tat.	II c	II b	II c
Thi.	II b	III	II b
Thi.2	III	II c	III
Tia.	II c	III	III
Vin.	II c	III	II c
Viv.	II c	III	III
Jul.4	II c	II b	II b
Ren.	II c	III	II c

	Porcentagem de respostas em cada grupo (Pré-teste)			
	Questão 1	Questão 2	Questão 3	Questão 4
I	5	14	5	5
II a	2	4	0	0
II b	38	4	53	40,0
II c	46	16	20	27,0
III	7	24	20	25
Sem grupo	2	2	2	2
TOTAL	100	100	100	100

	Porcentagem de respostas em cada grupo (Pós-teste)		
	Questão 1	Questão 2	Questão 3
I	5	2	4
II a	0	0	0
II b	13	14	20
II c	51	29	40
III	31	55	36
Sem grupo	0	0	0
TOTAL	100	100	100

	PRÉ-TESTE				PÓS-TESTE		
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3
Ali.	II c	II c	II c	II c	II c	II b	II c
Ama.	II c	III	III	II c	II c	III	II c
Ana 1	III	III	III	III	III	III	III
Ana 2	I	II b	II b	II b	II c	II c	III
Ana 3	II c	III	II b	II b	II c	II c	II c
Ana 4	I	II c	III	III	III	II c	III
And.	II c	III	II b	II b	III	III	III
Aug.	II b	I	II c	II b	II c	II b	II c
Car.	II b	III	II c	II c	II b	II c	III
Car.2	II c	II b	II b	II b	II c	III	I
Cín.	II b	II b	I	II b	II c	II c	II c
Cris.	II c	III	II b	II c	III	II c	II c
Cris.2	I	III	III	III	II c	II c	II c
Edi.	II b	I	II b	II b	II c	III	II b
Ema.	II b	I	II b	II b	I	III	II b
Fab.	II b	III	II b	II b	III	III	III
Fáb.2	II c	II c	III	III	II c	III	III
Fel.	II c	II b	III	III	III	III	II c
Fel.2	II c	II b	II b	II c	II b	II c	II b
Fer.	II c	II c	III	II b	II b	III	III
Fil.	III	III	III	II c	III	II c	II c
Fla.	II c	II c	II c	III	III	III	III
Gab.	II b	I	II b	I	I	II b	II b
Gus.	II c	II c	II b	II b	II c	III	II c
Iza.	II b	II b	II b	II b	I	III	II b
Joa.	II c	III	II c	III	II c	II c	III
Jul.	II c	*	II c	II b	III	II c	III
Jul.2	II c	II b	II b	II b	II c	III	III
Jul.3	II c	II b	II b	II b	II c	II c	II c
Kar.	II b	II b	II b	II c	III	III	II c
Kar.2	II c	I	II b	II b	II b	III	II b
Lia	II b	II b	II b	III	II c	III	III
Lúc.	II c	II b	II b	II b	II c	II b	II c
Luc.	II b	II b	II b	II c	II c	II b	II c
Lui.	II c	II c	III	III	II b	III	II c
Lyg.	II c	II b	II b	II c	III	III	II c
Mar.	III	III	II c	III	III	III	II b
Mar.2	II b	II b	II b	I	III	II c	III
Mar.3	II b	II b	II b	II b	II b	II b	II c
Mil.	II c	II b	II b	II b	II c	III	I
Raf.	II b	II b	II b	II c	II c	II c	II c
Rap.	II c	II c	II c	II c	III	III	III
Raq.	II b	I	II c	II b	II c	III	II b
Reb.	II b	II b	II b	II c	II c	III	III
Ric.	II b	I	I	I	III	I	II b
Síl.	II c	III	II c	III	III	II c	III
Tás.	II c	II b	II b	III	II c	III	II c
Tat.	II a	II a	*	II c	II c	II b	II c
Thi.	II b	I	II b	II b	II b	III	II b
Thi.2	II b	II b	II b	III	III	II c	III
Tia.	II b	II b	II c	II b	II c	III	III
Vin.	III	III	III	III	II c	III	II c
Viv.	II c	II c	III	II c	II c	III	III
Jul.4	II b	II b	II b	II c	II c	II b	II b
Ren.	*	II a	I	*	II c	III	II c

Considerações finais

Considerações finais

Acho surpreendente que os professores de ciências, mais do que outros se possível fosse, não compreendam que alguém não compreenda.

Gaston Bachelard

Para que quem sabe possa ensinar a quem não sabe é preciso que, primeiro, quem sabe saiba que não sabe tudo; segundo, que quem não sabe saiba que não ignora tudo. Sem esse saber dialético em torno do saber e da ignorância é impossível a quem sabe, numa perspectiva progressista, democrática, ensinar a quem não sabe.

Paulo Freire

Os dados obtidos na pesquisa não são conclusivos, pois, após a realização das atividades de ensino, definidas a partir da investigação das concepções alternativas, identificamos casos de regressão no pós-teste. Não descartamos a possibilidade dessas concepções terem sido mascaradas no pré-teste, por justificativas concisas ou por dificuldades de expressão, explicitadas na transcrição integral das respostas. Temos aqui uma excelente indicação para a continuidade do trabalho.

Por outro lado, o objetivo de comparar nossos dados com resultados da literatura realizou-se de forma satisfatória, comprovando não ser o problema das concepções alternativas uma questão local ou restrita a faixas etárias determinadas, como mostram os dados abaixo:

- 1) Em uma investigação realizada com vinte e dois estudantes italianos, com idades entre 12 e 13 anos, Ruggiero e outros (1985) identificaram como conhecimentos de senso comum relacionam peso, gravidade e pressão do ar na explicação da queda dos corpos. O levantamento das representações mentais dos estudantes realizou-se através de entrevistas individuais, com as

perguntas formuladas oralmente e por escrito. O trabalho deu continuidade a investigações anteriores, realizadas com adultos e crianças mais jovens, cujos resultados apontaram para o entendimento da gravidade e do peso como quantidades diferentes, relacionadas com a pressão atmosférica.

As explicações apresentadas pelos sujeitos da nova pesquisa sugeriam: a) que a força da gravidade (entendida como uma propriedade do espaço) agindo sobre o peso dos objetos (entendido como uma propriedade desses) causa sua queda; b) a força da gravidade e o peso são duas causas independentes para a queda dos objetos; c) a força da gravidade, o peso e o fenômeno da queda não têm relação. O ar aparece, implícita ou explicitamente, como a causa do peso ou da gravidade ou de ambos (Ruggiero e outros, 1985).

Notamos nas respostas fornecidas pelos estudantes italianos uma semelhança significativa com a linguagem de nossos estudantes:

- *peso é a medida de um objeto; pode ser medido apenas na Terra porque há ar; depende da gravidade; não existe no espaço; junto com a força da gravidade segura os objetos no chão.*
- *força da gravidade é a atração da Terra que se manifesta quando os objetos caem; atrai os objetos para baixo; atua sobre todos os corpos e impede que eles flutuem no ar; segura os objetos no chão; é a atração do centro da Terra (idem, tradução nossa).*

A transcrição feita pelos autores (Ruggiero e outros, 1985) permitiu uma comparação com o que nossos alunos explicaram, visto que retiramos as questões 4 do pré-teste e 1 do pós-teste desse trabalho.

- *Flutua: no espaço não há gravidade.*
- *Flutua: a gravidade é zero.*
- *Flutua: não há atmosfera.*

- *Flutua.*
- *Torna-se zero, sem ar não há gravidade restante.*
- *Torna-se zero.*
- *Sem ar o peso diminui.*
- *Diminui.*

- 2) Berg e Brouwer (1991) apresentam em seu trabalho um levantamento das expectativas de 20 professores de Física, quanto às concepções que seus alunos apresentariam sobre força e gravidade, e das concepções alternativas destes estudantes. Para a realização deste trabalho, em escolas públicas, privadas e católicas do Canadá, foram investigados 315 estudantes, entre 14 e 15 anos, concluindo sua formação básica em Ciências.

Os instrumentos utilizados para a coleta de informações foram o questionário, respondido por escrito, composto por quatro questões, aplicado aos alunos e entrevistas individuais, realizadas previamente, com os professores.

Na apresentação dos resultados foram relatados os valores percentuais de cada grupo de respostas dos alunos e as correspondentes expectativas dos professores. Os autores (Berg e Brouwer, 1991) discutiram essa comparação tendo em vista a literatura existente. Os resultados mostraram estudantes de amostras diferentes, respondendo de maneira semelhante, contudo, a pesquisa demonstrava o desconhecimento dos professores canadenses sobre a maneira de pensar de seus alunos.

Nesse trabalho encontramos, novamente, a questão do astronauta (número 4 do pré-teste), que possibilitou uma comparação com os nossos dados. Destacamos as afirmações (com tradução nossa):

- *“Não há pressão do ar no espaço, então não há gravidade.*
- *A Lua não tem atmosfera, então não há gravidade.*

Para os professores essa questão foi considerada trivial; avaliaram que mais de 70% dos alunos responderiam que a ferramenta cairia no solo lunar e apenas 10% que ela flutuaria. Contudo, para 30% a ferramenta flutuou, devido à ausência de forças, e para outros 30% que a ferramenta caiu na superfície da Lua. Os 40% restantes dividiram-se em diferentes afirmações.

- 3) Em trabalho recente, Curado (1999) investiga quais concepções alternativas sobre a queda dos corpos, mostram-se preponderantes entre estudantes do Ensino Médio de Campinas. A pesquisa realizada em uma escola privada, com cinquenta e quatro alunos da segunda série, entre quinze e dezesseis anos, mostra uma parcela significativa de respostas relacionando a rapidez da queda à massa ou peso do corpo.

As perguntas formuladas por Curado, apresentadas na forma de questionário, indagavam qual objeto cairia primeiro nas seguintes situações: 1) queda na Terra: pedra e martelo , pedra e folha de papel, a partir de uma mesma altura; 2) mesma proposição, no ambiente lunar.

O trabalho traz exemplos de respostas fornecidas para cada situação, dentre os quais destacamos:

Na Terra

- *a pedra chegará primeiro. A pedra é mais pesada (pedra e papel).*
- *provavelmente a pedra será mais pesada do que a folha de papel e por isso chegará primeiro.*
- *a pedra chegará primeiro porque a folha de papel terá resistência do ar.*
- *juntos . A força da gravidade é a mesma e a resistência do ar também (pedra e martelo)*

Na Lua

- *os corpos ficariam flutuando, pois a Lua não possui atmosfera e nem força da gravidade.*
- *cairiam juntos, pois não há gravidade.*
- *eles não “cairiam”, ficariam “flutuando” pois não existe nenhuma força (gravidade) que faça com que os objetos tenham uma trajetória vertical (de cima para baixo).*

As respostas indicam o peso (massa) como fator preponderante na queda, consideram a gravidade como uma propriedade da Terra, relacionam a força da gravidade e o ar. Esta última concepção explicita-se quando os alunos são questionados sobre o ambiente lunar, e apontam a inexistência de ar como causa da ausência de gravidade na Lua.

- 4) Com o objetivo de verificar as concepções sobre gravidade de alunos que já concluíram sua formação escolar básica, Gunstone e White (1981) analisaram as respostas apresentadas por 468 alunos ingressantes em uma universidade australiana.(não tinham, portanto, a interferência de concepções transmitidas pelo ensino de nível universitário).

Utilizaram-se de diferentes técnicas de investigação, como entrevistas individuais, realizadas com alguns estudantes, e questionários escritos. Nas entrevistas individuais, após a formulação da pergunta, solicitava-se ao aluno que previsse o resultado. Em seguida, realizava-se experimentalmente a proposta pedindo ao aluno que explicasse possíveis discrepâncias.

Dessa pesquisa retiramos a idéia central das questões 3 do pré-teste e 2 do pós-teste, que consistia em abandonar, a partir de uma mesma altura, uma esfera metálica e outra de plástico, ambas de mesmo diâmetro.

O resultado desse trabalho mostrou que 25% do total de alunos que responderam à questão previram que haveria uma diferença nas velocidades, sendo que desse total, $\frac{3}{5}$ atribuíram esse fato à resistência do ar, enquanto que $\frac{2}{5}$ afirmaram que a esfera de maior peso teria maior aceleração.

Entre os mais de 70% afirmando que as duas esferas chegariam juntas foram encontradas justificativas que recorriam a experiências pessoais, à autoridade de Galileu e, uma minoria, à prova matemática. Neste trabalho não foram transcritas as respostas encontradas.

- 5) Sequeira e Leite (1991) investigaram as concepções alternativas sobre Mecânica, apresentadas por vinte e sete estudantes portugueses do quarto ano de Física. Os tópicos investigados foram a queda livre e as relações entre força e movimento.

No intuito de averiguar as concepções sobre a queda livre, foram propostas questões sobre objetos de diferentes massas, formas e dimensões, no ar e no vácuo, e uma questão envolvendo a queda de objetos de mesma massa e diferentes formas no ar.

Entre as respostas apresentadas encontramos (com tradução nossa):

- *A Terra tem a força da gravidade...;*
- *A esfera ... é o mais pesado dos três objetos ... e, assim terá a maior velocidade.*
- *Não há gravidade no vácuo e, assim, o peso não interfere com a velocidade de queda e isso explica o mesmo tempo de queda para os três objetos.*
- *(Objetos no vácuo) não recebem a ação de forças externas.*

Os autores afirmam que 52% dos alunos escolheram o objeto mais pesado com queda em menor tempo na Terra; justificaram sua escolha afirmando que demoram menos para cair “*porque eles são*

mais pesados”. Nas justificativas para a diferença de tempo entre objetos de mesma massa (duas folhas de papel) os argumentos foram sofisticados, afirmando, por exemplo, *“a superfície da folha de papel é maior que a superfície da ‘bola de papel’, sendo assim, o peso não fica tão concentrado na folha como fica na bola”* (Sequeira e Leite, 1991, tradução nossa).

Nas pesquisas apresentadas estão contempladas diferentes faixas etárias, dos 12 anos até aproximadamente 23 anos (quarto ano do curso de Física), implicando diferentes níveis de escolaridade e de exposição à Ciência escolar. Da mesma maneira estão presentes diferenças históricas e geográficas e diferentes metodologias de ensino.

As respostas surpreendentemente parecidas dificultam o reconhecimento de possíveis causas da resistência das concepções alternativas aos processos de ensino-aprendizagem, fazendo crer que o problema pesquisado tem amplitude maior do que a apontada em cada uma das pesquisas.

Antes da realização desta monografia e da comparação com os dados da literatura formulamos a hipótese, segundo a qual, as dificuldades na obtenção de uma mudança conceitual estavam relacionadas principalmente com a metodologia de ensino. Contudo a comparação das concepções apresentadas pelos sujeitos de nossa amostra, expostos a um processo de ensino tradicional (ao menos) nos últimos dois anos, e os da amostra de Curado, expostos a um processo construtivista, demonstrou a limitação da hipótese.

Finalmente, um achado aparentemente ocasional, que poderá indicar um novo rumo para posteriores pesquisas, foi resultante da segunda aula, sobre como evoluíra a história do pensamento do Homem.

A análise das respostas do pós-teste explicitou uma fonte importante de concepções alternativas que não incluímos na exposição inicial: a escola. Tal variável poderá, na continuidade desta monografia, receber tratamento mais exaustivo, tornando-se importante problema de estudo.

Como vimos, na segunda aula houve uma questão sobre a órbita da Lua e usamos o exemplo do lançamento lateral para ilustrar a explicação, desenhamos esquemas no quadro mostrando o movimento “horizontal”, inercial, a “queda”, atraído pela gravidade. Para velocidades suficientemente grandes a curvatura da Terra manterá o objeto à mesma distância do chão, em órbita.

Pois bem, na terceira questão do pós-teste perguntamos o que aconteceria com a ferramenta caso o astronauta a jogasse lateralmente. Talvez aqui, tenham se juntado os ingredientes necessários, Lua, astronauta e lançamento lateral, bem como o forte envolvimento dos alunos com a aula mencionada, para que muitos alunos “colocassem a ferramenta em órbita!”

Encontramos, desta maneira, em nossos alunos, uma concepção alternativa não mencionada em qualquer dos trabalhos analisados, emergindo em consequência da generalização elaborada a partir da pergunta e da explicação ilustrada com o lançamento horizontal.

Resta muito por fazer!

Bibliografia

Bibliografia

- AMALDI, Ugo. *Imagens da Física. Curso completo*. (1995). São Paulo, Editora Scipione.
- BACHELARD, Gaston. (1996). *A formação do espírito científico*. Rio de Janeiro, Editora Contraponto.
- BARRA, E. S. O. (1993). Modelos da mudança Científica: Subsídios para as analogias entre História da Ciência e Ensino de Ciências. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, 10 (2): 118-127.
- BARRETO, Márcio. (1995). *Newton e a Metafísica: uma proposta de ensino de Física para o segundo grau a partir do resgate das origens do conceito de força à distância*. (Dissertação de Mestrado. Faculdade de Educação da UNICAMP, Campinas)
- BERG, Terrance, BROUWER, Wytze. (1991). Teacher awareness of student alternate conceptions about rotational motion and gravity. *Journal of Research in Science Teacher*, 28 (1): 3-18.
- BEVILACQUA, Fabio, GIANNETTO, Enrico. (1996). The History of Physics and European Physics Education. *Science and Education*, 5: 235-246.
- BONJORNO, Regina Azenha e outros. (1997) *Temas de Física. Mecânica*. São Paulo, FTD.
- BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. (1999). *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio*.
- BROWN, R. (1991). Humanizing Physics Through its History. *School Science and Mathematics*. 91 (8), 357-361.
- BYBEE, R.W. e outros. (1991). Integrating the History and nature of Science and technology in science and social studies curriculum. *Science Education*, 75 (1): 143-155.
- CANIATO, Rodolpho. (1993). *O céu*. São Paulo, Editora Ática.
- CARVALHO, Anna Maria Pessoa de, Gil-Perez, Daniel. (1995). *Formação de professores de ciências*. 2. ed. São Paulo, Cortez Editora.
- CHALMERS, A. F. (1982). *O que é Ciência afinal?* São Paulo, Editora Brasiliense.

- CLEMENT, John. (1982). Students' preconceptions in introductory mechanics. *American Journal of Physics*, 50 (1): 66-71.
- COHEN, I. B. (1988). *O nascimento de uma nova Física*. Lisboa, Gradiva Publicações Ltda.
- CURADO, Maria Clotilde Corrêa. (1999). *Ação pedagógica em Física no ensino médio: contribuições da História da Ciência – um estudo de caso*. (Dissertação de Mestrado. Faculdade de Educação da UNICAMP, Campinas)
- DURKHEIM, Emile. (1995). *A evolução pedagógica*. Porto Alegre, Artes Médicas.
- FEYNMAN, Richard P. (2000). *Deve Ser Brincadeira, Sr. Feynman!* Brasília, Editora UnB. São Paulo, Imprensa oficial do estado.
- _____ e outros (1977) *The Feynman lectures on Physics*. Menlo Park, Addison-Wesley Publishing Company.
- FRANCO JUNIOR, Creso. (1988). *Contribuições da História da Física à didática: o caso da lei da queda dos corpos*. (Dissertação de Mestrado. Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro)
- FRANCO, Creso, SZTAJN, Paola. (1998). *Educação em Matemática: Identidade e implicações para políticas de formação continuada de professores*. <http://jwilson.col.uga.edu/>
- FURIÓ Mas, C. J., Gil-Pérez, Daniel. (1998). La didáctica de las Ciencias en la formación inicial del profesorado: una orientación e un programa teóricamente fundamentados. *Enseñanza de las Ciencias*, 7 (3), 257-265.
- GAGLIARD, R. (1988). Cómo utilizar la Historia de las Ciencias en la enseñanza de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (3): 291-296.
- GASPAR, Alberto. (2000). *Física. Mecânica. Volume 1*. São Paulo, Editora Ática.
- GAULD, C. (1998). Solutions to the problem of impact in the 17th and 18th centuries and teching Newton's third law today. *Science and Education*, 7: 49-67.
- Gil-Pérez, Daniel e outros. (2000). *Fundamentación de la orientación del curso: Los cambios curriculares en la educación científica y la formación del profesorado*. <http://www.oei.org.co/ciencia>

- GINZBURG, Carlos. (1999). *Mitos, emblemas, sinais*. São Paulo, Companhia das Letras.
- GONÇALVES FILHO, Aurélio, TOSCANO, Carlos. (1997). *Física e Realidade. Volume 1*. São Paulo, Editora Scipione.
- GUNSTONE, Richard F., WHITE, Richard T.. (1981). Understanding of gravity. *Science Education*, 65 (3): 291-299.
- Hobsbawm, Eric. (1995). *A Era dos Extremos. O breve século XX. 1914-1991*. São Paulo, Companhia das Letras.
- KANE, Pearl Rock. (1998). *An overview of techniques for identifying, acknowledging and overcoming alternate conceptions in physics education*. <http://minerva.ufpel.tche.br/~histfis/>
- LARANJEIRAS, Cássio Costa. (1994). *Redimensionando o Ensino de Física Numa Perspectiva Histórica*. (Dissertação de mestrado. Faculdade de Educação, USP, São Paulo)
- LOMBARDI, O. I.. (1997). La pertinencia de la Historia en la enseñanza de Ciencias: argumentos e contraargumentos. *Enseñanza de las Ciencias*, 15 (3), 343-349.
- LVOVSKI, Vladimir. (1996). *A elaboração de imagens conceituais no decorrer da resolução de problemas de Física*. In: GARNIER, C., BEDNARZ, N. e ULANOVSKAYA, I (org.). *Após Vygotsky e Piaget. Perspectivas social e construtivista. Escola russa e ocidental*. Porto Alegre: Artes Médicas.
- MARTINS, Roberto de A.. (1990). Sobre o papel da História da Ciência no ensino. *Boletim da Sociedade Brasileira de História da Ciência*. Campinas, 9, p. 3-5.
- MARX, Karl. (1966). *El Capital*. México, Fondo de Cultura Económica.
- MATTHEWS, M.R. (1990). History, Philosophy and Science Teaching: A Rapprochement. *Studies in Science Education*, 18, p.25-51.
- MATTHEWS, M.R. (1994). História, Filosofía y Enseñanza de las Ciencias: la Aproximation Actual. *Enseñanza de las Ciencias*. 12 (2), 255-277.
- MÁXIMO, Antônio; ALVARENGA, Beatriz. (2000). *Curso de Física. Volume 1*. 5. ed.. São Paulo, Editora Scipione.
- MEDVIEDIEV, Alexander. (1996). *Aspectos lógicos, psicológicos e pedagógicos do ensino da Física*. In: GARNIER, C., BEDNARZ, N. e ULANOVSKAYA, I (org.). *Após Vygotsky e Piaget. Perspectivas social e construtivista. Escola russa e ocidental*. Porto Alegre: Artes Médicas.

- MEGID NETO, Jorge, PACHECO, Décio. (1998). *Pesquisas sobre ensino de Física do 2º. grau no Brasil*. In: NARDI, Roberto (org.). *Pesquisas em ensino de Física*. São Paulo: Escrituras Editora.
- MORTIMER, Eduardo Fleury. (1994). *Construtivismo, mudança conceitual e ensino de Ciências: para onde vamos?* In: III Escola de verão de prática de ensino de Física, Química e Biologia (10-14 de outubro). Serra Negra.
- MORTIMER, Eduardo Fleury. (1994). *Evolução do atomismo em sala de aula: mudança de perfis conceituais*. (Tese de Doutorado. Faculdade de Educação da USP, São Paulo)
- NARDI, Roberto. (1989). *Um estudo psicogenético das idéias que evoluem para a noção de campo: subsídios para a construção do ensino desse conceito*. (Tese de Doutorado. Faculdade de Educação da USP, São Paulo)
- OSBORNE, Roger J.; GILBERT, John K. (1980). A technique for exploring students' views of the world. *Physics Education*, 15: 376-379.
- Perrenoud, Philippe. (1999). Formar professores em contextos sociais em mudança. Prática reflexiva e participação crítica. *Revista Brasileira de Educação*, São Paulo, 12: 5-19.
- PIAGET, Jean, GARCIA, Rolando. (1987). *Psicogênese e História da Ciência*. Lisboa, Publicações Dom Quixote
- RAMALHO JUNIOR, Francisco, FERRARO, Nicolau G., SOARES, Paulo A. T. (1999). *Os fundamentos da Física. Volume 1*. 7ª. edição. São Paulo, Moderna.
- RAMPAZZO, Lino. (1998). *Metodologia científica: para alunos de graduação e pós-graduação*. Lorena, Editora Stiliano. São Paulo, UNISAL.
- RINALDI, Carlos, PAULO, Sérgio R. de, RODRIGUES, José A.. (1997) O ensino de Física em nível médio no Mato Grosso. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*. Florianópolis, 14 (1): 93-4.
- ROVIGATTI, Rodinei L. (1987). *O papel da explicação causal no ensino de Física*. (Dissertação de Mestrado. Faculdade de Educação da USP, São Paulo)
- RUGGIERO, S., e outros. (1985). Weight, gravity and air pressure: mental representations by Italian middle school pupils. *European Journal of Physics Education*, 7 (2): 181-194.

- SANTOS, Maria E. V. M. dos, (1991). *Mudança conceitual na sala de aula: Um desafio pedagógico*. Lisboa, Livros Horizonte.
- SEQUEIRA, Manuel; LEITE, Laurinda. (1991). Alternative conceptions and History of Science in Physics teacher education. *Science Education*, 75 (1), 45-56.
- SEVERINO, Antônio J.. (2000). *Metodologia do trabalho científico*. 21^a. edição. São Paulo, Cortez.
- SILVA, Aparecida V.P. da, SAAD, Fuad D. (1998). *Problemas e perspectivas do ensino de Física no município de Bauru, SP*. In: NARDI, Roberto (org.). *Pesquisas em Ensino de Física*. São Paulo, ed. Escrituras.
- SILVA, D. (1995). *Estudo das Trajetórias Cognitivas de Alunos no Ensino da Diferenciação dos Conceitos de Calor e Temperatura*. (Tese de Doutorado. Faculdade de Educação da USP, São Paulo)
- SOLBES, J., TRAVES, M. J.. (1996). La utilización de la Historia de las Ciencias en la enseñanza de la Física y la Química. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (1), 103-112.
- SOUZA FILHO, Osvaldo M.. (1987). *Evolução da idéia de conservação da energia – um exemplo de História da Ciência no ensino de Física*. (Tese de Doutorado. Instituto de Física/Faculdade de Educação da USP, São Paulo)
- STINNER, Arthur. (1994). The story of force: from Aristotle to Einstein. *Physics Education*, 29.
- STUEWER, R. H . (1998). History and Physics. *Science & Education*, 7: 13-30.
- TEIXEIRA, Odete P. B., CARVALHO, Ana M. P. de, (1998). *O ensino de calor e temperatura*. In: NARDI, Roberto (org.). *Pesquisas em Ensino de Física*. São Paulo, ed. Escrituras.
- VAN HEUVELEN, Alan. (1991). Learning to think like a physicist: A review of research-based instructional strategies. *American Journal of Physics*, 59 (10): p.891-897.
- VIENNOT, L.. (1979). Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education*, 1 (2): 205-221.
- WANDERSEE, J. H.. (1992). The historicality of cognition: implications for science education research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29 (4): 423-434.

ZANETIC, João. *Física também é cultura*, (1989). (Tese de Doutorado.
Faculdade de Educação da USP de São Paulo)

PRÉ-TESTE

Q1) Antes de soltarmos, a partir de uma certa altura, um martelo e uma pena podemos fazer uma previsão de qual deles chegará primeiro ao chão? Explique sua resposta.

Ali. – Sim é possível prever que o martelo chegará primeiro ao chão, pois é mais pesado, a força da gravidade é maior sobre corpos de maior massa (peso). Se bem que o martelo tem uma resistência do ar maior, maior área, superfície em contato com o ar.

Ama. – Chegará primeiro ao chão o martelo. Isso acontece porque a pena tem uma superfície maior do que a do martelo, e sendo assim a resistência do ar fará com que essa pena chegue mais tarde ao chão. A resistência do ar na pena é maior do que no martelo.

Ana – Sim, se considerarmos a resistência do ar, com certeza o martelo irá chegar ao chão primeiro, mas se a desprezarmos dizendo que os dois estão no vácuo, não importa se um é mais leve que o outro, os dois cairão no chão ao mesmo tempo, já que a velocidade com que os corpos caem não depende de sua massa.

Ana 2 – A pena, uma vez que a área em que as forças “contra” a queda irão atuar é bem maior que a do martelo, sendo assim a pena demorará mais tempo para vencer essas forças que atuam contra a sua trajetória.

Ana 3 – Se não estiver no vácuo, martelo, pois é mais pesado; a ação da gravidade e a resistência do ar atuam sobre ele e sobre a pena, a pena é mais leve então vai demorar mais para cair no chão porque a ação da gravidade e da resistência do ar atuarão mais fortemente sobre ela.

Ana 4 – Se comparar o peso, o martelo é que chegará primeiro ao chão, mas se fizer essa experiência verá que os dois irão chegar ao chão ao mesmo

tempo, pois eu acho que nesses casos onde não tem força que inicia o movimento a massa é desprezada e o que vai agir é apenas a gravidade. Isso se a experiência for realizada onde não tenha corrente de ar, pois assim a pena voaria.

And. – Sim, o martelo, pois a resistência do ar atua mais na pena (massa menor) do que no martelo (massa maior), mas se não houvesse a resistência do ar, os dois chegariam ao chão no mesmo instante.

Aug. – Sim. No caso seria o martelo porque ele é mais pesado que a pena e de acordo com a gravidade (g) ele tende a ir para o chão de qualquer maneira, mas vai ser a massa que definirá a velocidade da queda do objeto (neste caso, pois as alturas são iguais).

Car. – O martelo chegará primeiro. Isso depende da massa e formato do objeto e da força da gravidade que é igual para os dois objetos.

Car.2 – Sim. Pois sabemos que o martelo é mais pesado que a pena. Sendo assim, a resistência do ar sobre os objetos é mais atuante na pena do que no martelo. O martelo com seu peso, quase que “despreza” essa resistência. Enquanto a pena, que é mais leve sofre a influência dessa resistência e demora mais para chegar ao chão.

Cín. – Sim, o martelo, pois ele é mais pesado do que a pena. Objetos mais pesados tendem a cair mais rápido que os mais leves, já que são “puxados” pela gravidade e como são mais pesados caem mais rápido.

Cris. – Sim, o martelo, porque de acordo com o que eu aprendi e sei, por ser a pena mais “aberta” que o martelo, dificulta que ela caia mais rápido. A pena, por ser a área dela mais extensa, dificulta a passagem do ar, criando uma sustentação “invisível”, no martelo, apesar de estar sofrendo esse fenômeno também, cai mais rápido que a pena, por ser mais compacto, e sua área não criar sustentação do ar. Independente da massa, pois se amassarmos uma folha de papel e jogarmos o martelo e a bolinha de papel no exato tempo para os dois, os dois caem juntos (desprezando a resistência do ar).

Cris.2 – Sim, por causa da resistência do ar, a pena chegará primeiro, a pena tem um formato mais “aberto” que o martelo, o martelo tem um formato que evita com que o ar faça ele cair mais lentamente. Mas se os dois estiverem no vácuo, os dois chegarão juntos ao chão.

Edi. – Chegará primeiro o martelo que é mais pesado que a pena, isso porque tem a lei da gravidade que puxa os objetos, mas se ignorássemos a gravidade ou fizéssemos esse experimento no vácuo com certeza os dois chegariam ao mesmo tempo.

Ema. – Sim podemos fazer a previsão de que o martelo chegará primeiro porque sua massa é maior, fazendo com que o peso do martelo aumente. Na pena a força da gravidade atua com mais presença porque seu peso é menor do que o peso do martelo.

Fab. – Sim podemos. Chegará primeiro no chão o martelo, pois não depende do tamanho e sim da massa de cada um, o que tem maior massa conseqüentemente chegará primeiro.

Fáb. – O martelo, pois a resistência do ar é maior na pena do que no martelo. O martelo por ser pesado, a resistência do ar não exerce tanta força como na pena que é mais leve.

Fel. – O martelo chegará primeiro. Não importa se o martelo é mais pesado e a pena mais leve. Se eles tiverem a mesma forma e pesos diferentes chegariam no mesmo tempo no chão, mas, como a pena é plana e de largura insignificante, ela paira no ar.

Fel.2 – A partir da lei da gravidade, podemos concluir que dos dois objetos, o que chegará no chão primeiro será o martelo. Porque? Porque a sua massa é muito maior que a da pena, que também sofrerá com a resistência do ar.

Fer. – Sim, o martelo chegará primeiro porque a resistência do ar irá atrapalhar a queda da pena. Eu acho que por o martelo ser mais pesado ele “quebra” a resistência do ar e a pena não. Pois o formato da pena impede que ela “quebre” essa resistência e o martelo não.

Fil. – Sim, o martelo chegará primeiro. Mas isso se deve ao fato de que o martelo possui um formato que faz com que haja pouca resistência do ar, fazendo com que a força maior seja a da gravidade. A pena tem um formato que faz com que a resistência do ar seja maior que no martelo, então ela cai devagar. Essas “duas coisas” acontecem onde há resistência do ar; a aceleração da gravidade é igual para ambos os corpos, então o que altera isso é essa resistência, no vácuo os objetos caem exatamente na mesma velocidade e aceleração (não há resistência).

Fla. – Sim, mas depende. Se esta pena e este martelo estiverem no meio atmosférico (que contenha ar) é claro que a pena irá descer mais devagar e o martelo chegará primeiro ao chão porque a pena “plana” no ar por causa de sua grande superfície que entra em contato com o ar. Mas se a pena e o martelo estivessem no vácuo eles chegariam ao chão ao mesmo tempo já que a pena que é a que possui a superfície de contato com o ar grande, não tem mais ar para se “apoiar”.

Gab. – O martelo irá chegar primeiro, pois seu peso é maior, sua massa é maior também.

Gus. – Sim, pois acredito que devido à pena ser mais larga e leve, será sustentada pelo ar e demorará mais para descer. O martelo não é tão largo e não tem tanto contato com o ar.

Iza. – O martelo chegará primeiro por causa do seu peso, que é maior do que uma pena, ou depende do peso do martelo e da pena se eles tiverem o mesmo peso vão chegar juntos, mas como eu acho que um martelo pesa mais que a pena então ele chegará primeiro.

Joa. – O martelo cairá primeiro pelo fato de ser mais pesado e a resistência do ar não influenciar na queda, pois se a pena tivesse o mesmo peso cairia ao mesmo tempo. Obs. O que mais influi neste exercício é a resistência do ar e área dos objetos.

Jul. – Sim, o martelo, pois a área de contato com o ar que exerce uma resistência é menor do que na pena e também tem relação com a massa que junto com a gravidade exerce uma força.

Jul.2 – Sim, provavelmente o martelo. O martelo é o corpo que possui maior massa. A força peso depende do valor dessa massa e do valor da gravidade. Sendo então a massa do martelo maior, a força peso dele também será maior, conseqüentemente cairá mais rapidamente. A resistência do ar sobre a pena também é maior, pois a pena tem menos massa, isto prejudica a queda da pena.

Jul.3 – Sim, o martelo porque o fato de ele ser mais pesado faz com que ele chegue mais rápido ao solo. A pena por ser menor e mais leve entra em atrito com o ar demorando mais para alcançar o chão.

Kar. – Sim podemos prever que o martelo chegará primeiro ao chão porque sua massa é várias vezes maior do que a pena. Todos os dias vemos que se soltarmos duas coisas de massas diferentes a mais pesada chegará primeiro ao chão, isso talvez possa ser explicado pela força peso (vetor P), que é o resultado da gravidade pela massa, que varia de objeto para objeto.

Kar.2 – O martelo, pois sua massa é bem maior que a massa da pena. A pena ficará flutuando no ar por ter uma massa muito pequena que a impede de descer rapidamente. O martelo por ser mais pesado atinge uma velocidade maior e mais rápido do que a pena.

Lia – O martelo porque o martelo tem massa maior que a pena e a distribuição de massa é diferente.

Lúc. – Depende. Se forem soltos no vácuo ambos chegarão no chão juntos. Se houver a resistência do ar o martelo chegará primeiro, por ser mais pesado (quando calculamos a , v e F , a massa sempre está presente). A pena chegará por último porque a resistência do ar é quase maior que a pressão, e seu tamanho também influencia, quanto maior o tamanho do objeto, maior será a resistência.

Luc. – Sim, pois a velocidade que um corpo adquire depende da superfície em contato com o ar. Uma pena possui a superfície em contato com o ar maior que o martelo, portanto sua velocidade é menor. O martelo chegará primeiro ao chão. A velocidade também depende da força da gravidade, que no caso da Terra é $9,8 \text{ m/s}^2$. Isso significa que os corpos são atraídos pela Terra com uma velocidade grande em um pequeno espaço de tempo.

Lui. – De primeiro momento não, pois se pensarmos na lógica, diremos que o martelo chegará primeiro devido ao seu peso, que é maior que o da pena; isso ocorre não porque o martelo é mais pesado e sim porque a pena sofre maior resistência do ar. Então, logo notamos que quem chega primeiro é o martelo, pois a pena, devido à resistência do ar que sofre, desce mais devagar, enquanto o martelo desce mais rápido por não sofrer tanta resistência.

Lyg. – Sim, o martelo chegará antes se eles forem soltos ao ar livre, pois a pena sofrerá a resistência do ar e vai demorar mais para cair, já o martelo é mais pesado por isso vence a resistência do ar e chega primeiro. Se eles forem soltos juntos no vácuo eles chegarão ao mesmo tempo, pois não haverá a resistência do ar.

Mar. – Sim, podemos prever que o martelo chegará primeiro, pois a pena sofrerá mais influência da resistência do ar, o que fará com que ela caia depois do martelo.

Mar.2 – Sim, pois a massa influencia muito. Se é mais pesado provavelmente chegará mais rápido no chão.

Mar.3 – O martelo, pois o martelo pesa mais que a pena. Mas se eles estiverem em um “tubo” onde não haja nenhum tipo de força, nem de atrito, nem força da gravidade (nenhum tipo de força) os dois chegariam juntos. E com a presença de forças que atuam sobre o martelo e sobre a pena, aí sim o martelo chegará primeiro, a pena ainda vai ‘voar’ um pouco antes de chegar ao chão, pois ela é muito leve.

Mil. – Sim. Primeiro, pois o martelo é mais pesado (gravidade) que a pena, então o martelo chegará primeiro. Segundo pelo formato dos objetos: o martelo

em sua totalidade é cilíndrico enquanto a pena é leve e achatada (o que faz com que faça vários movimentos antes de chegar ao solo), há uma resistência maior com o ar. Então: o martelo chegará primeiro por ser mais pesado (gravidade) e pelo seu formato que não possui tanta resistência com o ar, como a pena, que por sua vez é leve e seu formato achatado possui maior resistência.

Raf. – O martelo chegará antes, pois seu peso é maior que o da pena, a força peso do martelo é maior que a normal, na pena isso também acontece só que como o peso é menor que do martelo o tempo acaba sendo maior.

Rap. – Dependendo da altura, ou seja: se em um lugar aonde tenha resistência do ar, e em uma altura menor, os dois objetos irão chegar praticamente juntos, mas, como um dos objetos é uma pena, a sua área em contato com o ar, ou seja, a sua resistência vai ser maior, com isso o martelo irá chegar primeiro. Se fosse outro objeto, tipo uma bola de tênis e um martelo a uma grande altura, o mais pesado iria chegar antes ao chão, ou aquele que a área em contato com o ar fosse menor. Um exemplo é no pára-quedismo, onde mesmo uma pessoa gorda caindo de barriga cai menos do que uma magra caindo de ponta cabeça, isso porque a sua área de contato com o ar é menor.

Raq. – O martelo porque é mais pesado, e por isso parece que a força da gravidade vai agir sobre ele assim como na pena, mas como a massa do martelo é maior que a da pena, a velocidade de um (martelo) vai ser maior que a da pena, chegando assim mais cedo.

Reb. – O martelo chegará primeiro ao chão, porque ele é mais pesado do que a pena e sua massa é maior. $P = M \cdot g$, $M_{\text{martelo}} > M_{\text{pena}}$, $P_{\text{martelo}} > P_{\text{pena}}$.

Ric. – Quem chegará primeiro é o martelo, porque ele é mais pesado, por este motivo a força gravitacional o puxa mais rápido ao solo e a pena não chegará primeiro porque ela é leve e flutua sobre o lugar em que ela está sendo jogada, portanto ela chegará depois porque ela é leve e flutua.

Síl. – O martelo chegará primeiro porque a resistência do ar é “mais forte” na pena, pois ela possui uma maior superfície em contato com o ar. E sua massa

é menor, o que também facilita a ação da resistência do ar (que é praticamente inexistente no martelo). Isso em condições normais. No vácuo, como não existe ar e nem resistência, eles chegariam ao mesmo tempo.

Tas. – Bom, primeiramente quando eu imagino essa situação eu logo penso que o martelo irá chegar primeiro ao chão por ele ser mais pesado, a pena é mais leve e vai sofrer com maior intensidade a resistência do ar.

Tat. – O martelo, mas eu não sei porque, pois a massa não influencia na velocidade.

Thi. – Sim, o martelo, pois é mais pesado que a pena, a pena é leve e flutuará bastante antes de chegar ao chão, já o martelo é um objeto pesado, e com esse peso descera diretamente ao chão com uma velocidade muito maior que da pena, em um tempo muito menor.

Thi.2 – Depende em que lugar esses dois objetos serão soltos; se for no vácuo os dois vão chegar ao mesmo tempo, mas se for na Terra o martelo irá chegar primeiro porque sua massa é maior do que a massa da pena. Eu acho que irá depender da força da gravidade do local onde será feita a experiência.

Tia. – Sim, a previsão que temos é que o martelo chegue primeiro, isto devido ao seu peso que é bem maior que o peso da pena. Quanto maior o peso do objeto maior seria sua queda, na minha opinião, mas isso não é verdade. Ao contrário da pena que além de ser muito leve possui uma estrutura que dificulta sua queda.

Vin. – Depende, se ambos forem soltos no vácuo, ambos chegarão ao mesmo tempo ao chão, pois no vácuo não existe a resistência do ar que pode e que funciona como um atrito (como uma força contrária ao movimento). Se forem soltos em qualquer outro meio que não seja o vácuo, o martelo chegará primeiro ao solo, pois a resistência ao movimento terá maior efeito na pena (que é muito mais leve e no caso se o meio for o ar, irá planar). Além disso a pena tem um diâmetro muito menor do que o martelo e o martelo também é mais denso.

Viv. – Sim, o martelo atingiria o chão primeiro, pois ele é mais pesado e com a força da gravidade sua força peso é maior do que a da pena. A pena como vai “encontrar” uma resistência do ar e ela é leve, vai caindo lentamente.

Jul.4 – O martelo, porque ele é mais pesado do que a pena.

Ren. – Não, pois a quantidade de gravidade sobre eles é a mesma.

Q2) Caso isso ocorresse na Lua, você poderia fazer uma previsão? Qual atingiria o solo em primeiro lugar? Justifique.

Ali. – Na Lua não há “resistência do ar”, e a gravidade é menor, já são dois fatores que mudam a situação. Os dois caem (primeiro o martelo, pois sua massa é maior), com uma pequena diferença de tempo, pois como não há resistência do ar, só depende da massa dos corpos e da gravidade.

Ama. – Na Lua a força da gravidade é menor e não existe a resistência do ar presente aqui na Terra. Os dois atingiriam o solo juntos. Na Lua independe a superfície do objeto, não existe a força de resistência do ar.

Ana 1 – A mesma resposta que dei no um, o que mudaria unicamente seria a velocidade com que os dois cairiam, já que a aceleração gravitacional da Terra é diferente da Lua.

Ana 2 – Não, pois na Lua não temos gravidade, ou seja, não existe uma força atuando a favor do movimento e nem contra ele. Se eles chegarem ao chão o tempo necessário para que isso ocorra não tem como ser exatamente precisado.

Ana 3 – Os dois atingiriam juntos, pois não há resistência do ar, ou seja, estão no vácuo. Só existirá a força da gravidade agindo sobre eles, por isso chegarão juntos.

Ana 4 – Como já disse na resposta anterior os dois chegariam ao mesmo tempo, pois a ação da gravidade sobre ambos é a mesma. Só que seria mais lento do que na Terra, pois a gravidade lunar é menor que a terrestre.

And. – Eu diria que os dois chegariam ao solo no mesmo instante, pois não existe a resistência do ar para atuar sobre eles.

Aug. – Também poderia porque nós também conhecemos o valor da gravidade (g) na Lua. Mas dependendo da altura e da massa o movimento desses objetos é tão devagar que parecem estar parados, é quase nulo, por isso ficam flutuando.

Car. – Os dois chegariam ao mesmo tempo, pois na Lua não há ar, por isso não há força de resistência.

Car.2 – Na Lua os objetos não atingiriam o solo, pois a gravidade (quase mínima) não “permite” que isso aconteça. Eles ficariam flutuando, independente de seu peso.

Cín. – Acho que eles flutuariam, devido à gravidade na Lua ser zero.

Cris. – Os dois. Porque na Lua é um completo vácuo. Lá não há ação do ar que impeça a pena de cair. Fazendo com que os dois caiam juntos, independentemente da massa.

Cris.2 – Sim, na Lua não há presença do ar, portanto nada impedirá com que a pena caia na mesma velocidade que o martelo, nada irá segurar a pena. Os dois cairão juntos.

Edi. – Nem um dos dois, eles ficariam flutuando e não conseguiriam chegar ao solo e suas massas seriam iguais.

Ema. – Na Lua a gravidade é maior do que na Terra, portanto os dois objetos chegariam ao mesmo tempo no solo, mas eles ficam flutuando.

Fab. – Na Lua a aceleração da gravidade é diferente. Lá eles chegariam juntos, pois estão no vácuo, portanto, chegariam juntos independente de massa e tamanho.

Fáb. – Os dois chegariam juntos, pois não haveria a resistência do ar para impedir que a pena caísse mais devagar. Apesar do martelo e da pena terem pesos diferentes em um lugar onde não há resistência contrária a força inicial eles caem juntos.

Fel. – Aconteceria do mesmo jeito (martelo, resp. 1), porém mais devagar, porque a gravidade na Lua é menor.

Fel.2 – Na Lua não há quase a lei gravitacional e as massas são exatamente as mesmas, então as duas cairão ao mesmo tempo.

Fer. – Não. Acho que os dois chegariam juntos, porque tenho a impressão que na Lua não existe ar, portanto não há resistência do ar e os dois chegariam juntos. Pode ter alguma coisa a ver com a gravidade.

Fil. – Chegariam ao mesmo tempo. Na Lua não há atmosfera (ou uma camada de ar que possa resistir ao movimento), no vácuo os objetos caem exatamente na mesma velocidade e aceleração (não há resistência), conseqüentemente, com a mesma aceleração e caindo da mesma altura chegariam juntos, devido à falta de uma força que retarde ou impeça esse movimento.

Fla. – Como disse na questão anterior se fosse vácuo eles cairiam ao mesmo tempo, chegariam ao solo ao mesmo tempo por causa da resistência do ar que não existiria que no caso exerce influência sobre a pena.

Gab. – Seria a pena, pois o martelo, por causa da gravidade, iria flutuar, e também por causa de sua massa. A pena, como tem uma massa muito pequena, cai em direção da Terra.

Gus. – Sim. Ambos ao mesmo tempo, pois a pena não teria a sustentação do ar e cairia rapidamente. Nenhum ficaria em contato com o ar.

Iza. – Acho que chegariam praticamente juntos porque na Lua não tem gravidade, então o martelo e a pena chegariam juntos.

Joa. – Como na Lua não há resistência do ar (pois não há ar) os dois objetos cairiam ao mesmo tempo.

Jul. – Não. Eu nunca fui a Lua e não tenho noção da gravidade lá. Isso se o fato de os objetos caírem tem a ver com a gravidade. É mais fácil entender coisas que enxergamos.

Jul.2 – A massa será a mesma. Lá há gravidade menor, a força peso será alterada, pois o peso depende da massa e da força da gravidade. Os corpos irão flutuar, pois a gravidade será muito pequena.

Jul.3.– Na Lua os dois chegariam juntos, pois quase não há gravidade, portanto não haveria influência de peso e atrito.

Kar. – Não, porque como lá a gravidade é menor, as coisas parecem demorar mais para cair. Ou melhor, mesmo tendo menor gravidade, a massa continuará a mesma e, portanto eu acharia que o martelo ia chegar primeiro ao chão também.

Kar.2 – Na Lua como a gravidade é maior eu acho que a pena chegaria primeiro ao solo por ela ser mais leve e o martelo flutuará mais do que a pena por causa de sua massa que é bem maior do que a massa da pena que flutuando menos chegará mais rápido.

Lia – Sim, o martelo de novo porque assim como o martelo vai demorar mais para chegar “por causa da gravidade” a pena vai demorar mais ainda, por causa da massa dos dois corpos.

Lúc. – Na Lua não é possível os objetos atingirem o solo, pois nela não há gravidade.

Luc. – Na Lua a força da gravidade é muito menor do que na Terra, o que indica que a atração é menor e, portanto os corpos podem “flutuar”. A previsão é que nenhum deles atinja o solo por causa dessa força muito pequena.

Lui. – Sim. A gravidade da Lua é menor e a quantidade de ar na superfície do planeta também. Já a resistência seria pequena e igual para os dois objetos. Se forem soltos, os dois chegarão juntos ao chão (independendo das massas serem diferentes).

Lyg. – Acho que o martelo chegaria primeiro, pois mesmo com a gravidade e resistência do ar menor ainda não é vácuo, então a pena iria demorar mais.

Mar. – Sim, os dois chegariam juntos ao solo, pois não havendo a presença de ar nenhum dos objetos sofrerá influência nenhuma, apenas da gravidade.

Mar.2 – Na Lua é diferente por causa da gravidade. Eu acho que na Lua a massa não interfere em nada. Com isso não dá para dar uma previsão de qual dos dois atingiria o solo em primeiro lugar.

Mar.3 – Os dois não chegariam no solo e sim ficariam flutuando, pois na Lua não há força da gravidade. Mas se os dois tivessem que chegar de qualquer

modo ao solo, os dois chegariam juntos, pelo motivo de não haver a força da gravidade.

Mil. – Na Lua não há gravidade, então não há peso (massa corporal) que influa no processo, sendo assim os dois chegam juntos ao solo. E também não há resistência do ar, então não importa o formato dos objetos.

Raf. – Na Lua a gravidade é outra, mas como a força peso é $= m.g$ o martelo chegaria primeiro do que a pena. Na Lua como a gravidade é menor que na Terra eles demorariam mais para atingir o solo.

Rap. – Na Lua, por não ter a resistência do ar, pois lá é vácuo, não importa o peso e nem a área da pessoa ou do objeto, os dois em comparação iriam chegar ao solo no mesmo tempo.

Raq. – Ambos ficariam soltos no espaço, onde provavelmente a pena ficaria em uma posição maior, ou ambas na mesma posição.

Reb. – Os dois chegariam ao mesmo tempo, pois lá a gravidade é menor que na Terra, alterando assim a força peso: $P = m.g$. Na Lua a massa será a mesma, o que muda é o peso.

Ric. – Sim, a pena porque na Lua a força gravitacional vai ser exercida no mais leve, lá o peso aumenta como consequência desse aumento de força a pena chegará primeiro e com isto vai conseguir o martelo chegar logo depois, algum tempo depois ou praticamente juntos, porque eles terão o mesmo peso ou uma pequena diferença. Portanto quem chegará primeiro é a pena.

Síl. – Eles atingiriam o solo ao mesmo tempo, pois não há ar. Estão no vácuo e a gravidade é a mesma para todos os corpos no vácuo.

Tas. – Os dois atingiriam o solo ao mesmo tempo, pois na Lua a gravidade é menor, portanto a massa dos objetos não fará diferença alguma.

Tat. – Provavelmente o martelo novamente, mas também não sei explicar o porquê.

Thi. – Nenhum atingiria o solo, pois com a força da gravidade, o martelo e a pena irão flutuar, com a força da gravidade o objeto mais pesado irá perder mais peso e o mais leve menos peso, mas ambos perderão peso suficiente para não descenderem e sim flutuar no ar.

Thi.2 – No meu modo de pensar eu acho que o martelo irá chegar primeiro novamente, pelo fato de sua massa ser maior, mas como a gravidade na Lua é diferente da Terra eu não saberia ao certo o que iria acontecer.

Tia. – No caso da Lua eu acho que os dois objetos chegariam juntos a superfície, isto devido à gravidade da Lua. Além de que na Lua os objetos demorariam muito para chegar a superfície ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$), o que impediria que a pena flutuasse.

Vin. – Na Lua como não existe a resistência do ar ambos chegariam exatamente ao mesmo tempo ao solo, independente de que a gravidade na Lua é menor do que a da Terra (o máximo que acontece pela diferença de gravidade é que na Lua ambos objetos terão uma velocidade pequena, pois a aceleração da gravidade é pequena).

Viv. – Na Lua como não há gravidade, não há resistência do ar, os dois (o martelo e a pena) atingiriam o solo juntos, pois não há resistência do ar e isso faz com que o peso não interfira em quem chegará primeiro.

Jul.4 – Acho que o martelo também, porque ele é mais pesado do que a pena.

Ren. – O martelo.

Q3) Duas esferas de mesmo diâmetro, uma plástica e uma metálica, são colocadas a 2 (dois) metros do chão e soltas ao mesmo tempo. Compare o tempo de queda das duas esferas. Justifique.

Ali. – A metálica vai cair mais rápido, pois sua massa é maior (o material de que é feito é mais pesado). A resistência do ar que as duas sofreram é a mesma, pois a área (diâmetro) delas que está em contato com o ar é a mesma.

Ama. – O tempo de queda das duas esferas será o mesmo, pois elas possuem o mesmo diâmetro estão numa mesma distância do chão. A resistência do ar irá ser igual nas duas e sendo assim elas demorarão o mesmo tempo para chegarem ao solo.

Ana – O tempo de queda das duas será igual, pelo que eu já tinha dito (explicado) na primeira questão, isso se desprezarmos todas as forças que são contra a queda das duas esferas.

Ana 2 – A esfera metálica irá cair mais rápido, isso porque ela tem uma massa maior ($P = m \cdot g$) o que conseqüentemente significa uma energia potencial maior que a de plástico ($E_{pg} = mgh$).

Ana 3 – A esfera metálica chegará primeiro, pois é mais pesada, e a gravidade e a resistência do ar atuarão menos intensamente que na esfera plástica (mais leve, sofrerá mais com a ação das forças).

Ana 4 – O tempo das duas esferas cair de uma altura de 2 m é o mesmo, pois irão cair juntas, sob a ação da mesma gravidade e com mesma altura. As duas cairão num mesmo espaço de tempo.

And. – A esfera metálica cairá mais rápido, pois a sua massa é maior que a esfera de plástico (a resistência do ar consegue agir mais sobre a esfera de plástico do que a esfera de metal).

Aug. – A esfera metálica irá cair no chão mais depressa pelo fato de ser mais pesada (provável). Mas o tempo não será muito diferente um do outro não, pois com essa altura é difícil se obter uma diferença muito grande.

Car. – Chegarão ao mesmo tempo, pois têm a mesma forma, força de gravidade e força de resistência, mas pesos diferentes.

Car.2 – O tempo de queda das esferas seria diferente, pois a esfera metálica vai adquirir uma aceleração maior por causa do seu peso. Já a esfera de plástico, com o peso menor, adquire menor aceleração chegando depois ao chão.

Cín. – A de plástico cai um pouco mais rápido do que a metálica por ser mais leve, sendo assim é puxada mais facilmente pela força da gravidade e cai mais rápido.

Cris. – No momento que são soltas elas vão criar uma certa aceleração, aumentando a sua velocidade, mas com o tempo a bola metálica cria uma certa distância da outra bola, apesar de terem a mesma forma, a bola metálica cai primeiro no chão do que a de plástico com pouca desvantagem. Pois a bola de plástico sofre resistência com o ar e sua aceleração não consegue ser igual a da outra bola.

Cris.2 – O tempo de queda será o mesmo, afinal, o tempo da queda não depende do peso ou do material do corpo. Acredito que no caso de duas esferas caírem de 2 m a resistência do ar não irá “atrapalhar” a esfera de plástico. Mas eu não fiz tal experiência... O único modo de elas caírem em tempos diferentes seria em função da resistência do ar.

Edi. – A esfera metálica chegará primeiro e a esfera de plástico chegará alguns segundos depois, pois a metálica é mais pesada do que a de plástico.

Ema. – O que influencia no tempo de queda das esferas é a força peso de cada esfera. Pelo fato de uma ser de metal, conseqüentemente seu peso é maior do que a esfera de plástico chegando mais rápido ao solo.

Fab. – A esfera metálica chegaria primeiro apesar de ter o mesmo tamanho da de plástico, a metálica tem maior massa, portanto é mais “pesada”. A esfera

de metal chegará primeiro enquanto a outra precisará de um tempo maior para chegar.

Fáb. – Elas irão cair juntas no chão por apresentarem o mesmo diâmetro, a resistência do ar irá atuar da mesma forma nas duas esferas.

Fel. – Elas vão cair ao mesmo tempo e chegar no chão juntas. Não importa a diferença do peso. Se as formas forem iguais a resistência do ar será a mesma e o efeito da gravidade também.

Fel.2 – A placa de metal cairá primeiro que a de plástico por causa que sua massa e seu peso são maiores que a do plástico.

Fer. – Irão chegar juntas, já que têm o mesmo diâmetro, o tempo de queda será o mesmo. Pois a resistência atuará de maneira igual nas duas esferas já que possuem o mesmo diâmetro.

Fla. – É o mesmo porque no caso as duas esferas têm uma área de contato com o ar pequena que no caso o ar irá exercer pouca resistência sobre as esferas. Elas têm uma boa aerodinâmica e por isso vão chegar ao mesmo tempo.

Fil. – O tempo de queda seria igual, pois as duas esferas ocupam o mesmo volume no espaço, ou seja, possuem resistências iguais o que dificultaria da mesma maneira que as duas esferas demorassem a chegar ao chão.

Gab. – A esfera de metal irá chegar primeiro por ter sua massa maior.

Gus. – Tempo de queda igual, pois o que importa é a gravidade que as puxa e não seu peso. Devido as duas esferas serem iguais em seu diâmetro, o ar que “choca” com elas na descida não faz efeito nenhum.

Iza. – Tudo isso depende da massa, mas como na lógica a de plástico é mais leve seu tempo vai ser maior até chegar ao solo e a metálica demoraria menos tempo para atingir o chão.

Joa. – As duas chegariam ao mesmo tempo porque como a área é a mesma e não há quase resistência do ar e sendo a aceleração gravitacional a mesma isso não influi no tempo e na velocidade.

Jul. – O tempo de queda seria mais ou menos igual, pois a área em contato com o ar é igual. Quando soltamos esferas elas oscilam de um lado para outro, portanto seria mais ou menos igual.

Jul.2 – A metálica chegará primeiro ao chão, pois é mais pesada que a de plástico.

Jul.3 – A esfera metálica chegará primeiro do que a esfera de plástico, pois tem maior massa fazendo com que chegue primeiro ao solo. A esfera de plástico irá atritar mais com o ar.

Kar. – A esfera metálica chegará primeiro ao chão, pois o material pelo qual ela é constituída apresenta massa maior do que o plástico, mesmo as duas tendo o mesmo tamanho e partindo da mesma altura.

Kar.2 – A metálica chegará um pouco antes do que a de plástico, bem pouquinho antes, pois a de metal é também um pouco mais pesada do que a de plástico, apesar de terem o mesmo diâmetro e despencarem da mesma altura.

Lia – A metálica cai mais rápido porque apesar de ter o mesmo tamanho o peso é diferente.

Lúc. – Se for no vácuo ambas chegarão juntas. Se houver resistência, quem tiver a maior massa chegará primeiro ao chão, neste caso seria a esfera metálica.

Luc. – Neste caso estamos diante da força peso de cada esfera, pois uma possui a massa maior que a outra. Portanto a de metal chegará primeiro ao solo (maior peso).

Lui. – O tempo de queda das duas esferas é o mesmo, pois as duas possuem o mesmo diâmetro e sofrem a mesma resistência, independente do material de que elas são feitas.

Lyg. – A esfera metálica chegará ao chão mais rápido, pois a atuação da força de gravidade depende da massa ($F_P = m.g$). Se elas estão no mesmo local, a gravidade será igual para as duas, mas sendo do mesmo tamanho dá para

perceber que a metálica é mais pesada, e tendo uma massa maior, a força de gravidade atua com mais força e essa esfera metálica chega antes no chão.

Mar. – Cairiam ao mesmo tempo, pois o tempo de queda não depende do peso ou da massa do material.

Mar.2 – Como a massa interfere até mesmo no tempo de queda, no caso o material das esferas também interfere. Como a metálica a massa é maior então o tempo de queda será menor do que a esfera de plástico.

Mar.3 – A esfera metálica chega alguns segundos antes da esfera plástica, pois o metal pesa mais que o plástico. Se não houver a força da gravidade as duas chegariam juntas, mas como a força da gravidade atua na Terra a mais pesada chega primeiro, no caso a metálica.

Mil. – A de metal chegará pouco tempo antes da esfera de plástico, por causa do seu peso (a gravidade será maior em relação ao metal).

Raf. – A esfera metálica chegaria no chão em menos tempo do que a esfera plástica, mesmo tendo o mesmo diâmetro, isso depende das forças (do peso).

Rap. – Pela altura ser muito pouca o tempo entre uma e outra iria ser praticamente igual, agora já em uma altura bem maior, onde após um tempo a resistência do ar possa agir, a esfera metálica que por sinal é mais pesada que a de plástico, irá chegar ao chão mais rápido que a esfera de plástico (mais leve).

Raq. – O das duas esferas serão iguais, devido a sua massa que é maior que a do plástico pode haver uma diferença minúscula (quase nada). Mas, imagino que devido ao mesmo diâmetro não haja muita diferença (se houver será devido à massa).

Reb. – A metálica chegará primeiro ao solo, por ela ser mais pesada do que a plástica. Apesar de elas terem o mesmo tamanho, elas possuem massas diferentes, o que altera o seu peso, e assim, a mais pesada chega ao chão primeiro.

Ric. – A metálica chegará primeiro com uma diferença de tempo muito pequena. Pelo motivo do metal é muito fácil de ser atraído e já o plástico é muito mais leve e com isso acaba chegando um pouco mais demorado que o plástico.

Síl. – O tempo de queda será igual, pois o diâmetro é o mesmo. A única coisa que modificaria é que por causa da massa da esfera de plástico, pode ser que a resistência do ar atuasse “mais” nela e o seu tempo de queda fosse menor.

Tas. – Acho que a esfera plástica vai chegar ao chão depois que a esfera metálica, por ser mais leve. Apesar de as duas esferas terem o mesmo diâmetro, o material que cada uma é constituída faz diferença, pois uma é mais leve que a outra.

Tat. – A massa não influencia no tempo da queda, pois velocidade não se relaciona com massa.

Thi. - Depende do peso de cada uma, pois se a metálica for mais pesada, chegará primeiro, e se a plástica for mais pesada chegará em primeiro, e o tempo você tem que ver o peso, se for o dobro chegará duas vezes mais rápido e assim por diante.

Thi.2 – Nesse caso é diferente do caso em que tínhamos um martelo e uma pena. Agora como a diferença entre as massas dos dois corpos é menor, os dois corpos irão cair exatamente no mesmo instante.

Tia. – Independente do peso, as duas esferas irão cair ao mesmo tempo. Isso porque suas estruturas são iguais. Não é como no caso da pena e martelo, onde a pena praticamente flutua no ar.

Vin. – Independente do peso, a uma altura de 2 m (relativamente pequena) quase não é possível se notar nenhuma diferença no tempo de queda das esferas, elas chegarão ao chão praticamente ao mesmo tempo. Se elas fossem jogadas de uma altura maior haveria uma pequena diferença no tempo de queda, a esfera de metal chegaria primeiro ao solo (ela é muito densa). Por elas terem o mesmo diâmetro, a uma altura de 2 m, quase não é possível notar diferença na chegada.

Viv. – As duas atingirão o solo juntas já que essas têm o mesmo diâmetro, eu não sei explicar direito, mas vou dar um exemplo: se jogar uma folha de papel aberta e uma laranja, a laranja chegará primeiro, mas se fizermos uma bola de papel, elas chegarão juntas, pois a resistência do ar vai ser a mesma.

Jul.4 – Uma delas cairia (chegaria ao chão) primeiro que a outra, e a que chegaria primeiro dessas duas (se elas fossem do mesmo tamanho) é a metálica, pelo seu material ser mais pesado, e se não fossem do mesmo tamanho, a que chegaria primeiro seria a mais pesada.

Ren. – São iguais, pois elas estão com a mesma quantidade de gravidade.

Q4) Um astronauta, na Lua, deixa cair uma ferramenta a partir de mais ou menos 1 (um) metro do chão. Explique o que acontece com a ferramenta.



Ali. – A ferramenta vai cair de acordo com a massa desta e a gravidade da Lua.

Ama. – Essa ferramenta demorará para cair. Como na Lua não existe resistência do ar e a gravidade lá é mais baixa do que na Terra pelo fato da massa da ferramenta ficar maior e conseqüentemente a força da gravidade sobre ela aumentar, esta demorará um certo tempo para cair.

Ana – A ferramenta cairá na superfície da Lua, já que está é atraída pela gravidade da Lua.

Ana 2 – Ela irá ficar “flutuando” no ar, uma vez que na Lua não há gravidade. Ela não atingirá o solo.

Ana 3 – A ferramenta ficará flutuando, porque a gravidade é baixa na Lua então a ferramenta ficará flutuando, pois a gravidade não é suficiente para mantê-la parada no chão.

Ana 4 – A ferramenta tende a ir para o chão devido à gravidade, como a gravidade na Lua é bastante baixa a ferramenta vai demorar para atingir o solo.

And. – Ela vai flutuar, pois na Lua a gravidade é seis vezes menor que a da Terra, assim não “puxa” as coisas para o centro com tanta força quanto a Terra.

Aug. – Ela irá cair muito devagar, provavelmente irá flutuar, dependendo da massa dessa ferramenta. Porque a gravidade lá é muito pequena não atraindo tanto os objetos em direção ao seu interior.

Car. – A velocidade da ferramenta é constante. Então cairia em velocidade constante, porque há uma pequena força de gravidade e não há ar.

Car.2 – Ela irá flutuar. Pois na Lua a gravidade é mínima, e independente do seu peso o objeto vai flutuar.

Cín. – Acho que ela flutua por causa da gravidade da Lua ser zero.

Cris. – Vai demorar para cair no chão, como se caísse na Terra, pois a gravidade da Lua é menor que na Terra. Assim, ou vai flutuar, ou vai demorar para cair no chão.

Cris.2 – A gravidade lunar irá atrair a ferramenta para o chão. No caso do astronauta estar num local sem gravidade a ferramenta flutuaria.

Edi. – A ferramenta irá flutuar porque lá não existe a força da gravidade para puxá-la, então ela não irá cair, ficará flutuando.

Ema. – Ela fica flutuando porque a gravidade na Lua é maior que na Terra.

Fab. – Eu acho que a ferramenta não atingiria o solo, ela iria flutuar. Independente da massa, pois ela não tem a força peso que puxa para o centro da Terra.

Fáb. – A ferramenta irá cair até chegar ao chão, só que num tempo maior que na Terra, pois a gravidade é menor na Lua do que na Terra.

Fel. – Ela parece flutuar, mas está caindo bem devagar. Isso acontece porque a Lua tem a gravidade muito menor que a Terra, mas ainda capaz de atrair objetos.

Fel.2 – Ela irá cair lentamente, por causa que não há resistência, então antes dela cair o astronauta a conseguiria pegá-la de volta.

Fer. – Eu acho que na Lua não tem gravidade, ou seja, os objetos não são atraídos para o chão, assim a ferramenta iria flutuar.

Fil. – A ferramenta segue em direção ao chão caindo vagarosamente (independente de sua massa e de seu peso) a uma aceleração de $1,6 \text{ m/s}^2$.

Fla. – A força da gravidade (força peso) atrai o corpo em direção ao núcleo da Lua. Nessa queda como a força é constante sobre o corpo (a força peso), o corpo possui então aceleração e então cai em direção ao chão em movimento variado.

Gab. – Por causa da gravidade a ferramenta irá flutuar, quanto mais massa, se for leve, assim como uma pena irá cair até a Terra.

Gus. – Demora muito para tocar o solo, pois na Lua não existe gravidade, ou seja, ficará ‘flutuando “por muito tempo”.

Iza. – Ela poderia ficar flutuando na Lua porque não tem gravidade.

Joa. – A ferramenta cai lentamente, pois a atração gravitacional da Lua é menor comparada com a da Terra.

Jul. – Sabemos que aqui na Terra, todos os seres e objetos sofrem a ação da gravidade, mas na Lua não. Não sei se o fato dele permanecer no mesmo lugar tem a ver com o fato de não ter gravidade. Mas baseamos pela Terra e achamos que vale pra tudo.

Jul.2 – Ela flutuará, pois a gravidade na Lua é muito pequena.

Jul.3 – A ferramenta irá “flutuar” pois a gravidade na Lua é muito pequena fazendo com que os materiais encontrados ali não apresentem influência de peso.

Kar. – Se comparada à mesma situação na Terra, essa ferramenta, na Lua, vai demorar para cair no chão, pois seu peso é menor na Lua do que na Terra, devido à gravidade que é menor lá. Tipo assim, o tempo que ela demora para cair na Lua é maior do que se fosse aqui na Terra.

Kar.2 – Assim como o astronauta a ferramenta ficará flutuando por causa da gravidade que é diferente da gravidade da Terra e a massa da ferramenta também vai contar, que depende da ferramenta não será muito pequena.

Lia – Ela leva um intervalo de tempo relativamente grande em comparação a Terra para chegar no chão.

Lúc. – A ferramenta “flutuará”, pois na Lua não há gravidade. Não há força peso, ou seja, não existe nenhuma força que atrai o corpo para o solo. Como ocorre na Terra em que temos a força $P = m.g$ (gravidade), na Lua não existe.

Luc. – A ferramenta flutuará, pois a força da gravidade na Lua (que é muito pequena) permite tal acontecimento.

Lui. – A ferramenta cai. Essa distância de 1 metro é percorrida em pouco tempo. Não sei calcular a que velocidade a ferramenta se move no período da queda.

Lyg. – Ela vai cair, só que pela gravidade ser pequena demais ela vai cair muito lentamente, dando a impressão até de flutuar. O astronauta poderá pegá-la facilmente, pois ela não estará longe de onde ele deixou cair.

Mar. – A ferramenta cairá, mais lentamente do que cairia na Terra, mas cairá atingindo o solo.

Mar.2 – A ferramenta sofrerá uma queda, ou seja, energia cinética = $m.g.h$, ou melhor, a energia cinética, ou essa queda da ferramenta pode se calcular a massa vezes a gravidade vezes a altura, no caso é um metro.

Mar.3 – A ferramenta vai flutuar, pois como não há força da gravidade não há quantidade de peso para o material. Mas se a ferramenta “tiver” que chegar ao solo ela vai demorar um tempo bem maior do que se ela estivesse na Terra.

Mil. – O objeto flutuaria, pois a gravidade é igual a zero. O mesmo aconteceria com o astronauta se ele não usasse aquela roupa especial. Ele flutuaria.

Raf. – Essa ferramenta vai sofrer um impacto menor do que se fosse na Terra, pois a gravidade é menor, a velocidade é menor, devido ao pequeno período descido para atingir o chão, na hora que atingir nada a ferramenta irá sofrer.

Rap. – A ferramenta irá cair, com uma certa velocidade, que não irá variar de acordo com seu peso, e essa velocidade será constante, não importa a sua altura de queda, e nem o seu peso, isso porque na Lua a resistência do ar é zero, e a única força que age é a gravidade que se eu não me engano é de $1,6 \text{ m/s}^2$.

Raq. – A ferramenta fica flutuando, por causa da gravidade, fica parada no ar.

Reb. – Ela vai flutuar porque na Lua gravidade é pequena então o peso da ferramenta será pequeno também.

Ric. – A ferramenta vai ficar na posição em que ela caiu, diminuindo o seu peso, portanto depois de um tempo ela começa a flutuar.

Síl. – Ela vai lentamente em direção ao solo porque apesar da gravidade da Lua ser pequena ela não é inexistente, então a ferramenta é “atraída pela Lua”.

Tas. – Pelo fato de a gravidade na Lua ser menor a ferramenta vai demorar um pouco para atingir o chão.

Tat. – Suponhamos que a ferramenta pese 1 kg.

$$mgh = 1 \cdot 10 \cdot 1 = 10 \quad \text{na Terra}$$

$$mgh = 1 \cdot 1,6 \cdot 1 = 1,6 \quad \text{na Lua}$$

Na Lua tudo é mais demorado devido à força gravitacional que é mais baixa.

Thi. – Essa ferramenta irá flutuar mais ou menos nessa distância, por causa da força da gravidade que existe na Lua, que não deixará a ferramenta cair.

Thi.2 – Ela irá cair no chão, mas não tão rapidamente como cairia aqui porque a força gravitacional entre as duas possibilidades é diferente; mas temos que levar em conta que a movimentação do astronauta não vai ser tão ágil como na Terra.

Tia. – Eu acho que no começo ela flutuaria, mas depois ela começaria a cair bem devagar.

Vin. – Ela iria cair lentamente, pois a aceleração da gravidade na Lua é muito pequena, portanto o “peso” do corpo será pequeno (a força peso que irá fazer com que o corpo se desloque, “caia”, será pequena e, portanto ele terá uma aceleração pequena).

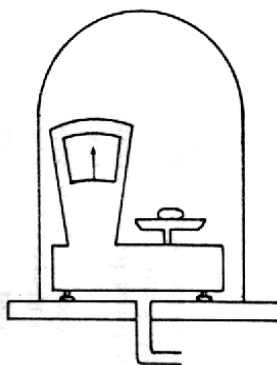
Viv. – A ferramenta não cai, pois não há resistência do ar.

Jul.4 – A ferramenta, ao ser derrubada, ela cairia, mas não propagaria som nenhum, pois estaria no vácuo.

Ren. – não respondeu.

PÓS-TESTE

Q1) Um bloco é colocado sobre uma balança que se encontra dentro de um tubo de vidro. A balança registra a massa do bloco: 5 kg. O que a escala da balança irá registrar caso o ar seja retirado de dentro do tubo?



Ali. – O peso do bloco (massa), pois o fato de ter ou não ar no vidro não interfere no peso do bloco. Se o bloco estivesse caindo (ou subindo) nós poderíamos considerar a resistência do ar, mas numa balança isso (ar) não interfere e sim a gravidade, o ar não faz diferença na hora de pesar ou avaliar a massa de um corpo.

Ama. – A escala da balança registrará o mesmo peso de 5 kg o que mudará serão as forças que agirão sobre esse bloco. Uma dessas forças será a força da gravidade que não existe no vácuo. Retirando-se o ar de dentro do tubo o bloco passará a se encontrar no vácuo onde todas as forças são anuladas principalmente a força da gravidade que não existe no vácuo.

Ana – A escala da balança registrará 5 kg, já que só foi retirado o ar e não a massa do bloco. Se alguma parte da massa do bloco fosse tirada a balança registraria uma marca diferente, uma massa menor.

Ana 2 – A massa do bloco não mudará ele continuará tendo 5 kg de massa, porém seu peso poderá diminuir ($P = m \cdot g$, “m” não muda, “g” poderá variar).

Ana 3 – A balança continuará medindo a massa o que se modificará é o peso. A massa pode ser medida com ar, sem ar, na Lua, na Terra, tanto faz, a massa sempre será a mesma, o que se modificará é o peso, dependendo de onde a balança tiver, pois o peso é influenciado pela ação da gravidade.

Ana 4 – Se o ar for retirado do tubo a massa do bloco continuará a ser 5 kg, pois não é o ar que influencia na massa, se essa balança fosse levada para outro planeta ou para dentro de uma nave em órbita, neste caso haveria mudança de peso, porém a massa seria a mesma. A massa de um corpo não é alterada.

And. – Continuará com 5 kg, pois a massa não irá mudar.

Aug. – A balança registrará o peso (a massa) igualmente ao da primeira vez, pois ele (bloco) não perdeu sua massa e sim a resistência do ar que sumiu facilitando sua queda, mas como ele está em cima de uma balança a força peso ainda estará indicando para baixo fazendo com que ele exerça uma certa força sobre a mesma que a possibilitará de medir a massa do bloco.

Car. – Se pesado o tubo de vidro com o cubo terá uma massa menor do que quando tinha ar dentro. E pesando apenas o cubo sem o ar, o cubo não terá massa peso, pois não tem gravidade dentro do tubo de vidro.

Car.2 – A balança vai registrar 5 kg. Vai continuar a mesma coisa, pois a massa do bloco não vai mudar. O que pode ocorrer é a mudança de peso, caso ele seja medido, pois a gravidade vai mudar ($P = m \cdot g$).

Cín. – A massa não muda, o que muda é a força peso, já que $P = m \cdot g$ (g: a força da gravidade de um local com ar é diferente da força da gravidade de um local sem ar. O g varia de acordo com o local).

Cris. – Caso o ar seja retirado de dentro do tubo a escala da balança registrará 5 kg. Porque com ar ou sem ar, com gravidade ou sem, a massa continua a mesma. Pois a massa não se altera com ou sem a presença do ar.

Cris.2 – O mesmo valor, pois o peso não depende da existência do ar, e sim da gravidade e da massa que no caso do problema não foram modificados.

Edi. – Registrará os mesmos 5 kg porque a massa não muda, ela continua a mesma, a única coisa que muda é o peso. É a mesma coisa que um homem de massa 60 kg quando vai para a Lua o peso dele muda por causa da gravidade, mas a massa não vai mudar se ele lá cortar um braço ou uma perna ai sim.

Ema. – Quando se retira todo o ar do tubo de vidro, ou seja, o sistema vácuo, a escala da balança certamente irá marcar um peso maior para o bloco de massa 5 kg. A massa não irá se alterar, somente o peso irá diminuir porque no vácuo, as forças relativas do ar são inexistentes. Portanto a escala da balança marcará peso de 5 N para o bloco. ($P = m \cdot g$, no vácuo $g = 0$, $P = m = 5 \text{ N}$).

Fab. – A balança registrará a mesma massa de 5 kg, pois dentro do tubo de vidro (é como se estivesse na Lua não tem ar). E o bloco que está colocado dentro do tubo de vidro não afetará a escala da balança, pois a força peso continua atraindo o corpo para o centro da Terra.

Fáb. – Na Terra continuará registrando 5 kg, pois o ar serve para ocorrer o atrito, como não foi jogado o bloco não ocorrerá mudança de peso.

Fel. – Se o ar for retirado do tubo, a massa e o peso do objeto continuarão os mesmos, porque se existe ar ou não, a gravidade sobre o objeto continuará a mesma.

Fel.2 – Quando o ar se encontra dentro do tubo, a massa do corpo continua sendo a mesma. Mas quando o ar é retirado ele não atua sobre o corpo, sendo assim a sua massa diminui.

Fer. – A massa do bloco será menor, pois a retirada do ar (vácuo) faz com que a massa dos objetos torne-se “inválida”, tal qual a experiência realizada no vácuo na qual uma pena e uma esfera de chumbo são deixadas cair da mesma altura ao mesmo tempo, ambas chegarão juntas ao chão devido a falta de resistência do ar. O mesmo acontece à balança não sofrerá a resistência do ar e o bloco ficará mais leve.

Fil. – A balança irá registrar 5 kg de massa do bloco, levando em conta que a quantidade de ar existente em certo meio não influencia em nada na força da gravidade desse mesmo meio. Caso isso ocorresse na Lua cuja gravidade é menor que a da Terra, e onde não possui ar, o marcador da balança marcaria o equivalente a essa massa na Terra. Conclusão: o ar não representa nenhuma força contrária a força peso e nem a massa.

Fla. – A balança continuará registrando a massa de 5 kg. Tirando-se o ar do tubo de vidro, onde está a balança registrando a massa do bloco, não interferirá na massa deste bloco.

Gab. – $m = 5 \text{ kg}$. Que o bloco ficará mais pesado, pois quanto menos ar, maior será o peso do objeto.

Gus. – O peso e a massa de 5 kg serão mantidos iguais, pois o importante é a gravidade e não o ar que o envolve.

Iza. – O bloco vai ficar mais leve, porque sem gravidade um objeto demora mais tempo para chegar ao chão, então o bloco vai demorar mais tempo e não vai fazer tanta força para sua massa ficar maior, quer dizer ele não vai fazer tanta pressão sobre o peso do bloco.

Joa. – Vai marcar os mesmos 5 kg, porque nesse caso já não havia resistência do ar, porque o objeto estava parado (com ar), e depois de tirar o ar não haverá diferença, pois a massa não mudou e não há nenhuma força que faça o bloco fazer força oposta à gravidade (que faz o bloco pressionar a balança), que seria a única coisa que se poderia fazer para a balança marcar outro peso.

Jul. – A massa permanece a mesma, pois logicamente a massa não mudou independente do ar ou não, gravidade ou não; o que poderia mudar é a força peso e normal, em alguma situação.

Jul.2 – A massa será a mesma o que vai mudar é o peso devido ao valor da gravidade que vai se alterar.

Jul.3 – A escala registrará o mesmo peso, pois a massa do corpo não se altera, é sempre a mesma no vácuo ou fora dele.

Kar. – Antes de se retirar o ar do tubo, a balança registra a massa do bloco. Como a massa do corpo não muda, independentemente do lugar que ele estiver, ao retirar o ar, a massa continuará a mesma, já seu peso pode variar de acordo com a gravidade do lugar.

Kar.2 – A massa diminuiria um pouco, pois dentro do tubo tem a resistência do ar que ajuda na contagem do peso do bloco, a resistência é bem pouca, mas afeta a massa.

Lia – A balança registrará praticamente o mesmo peso, o corpo não está em movimento, portanto o ar não tem muita influência. Se o corpo tivesse em movimento ia ter a resistência do ar que é outra coisa.

Lúc. – A massa não muda, caso o ar seja retirado a única coisa que muda é a força peso, pois sem o ar a gravidade é menor, mas a massa permanece ($P = m.g$).

Luc. – O número registrado na balança não se altera se o ar for retirado, pois a massa não é alterada. O que se alterará é a força peso (P), pois a não existência de ar implica em uma situação equivalente a da Lua.

Lui. – A balança registrará o equilíbrio, ou seja, 0 kg, os dois pratos ficarão na mesma altura, pois o corpo, sem a ação da gravidade, não pesa nada.

Lyg. – Registrará a mesma massa de 5 kg, pois essa massa o corpo tem e será a mesma com ar ou com vácuo. O que mudaria seria apenas a resistência do ar que deixaria de existir, no caso de uma queda. O peso também não mudaria, já que tirando o ar não se altera a gravidade.

Mar. – Continuará registrando 5 kg, pois $P = m.g \rightarrow m = P / g$, a massa não depende da resistência do ar.

Mar.2 – A balança registrará 5 kg a massa do bloco. Mesmo tirando o ar de dentro do tubo de vidro. O ar do tubo não interfere na massa do bloco, por isso a balança vai registrar a mesma massa que é 5 kg.

Mar.3 – A balança registrará somente o peso do bloco colocado sobre ela. Neste caso como o ar não está presente a pressão da atmosfera não vai

influenciar em nenhum ponto, então a balança só registrará o peso da massa deste bloco.

Mil. – A escala registrará (caso o ar seja retirado) um mesmo valor da massa (5 kg), pois a massa de um corpo não muda. O que se poderia constatar de diferente é o peso, pois ele depende da gravidade do lugar ($P = m \cdot g$). No caso do tubo com ar, o peso seria $P = m \cdot g$, $P = 49 \text{ N}$ (pois tendo o ar – sendo na Terra – $g = 9,8 \text{ m/s}^2$). Já no tubo sem ar, o peso seria $P = m \cdot g = 5 \cdot 0 = P = 0$ (pois a gravidade é muito baixa e numericamente não é considerada quando não há ar, como no tubo).

Raf. – A balança vai registrar a mesma massa, pois mesmo que o ar é retirado fazendo com que a gravidade mude, o peso pode mudar, mas a massa vai ser a mesma: 5 kg.

Rap. – Ao colocar o bloco sobre a balança ela está indicando sua massa, uma vez que o $P = m \cdot g$ com isso não temos interferência do ar neste caso, portanto se tirarmos (ar) a balança continuará marcando 5 kg, pois a massa está presente e a gravidade também está presente, o que poderia fazer a balança mudar sua medida, seria diminuir a gravidade ou aumentá-la, mas neste caso o ar não interfere em nada.

Raq. – A mesma, já que o ar não pesa. Então, quando retirado o ar, a massa será igual.

Reb. – Continuará registrando 5 kg, pois mesmo se o ar for retirado a massa do bloco continuará a mesma. O ar irá interferir no peso ($m \cdot g$), mas não na massa. O bloco não irá ganhar ou perder alguns quilos com a retirada do ar.

Ric. – O bloco continuará com 5 kg, porque mesmo retirando o ar a sua massa vai se manter igual sem haver modificações.

Síl. – 5 kg, porque a massa não muda. Tirar o ar não influi em nada, porque ainda existe gravidade, que continua a mesma. Então a massa também fica constante.

Tas. – Independente de existir ar ou não dentro do tubo a massa do bloco será a mesma: 5 kg, o que irá mudar no bloco será o seu peso, pois sem ar o que são coisas difíceis de serem realizadas se tornam fáceis e o que são coisas fáceis de serem realizadas se tornam praticamente impossíveis por causa do peso que se modifica e não da massa.

Tat. – A balança registrará a mesma massa, pois a presença ou ausência de ar não interfere na massa, mas sim no peso (P). Para se calcular a força peso é necessário que saibamos a massa do corpo e a gravidade do lugar que o corpo se encontra. Depois basta que multipliquemos a massa com o valor da gravidade que sairá o peso, caso a gravidade for maior, ou seja, for um lugar com muito ar como a Terra, por exemplo, a força peso será maior que um lugar onde não haja muito ar. O que é o caso, por exemplo, da Lua.

Thi. – A balança não registrará nada, pois não tem ar, e o bloco fica flutuando, é como na Lua, as massas “perdem” a força.

Thi.2 – O bloco terá a mesma massa, portanto a escala da balança não irá se alterar, ou seja, ela não sairá dos 5 kg.

Tia. – Caso o ar seja retirado de dentro do tubo, a escala da balança registrará a mesma massa, a massa não muda, o que muda é o peso ($P = m \cdot g$), onde o peso é igual à massa e a gravidade do lugar.

Vin. – A balança continuará registrando 5 kg, pois o ar não interfere no peso do corpo. O que faz com que o corpo pese 5 kg é a força da gravidade e não o ar, independente de termos ar ou não o corpo continuará pesando a mesma coisa. Isso só mudaria se ao invés de tirarmos o ar, mudássemos essa balança para um outro planeta onde a gravidade é maior ou menor que a da Terra, e aí sim, o peso do bloco com certeza seria alterado.

Viv. – A massa será a mesma, pois essa não muda. O peso que vai ser diferente devido à força da gravidade que é menor, conseqüentemente o peso também é menor. É por isso que quando os astronautas vão para a Lua, eles antes precisam se adaptar, por exemplo, quando caminharem vão parecer que estão em câmera lenta devido ao seu peso.

Jul.4 – O numero registrado não altera, pois a massa de ar não altera nada e o peso altera.

Ren. – Ele continuaria com o mesmo peso que é 5 kg, pois o ar não tem nada a ver com o peso. O peso só mudaria se a gravidade fosse alterada.

Q2) Duas esferas de mesmo diâmetro, uma plástica e uma metálica, são colocadas a 2 (dois) metros do chão e soltas ao mesmo tempo. Compare as velocidades com que cada uma delas chega ao chão. Justifique.

Ali. – Devido ao fato do peso das esferas ser proporcional a massa, e a massa da esfera metálica ser maior, esta é que terá maior velocidade ao cair. O diâmetro delas é igual, mas isso não interfere no valor da massa.

Ama. – As duas esferas chegarão com a mesma velocidade ao chão. Isso acontece por causa da gravidade e essas duas esferas possuem o mesmo diâmetro o que fará com que as forças que atuam sobre cada uma sejam iguais. Não importa o tamanho dos objetos a gravidade atua sobre todos os diferentes corpos do mesmo jeito, é a força que a Terra (o centro da Terra) exerce sobre os corpos. É esta força que faz os corpos ficarem em seus lugares e quando estes caem é a prova de que a gravidade existe, pois dá para perceber que estes são “atraídos” para o chão, ou seja, atraídos pelo centro da Terra.

Ana – As duas chegarão com a mesma velocidade, já que a velocidade que elas adquirem na trajetória não depende da massa e nem do material que as esferas são feitas (apresenta um exemplo de cálculo de “v” usando a equação de Torricelli, com $g = 10 \text{ m/s}^2$).

Ana 2 – A velocidade das duas será exatamente a mesma, pois as esferas vão “ganhando” aceleração na mesma proporção ($g = 10 \text{ m/s}^2$), sendo assim a velocidade de ambas será igual assim como o momento de chegada.

Ana 3 – A esfera metálica chegará primeiro ao chão, pois como sua massa é maior a ação da gravidade agirá mais “fortemente” sobre ela. Se as duas esferas estivessem sem a ação do ar, que também influencia na queda dos corpos, as duas esferas com certeza cairiam juntas.

Ana 4 – Devido à resistência do ar ao serem soltas a 2 m do chão e ao mesmo tempo elas chegarão ao chão juntas. Se fossem lançadas horizontalmente

o peso já entraria em consideração e a esfera de metal chegaria ao chão antes da de plástico.

And. – Elas vão chegar ao mesmo tempo, pois as duas têm a mesma forma, para “combater” a resistência do ar, que é a única “coisa” que poderia fazer com que uma caia antes da outra (se tivesse formas diferentes).

Aug. – A bola metálica chegará mais depressa ao chão devido a sua massa que provavelmente deve ser maior. Considerando que as 2 bolas (esferas) foram soltas de uma mesma altura, a distância a ser percorrida pelas 2 será igual fazendo com que a bola plástica desça numa mesma proporção que a metálica só que devido à massa da segunda ela cairia mais depressa ($P - R = m.a$).

Car. – Ambas chegarão ao mesmo tempo, pois ao soltá-las, atingem a mesma velocidade por causa da gravidade e da resistência do ar. Mas apesar de não terem o mesmo material e massa, tem o mesmo tamanho e massas parecidas.

Car.2 – As duas esferas vão chegar ao solo com a mesma velocidade. Isso ocorre, pois as duas esferas possuem o mesmo diâmetro, o que faz com que ambas tenham a mesma área em contato com o ar. E como no caso da folha de papel, quando a amassamos e deixamos cair de uma mesma altura, comparando com um objeto que “visivelmente” seria mais pesado. A folha e o outro objeto vão chegar ao mesmo tempo no solo, assim como as esferas de mesmo diâmetro.

Cín. – Elas caem com a mesma velocidade já que estão à mesma distância do solo, e sofrendo a mesma resistência do ar. Só que a esfera metálica vai chegar primeiro, pois tem massa superior a esfera plástica, e tendo mais peso a força peso é maior quebrando a resistência do ar mais facilmente e chegando ao solo mais rápido.

Cris. – As duas esferas cairão juntas no chão. Assim suas velocidades serão iguais, pois têm o mesmo tempo de queda e percorrem os mesmos 2 m. Como foi aprendido, a queda não depende da massa e sim da sua área de superfície. Como as duas são da mesma forma esférica, o ar que passa entre

elas, não influencia na sua queda. Mas se fosse uma folha de papel, com certeza sua velocidade diminuiria com a ação da resistência do ar.

Cris.2 – Elas chegaram juntas ao chão e chegaram ao chão com a mesma velocidade. A gravidade não depende do peso, não importa se uma era de plástico e a outra de metal, depende de sua forma (se ao invés de uma bola de plástico fosse uma pena, graças à resistência do ar e a FORMA da pena, a bola metálica chegaria primeiro).

Edi. – As duas chegarão juntas, pois têm o mesmo diâmetro, esferas iguais. Se fosse jogado uma folha de papel e um livro, o livro chega primeiro e a folha chega planando, pois o ar atrapalha um pouco. Mas se amassássemos a folha fazendo uma bola de papel os dois chegariam juntos.

Ema. – Numa pequena distância do solo, como 2 metros, o que influencia no tempo de chegada das esferas é o diâmetro, independente do material e das massas. Como comprova a experiência da folha de papel: uma folha amassada, em forma de esfera e a outra folha plana. Com certeza a primeira chegará mais rápido ao solo. Essa mesma folha em forma de esfera, numa pequena distância do solo, e uma com seu mesmo diâmetro, mas de metal, chegaram ao mesmo tempo.

Fab. – As duas irão chegar juntas, pois a massa de ambas é diferente, mas isso não influencia na queda e sim a resistência do ar que as conduz.

Fáb. – A velocidade que elas chegariam seria a mesma, por causa dos diâmetros das esferas serem iguais. Por serem iguais a força de atrito que ocorre nas duas esferas faz com que elas cheguem juntas. Se o diâmetro das esferas fosse diferente poderia ocorrer de uma cair no chão primeiro, pois a força de atrito do ar estaria agindo de forma diferente nas esferas.

Fel. – Os dois objetos chegarão ao chão ao mesmo tempo. Os objetos são esferas, praticamente livres de atrito com o ar e interferência na queda. Mesmo com a diferença de massas, a gravidade será a mesma para as duas, portanto, chegarão juntas.

Fel.2 – Mesmo sendo do mesmo diâmetro, a esfera metálica cairá primeiro ao chão pelo fato de sua massa ser maior e apresentar menor resistência do ar que a plástica.

Fer. – Elas chegarão ao mesmo tempo ao chão com velocidades iguais já que ambas possuem diâmetros iguais. Elas irão adquirir a mesma velocidade com o passar do tempo. Chegarão juntas porque as áreas das duas são iguais, como se jogássemos uma bola de papel amassada e uma de chumbo, também chegariam juntas, pois têm a mesma área, mas se o papel estivesse na forma de uma folha e a esfera de chumbo com certeza essa esfera chegaria primeiro já que a folha encontraria maior resistência do ar.

Fil. – Considerando que a esfera metálica possui massa maior que a plástica: em um ambiente como a Terra a esfera metálica chegaria ao chão primeiro, pois tem a massa maior, portanto tem peso maior. O mesmo ocorreria se fosse lançada na Lua, por exemplo. Nesse caso, o ar não é um fator de muita importância, pois ambas esferas têm as mesmas medidas geométricas.

Fla. – Elas chegam com a mesma velocidade, porque não importa se uma delas tem mais massa do que a outra, sempre vão chegar ao mesmo tempo e com a mesma velocidade.

Gab. – A de metal irá chegar mais rápido, pois seu peso é maior, pois sua massa é maior.

Gus. – A velocidade será a mesma, pois a gravidade que atua em ambas será igual. Se considerarmos a gravidade da Terra, deve-se considerar $9,8 \text{ m/s}^2$ e usar este para calcular a velocidade exata.

Iza. – As duas chegarão ao mesmo tempo, porque não importa a massa sendo diferente as duas vão chegar ao mesmo tempo, isso o permite acontecer devido a vários motivos como a resistividade do ar, porque se fosse uma bola e uma folha de papel, a resistividade do ar ia impedir que chegasse ao mesmo tempo, mas se amassarmos a folha elas vão chegar juntas (a forma dos objetos também influencia).

Joa. – As duas chegarão ao mesmo tempo, porque as bolas não são muito afetadas pela resistência do ar, porque elas não têm área de contato muito grande e regular.

Jul. – A única força que atua ao jogar as esferas é a peso ($P = m \cdot g$). Considerando a massa m_1 e m_2 e $g = 10 \text{ m/s}^2$ e sabendo que os corpos chegarão ao mesmo tempo, temos dividindo o valor da força peso (P) pela massa do corpo, sempre encontraremos a aceleração da gravidade (constante g), que é, na realidade, aproximadamente $9,8 \text{ m/s}^2$.

Jul.2 – Elas irão chegar ao mesmo tempo. As duas esferas possuem o mesmo diâmetro o que muda nelas é o material conseqüentemente a massa, mas a massa não influencia na queda, não muda a velocidade. A resistência do ar vai ter mesma intensidade nos dois corpos, pois são esferas iguais.

Jul.3 – As duas chegariam ao mesmo tempo no chão, pois a única diferença é que as moléculas de uma estão mais juntas do que a outra, é o caso de quando se joga uma folha de papel aberta e depois dobrada, elas terão a mesma massa, mas estarão em formas diferentes.

Kar. – Se as duas esferas apresentam o mesmo diâmetro, elas chegarão ao mesmo tempo no chão, pois a área de resistência do ar sobre elas será a mesma, conseqüentemente chegarão no chão com a mesma velocidade.

Kar.2 – As duas chegaram juntas. A resistência do ar não afetará nesse caso, pois as duas têm o mesmo diâmetro fazendo com que nem uma nem outra diminua sua velocidade ao se “chocar” com o ar.

Lia – Elas chegam juntas porque a força da gravidade é igual, pois as duas estão na Terra e como o diâmetro das duas é exatamente o mesmo, a resistência do ar que atuará sobre elas também será a mesma.

Lúc. – Depende onde elas serão jogadas, no vácuo ambos chegariam juntos no chão. Com a gravidade a metálica chegará primeiro, pois ela é mais pesada que o plástico e por isso consegue aumentar a tração não havendo tanta

resistência do ar, já no plástico a resistência do ar que atua no sentido contrário ao movimento é maior, diminuindo sua velocidade.

Luc. – A velocidade que a esfera metálica irá adquirir será maior do que a velocidade da esfera plástica e em um menor tempo. Portanto a aceleração da esfera metálica será maior que a da esfera plástica garantindo que esta (metálica) chegue mais rapidamente ao solo. Isso comprova a segunda lei de Newton, $F = m \cdot a$, pois quanto maior a aceleração, maior a força, que neste caso é a gravidade, pois está puxando os corpos para a Terra.

Lui. - As velocidades são iguais, pois as esferas possuem o mesmo tamanho (... de mesmo diâmetro), portanto elas chegam ao chão juntas e com a mesma velocidade.

Lyg. – Elas chegarão ao mesmo tempo, pois a velocidade de queda não é mudada, ou seja, não depende da massa e nem do que o corpo é feito. Se esses dois corpos são iguais, portanto têm a mesma área em contato com o ar (mesma resistência eles vão sofrer) e estão sujeitos a mesma gravidade o que é mais importante, eles chegarão juntos com certeza.

Mar. – As duas chegariam juntas, uma vez que dois corpos com o mesmo formato, não dependem do material ou da massa para aumentar ou diminuir sua velocidade de queda.

Mar.2 – As duas esferas chegam ao mesmo tempo. Pois a massa não interfere. A gravidade é 9,8 m/s e não muda. É igual o caso da pena e da pedra. Os dois caem e tocam no chão no mesmo instante.

Mar.3 – A velocidade com que as duas chegam ao chão é igual. Tanto a bola plástica quanto a bola metálica chegaram ao mesmo tempo ao chão. Pois o que influencia na queda seria a massa. Mas neste caso as duas esferas chegariam ao mesmo tempo.

Mil. – As duas esferas chegaram ao mesmo tempo. Têm o mesmo contato com o ar, então a resistência do ar sobre os corpos é a mesma (mesma área em contato – mesmo diâmetro). A única coisa que os diferencia é a força peso.

Raf. – A esfera de metal vai acabar chegando antes do que a esfera de plástico, mesmo sendo as duas com o mesmo diâmetro, o peso da esfera de metal acaba vencendo mais facilmente a resistência do ar do que a de plástico, fazendo com que chegue primeiro.

Rap. – O fato das esferas serem uma de plástico e outra de metal, não influencia na queda, o que influencia é que elas são do mesmo diâmetro, e isso faz com que o ar que iria resistir sobre elas será de mesma intensidade, com isso fazendo com que as duas cheguem ao chão no mesmo instante e com a mesma velocidade.

Raq. – Chegaram ao mesmo tempo. Já que possuem o mesmo diâmetro se jogadas da mesma distância, caíram juntas.

Reb. – Elas chegarão juntas ao solo, pois a área em contato com o ar é igual, então ambas sofrem a mesma resistência do ar e cairão juntas.

Ric. – A esfera plástica terá uma velocidade mais rápida, portanto chegará primeiro ao solo e a bola metálica só irá chegar depois de um tempo porque a sua velocidade é menor. Pelo que a plástica tem uma área mais fácil de descer por ela ser mais leve onde facilita que a força gravitacional não haja sobre ela da mesma maneira agindo na outra que é mais difícil, então dificulta cair com uma velocidade muito mais rápida.

Síl. – Se elas são de mesmo diâmetro, elas chegam ao chão com a mesma velocidade, pois a aceleração da gravidade é constante. A não ser que a esfera plástica, por ter uma massa menor, tenha mais dificuldade de resistir a resistência do ar e então fique um pouco mais lenta que a esfera metálica.

Tas. – Elas vão chegar ao chão no mesmo instante, pois independente do material que são constituídas elas possuem o mesmo diâmetro e ambas são esferas. O atrito do ar com as duas esferas será o mesmo por elas serem iguais, portanto as duas esferas chegaram ao mesmo instante ao chão.

Tat. – A esfera metálica chegará primeiro não por ser mais pesada, mas por causa da disposição de seus átomos, se os átomos estiverem bastante juntos,

unidos será mais fácil a queda, mas se for o caso da esfera plástica, os átomos de sua construção não estão tão ligados quanto os da esfera de metal. A velocidade não se modificará, será igual, pois velocidade não depende da massa. Uma cai antes da outra pelo seguinte motivo: RESISTÊNCIA DO AR. Quanto mais ar existir no local não cairão em tempos iguais, mas se for o caso de um lugar sem ar cairão ao mesmo tempo.

Thi. – As duas vão chegar juntas e com a mesma velocidade, pois as esferas são de mesmo diâmetro e são soltas a mesma altura do chão, mesmo sendo uma plástica e a outra metálica, pois ambas são esferas.

Thi.2 – As duas vão chegar praticamente juntas, só irá acontecer uma pequena diferença entre as velocidades: como uma das bolas é feita de plástico a resistência do ar vai ser maior, pois o plástico é um material mais “leve” do que um metal. Pode acontecer de chegarem juntas, pois a distância do chão que foram colocadas é muito pequena para a resistência do ar atuar.

Tia. – As esferas plástica e metálica de mesmo diâmetro, irão cair ao mesmo tempo no chão. Isto devido à gravidade da Terra, e também por elas possuírem o mesmo diâmetro, onde o material de cada uma não faz diferença.

Vin. – As duas chegarão exatamente ao mesmo tempo ao solo e cairão com a mesma velocidade, chegando ao solo, portanto, com a mesma velocidade. Isso ocorre porque a força gravitacional acelera as duas esferas igualmente, exercendo a mesma força sobre as duas. O único fator que poderia atrapalhar a chegada ao mesmo tempo dos dois objetos ao solo seria a resistência do ar, que no caso das duas esferas, não vai interferir mais na queda de uma esfera do que na de outra, pois ambas esferas têm o mesmo formato e o mesmo diâmetro. A resistência do ar vai interferir igualmente na aceleração (na queda) dos dois corpos, fazendo com que suas velocidades apenas sejam menores do que seriam sem ar, mas ambas esferas chegarão ao mesmo tempo.

Viv. – A velocidade vai ser a mesma, pois a área da esfera é igual, a massa é diferente, mas não importa, pois como a área é igual a resistência vai ser a mesma. Um outro exemplo melhor é se jogarmos uma folha (aberta) e uma laranja

ao mesmo tempo, a laranja chegará primeiro (devido a sua área em relação à da folha), mas se soltarmos a mesma folha só que amassada (como uma bolinha e uma laranja) as duas chegarão juntas.

Jul.4 – A esfera de metal com certeza chegará muito antes do que a esfera de plástico, pois sua força peso é muito maior do que a força peso da esfera de plástico. Essa teoria pertence à segunda lei de Newton ($F = m.a$).

Ren. – Elas chegarão com velocidade iguais, pois a força gravitacional atua nas duas, são iguais, e seu formato é igual.

Q3) Um astronauta, na Lua, joga lateralmente uma ferramenta, a partir de uma certa altura do chão (ver desenho). Explique o que acontecerá com a ferramenta.



Ali. – Dependendo da velocidade que ele jogou ela, ela pode entrar em órbita (depende também da distância entre ela e o solo) ou pode cair (mais ou menos descrevendo o percurso de uma parábola – aluna faz desenho).

Ama. – A ferramenta se deslocará no sentido contrário ao da força exercida sobre a mesma. O movimento exercido pela ferramenta será no sentido oposto à força que o astronauta aplicou sobre ela. Isso acontece por sempre para uma ação existe uma reação e o fato da ferramenta se deslocar para o sentido contrário da força é a reação da força que nela foi aplicada.

Ana 1 – O martelo cairá lentamente enquanto vai para o lado que foi lançado, já que lá a gravidade (a atração que a Lua exerce sobre outro corpo) é menor se compararmos com a da Terra, portanto o martelo “ficará” mais tempo no ar antes de cair. O movimento percorrido está ilustrado no desenho acima (obs: aluna completou desenho mostrando a trajetória – arco de parábola – do martelo).

Ana 2 – Ela começará a perder altura (cair), até que se choque com o chão e pare (só pára, ou seja, $a = 0$, devido ao choque com o chão).

Ana 3 – A ferramenta cairá no chão, depois de ter “subido” até a altura máxima que ela conseguir. A ferramenta cairá porém vai demorar mais, pela

gravidade ser menor, ou seja, pela baixa gravidade o corpo (ferramenta) demorará mais para cair.

Ana 4 – Como na Lua não há resistência do ar o martelo irá realizar uma parábola só que bem lenta. O martelo irá para frente e cairá ao mesmo tempo só que o tempo de duração para ferramenta chegar ao solo vai ser bem demorado e comparando com o planeta Terra, na Lua a ferramenta irá mais longe e na Terra cairá primeiro (a aluna elaborou dois esquemas representando os arcos de parábola descritos pela ferramenta, na “Terra” e na “Lua”, sendo que no segundo a distância percorrida horizontal é maior).

And. – A ferramenta cairá depois de andar um certo tempo nessa direção.

Aug. – Ela irá se deslocar para o lado devido à força nela aplicada, mas após algum tempo ela começará a cair, pois na Lua também existe gravidade fazendo com que a ferramenta também seja atraída para o chão (o centro), mesmo que seja lentamente.

Car. – Ela cairá mais devagar do que quando fosse na Terra, pois quanto menor a gravidade, menor a velocidade para o objeto atingir o solo.

Car. – A ferramenta vai “se mover” para o lado contrário do que o astronauta tinha jogado. Isso ocorre por causa da gravidade. Pelo fato de ser muito pequena, tem uma “força”, a qual vai ao contrário do movimento.

Cín. – A ferramenta cairá no chão normalmente como qualquer outro objeto que for solto na Lua. A diferença é que ela cairá mais devagar visto que na Lua não tem ar, mas tem gravidade. E tendo gravidade e não tendo ar a ferramenta demora mais tempo para chegar no chão do que se fosse solta na Terra.

Cris. – O astronauta jogando lateralmente uma ferramenta na Lua, acontecerá que a ferramenta inicialmente seguirá reta até que a força com que o astronauta lançou seja menor que a gravidade da Lua, conseqüentemente, como a força gravitacional da Lua é maior que a força que foi usada para lançar a ferramenta, a ferramenta é atraída pela gravidade da Lua. Apesar de a gravidade

da Lua ser menor que a da Terra, a ferramenta cairá, pois a Lua tem gravidade. Cairá mais lentamente que se fosse na Terra, pois a força de gravidade é menor.

Cris.2 – A força aplicada pelo astronauta vai sendo vencida pela força peso (a aluna representou, no desenho, a trajetória em forma de arco de parábola descrita pela ferramenta).

Edi. – Ela “flutuará” lentamente pela Lua, pois não há uma gravidade, um ar para ela descer e ficar no chão.

Ema. – Como na Lua a força gravitacional (g) é menor do que na Terra, a ferramenta terá maior dificuldade em chegar ao solo, mas chegará. Na Lua a força de resistência do ar é maior do que na Terra.

Fab. – A ferramenta irá atingir o “solo” mas vai demorar um certo tempo, a ferramenta não irá flutuar, pois na Lua ainda tem gravidade, muito pequena em relação à da Terra, mas tem. Além da gravidade, na Lua não tem ar, o que irá fazer com que a ferramenta caia muito lentamente.

Fáb. – A ferramenta irá cair lentamente, por causa da gravidade da Lua que está atuando nela. Isto acontece por causa da gravidade na Lua ser menor. Caso isso ocorresse na Terra a ferramenta iria cair em uma velocidade maior, por causa da força de gravidade da Terra ser maior.

Fel. – A Lua tem gravidade, mesmo sendo muito baixa. Quando o astronauta joga a ferramenta, ela parece não cair. Mas, na verdade ela está caindo sim, só que muito lentamente. Por isso para que ela entre em uma “órbita” com a Lua, porque ela fica vagando e para não cair.

Fel.2 – Dependendo da força que aplicará sobre a ferramenta ela cairá mais longe ou perto do astronauta. Pelo fato de que na Lua a resistência do ar é maior, a ferramenta levará algum tempo para chegar no chão completamente, mas não irá sair flutuando.

Fer. – A ferramenta demorará mais tempo para cair devido ao fato de ter menos gravidade na Lua que na Terra, porém ela não deixará de cair. Como se a ferramenta caísse em câmera lenta.

Fil. – Depois de um certo tempo ela alcançará o chão, pois será atraída pela força de gravidade da Lua. Porém, dependendo da força com a qual a ferramenta foi jogada ela pode não chegar a tocar o chão: com seu formato esférico, a ferramenta pode se distanciar da Lua como um satélite (aluno representa a “Lua” e a ferramenta em órbita).

Fla. – A ferramenta irá deslocar-se para frente e cair no chão, ao mesmo tempo. Como a gravidade na Lua é pequena tal fenômeno ocorrerá mais lentamente. Mas sendo na Lua ou na Terra ou em qualquer outro corpo que possui massa o bastante para manter uma gravidade não desprezível, como é o caso da gravidade do corpo de uma pedra, por exemplo, tal fenômeno sempre ocorrerá.

Gab. – Essa ferramenta irá ficar flutuando até que uma força aja sobre ela. Com a gravidade do ar na Lua tudo flutua até mesmo as pessoas.

Gus. – Se a força de impulsão da ferramenta fosse muito grande, esta entraria numa possível órbita já que a gravidade a “puxa” mas não há atrito para diminuir sua velocidade até o estado de repouso, pois não há ar. Mas como a velocidade não deve ser muito grande, pois a força de uma pessoa não chega a tanto a ferramenta percorreria um espaço grande até começar a descer (ver figura *) considerando uma gravidade constante, mas com pouco efeito.

* o aluno representou no desenho um “arco de parábola”, com um segmento de reta na parte superior.

Iza. – Ela chegará ao chão, só que mais lentamente porque não tem gravidade, a ferramenta chega ao chão mas demora um pouco (a aluna representou, no desenho, a ferramenta percorrendo uma trajetória retilínea vertical).

Joa. – Depende da altura e da força que ele jogar, pois se ele jogasse com muita força e muito alto a ferramenta poderia entrar em órbita, mas como a altura não é tanta e no caso a força só influiria na distância de onde ela cairia a ferramenta apenas ia cair lentamente, pois sua gravidade é menor.

Jul. – A ferramenta, por causa da gravidade, demorará a cair (comparada com a gravidade da Terra). Primeiro ela descreve uma trajetória mais “reta” mas ao mesmo tempo indo em direção ao chão, até alcançá-lo.

Jul.2 – Depois de algum tempo ela irá cair no chão. Na Lua apesar da gravidade ser menor ainda temos a presença dela, isso é uma coisa que devemos sempre nos lembrar, o que acontece é que lá se lançamos um objeto qualquer, ele irá demorar mais tempo para chegar ao chão, mas chegará normalmente, nunca irá flutuar (a aluna representou, no desenho, uma trajetória em forma de arco de parábola para a ferramenta).

Jul.3 – A ferramenta irá flutuar, pois a gravidade na Lua é muito pequena fazendo com que os corpos flutuem.

Kar. – Continuará “andando” naquela direção até que encontre alguma coisa que a faça parar, já que na Lua a força de resistência do ar é nula e segundo Newton, em todo objeto no qual é aplicado uma força, ele tende a continuar esse movimento até que uma força contrária o faça parar.

Kar.2 – A ferramenta ou irá para cima ou para frente depende para onde ele jogá-la. Os astronautas usam isso para se mover mais facilmente. Se ele jogar para frente ele vai para trás e vice-versa. Para cima é a mesma coisa. Em um determinado momento ela flutuará.

Lia – Ela irá cair no chão, mas como a gravidade da Lua é bem menor que a da Terra, a ferramenta levará um intervalo de tempo bem maior do que estamos acostumados para chegar ao solo.

Lúc. – A ferramenta andar lateralmente e cairá bem devagar, pois a gravidade da Lua é pequena e a tração que existe é pouca, comparado com a da Terra.

Luc. – A ferramenta flutuará dentro de um determinado tempo devido à lentidão de sua queda. Porém, em certo instante atingirá certamente o solo. Isto se dá devido à força da gravidade na Lua que é consideravelmente menor se comparada a da Terra.

Lui. – A ferramenta lentamente se deslocará em direção ao chão. Ela pára lateralmente e começa a cair; mais devagar, já que a gravidade na Lua é bem pequena.

Lyg. – Essa ferramenta vai cair. Só que como a gravidade na Lua é muito menor do que a da Terra, essa ferramenta vai cair muito lentamente. $P = m \cdot g \Rightarrow$ o resultado dessa força P vai ser pequeno. Como cai bem lentamente, muita gente tem a impressão de que a ferramenta flutua o que não é verdade. Como a queda é lenta dá tempo do astronauta pegá-la antes que chegue no chão.

Mar. – A ferramenta continuará na mesma direção para sempre, uma vez que a gravidade da Lua é muito pequena para pará-la.

Mar.2 – A ferramenta vai demorar mais do que se fosse na Terra, mas vai acabar caindo no chão. Na Lua a ferramenta demora mais um pouco para cair por causa da gravidade que é menor do que na Terra. A ferramenta na Lua cai mais lentamente, mas cai.

Mar.3 – A ferramenta começará a cair, mas como foi lançada lateralmente ela começará a cair aos poucos e de forma “arredondada”...como mostra o desenho (a aluna desenhou um arco de parábola), mas ela chegará ao chão, só que demoraria mais do que se ela só tivesse sido soltada da altura que ela estava sem ter sido lançada lateralmente.

Mil. – Ela terá a tendência de continuar em movimento e irá caindo à medida em que o tempo passa, mas como a Terra é redonda, a ferramenta fará umas “curvas” e continuará fazendo seu movimento e não irá parar. Então ela não cai, pois é atraída pelo centro gravitacional, o que é responsável pelo seu movimento circular.

Raf. – Ela demorará para chegar ao chão, pois gravidade na Lua é menor, por isso o Δt vai ser maior do que se fosse na Terra. E até mesmo para jogar a ferramenta ao chão, o astronauta tem que fazer mais força, pois a resistência do ar é maior do que na Terra.

Rap. – Na Lua por ter uma gravidade menor que a da Terra, vai fazer com que a ferramenta caia, porém em um maior tempo e em uma velocidade menor, do que lançada aqui na Terra $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ e na Lua $1,6 \text{ m/s}^2$, e também o fato de não ter ar na Lua (vácuo) não vai interferir na queda, o que daria para se comparar e se joga-se uma pena e a ferramenta juntas, mesmo a ferramenta sendo mais “pesada” as duas chegariam juntas. Mas neste caso a ferramenta irá cair, quando lançada pelo astronauta.

Raq. – A ferramenta ficará no espaço, girando em torno da Terra já que tudo é largado lá continuará a girar com o movimento da Terra.

Reb. – Ela cairá no chão, só que mais devagar do que ela cairia na Terra, porque na Lua a gravidade é menor.

Ric. – A ferramenta ficará flutuando porque na Lua não possui vácuo, portanto a ferramenta não poderá ser puxada para baixo, pois não existe a ação da força de gravidade. Como não tem vácuo e a força da gravidade não age sobre o corpo, a ferramenta irá flutuar.

Síl. – A ferramenta irá continuar no mesmo sentido em que foi jogada e cairá lentamente (porque a gravidade na Lua é muito pequena) para a superfície da Lua. (obs: a aluna representou no desenho a trajetória da ferramenta como sendo um arco de parábola.).

Tas. – A ferramenta irá ser atraída para o centro da Lua por causa da gravidade, mas a gravidade na Lua é muito menor que a gravidade da Terra o que significa que esse objeto irá ficar dando voltas em torno dela dependendo da intensidade da força que foi aplicada pelo astronauta na ferramenta.

Tat. – A ferramenta cairá ao chão com um tempo maior, pois na Lua o g é bem mais baixo que da Terra. Nada de anormal acontecerá se o astronauta jogar a ferramenta para a direita ele se movimentará para a esquerda com uma força igual a que ele fez ao jogar a ferramenta.

Thi. – Ela continuará lateralmente, com a mesma altura do início, e não irá cair, só se houver algo impedindo a sua passagem, pois qualquer coisa (objeto)

solto na Lua horizontalmente a uma altura, esse objeto irá continuar com a mesma distância da Lua, dando a volta nela.

Thi.2 – A ferramenta cairá, pois na Lua existe gravidade, porém essa ferramenta irá cair numa velocidade muito menor do que se estivesse na Terra. Ela cairá com aceleração de $1,6 \text{ m/s}^2$, se fosse na Terra cairia com aceleração de 10 m/s^2 .

Tia. – A ferramenta jogada lateralmente pelo astronauta cairá vagarosamente no chão, pois na Lua não existe ar, mas sim gravidade.

Vin. – Quando o astronauta exerce uma força sobre a ferramenta a ferramenta também exerce uma força sobre ele (princípio de ação e reação). Como na Lua estamos praticamente livres de forças de atrito, quando o astronauta lança a ferramenta ele também é “lançado” pela ferramenta, ele é empurrado para o lado oposto a que jogou a ferramenta. Portanto ambos (astronauta e ferramenta) estarão em movimento, porém em direções contrárias.

Viv. – A ferramenta ganhará uma certa velocidade, já que o astronauta aplicou uma força lateral, isto é, a ferramenta vai se deslocar lateralmente e vai caindo aos poucos, perdendo velocidade (a ferramenta ao mesmo tempo que se desloca vai caindo até atingir o solo).

Jul.4 – Se essa ferramenta for jogada lateralmente na Lua, essa ferramenta irá flutuar, em um tempo mais lento, devido a sua lentidão. E a força de gravidade na Lua é menor do que a da Terra.

Ren. – Ela irá cair, mas percorrerá uma grande distância, pois as forças que atuam nela são apenas a gravitacional e a força aplicada pelo astronauta. Na Terra o objeto não percorreria tal grande distância devido à força de atrito contida no ar, que não existe na Lua.