

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA
E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CAMPUS JATAÍ**

MARCELO DA SILVA PERES

METODOLOGIAS APLICADAS AO ENSINO DE MECÂNICA

**JATAÍ - GO
2015**

MARCELO DA SILVA PERES

METODOLOGIAS APLICADAS AO ENSINO DE MECÂNICA

Trabalho de Conclusão de Curso de
Licenciatura em Física Apresentado no Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de
Goiás - Campus Jataí-GO.

Profº. (Esp.): Rodrigo Ferreira Marinho

JATAÍ - GO
2015

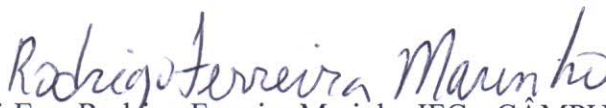
	Peres, Marcelo da Silva.
PER/met	Metodologias aplicadas ao ensino de mecânica/Marcelo da Silva Peres. - - Jataí: IFG – Campus Jataí/ Coordenação do curso de Licenciatura – Física, 2015.
	 Orientador: Prof. Esp. Rodrigo Ferreira Marinho Bibliografias: f.39.
	 1.Educação2.Ciência. 3. Ensino-Aprendizaagem. I.Marinho, Rodrigo Ferreira.II.Título. III. IFG – Campus Jataí: Coordenação do curso de Licenciatura – Física.
-	 CDD 371.1

MARCELO DA SILVA PERES

METODOLOGIAS APLICADAS AO ENSINO DE MECÂNICA

Monografia apresentada à banca examinadora da Coordenação dos Cursos de Licenciatura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Jataí, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Licenciado em Física.

Banca Examinadora



Prof. Esp. Rodrigo Ferreira Marinho IFG - CÂMPUS JATAÍ
Presidente da Banca



Prof.^a Esp. Gisela Franco Vilela
IFG - CÂMPUS JATAÍ



Prof. Lic. Wellington Vieira Ferreira
IFG - CÂMPUS JATAÍ

Jataí, 13 de fevereiro de 2015.

Dedico este trabalho aos meus pais.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus pela realização deste trabalho a todos que contribuíram para a realização destes afazeres, aos meus amigos que participaram direta e indiretamente para a conclusão desta obra.

Ao Profº Orientador Rodrigo Ferreira Marinho de maneira especial pela dedicação e compreensão na orientação.

RESUMO

Neste trabalho será feita a análise e o reconhecimento das tendências de ensino e o que está por trás das propostas de ensino e aprendizagem dentro do ensino de Física, especificamente na área de mecânica. Na Epistemologia Contemporânea, dentro do Racionalismo Crítico, Paul Feyerabend ilustra o processo de evolução dos termos descritivos da ciência e suas correspondências com a produtividade científica, ambas ligadas ao ensino pluralista. Neste âmbito a análise tem foco na teoria Feyerabendiana discutindo as amplas possibilidades de uma aula letiva concentrada em diversos métodos didáticos cada vez mais flexíveis em comparação ao perfil dos aprendizes. Com base nas teorias de ensino é possível analisar que a maioria das parcelas de aulas letivas propostas em artigos de revistas, como por exemplo, o Caderno Brasileiro de Ensino de Física e a Revista Brasileira de Ensino de Física divulgam a variedade de metodologias aplicadas em sala de aula, verificando a hipótese de que para trabalhar significativamente o processo de ensino-aprendizagem é necessário o professor se atentar a múltipla existência de metodologias.

Palavras-Chave: Educação. Ciência. Ensino-Aprendizagem.

ABSTRACT

In this work will be the analysis and the recognition of education tendencies and what is behind the proposals of teaching and learning in the physics teaching, specifically in the mechanical area. In Contemporary Epistemology, with in the Critical Rationalism, Paul Feyerabend illustrates the process of evolution of descriptive terms of science and their correspondence with scientific productivity, both linked to the pluralistic education. In this context the analysis focuses on Feyerabendiana theory discussing the wide possibilities of a class concentrated in various teaching with flexible methods compared to the profile of learners. Based on theories of teaching is possible to analyze that most parcels of classes proposed in journal articles, such as the *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* and the *Revista Brasileira de Ensino de Física* reveal the variety of methodologies applied in room class, checking the hypothesis that to work significantly the process of teaching and learning is required the teacher to pay attention to multiple existence methodologies.

Keywords: Education. Science. Teaching and Learning.

SUMÁRIO

RESUMO.....	6
ABSTRACT.....	7
JUSTIFICATIVA.....	9
OBJETIVOS.....	10
1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	11
1.1 A MULTIPLICIDADE METODOLÓGICA DE PAUL FEYERABEND.....	11
1.2 AS PRINCIPAIS TENDÊNCIAS DE ENSINO.....	17
1.3 FUNDAMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA.....	19
2 METODOLOGIA.....	23
3 ENSINO POR PESQUISA.....	25
3.1 ANÁLISE DAS ABORDAGENS METODOLÓGICAS NO ENSINO DE MECÂNICA.....	27
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	38
REFERÊNCIAS.....	39
ANEXOS.....	41

JUSTIFICATIVA

Atualmente é necessário reconhecer a complexidade da formação ensino-aprendizagem, mas como a amostragem dos dados de artigos científicos produzidos na área de ensino em física é vasta, pelo inferimento de seis artigos científicos sobre temáticas de ensino em mecânica, disponíveis em anexo, verifica-se se realmente existe a heterogeneidade de aprendizagens, analisando as propostas de ensino direcionadas para o meio educativo, pois, se os escritores estão preocupados em descrever suas expectativas de ensino é porque o ensino sofre constantes mudanças em suas criações metodológicas de acordo com a necessidade dos aprendizes das novas gerações, se essa etapa se confirmar com base nas ideias de Feyerabend verifica-se que o ensino é mutável e adquire alternativas de ensino diferentes para atender a públicos diferenciados.

OBJETIVOS

Neste trabalho objetiva-se a análise da multiplicidade metodológica de Feyerabend no ensino de mecânica através da análise dos últimos artigos das revistas Caderno Brasileiro de Ensino de Física e a Revista Brasileira de Ensino de Física.

São objetivos específicos deste trabalho:

- ❖ Discutir algumas práticas letivas frente às perspectivas de ensino propostas em artigos de revista especializada no ensino de mecânica, e mostrar os elementos relevantes e predominantes nas metodologias identificadas;
- ❖ Resgatar os valores didáticos de uma metodologia inovadora, sem preconceitos com uma aula que aborda várias perspectivas de ensino, que vão além do ensino-aprendizagem tradicional;
- ❖ Verificar a hipótese de que para entender o processo ensino-aprendizagem é necessário o professor se atentar a múltipla existência de metodologias.

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1 A MULTIPLICIDADE METODOLÓGICA DE PAUL FEYERABEND

Discorre-se neste a contemplar às vertentes e características gerais do assunto “multiplicidade metodológica”, onde este termo está assim designado neste trabalho porque existem diversas metodologias, estas enfatizam a atenção do professor para a construção de um amplo repertório de estratégias didáticas que alcançam uma aprendizagem eficaz para o aprendiz, fazendo com que o mesmo se torne um ser ativo e participativo na produção do saber escolar.

Ademais, deixa-se uma reflexão acerca do mundo pensante da ciência a descrever mediante sua história marcante, como por exemplo, o uso de termos descritivos em um dado tempo será adaptado por outros que descrevem a realidade instantânea de uma nova visão de ciência, isto seria o mesmo que estudar os vestígios da história da ciência e seu percurso enquanto sabedoria e técnica, e a consequência desse pensamento é que a ciência não tem um único caminho ou método a seguir, “o monismo”, e não está ligada a princípios dissociáveis da situação concreta. Isso conduz a um humanismo e pluralismo de métodos que não se relacionam com a visão absoluta dos racionalistas.

Apesar de propor um anarquismo epistemológico, o próprio autor faz ressalvas, segundo Feyerabend (1993):

[...] Vale tudo não é um princípio que eu defendo eu não acredito que princípios possam ser usados ou discutidos eficientemente fora da situação concreta de pesquisa à qual eles devem ser supostamente aplicados, mas a exclamação horrorizada do racionalista que olhar a história mais de perto (FEYERABEND, 1993, p. 172).

Diz-se então que essa forma de verificar a produção da ciência proposta por Feyerabend se corresponde a afirmar que existem sim contextos teóricos destinados a restrita prática em que o cientista pesquisa, desse modo esse raciocínio contraria aos monistas ou metodistas no qual acreditam e priorizam demasiadamente as

normas e regras, colocando-as como superiores e que os fatos reais e históricos são decorridos delas, ou seja, a previsão dos teóricos é considerada a priori (FEYERABEND, 1993).

Todavia, Feyerabend (1993) não exclui a pretensão e organização racional da ciência, pois ele menciona que há momentos oportunos para uso de um certo método a cada situação desejada da pesquisa.

Isso mostra o discernimento do autor quanto aos pressupostos e traz uma diretriz para obtenção de resultados, ao longo da pesquisa, de forma que a mesma seja orientada e não arbitrária (FEYERABEND, 1993).

Feyerabend (1978) diz:

As observações feitas até aqui não significam que a pesquisa é arbitrária e sem orientação. Os padrões existem, porém, eles surgem do próprio processo de pesquisa e não de pontos de vista abstratos sobre a racionalidade... (FEYERABEND, 1978, p. 99)

Assim, uma vez que a tendência de metodologia monista não julga a importância histórica e de como a ciência evoluiu com as constantes mudanças, essa tendência sugere a quebra de paradigmas contra os métodos seguidos e as absolutas teorias (FEYERABEND, 1978).

Feyerabend (1978) deixa claro ainda que as teorias possam ser contestadas pelas suas limitações, e assim propõem discussões acerca da contra indução e hipóteses *ad hoc*, elas estão inseridas no contexto de refutação de uma teoria baseado em dificuldades defrontadas e ocultadas entre teorias e fatos e, respectivamente, que são contrárias à indução positivista e ao racionalismo monista, essa contravenção não é para gerar inconsistências, mas para conseguir um progresso na pesquisa, para encontrar respostas na complexidade do desenvolvimento histórico da ciência de acordo com o tempo real e conhecimento atual (FEYERABEND, 1978).

Há uma ideia implícita na interpretação pluralista de Feyerabend, aquela que o monista estagna o conhecimento da ciência a ponto de não enxergar os limites da consistência inventada a partir de métodos e da comensurabilidade entre teorias, dessa maneira é difícil de continuar o progresso histórico da ciência sem se preocupar com o que já está ultrapassado e o que precisa ser modificado (FEYERABEND, 1978).

Como se pode ver em Feyerabend (1975) se referiu:

Alguém pode ter a impressão de que eu estou recomendando uma nova metodologia que substitui a indução pela contra indução e que utiliza uma multiplicidade de teorias, pontos de vista metafísicos, contos de fada ao invés de o costumeiro par teoria/observação. Essa impressão seria equivocada, com certeza. Minha intenção não é de substituir um conjunto de regras gerais por outro; minha intenção é, ao invés disso, convencer o leitor que todas as metodologias, até mesmo as mais óbvias, têm seus limites. A melhor maneira de mostrar isto é demonstrar os limites e até a irracionalidade de algumas regras que todos consideram básicas. No caso da indução (incluindo a indução por falsificação) isso significa demonstrar quanto suporte argumental pode ser dado a um procedimento contra indutivo (FEYERABEND, 1975, p. 32).

Feyerabend (1975) destaca ainda que, aos termos que descrevem os significados da ciência, abreviadamente chamados de “termos descritivos”, ele divide essa discussão em duas etapas inerentes a história da ciência, na primeira, comenta os erros relativos existentes entre uma teoria mais atual e outra mais esquecida, pontua que um termo já usado em uma teoria se transforma após uma revolução teórica e é acompanhada pelo contexto histórico nele inserido.

Dada à importância da incomensurabilidade, essa desafia os conceitos ortodoxos da epistemologia racionalista e privilegia a ênfase na epistemologia pluralista de Feyerabend atribuindo a mudança contínua de significados compreendidos de maneira díspar entre teorias de diferentes épocas. Alerta-se, porém que para apurar se uma teoria é incomensurável a outra, Feyerabend levantou um método ainda em construção, pois ele cita que um termo foi modificado de acordo com sua nula extensão em relação à teoria antiga (FEYERABEND, 1975).

Outro problema de teorias incompatíveis se apoia no interesse de classificar um objeto segundo a interpretação de constituir um conjunto de fatos. Numa abordagem que segundo os fatos que são gerados por uma observação e para ela é preciso escolher uma interpretação coerente com o que se quer constatar como fato em uma dada teoria, assim Feyerabend convence o leitor de que a interpretação não só precede, mas é o fator determinante para se souber o alcance de significados dentro de uma dada teoria e compará-la a outra teoria postergante (FEYERABEND, 1975).

A partir de uma interpretação escolhida, ela se relaciona ao ensino numa perspectiva atual, de modo que o futuro cientista a usará em suas pesquisas. Portanto, para não cometer erros de interpretação, segundo Feyerabend (1975), ele considera viável separar as teorias por seus significados interpretados dentro de cada uma, e não compará-las por um mero método instrumental que não leva em conta os objetos específicos de cada teoria, se não fosse assim, as teorias seriam confundidas com um mesmo objeto em pauta.

Assim, dessa forma fica claro que a incomensurabilidade é útil para denotar as entidades diversas (aspecto qualitativo) de qualquer teoria em análise, e organizar todos os novos entes que as teorias suscitam isso implica que os novos resultados alcançados por uma nova questão científica levam a uma nova perspectiva (FEYERABEND, 1978).

Em relação ao seu pluralismo na educação, no tocante educação o autor do “Anarquismo Pluralista” se inspira em John Stuart Mill e descreve sua “Educação Pluralista” baseado em fatos de multiplicidade nas escolhas para o desenvolvimento em distintas direções conflitantes da capacidade humana de pensar, que vai desde as percepções humanas às científicas (FEYERABEND, 1978).

Em detrimento a crítica do monismo e dogmatismo da ciência que são tratados de modo sistemático e com racionalismo exacerbado, Feyerabend (1975) cita ainda que:

[...] a história da ciência será tão complexa, caótica, repleta de enganos, e interessante quanto às mentes daqueles que a inventaram. Reciprocamente, um pouco de lavagem cerebral terá que seguir um longo caminho para tornar a história da ciência algo mais monótono, simples, mais uniforme, mais 'objetivo' e mais facilmente acessível a um tratamento por regras rígidas e imutáveis. [...] A educação científica como a vemos hoje tem precisamente esse objetivo (FEYERABEND, 1975, p. 19).

Nessa perspectiva o autor concentra seu discurso na crítica do autoritarismo da educação científica sobre as demais formas de conhecimento e sociedade organizada, desse modo ele afirma que essa educação impõe a redução do conhecimento científico a uma única e restrita visão do que é ciência, e mais, limita a mesma a um domínio científico específico de conteúdo, separando-o dos demais, e por consequência, pode perder sua identidade histórica (FEYERABEND, 1975).

Feyerabend (1975) salienta mais uma crítica a metodologia e epistemologia simplificada pela dominante educação científica, ele diz:

[...] Isso, penso eu, constitui o mais decisivo argumento contra qualquer método que encoraje a uniformidade, seja ele empírico ou não. Qualquer método desse tipo, em última análise, é um método que favorece engano. Ele [o método] reforça um conformismo não esclarecido, e fala de verdade; leva a uma deterioração das capacidades mentais, do poder de imaginação, e fala de profundo “insight”; destrói o talento mais precioso dos jovens – seu tremendo poder de imaginação, e fala de educação (FEYERABEND, 1975, p. 45).

Assim como nas teorias racionalistas o que predomina no monismo indutivo é uma hegemonia sobre os demais métodos, Feyerabend diz que isso seria uma deterioração nas mentes criativas e produtivas, remetendo-se a algo hegemônico como a verdade absoluta. Portanto, isso é um engano, pois não deixa os aprendizes a pensar livremente, com uma variedade de escolhas, assim como ocorre na prática científica, num princípio de testar e aprimorar o conhecimento mediante as alternativas o qual esse argumento favorece o teste de falibilidade do conhecimento humano (FEYERABEND, 1975).

Discorre-se que, nesse foco Feyerabend (1975) também contribui com as perspectivas de ensino, no que se refere ao papel fundamental que o professor exerce sobre o aprendiz, o primeiro tem que desenvolver a espontaneidade do jovem, colocando-o para exteriorizar sua individualidade no ambiente de estudo, seja ele acadêmico, escolar ou fora dele, mas o que se observa na educação é a predominante educação tradicional e científica.

Com os efeitos negativos dessa prática de ensino, sugere-se uma reformulação do currículo escolar, fazendo uma separação entre o que é ensino técnico, aquele guiado por uma metodologia única e restrita, e o que é a formação das demais competências do aprendiz (educação em geral).

A imagem da ciência reproduzida na sociedade é descrita da seguinte forma por Feyerabend (1975):

A imagem da ciência do século XX nas mentes dos cientistas e leigos é determinada pelos milagres tecnológicos tais como a TV a cores, paisagens [da superfície] da Lua, o forno de ondas infravermelhas, bem como por um influente porém relativamente

vago boato relativo à maneira como esses milagres são produzidos. De acordo com o conto de fadas, o sucesso da ciência resulta de uma combinação sutil e cuidadosamente balanceada entre inventividade e controle. Cientistas têm ideias. Eles têm métodos especiais para aprimorar essas ideias. As teorias da ciência foram aprovadas por esse método. Elas oferecem um relato melhor sobre o mundo do que as ideias que não passaram no teste (FEYERABEND, 1975, p. 300).

Diz-se então que, na última linha dessa citação que há uma superioridade da educação científica, colocando-a sobre os demais conhecimentos, a consequência advinda disso é uma tradição científica criada praticamente em todas as instituições sociais, supervalorizando essa prática pelo teste científico rigoroso de aprovação de uma teoria. Isso se torna mais visível após comparar o poder hegemônico da igreja do passado e o poder hegemônico da comunidade científica do presente, todo o reforço é conquistado pelo ganho da aliança com o estado moderno (FEYERABEND, 1975).

Todas as discussões feitas demonstram que a pluralidade de Feyerabend (1975) serve tanto para o estudo humano, educação, sociedade e em todas as direções que cabem a escolha de objetos ou fatos de que se pretende investigar e interpretar.

Ressalta-se que, além das associações livres do conhecimento permitem um aprendizado mais plural, e que a pluralidade epistemológica depende da visão escolhida.

A uma visão completa de seu trabalho pela epistemologia anarquista pluralista e contra o método ou qualquer pretensão racionalista, o epistemólogo quer mostrar outros caminhos que levam a irracionalidade do racionalismo, Feyerabend (1975) diz ainda que:

Nada está definitivamente estabelecido, nenhum ponto de vista pode ser omitido de uma abordagem completa... Especialistas e leigos, profissionais e curiosos, aficcionados em verdade e mentirosos – todos estão convidados a participar na disputa e dar a sua contribuição e enriquecer nossa cultura. A tarefa do cientista, entretanto, não há mais 'busca por verdade' ou 'oração a Deus' ou a 'sistematização de observações' ou 'a melhoria de previsões'. O conhecimento, assim compreendido, não é uma série de consistentes teorias que converge em direção a um ponto de vista ideal; não é uma aproximação gradual em direção à verdade. Ao contrário, é um oceano de alternativas mutuamente incompatíveis (e

talvez incomensuráveis). Cada teoria, tomada isoladamente, cada conto de fadas, cada mito faz parte do conjunto, forçando os demais para uma maior articulação, todos contribuem através desse processo de competição, ao desenvolvimento de nossa consciência (FEYERABEND, 1975, p. 30).

1.2 AS PRINCIPAIS TENDÊNCIAS DE ENSINO

A primeira base teórica a ser descrita se refere ao viés do Behaviorismo relacionado à psicologia entendida por Skinner. Portanto, as ideias desse teórico foram difundidas no Brasil, ao final dos anos 60, propondo um modelo de ensino-aprendizagem tecnicista intimamente ligada ao padrão de produção e consumismo do sistema de aquisição de capitais, mais conhecido como capitalismo.

A sua implicação tem como foco usar situações estimuladoras para realizar a mudança do rendimento escolar do aprendiz para que o mesmo saia melhor do que entrou no ambiente escolar. Mas para concretizar essa ação é preciso manipular um planejamento que condiz com as respostas desejadas, para isso, são usados elementos condicionantes e previamente colocados em atividades de ensino, sejam implicitamente ou explicitamente.

O ensino é uma adaptação feita pelo professor para que os aprendizes sejam seguidores da ideia exposta e antecipadamente proposta na atividade. Assim, Skinner também está preocupado em encontrar as consequências do comportamento humano, com objetivo de manuseio e controle da causalidade que afeta o ensino. Na execução da aula o professor é responsável por condicionar o ambiente que reproduz o conhecimento.

Em seguida houve um período intermediário entre o Behaviorismo e o Cognitivismo, uma transição em que se destaca o trabalho de GAGNÉ (1916-2002). Além de acreditar na teoria de estímulo e resposta de Skinner, Gagné pondera a aprendizagem como um processo que ocorre no cérebro do sujeito.

O processo interno no cérebro é refletido por causa dos estágios: motivação (expectativa), apreensão (atenção, percepção seleta), aquisição input de armazenamento, tempo de retenção do aprendido, memória de longo prazo, transposição, resposta e feedback (realimentação/reforço), lembrando que esses

termos mantêm o sentido atualmente. Portanto, é papel do professor instalar o estímulo externo ou o incentivo na máquina cerebral (*input*) do aprendiz afim de fazê-lo desenvolver todos os estágios anteriormente mencionados.

A seguir tem-se o cognitivismo em que os autores defendem a existência dos significados individuais de cada realidade vivida por uma pessoa. Piaget, por exemplo, se ocupa desse estudo para compreender os estados psicológicos da aprendizagem, pois ele acredita que o conhecimento é amadurecido depois de manuseado e processado pela mente do indivíduo, num ciclo ininterrupto de mobilidade sensorial, procura do objeto, objeto concreto e ideia de um objeto, tendo essas características, a aprendizagem se dá por assimilação e o progresso da estabilidade das estruturas cognitivas é alcançado pelo desenvolvimento cognitivo, porém quando a mente recebe novas informações, há uma tendência de ruptura e modificação das estruturas reforçando a ação de conflitos cognitivos explicitados pela inquietação da mente do indivíduo até atingir o reequilíbrio majorante.

Aduz-se a grande importância no cognitivismo é David Ausubel com sua teoria de aprendizagem significativa, o conceito chave desta teoria é a informação que o aprendiz já detém em sua estrutura cognitiva, um conhecimento construído.

Todavia, uma nova informação interage com a antiga (“subsunção”) e a partir desta interação, a reconstrução do significado vinculado com a estrutura cognitiva antiga, inferindo o desenvolvimento de novos subsunções, vai dos conceitos mais específicos e submissos aos mais gerais e inclusivos, como se fossem um mapeamento de conceitos, por exemplo, nos mapas conceituais, onde a hierarquia de conceitos é respeitada.

Ressalta-se que, um teórico promissor e recente na literatura científica, VYGOTSKY, para ele transcorre-se o momento de reflexão coletiva de uma atividade realizada pelo indivíduo e seu par ou grupo, uma construção que representa primeiramente a interiorização de signos (significados dirigidos para a correção do próprio indivíduo) e mediada pela orientação do professor, desse modo o uso dos signos e da mediação levam o sujeito a consciência, como aproximação social consigo mesmo, advertindo-o para a sua origem cultural, ou seja o conhecimento tem origem na cultura e se desenvolve socialmente, mas a atividade se enraíza no desenvolvimento psicológico.

Um dos mais importantes conceitos de Vygotsky é baseado na zona de desenvolvimento proximal, ela equivale à tarefa do professor estimar o que o

aprendiz consegue aprender sozinho, e a premissa de que existe a ação direta ou indireta no resgate daquilo que é distante e desigual no nível intelectual do aprendiz, fazendo-o desempenhar tarefas que antes era impossível.

1.3 FUNDAMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA

Discorre que, o foco de epistemologia anarquista de Feyerabend para a multiplicidade no ensino de ciências, situamos o trabalho de Laburú et al. (2002) que contrastam e chamam a atenção para o modelos transmissivo, e o construtivismo ambos opostos, pois, o primeiro retrata o ensino de ciências como um mero instrumento de ensino-aprendizagem no qual o professor é o centro das atenções e o aprendiz um auditor, assim na aprendizagem a audição é privilegiada ao invés de ser mutuamente favorecida com a fala, além de alternativas como as cinestésicas e visuais.

Em seguida o emprego de um modelo construtivista valoriza a participação ativa do aprendiz, colocando-o no centro do ensino-aprendizagem, dessa maneira há o papel de quem aprende fazendo perguntas e elaborando hipóteses de conhecimento (o aprendiz) e quem fala demasiadamente sendo questionado (o professor). Mas o objetivo em pauta é outro, referimo-nos então ao que ambos modelos são falíveis na questão de suplantarem as expectativas de ensino em várias circunstâncias das práticas letivas (LABURÚ et al., 2002).

Há pelo menos duas razões que consolidam esse ponto de vista no qual Laburú, et al. (2003) comentam:

A primeira deve-se a nossa concepção demasiado ingênua do homem, da sua circunstância social, do seu processo de elaboração do conhecimento e, por consequência, do mecanismo da sua aprendizagem e do seu ensino. A segunda prende-se ao fato da evolução das ideias educacionais se encontrarem ligadas à evolução da própria humanidade, ficando, portanto, temporalmente circunstanciadas (LABURÚ et al., 2003, p. 248).

Nessa perspectiva faz-se necessário um ensino-aprendizagem pluralista que substitui a vaga premissa de ensino tradicional por condicionamento, ou melhor, a instrução como um campo do saber definido, preciso, e claro, determina-se que a pluralidade é contrária a tudo isso, e se finda no momento histórico de 1971 a

procura da definição objetiva do ensino de ciências, porque é difícil definir o que é ensinar. Mas, é preciso ressaltar que não acabou o campo de investigações nessa área (LABURÚ et al., 2003).

Por mais que foi dada ênfase da ausência de um método eficaz para atender toda a demanda de soluções no ensino, a aprendizagem por construtivismo é um dos pilares para o êxito do emprego das estratégias pluralistas. Portanto, alguns parâmetros que norteiam o ambiente de ensino serão discutidos e posteriormente a essa reflexão será mostrado quando a estratégia pluralista é importante e qual é o seu contexto (LABURÚ et al., 2003).

Primeiro em detrimento da exposição de conteúdos, que é a abordagem tradicional, os críticos construtivistas optam por realizar atividades em grupo, ou também em discussões orais entre os pares, estas são práticas letivas baseadas em interações sociais capazes de promover a produção de conhecimento.

A alternativa que substitui o ensino tradicional é o uso da mediação pedagógica, ao invés dela ser executada pela fala interminável do professor, essa é modificada para o ato do “guiar” a interação dos aprendizes, depois dos significados dos conteúdos atribuídos entre os grupos, o professor encoraja os aprendizes, lhes dando a possibilidade de atingir um conhecimento paralelo ao da ciência (a resposta correta) (LABURÚ et al., 2003).

Todavia, nem todos os envolvidos na aprendizagem, se intitulam seguidores do modelo construtivista, Pask (1976), por exemplo, afirma que os indivíduos possuem preferências distintas de estilo de aprendizagem. Ora alguns gostam de uma visão mais geral acerca do conhecimento (usam várias hipóteses simultaneamente) até formular respostas e encontrar outras perguntas, outros se situam na preferência paulatina na construção do saber, pois, começam com uma visão de curto alcance (visão particular/segmentada por passo a passo) até atingirem o nível mais desejado.

Leva-se em consideração que esses parâmetros de preferências variam de indivíduo para indivíduo e, além disso, existem outros fatores cognitivos e de interesse para a aprendizagem, é difícil imaginar um único método capaz de abranger todas as particularidades de todos os aprendizes.

Pela existência de multiplicidade de preferências é de se esperar um conjunto múltiplo de metodologias e modelos a se usar na prática letiva. Essa abordagem foi inspirada no autor Feyerabend (1978). O jogo de se ensinar é para o

professor, uma rede complexa em que se lida com diferentes mentes e saberes em jogo, isto sugere uma escolha de ensino pluralista também.

Quando se diz que o pluralismo do ensino é contrário a qualquer método, o que se objetiva é uma aplicação de múltiplos métodos na sala de aula, e que não inclua um método único, que é fechado e universal para qualquer estudo ou habilidade de um aprendiz.

Sabendo que se ignorarmos o fato de que o aprendiz já possui algumas condições iniciais, como por exemplo, sua faculdade mental, histórica, cultural e motivacional, deixa-se de manter uma relação pluralista, e acomete-se o erro de prejudicar a evolução na aprendizagem, pois ocorrerá a perda de condições iniciais, assim o indivíduo é visto como um vaso vazio (tábua rasa).

Todavia, as concepções alternativas ou prévias, aquelas que padronizam respostas em comum entre os aprendizes, indicam algo diferente de uma tábua rasa, isso é mostrado nos trabalhos de investigações no ensino de Física (Driver et. al. 1994: 8). Porém por outra perspectiva, esses comportamentos são pouco discutidos em outros conteúdos específicos (JENKINS 2000: 603; LADWSON 1988), a qual está dirigida para o referencial do pluralismo.

Dessa maneira o que pode ser compartilhado dentro da sala de aula entre os professores e os aprendizes são relações interculturais, que salientam o que há de comum para as identidades culturais, reforçando a ideia de se comprometer com paradigmas mais abertos, indiretamente pensa-se que a diversidade cultural tem origem na própria realidade humana e científica, então é preciso muito cuidado com o ambiente da sala de aula, no sentido que ele é transformado a cada aula dada, e ele apresenta os mais variados problemas e está submetido a condições subjetivas no espaço-tempo.

Vale ressaltar que é útil deixar de usar uma metodologia que se proclama ser verdadeira para praticar um ensino de contexto mais conexo com o tempo real da sala de aula, essa é uma descrição da proposta de Feyerabend, deixando claro o carácter não exploratório das limitações da metodologia, e a abertura ao trabalho docente de se potencializar as interpretações do meio heterogêneo escolar. Naturalmente surge a pergunta, como saber se o professor usa adequadamente um princípio de multiplicidade do ensino em sua sala de aula?

Um caminho aproximado para a ideologia Feyerabendiana seria a postura de um professor crítico, que aperfeiçoa suas metodologias se perguntando

frequentemente se suas aulas estão saindo contrária a metodologia adotada e se estão qualificando os seus aprendizes (alguns parâmetros da aprendizagem são: qualidade, profundidade, tempo de retenção e a extensão em novos contextos).

Então a principal atividade da ideologia Feyerabendiana sobre a ciência também contribui para a reflexão acerca de conhecer quais metodologias vão se adequar ao contexto escolar, do aprendiz, e do professor, incorporando todos esses valores na visão pluralista.

2 METODOLOGIA

Este trabalho será realizado mediante a análise e reflexão sobre a existência da multiplicidade metodológica usada por professores no ensino de mecânica, para tal, pretende-se com mais de dois diferentes autores mostrar a presença ou ausência de multiplicidade metodológica, e realizando um levantamento bibliográfico dentro de publicações relacionadas à temas sobre mecânica.

Cabe ressaltar que serão investigadas as características de metodologia de ensino empregadas por cada proposta de ensino explicitadas nos artigos analisados. Em cada proposta serão avaliadas duas a duas metodologias simultâneas. Portanto, o objetivo final é de criar a possibilidade de uma visão sistemática das metodologias mais usadas na prática do ensino em mecânica.

Cachapuz (2000) propõe um estudo que levanta historicamente quatro fundamentais tendências de ensino: o ensino por transmissão, ensino por descoberta, ensino por investigação e o ensino por mudança conceitual.

Segundo Mortimer et al. (1994; 2000) acrescenta uma quinta linha de ensino o chamado ensino por perfil conceitual. As três últimas propostas são coerentes com o ensino desejado pelo conhecimento acadêmico, onde são nascidas com várias correntes ideológicas provindas dos autores da psicologia da aprendizagem, psicologia do desenvolvimento e filosofia da ciência (Piaget, Ausubel, Thomas Kuhn, Lakatos, Bachelard, Vygotsky).

Na visão de Lopes (2000) afirma que:

A abordagem de ensino do ponto de partida sócio-cultural e do argumento Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), se baseia na apresentação e do debate transcende de situações físicas, onde essas situações podem sugerir temas abertos para que os aprendizes estejam a vontade de elaborar hipóteses e soluções de um problema afim (LOPES, 2000, p. 45).

Dentre todas as perspectivas de ensino citadas, a mais relevante neste trabalho será a perspectiva de ensino por pesquisa, onde há ênfase em aspectos como a valorização da aplicação e contextualização global da ciência, ressaltando a relação intrínseca do movimento Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente

(CTSA), por isso, também considerado o momento de reconstrução teórica e conceitual do aprendiz numa dinâmica de formação de conceitos por construção concebida pelo seu principal visionário Lev S. Vygotsky.

O termo Construtivismo que aparece neste trabalho pode ser interpretado como sendo aquele que o sujeito aprende por interações sociais, primeiro ele progride com outras pessoas mais capazes, depois ele interioriza da relação social ou cultural a reconstrução na sua relação interpessoal.

3 ENSINO POR PESQUISA

O Ensino por Pesquisa (EPP) é muito difundido atualmente, ele requer a valorização de desenvolvimento cognitivo do aprendiz, a partir da etapa aprender a aprender do indivíduo, para que este se conscientize e faça parte de sua própria construção de conhecimento.

O que vem a ser inovador e de grande valia no processo ensino-aprendizagem é a relação social/cultural do aprendiz, ele interagindo com colegas mais capazes e o professor, em seu papel de tutor que o acompanha e orienta-o na conquista do autoconhecimento.

Uma vantagem existente na relação social-construtivista é a de que o aprendiz é o fator central e ativo em resolver problemas do cotidiano a partir do conhecimento adquirido em experiências vividas na escola, para isso é necessário o incentivo do professor em realizar atividades que promovam temas relacionados à compreensão da interdependência entre Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente (CTSA), Ibidem (CANAVARRO, 1999, PRAIA, 1999).

Salienta-se que o professor deverá ser cauteloso e planejar suas aulas baseadas no ensino construtivista e propondo atividades de interesse da sala de aula, e isso requer um bom tempo e procura de atributos que o aprendiz já possui em sua estrutura cognitiva, ou seja, cabe ao professor descobrir a fase em que se encontra o desenvolvimento intelectual do aprendiz e mediar uma atividade que chame a atenção dos aprendizes (CANAVARRO, 1999, PRAIA, 1999).

Em síntese, para planejar uma aula construtivista é necessário também empregar várias outras técnicas de ensino, uma verdadeira multiplicidade de metodologias, porque a aula deve ser avaliada em todos os níveis de desenvolvimento cognitivo, e esse caráter está presente em cada indivíduo da sala de aula, a seguir é proposta uma atividade avaliativa ao longo do percurso das estratégias utilizadas para a aquisição de saber, e não o saber em si, mais uma avaliação formadora e não classificatória (vence aquele que tem mais acertos).

As estratégias de aquisição também são conhecidas por metacognição, caminhos de como adquirir conhecimento, esse passo pode ser obtido com êxito se o professor fizer um feedback (discussão e/ou fórum de dúvidas). Portanto, sabe-se

que durante a avaliação formadora de entes humanos, sociais, cognitivos, entre outras, o professor movimentará a pesquisa proposta em direção ao interesse do aprendiz, o mesmo será motivado assim como numa aventura intelectual em que se encontra numa pesquisa incentivada interiormente, e iniciada por uma conversa informal com alguém (CANAVARRO, 1999, PRAIA, 1999).

Além disso, o professor precisa regular o processo de pesquisa ao longo do seu desenvolvimento, como por exemplo, dar expectativas para o aprendiz saber julgar adequadamente as respostas encontradas a partir dos temas ou perguntas feitas. Uma suplementação a pesquisa é a aquisição do conhecimento por parte dos aprendizes, ela ocorre se, somente se, os resultados da pesquisa forem atribuídos em situações práticas de seu convívio, senão a informação não se transforma em conhecimento e se perde a funcionalidade do conteúdo, dessa forma a informação se restringe ao “conteúdo dado”, e se desvincula com a ação de uma educação promíscua em que se formam cidadãos críticos e conscientes da complexidade do mundo, dessa maneira o conhecimento se reduz a um objeto fragmentado, e mera disciplina curricular.

Para confirmar o que foi mencionado, as autoras Portilho & Almeida (2008) afirmam que: “O conteúdo que transmitimos ao “passar matéria”, para se tornar conhecimento, tem que ter aplicação na vida prática, caso contrário, será apenas “conteúdo dado””.

Ressalta-se que, o docente dentro da perspectiva inovação pedagógica, procura adaptar o aprendiz ao trabalho em equipe e ao respeito das interpretações divergentes entre grupos de estudo, ele também valoriza um conhecimento provisório e transiente, e que aumenta a potencialidade/capacidade intelectual do aprendiz, conduzindo-o num ensino diferente do tradicional, no qual é considerado o papel ativo do sujeito participando no processo ensino-aprendizagem.

Assim, além de contar com a vantagem estimulante da pesquisa, pois, a mesma abre possibilidades de diálogo e discussões que produz uma relação de compartilhamento entre professor e aprendiz, em referência aos resultados da pesquisa.

Após a conversa, o professor reforça e/ou realimenta, com feedback por exemplo, ensinamentos que aproximam o aprendiz no seu autoconhecimento, num princípio norteador seguido por uma aprendizagem mais interessante, pois, se a substancialidade é maior para temas abertos/temas de pesquisa aberta, a escolha

do aprendiz ou a sua forma de apresentar também será, e consequentemente coerente aos seus atributos de pesquisa (PORTILHO & ALMEIDA, 2008).

3.1 ANÁLISE DAS ABORDAGENS METODOLÓGICAS NO ENSINO DE MECÂNICA

Apresentar-se-á todos os artigos lidos e correlacionados a temática de mecânica, uma subárea importante da física, no qual ao longo do trabalho serão respondidas as perguntas:

- 1) O que é avaliado ou acompanhado nas práticas letivas?
- 2) Como são avaliadas as práticas letivas?
- 3) Como o aprendiz contribui na sua formação ou participação?
- 4) Qual é o tipo de prática letiva desenvolvida de acordo com as suas atividades inerentes no processo ensino-aprendizagem?

Essas perguntas direcionam os pressupostos deste trabalho que demanda em saber quais as perspectivas de ensino segundo os autores citados anteriormente.

A seguir serão discutidos os aspectos levantados pelas perguntas e pretende-se assumir uma posição concreta diante das dificuldades de se definir uma metodologia mais eficiente do que outras, e a presença de uma única metodologia capaz de resolver todas as problemáticas do ensino.

O primeiro artigo analisado foi de Duarte (2012) o qual consiste em experimentos ou kit experimental de baixo custo e simulações, de forma conjugada. Segundo o autor Duarte essa prática retrata um assunto muito desprezado e raro nos livros didáticos de física, que é a dinâmica da rotação. Nele o aprendiz desenvolve sua capacidade sensorial após a realização de experimentos de baixo custo, e depois manipula ou constrói modelos matemáticos mediante a mídia do software de simulação e associados à realidade da observação experimental, num páreo indissociável entre os mundos da ação concreta e o pensamento abstrato.

Justifica-se que, o modelo ideal e a realidade tem-se que se sobrepor um ao outro de maneira que não se perpetue as dificuldades da aprendizagem da passagem do que é concreto e o que se classifique como abstrato, pois o que eles observaram nas atividades tradicionais é que existe uma lacuna nessa passagem.

Então a proposta do kit foi identificada como uma política didática de estímulo apoiado pelo professor e a resposta embasada na classificação de elementos condicionantes de Skinner referentes ao comprometimento dos aprendizes na procura de reintegrar o que foi experimentado no real e o que foi simulado no *software* (DUARTE, 2012).

Ao mesmo tempo em que os aprendizes não só reproduzem as previsões físicas com os simuladores e experimentos, como também são levados a qualificar os modelos matemáticos num grau de relevante significado para a sua experiência pessoal compartilhada com o saber ensinado, desse modo os signos são atribuídos à vida do aprendiz numa perspectiva de Ausubel.

Na introspeção da atividade é priorizado que o aprendiz se ponha a resolver mediante as estratégias de mudar parâmetros físicos (torque e o momento de inércia, por exemplo) a fim de reproduzir a experiência real no simulador virtual. E também são de interesse da atividade “dinâmica da rotação”, avaliar a extensão dos conceitos abordados tanto na observação quanto na simulação e a validade dos modelos teóricos assim como o alcance das restrições desse modelo atreladas a zona da aceitação técnica e verossímil da realidade.

É importante ressaltar que além disso, é acompanhado no processo de evolução da base conceitual, a aquisição de saber do aprendiz ao longo da atividade e em relação a autêntica conceituação científica de um aprendiz da ciência, o qual confirma a geração de novos conceitos ou reelaboração de conceitos pela tendência de ensino definida por Ausubel (DUARTE, 2012).

Com relação as perguntas norteadoras em síntese temos as seguintes respostas para este artigo

1) A atividade avaliativa é a devida comparação entre o que se observa e as simulações, com ênfase nos conceitos físicos, os modelos teóricos e as limitações do modelos.

2) O adequado uso de laboratório de baixo custo e as etapas de desenvolvimento na simulação virtual.

3) O aprendiz interage com o objeto do conhecimento de maneiras distintas, como uma representação virtual do modelo matemático e a experiência física.

4) Abandonar a falta de conexão entre os conceitos físicos, as equações matemáticas e a realidade.

O segundo artigo estudado de Monteiro et al, (2012) refere-se a atividade experimental artesanal voltada para o ensino de técnicas científicas necessárias para o cálculo do coeficiente de atrito estático entre duas superfícies. Na introdução do artigo analisado, os autores, dentre eles, Alberto Gaspar (2012) sugerem um breve resgate histórico da física, no qual orientam o professor para uma conversa em sala de aula, pautando a origem do estudo sobre o atrito e quem o definiu melhor, na perspectiva de mostrar exemplos.

Reduz-se, como o molde entre diferentes áreas de contato da superfície de apoio e de contato, esse modelo foi confeccionado pelo artista “Leonardo da Vinci”.

No exemplo 1.b – Modelo sugerido por Coulomb para a origem do atrito entre duas superfícies metálicas secas, apresentado no livro *Théorie de Machine Simples* Ibidem (COULOMB, 1809), nele é expressa a nitidez curricular com a qual é impregnada nas exigências oficiais, a fim de descrever apenas os conceitos de atrito de arrastamento somente em superfícies planas e secas, esse modelo é seguido pelo currículo escolar atual.

Já na ênfase de habilidades e destrezas desenvolvidas, a atividade experimental presente na proposta incentiva as discussões e a interação entre o professor e os aprendizes. Os aprendizes são submetidos a fazerem três diferentes procedimentos para obterem os resultados desejados.

Os procedimentos admitem três etapas distintas, e determinam-se os três coeficientes, pois são três diferentes maneiras de se conduzir a atividade, por: valores da Normal e da Força de atrito estático máximo e repetindo a etapa anterior para a aquisição e resolução gráfica da Força versus Normal mediante a diversas configurações de pesos variados acrescentados ao conjunto bloco-régua-mola, e por último ergue-se o conjunto colocando-o na vertical, e com isso é possível atingir o ângulo limite ou crítico da iminência do bloco de madeira sobre a tábua base.

Em suma existe a interação de uma pessoa mais capaz para ensinar, que neste caso é o professor, assim evidencia-se uma atividade colaborativa descrita por Vygotsky, em que o professor media as tentativas dos aprendizes em formular e questionar os conceitos físicos que são válidos na atividade, e eles estão inseridos no corpo teórico, mas que por ser feita uma instrumentação de dados e se reforçar a repetição das medições, nesse momento a atividade se desdobra em princípios do método de ensino dogmatizado pelo Skinner.

Em outras linhas de análise, foi inferido que mediante os dados experimentais relativos à coleta foi praticada pelos aprendizes e eles conseguirão produzir um instrumento de medida com as respectivas tabelas de dados quantitativos.

Além da ordenação do rol de dados organizados em tabelas, e com os resultados encontrados, os aprendizes são motivados a questionar também a natureza do fenômeno físico observado, ou seja, a procura dos dados empíricos ultrapassa o interesse quantitativo, porque se introduza nessa atividade a análise qualitativa da iminência do movimento.

Ao fim da atividade o que se pretende alcançar é a clareza dos conceitos abstratos e físicos do atrito, e a contextualização entre o que é ensinado na teoria e na prática é observado, de maneira amena, pois em sala de aula os aprendizes estão habituados a conhecer o conhecimento teórico, aquele que exige alto grau de abstração e não pode ser vivenciado porque não passa de uma representação do real, então o que se avalia é a correlação do que foi apreendido na prática ou na observação atenta dos aprendizes e em última instância construir e despertar durante a atividade, a geração de ideias ou estratégias engenhosas para a solução das situações desafiadoras do mundo físico.

Com relação as perguntas norteadoras em síntese temos as seguintes respostas para este artigo

- 1) As avaliações se baseiam nas técnicas científicas usadas e na construção do modelo físico e matemático em questão.
- 2) São avaliados os procedimentos experimentais.
- 3) O aprendiz cria possibilidades de coleta e observação dos dados experimentais, e além disso reconhece o fenômeno físico estudado em sala de aula.
- 4) Produção de um equipamento capaz de determinar o coeficiente de atrito estático incentivando a discussão qualitativa e quantitativa.

No terceiro artigo analisado de Mendes (2012), a atividade proposta usa critérios de integração das partes referentes à simulação computacional, conhecimento teórico e prática experimental, e o programa usado é o *Modellus*, interpretado como *software* exploratório quando da natureza de simulação e expressivo enquanto se cria modelos matemáticos escritos de maneira singular assim como no papel, e que é um recurso digital que contém tutorial didático explicativo sobre suas ferramentas disponíveis. Ademais esse recurso pode ser

processado por qualquer computador, isso é devido à portabilidade dos programas com o código livre, somente há o pré-requisito do instalador Java.

O trabalho foi dividido em um pré-teste e o pós-teste, antes e após as aplicações das atividades empíricas e a modelagem e simulação computacional, estas últimas se tratam respectivamente do lançamento do foguete e da sustentação da asa, e das simulações e construções de modelos matemáticos referentes ao lançamento e vôo do avião, porém, foi elaborado um questionário com perguntas abertas.

No próprio artigo de MENDES (2012) são citados os pressupostos da participação dos aprendizes: “O objetivo foi o de desenvolver um material didático que além de articular os domínios conceitual e experimental através da modelagem e simulação computacional, favorecesse a aprendizagem significativa”.

O aprendiz interage com o objeto de conhecimento, a modelagem e simulação simultaneamente com as atividades experimentais, tais que essa proposta é incentivada pelos autores, dessa forma destaca-se o poder exploratório das estruturas conceituais prévias dos aprendizes, o que denota a busca de um material potencialmente significativo e motivacional, visto que essa definição está abordada na linguagem das teorias de Ausubel, um defensor do cognitivismo. Em consideração da exploração do conhecimento prévio, esse elemento já é mencionado pelo Piaget em suas escritas.

As avaliações das práticas letivas são categorizadas de acordo com os resultados favoráveis a proposta, e em relação a quatro grupos, um se refere ao grupo de Controle, aquele que se compactua com o conhecimento teórico, outro que detém a atividade experimental, e os demais que usufruíram toda abordagem da metodologia alicerçada na proposta da pesquisa.

Vale salientar que o resultado do pós-teste avaliou uma amostra que progrediu na construção ou interação conceitual e que permeia por mais tempo, a retenção de aprendizagem, exceto o grupo de Controle, ele não conquistou nenhuma superação, ao invés disso, possuem mais dificuldades conceituais, predominando assim uma aprendizagem mecânica, aquela que delibera uma memorização instantânea.

Todavia, a única metodologia de ensino valorizada ou empregada no propósito do artigo foi a de Ausubel. Mas ressalta-se que nos resultados da pesquisa só não tiveram mais problemas de ensino, porque estão focados na interação

conceitual e não na substituição ou mudança conceitual, algo que é mais difícil de concluir, esse assunto está implícito no artigo de Costa et al. (2012) e que também é um tema discutido por Peduzzi (2005).

Então, se o objetivo da pesquisa fosse o de tornar possível a mudança das estruturas prévias dos aprendizes, isso implicaria em uma diversificação de métodos que complementassem o modelo de aprendizagem significativa salvo que nem todos dos grupos aceitam de imediato a ruptura de suas concepções prévias em uma única aula de física e menos ainda em uma metodologia na qual eles tem resistência conceitual.

Com relação as perguntas norteadoras em síntese temos as seguintes respostas para este artigo

1) Nas atividades experimentais, do foguete, procurou-se avaliar a interação dos aprendizes com o material criado a partir dos parâmetros definidos para o lançamento do foguete. Do avião, investigou-se os princípios de sustentação das aeronaves. Já nas simulações, foi reservada a atenção para avaliar a criação dos modelos matemáticos no programa “Modellus”. Enfim tudo apreendido nas experiências reais e virtuais tem que serem entendidas e relacionadas aos conceitos vistos em sala de aula.

2) As práticas letivas foram avaliadas por pré-testes e pós-testes, aplicados antes e depois, de aulas experimentais, modelagem computacional ou ambas, além de questionários de opinião entre os diferentes grupos integrantes.

3) O aprendiz se dedica para a compreender os conceitos físicos e se motivam ao realizar as atividades experimentais e a simulação computacional, aplicadas simultaneamente.

4) A ideia da prática letiva é a de partir de conceitos mais gerais (mais inclusivos) para os mais específicos (menos inclusivos).

Já com base no quarto artigo de Rezende (2005), ela afirma que o sistema de hipermídia é uma ferramenta de ensino nítida na integração de múltiplos meios expressivos da informação que são associados a um texto e a circulação de informação entre um vasto grupo pode ser veiculada via internet e acessado por diversos computadores compartilhados e estruturados a partir de um servidor local, por exemplo, em se tratando de um laboratório de informática da escola.

Essas possibilidades de interação com a informação se transpõem para o conhecimento, quando o professor media as interpretações de fatos advindos pela

informação. O contexto do antigo conhecimento, aquele limitado pela informação é transmutado para o novo conhecimento, aquele oferecido e elaborado em sala de aula na procura funcional da informação.

A passagem do antigo conhecimento ao novo configura-se em novos conceitos gerados durante o processo de aprendizagem, são características da aprendizagem significativa de Ausubel.

Além disso, nos sistemas de hipermídia existem as guias específicas de navegação, abertas a partir de palavras-chaves, nas quais os usuários podem avançar ou retroceder quando há a sensação de total domínio do conteúdo lido, depois vão para as etapas mais distantes ou que não conseguirão organizar os raciocínios do conteúdo didático.

Essas guias são criteriosamente selecionadas de acordo com o perfil da integração entre as concepções e o conhecimento científico, essa perspectiva pertence ao que Piaget acredita ser necessário que o professor conheça as estruturas cognitivas mediante ao pré-teste aplicado ao aprendiz.

Sabe-se então que, na proposta de sistemas hipermídias é relevante levar em conta as condições iniciais dos aprendizes em função das concepções prévias, que são distintas em seu todo ou entre eles, porque o perfil das visitas às páginas seletas são ligadas ao subentendimento da necessidade individual em cada navegação dada.

Com relação as perguntas norteadoras em síntese temos as seguintes respostas para este artigo

1) Em relação ao aluno é avaliado a sua transformação da informação obtida no texto virtual para a forma de conhecimento acadêmico.

2) A avaliação da atividade hipermídia é mediante as páginas visitadas e o levantamento do perfil dos alunos de acordo com o acesso da palavras-chaves (linkadas) desconhecidas pelos mesmos.

3) O aprendiz contribui na leitura e interpretação de textos embasados em conceitos de mecânica e inter-relacionados à área da educação física.

4) A proposta da atividade hipermídia é a de incentivar que professores e alunos descubram o rol de concepções prévias usadas em sala de aula, essa possível identificação é feita e analisada pelo perfil de páginas acessadas mediante aos cliques nas palavras-chaves, ou seja, visualização do histórico de visitas virtuais.

Já no quinto artigo de Arnoni et al. (2013) são descritas quatro etapas necessárias e suficientes para a Metodologia da Mediação Dialética (MMD) que se provoca no ensino-aprendizagem: resgatando, problematizando, sistematizando e por fim produzindo, essa última possui enfoque na avaliação final da aprendizagem do sujeito.

No início do artigo Arnoni et al. (2013) a Introdução inter-relaciona o conteúdo didático de “Queda Livre dos Corpos” em relação a evolução histórica das Teorias Aristotélicas contra as Teorias Galileanas-Newtonianas, esse contraste resgata as concepções prévias dos aprendizes e ao mesmo tempo elimina-as temporariamente com o conhecimento teórico pós-Galileano, dentre os quais é o mais desejado pelos professores, num plano de sobrevivência entre as concepções e o conceito científico.

Na mediação dialética Arnoni et al. (2003) diz que faz-se conveniente superar a práxis do cotidiano, transformando as possibilidades do aprendiz para que o mesmo tome decisões úteis acerca de seu reconhecimento da realidade, tornando a antiga práxis em uma práxis crítica.

Em síntese, aquela metodologia é um processo que eleva o conhecimento comum do aprendiz para um panorama de elaboração refinada do próprio saber, e que o professor embarca todos os pré-requisitos conhecidos no repertório das transposições entre o conhecimento científico em tema de ensino, e que evite acentuadas perdas mensuráveis e qualitativas acerca da ontologia válida para a teoria predominante.

Depois de organizado o tema de ensino “Queda dos Corpos” de acordo com o público-alvo do ensino fundamental, a professora regente dividiu os grupos para as tarefas experimentais. Cada componente do grupo teve a chance de sentir e pegar o material da atividade.

Não é escopo deste trabalho discutir afincado e esgotar o assunto sobre a proposta de ensino do artigo em questão, então por arbitrariedade dos fatos decorrentes da hipótese “multiplicidade metodológica”, concentra-se a atenção em expor que, por ser uma atividade experimental e que foi exigido um planejamento de aula letiva voltada à mediação dialética.

Salienta-se, além das interações sociais praticadas entre o professor e os grupos experimentais, a metodologia adotada fundamenta-se em preparar um material que potencialize o conhecimento imediato no mediato numa perspectiva de

superar as representações mentais triviais e iniciais dos aprendizes, e incorporar nas estruturas conceituais ou cognitivas o poder de produção das sínteses críticas, que é característica fundamental do ensino formal, aquele executado sob o pensamento racional e teórico.

Esse processo de mudança do mediato ao imediato traz consigo divergências entre ambos. Porém na mediação dialética e na atividade experimental executadas pelos grupos são fundamentos na verdade de duas metodologias de ensino distintas, a de Pré-teste citada por Piaget e identificada na etapa resgatando e também na transição do mediato ao imediato; a outra metodologia se situa no ambiente da mediação dada pelo professor na fase de sintetizando e produzindo, que são elementos primordiais para uma atividade colaborativa idealizada por Vygotsky.

Com relação as perguntas norteadoras em síntese temos as seguintes respostas para este artigo

1) O aluno é avaliado se obteve a superação do saber imediato, via contradições, permitindo-o a compreender o saber científico.

2) A avaliação é de acordo com a produção textual na etapa sistematizando, em especial, na fase produzindo.

3) Por se tratar de uma atividade que inicialmente exija pesquisa, os alunos formam perguntas ou elaboram as mesmas para que consigam produzir uma pesquisa que eleva o seu nível intelectual. No final da atividade, o aluno está apto a compreender a relevância da forma dos corpos no processo de queda (e no de manutenção de um voo) no meio material ar.

4) São três etapas: a primeira, chamada de resgatando/registrando, nessa fase o que se procura é o compartilhamento do conhecimento imediato do aluno com o professor. Na segunda, chamada de problematizando, nessa fase, o aluno é levado a reconhecer que suas limitações teóricas (do saber imediato) é maior do que as restrições do saber mediato (conteúdo ensinado). A terceira e a última concentra-se na etapa de produzindo e sistematizando, é quando o aluno tem apoio pedagógico do professor, dessa maneira ele é conduzido a elaborar seu próprio raciocínio e escrevê-lo em termos do conceito científico para que o professor avalie sua aprendizagem.

E por fim do ponto de partida do sexto artigo avaliado Fonseca et al. (2013) retrata, divulga e publica alguns dos produtos didáticos desenvolvidos por viés do

Laboratório Virtual sobre tópicos de Mecânica relativos a Equipe de Estudantes de Graduação ou Licenciatura em Física da Universidade Estadual de São Paulo (IFUSP) e que contaram com a colaboração do Grupo de Monitoria Web, para oferecer apoio frente aos desafios dos iniciados, fazendo-os construir e pensar nos gráficos e cálculo de planilhas eletrônicas, esse procedimento foi iniciativa dada por professores da IFUSP em suas aulas auxiliares à grade curricular, com o objetivo de suprir as limitações de aulas teóricas adicionando assim o objeto concreto à luz do conhecimento.

O que é plausível nessa proposta é que ela vem ao encontro de aperfeiçoar a obtenção de dados quantitativos, moldando os dados pela alta precisão mediante à filmagens distribuídas quadro a quadro, instantaneamente registradas com ações da máquina em relação as medidas de tempo da ordem de milésimos de segundos, e as correspondentes posições relativas ao movimento filmado, trazendo com isso a aproximação dos resultados esperados, o que tornaria impossível ou árduo pela observação a olho nu.

Além desse tipo de laboratório proporcionar facilidades, como criar as páginas hospedadas e organizadas por palavras-chave para o acesso em guias de internet.

Justifica-se então que o laboratório virtual é um ambiente de fácil aquisição e uso com fins didáticos, pois se ter a internet ativa na escola, e sabendo que é notória a presença da tecnologia web, esse recurso é disponível na maioria das escolas, o que para o laboratório experimental real essa situação seria inversa.

Portanto, em comparação aos dois laboratórios, o virtual se sobrepõe no interesse de coleta de dados confiáveis, já o outro é proeminente em criar hipóteses, estratégias e ideias racionais que esboçam ou traz interpretações das teorias estudadas em sala de aula comum.

Então de um lado, o contato virtual é uma atividade significativa para o aprendiz, porque o material é potencialmente significativo por ser capaz de atender a necessidade da capacitação conceitual, e incita a vontade da internalização conceitual, e de outro lado o laboratório real satisfaz a experiência vivenciada, coletada e analisada a priori pelos aprendizes, num sentido de atividade em equipe.

Dessa maneira fica clara a intenção de preparar as atividades pedagógicas no laboratório virtual paralelamente a escolha do laboratório convencional, em que ambas alternativas de ensino são aplicadas em sequência didática como proposto nesse artigo, uma condiz com a aprendizagem significativa de Ausubel e

posteriormente a interação social de Vygotsky conclui as etapas de ensino-aprendizagem.

Com relação as perguntas norteadoras em síntese temos as seguintes respostas para este artigo

1) O aluno é avaliado na capacidade de redução de dados, na compreensão de princípios físicos, na interpretação estatística dos dados filmados, e na inferência qualitativa e produção de relatórios descritivos.

2) A atividade de experimento filmado é realizada mediante os registros dos sistemas dinâmicos reais, depois divide-se o filme todo em quadros de fotos, cada um com sua referência de posição e de tempo, com base nas medições reais obtidas.

3) Nessa atividade o aluno se interage com o laboratório virtual sem a necessidade de um software, por isso os dados reais (fotos dos sistemas dinâmicos reais) não são controlados e conseqüentemente o aluno adquire maior participação no processo ensino-aprendizagem.

4) A proposta do Laboratório Virtual visa proporcionar aulas complementares às aulas teóricas, assim fornece exemplos concretos da teoria, e isso subsidia a prática do nível intermediário de abstração fazendo com que o aluno compreenda de maneira clara e concisa o conteúdo didático.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considera-se neste estudo que, de toda a sistematização em relação a fundamentação teórica, deduz-se que ao menos se o critério de “multiplicidade metodológica” se confirmou em sua maioria dos casos ou artigos, que este trabalho trilha o caminho possível para a criação de outros espaços de aprendizagem que fogem da unicidade da procura do saber e das ferramentas usadas para tal fim, e mais, fornece subsídios para o professor se mergulhar no universo da “multiplicidade metodológica” e reconhecer esse instrumento ou elemento universal como enriquecedor da prática letiva.

Para definir se há uma multiplicidade metodológica são necessárias ao menos duas metodologias sendo integradas umas as outras alternativamente ou simultaneamente em aulas letivas dadas pelos professores. Portanto, as aulas não são somente tradicionais, ou apenas ensino pelo construtivismo, ou qualquer outra metodologia isolada, e sim elas são interligadas ao contexto escolar de forma complexa, assim como é o ensino.

Nas análises foi possível julgar valores de uma metodologia plural, pois a maioria confirmou o caráter de duas ou mais metodologias usadas como estratégias ao longo das etapas das aulas. Podem-se usar esses exemplos das análises como propostas recorrentes, porque são referências de multiplicidade de Feyerabend e contém os modelos de aulas deste tipo, possibilitando uma reflexão do professor frente aos desafios de atingir a aprendizagem num maior número de aprendizes e se sua aula se orienta nessas perspectivas, a de ampliar o contexto do conhecimento em novos conhecimentos para que o aprendiz seja incitado de várias maneiras.

REFERÊNCIAS

- ARNONI, Maria Eliza Brefere e JUNIOR, Pedro Belchior da Silveira (2013). **Física dos anos iniciais: estudo sobre a queda livre dos corpos através da metodologia da mediação dialética.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v.35, n.3, 3401.
- BASTOS, Fernando e NARDI, Roberto. **Polêmicas sobre abordagens para o ensino de ciências: uma análise, com ênfase na ideia da pluralidade metodológica.**
- CACHAPUZ, Antônio; PRAIA, João; JORGE, Manuela. **Da educação em ciência às orientações para o ensino das ciências: um repensar epistemológico.** Revista Ciência & Educação, vol.10, n. 3, páginas 13-16 (2004).
- CAROLINA KREBS, Anna e REGNER, Pereira (1996). **Feyerabend e o pluralismo metodológico.** Caderno Cat. Ens. Fís., v.13, nº3: p.231-247, dez.1996.
- CÁSSIO MOREIRA MONTEIRO, Gabriel. **O conhecimento em Feyerabend: crítica a noção de razão e objetividade.**
- DUARTE, Sergio Eduardo (2012). **Física para o ensino médio usando simulações e experimentos de baixo custo: um exemplo abordando dinâmica da rotação.** Cad. Bras. Ens. Fís. v.29, n. Especial 1: p.525-542.
- FONSECA, Monaliza et al. (2013). **O laboratório virtual: uma atividade baseada em experimentos para o ensino de mecânica.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v.35, n.4, 4503.
- GUEDES DOS SANTOS, Almir et al (2013). **Formação de professores de Física pelo PIBID/UFRJ e sua atuação em uma escola pública estadual.**
- LABURÚ, Carlos Eduardo et al (2003). **Pluralismo metodológico no ensino de ciências.** Ciência & Educação, v.9, nº2, p.247-260,2003.
- LOPES, J. Bernardino (2000). **Perspectivar novas modelizações da prática relevantes para o conhecimento profissional do futuro professor de física.**
- LUCAS, Sandra e VASCONCELOS, Clara. **Perspectivas de ensino no âmbito das práticas lectivas: Um estudo com professores do 7o ano de Escolaridade.**
- MENDES, Janduí Farias et al. (2012). **O uso do software Modellus na integração entre conhecimentos teóricos e atividades experimentais de tópicos de mecânica.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v.34, n.1, 2402.
- MONTEIRO, M. A. A. et al (2012). **Abordagem experimental da Força de Atrito em aulas de física do ensino médio.** Cad. Bras. Ens. Fís., v.29, n.3: p.1121-1136.

RAMOS DA SILVA, Maria de Lourdes (2009). **Discussões sobre a Pluralidade Metodológica da Ciência Contemporânea.**

REZENDE, Flavia e BARROS, Susana de Souza (2005). **A Hipermissão e a Aprendizagem de Ciências: exemplos na Área de Física.** Física na Escola, v.6, n.1.

VASCONCELOS, Clara et al. **Teorias de aprendizagem e o ensino/aprendizagem das ciências: da instrução à aprendizagem.**

Anexos

Artigo 1 - Física para o ensino médio usando simulações e experimentos de baixo custo: um exemplo abordando dinâmica da rotação – Duarte (2012)

Artigo 2 - Abordagem experimental da força de atrito em aulas de física do ensino médio – Monteiro (2012)

Artigo 3 - O uso do software Modellus na integração entre conhecimentos teóricos e atividades experimentais de tópicos de mecânica – Mendes (2012)

Artigo 4 - A Hipermídia e a Aprendizagem de Ciências: Exemplos na Área de Física - Rezende (2005)

Artigo 5 - Física dos anos iniciais: estudo sobre a queda livre dos corpos através da metodologia da mediação dialética - Arnoni (2013)

Artigo 6 - O laboratório virtual: Uma atividade baseada em experimentos para o ensino de mecânica – Fonseca (2013)

FÍSICA PARA O ENSINO MÉDIO USANDO SIMULAÇÕES E EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO: UM EXEMPLO ABORDANDO DINÂMICA DA ROTAÇÃO⁺

Sergio Eduardo Duarte
CEFET-RJ
Rio de Janeiro – RJ

Resumo

Os experimentos de baixo custo representam uma alternativa à ausência de laboratórios equipados nas escolas, além de serem uma forma de aproximar o aluno da ciência através de materiais de fácil obtenção e disponíveis no seu cotidiano. A utilização de vídeos e simulações, no auxílio do processo de ensino-aprendizagem nas disciplinas do Ensino Médio, também constitui uma ferramenta útil para que os alunos percebam a ciência como uma forma de representação dos fenômenos naturais. É comum a esses estudantes a ideia de que a ciência é puramente abstrata e desvinculada da realidade, pois se baseiam nas situações, quase sempre ideais, que surgem nos problemas de Física. O processo de passagem do conceito para o abstrato é, muitas vezes, esquecido, já que somente é apresentada ao aluno a parte abstrata. Este trabalho tem por finalidade propor a utilização daqueles recursos, experimentos de baixo custo e simulações, de forma conjugada, abordando um tema frequentemente omitido dos livros didáticos de Ensino Médio: a dinâmica da rotação. Nele, apresentamos um kit experimental ide-

⁺ Physics in High School using low-cost experiments and simulations: an example with rotational dynamics

* Recebido: janeiro de 2012.
Aceito: agosto de 2012.

alizado e produzido por nós, assim como um software, também de nossa autoria¹, e fazemos diversas sugestões para a aplicação conjunta desses dois elementos.

Palavras-chave: Ensino de Física. Dinâmica da rotação. Simulações. Experimentos de baixo custo.

Abstract

The low cost experiments represent an alternative to the lack of laboratories in schools, as well as being a way on with we can conduct the students to Science through the use of materials easily obtainable and available in their daily lives. The use of videos and simulations in support of the teaching-learning process in High School Physics courses, is also a useful tool for students to understand Science as a form of representation of natural phenomena. It is common to these students the idea that Science is purely abstract and detached from reality, because they are based on situations, almost always ideal, that arise in the exercises in Physics. The process of moving from concrete to abstract is often forgotten, as it is only presented to the student the abstract piece. This paper aims at analyzing the process of teaching and learning in a Physics class with the use of those resources in a bundle, addressing a theme often omitted from school textbooks: the dynamics of rotation. We present an experimental kit designed and produced by us, as well as a software, of our own, and make several suggestions for joint implementation of these two elements.

Keywords: Teaching Physics. Rotational dynamics. Simulations. Low-cost experiments.

1. Introdução

Notamos, na nossa experiência em sala de aula, a falta de interesse da grande maioria dos alunos do Ensino Médio pelo curso de Física. Motivos não

¹ Disponível em: <<http://dinamicadaroacao.110mb.com/>>.

faltam para explicar tal situação: a grande preocupação apenas com o cumprimento do conteúdo, as aulas expositivas tradicionais que privilegiavam uma aprendizagem puramente mecânica, a falta de conexão do conteúdo com a realidade e o conhecimento prévio do aluno, só para citar alguns.

Muitas são as críticas que costumam ser feitas ao currículo de Física do Ensino Médio em nossas escolas. Talvez a mais contundente seja o seu desligamento da realidade vivencial do aluno, o que tem como consequência a produção de textos e materiais didáticos tão ou ainda mais desligados dessa realidade (ERTHAL, GASPARI, 2006, p. 346).

Um ponto importante em que focamos a nossa observação é que os alunos apresentam uma grande dificuldade em evoluir da experiência sensorial e da observação dos fenômenos para a construção e compreensão dos modelos matemáticos. Quando apresentamos experimentos simples para os estudantes, tais como cadeiras giratórias para demonstrar a conservação do momento angular ou mesmo o experimento em questão neste trabalho, em que fazemos relações entre a distribuição de massas e forças aplicadas a hastes, a identificação do aluno com os resultados é imediata. Porém, ao lançarmos no quadro as equações matemáticas que descrevem esses fenômenos, notamos que existe uma lacuna. A grande maioria dos estudantes não consegue assimilar de forma satisfatória as relações existentes entre o modelo e o fenômeno observado. Com isso, o aprendizado do conceito envolvido acaba acontecendo de forma incompleta e a relação do aluno com o conteúdo apresentado tem grande chance de se reduzir à nossa velha conhecida situação em que dois mundos permanecem isolados: de um lado, os conceitos físicos; de outro, os exercícios quase matemáticos que normalmente são resolvidos de forma mecânica.

É nesse ponto em que nosso trabalho se concentra. Após construir um kit com material de baixo custo para realizar experiências e observar fenômenos relacionados à Dinâmica das Rotações, produzimos um *software*² para simular várias etapas das experiências realizadas. A ideia é criar uma ponte para que a passagem do real para o abstrato seja mais amena.

O acesso a boas simulações contribui para solucionar algumas questões no ensino das ciências. De fato, os alunos que estão a formar e desenvolver o seu pensamento sobre determinadas matérias científicas encontram problemas típicos que podem ser resolvidos por ambientes de simulação orientada

² Que pode ser encontrado em <<http://dinamicadrotacao.110mb.com/>>.

dos por preocupações pedagógicas (FIOLHAIS, TRINDADE, 2003, p. 264).

De posse de nossa simulação, o aluno pode interagir com uma representação virtual do modelo matemático. Pretendemos, com isso, que ele possa relacionar as mudanças em parâmetros da simulação com os resultados das experiências realizadas.

O objetivo deste trabalho é propor este dueto formado pela utilização de experimentos construídos com materiais de baixo custo – que introduzam ao aluno a experiência sensorial acerca do fenômeno estudado – e o uso de simulações computacionais, produzidas ou não pelo professor – que ampliem o poder de observação do aluno – e ainda, aplicá-lo no ensino da Dinâmica das Rotações.

II. O uso de laboratório de baixo custo x simulações

Existe um esforço de professores e pesquisadores em ensino de física na tentativa de viabilizar o uso de laboratórios didáticos em apoio a atividades em sala de aula (BORGES, 2002). Um grande obstáculo a essa expectativa é a situação de muitas escolas que não dispõem de espaço e equipamentos adequados para a realização de experimentos pelos alunos ou mesmo pelo professor. Uma interessante aposta para superar essa deficiência consiste na construção de experimentos e na implementação de laboratórios utilizando materiais de baixo custo (SANTOS; PLASSI; FERREIRA, 2004). Há muito ainda que se discutir sobre as estratégias e a importância do uso do laboratório didático no ensino de física (ARAÚJO; ABID, 2003). Sem aprofundar a discussão acerca da eficiência e das limitações dessas estratégias, entendemos que há situações, quando o professor apresenta conceitos e fenômenos com os quais os estudantes não estão familiarizados, em que experimentos simples, mesmo demonstrativos, podem ser muito enriquecedores. O estudo da Dinâmica das Rotações, por exemplo, traz uma série de resultados experimentais surpreendentes aos alunos do Ensino Médio (RUBINI; KURTENBACH; SILVA, 2005). A construção de experimentos de baixo custo pode aproximar os estudantes dos temas que serão discutidos, eliminando a barreira, intransponível para muitas escolas, imposta pelos preços dos equipamentos didáticos para laboratórios disponíveis no mercado.

Por outro lado, nas últimas décadas, o uso do computador para o processo de ensino-aprendizagem, bem como a produção de *software* educativo são temas de inúmeras discussões que estão na agenda de muitos educadores preocupados em entender e implementar o uso de novas tecnologias em educação (YEIT; TEODORO,

RO, 2002). Alguns pesquisadores chegaram mesmo a sugerir que alguns experimentos de bancada sejam substituídos por seus equivalentes virtuais (YAMAMOTO; BARBETA, 2001). Também neste ponto, há ainda muitas questões sobre as virtudes e limitações do uso de simulações e laboratórios virtuais (MEDEIROS; MEDEIROS, 2002). Sabendo da importância de toda essa discussão, mas evitando um mergulho mais profundo em temas controversos, apostaremos no valor que uma simulação pode ter ao tornar visíveis os resultados de modelos matemáticos, e estaremos interessados em utilizá-la como uma ponte, uma conexão entre observações concretas e o formalismo dos modelos matemáticos.

III. Experimento de baixo custo atrelado a simulações: uma proposta educacional

Neste trabalho, trazemos uma proposta para apresentação do conteúdo da Dinâmica das Rotações no Ensino Médio. O material, que desenvolvemos para este fim, consiste em um *kit* para experiências, construído artesanalmente, e um programa computacional escrito na linguagem de programação Java. A escolha do tema se deveu à percepção da carência de material didático voltado ao Ensino Médio sobre esse assunto e, também, pela facilidade de se produzirem experiências simples com simulação computacional factível. Na análise e no planejamento do projeto, foi dada especial atenção ao problema de como usar animações e simulações computacionais, não como um cenário de experimentos, mas como ilustração e visualização de modelos, de forma a enriquecer a experiência concreta.

Modelos físicos são descrições simplificadas e idealizadas de sistemas ou fenômenos físicos, acertos pela comunidade científica, que envolvem elementos como proposições semânticas e modelos matemáticos subjacentes. Na maior parte das vezes, entretanto, os aspectos matemáticos são superestimados, a parte conceitual fica em segundo plano (...) (VEIT, 2005, p. 4).

Utilizando o *kit* de experiências como cenário, podemos observar as mudanças de comportamento do sistema girante pela variação de alguns parâmetros (relacionados ao torque e ao momento de inércia, por exemplo). A partir da comparação entre o que se observa e as simulações, são discutidos os conceitos físicos, os modelos teóricos e as limitações dos modelos. Apresentamos todo o processo fazendo sempre o confronto entre a observação da realidade objetiva e as simulações computacionais e estabelecemos uma proposta em que a curiosidade e o interesse do estudante são capturados pelo uso de ferramentas que fogem do contexto usual (quadro e giz), e que já têm lugar no mundo dos jovens usuários de tecnologia. Ao

mesmo tempo, nós, educadores, passamos a ter uma posição mais ativa no momento em que nos tornamos produtores das ferramentas para o uso da tecnologia, deixamos de ser meros espectadores do processo de criação de *software* educativo. Podemos, com isso, dar ao produto o tom exato, ou o mais próximo possível, daquele que necessitamos para nosso público alvo.

Ressaltamos novamente que, em nosso trabalho, não nos aprofundaremos em questões acerca da substituição do laboratório pelo uso de simulações como ferramenta de apresentação de experiências de Física, nem os limites de validade para os laboratórios virtuais. Em vez disso, usaremos nossas simulações e animações para auxiliar os estudantes na discussão de modelos que sejam adequados para explicar resultados de experimentos concretos. Nesse sentido, uma fonte de inspiração para parte de nosso trabalho é o sistema *Modelilus*.

Modelilus, como outras ferramentas computacionais, permite ao usuário fazer e refazer representações, explorando-as sobre as mais diversas perspectivas. Deste modo, facilita a familiarização com essas representações, criando de certo modo uma intimidade entre aprendiz e representação. Intimidade essa que muito dificilmente resulta da simples observação ocasional de equações e representações feitas pelo professor ou apresentadas nos livros (VEIT; TEODORO, 2002, p. 90).

Entre os muitos recursos oferecidos pelo programa, existe um que torna possível a comparação (e conexão) de modelos matemáticos (e suas previsões de trajetórias para partículas) com movimentos de objetos reais registrados em filmes.

Uma grande parte de nosso trabalho de programação consistiu em desenvolver um sistema que fizesse algo parecido, para tratar problemas que envolvem a Dinâmica das Rotações: Com o *kit* experimental, preparamos diversas situações com movimentos de rotação de sistemas simples, com o objetivo de reproduzir esses movimentos nas simulações. Em uma primeira etapa, por exemplo, o estudante tem controle sobre alguns parâmetros do modelo e tenta ajustá-los de maneira que os dois movimentos – real e virtual – assemelhem-se o máximo possível.

O ensino da Física nas escolas e nas universidades não tem parecido ser uma tarefa fácil para muitos professores. Uma das razões para essa situação é que a Física lida com vários conceitos, alguns dos quais caracterizados por uma alta dose de abstração, fazendo com que a Matemática seja uma ferramenta essencial no desenvolvimento da Física. Além disso, a Física lida com materiais que, muitas vezes, estão fora do alcance dos sentidos do ser humano, tais como partículas subatômicas, corpos com altas veloci-

Estabelecemos um roteiro para fazer uso do material desenvolvido, com especial cuidado para que esteja sempre presente, ao lado da introdução de novos conceitos, um alerta para as diferenças entre os modelos (representados pelas simulações) e a realidade (representada pelo experimento diretamente).

A ordenação dos tópicos tenta ressaltar as peculiaridades dos sistemas girantes, sem perder de vista as analogias com a dinâmica da translação do ponto material. O estudante entrará em contato com nosso produto passando pelas seguintes etapas:

1. A apresentação de situações em que o movimento de rotação é relevante.
2. Realização de experimentos qualitativos para colocar em pauta a ideia de conservação de momento angular.
3. Construção de um paralelo entre movimento de translação e de rotação.
4. Momento Linear *versus* Momento Angular.
5. Massa *versus* Momento de Inércia.
6. Velocidade *versus* Velocidade Angular.
7. Comparação dos modelos apresentados nos *applets*^{*} com as experiências realizadas com o *kit*.
8. Previsão de resultados usando o modelo do ambiente virtual.
9. Confronto das previsões com novas experiências para validar o modelo e tornar claras suas limitações.
10. Ao final do processo, esperamos que o estudante tenha formado uma base conceitual para investigar problemas mais complexos em Dinâmica das Rotações. Além disso, que tenham ficado claras para ele, a diferença e a conexão entre a experiência e os modelos matemáticos.

IV. O *kit* experimental

Criamos um *kit* (Fig. 1), construído com material simples, de fácil obtenção e que pode ser reproduzido sem grande dificuldade. Esse *kit* tem a função principal de mostrar situações em que são produzidos movimentos de rotação e onde podemos variar condições iniciais e parâmetros, tais como velocidades, torques e distribuições de massa, de forma controlada.

^{*} *Applet* é um *software* aplicativo que é executado no contexto de outro programa.

Na confecção do experimento, procuramos utilizar materiais de baixo custo e que podem ser facilmente obtidos. Sobre uma plataforma de madeira, fixamos trilhos utilizados em estantes; o sistema girante que vamos usar como base de nossas experiências consiste de um "halter" construído com bolas de bilhar e uma haste metálica cuja massa é bem menor que a das esferas em um rolamento de automóvel. Esse sistema é posto em movimento por colisão com outras esferas ou pela ação de cordões, roldanas, "pesos" de pesca e porcas.

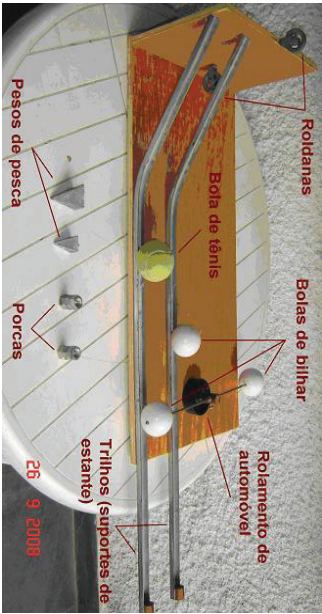


Fig. 1

Montamos a estrutura de madeira em forma de "L", para que esta servisse de plataforma para o experimento. O propósito da cabeceira da plataforma é que seja estabelecida uma região de potencial gravitacional mais elevado para que a bola utilizada como projétil adquira energia cinética para o choque com o halter na região mais baixa da plataforma. Utilizando parafusos e porcas, prendemos trilhos (do tipo que se utiliza para afixar prateleiras de estante) à plataforma, criando, assim, um caminho fixo para os "projéteis" se chocarem com o halter (Fig. 2).

Em seguida, prendemos roldanas, compradas em uma loja de ferramentas, às partes indicadas na Fig. 3. Essas roldanas já possuem um parafuso de rosca sobeaba preso a sua estrutura, de forma que a sua fixação na madeira é bastante simples.

Finalizando a montagem da plataforma, fixamos em sua base, através de parafusos, um rolamento automotivo que pode ser conseguido em uma loja de autopeças. Preso a esse rolamento, colocamos um pedaço de cabo de madeira (um

cabo de vassoura) e fixado a esse cabo uma vareta metálica (que obtemos cortando um espeto usado para churrasco). O resultado obtido foi de um halter que gira em torno de um eixo que passa pelo centro do rolamento (Fig. 4).

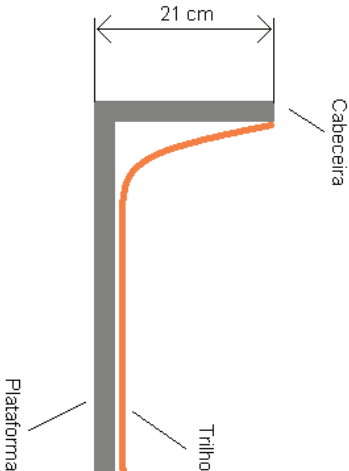


Fig. 2 – Plataforma.

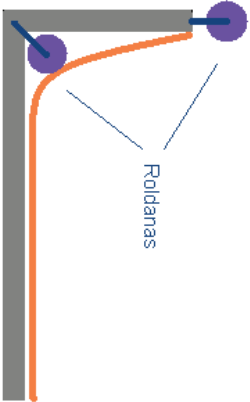


Fig. 3 – Roldanas.

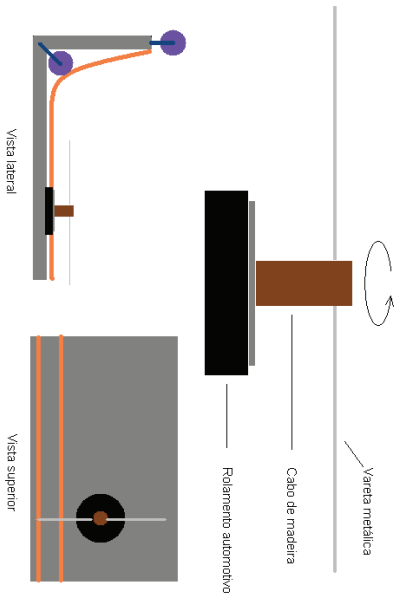


Fig. 4 – Halter giratório.

Como massas para realizar as diversas experiências, utilizamos três bolas de bilhar, sendo que duas perfuradas em seu maior diâmetro (com o auxílio de uma furadeira elétrica), uma bola de tênis, seis porcas e dois “pesos” de pesca. Faremos uso, também, de um pedaço de fio de nylon. As bolas perfuradas e as porcas são utilizadas para estabelecer algumas configurações diferentes no momento de interação do conjunto, enquanto que a bola de bilhar e a de tênis são utilizadas como projéteis que descem os trilhos (que possuem duas posições pré-estabelecidas) para atingir o halter.

No eixo ao qual a vareta metálica está atrelada (cabo de madeira), está fixado um pequeno prego, onde o fio de nylon é preso e pode ser enrolado no cabo de madeira. A outra extremidade do fio passa pelas roldanas e é presa nos “pesos” de pesca. O intuito dessa montagem é estabelecer uma força constante, nesse caso a força peso do artefato de pesca, aplicada a um ponto distante do eixo de rotação.

V. A simulação

Para dar forma ao modelo matemático, escolhemos a linguagem de programação Java, que nos permite desenvolvimento de simulações (*Applets*) com qualidade visual e portabilidade, ou seja, podem ser veiculadas pela *internet* para qualquer computador que esteja conectado. O código fonte de todos os *applets* fica disponível para que seja livremente modificado, enriquecido e desenvolvido por quem assim desejar.

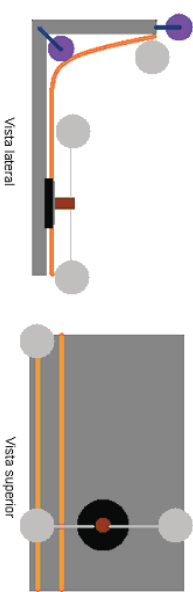


Fig. 5 – Choque entre as bolas.

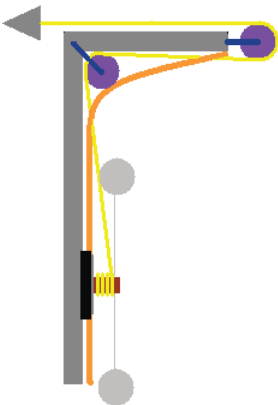


Fig. 6 – “Peso” de pesca amarrado ao eixo.

Os ‘atores’ de nossas animações são partículas esféricas que podem estar isoladas ou formando pares, ligadas por hastes ideais (rígidas e sem massa), formando halteres cujos movimentos de rotação serão observados.

Para efetuar os cálculos de posições das partículas virtuais, utilizamos a equação fundamental da Dinâmica das Rotações (relacionando a taxa de variação do Momento Angular ao torque), $(dL/dt) = \tau$, resolvível numericamente, ou as equações algébricas resultantes das aplicações dos princípios de conservação de energia, momento linear e momento angular.

Tivemos o cuidado de que o aspecto visual da simulação fosse semelhante (mas não igual) ao dos objetos reais utilizados em nossas experiências (Fig. 7).

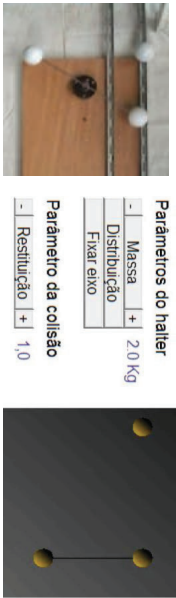


Fig. 7.

Construímos as simulações sempre tendo em foco os experimentos realizados com o nosso *kit*. A intenção é que o aluno enxergue a simulação como uma imitação da realidade, porém uma realidade idealizada, com restrições, por exemplo, as condições de atrito.

O *software* foi dividido em três aplicativos reunidos em uma página no formato hipertexto. O primeiro *applet* relaciona as grandezas força, torque, massa, momento de inércia, e é o primeiro contato do estudante com as simulações criadas para o tópico Dinâmica das Rotações. O intuito desse *applet* é de mostrar ao aluno o que as diversas modificações nos seus parâmetros produzem no movimento do halter representado graficamente nessa simulação. É possível ajustar os parâmetros “intensidade” e “ponto de aplicação” da força, de forma que o dipolo de forças que fazem o halter girar seja aplicado nas extremidades do halter, ou fazer, ainda, que esse dipolo seja aplicado mais próximo do eixo de rotação da figura. Dessa forma, pretendemos que o aluno visualize a importância da intensidade e do ponto de aplicação da força para a grandeza *torque*.

Pode-se, também, alterar os parâmetros “massa” e “distribuição”, para que se demonstre a importância dessas grandezas para a caracterização do momento de inércia de um corpo.

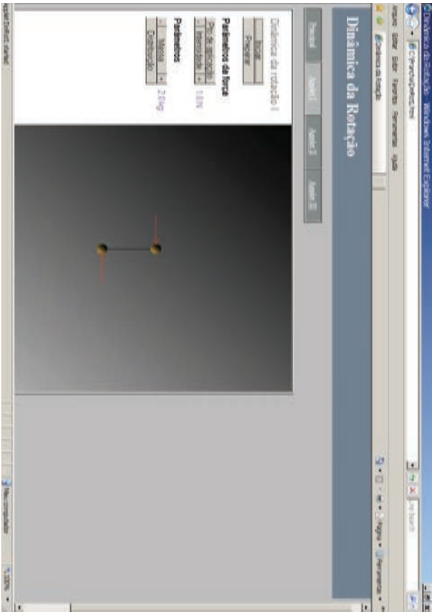


Fig. 8 – Applet I.

O *applet* II foi construído para estressar as relações entre o experimento simulação. O propósito é demonstrar como a simulação pode descrever a realidade, assim como exemplificar, também, que essa realidade é considerada em condições simplificadas.

Por fim, o terceiro *applet* permite que se confrontem dois modelos de colisões simultaneamente, o que amplia o poder de observação do aluno em relação às possibilidades de resultados. Esse *applet* propõe, também, um desafio para o aluno. Ao pressionar o botão de mesmo nome, uma das telas exibe uma simulação pré-determinada pelo *software*, com os parâmetros ocultos, para que o estudante tente, variando os parâmetros da segunda tela, igualar o resultado pré-determinado.

O segundo e o terceiro *applet* possuem, em suas linhas de código, as equações resultantes da conservação do momento linear, momento angular e energética. Estabelecemos o parâmetro “coeficiente de restituição” para considerarmos,

também, choques com perda de energia e aproximar, dessa maneira, as condições da simulação com as condições do experimento.

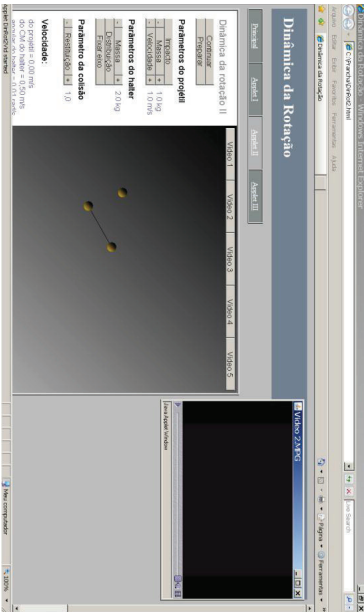


Fig. 9 – Applet II.

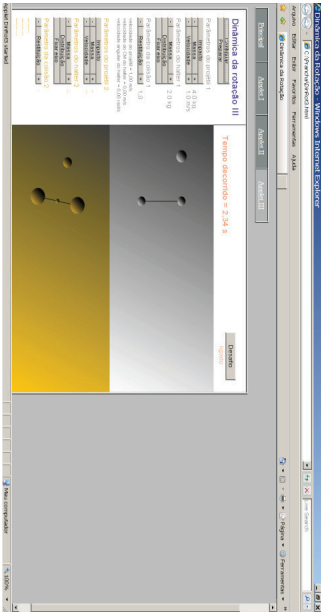


Fig. 10 – Applet III.

VI. Aplicando a nossa proposta

Descreveremos a seguir, em linhas gerais, o roteiro de aplicação desse material em nossas turmas de primeiro ano de Ensino Médio. Essa descrição tem o intuito de servir apenas como uma sugestão de caminho a trilhar. Entendemos, no entanto, que as possibilidades são muitas e não serão, de maneira nenhuma, esgotadas aqui.

VI.1 Atividade I

Iniciamos as atividades apresentando situações em que o halter sofre um torque externo pela ação de um fio de nylon tensionado por “pesos” de pesca ou porcas de metal. Com essa montagem, podemos enfatizar alguns pontos:

- 1- Uma vez em movimento de rotação, o halter parece tender a conservar sua velocidade angular, após cessar a ação do fio de nylon.
- 2- A distribuição de massa do halter (bolas de bilhar mais próximas ou mais distantes do eixo de rotação) altera a inércia rotacional.
- 3- Mudanças do ponto de aplicação da força externa (fio de nylon) alteram o comportamento do sistema.

Após a apresentação dessas experiências, mostramos o *applet* I em funcionamento e como ele possibilita ao usuário alterar parâmetros com um simples clique do *mouse*. Perguntamos, então, quais os elementos concretos que estavam representados por cada dos componentes visuais da simulação, e como podemos fazer alterações no experimento real, se lá não dispomos de um “*mouse* para clicar”. Rapidamente, os estudantes indicaram as relações entre o vetor força e o fio de nylon, entre a mudança de intensidade da força e a troca de “pesos” de pesca e entre a distribuição de massa e a posição das bolas no halter.

Ao final dessa atividade, tínhamos discutido a inércia em movimentos de rotação e definido o torque como o agente modificador da velocidade angular do halter.

VI.2 Atividade II

Nessa atividade, utilizamos o *kit* para promover colisões entre a bolas de bilhar e de tênis (nossos projéteis) e o halter. Com isso, conseguimos diversas variações do experimento, mudando a massa do projétil, o ponto de colisão e a distribuição de massa do halter. Logo depois, apresentamos o *applet* II. Feitas as relações real/virtual pelos estudantes, passamos a alternar a exibição das simulações com a realização dos experimentos. Tivemos a preocupação de enfatizar,

nessa hora, que a construção do *oplet* se baseava em um modelo matemático. Uma vez que os alunos conseguiam reproduzir os resultados experimentais na simulação, propusemos duas perguntas que julgamos fundamentais:

1. Se o modelo matemático “vale” para a simulação, então ele “vale” também para o experimento?
2. Se vale, por que o experimento não é exatamente igual à simulação?

Ao final dessa atividade, tínhamos definido Momento de Inércia e sua relação com Massa, e ainda, Momento Angular e sua relação com Momento Linear.

VI.3 Atividade III

Nesse ponto, propusemos que os alunos se divertissem com o mundo virtual e explorassem as variações de parâmetros nos desafios do *applet* III. Ao final do processo, sugerimos que eles fizessem um retorno ao mundo real: Que criassem uma situação desenhada na simulação e cujos resultados fossem uma previsão dos resultados experimentais a serem confirmados com o uso do *kit*. Esse confronto de dados foi a última etapa de nossas atividades.

VII. Conclusão

Este trabalho nasceu da necessidade, observada por nós em sala de aula, de acrescentar-se um passo adicional ao processo de ensino-aprendizagem em alguns conteúdos de Física. Um degrau que amenize o percurso do aluno até o encontro com as equações matemáticas que explicam, por exemplo, a Dinâmica das Rotações, tópico que utilizamos para ilustrar essa nossa tentativa. Esse degrau é formado por um duelo: o uso de experimentos de baixo custo seguido da utilização de simulações, criadas pelo professor, como aconteceu no nosso caso, ou gratuitamente encontradas com o auxílio da *internet*. Na criação dessas simulações, utilizamos a linguagem de programação Java, pois existe uma série de benefícios que envolvem o uso dessa linguagem:

- As simulações podem ser criadas em formato de *applets*, o que possibilita o seu encaixe em páginas da *internet*, oferecendo um alto grau de portabilidade.
- Java é um *software* livre, logo não existe a necessidade de se dispor de recursos financeiros para se ter acesso aos benefícios do programa e ao que foi criado através dele.
- Os *applets* criados têm código-fonte aberto, ou seja, qualquer um que assim o deseje, pode alterar o programa de acordo com as suas necessidades.

O uso de experimentos de baixo custo para a apresentação do fenômeno estudado é encarado por nós como uma maneira de se contornar o problema da falta de laboratórios nas escolas de Ensino Médio, mas também como uma forma de aproximar o aluno da ciência através de materiais encontrados no seu cotidiano e de experimentos que podem ser facilmente reproduzidos.

A utilização de simulações é a fórmula por nós encontrada para ampliar o poder de observação dos alunos sem que, para isso, ele tenha que, precocemente, entrar em contato com as equações matemáticas acerca do tópico em estudo. Ou seja, em princípio, o aluno entra em contato com o experimento e, assim, incrementa sua sensibilidade acerca do fenômeno. O passo seguinte, que provavelmente seria difícil de se reproduzir em um laboratório simples, é conseguido através do uso das simulações. O aluno pode alterar vários parâmetros dessa simulação, que foi confeccionada visualmente de forma muito parecida com o experimento, o que traz uma identificação imediata entre os dois passos. Essas alterações de parâmetros permitem que o aluno potencialize a sua sensibilidade acerca do fenômeno, sem que, para tanto, tenha que entender ou aplicar, em um cenário totalmente abstrato, a matemática envolvida.

Cabe frisar que o ponto principal para nós não é o uso dos experimentos de forma isolada ou ainda a criação de simulações e a sua aplicação, e sim o uso das duas ferramentas de forma conjugada a fim de aproximar o aluno da ciência, criando uma ponte que facilite o seu percurso, partindo do entendimento do fenômeno à aplicação das equações matemáticas.

Fazemos, ainda, uma breve descrição do processo de aplicação dessa ideia a nossas turmas de Ensino Médio para apresentar os conteúdos da Dinâmica das Rotações.

Referências

ARAUJO, M. S. T.; ABUD, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, p. 176-194, 2003.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 3, p. 291-313, Florianópolis, dez. 2002.

ERTHAL, J. P. C.; GASPAR, A. Atividades experimentais de demonstração para o ensino da corrente alternada ao nível do Ensino Médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 23, n. 3, p.345-359, dez. 2006.

FIOLHAIS, C.; TRINDADE, J. Física no computador: o computador como uma ferramenta no ensino e na aprendizagem das ciências físicas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 3, p. 259-272, set. 2003.

GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA. **Física I: Mecânica**. GREF. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1999.

MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. F. Possibilidades e Limitações das Simulações Computacionais no Ensino da Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, n. 2, p. 77-86, jun. 2002.

RUBINI, G.; KURTENBACH, E.; SILVA, R. C. 'Coisas que giram' – a conservação do momento angular de forma interativa. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, XVI, 2005, Rio de Janeiro. **Atas...**

SANTOS, E. I. dos.; PIASSI, L. P. C.; FERREIRA, N. C. Atividades experimentais de baixo custo como estratégia de construção da autonomia de professores de física: uma experiência em formação continuada. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, IX, 2004, Jaboticatubas, MG. **Atas...**

VEIT, E. A. **Modelagem computacional no Ensino de Física**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, XVI, 2005, Rio de Janeiro. **Atas...**

VEIT, E. A.; TEODORO, V. D. Modelagem no ensino/aprendizagem de Física e os novos parâmetros curriculares nacionais para o Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, p. 87-90, 2002.

YAMAMOTO, I.; BARBETA, V. B. Simulações de experiências como ferramenta de demonstração virtual em aulas de teoria de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 23, n. 2, Jun. 2001.

ABORDAGEM EXPERIMENTAL DA FORÇA DE ATRITO EM AULAS DE FÍSICA DO ENSINO MÉDIO^{*,†}

Marco Aurélio Alvarenga Monteiro

Isabel Cristina de Castro Monteiro

Alberto Gaspar

Departamento de Física e Química

Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá

UNESP

Guaratinguetá – SP

Resumo

Neste trabalho, propomos e descrevemos a realização de uma atividade experimental para abordar o conceito de atrito em aulas práticas de Física do Ensino Médio. Utilizamos um equipamento de simples construção e de baixo custo que possibilita a determinação do coeficiente de atrito estático entre duas superfícies por meio de três procedimentos distintos. Os resultados obtidos foram coerentes entre si, com pequeno desvio percentual, o que confere confiabilidade à atividade. A atividade também permite uma maior contextualização de conceitos que normalmente são abordados apenas de forma teórica, exigindo um nível maior de abstração dos alunos, o que pode estimular as discussões e uma maior interação entre professor e alunos.

Palavras-chave: Ensino de Física. Força de atrito. Atividade Experimental.

[†] Friction force experimental approach in High School Physics classes

^{*} Recebido: julho de 2011.

Aceito: agosto de 2012.

Abstract

In this paper we propose and describe the performance of an experimental activity to address the concept of friction in High School Physics practical classes. We use a low-cost and simple construction device that enables the determination of the coefficient of static friction between two materials through three different procedures. The results were coherent, with small percentage deviation, which gives reliability to the activity and can stimulate discussions in class. The activity also allows greater contextualization of concepts that are usually discussed only theoretically, requiring a higher abstraction level of the students. This can stimulate discussions and greater interaction between teacher and students.

Keywords: Physics teaching. Friction force. Experimental activity.

1. Introdução

A apresentação em sala de aula de conceitos relacionados ao atrito é, normalmente, limitada à apresentação expositiva de leis e equações empíricas que, em geral, não estimulam a discussão mais detalhada do fenômeno.

Assim, alguns trabalhos têm proposto atividades experimentais simples que possam envolver os alunos de tal forma a motivá-los a se debruçarem-se sobre o assunto em estudos.

Nessa direção, trabalhos como os de Matou & Marinelli (2007) e Moosmann *et al.* (2002), apresentam propostas experimentais para uma abordagem mais efetiva sobre o fenômeno do atrito.

Em convergência com essas propostas, neste trabalho, apresentamos uma atividade baseada em um equipamento de fácil construção e baixo custo que possibilita a determinação do coeficiente de atrito estático por três procedimentos distintos com bons resultados, o qual pode oferecer oportunidades de discussões inter-

santes acerca do fenômeno do atrito¹, tanto do ponto de vista qualitativo quanto quantitativo.

Os estudos sobre o atrito datam do final do século XV, com trabalhos realizados por Leonardo da Vinci (veja Fig. 1a). Contudo, as leis empíricas sobre o atrito, válidas ainda hoje, foram formuladas em 1699, por Guillaume Amontons, e complementadas por Charles A. de Coulomb, em 1785.

Coulomb estabeleceu uma clara distinção entre o atrito estático e o atrito cinético que ocorrem quando não há ou há movimento relativo entre as superfícies em contato: a força de atrito cinético é sempre menor do que o a força de atrito estático e, uma vez iniciado o movimento entre duas superfícies em contato, a força de atrito cinético permaneceria constante. Sugeriu, ainda, que o atrito entre superfícies metálicas secas seria devido a encaixes microscópicos entre as superfícies (Fig. 1b), ideia que perdurou até meados do século passado (GASPAR, 2000).

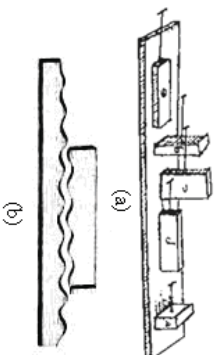


Fig. 1a – Diagrama original de Leonardo da Vinci que ilustra um de seus experimentos sobre o atrito: a força necessária para deslocar o bloco (representada pelas hastes que puxam os blocos) não depende da área sobre a qual o bloco se apoia (PERSSON, 2000); 1b – Modelo sugerido por Coulomb para a origem do atrito entre duas superfícies metálicas secas, apresentado no livro *Theorïe de Machine Simples* (COULOMB, 1809).

Em 1929, o físico inglês G. A. Tomlinson (1929) propôs a primeira hipótese alternativa para a origem do atrito. De modo muito simplificado, segundo Tomlinson, enquanto uma superfície desliza sobre outra, os átomos que compõem

¹ Vários restringir nossa abordagem ao atrito de arrastamento entre duas superfícies planas e secas: atrito entre superfícies lubrificadas ou em rolamento além de exigirem uma abordagem mais complexa não fazem parte dos currículos de física do ensino médio.

essas estruturas interagem e vibram. É essa vibração que dá origem ao atrito. No entanto, certamente por impossibilidade de verificação experimental, essa hipótese teve pouca repercussão e aceitação.

Em 1950, Bowden e Tabor (1950) verificaram que a área de contato efetivo entre duas superfícies é muito menor do que a área aparente, o que tornou insustentável a hipótese coulombiana dos encaixes.

Segundo Gaspar (*opus cit.*), essa descoberta levou esses pesquisadores a formularem uma nova hipótese: devido à proximidade entre as moléculas dos materiais em contato, nas pequenas regiões em que ele efetivamente ocorre, surgem forças eletromagnéticas de adesão que “soldam” micropartículas das superfícies que, de fato, estão em contato. Assim, quando uma superfície é arrastada sobre a outra, ocorrem sucessivas “soldas”, rupturas e deslizamento, em um processo conhecido por *stick-slip* (gruda-escorregr), que dá origem à força de atrito.

Com a invenção dos microscópios de força atômica e de tunelamento, e de microbalanças que permitem medir forças de interação extremamente pequenas entre átomos das superfícies, esse modelo para o atrito pôde ser estudado experimentalmente. As pesquisas com esses instrumentos têm proporcionado grande avanço no conhecimento do atrito e têm mostrado que, apesar de a hipótese do *stick-slip* ser verdadeira, não se pode prescindir da hipótese anterior de Tomlinson, sobretudo quando não há desgaste entre as superfícies.

No entanto, embora a natureza do atrito, ainda hoje seja mal compreendida, as leis empíricas estabelecidas por Amontons e Coulomb continuam sendo aceitas dentro dos limites de validade dos ensaios experimentais em que são aplicadas. Assim, para a atividade experimental aqui proposta, de acordo com uma dessas leis, sendo N o módulo da força normal às superfícies em contato, f_{at} , o módulo da força de atrito estático entre essas superfícies, pode ser expresso pela inequação:

$$f_{at} \leq N\mu_e, \quad (1)$$

em que μ_e é o coeficiente de atrito estático que depende, entre outros fatores, da natureza das superfícies em contato.

Considerando o módulo da força de atrito estático máximo, $f_{at(max)}$, essa lei pode ser escrita pela equação:

$$f_{at(max)} = N\mu_e \quad (2)$$

Quando ocorre o movimento, surge a força de atrito cinético, cujo módulo f_{ac} , suposto constante (o que é válido para baixas velocidades), é dado pela equação:

$$f_{ac} = N\mu_c, \tag{3}$$

em que μ_c é o coeficiente de atrito cinético, que depende do material das superfícies em contato, e N é o módulo da força normal entre as superfícies em contato, como está indicado na Fig. 2.

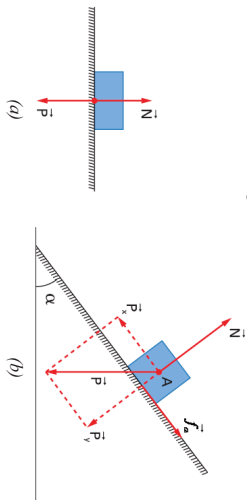


Fig. 2 – (a) Em módulo, $N = P$; (b) $N = P_y$.

Em qualquer um desses casos, a força normal é sempre perpendicular às forças de atrito entre as superfícies em contato, por isso não é possível exprimir essas relações na forma vetorial. Em a, não está representada nenhuma força exercida sobre o bloco no sentido de deslocá-lo sobre o plano, por isso não foi representada a força de atrito entre as superfícies; em b, a força de atrito está representada por causa da ação do componente do peso do bloco, P_x , que sempre tende a deslocá-lo para baixo. Não há, no entanto, indicação da natureza da força de atrito (estático ou cinético) porque, nessa situação, o bloco pode ou não estar em movimento, o que ocorre quando o ângulo de inclinação α supera o ângulo crítico θ_c , dado pela expressão:

$$\mu_c = \operatorname{tg} \theta_c. \tag{4}$$

Assim, para a realização da atividade proposta, as expressões (2) e (4) nos permitem determinar o valor do coeficiente de atrito estático, μ_e . A expressão (2) possibilita ainda a determinação de μ_c por meio do coeficiente angular da reta

obtida pelo gráfico $f_{at_e} \times N$, o que seria o terceiro procedimento para a determinação do coeficiente de atrito estático.

II. Material utilizado

- Bloco de madeira (15,0 x 9,0 x 2,0) cm;
- 2 régua de madeira de 30 cm de comprimento;
- 2 prumos e um parafuso, pequenos;
- Placa metálica retangular de (5,0 x 3,0) cm;
- 5 pesos² de massa 100 g (caso se inclua mais uma determinação de μ);
- Mola com constante elástica conhecida;
- Superfície plana de madeira (tábua) de comprimento (60,0 x 10,0 x 2,0) cm;
- Transferidor.

III. Montagem

A montagem do equipamento experimental segue os seguintes passos:

- Inicialmente, corta-se uma das régua de madeira em duas metades, fixando-as paralelamente sobre o bloco de madeira; em seguida, fixa-se a placa metálica sobre elas. Desse modo, a outra régua pode se mover no espaço deixado como uma gaveta e podem ser colocados pesos sobre a placa para obter outros valores de N . Note que a extremidade lateral esquerda da placa pode ser usada como referência para a leitura da escala da régua que passa sob ela, como indicado na Fig. 3.

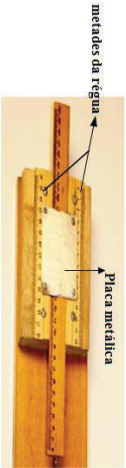


Fig. 3 – Encaixe da régua no bloco de madeira.

² De acordo com o dicionário Houaiss eletrônico, uma das acepções da palavra peso é “peço de ferro ou de outro metal atarrado, empregado como padrão nas balanças”.

b) Para completar a montagem, prende-se uma das extremidades da mola no bloco de madeira, por meio de um pítão pequeno; a outra extremidade da mola é presa abaixo da extremidade exterior da régua por meio de um parafuso pequeno. Na ponta da régua, prende-se um pítão para facilitar sua movimentação, como indicado na Fig. 4.



Fig. 4 – Fixação da mola no conjunto bloco-régua.

c) O conjunto bloco-régua-mola deve ser apoiado sobre a tábua.

IV. Procedimentos

IV.1. Determinação do coeficiente de atrito estático entre duas superfícies em contato por arrasto do conjunto bloco-mola sobre uma superfície horizontal

Inicialmente, determina-se o módulo da força de atrito estático máximo. Para isso, com o conjunto bloco-régua-mola em repouso sobre a tábua colocada na horizontal, aplica-se à mola presa ao bloco de madeira uma força $\vec{F}$ de módulo variável, paralelamente à tábua, no sentido de deslocá-lo. Como indicado na Fig. 5, à medida que se alonga a mola, o módulo da força $\vec{F}$ aumenta, até que o bloco se destaque e comece a se mover.



Fig. 5 – A mola é puxada até que o bloco fique na iminência do movimento.

No momento em que o movimento do bloco é iminente, o módulo da força $\vec{F}$ é igual ao módulo da força de atrito estático máximo, $\vec{f}_{a\acute{e}m\acute{a}x}$, entre as superfícies em contato do bloco e da tábua.

A medida dessa força pode ser feita em função do alongamento x da mola no momento em que o bloco fica na iminência de mover-se. Deve-se repetir esse procedimento algumas vezes e adotar o valor médio de x para a determinação da intensidade da força de atrito estático máximo. Como a constante elástica k da mola é conhecida, determina-se o módulo dessa força por meio da Lei de Hooke ($F=kr$).

Para a determinação do coeficiente de atrito estático a partir da expressão (2), é necessário, também, conhecer a intensidade da força normal $\vec{N}$.

Como, no caso ilustrado na Fig. 5, o módulo da força normal é igual ao módulo da força peso, podemos determiná-lo mediante dois procedimentos: medir a massa do conjunto em uma balança e depois multiplicar esse valor pelo módulo da aceleração da gravidade local ou utilizar a própria montagem e aplicar a Lei de Hooke.

Para utilizar a segunda opção, basta pendurar verticalmente o conjunto e medir o alongamento x da mola, como está indicado na Fig. 6.

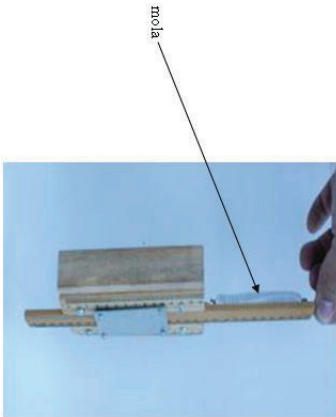


Fig. 6 – Determinação do peso do conjunto bloco-régua.

Assim, com os módulos das forças de atrito estático máximo $f_{at(max)}$ e normal N , determina-se o coeficiente de atrito estático, μ_{e1} , entre o bloco e a tábua (o índice 1 indica a primeira determinação desse coeficiente), a partir da substituição de dados na expressão (2):

$$\mu_{e1} = \frac{f_{at(max)}}{N}$$

IV.2. Determinação do coeficiente de atrito estático por meio do coeficiente angular da reta obtida do gráfico $f_{at(max)}, X N$

Basta repetir o procedimento anterior colocando-se pesos sobre a placa metálica do bloco. Obtem-se, assim, diferentes valores do módulo de $\vec{N}$ e dos respectivos módulos de $\vec{f}_{at(max)}$, que possibilitam a construção do gráfico e a determinação de μ_{e2} (o índice 2 indica a segunda determinação desse coeficiente) por meio da reta obtida.

IV.3. Determinação do coeficiente de atrito estático de duas superfícies em contato por meio do deslizamento sobre uma superfície inclinada (μ_{e3})

Com o conjunto bloco-régua-mola apoiado em repouso sobre a tábua, ela é inclinada paulatinamente até o momento em que ocorre a iminência do movimento, conforme está indicado na Fig. 7.



Fig. 7 – Determinação do coeficiente de atrito estático pelo ângulo crítico.

Com auxílio do transferidor, mede-se o ângulo crítico de inclinação θ_c (ângulo de inclinação no momento em que o bloco fica na iminência de escorregar). Conhecido esse valor, determina-se o coeficiente de atrito estático μ_{e3} (o índice 3 indica a terceira determinação desse coeficiente) entre o bloco e a tábua por meio da expressão (4)

$$\mu_{e3} = \operatorname{tg} \theta_c.$$

V. Resultados obtidos

A proposta experimental visa a determinação do coeficiente de atrito estático por três procedimentos diferentes:

- por arrasto do conjunto bloco-régua-mola sobre uma superfície horizontal (μ_{e1});
- mediante o coeficiente angular da reta obtida do gráfico $f_{at(max)}, X N$ (μ_{e2}); e
- por meio do deslizamento do conjunto bloco-régua-mola sobre uma superfície inclinada (μ_{e3}).

V.1 Dados relativos à determinação do coeficiente de atrito estático por arrasto do conjunto bloco-mola sobre uma superfície horizontal (μ_{e1})

Na atividade experimental, utilizamos uma mola cujo valor da constante elástica era igual a 1,7 N/m.

Para a determinação do valor médio da força de atrito estático máximo (Fig. 5), foram feitas quatro medidas referentes ao comprimento inicial da mola (l_0) e ao comprimento final da mola (l).

A leitura inicial do comprimento da mola, l_0 , foi feita com ela em repouso e com o bloco sobre a tábua. Porém, a leitura do comprimento final da mola (l) foi realizada com ela alongada até o valor no qual se percebia a iminência do movimento do bloco.

Apresentamos, na tabela 1, os dados obtidos.

Tabela 1 – Dados relativos à determinação da força de atrito estático máximo.

n (medidas)	ℓ_0 (m)	ℓ (m)	$x = \ell - \ell_0$ (m)	$F = kx$ (N)
1ª	$7,0 \times 10^{-2}$	$8,2 \times 10^{-2}$	$1,2 \times 10^{-2}$	$2,2 \times 10^{-2}$
2ª	$7,0 \times 10^{-2}$	$8,3 \times 10^{-2}$	$1,3 \times 10^{-2}$	$2,3 \times 10^{-2}$
3ª	$7,0 \times 10^{-2}$	$8,2 \times 10^{-2}$	$1,2 \times 10^{-2}$	$2,2 \times 10^{-2}$
4ª	$7,0 \times 10^{-2}$	$8,3 \times 10^{-2}$	$1,3 \times 10^{-2}$	$2,3 \times 10^{-2}$
Média das medidas	$7,0 \times 10^{-2}$	$8,3 \times 10^{-2}$	$1,3 \times 10^{-2}$	$2,3 \times 10^{-2}$

$f_{at(max)} = F = 2,3 \times 10^{-2} \text{ N}$

Para a determinação do valor da força normal (Fig. 6), dependuramos, pela mola, o sistema bloco-régua. Aqui também realizamos quatro medidas relativas à deformação da mola, tendo em vista que o comprimento inicial da mola já havia sido determinado.

Como utilizamos a mesma mola, o valor da constante elástica k era igual a 1,7 N/m.

Tabela 2 – Dados relativos à determinação da força normal.

n (medidas)	ℓ_0 (m)	ℓ (m)	$x = \ell - \ell_0$ (m)	$N = kx$ (N)
1ª	$7,0 \times 10^{-2}$	$11,3 \times 10^{-2}$	$4,4 \times 10^{-2}$	$7,5 \times 10^{-2}$
2ª	$7,0 \times 10^{-2}$	$11,3 \times 10^{-2}$	$4,3 \times 10^{-2}$	$7,3 \times 10^{-2}$
3ª	$7,0 \times 10^{-2}$	$11,4 \times 10^{-2}$	$4,4 \times 10^{-2}$	$7,5 \times 10^{-2}$
4ª	$7,0 \times 10^{-2}$	$11,4 \times 10^{-2}$	$4,4 \times 10^{-2}$	$7,5 \times 10^{-2}$
Média das medidas	$7,0 \times 10^{-2}$	$11,4 \times 10^{-2}$	$4,4 \times 10^{-2}$	$7,5 \times 10^{-2}$

$N = 7,5 \times 10^{-2} \text{ N}$

Obtidos o módulo da força de atrito estático máximo e o módulo da força normal, utilizamos a expressão (2) para a determinação do coeficiente de atrito estático (procedimento 1).

$$\mu_{e1} = \frac{f_{at(max)}}{N}$$

$$\mu_{e1} = \frac{2,25 \times 10^{-2}}{7,5 \times 10^{-2}}$$

$$\mu_{e1} = 0,3$$

V.2 Dados relativos à determinação do coeficiente de atrito estático mediante o coeficiente angular da reta obtida do gráfico $f_{at(max)} \times N$ (μ_{e2})

A partir da montagem na situação ilustrada na Fig. 5, fomos incorporando ao conjunto pesos de massas diferentes, de forma a variar a intensidade da força normal da montagem. Consequentemente, o valor da força de atrito estático máxima foi se alterando também.

Portanto, a cada incorporação de pesos ao conjunto, era necessária uma intensidade maior de força a ser aplicada sobre a mola para que o conjunto ficasse na iminência do movimento.

Os dados relativos à variação da força normal do conjunto e ao alongamento da mola devido à força necessária para colocar o bloco na iminência do movimento são apresentados na tabela 3 a seguir.

Tabela 3 – Dados relativos à determinação do coeficiente de atrito estático pelo coeficiente angular da reta do gráfico *Força de atrito estático máximo x Força normal*.

n (medidas)	N (N)	ℓ_0 (m)	ℓ (m)	x (m)	$F_{at(max)} = kx$ (N)
1ª	$7,5 \times 10^{-2}$	$7,0 \times 10^{-2}$	$8,2 \times 10^{-2}$	$1,2 \times 10^{-2}$	$2,2 \times 10^{-2}$
2ª	$8,5 \times 10^{-2}$	$7,0 \times 10^{-2}$	$8,5 \times 10^{-2}$	$1,5 \times 10^{-2}$	$2,6 \times 10^{-2}$
3ª	$9,1 \times 10^{-2}$	$7,0 \times 10^{-2}$	$8,7 \times 10^{-2}$	$1,7 \times 10^{-2}$	$2,9 \times 10^{-2}$
4ª	$10,5 \times 10^{-2}$	$7,0 \times 10^{-2}$	$8,9 \times 10^{-2}$	$1,9 \times 10^{-2}$	$3,2 \times 10^{-2}$

Com base nos dados da tabela 3, podemos construir o gráfico do valor da força de atrito estático máximo pela intensidade da força normal.

Na Fig. 8, apresentamos esse gráfico, o qual foi construído utilizando o *software Origin Pro 8.1*.

O valor do coeficiente angular da reta média, determinado pelo *software*, vale 0,33.

V.3 Dados relativos à determinação do coeficiente de atrito estático por meio do deslizamento sobre uma superfície inclinada (μ_{e3})

Para determinarmos o coeficiente de atrito estático a partir da determinação do ângulo crítico, colocamos o conjunto sobre a tábua, a qual, aos poucos, foi sendo inclinada (Fig. 7).

O processo de inclinação da tábua era interrompido no momento em que se percebia que o conjunto estava na iminência de escorregar.

Na tabela 4, apresentamos os dados relativos aos ângulos críticos para quatro medidas.

A partir desses dados, foi calculado o valor do coeficiente de atrito estático, substituindo-o na expressão (4).

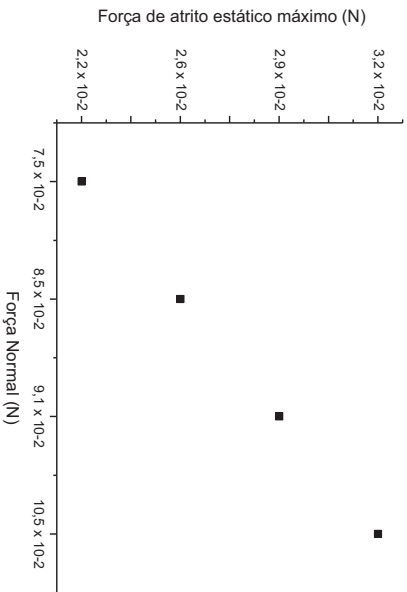


Fig. 8 – Gráfico da Força de atrito estático máximo X Força normal.

Tabela 4 – Dados relativos à determinação do coeficiente de atrito estático pela inclinação do plano no ângulo crítico.

n (medidas)	θc (°)	tg θc
1ª	15	0,27
2ª	17	0,31
3ª	16	0,29
4ª	17	0,31
Média das medidas	16	0,29

Coeficiente de atrito: $\mu_{e3} = \text{tg } \alpha = 0,29$.

VI. Conclusão

A atividade experimental proposta é de fácil construção e requer materiais simples e de baixo custo para ser montada. Como podemos observar pelos resultados obtidos, sua realização em sala de aula pode ser bastante interessante não apenas pelo fato de os resultados apresentarem uma grande coerência entre si, o que confere confiabilidade à atividade, mas também por oferecer várias oportunidades de discussão com os alunos sobre os conceitos relacionados ao fenômeno do atrito.

A proposição de cálculos referentes à diferença percentual entre os resultados obtidos pode evidenciar essa coerência e possibilitar uma discussão interessante sobre a teoria de erros e de algarismos significativos.

Em cada procedimento proposto, é possível possibilitar aos estudantes oportunidades de contextualização que, na maioria das vezes, são apenas apresentadas a eles de maneira teórica, exigindo grande abstração. Expressões como: “iminência do movimento” e “a intensidade da força de atrito estático varia de zero até um valor máximo” podem ser melhor compreendidas em cada uma das etapas propostas, pois deixam de ser apenas palavras para se constituir em uma percepção mais concreta dessas ideias.

Além disso, a atividade permite situações nas quais os alunos podem diferenciar os conceitos relativos à força de atrito estático, força de atrito estático máximo e força de atrito dinâmico.

Apesar de não termos realizados medidas do coeficiente de atrito a partir da variação das superfícies em contato, a abordagem dessa questão pode ser proposta a partir da montagem que sugerimos. Para isso, basta que, além da tábua

sobre o qual o conjunto bloco-régua-mola seja colocado, outras superfícies sejam utilizadas, tais como: formica, borracha, etc.

Da mesma forma, outras questões podem discutidas em sala de aula a partir de análises com a montagem proposta, como, por exemplo, o fato de a área de contato não interferir na intensidade da força de atrito estático máximo. Para isso, o professor pode propor ao aluno que puxe a mola, com o bloco deslocado, apoiando-se lateralmente na tábua. Isso faz com que a área de contato com a tábua seja alterada. Com essa variação simples do procedimento, o aluno pode verificar que o alongamento da mola não se altera para qualquer posição do conjunto bloco-régua-mola sobre a tábua.

Outro aspecto interessante que pode ser destacado pelo professor durante a aula é que, quando o conjunto bloco-régua-mola entra em movimento, seu alongamento diminui em relação ao momento em que ele estava na iminência do movimento. Isso pode permitir uma discussão sobre o fato de a força de atrito estático máximo ter uma intensidade maior que a força de atrito dinâmico.

Finalmente, é interessante destacar que a atividade oferece muitas possibilidades de interação entre o professor, os alunos e o objeto do conhecimento.

Bibliografia

BOWDEN, F. P.; TABOR, D. **The friction and lubrication of solids**. London: Oxford Univ. Press, 1950.

COULOMB, C. A. Theorie des machine simples, en ayant égard au Frottement de leurs Parties, et à la Roidéur des Cordages. **X Mémoires de mathématique et de physique de l' Académie Royale des Sciences**. Paris, p. 161-342, 1785.

GASPAR, A. **Física**. Mecânica. São Paulo: Editora Ática, 2000. v. 1

MOSSMANN, V. L. F.; MELLO, K. B.; CATELLI, F.; LIBARDI, H.; DAMO, L. S. Determinação dos coeficientes de atrito estático e cinético utilizando-se a aquisição automática de dados. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, n. 2, 2002.

MATTO, C. Y.; MARINELLI, J. R. Importância do cálculo da propagação de erros em um experimento de atrito estático. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 1, p. 132-139, 2007.

PERSSON, B. N. J. **Sliding friction**: physical principles and applications. Berlin: Springer, 2000.

TOMLINSON, G. A. **Molecular theory of friction**. *Philos. Mag.*, v. 7, p. 905-939, 1929.

O uso do software Modelus na integração entre conhecimentos teóricos e atividades experimentais de tópicos de mecânica

(Integration between experiments and theory in topics of mechanics by modelus software)

Janduí Farias Mendes, Ivan F. Costa¹ e Célia M.S.G. de Sousa

Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brazil

Recebido em 3/9/2010; Aceito em 21/4/2011; Publicado em 2/6/2012

Este trabalho apresenta os resultados de um estudo sobre a efetividade da integração entre teoria, simulação computacional com o *software* Modelus e atividades experimentais, em tópicos de mecânica. O estudo foi realizado com quatro grupos de estudantes do Ensino Médio. Um deles constituiu o grupo controle e os demais realizaram ou atividades experimentais, ou modelagem computacional ou ambas. Um teste foi aplicado antes e depois da intervenção, além de questionários de opinião. Os resultados indicam que para alguns tipos de problema de mecânica, as atividades experimentais são mais eficientes em promover um melhor desempenho dos alunos. Em outros tipos de problemas a simulação computacional mostrou-se mais eficiente. Porém, de maneira geral, a combinação de atividades experimentais e simulação computacional mostrou-se mais efetiva em promover a aprendizagem. Os resultados indicam que as atividades com experimentos, quando simultaneamente simuladas no computador com o *software* Modelus, podem se completar proporcionando, na maioria dos casos, uma evolução conceitual e o aumento na curiosidade e motivação dos estudantes.

Palavras-chave: ensino de física, modelagem computacional, simulação computacional, experimentação, integração, modelos, Modelus.

This work presents results of a research on the effectiveness of the integration of theory, computer simulation with the software Modelus and experimental activities in topics of mechanics. The study was conducted with four groups of high school students. One was the control group and the others carried out experimental activities, or computational modeling, or both. Tests were applied before and after interventions. The results indicate that for some types of problems, the experimental activities are more effective in promoting better student performance. In other types of problems the computer simulation proved to be more efficient. However, in general, the combination of experiments and computer simulation were more effective in promoting learning. The set of results indicate that the combination between experimental activities and computational simulation through the use of the Modelus software can promote, in most of the cases, a conceptual evolution and awake the curiosity and motivation of the pupils.

Keywords: physics instruction, computational modeling, computational simulation, experimentation, integration, models, Modelus.

1. Introdução

Baseado na literatura e na nossa experiência como professores de física no Ensino Médio em escolas públicas podemos afirmar que os recursos didáticos mais comuns no ensino de ciências no Brasil são aulas expositivas, lousa e giz. Simulação computacional e atividades experimentais, na maioria das escolas, são raras. Pesquisas [1] destacam que os motivos, dentre outros, são: falta de tempo, de habilidade, de estímulo ou de conhecimento para elaborar e realizar este tipo de atividades por parte dos professores.

Esse tipo de ensino baseado em aulas expositivas

pode, entre outras coisas não desejáveis, gerar desinteresse em aprender ciências. Uma provável consequência disso é um nível de aprendizagem baixo e uma taxa de repetência elevada [2].

Diante desse quadro, procuramos desenvolver e testar um produto educacional para o ensino de ciências que facilitasse a utilização de atividades experimentais, conjuntamente com simulações computacionais, como recurso instrucional. O nosso objetivo foi o de desenvolver um material didático que além de articular os *domínios conceitual e experimental* através da modelagem e simulação computacional, favorecesse a aprendizagem significativa e despertasse nos estudantes o inte-

resse em aprender ciências. No desenvolvimento desse material procuramos apontar uma alternativa àqueles professores que não têm tempo ou habilidade para preparar e realizar atividades experimentais, que geralmente são complexas e de difícil montagem e execução, e também àqueles professores que sentem dificuldades em introduzir e utilizar o computador em suas aulas de ciências.

Na elaboração do material instrucional utilizamos, como protótipo, uma parte do conteúdo de física da primeira série do Ensino Médio. Assim, optamos por abordar as leis de Newton. O produto desenvolvido consiste em duas atividades experimentais e três simulações computacionais feitas através da modelagem matemática com o *software* Modelus. Esse material instrucional possibilita introduzir atividades experimentais e inserir o uso de computador ao longo das aulas expositivas (Fig. 1). Assim, acreditamos que uma articulação entre os domínios conceitual e experimental é obtida sem a necessidade de um laboratório didático de ensino.



Figura 1 - Esquema ilustrativo do uso do *software* Modelus na integração entre conhecimentos teóricos e atividades experimentais.

Como referencial teórico para o estudo adotamos a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel. Encontramos nesse referencial teórico uma dimensão cognitiva que nos subsidiou na formulação da hipótese de pesquisa e nos procedimentos didáticos desenvolvidos ao longo do processo de ensino com o material instrucional elaborado.

Como hipótese de pesquisa admitimos que a integração entre os domínios teórico e o experimental através da modelagem e simulação computacional com o *software* Modelus promoveria a disposição do aluno para aprender física e favoreceria uma aprendizagem significativa. Para a verificação dessa hipótese, aplicamos a seis turmas do primeiro ano do Ensino Médio três tratamentos diferenciados, conforme será discutido na Seção 4. Com essas seis turmas constituímos quatro

grupos. Um deles constituiu o grupo controle e os demais realizaram ou atividades experimentais, ou modelagem computacional, ou ambas. Para todos os grupos foram aplicados testes antes e depois das intervenções e questionários somente após as intervenções.

Destacamos que a articulação entre atividades experimentais e modelagem e simulação computacional com o *software* Modelus, com o objetivo de proporcionar a aprendizagem significativa, é uma questão pouco pesquisada em ensino de ciências, de acordo com a bibliografia pesquisada.

2. Referencial teórico

[...] o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe; descubra isso e ensine-o de acordo” [3].

Ausubel considera que há três tipos de aprendizagem: a cognitiva, a afetiva e a psicomotora. A sua teoria focaliza a aprendizagem cognitiva. Segundo Ausubel, aprendizagem cognitiva “é aquela que resulta no armazenamento de informações na mente do ser que aprende” [3], ou seja, a integração e organização do material na estrutura cognitiva do indivíduo.

Aprendizagem significativa é “um processo por meio do qual novas idéias e informações a serem aprendidas e retilas são ancoradas em conceitos específicos relevantes existentes na estrutura cognitiva do indivíduo” [4]. Esse conceito específico é denominado por Ausubel de subsumo. No processo de aprendizagem significativa a nova informação deve se incorporar de forma substantiva (não literal) e organizada (não arbitrária) à estrutura cognitiva do aprendiz.

Para Ausubel, o fator que mais influencia a aprendizagem significativa são os conhecimentos prévios² do aluno, aquilo que ele já possui na sua estrutura cognitiva. Num processo de aprendizagem significativa é necessário que inicialmente se identifique os conhecimentos prévios existentes na estrutura cognitiva do aluno. Esses conhecimentos prévios (subsumos)³ devem servir como ponto de ancoragem para as novas informações a serem armazenadas na estrutura cognitiva do indivíduo. Deve haver também uma interação entre as novas informações a serem armazenadas e os subsumos já existentes na estrutura cognitiva do aluno. Contrapondo-se à aprendizagem significativa, há a aprendizagem mecânica. Para Ausubel na aprendizagem mecânica, ao contrário da aprendizagem significativa, há pouca ou nenhuma interação entre as novas informações e os conceitos relevantes já existentes na estrutura cognitiva (subsumos). Nesse tipo de aprendizagem os conhecimentos são armazenados de forma

¹E-mail: ivan.costa@pesquisador.cnpq.br.

Copyright by the Sociedade Brasileira de Física. Printed in Brazil.

²Conforme enfatiza Moreira, conhecimento prévio não é o mesmo que *pré-requisito*. Conhecimentos prévios correspondem aos “aspectos específicos da estrutura cognitiva que são relevantes para a aprendizagem de uma nova informação” [4].

aleatória e sem serem devidamente ancorados em um subunçor [4].

Em física, como em outras disciplinas, a simples *memorização* de fórmulas, leis e conceitos pode ser tomada como exemplo típico de aprendizagem mecânica. Talvez aquela aprendizagem de “última hora”, de véspera de prova, que somente serve para a prova, pois é *esquecida* logo após, caracteriza também a aprendizagem mecânica. Ou, ainda, aquela típica argumentação de aluno que afirma ter estudado tudo, e até mesmo “saber tudo”, mas que, na hora da prova, não consegue resolver problemas ou questões que impliquem usar e transferir esse conhecimento [4] (grifo nosso).

No entanto, Ausubel não vê uma dicotomia entre a aprendizagem mecânica e a aprendizagem significativa. Para ele a aprendizagem mecânica é até mesmo “necessária quando um indivíduo adquire informações em uma área de conhecimento completamente nova” [1], ou seja, quando não há existência de um subunçor, a aprendizagem deve ser mecânica até que o aprendiz adquira conceitos relevantes que possam servir como subunçores.

Ausubel considera que há duas condições para a ocorrência de aprendizagem significativa [5]: a) que o material a ser aprendido seja potencialmente significativo para o aprendiz, ou seja, relacionável à estrutura cognitiva de forma não-arbitrária e não-litera (substantiva); b) que o aprendiz manifeste uma disposição de relacionar o novo material de maneira substantiva e não-arbitrária a sua estrutura cognitiva (disposição para aprender).

Segundo Moreira [4], a primeira dessas duas condições depende da natureza do material e da natureza da estrutura cognitiva do indivíduo. O material deve ter um “significado lógico”, de modo que o aprendiz possa relacionar a nova informação de forma não-arbitrária e não-litera à sua estrutura cognitiva. A estrutura cognitiva deve dispor de conceitos subunçores com os quais a nova informação deve interagir e ser ancorada por eles.

Quando a segunda condição, Moreira [4] adverte que, independentemente do material ser potencialmente significativo, se o aprendiz tiver a intenção de simplesmente memorizar literalmente e arbitrariamente a nova informação “tanto o processo de aprendizagem como o seu produto serão mecânicos ou sem significado”. O autor ainda enfatiza que “reciprocamente, independente de qual disposto para aprender estiver o indivíduo, nem o processo e nem o produto serão significativos se o material não for potencialmente significativo”.

Para Ausubel [6], a assimilação de conceitos é facilitada quando se parte de idéias mais gerais (o todo), mais inclusivas, para idéias mais específicas (as partes),

menos inclusivas. Dessa forma, no processo de aprendizagem deve-se introduzir em primeiro lugar os conceitos mais amplos e, progressivamente, deve-se detalhá-los. Esse tipo de procedimento é denominado por Ausubel de diferenciação progressiva. Ao propor essa abordagem, Ausubel se baseia em duas hipóteses [5]: a) é mais fácil para o ser humano captar aspectos diferenciados de um todo mais geral e inclusivo previamente aprendido, do que chegar ao todo a partir de suas partes; b) a organização do conteúdo de uma certa disciplina, na mente de um indivíduo, é uma estrutura hierárquica na qual as idéias mais inclusivas estão no topo da estrutura e, progressivamente, incorporam proposições, conceitos e fatos menos inclusivos e mais diferenciados.

No entanto, Ausubel adverte que o processo inverso também deve ocorrer, ou seja, deve-se explorar e explicitar as relações entre proposições, conceitos e idéias, buscando-se identificar similaridades e diferenças, reconciliando discrepâncias reais ou aparentes [3]. Esse tipo de procedimento é denominado de reconciliação integrativa.

Para Ausubel a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa devem ser vistas como princípios programáticos da matéria de ensino. A Fig. 2 corresponde a uma representação esquemática dos processos da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa.

Para favorecer a aprendizagem significativa o professor deve envolver pelo menos quatro tarefas fundamentais na facilitação da aprendizagem: (a) Identificar a estrutura conceitual e proposicional da matéria de ensino. (b) Identificar quais os subunçores (conceitos, proposições e idéias claras, precisas e estáveis) são relevantes à aprendizagem do conteúdo a ser ensinado. (c) Diagnosticar aquilo que o aluno já sabe. (d) Ensinar utilizando recursos e princípios que facilitem a aquisição da estrutura conceitual da matéria de ensino de uma maneira significativa [5].

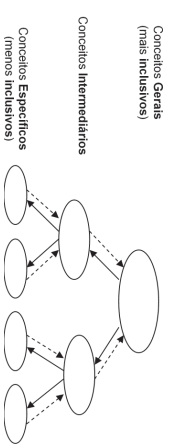


Figura 2 - Representação esquemática do modelo de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. As setas contínuas representam a diferenciação progressiva e as setas descontínuas representam a reconciliação integrativa. Para se atingir a diferenciação progressiva é preciso “descer” dos conceitos gerais para os específicos e “subir” novamente até os gerais para se atingir a reconciliação integrativa [5].

3. Uma proposição instrucional

Neste trabalho tivemos como foco de estudo a mecânica, por se tratar de aulas de 1ª série do Ensino Médio, onde um dos autores lecionava. A nossa proposta foi a de desenvolver tópicos da mecânica em três etapas: realização de *atividades experimentais*, exposição dos *conhecimentos teóricos* e *simulação computacional* (modelagem) através do software Modelllus.

Para as atividades experimentais foram construídos pelos estudantes e o professor [7], anteriormente à pesquisa, uma base metálica de lançamento, um foguete e um túnel de vento feitos de garrafa PET e dois perfis de asa de avião feitos de isopor. Para as atividades de modelagem foi elaborado um conjunto de modelos matemáticos através do software Modelllus.

O que nos levou a escolher atividades experimentais utilizando o foguete e o avião foi o fato de os mesmos incorporarem vários conceitos físicos. Conforme discutimos na Seção 2, para Ausubel a assimilação de conceitos é facilitada quando se parte de idéias gerais (mais inclusivas) para idéias específicas (menos inclusivas). Como, por exemplo, através do foguete e do avião podemos estudar os conceitos de massa, densidade, pressão, espaço, posição, tempo, força, impulso, aceleração, torque, ou seja, pode-se estudar vários conceitos físicos, não só em mecânica, mas também em termodinâmica. A Fig. 3 representa um diagrama conceitual simplificado que ilustra o processo da diferen-

ciação progressiva e da reconciliação integrativa para as atividades experimentais como o foguete.

Optamos pela utilização do software Modelllus por considerarmos que o mesmo apresenta uma grande potencial tanto no aspecto computacional quanto no aspecto educacional. O software Modelllus permite ao usuário explorar modelos elaborados por outras pessoas (atividade exploratória) ou elaborar seus próprios modelos matemáticos (atividade expressiva) sem haver a necessidade de conhecimento profundo de linguagem de programação ou metáforas simbólica. Os modelos matemáticos podem ser definidos a partir de funções, derivadas, taxa de variação, equações diferenciais e diferenças finitas, que podem ser escritas na “janela modelo” quase da mesma forma como se escreve no quadro negro ou mesmo numa folha de papel. Além de todas essas características, o software Modelllus é distribuído gratuitamente na internet (<http://modelllus.fct.unl.pt/>). Há também um grande número de publicações apontando resultados favoráveis na sua utilização no ensino de física. Destacamos os trabalhos publicados por Veit e Teodoro [8], Veit, Mors e Teodoro [9], as teses de Teodoro [10] e Araújo [11] e as dissertações de Araújo [12] e Dornelles [13].

No lançamento do foguete (Fig. 4), e também na simulação deste experimento (Fig. 5), pode-se alterar os valores da *massa* de água, da *pressão* interna da garrafa e do *ângulo* de lançamento.

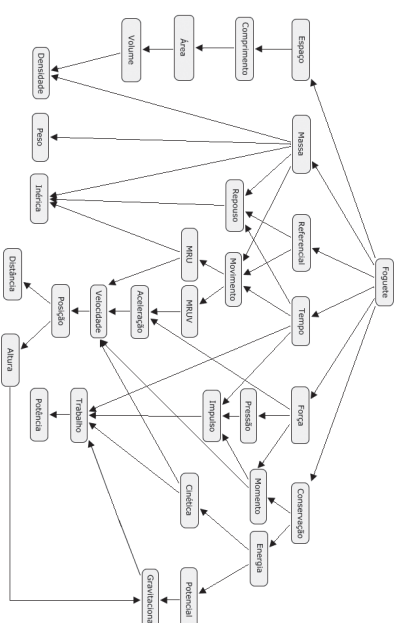


Figura 3 - Mapa conceitual do foguete. Representação esquemática do modelo de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa para as atividades experimentais com o foguete. O movimento de descida do topo do mapa para a base representa a diferenciação progressiva e o de subida representa a reconciliação integrativa. A diferenciação progressiva é atingida ao se “descer” dos conceitos mais gerais (foguete, referencial, massa, força) para os conceitos mais específicos (densidade, peso, posição, potência) e ao “subir” novamente até os conceitos mais gerais se atinge a reconciliação integrativa. O mesmo mapa pode ser representativo para as atividades experimentais com o avião.



Figura 4 - Lançamento do foguete PET.

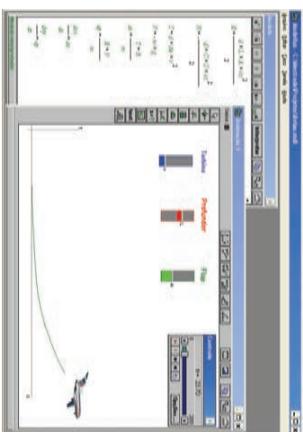


Figura 7 - Simulação do voo.

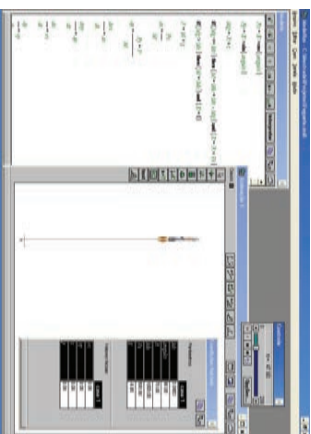


Figura 5 - Simulação do lançamento.

Na atividade com o avião procurou-se investigar os princípios de sustentação das aeronaves. Após as atividades experimentais (Fig. 6), analisamos os resultados observados, introduzimos os princípios físicos envolvidos com o voo dos aviões, elaboramos o modelo matemático e concluímos com a simulação do voo (Fig. 7). Nesta atividade, os alunos têm como desafio “decolar” e “atterrisar” o avião. Para isso, eles devem controlar a potência da turbina, regular os profundores e os flaps.



Figura 6 - Sustentação da asa.

O objetivo das atividades experimentais, de modelagem e simulação computacional foi o de identificar os parâmetros e as variáveis que influenciam determinado fenômeno, no caso as atividades experimentais com foguete e o avião, analisar como essas grandezas se relacionam e fazer uma comparação entre os resultados obtidos nas atividades práticas, de modelagem e simulação computacional com o que é mostrado nos livros didáticos, ou seja, comparar a teoria ensinada na sala de aula com a realidade [14, 15]. Para Pietrocola [14] há uma necessidade urgente de se “re-inserir a construção da realidade como objeto da educação científica”. Ele aponta o uso de modelos, presente na epistemologia de Mario Bunge [15], como uma alternativa complementar para se estabelecer essa falta de integração entre a dimensão cognitiva com a dimensão ontológica. Dessa forma, segundo o autor, a apreensão da realidade passaria a ser o objetivo final da educação em ciências.

Acreditamos que esse material instrucional é potencialmente significativo e possibilita despertar no aluno a disposição para aprender, que são as duas condições apontadas por Ausubel para a ocorrência da aprendizagem significativa.

4. Metodologia

A pesquisa foi realizada com estudantes da 1ª série do Ensino Médio do Centro Educacional 07 da cidade satélite de Ceilândia - DF, durante o segundo semestre de 2007. Nessa escola os estudantes tinham semanalmente duas aulas teóricas e uma de laboratório, no mesmo turno, nas disciplinas de física, biologia e química. As aulas de laboratório eram comuns e compartilhadas entre essas disciplinas.

No dia da aula de laboratório, cada turma, no seu respectivo horário, era dividida em três partes (G-1, G-2 e G-3) e, cada uma das três partes era direcionada para os laboratórios de física, química e biologia. Utilizamos o horário e o espaço físico do laboratório de física para o desenvolvimento da pesquisa.

As aulas de laboratório ocorreram sempre nas segundas-feiras, quando, a cada semana, um terço das turmas 1º J, 1º I, 1º H, 1º G, 1º E e 1º F tiveram aulas respectivamente no 1º, 2º, 3º, 4º, 5º e 6º horário. Semanalmente ocorria uma permuta de cada um terço das turmas nos três laboratórios e ao final de cada três semanas todos os alunos de todas as turmas passavam pelo laboratório de física, encerrando-se assim um ciclo.

Com os alunos dessas seis turmas, utilizando como referência o delineamento experimental - pré-teste e pós-teste aplicados a grupos experimentais e a grupo controle aleatórios [16], foram formados quatro grupos (E, M, C e E&M), sendo C o grupo controle e os demais (E, M e E&M), grupos experimentais que nos quais haviam intervenções diversas.

O primeiro grupo (E) foi constituído pelos alunos que tiveram aula sempre nos três primeiros horários da primeira semana de laboratório. O segundo grupo (M) foi constituído pelos alunos que tiveram aula sempre nos três últimos horários da primeira semana de laboratório. O terceiro grupo (C) foi constituído pelos alunos que tiveram aula em todos os horários da segunda semana de laboratório. O quarto grupo (E&M) foi constituído pelos alunos que tiveram aula em todos os horários da terceira semana de laboratório. Optamos por esse tipo de procedimento na constituição dos grupos para obtermos amostras com alunos de turmas diferentes, buscando assim uma aleatoriedade.³ A Fig. 8 mostra a disposição dos quatro grupos (E, M, C e E&M) formados para o laboratório de física.

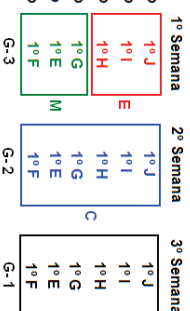


Figura 8 - Formação dos grupos nas aulas de laboratório de física.

O primeiro grupo (E) realizou apenas atividades experimentais, o segundo grupo (M) realizou modelagem e simulação computacional, o terceiro grupo (C) serviu como grupo controle⁴ e o quarto grupo (E&M) realizou atividades experimentais, modelagem e simulação computacional. As atividades foram realizadas em 8 (oito) encontros para cada grupo. Cada encontro teve aproximadamente 50 minutos de duração.

O estudo foi desenvolvido em três etapas:

Etapla 1: No início do segundo semestre, aplicação

³ Acrescentamos ainda que, na escola onde a pesquisa foi realizada, os alunos, ou seja, durante o processo de matrícula cada aluno é direcionado aleatoriamente para uma determinada turma.

⁴ Os alunos do grupo controle também tiveram aulas de laboratório, só que sobre conteúdos não relacionados com a pesquisa desenvolvida (aulas “tradicionais” de laboratório).

⁵ Uma outra alternativa apontada por Hodson [22] é a utilização da simulação computacional de fenômenos.

⁶ Retiramos 5 questões pelo fato das mesmas terem tido um índice de acerto muito superior às demais [23;24].

do pré-teste. O teste teve a finalidade de identificar as dificuldades conceituais dos estudantes e se os mesmos possuíam conceitos científicos ou concepções alternativas sobre as três primeiras leis de Newton e sobre a relação força e movimento. O teste foi constituído por 25 itens de múltiplas escolhas e resposta única. Vários itens foram retirados de outros testes já validados [17-21]. Alguns itens foram retirados de questões de vestibulares. Outros itens foram de nossa própria autoria, mas construídos tendo como referencial os trabalhos dos especialistas anteriormente citados. Cada item possuía quatro alternativas, sendo que uma dessas alternativas correspondia à concepção científica e as demais se referiam a outras concepções.

Etapla 2: Durante o segundo semestre, realização das atividades diferenciadas para cada grupo. Nesta etapa adotamos o método POE (*preve, observar e explicar*) (Gunstone e cols.: 1988, *apud* Ref. [22]), método este apontado por Hodson com uma das alternativas⁵ para tornar o laboratório didático de ciências menos prático e mais reflexivo. No método POE deve-se pedir aos estudantes que façam uma previsão sobre o que ocorrerá em uma determinada situação, relatando-a, após a atividade experimental, apontar o que se observou e expor (explicar) qualquer discrepância entre a observação e sua previsão [22]. As atividades (intervenções), inclusive o pré-teste, foram feitas em relação ao conteúdo desenvolvido nas aulas teóricas do primeiro semestre, ministrados anteriormente no início da pesquisa. Todos os grupos tiveram conteúdos normais nas aulas teóricas ministrada no segundo semestre.

Etapla 3: No final do segundo semestre, aplicação do pós-teste⁶ constituído de 20 questões de múltipla escolha, que constavam no pré-teste da etapa 1, e aplicação de um questionário semi-estruturado sobre os aspectos computacionais (modelagem e simulação com o *software* Modelinus), experimentais e educacionais das atividades desenvolvidas.

5. Resultados e discussões

As atividades envolveram inicialmente 115 alunos. Desse total, 6 estudantes não fizeram o pré-teste, 20 não fizeram o pós-teste e 3 foram excluído por serem muito falhosos. Dessa forma, 86 alunos concluíram efetivamente todas as atividades.

Os resultados obtidos no pré-teste foram analisados segundo a validade e fidedignidade. A fidedignidade foi calculada pelo coeficiente de consistência interna de Kuder-Richardson:

$$r = \frac{K}{K-1} \left[1 - \frac{\sum p \cdot q}{s^2} \right],$$

onde K é a número de itens do teste, p e q são as porcentagens de acertos e erros respectivamente e s^2 é a variância dos escores obtidos [23]. A fidelidade mínima aceitável depende da finalidade do teste e do tipo de decisão a ser tomada. Segundo Yamana, quando um teste é usado com o objetivo de medir grupos, uma fidelidade de 0,50 ou maior é necessária. Em nosso trabalho obtivemos $r = 0,58$, o que indica a fidelidade dos resultados [7].

Após a análise do resultado do teste inicial, verificamos que os estudantes que participaram da pesquisa possuem dificuldades conceituais em mecânica semelhantes às apontadas pela literatura consultada [17-19, 20, 25]. Ao analisarmos os dados do teste final e compararmos com os dados do teste inicial verificamos que houve um aumento nos escores e uma significativa evolução e superação conceitual da maioria dos grupos que foram submetidos ao tratamento. A Fig. 9 sintetiza a análise estatística do teste inicial e do teste final.

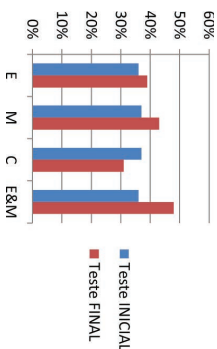


Figura 9 - Gráfico do desempenho do grupos no teste inicial e no teste final.

Os dados da Fig. 9 indicam que, antes do tratamento, os quatro grupos apresentaram desempenhos muito próximos (barras azuis), como era esperado por se tratar de grupos formados de forma aleatória. Após as intervenções (E, M e E&M) houve uma diferenciação no desempenho desses grupos. O grupo que participou das atividades experimentais e de modelagem (E&M) foi o que apresentou um melhor desempenho.

O grupo controle (C), ao contrário dos demais, teve uma diminuição no seu desempenho, como pode ser visto na comparação da barra azul com a vermelha do 3º conjunto de dados (marcado com a letra C) da Fig. 9. Uma possível explicação para a diminuição do desempenho do grupo controle é a possibilidade de ter ocorrido uma aprendizagem mecânica do conteúdo ministrado no primeiro semestre. O pré-teste foi aplicado no início do segundo semestre e abordou matérias que já tinham sido introduzidas no primeiro semestre, já o pós-teste, constituído com questões idênticas às do pré-teste, foi aplicado no final do segundo semestre. Como os alunos do grupo controle não participaram das atividades realizadas pelos demais grupos, possivelmente esses al-

unos tenham esquecido parte dos conteúdos ensinados no primeiro semestre. De acordo com nosso referencial teórico, quando uma aprendizagem é mecânica, com o decorrer do tempo os conceitos são esquecidos, sendo o esquecimento a principal característica de uma aprendizagem mecânica [3].

A análise dos dados do teste inicial e do teste final indica que, para determinados tipos de problema, as atividades experimentais podem ser mais eficientes e, em outros tipos de problema, a modelagem é mais eficiente. Mas, no geral, a combinação das atividades experimentais e de modelagem é mais efetiva no desempenho dos grupos.

A opinião dos alunos, coletada através de um questionário de opinião, se mostrou favorável à metodologia utilizada. A análise dessas opiniões revela uma predominância dos seguintes discursos: “é mais interessante” e “facilita a aprendizagem”. Esses discursos indicam que os alunos tiveram interesse nas atividades e que essas atividades parecem facilitar na aprendizagem de física. Aparecem também com frequência nos discursos “facilitou a aprendizagem”, “sair da rotina”, “motiva”, “é divertido” e “desperta a curiosidade”. Nas palavras dos próprios alunos, seguem uma amostra de alguns comentários.

“Eu gostei muito das aulas e das simulações porque foi mais fácil de entender, pelo fato de ser mais eficiente e menos complicado.”

“Os experimentos, modelagem e simulação deixaram as aulas menos causativas e muito mais interessantes e fáceis de aprender.”

“Eu gostei muito, eu não gostava de física porque nunca conseguia entender nada. Mas depois que o professor passou a fazer essas aulas, ficou mais divertido aprender física. Apreendi a gostar e a entender.”

Os alunos sugerem que outros professores poderiam também adotar procedimentos que seguissem essa metodologia, no intuito de tornar as aulas mais agradáveis.

“Nossas aulas se tornaram mais interessantes porque facilitou mais a aprendizagem e acho que os outros professores deveriam fazer o mesmo para melhorar as outras aulas.”

6. Considerações finais

Na obra *A Formação do Espírito Científico*, Bachelard [26] acha surpreendente que os professores de ciências “não compreendam que alguém não compreenda” e diz que “são poucos os que se detiveram na psicologia do erro, da ignorância e da irreflexão”.

Os professores de ciências imaginam que o espírito científico 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 a ponto. Não levam em conta que o adolescente entra 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 destrubar obstáculos já sedimentados na vida cotidiana [26].

Bachelard considera os conhecimentos empíricos já constituídos como um obstáculo epistemológico. Como alternativa para a superação desses obstáculos, ou seja, das dificuldades de aprendizagem apresentadas pelos alunos, conforme verificamos na literatura consultada, adotamos a articulação entre conhecimentos teóricos e atividades experimentais através da modelagem e simulação computacional com o *software* Modelllus. A nossa proposta foi a de explorar e interagir com essas estruturas conceituais prévias dos estudantes, e não de modificá-las ou substituí-las.

Dentre as diversas formas de utilização do computador no ensino de ciências apresentado na literatura optamos pela modelagem computacional, pois esta nos pareceu a mais adequada para a nossa proposta de trabalho, ou seja, a construção de modelos conceituais para determinados fenômenos físicos. Dentre os vários tipos de *software* apresentados na literatura, optamos pelo *Modelllus* por ser um *software* de distribuição gratuita na *Internet*, não exigir computador de alto desempenho e não requerer conhecimentos profundos em linguagem de programação, sendo apenas necessário interpretar o fenômeno e “descrever” o seu modelo em linguagem matemática. Além disso, a modelagem computacional com o *software* *Modelllus* possibilita uma interação dos alunos com os conceitos físicos durante o processo de modelagem e exploração dos modelos.

No que diz respeito à articulação através da modelagem e simulação computacional em mecânica, após a análise dos dados obtidos, chegamos a algumas considerações:

- De acordo com os dados do Pré-Teste e do Pós-Teste concluímos que, para determinados tipos de problema que abrangem a terceira lei de Newton as atividades experimentais mostram-se serem mais efetivas no processo de aprendizagem. Em outros tipos de problemas que relacionam em conjunto as três leis de Newton, a modelagem computacional mostrou-se mais efetiva. Porém, a combinação de atividade experimental e modelagem computacional mostrou-se mais efetiva para promover a aprendizagem de tópicos de mecânica em geral, incluindo conservação do momento.
- A combinação de atividades experimentais com modelagem computacional, segundo os resultados

da pesquisa, parece ser a mais efetiva para promover a aprendizagem.

- Os dados obtidos com os questionários de opinião mostram que a aprendizagem com a realização de atividades experimentais em conjunto com a realização de modelagem computacional foram as preferidas pela grande maioria dos alunos.

- Os dados obtidos com os questionários de opinião mostram que a articulação entre o domínio experimental e o domínio teórico através da modelagem e simulação computacional com o *software* *Modelllus* em mecânica torna as aulas mais interessantes, motiva mais os alunos, facilita a aprendizagem e desperta nos alunos o interesse em aprender, algo que é raro no ensino de física.

- Os aspectos computacionais, experimentais e educacionais foram bem avaliados pelos alunos, o que indica aceitação pelos alunos das atividades desenvolvidas.

- Durante as nossas observações, que foram realizadas num diário de bordo, constatamos que a articulação através da modelagem e simulação computacional em mecânica promove nos alunos uma melhoria no entendimento dos conceitos de física abordados.

- Observamos que o uso do *software* *Modelllus* na integração entre conhecimentos teóricos e atividades experimentais de tópicos de mecânica contribui, em alguns casos, para uma melhor compreensão da linguagem matemática, dos fenômenos e das tecnologias desenvolvidas a partir dos conhecimentos adquiridos em física.

- Observamos, de maneira geral, um maior envolvimento e participação dos alunos durante as aulas, excetuando-se os alunos do grupo de controle.

Os resultados deste trabalho, baseado em dados quantitativos e qualitativos, indicam que as atividades com experimentos quando simultaneamente simulados no computador podem ser completar, proporcionando, na maioria dos casos uma aprendizagem significativa.

Referências

- [1] R. Axt, in *Tópicos em Ensino de Ciências*, editado por M.A. Moreira (Sagra, Porto Alegre, 1991), p. 79-90.
- [2] SUBIP/SEDUF, *Rendimento por DRE e Componente Curricular x Rede Pública de Ensino do DF, 1ª e 2ª Bimestres de 2008, Ensino Médio*. Disponível em <http://www.se.df.gov.br/sites/400/402/00000569.pdf>, acesso em 11/2008.
- [3] M.A. Moreira, *Teorias de Aprendizagem* (EPU, São Paulo, 1999).

[4] M.A. Moreira, *A Teoria da Aprendizagem Significativa e sua Implementação em Sala de Aula* (Editora Universidade de Brasília, Brasília, 2006).

[5] M.A. Moreira e E.F.S. Masini, *Aprendizagem Significativa* (Centauru, São Paulo, 2006).

[6] D.P. Ausubel, *Aquisição e Retenção de Conhecimento: Uma Perspectiva Cognitiva* (Plátano Edições Técnicas, Portugal, 2003).

[7] J.F. Mendes, *O Uso do Software Modelhus na Integração Entre Conhecimentos Teóricos e Atividades Experimentais de Tópicos de Mecânica sob a Perspectiva da Aprendizagem Significativa*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, 2009.

[8] E.A. Veit e V.D. Teodoro, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **24**, 87 (2002).

[9] E.A. Veit, P.M. Mors e V.D. Teodoro, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **24**, 176 (2002).

[10] V.D. Teodoro, *Modelhus: Learning Physics with Mathematical Modeling*. Tese de Doutorado em Ciência da Educação, Universidade de Nova Lisboa, 2002.

[11] I.S. Araújo, *Simulação e Modelagem Computacional como Recursos Auxiliares no Ensino de Física Geral*. Tese de Doutorado em Ciências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

[12] I.S. Araújo, *Um Estudo Sobre o Desempenho de Alunos de Física Usuários da Ferramenta Computacional Modelhus na Interpretação de Gráficos de Cinemática*. Dissertação de Mestrado em Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002.

[13] P.F.T. Dornelles, *Investigação de Ganhos na Aprendizagem de Conceitos Físicos Envolvidos em Circuitos Elétricos por Usuários da Ferramenta Computacional Modelhus*. Dissertação de Mestrado em Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

[14] M. Pietrocola, *Investigações em Ensino de Ciências* **4**, 3 (1999).

[15] M. Bunge, *Teoria e Realidade* (Perspectiva, São Paulo, 1974).

[16] D.T. Campbell e J.C. Stanley, *Dezenvoltimentos Experimentais e Quase-Experimentais de Pesquisa* (EPU, São Paulo, 1979).

[17] S.L. Talim, *Caderno Catarinense de Ensino de Física* **16**, 141 (1999).

[18] M.H. Ure, G. Müller, J.M. Sebastião e A.d'A. Martinez, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **16**, 120 (1994).

[19] L.O.Q. Peduzzi e S.S. Peduzzi, *Caderno Catarinense de Ensino de Física* **2**, 48 (1985).

[20] F.L. Silveira, M.A. Moreira e R. Axt, *Ensaios de las Ciencia* **10**, 187 (1992).

[21] B. Buchweitz e R. Axt, *Questões de Física* (Sagra Luzzato, Rio de Janeiro, 1996), v. 1.

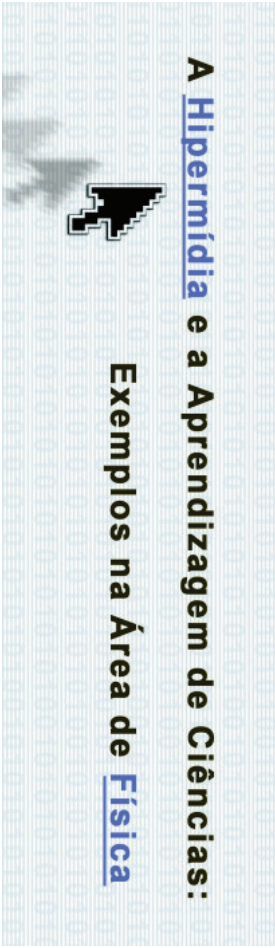
[22] D. Hodson, *Ensaios de las Ciencias* **12**, 299 (1994).

[23] H.M. Viana, *Teste em Educação* (IBRASA, São Paulo, 1982).

[24] F.L. Silveira, *Validação de Instrumentos de Medidas Aplicadas à Pesquisa em Ensino de Física* (Instituto de Física da UFRGS, Porto Alegre, 1993).

[25] A. Zylbersztajn, *Revista de Ensino de Física* **5**, 3 (1983).

[26] G. Bachelard, *A Formação do Espírito Científico* (Contraponto, Rio de Janeiro, 1996).



Introdução

Uma das linhas de pesquisa de alta relevância no campo das tecnologias da informação e comunicação aplicadas ao ensino de Ciências é a que propõe o desenvolvimento de sistemas hipermídia e o estudo de processos de aprendizagem a partir de sua utilização. Um projeto de pesquisa tendo como parte de seus objetivos o desenvolvimento e a pesquisa sobre materiais didáticos desta natureza, se propôs a produzir materiais didáticos dirigidos às necessidades de professores e alunos de Física e de disciplinas relacionadas à Física, como é o caso da Biomecânica, que se apóia em conceitos da mecânica para compreender as atividades físicas. Este esforço é válido para o ensino no nível médio e para cursos de licenciatura em Educação Física, que se ressentem da escassez de materiais didáticos que possam contribuir para melhorar o nível motivacional e cognitivo dos alunos.

No âmbito do projeto mencionado, foram produzidos três sistemas hipermídia que contemplam conteúdos de física e suas relações interdisciplinares com outras áreas. Um dos sistemas, denominado de Força & Movimento [1], explora conceitos de mecânica básica, outro, denominado de Biomecânica [2], integra conteúdos de mecânica, biomecânica e anatomia humana e o terceiro, Energia [3], aborda diferentes aspectos relativos a este tema. Estudos sobre a utilização do R&M e do Bionte no contexto educacional a partir de dados coletados por testes (lápis e papel) e registros da navegação possibilitaram identificar estratégias e formas diferenciadas de interação dos usuários com a informação disponibilizada no formato hipermídia.

Sistemas hipermídia de aprendizagem

Sistemas hipermídia podem ser conceituados a partir da relação entre os conceitos de hipertexto e multimídia: a multimídia compreende os múltiplos meios que podem ser usados na representação de uma informação, como, por exemplo, texto, imagem, áudio, animação e vídeo. Este termo pode se referir a um sistema computacional ou a outros suportes não informatizados. Por hipertexto, entende-se um sistema computacional que apresenta informação em geral na forma de texto, organizada não-sequencialmente, por meio de ligações entre palavras-chave (vínculos), destacadas em geral pela cor, que permitem a navegação do usuário entre nós⁴ relacionados com

Uma das linhas de pesquisa de alta relevância no campo das Tecnologias da Informação e Comunicação é a que propõe o desenvolvimento de sistemas hipermídia e o estudo de processos de aprendizagem a partir de sua utilização

⁴ A hipermídia é uma ferramenta muito poderosa e deve ser usada no ensino. Discutimos aqui alguns sistemas desenvolvidos e como é a interação dos estudantes com tais sistemas.

celularmente. Assim posto, o conceito de *hiperímídia* pode ser visto como a *intersecção* entre os conceitos de *multimídia* e *hipertexto* (Figura 1), na medida em que se trata de sistemas computacionais que permitem a ligação interativa não sequencial entre nós de *hipertexto*, como os sistemas de *hipertexto*, mas representados por múltiplos meios.

Por suas características, os sistemas *hiperímídia* descartam o processo de leitura sequencial nos moldes tradicionais e permitem que um conceito seja apresentado através de diversos meios, associados àqueles que o texto confere. Nessa organização diferenciada da informação, os sistemas *hiperímídia* de aprendizagem permitem ainda que esta se faça em diferentes níveis de detalhes, que são livremente acessados pelos usuários, conforme as experiências e habilidades deles frente a um novo conceito.

Por outro lado, os sistemas *hiperímídia* de aprendizagem também podem proporcionar a navegação linear em *visitas guiadas*, que são seqüências de informações previamente estabelecidas pelo autor. Dentro de uma visita guiada, o usuário só pode avançar para o nó seguinte ou voltar para o anterior. Conforme apontam Rezende e Barros [4], quando os conceitos e estratégias a serem trabalhados nas visitas guiadas são criteriosamente escolhidos, este tipo de navegação pode servir para oferecer contextos que levem o aluno a integrar suas representações do fenômeno (conceitos) ao conhecimento científico.

Desde o final da década de 80, a estrutura dos sistemas *hiperímídia* tem atraído a atenção de educadores que vêem, nos mesmos, um grande potencial educacional. Marchionini [5] aponta duas características da *hiperímídia* que são importantes para a educação: (i) a capacidade de arma-



Figura 1. Relação entre *hipertexto*, *multimídia* e *hiperímídia*.

namento de grande quantidade de informações representadas sob os mais diversos meios, permitindo que conteúdos extensos e variados sejam agrupados e disponibilizados aos estudantes; (ii) o alto nível de controle do sistema pelo usuário, o que torna constante a sua tomada de decisões, a avaliação de pro-

gresso e permite o desenvolvimento de habilidades e a escolha de objetivos por parte deste.

A utilização dos sistemas *hiperímídia* na educação pode ser eficaz também para evitar a simplificação de assuntos complexos [6], pois facilitam sua abordagem como um todo e aumentam a possibilidade do aluno conseguir atingir uma compreensão mais profunda e interdisciplinar.

Um conjunto de três sistemas hiperímídia⁵ de Ciências

Os sistemas *hiperímídia Força & Movimento*, *Biomec* e *Energia* foram desenvolvidos com diferentes objetivos pedagógicos, tendo em comum, entretanto, a organização do conteúdo e as possibilidades de navegação oferecidas.

Nos três sistemas, o conteúdo abordado foi organizado em três classes de informação, que são acessadas por *índices*⁶. As páginas pertencentes a cada uma das classes, são compostas basicamente de textos explicativos e de animações com as quais o estudante poderá interagir, selecionando variáveis e observando o resultado de sua seleção. A ligação *hipertextual* entre as páginas é feita por meio de palavras-chave, destacadas pela cor, nos textos explicativos. A *navegação livre*, isto é, a movimentação do usuário em função do seu interesse ou necessidade conceitual, é possível por meio dos índices e das palavras-chave.

Juntamente com a navegação livre, os sistemas *hiperímídia* desenvolvíveis oferecem

visitas guiadas, disponíveis em algumas páginas, com o objetivo de permitir uma interação mais profunda do aluno com determinado conceito. Os sistemas *Biomec* e *Energia* oferecem glossários, que podem ser acessados por meio de palavras destacadas pela cor e sublinhadas. Os termos que constam do glossário são conceitos

Multimídia são múltiplos meios usados na representação de uma informação (texto, imagem, áudio, animação e vídeo). Hiperímídia é um sistema onde a informação em geral aparece na forma de texto, organizada não-sequencialmente, por meio de ligações entre palavras-chave. Hiperímídia pode ser vista como a intersecção entre a multimídia e o hipertexto

complementares ao conteúdo principal, necessários para prover pré-requisitos incompletos, aprofundar ou detalhar aspectos dos conteúdos.

Estes sistemas podem ser utilizados de forma flexível pelo professor, como por exemplo, em uma sessão no laboratório de informática, na qual o estudante trabalha individualmente ou em duplas a partir de suas instruções. Outra forma de utilizá-los seria em uma projeção em sala de aula durante uma aula expositiva. O professor pode, assim, apresentar animações de situações físicas ou de movimentos humanos com o objetivo de exemplificar conceitos ou de criar contextos para que os alunos exponham suas próprias concepções. Uma sessão de interação no laboratório de informática após uma aula expositiva, pode auxiliar o professor na revisão conceitual de unidades de mecânica básica ou biomecânica.

Os professores dispõem também de uma ferramenta para a avaliação e levantamento das concepções dos alunos que armazena em um arquivo, o nome do usuário, o título das páginas visitadas e o instante em que estas foram acessadas, além de todos os dados digitados durante a interação. Esse arquivo é criado toda vez que os programas são abertos, ficando localizado na pasta onde os sistemas foram gravados.

O sistema hiperímídia Força & Movimento (F&M)

O sistema *hiperímídia F&M* aborda conceitos físicos, situações físicas e as

leis do movimento de Newton. A *idéia* é que a integração desses conteúdos, representados por textos e simulações de fenômenos físicos, ajude o aluno a compreender as relações entre força e movimento, seus objetivos específicos são: (i) oferecer contextos para que os estudantes possam expressar suas formas de raciocínio; e (ii) possibilitar a construção de modelos qualitativos mais adequados dos conceitos e leis físicas; (iii) enfatizar a consistência do conhecimento científico por meio da exploração de situações físicas diferentes porém explicadas pelas mesmas leis.

O conteúdo do sistema *hiperímídia F&M* foi distribuído em três classes, que disponibilizam três conjuntos de páginas relacionados entre si: conceitos físicos, situações físicas e leis do movimento. Os conceitos físicos são discutidos qualitativamente, enfatizando-se, na medida do possível, pontos problemáticos das relações entre força e movimento, como por exemplo, a relativa independência entre a força aplicada e a velocidade do corpo

A idéia básica do sistema hiperímídia F&M é que a integração de conteúdos, representados por textos e simulações de fenômenos físicos, ajude o aluno a compreender as relações entre força e movimento

já que elas podem ter sentidos opostos, como no caso da queda de um corpo e pode haver velocidade com força resultante nula e a relação direta entre a força aplicada e o aparecimento de uma aceleração. Os textos explicativos incluem pelo menos uma palavra-chave, que permite a navegação livre para outro conceito relacionado ao atual. Cada conceito pode ser apresentado em uma ou mais páginas. A figura 2 apresenta, a título de exemplo, as duas páginas que compõem o conceito de *referencial*.

O conjunto de situações físicas apresenta situações físicas selecionadas a partir do resultado de um teste de mecânica básica aplicado a cabos dos cursos de Licenciatura noturna em Física, Química e Matemática da UFRJ, em 1993. Visando ao objetivo de atender a dificuldades conceituais dos estudantes, foram selecionadas as situações exploradas nas questões cuja frequência média de acerto foi

menor do que 50%, o que resultou em um conjunto de seis situações físicas que abordam movimentos em uma e em duas dimensões. Todas as situações físicas foram desenvolvidas em visitas guiadas compostas por 6 ou 7 páginas. A figura 3 apresenta, como exemplo, a primeira página da visita guiada referente à situação física da *força perpendicular à velocidade* na qual o aluno é solicitado a selecionar a força resultante que age sobre o foguete. Por ser o início de uma visita guiada, os índices estão indisponíveis e a única opção de navegação é por meio do botão seguir.

O conjunto de páginas referentes às leis do movimento apresenta as três leis de Newton. A 1ª lei de Newton foi desenvolvida em uma visita guiada que mostra inicialmente a simulação da experiência de um disco que desliza sobre uma superfície rugosa, que vai sendo substituída por superfícies cada vez mais lisas. O processo é interrompido e uma pergunta aberta que solicita uma previsão sobre o movimento do disco caso o atrito fosse totalmente retirado. Independentemente da resposta, a próxima página mostra a simulação do movimento do disco sobre uma superfície idealmente sem atrito e o texto explicativo aborda a 1ª Lei. A 2ª Lei de Newton é apresentada em uma pequena visita guiada, que discute a experiência de uma moeda fixada a um corpo sobre o qual é aplicada uma força e, consequentemente, uma aceleração. Essa situação é usada para mostrar que a razão entre diferentes massas é inversamente proporcional à razão entre as acelerações e concluir a expressão da 2ª Lei de Newton. A situação física utilizada para exemplificar a 3ª Lei de Newton mostra um *trailer* sendo puxado por um carro e os pares de força de ação e reação que atuam sobre ambos.

O Quadro 1 sintetiza os conceitos, leis e situações físicas que são abordados nas três classes que compõem o sistema *hiperímídia F&M*.

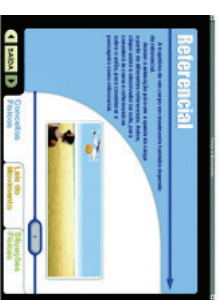


Figura 2. Páginas que compõem o conceito de Referencial.

O sistema hiperímídia Biomec

O sistema *hiperímídia Biomec* aborda aspectos biomecânicos e anatômicos do movimento humano com apoio de conceitos de mecânica. A idéia é que a integração desses conteúdos leve o aluno a entender a biomecânica do movimento humano e suas relações com a mecânica e a anatomia humana, podendo assim vir a favorecer a visão interdisciplinar entre estes conteúdos e atender às necessidades conceituais dos alunos dos cursos de Educação Física e de Fisioterapia. O sistema apresenta conceitos mecânicos, biomecânicos e anatômicos em três classes, que se relacionam entre si: conceitos físicos, aplicações biomecânicas e aplicações anatômicas. O conjunto de páginas derivado



Figura 3. Primeira página da visita guiada referente à situação da força perpendicular à velocidade.

Quadro 1. Conceitos físicos, situações físicas e leis do movimento abordados no sistema hiperfísica Força & Movimento.

Conceitos físicos	Situações físicas	Leis do movimento
• velocidade	• queda livre	• 1ª lei de Newton
• aceleração	• lançamento vertical	• 2ª lei de Newton
• força	• lançamento horizontal	• 3ª lei de Newton
• movimento	• lançamento oblíquo	
• referencial	• força impulsiva perpendicular	
• força de atrito	• à velocidade	
• distância	• força constante perpendicular	
• tempo	à velocidade	
• posição		
• deslocamento		
• massa inercial		
• massa gravitacional		
• inércia		
• quantidade de movimento		
• impulso		
• peso		
• vetores		

da classe Conceitos de Físicos reúne conceitos envolvidos em movimentos humanos que dão apoio à abordagem biomecânica dos mesmos, como por exemplo, o conceito de vetores (Figura 4). O conceito de força é importante na medida em que ajuda o entendimento da força de um músculo e como esta participa da análise

cações. Biomecânicas, apresentam-se a seguir, as escolhas de movimentos humanos que enfatizam a aplicação dos conceitos físicos abordados no sistema. A *contração muscular* foi escolhida por ser possível aplicar o conceito de vetores aos aspectos anômicos nela envolvidos e verificar como a direção, o módulo e o sentido deste se

biomecânica do movimento. O conceito de momento de uma força e as grandezas relacionadas a este conceito, como o módulo da força e a distância entre a linha de ação e o centro de rotação, são abordados por serem fundamentais para o estudo do movimento humano e dos detalhes anatômicos envolvidos. O conceito de momento de inércia foi

comportam durante o movimento. O movimento de *levantamento de carga* foi incluído porque, do ponto de vista biomecânico, será importante para o aprendizado de como o peso de uma carga, a força de um músculo e as suas características anatómicas, participam do movimento humano. A *flexão do cotovelo* foi escolhida para mostrar a aplicação

O conceito de força é importante na medida em que ajuda o entendimento da força de um músculo e como esta participa da análise biomecânica do movimento. Final-

desta e a participação influencia o movimento. O movimento de *locomção* foi abordado para demonstrar como a massa de um corpo e sua distribuição em relação ao centro de massa influenciam, resultando a importância desses fatores e suas implicações anatômicas no modelo biomecânico do movimento humano. O movimento do *saque* foi

Para dar uma idéia da classe Appli-

66

Hipermídia e Aprendizagem de Ciências

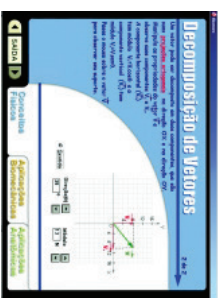
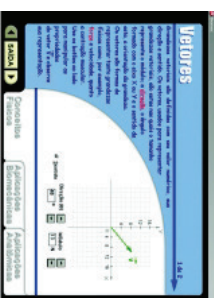


Figura 4. As páginas que compõem o conteúdo de vetores.

entre o ângulo descrito pelo braço do jogador e a velocidade inicial da bola, destacando-se nessa análise, a participação dos aspectos anatômicos. A Figura 5 mostra a página referente ao saque, como exemplo das páginas da classe Aplicações Biomecânicas.

No conjunto de páginas de aplicações anatômicas foram abordados movimentos dos membros superiores e inferiores que se relacionam às apli-

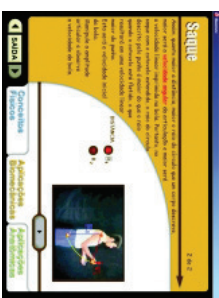
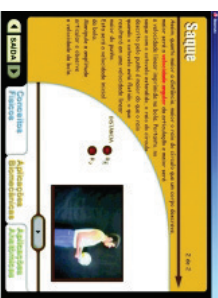


Figura 5. Páginas referentes ao movimento do saque.

Física na Escola, v. 6, n. 1, 2005

cações biomecânicas abordadas no sistema. O músculo *biceps braquial* foi

escolhido porque está diretamente envolvido na fixação do cotovelo, na contração muscular e no levantamento de carga. O *músculo deltóide* foi abordado porque permite discutir os movimentos de levantamento de carga, contração muscular e saque. Os *músculos isquiotibiais* e *glúteo máximo* foram selecionados porque permitem apresentar analogias relacionadas aos conceitos de contração muscular e locomoção.

O Quadro 2 apresenta os conceitos físicos, as aplicações biomecânicas e as aplicações anatômicas que são abordados nas três disciplinas que compõem o sistema hipertímia Biomec.

O sistema Energia

O objetivo geral

do sistema hiper-
mídia Energia⁷ é mostrar a correlação
entra as diversas formas pelas quais
a energia se manifesta e sua integra-
ção conceitual, evidenciada pelas pro-

riedades da energia suas leis fundamentais. A possibilidade de ligar conceitos, oferecida pela hipermídia, foi particularmente vantajosa para este enfoque do conceito de energia, difícilmente abordado nos livros didáticos. O conteúdo, representado basicamente por animações, imagens e textos explicativos, foi dividido em três classes: Formas, Leis e Propriedades da Energia. Em todas as páginas é possível acessar conceitos físicos envolvidos na situação abordada, que fazem parte do glossário.

O conjunto de páginas referentes à classe Formas de Energia apresenta as principais formas de energia, buscando-se a relação interdisciplinar entre elas. As páginas de cada forma de energia são acessadas a partir de um índice (Figura 6) composto por animações de fenômenos físicos e químicos que representam diferentes manifestações da energia. A estrutura hipertextual serviu para destacar outros tipos de energia que podem ser considerados, dependendo da ênfase dada, a partir da energia que está sendo enfocada.

Física na Escola, v. 6, n. 1, 2005

Quadro 2. Conceitos e aplicações biomecânicas e anatômicas abordados no sistema hiperfídia Biomec.

Conceitos físicos	Aplicações biomecânicas	Aplicações anatômicas
• vetores • força • momento de uma força • momento de inércia • velocidade angular	• contração muscular • levantamento de carga • flexão do cotovelo • locomoção • saque	• músculo bíceps • braquial • músculo deltoide • músculos isquiotibiais • músculo glúteo • máximo

O conjunto de páginas relacionadas à classe Leis apresenta as principais leis relacionadas e energia a partir de simulações de situações físicas a serem analisadas pelos alunos, nas quais eles podem controlar variáveis.

O conjunto de páginas referentes à classe Propriedades da Energia se inicia pela imagem de uma montanha à beira mar, sol, ven-

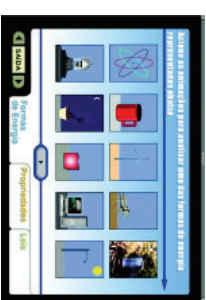


Figura 6. Índice formas de energía.

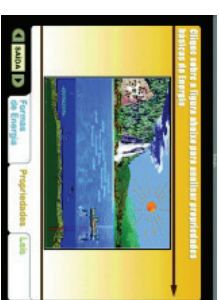


Figura 7. Página inicial da classe Propriedades da Energia.

O Quadro 3 apresenta as formas, propriedades e leis da energia que são abordadas no sistema hiperfísica Energia.

A interação de estudantes com os sistemas desenvolvidos

A análise dos dados de navegação dos alunos que utilizaram os sistemas

Quadro 3

Formas de energia	Propriedades da energia	Leis da energia
• energia cinética • energia potencial gravitacional • energia potencial elástica • energia sonora • energia elétrica • energia luminosa • energia magnética • energia nuclear • energia térmica • energia bioquímica	• conservação • transformação • propagação • armazenamento • degradação	• lei de conservação da energia mecânica • leis da termodinâmica

Hiperfidelidade e Aprendizagem de Ciências

67

tempo gasto em cada página ou pela ordem em que os conceitos foram visitados.

Foi possível verificar que os alunos usam diferentes estratégias para abordar o conteúdo. A navegação de um dos alunos no sistema F&M, por exemplo, parece ter sido guiada por um planejamento prévio que incluiu visitas a 19 dos 20 conceitos e leis, o mesmo tempo em todas as páginas e a volta ao índice para escolher a próxima página. Também foi possível identificar, na estratégia usada por dois estudantes, que ambos visitaram, separadamente, um conjunto de páginas relacionadas à dinâmica e outro, de páginas relacionadas à cinemática. Os demais estudantes cruzaram alternadamente as páginas referentes às sub-áreas da mecânica. Tanto a estratégia de agrupar conjuntos de conteúdo segundo um critério individual, quanto a de cruzar conhecimentos de diferentes sub-áreas do conteúdo são importantes características que diferenciam a navegação hipertextual dos alunos no F&M. Ficou claro que, quando o estudante pode controlar alguns aspectos do conteúdo, como, por exemplo, a ordem segundo a qual ele é apresentado, a organização resultante pode ser diferente daquela que pareceria a mais plausível para o professor.

A partir da análise da navegação apresentados de dois grupos que interagiram com o sistema hipermídia Biomec, pôde-se concluir que os estudantes que apresentavam nível mais estruturado de conhecimento anterior demonstraram interesse em abranger mais conteúdo e participar ativamente da construção do conhecimento viabilizada pelo sistema na medida em que esta experiência foi, provavelmente, vista como auxiliar, ou mesmo como revisão do processo de ensino-aprendizagem. Por outro lado, para os alunos com nível mais baixo de conhecimento anterior, o fato do conteúdo do sistema repre-

sentar ainda uma novidade pode tê-lo levado a fazer a opção por uma navegação mais seletiva, provavelmente, orientada por curiosidades e dificuldades conceituais remanescentes do Ensino Médio. Assim, a diferença entre as condições iniciais dos estudantes em termos do conhecimento anterior parece estar diretamente relacionada aos perfis de navegação observados, como já sugerido pelo estudo de Fitzgerald e Semrau [7].

O desenvolvimento de sistemas hipermídia para a educação em Ciências é um trabalho que exige investimento de muito tempo por parte de uma equipe multidisciplinar para se chegar a um protótipo que seja relevante do ponto de vista educacional

ensão dos aspectos interdisciplinares dos conceitos envolvidos no movimento humano e que a interação com o programa melhorou esta compreensão, principalmente por abordar a relação entre conceitos físicos, biomecânicos e anatômicos.

Considerações finais

A realização deste projeto tem deixado claro que o desenvolvimento de sistemas hipermídia para a educação em Ciências é um trabalho que exige investimento de muito tempo por parte de uma equipe multidisciplinar para se chegar a um protótipo que seja relevante do ponto de vista educacional. Tendo enfrentado essas condições, considera-se que os sistemas hipermídia desenvolvidos representam um conjunto de materiais didáticos inovadores que pode atender à carência de materiais educativos informatizados para o ensino médio e superior.

Do ponto de vista da pesquisa realizada, é possível dizer que houve um avanço do conhecimento sobre a interação de estudantes com sistemas hipermídia, apoiado pelo estudo dos sistemas hipermídia F&M e Biomec. Os resultados obtidos sobre sua utilização trouxeram resultados interessantes que contribuem para a validação deste tipo de material educativo para o ensino-aprendizagem de Ciências.

Notas

- ¹Apoio: CNPq.
²Tecnologias da informação e comunicação no ensino de Física: um processo de aprendizagem, na formação e na prática do professor de nível médio. Flávia Rezende. CNPq, 2002 (em andamento).
³Navegação é a movimentação do usuário no sistema.
⁴Nós são as unidades de informação que compõem o sistema.
⁵Esses sistemas são distribuídos gratuitamente para escolas públicas mediante uma licença de utilização concedida pelo NITIS-UFRRJ à direção da escola.
⁶Índices são estruturas de acesso ao sistema.
⁷O conteúdo do índice pode ser organizado segundo uma determinada ordem pré-estabelecida pelo autor ou não, quando organizado na forma de rede.
⁸A versão do sistema Energia descrita nesta seção está sofrendo revisão de sua programação visual, o que no entanto não irá alterar seu conteúdo e as formas de navegação oferecidas.

Referências

- [1] F. Rezende, Desenvolvimento e avaliação de um sistema hipermídia para facilitar a reestruturação conceitual em mecânica básica. Caderno Ciênticas de Ensino de Física, **18**, 197 (2001).
[2] C.S.D. Cola, Biomec: um sistema hipermídia que integra conceitos de mecânica, biomecânica e anatomia humana. Dissertação de mestrado, NITIS-UFRRJ, 2004.
[3] A.S.Pereira, Desenvolvimento de um sistema hipermídia de aprendizagem sobre Energia para uma introdução à Física. Anais da XXIV Jornada de Iniciação Científica da UFRRJ, 2002.
[4] F. Rezende e S. Souza Barros, Discussão e reestruturação conceitual através da interação de estudantes com as visões guiadas do sistema F&M. Revista Brasileira de Pesquisa em Ensino de Ciências, ABRAPEC, 1.2, Maio/Agosto (2001).
[5] G. Marchionini, Hypermedia and learning: freedom and chaos. Educational Technology **28**, 8 (1998).
[6] R.J. Spiro, P.J. Feltovich, M.L. Jacobson and R.L. Coulson, *Cognitive Flexibility, Constructivism and Hypertext: Random Access Instruction for Advanced Knowledge Acquisition in Ill-Structured Domains*, edited by T.M. Duffy & D.H. Jonassen, *Constructivism and the Technology of Instruction, A Conversation* (Lawrence Erlbaum, NJ, 1992).
[7] G.E. Fitzgerald and L.P. Semrau, The effects of learner differences on usage patterns and learning outcomes with hypertext case studies. Journal of Educational Multimedia and Hypermedia **7**, 309 (1998).

Pesquisa em Ensino de Física

Física dos anos iniciais: estudo sobre a queda livre dos corpos através da metodologia da mediação dialética

(The physics of early years: Study of free falling bodies by the methodology of dialectical mediation)

Pedro Belchior da Silveira Junior¹, Maria Eliza Brefere Anon²

¹Faculdade de Educação, Ciências e Artes Dom Bosco, Monte Amizável, SP, Brasil
²Departamento de Educação, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", São José do Rio Preto, SP, Brasil

Recebido em 18/8/2012; Aceito em 2/2/2013; Publicado em 26/9/2013

O modelo usado nas escolas brasileiras, baseado nos tipos de educação tradicional e progressiva, transmite as informações sem a preocupação de mostrar o significado real dos fatos, não levando em conta o conhecimento da criança. Mas, como trabalhar os conteúdos do conhecimento humano de maneira significativa? Uma das alternativas seria a Metodologia da Mediação Dialética (MMD), composta por quatro etapas ou momentos pedagógicos: *resgatando, problematizando, sistematizando e produzindo*. Essa opção teórica entende o trabalho educativo como uma relação processual entre ensino, aprendizagem e conteúdo, considerando-os como momentos independentes e indissolivelmente vinculados desse trabalho, e não como elementos isolados ou termos estáticos. Assim, o objetivo do trabalho foi esclarecer a Metodologia da Mediação Dialética e desenvolver uma proposta de aula segundo a MMD focando-se na temática da queda livre dos corpos (força gravitacional, meio material e forma dos corpos). Para avaliar a metodologia, foram aplicados questionários após os experimentos visando obter o envolvimento dos alunos em cada um dos momentos predominantes. Os resultados demonstraram que a MMD (alçada à atividade experimental) é um instrumento que potencializa a superação do saber imediato, via contradições, permitindo ao aluno compreender o saber científico.

Palavras-chave: física, educação, metodologia da mediação dialética.

The model used in Brazilian schools, based on both traditional and progressive education, transmits information without worrying to show the real meaning of things, and without taking into consideration the previous knowledge of the pupil. How to work with the contents of human knowledge in a meaningful way? One alternative way is the Methodology of Dialectical Mediation (MMD), which consists in four steps or pedagogical moments, *rescuing problem posing, systematizing and producing*. This theoretical option considers the educational work as a relationship involving teaching, learning and contents, which are taken as independent moments tightly connected to the ongoing work, instead of isolated elements or static terms. The aim of the present work is to clarify the Methodology of Dialectical Mediation and develop a class proposal according to the MMD approach to the problem of the free falling bodies (gravity, material means and shape). To evaluate the methodology, questionnaires were applied after experiments, with the involvement of students at each predominant moment. The results suggested that the MMD, combined with experimental activity, is a tool that enhances the overcoming of immediate knowledge, allowing students to reach a better understanding of the scientific knowledge.

Keywords: physics education, methodology of dialectical mediation.

1. Introdução

Não é raro encontrarmos professores preocupados com a dinâmica do ensino de ciências no Brasil, reflexo da falta de condições adequadas de trabalho de nossos docentes. Tais dificuldades passam por um modelo eliminador da contradição, que faz com que a pesquisa seja vista como algo para iniciados, longe dos alunos, tirando a possibilidade da atividade intelectual produtora

da mesma. Os especialistas da Educação questionam a falta de teoria e conhecimento dos professores para o desenvolvimento do conteúdo selecionado, mas teoria não é método.

De posse da teoria, percebemos que o ato de ensinar não é tão simples. Deve envolver um compromisso entre o ensinar e o aprender, mediante a transformação do conceito científico em tema de ensino a fim de que ele se torne possível de ser ensinado, compreensível, e pre-

E-mail: pbelchior@gmail.com.

servador do saber científico. Nos processos atualmente utilizados, as partes constantes do processo, das várias ciências de referência, são trabalhadas, entretanto o ambiente como um todo não o é, deixando de lado uma palavra fundamental, a relação.

Essa transformação ocorre quando recorremos ao modelo de aula de compreensão, expresso na Metodologia da Mediação Dialética (MMD), na qual o processo de organização metodológica do conteúdo de ensino tem papel fundamental, pois, através dele, conseguimos gerar contradições entre o saber anterior (mediato) e o saber (re)elaborado (mediato), provocando a superação, ou seja, a aprendizagem através de sínteses [1].

2. Conceito físico

Física pode ser definida como ciência das propriedades da matéria e das forças naturais. Na verdade, o termo vem do grego *physiké* e significa natureza. A física antiga, chamada grega ou aristotélica, embora cientificamente superada, é de grande importância para o ensino da física e das ciências, uma vez que, como cita Serzedello *apud* [2]: “(...) muitos dos conceitos ditos espontâneos, que os alunos trazem para a sala de aula, nada mais são que pensamentos aristotélicos, interpretações baseadas no senso comum, naquilo que os sentidos mostram”.

O filósofo Aristóteles foi fundamental para que a física e as demais ciências ganhassem um maior impulso na Antiguidade, gerando contribuições e idéias sobre o movimento, a queda de corpos pesados (graves) e o geocentrismo. Segundo a filosofia de Aristóteles, os corpos caem para chegar ao seu lugar natural, seguindo a premissa natural da Antiguidade, período no qual se consideravam elementos primários a terra, a água, o ar e o fogo. Assim, por exemplo, quanto mais pesado um corpo (mais terra) mais rapidamente chegaria ao chão e a água espalha-se pelo chão porque seu lugar natural seria a superfície terrestre. Esse modelo de pensamento, ou seja, a lógica de Aristóteles irá predominar nos estudos físicos até o final da Idade Média, quase como uma afirmação sagrada.

Por volta de 1500, os cientistas criaram um sistema de análise chamado de método experimental, a base do método científico, sendo que Galileu Galilei pode ser considerado o elo de transição entre a física medieval e a física moderna. Podemos dizer que Galileu era um verdadeiro físico experimental, mas também era adepto de experiências ideais, ou seja, imaginadas (experiências de pensamento) [3]. Segundo a história contada, Galileu deixou cair uma bala de canhão e uma de mosquete, cerca de cem vezes mais leve, do alto da Torre de Pisa, na Itália. Assim, chegou à conclusão de que dois corpos abandonados, ao mesmo tempo e de uma mesma altura, chegam juntos (simultaneamente) ao solo, mesmo que tivessem pesos diferentes.

Mas devemos admitir que essa afirmação é surpreendente. Galileu chegou à conclusão de que, quando a resistência do ar é muito pouca, os corpos diferentes soltos da mesma altura caem juntos e atingem o chão ao mesmo tempo. Isso, a princípio, pode parecer um absurdo. Notar que a distinção entre massa e peso não foi considerada. Se o experimento for realizado de forma sistemática e técnica qualquer tipo de influência ao movimento dos corpos deve ser eliminada. Assim, como a atmosfera influencia o movimento dos corpos em queda (alterando seu movimento), devemos controlar esse problema com mais eficiência, eliminando-se a atmosfera ou, pelo menos, tornando desprezível seu efeito sobre o movimento dos corpos. Para isso, é usada uma bomba de sucção que retira quase todos os gases presentes num recipiente chegando ao que chamamos de vácuo. Ao compararmos a queda de dois corpos, faz-se medidas das distâncias percorridas em cada intervalo de tempo, utilizando-se de uma lâmpada estroboscópica (aquela usual em discotecas) para fotografar em intervalos de tempo definidos [4].

Observa-se que as duas bolas caem simultaneamente, tal como afirmou Galileu. E, uma vez que caem juntas, podemos medir a distância por elas percorrida em cada intervalo de tempo, verificando que essa distância é a mesma. Contudo é preciso notar que a distância entre duas posições sucessivas vai aumentando. E, se elas percorrem, a cada intervalo de tempo, distâncias cada vez maiores, significa que a velocidade está aumentando. E se a velocidade varia no tempo significa que existe uma aceleração. Dos muitos acadêmicos [4, 5] sabemos que independentemente da massa e desprezando a interferência da atmosfera, a velocidade dos corpos em queda, perto da superfície da Terra, aumenta de 9,8 m/s a cada segundo: a chamada aceleração da gravidade (*g*). Assim, todo movimento retilíneo de queda, que ocorre nas proximidades da superfície da Terra, passa a ser chamado de queda livre, com sua velocidade variando sempre da mesma forma no tempo, ou seja, a aceleração é constante.

No cotidiano, o ar e os outros gases presentes na atmosfera resistem a movimentos realizados dentro deles: quando um corpo se move em contato com um líquido ou um gás, esses meios aplicam ao corpo forças que se opõem ao movimento. Outro ponto envolve o fato de que a velocidade de queda também aumenta ao atingir um valor limite. Também pode-se afirmar que na abertura de um paracaídas, por exemplo, a força de resistência se torna muito maior devido ao formato e ao tamanho do mesmo. Com isso, sua velocidade cai rapidamente atingindo valores menores que 10 km/h, seguros o suficiente para uma aterrissagem tranquila.

De posse dessas informações, podemos perceber a engenhosidade do mestre Galileu: o cientista utilizou dois corpos com formas semelhantes, restringindo o efeito da resistência da atmosfera (a resistência do ar), demonstrando que, apesar de massas diferentes, a al-

tura da queda sendo igual e sabendo-se que a aceleração atua sobre cada um também de forma idêntica, os corpos chegariam ao mesmo tempo ao chão nas proximidades da superfície terrestre. E assim, finalizando, percebemos que o observar como, quando e em que situação um fenômeno ocorre (passos de Galileu) é de fundamental importância no processo de aprendizagem de uma criança.

3. Metodologia da Mediação Dialética (MMD)

A indagação necessária e atual que se lança aos educadores é sobre a melhor forma de serem trabalhados os conteúdos das ciências com significado, significância e utilidade. Uma das alternativas seria seguir a proposta da mediação dialética como metodologia de ensino-aprendizagem [1]. Tal processo possui sólido embasamento teórico-filosófico, valorizando a ação crítica do ser social, mergulhado na mediação dialética de dois pólos de tensão fundamentais: teoria e prática.

Arnoni [6] indica a necessidade da superação da práxis comum, aquela decorrente de fatos do cotidiano, que oculta a essência do fato. A superação ocorre pela tomada de consciência do sujeito de sua possibilidade de transformar a realidade, chegando a uma práxis superior (crítica). Assim, como qualidade da práxis humana, podemos citar duas formas de conhecimento da coisa (objeto): a representação e o conceito. Portanto, na superação do conhecimento sensível e intuitivo (representação) pelo racional e teórico (conceito) ocorre também a superação da práxis comum pela crítica, ou do pensamento comum pelo pensamento racional, salientando-se a importância do ponto de partida (pensamento comum), fundamental para atingir o ponto de chegada (pensamento crítico).

A autora discorre também sobre a idéia do todo, de sua compreensão dialética e chega a um ponto de vital importância: as partes devem ter conexão entre si e com o todo. Além disso, esse citado todo deve ser dinâmico, pois o todo se cria na interação com as partes. Superando a mística de que os que pensam desenvolvem a práxis, e os que executam desenvolvem a prática, Arnoni enfatiza que todo agir prático do sujeito constitui uma práxis, partindo do princípio que todo ser social histórico age e pensa criando suas representações do contexto, variando-se apenas o grau de consciência do sujeito em relação ao pensar e o agir.

Ainda segundo Arnoni, o processo é um fluir teórico, propondo uma transformação qualitativa do conhecimento inicial, imediato, quando ainda não foi compreendida a realidade, em saber mediato (conhecimento crítico e dialético) transformador da realidade. Sintetizando-se, podemos definir a Metodologia da Mediação Dialética (MMD) como a proposição metodológica formada por um processo de ensino que potencializa o processo de aprendizagem do aluno, permitindo ao professor, no seu

ato de preparar o conteúdo, a partir da transformação do conceito científico em conteúdo de ensino, desenvolver um planejamento e uma avaliação crítica do processo de ensino e interferir no processo de aprendizagem, permitindo a elaboração do conhecimento pelo aluno.

De acordo com Arnoni *apud* [7]: “(...) didaticamente, a Metodologia da Mediação Dialética é composta por momentos pedagógicos (etapas) denominados de Registrar/Registrando; Problematizando; Sistematizando e Produzindo”. Explicitamente, o registrando é a busca de um ponto de partida, o imediato do aluno sendo compartilhado com o professor; o problematizando coloca o aluno em contradição, ao mostrá-lo divergências entre o seu saber (imediato) e o conteúdo de ensino (mediato). A sistematização não ocorre pela simples problematização do aluno: a intervenção do professor é fundamental para que haja a superação e posterior interiorização do saber, culminando-se com o produzindo, através do qual, o professor tem em suas mãos o termo de avaliação do processo.

Assim, podemos concluir que a prática educativa (no sentido de práxis educacional particular) é uma palavra-chave nesse método proposto. Nela está contida a tensão máxima que possibilita o processo ensino e aprendizagem, essa relação fundamental pedagógica. Desse modo, a aula é também muito mais do que o que ocorre dentro das quatro paredes, é um processo que se inicia no planejamento (fundamentação teórica, transformação do conceito científico em conteúdo de ensino e um plano de aula), se desenvolve (a aplicação do processo na sala de aula) e culmina em um sistema funcional de avaliação (*feedback*).

4. Objetivos

O objetivo do presente trabalho foi explicitar a Metodologia da Mediação Dialética aplicada a conteúdo de física e desenvolver uma proposta de aula abordando-se a temática da queda dos corpos (força gravitacional, meio material e forma dos corpos). A intencionalidade visa a compreensão do aluno da importância da forma dos corpos no processo de queda (e no de manutenção de um voo) no meio material ar.

5. Parte experimental

O trabalho contou com os seguintes materiais para o seu desenvolvimento: bolinha de borracha, bolinha de tênis de mesa (*ping-pong*), bolinha de aço e bolinha de papel, além de folhas de papel e fita adesiva. Os experimentos e questionários foram articulados visando obter o envolvimento dos alunos (anostragem de 22 indivíduos aplicada em uma escola estadual da cidade de São José do Rio Preto – SP) em cada uma das etapas predominantes da MMD. O experimento desenvolvido

teve por objetivo responder as perguntas mais comuns como:

Será que os alunos têm a real noção de que isso ocorre? Ou será que avaliarão segundo o senso comum de que corpos mais pesados caem primeiro? Ou será que surgirá outra hipótese? Assim, com o auxílio da professora regente da sala, os alunos foram divididos em grupos. Seguindo-se cada um dos momentos predominantes da MMD:

*Resgatando - No início são utilizadas somente as bolinhas de aço e papel, que são mostradas aos grupos de alunos formados. Cada aluno de cada grupo pode pegar na mão e "sentir" o peso de cada uma das bolinhas. Um momento importante é o ato de recolher as bolinhas, que não podem permanecer com os alunos. Em seguida é pedida uma atividade individual: desenhá-lo, respondendo qual bolinha pode chegar ao chão primeiro. Depois, os desenhos são recolhidos e pregados na lousa, efetuando-se o comentário dos mesmos.

*Problematizando - Neste momento ocorre uma intervenção do professor apresentando uma situação que contradiz o que foi falado na etapa resgatando, ou seja, ao soltar a bolinha de aço e a de papel, ao mesmo tempo, mostram que chegam juntas. Após, na atividade individual permite-se deixar os alunos também soltarem as bolinhas (aço e papel), sendo que nesta hora o professor pergunta o porquê do ocorrido. Neste momento inicia-se, pelo professor, o levantamento de hipóteses, por exemplo, se seria devido ao material (uma preparação para o sistematizando).

*Sistematizando 1 - Ao voltar aos grupos e montar a sequência de práticas envolvendo as quatro bolinhas de diferentes materiais, segue-se o procedimento de soltar as bolinhas de uma mesma altura e observar qual deve chegar primeiro ao chão. A atividade em grupo envolve folhas de respostas distribuídas por grupo e a observação de que se as bolinhas podem chegar juntas, o questionário deve ser marcado com x nos dois espaços.

*Sistematizando 2 - Ao voltar aos grupos e montar a sequência de práticas há uma mudança: o material é só papel. A atividade em grupo envolve novas folhas de respostas distribuídas por grupo e novamente a folha em branco, individual, repetindo-se a observação de que se as bolinhas chegarem juntas, o questionário deve ser marcado com x nos dois espaços. Cada um dos grupos que termina um teste marca a resposta, observando-se a sequência:

1º) Soltar a bolinha de papel e a folha aberta;

2º) Soltar a bolinha e a folha dobrada uma vez;

3º) Soltar a bolinha e a folha dobrada duas vezes e assim sucessivamente.

A proposta é desenvolver uma atividade, interagindo-se algumas perguntas pertinentes entre os experimentos dos grupos.

*Produzindo - O produzindo visa verificar a eficiência do sistematizando ao pedir uma produção do aluno que contemple a temática trabalhada durante a aula.

Assim, a indicação aos alunos de uma finalidade para o processo desenvolvendo até o momento deve ser reforçada, por exemplo: falar aos alunos que o conteúdo trabalhado serve para muitas coisas, entre elas para o projeto de um avião. A atividade envolve novas folhas em branco, individual, para o seu desenvolvimento: fazer um aviãozinho de papel e soltar na classe junto com uma bola de papel amassada (do experimento anterior). Depois, há a comparação da bolinha de papel com o avião feito por cada um deles, através de outra atividade: desenhar o último experimento (avião e bolinha de papel) e escrever o que acontece (por quê?).

6. Resultados e discussões

6.1. Resgatando

Este é o momento de fazer aflorar as representações do sujeito em relação ao conteúdo em estudo. As elaborações geradas nessa etapa caracterizam aspectos do saber imediato, considerado como ponto de partida do processo de ensino.

Após uma apresentação e introdução da temática por meio de uma história sobre ciências e descobertas científicas, iniciou-se o procedimento da aula proposta efetivamente. Assim, a proposta da etapa do resgatando sobre a temática da queda dos corpos e o que influencia tal fato envolveu a distribuição de, inicialmente, duas bolinhas de materiais diferentes (aço e papel) para que os alunos pudessem tocá-las (e "sentissem" o seu peso). Após tal procedimento as mesmas foram recolhidas e perguntou-se aos alunos: ao soltar as duas bolinhas ao mesmo tempo e de uma mesma altura, qual chegará primeiro ao chão? Houve um uníssono de todos: a de aço.

Responderam praticamente da mesma forma, achando muito fácil, como por exemplo: "a bolinha de aço é mais pesada, logo cai primeiro...". Alguns até ritaram, acharam a pergunta bobá: "(que) era lógico...". Duas alunas não concordaram, achando que a bolinha de papel cairia primeiro: "como o papel é mais leve, ele sobe mais e assim tem mais facilidade para descer também...".

Foi então distribuída uma folha para que os alunos desenhassem os dois momentos citados: em um quadro superior, as duas bolinhas no alto lado a lado e em um segundo momento qual bolinha chegaria primeiro ao solo. Exemplos são mostrados na Fig. 1.

Pela observação dos desenhos, percebemos que o senso comum predominou. A maioria dos desenhos mostrou a bolinha de aço "chegando primeiro" que a de papel, corroboreando com o que era esperado, ou seja, para as crianças o peso é fator preponderante na queda dos corpos. Salienta-se que duas alunas pensaram de forma diferente: desenharam a bolinha de papel chegando antes da de aço; suas explicações seguiram pelo caminho inverso, afirmando que ao ser mais leve o pa-

pel "flutua" e sobe mais rápido, assim pode descer mais rápido também.



Figura 1 - Dois exemplos de desenhos dos alunos na etapa do Resgatando.

6.2. Problematizando

Como afirmado, a intervenção do professor foi efetuada apresentando-se uma situação que contradiz o resgatando, ou seja, ao soltar a bolinha de aço e a de papel ao mesmo tempo foi demonstrado que as mesmas chegaram juntas. Foi permitido que os alunos também soltassem as bolinhas (aço e papel), sendo que nesta hora o professor perguntou o porquê do ocorrido.

Neste momento iniciou-se pelo professor o levantamento de hipóteses: será que foi devido ao material? (preparação para o sistematizando). O importante foi questionar o saber imediato (resgatando), na perspectiva do saber imediato pretendido (saber científico), explicando-se a contradição entre ambos, isto é o problematizando, momento que apresentou para a criança, pela ausência do conceito, uma contradição da chegada ao mesmo tempo das bolinhas citadas. Tal fato Galileu comprovou ao utilizar dois corpos com formas semelhantes, restringindo o efeito da resistência da atmosfera (a resistência do ar), podendo demonstrar que, apesar de massas diferentes, a altura da queda sendo igual e sabendo-se que a aceleração, como demonstrado, atua sobre cada um também de forma idêntica, os corpos chegariam ao mesmo tempo ao chão nas proximidades da superfície terrestre.

As respostas encontradas são as mais variadas, como: "(...) as bolinhas de papel e aço chegam juntas porque tem alguma ligação...". Então acrescentamos se valeria então somente para aço e papel, para a qual tivemos a resposta categórica: "É...".

Continuamos então afirmando que se por acaso soltássemos uma bolinha de aço e uma de ping-pong, qual chegaria primeiro. A resposta de um dos alunos indicou a linha de raciocínio predominante: "A de aço, lógico, é mais pesada que a de ping-pong, que é vazia...".

E ainda continuamos na pesquisa perguntando o que ocorreria se fosse uma de borracha e uma de aço, para a

qual a resposta dos alunos pode ser exemplificada por: "Ah... a de aço também porque é mais pesada...". Alteramos os materiais e proseguímos perguntando se fosse uma de borracha e uma de ping-pong. A resposta de um dos alunos foi: "Ah, aí é a de borracha que chega primeiro, porque a de ping-pong é muito leve e a borracha puta...".

Neste momento a intervenção do professor é muito importante para que haja um levantamento de hipóteses, ou seja, uma preparação para a sistematização, pois o problematizando coloca o aluno em contradição ao mostrar para ele as divergências entre o seu saber (imediato) e o conteúdo de ensino (mediato), mas salientando-se que a sistematização não ocorre pela simples problematização do aluno.

6.3. Sistematizando 1

Como já enfatizado, a sistematização não ocorre pela simples problematização do aluno: a intervenção do professor é fundamental para que haja a superação e posterior interiorização do saber. Assim, é importante trabalhar aspectos do saber científico provocando a superação do imediato no mediato, propiciando ao aluno a elaboração de novas sínteses.

A observação da Tabela 1 indica que os grupos perceberam que chegavam juntas as bolinhas, ao menos na maioria das vezes. Três grupos ainda marcaram que uma delas chegava primeiro, mas devido a algo que somente foi percebido no momento e que é alvo de uma observação: como explicar que não é preciso sempre um ganhar?

Como havíamos pedido para repetirem o experimento ao menos cinco vezes (idéia de média aritmética empírica, mas não citada), percebemos também que os alunos usavam a seguinte regra: contavam quem "ganhava" em cada experimento e consideravam aquele que chegava primeiro, mas vezes; por exemplo, aço "ganhou" três vezes e borracha "ganhou" duas vezes, escollham o aço.

Usamos este momento para falar que se ambas chegaram primeiro em alguma oportunidade, também poderia chegar em primeiro lugar ao chão e todos concordaram com esta colocação. Acrescentamos que isto ocorre porque há um deslize entre uma bolinha e outra no momento de serem abandonadas de certa altura, ou seja, se a de borracha estiver um pouco mais para baixo, chegará primeiro, mas se for a de aço esta última chegará então em primeiro lugar e novamente todos concordaram.

Também citamos que se demonstramos em soltar, uma em relação à outra, há diferenças. Se a de borracha começar a cair antes da bolinha de aço, ela chegará primeiro e assim todos concordaram. Então quando soltamos as bolinhas de uma mesma altura e ao mesmo tempo elas devem chegar juntas: soltamos juntas, chegam juntas! Finalmente todos concordaram.

Tabela 1 - Resultados obtidos para a etapa Sistematizando 1*.

Bolinha/ grupos	1	2	3	4	5	6
Ping-Pong	()	()	(X)	(X)	(X)	()
X						
Papel	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)
Borracha	()	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)
X						
Aço	(X)	()	(X)	(X)	(X)	()
Ping-Pong	(X)	()	(X)	(X)	(X)	(X)
X						
Aço	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)
Borracha	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)
X						
Papel	()	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)
Borracha	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)
X						
Ping-Pong	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	()

6.4. Sistematizando 2

A proposta foi desenvolver a atividade intercalando-se perguntas entre os experimentos dos grupos, na sequência:

- 1) Quem vai chegar primeiro? A bolinha ou o papel aberto?
- 2) E agora, dobrando uma vez? Quem chega primeiro?
- 3) E agora, dobrando mais uma vez? Quem chega primeiro?
- 4) A folha agora demorou o mesmo tempo para chegar até o chão?

Tabela 2 - Resultados obtidos para a etapa Sistematizando 2

Material/ Grupos	1	2	3	4	5	6
Bolinha	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)
X						
Aberto	()	()	()	()	()	()
Bolinha	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)
X						
Dobrado 1 Vez	()	()	()	()	()	()
Bolinha	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)
X						
Dobrado 2 Vezes	()	()	()	()	()	()
Bolinha	(X)	(X)	(X)	(X)	()	()
X						
Dobrado 3 Vezes	()	()	()	(X)	(X)	(X)
Bolinha	(X)	(X)	(X)	(X)	()	(X)
X						
Dobrado 4 Vezes	()	()	()	(X)	(X)	(X)
Bolinha	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	()
X						
Dobrado 5 Vezes	()	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)

Percebemos, a partir da terceira rodada de “dobramentos” que a confusão se instalou, pois cada um começou a encontrar ganhadores que são diferentes, mas o que ocorreu? A explicação é a mesma usada anteriormente no Sistematizando 1 para as bolinhas de materiais diferentes.

6.5. Produzindo

Neste momento o intuito é expressar a síntese do trabalho educativo, o saber aprendido. Esta síntese representa o ponto de chegada do trabalho educativo. Possivelmente, com maior grau de complexidade que as representações inicialmente apresentadas (resgatando).

É um ponto provisório de chegada que se torna imediatamente um novo ponto de partida e o ciclo não se fecha, pois, o ponto de chegada (produzindo) tem prioridades diferentes do ponto de partida (resgatando) e, por permanecer aberto, cria possibilidade para que novos ciclos se iniciem, na perspectiva da mediação dialética.

Assim, o produzindo visa verificar a eficiência do sistematizando, ao pedir uma produção ao aluno que contemple a temática trabalhada durante a aula. Como já afirmado, foi dito para os alunos que o que nós havíamos aprendido serviria para muitas coisas, entre elas para o projeto de um avião e foi feito o pedido de duas atividades, como seguem alguns dos desenhos da Atividade 2, Figs. 2 e 3:

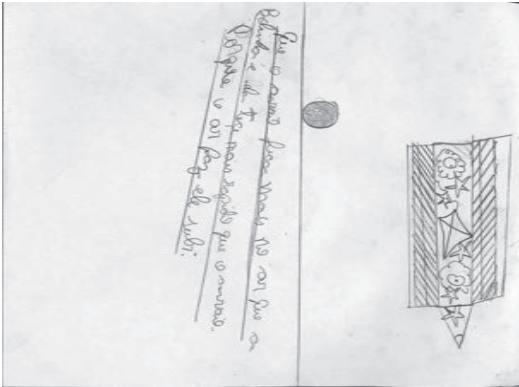


Figura 2 - Escrita do aluno: “Que o avião fica mais no ar que a bolinha e ela desce mais rápido que o avião. Porque o ar faz ele subir”.

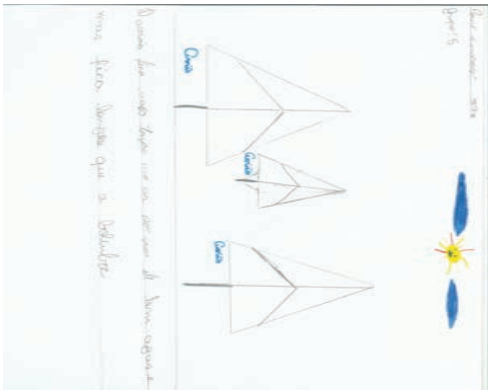


Figura 3 - Escrita do aluno: “O avião fica mais tempo no ar porque ele tem asas e mas fica longe que a bolinha”.

A observação dos desenhos indica que a percepção de queda pela forma do objeto foi fixada, além das explicações serem coerentes com o conteúdo científico trabalhado no experimento desenvolvido. Não houve necessidade de decorar o conceito, nem ceifar o conhecimento prévio dos alunos, mas apenas trabalhá-lo de forma que a fixação ocorresse naturalmente pelo próprio movimento do aluno.

Assim, supera-se o modelo tradicional, que privilegiava um conhecimento acabado, descontextualizado, sem história, cuja verdade única é atingida por ação da repetição e utilização irrestrita da memória, a “decoreba”. Esse modelo formal, eliminador da contradição faz com que a pesquisa seja vista como algo para iniciados, extremamente longe dos alunos, tirando a possibilidade da dívida intelectual, produtora da pesquisa, ser explorada de forma adequada e plena.

A relação entre alunos e professores não pode ser hierárquica, com dominação e subordinação inerentes, cabendo papel fundamental à mediação. Como o mundo dos alunos está diretamente relacionado ao seu cotidiano, cabe ao professor fornecer as condições para o aluno chegar ao método, via superação, ou seja, sem uma boa preparação da aula tanto o professor quanto o aluno não conseguem sair do imediato.

Assim, Arnoni *apud* Almeida [1] indica que a relação professor-aluno, via Ontologia do Ser Social e da mediação, coloca os termos em situação de opostos não antagônicos, não atenuando a igualdade, pois um nega o outro, ao mesmo tempo em que se explicam e se complementam: o professor não pode aprender com o aluno e o aluno não pode ensinar o professor, pois o ensinar

está no plano mediato e o aprender no imediato.

Ainda de acordo com Almeida, o professor ensina e o aluno aprende porque ensino e aprendizagem são relações distintas: o ensino é a relação do professor com o conhecimento (mediato) e a aprendizagem é a relação do aluno com o conhecimento (imediato). Desse modo, percebemos que não há relação de mediação entre ensino e aprendizagem, pois somente ocorre mediação entre o ser humano e a natureza, ou entre seres humanos, ao qual está inserido o processo educativo.

7. Conclusões

Nesse projeto, os experimentos foram planejados e conduzidos segundo a Metodologia da Mediação Dialética, os quais foram considerados como atividades de problematização do conteúdo de ensino, que além de resgataram o saber cotidiano do aluno, geraram a contradição, explicitando as divergências existentes entre o saber imediato e o saber científico em estudo (saber mediato). Desse modo, a contradição potencializou a superação do saber imediato no mediato e possibilitou que o aluno elaborasse sínteses, o saber efetivamente aprendido.

Como dinâmica de aula proposta, acreditamos que seja uma das melhores alternativas de ensino, senão a melhor, pois alia na alternativa o ensino-aprendizagem através de uma metodologia organizacional do conteúdo de ensino, permitindo ao professor avaliar, diante de seu conhecimento, onde o aluno está (saber imediato) e onde deve chegar (saber mediato) e, mais importante, permitir que o aluno construa o seu saber (superação e posterior síntese) através do Resgatando, Problema-

tizando, Sistematizando e Produzindo da MMD.

Assim, o presente trabalho demonstrou um novo olhar no ensino de ciências, em especial na disciplina de física, a qual é normalmente parte do grupo das disciplinas temidas pelos alunos. Diante de um projeto envolvendo conteúdo científico e metodologia de ensino intimamente articulados, os alunos têm a oportunidade de realmente aprender através de suas próprias sínteses em relação à temática apresentada (queda dos corpos), o que é observado, de forma clara, no último momento (produzindo) indicando a potencialidade do método apresentado.

Referências

- [1] J.L.V. Almeida, M.E.B. Amioni e E.M. Oliveira, *Mediação Dialética na Educação Escolar: Teoria e Prática* (Edições Loyola, São Paulo, 2007).
- [2] M. Serzedello, in: *Sala de Aula: Ensino e Aprendizagem*, org. por M.A. Granville (Papirus, São Paulo, 2008).
- [3] M. Schenberg, *Pensando a Física* (Landy Editora, São Paulo, 2001), 3ª ed.
- [4] Fundação Roberto Marinho, *Talcurso2000 (2ª grau): Física* (Globo, Rio de Janeiro, 1996).
- [5] N.G. Ferraro e P.A.T. Soares, *Física Básica: Volume Único* (Atual Editora, São Paulo, 1998).
- [6] M.E.B. Amioni, in: *Perspectivas Contemporâneas da Filosofia da Educação*. Coletânea de Textos do I Simpósio Internacional em "Educação e Filosofia", org. por P. Paqui (FFC/Unesp Marília, 2006), CD-ROM.
- [7] M.E.B. Amioni, *Revista Unorp* **8**, 41 (2004).

O laboratório virtual: Uma atividade baseada em experimentos

(Virtual laboratory: An experimental-based educational activity on mechanics)

Monaliza Fonseca¹, Nora L. Maidana¹, Elizabeth Severino², Suelen Barros¹,

Glauco Senhora¹, Vito R. Yamin¹

¹ Instituto de Física, Universidade de São Paulo Cidade Universitária, São Paulo, SP, Brasil

² Colégio Santa Cruz, São Paulo, SP, Brasil

Recebido em 27/2/2013; Aceito em 27/5/2013; Publicado em 30/10/2013

O Laboratório Virtual, enquanto estratégia de ensino, tem a finalidade de complementar a ação docente em sala de aula, a fim de trabalhar conceitos abstratos de maneira experimental. Para isso, filmamos sistemas reais com o objetivo de observar todo o movimento do objeto em estudo junto com um instrumento que possibilitou a medida de sua posição. Posteriormente, incorporou-se ao vídeo um código de tempo, de modo que, ao transformar-se o filme em quadros independentes, as imagens extraídas permitiram medir a posição ocupada pelo corpo em instantes sucessivos e conhecidos. Com a tabela de posição por tempo, toda a evolução dinâmica do sistema pode ser obtida. O projeto foi desenvolvido e aplicado em disciplinas de mecânica no curso de Licenciatura do Instituto de Física da Universidade de São Paulo. O Laboratório conta com experimentos sobre movimentos de translação, rotação e de fluidos, dos quais foram usados para exemplificar a proposta de construção desse laboratório, suas motivações iniciais, o processo de concepção de um experimento, suas etapas de filmagem, edição e disponibilização em um ambiente virtual, que pode ser acessado em <http://www.fep.if.usp.br/~fisfoto>. Explicaremos o uso pedagógico do laboratório virtual fornecendo detalhes sobre o modo de acesso aos dados e guias de estudo, a etapa de coleta dos dados pelos estudantes e a proposta de análise. Mostraremos resultados típicos obtidos dos experimentos, tanto do ponto de vista de interpretação dos fenômenos em si quanto da maneira como os estudantes internalizaram os diversos conteúdos envolvidos, que vão dos princípios físicos e interpretação estatística das informações obtidas ao uso de planilhas de cálculo, métodos de redução de dados e redação de sínteses e relatórios.

Palavras-chave: laboratório virtual, experimentos filmados, ensino de mecânica.

The Virtual Laboratory is a complementary educational activity which aims to work with abstract concepts from an experimental point of view. Real systems were recorded to show the whole motion of an object along with an instrument for position measurement. A time code was added to the recorded video; hence the object position can be measured at known times in the extracted frames. From the position vs. time table, the dynamical evolution of the system can be obtained. This project was developed and applied to Bachelor of Education degree students of the Instituto de Física - Universidade de São Paulo. This Laboratory includes experiments on translational, rotational and fluid motion, from which two were used to describe the initial motivation for the laboratory development, the steps taken to build an experiment, from its conception to recording, editing, and making it available through a virtual interface, which can be accessed by the URL <http://www.fep.if.usp.br/~fisfoto>. We will explain the pedagogical character of the virtual laboratory, and detail the access path to page content, study guides, and data, as well as the analysis proposed to the students. Typical results achieved with this experiment will be shown, both on the physical phenomenon interpretation and on the way the students internalize different aspects, ranging from physical concepts to statistical interpretation of the information to dataset calculation, data reduction methods and report preparation techniques.

Keywords: virtual laboratory, recorded experiments, teaching mechanics.

E-mail: nmaidana@if.usp.br.

1. Introdução

O computador é uma ferramenta que revolucionou o dia a dia da nossa sociedade e está sendo incluído no contexto escolar para os mais diversos usos. Os jovens estão cada vez mais conectados, buscando novas formas de comunicação e interação com os outros. Por isso, surge a necessidade de potencializar o uso da Internet para fins educativos [1]. Seus inúmeros recursos, se bem aproveitados, podem servir de suporte às aulas teóricas. A inserção dessa tecnologia no ensino, em especial de Física, vai de encontro à necessidade cada vez maior do professor de tornar o conhecimento científico mais atrativo para os alunos [2]. Dentre as diversas estratégias possíveis para o ensino, a que receberá destaque neste trabalho é o laboratório didático, reformulado de modo a adequá-lo às novas tecnologias. O laboratório virtual pode ser pensado de duas maneiras diferentes, por um lado *simuladores*, que recriam situações físicas idealizadas de modo a facilitar a interpretação de um fenômeno físico e, por outro, os *experimentos filmados*, que usam situações físicas reais filmadas, e podem servir de base a uma análise tanto qualitativa como quantitativa. Neste trabalho, faremos uso de filmes para análises quantitativas de alguns dos fenômenos físicos abordados em disciplinas básicas de Mecânica.

A ideia do Laboratório Virtual surgiu de professores de mecânica no curso de licenciatura do Instituto de Física da Universidade de São Paulo, dada a necessidade de fornecer exemplos da teoria que lvessem base concreta e permitissem criar degraus com nível intermediário de abstração para a compreensão do conteúdo. Essa necessidade era acentuada pela falta, no currículo, de disciplinas experimentais com conteúdo correspondente ao das aulas teóricas. O laboratório virtual era uma maneira de complementar as aulas em sala com atividades baseadas no comportamento real dos objetos.

Muitos trabalhos já foram desenvolvidos no sentido de criar um ambiente virtual para atividades de laboratório, por exemplo, Yang e Heh [3], Barbetta e Yamamoto [4] e Presoto *et al.* [5] utilizam filmagens de situações reais para servir de apoio à criação de gráficos e análises quantitativas a partir de um *software*. No entanto, esses trabalhos diferem do que apresentaremos aqui na extração dos dados do vídeo, que os próprios estudantes fazem por meio de observação dos quadros extraídos do filme, o que dispensa o uso do *software*, que o estudante não controla: ele vê a posição do objeto na foto e, no relógio, o instante do evento.

O intuito do nosso laboratório virtual é mostrar como a teoria vista em sala de aula se aplica a uma situação concreta por meio de filmes de experimentos reais. Trata-se da produção e uso de uma ferramenta de aquisição de dados experimentais, com medições de posição, tempo e massa, que posteriormente são usados para as análises propostas, aproximando-se de um

laboratório didático convencional. O conteúdo físico presente nas referidas atividades cobre desde Leis de Newton, leis empíricas do atrito e leis de conservação de grandezas físicas do movimento, até o estudo de movimentos circulares e da dinâmica de rotação como giroscópios, rodas de inércia e situações de rolamento com e sem escoreamento. Os recursos e programas do computador, como ferramentas didáticas, serão essenciais na disponibilização do material, realização de cálculos com planilhas e preparação de gráficos.

O desenvolvimento desta metodologia de trabalho começou em 2004 com um grupo que fazia parte do PROMAT – Programa de Apoio à Produção do Material Didático da Pró-Reitoria de Graduação da USP, cujos integrantes eram professores, alunos da graduação e pós-graduação do Instituto de Física e da Escola de Comunicação e Artes (ECA). A partir de 2007, o Laboratório Virtual passou a ser desenvolvido exclusivamente por alunos do Instituto de Física, selecionados pelo programa intitulado EPA – Ensinar, Pesquisar e Aprender, também da Pró-Reitoria de Graduação, em especial nos projetos denominados Experimentos Virtuais em Disciplinas Teóricas de Mecânica e Experimentos Virtuais de Mecânica [6, 7] e coordenados por professores desse instituto.

Apresentaremos, por meio de dois exemplos, o método geral de construção das experiências alocadas na página <http://fep.if.usp.br/~fisfoto> e os recursos computacionais que permitem estudar aspectos fundamentais da física básica por meio de medidas de grandezas físicas com filmagens de sistemas reais, o que posteriormente pode promover a compreensão conceitual e operacional da teoria em estudo. A avaliação incluiu a comparação do aprendizado de estudantes que realizaram experimentos similares neste laboratório virtual e no laboratório convencional, inclusive com o levantamento das opiniões dos diferentes grupos.

2. Descrição do processo de criação

O grupo que elaborou este material foi constituído por dois professores coordenadores e de dois a quatro estudantes, que mudaram ao longo de vários anos.

O exemplo inicial corresponde à primeira experiência filmada, que abordou os conceitos de velocidade constante e variável. Para isso, usou-se um trilho de ar com dois carrinhos diferentes: um com vela e outro sem ela. A vela (semelhante à de um barco veleiro) impunha uma aceleração ao carrinho (contrária ao movimento, devido ao arrasto do ar), de modo que a velocidade variava no percurso filmado, ao contrário do outro, que não levava a vela. Essas filmagens estão no endereço http://fep.if.usp.br/~fisfoto/trilho_ar/trilho_f.htm.

Uma vez adquirido o conhecimento das técnicas aplicadas nas diferentes etapas do processo de desenvolvimento de um experimento virtual, desde a criação

e disponibilização na página mencionada até a aplicação em sala de aula, iniciou-se o período de realização de novas experiências. Dessas, selecionamos, para um segundo exemplo, o experimento acerca da conservação da energia mecânica, que também usou o trilho de ar, mas que precisa de uma análise mais sofisticada, porque as incertezas de medição exigem compreensão que a medida da energia flutua com o tempo, de modo estatístico, mesmo que a energia seja constante. As filmagens correspondentes estão no endereço <http://fep.if.usp.br/~fisfoto/energia/index.html>.

Nas reuniões do grupo, avaliavam-se quais dos assuntos dentre os conteúdos programáticos das disciplinas de mecânica poderiam ser explorados para exemplificar aquela teoria. Foram selecionados experimentos que não necessitam de materiais e equipamento sofisticados, envolvendo objetos familiares aos estudantes. Os passos seguidos consistiam em:

- Escolha do experimento e discussão de quais grandezas físicas poderiam ser determinadas a partir da montagem idealizada.
- Filmagem de todo o aparato experimental de modo a conseguir extrair os dados em uma análise posterior.
- Verificação da qualidade das medidas das grandezas de interesse, a partir dos quadros (fotos) extraídos dos filmes.

Se a qualidade das medidas era considerada adequada, o experimento era incorporado ao acervo com as seguintes etapas:

- Realização de novas filmagens com possíveis melhorias na qualidade do experimento.
- Elaboração dos roteiros, que instruiriam os alunos na realização das experiências.

Quando as medidas obtidas não tinham qualidade satisfatória, ou novos arranjos experimentais eram filmados até se obter dados com a qualidade desejada ou buscava-se outro experimento.

As condições favoráveis à filmagem foram de extrema importância: ambiente com boa iluminação, posicionamento correto da câmera, fundo adequado, entre outros, foram fatores que influenciaram a qualidade do material a ser empregado e facilitaram a leitura dos quadros por parte dos alunos.

2.1. Materiais

Os experimentos virtuais foram filmados com uma câmera digital² de boa qualidade que, além da boa resolução, permitiu a transferência dos arquivos para o computador. Nada impede o uso de filmadoras analógicas, contanto que seja possível transferir o conteúdo em um filme digital. Foi imprescindível o uso de um tripé ou alguma base que servisse de apoio para a câmera, a fim de evitar movimentos que prejudicassem a qualidade dos filmes.

²O modelo usado foi uma câmera Compact VHS, JVC Analógica. Pro-cision 5 Head System. Tela de 4" LCD color monitor.

No que diz respeito ao arranjo experimental, foi necessário prever os instrumentos que seriam usados pelo aluno durante a análise e adicionar fitas métricas, transferidores e outros materiais no campo de filmagem que permitissem a medição das grandezas estudadas.

2.2. Filmagem

Durante o processo de filmagem, levou-se em conta que todo o material seria acessado apenas pela página virtual, que precisaria, então, ser capaz de mostrar a totalidade do experimento. Para isso, foram realizadas dois tipos de filmagens: uma à distância, que permitia uma visão geral do arranjo experimental e seu funcionamento, e outra de perto (em *close*), que destacava o objeto estudado e o instrumento de medição usado na leitura das posições, lineares ou angulares conforme o sistema de interesse. Essa filmagem em *close* foi realizada de modo a manter o corpo em movimento (ou parte dele) dentro do campo de visão da filmadora, para que fosse possível medir as posições do objeto nos diferentes instantes de tempo, e minimizar o efeito de paralaxe, que poderia ser ignorado na análise.

As experiências foram idealizadas como aulas de laboratório, de maneira que distintas situações da mesma experiência devam ser dispostas na página, possibilitando seu uso por diversas turmas de alunos, e que cada grupo pudesse analisar uma experiência cujas condições fossem diferentes. Portanto, a filmagem foi repetida em diferentes situações para um mesmo experimento e, por isso, foi necessário marcar cada cena, para possibilitar a organização do material que iria ser alocado na página. Essas identificações das cenas também são importantes nos testes iniciais, possibilitando fazer posteriormente a correspondência entre os filmes e as condições escolhidas. Por isso, inseriu-se no começo de cada filmagem uma placa com o nome da situação e uma descrição das condições do experimento (uma *claquete*).

2.3. Edição

Existem trabalhos que tomam os dados do próprio vídeo por meio de um *software* específico [3-5], mas neste Laboratório Virtual a análise é realizada exclusivamente sobre os quadros extraídos do vídeo.

Para dar início ao tratamento do filme, inseriu-se um contador de tempo no vídeo gravado. Há vários programas com essa função, em especial neste trabalho usamos o *VirtualDub* [8], com o qual é possível marcar o tempo até os milésimos de segundo. Esse cronômetro digital, comumente chamado de *time code*, foi inserido de modo a ficar numa extremidade dos quadros do vídeo. Assim, toda vez que é acionado o comando *play*, a posição do objeto filmado e a contagem do tempo são vistas simultaneamente. A etapa seguinte foi o desdobramento do vídeo em fotos, com o contador já incorporado. Para

isso, existe a possibilidade de usar os programas *VirtualDub* ou o *Adobe Premiere* [9], os quais possibilitam a extração de quadros de um vídeo, cujos intervalos de tempo são iguais a 1/30 de segundo, o que significa que se obtém 30 quadros ou “frames” por segundo de filmagem. Quando o filme for todo transformado em quadros, cada um terá seu código de tempo, referente a um instante específico do movimento.

Em grande parte dos vídeos, cada *frame* é formado por 525 linhas divididas em dois campos, um deles formado pelas linhas ímpares e o outro, pelas pares, formando a imagem completa quando eles se entrelaçam. Quando está sendo realizada a filmagem, a câmera “varre a imagem” duas vezes, as linhas pares primeiro e, depois de todas elas, as linhas ímpares, de modo que o quadro é formado por duas imagens obtidas em instantes ligeiramente diferentes, gerando algo parecido com duas fotos sobrepostas. Em visualizadores de imagens comuns, essa defasagem não é percebida, no entanto, quando se divide o filme de um objeto em movimento em fotos com intervalos de tempo muito pequenos, esse efeito pode se tornar considerável. Nos casos em que as imagens ficaram borradas, resolvemos o problema com o *desentrelaçamento* da imagem, que elimina um dos campos. Optamos por desentrelaçar as fotos no momento em que elas eram extraídas do vídeo. No programa *Adobe Premiere*, escolhe-se a função “sempre desentrelaçar” e seleciona-se qual campo será mantido [10].

2.4. Disponibilização

Todo o material produzido, tanto os filmes quanto as fotos, estão disponíveis na página <http://www.fep.if.usp.br/~fisfoto>. Assim, foi necessário adequar o formato do vídeo para não sobrecarregar o servidor que hospeda a página dos experimentos virtuais e permitir que os usuários consigam visualizar os vídeos mesmo com uma conexão mais lenta. A opção escolhida foi codificar o vídeo no formato DIV-X, que não é um decodificador de vídeo encontrado na maioria dos computadores, de modo que normalmente é necessário fazer o *download* do *codec* (codificador-decodificador) para visualizar as filmagens através do Microsoft Windows Media Player ou programa similar.

A página do experimento virtual deve ser suficientemente bem organizada para que, quando o aluno navegue pela rede, consiga ter acesso a todo o conteúdo necessário à realização do experimento. No *link* citado acima é possível visualizar a página de abertura dos experimentos virtuais. Abas na parte superior permitem acessar cada conjunto específico de experimentos. Assim, na aba *Introdução* encontram-se experimentos que envolvem movimento linear, nos quais é possível estudar conceitos de atrito, força, conservação de quantidade de movimento e energia. Na aba *Rotação* existem experimentos usados no estudo de movimentos circula-

res como rodas de inércia, giroscópios e rolamentos com e sem escorregamento.

A fim de facilitar a compreensão dos alunos, a estrutura da página de cada experimento virtual possui elementos comuns (*Introdução, Roteto, Processo de Filmagem, Materiais, Filmes e Fotos*).

Na página de abertura de cada experimento, abaixo da foto que ilustra o mesmo, encontram-se o roteiro necessário para sua execução, onde está a descrição detalhada de como o aluno deve prosseguir na obtenção de dados e análise correspondente.

A aba *Filmes e Fotos* apresenta os filmes dos movimentos vistos de longe, para apreciar a experiência, e em *close*, para a leitura dos dados. Também são disponibilizadas, quando necessário, as fotos dos objetos de estudo sobre uma balança, onde se vê o valor da massa, evidenciando assim a fonte dos valores adotados para as grandezas físicas, o que evita dúvidas posteriores sobre a origem dos dados.

2.5. Material de apoio às análises

O Laboratório Virtual foi criado para ser usado por alunos em diferentes etapas da aquisição do conhecimento e, por isso, a análise e interpretação das experiências podem ser efetuadas desde uma forma simples até uma mais avançada, com cálculo de incertezas e interpretação estatística, como poderemos observar nos dois exemplos escolhidos nesta publicação. O material de apoio para uma análise mais sofisticada se encontra na própria página dos experimentos virtuais, na aba denominada *Guias*, com textos sobre:

- Familiarização com Planilhas eletrônicas.
- Cálculo de incertezas, que mostra como realizar a propagação de incertezas de medição para grandezas como quantidade de movimento linear ou angular, energia cinética, energia potencial, energia mecânica, velocidade angular, torque, momento de inércia de um cilindro e aceleração angular.
- Assuntos de matemática, por exemplo integração numérica e cálculo numérico de uma derivada.
- Aspectos particulares de cada experimento, como o procedimento de leitura da posição do objeto estudado.

Nossos estudantes (curso de Licenciatura do IFUSP), quando iniciam seus estudos nos experimentos virtuais, não têm familiaridade com ferramentas computacionais como as planilhas de cálculo de computador. Por isso, desenvolver-se o projeto da *monografia web* com o objetivo de proporcionar ao aluno conhecimentos adequados para que possa elaborar planilhas e gráficos de qualidade. Após a realização das experiências, os alunos devem entregar um relatório, normalmente redigido em dupla e com o auxílio de um editor de texto no computador, que é corrigido pela

equipe que ministra a disciplina. Esses relatórios são corrigidos e devolvidos rapidamente, para que eles possam avaliar seu trabalho e em alguns casos para que possam retificar tanto a análise dos dados quanto corrigir erros conceituais.

2.6. Avaliação do material da página

Após a realização de cada um dos experimentos, os relatórios entregues pelos alunos foram copiados a fim de realizar uma análise detalhada acerca do modo com que a aplicação do laboratório virtual vem contribuindo à formação dos estudantes e para garantir acesso de longo prazo ao conjunto do material, de modo a possibilitar a reinterpretação dos resultados. Dessa avaliação, muitas vezes surgiu a necessidade de mudanças, seja na concepção do guia de realização do experimento como no experimento em si, o que levou a realizar novas filmagens, roteiros de trabalho e a desdobrar experiências, ou seja, propor aos estudantes a realização do experimento em duas etapas.

A fim de avaliar a eficácia do laboratório virtual, em alguns experimentos, parte dos alunos realizou experiências equivalentes de maneira tradicional, ou seja, em um laboratório convencional, usando todos os equipamentos necessários para a montagem do arranjo experimental e fazendo as medições sem a intermediação da filmagem. O roteiro empregado por essa parcela da turma foi reformulado de modo a medir as mesmas grandezas que são determinadas no laboratório virtual. O processo finalizou com a comparação dos resultados obtidos nos dois tipos de laboratório e a verificação da qualidade dos resultados para cada tipo de experiência. Levantou-se também a opinião dos alunos sobre qual dos laboratórios teria sido mais eficiente e em quais momentos escolheriam um ao invés do outro. Em particular, o experimento trilho de ar foi submetido a esse tipo de análise comparativa dos resultados pedagógicos.

3. Experimentos virtuais: trilho de ar e energia

3.1. Descrição geral

Os experimentos que servem de exemplo neste texto destinaram-se aos estudantes do curso de Licenciatura em Física do IFUSP que seguem as disciplinas de Mecânica do 1º e 2º semestre da grade curricular e podem ser encontrados sob os títulos trilho de ar e energia no sítio <http://fep.if.usp.br/~fisfoto>, na aba *Introdução*, com o objetivo de realizar atividades que permitissem visualizar conceitos relacionados às Leis de Newton e à conservação de energia, que são assuntos iniciais no curso de graduação.

3.2. Experimento trilho de ar

Como mencionado anteriormente, o protagonista deste experimento era um carrinho que deslizava sobre um trilho de ar, que reduzia o atrito da superfície, em duas situações diferentes: em uma delas o carrinho portava uma vela, como observado na Fig. 1, e na outra situação o carrinho não portava a vela. A questão colocada para os alunos é identificar qual dos carrinhos estava portando a vela, a partir das filmagens em *close*, cujas imagens não cobriam a parte onde estaria a vela. O objetivo é verificar a influência da vela pela aplicação das Leis de Newton. A vela foi dimensionada para que o atrito adicional fosse pelo menos igual ao atrito do carrinho com o trilho de ar, mas não tão grande que sua ação fosse evidente, de forma que a análise quantitativa era um elemento essencial da solução da questão.

No trilho foi presa uma fita métrica, que serviu para medir as posições do carrinho ao longo do tempo. A filmadora foi fixada a outro trilho de ar, paralelo ao do carrinho e montado mais baixo, de modo que a câmera pudesse ficar no mesmo nível que o carrinho do primeiro trilho. Dessa forma, o carrinho estudado ficou no campo visual da filmadora e foi possível acompanhar o deslizamento do primeiro, sem provocar erros de paralaxe na leitura da posição na fita métrica. Pela filmagem, e fazendo uso dos programas anteriormente citados, o filme foi desmontado em quadros e disponibilizado para a análise dos alunos da maneira como ilustra a Fig. 2.

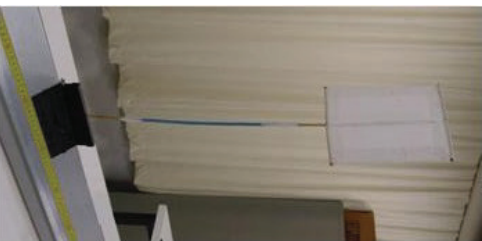


Figura 1 - Carrinho portando a vela, sobre o trilho de ar. Na parte de baixo vê-se a fita métrica, amarela, que permite determinar a posição do carrinho nos quadros da filmagem em *close*.

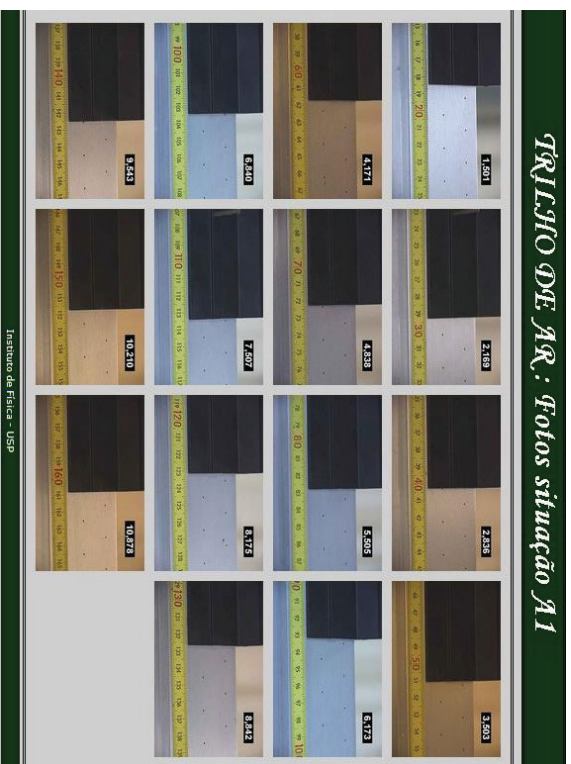


Figura 2 - Um dos conjuntos de quadros extraídos da filmagem em *close* usadas para análise do movimento do experimento trilho de ar, como aparece em http://fep.if.usp.br/~fistoto/crtilho_ar/situacao.at/index.html. O retângulo escuro no lado esquerdo é a quinta inferior direita do carrinho que se vê na Fig. 1 e os números no canto superior direito são as leituras do cronômetro digital inserido no vídeo conforme seção 2.3.

Pelo conjunto de fotos nota-se que não é possível, só por elas, saber qual o carrinho que porta a vela – tal constatação só pode ser feita após a conclusão do processo de análise da velocidade do carrinho ao longo do tempo.

3.3. Dados e resultados típicos da experiência trilho de ar

A partir das fotos ilustradas na Fig. 2, é possível a coleta de dados de posição, x_i , para cada instante de tempo t_i do movimento do carrinho. O aluno deve usar o navegador de Internet no computador para coletar os pares (x_i, t_i) disponíveis no endereço do experimento e algum programa de construção de planilhas eletrônicas. Segundo o roteiro proposto, a primeira etapa consiste em calcular a velocidade do carrinho por meio da fórmula

$$\bar{v}[t_{i+1}-t_{i+1-1}] = \frac{x_{i+1} - x_{i-1}}{t_{i+1} - t_{i-1}},$$

onde i representa o número da foto e $\bar{v}$ a velocidade média no intervalo de tempo $[t_{i+1}, t_{i+1}]$. Assim, adota-se a velocidade média como aproximação da velocidade no instante t_i , para acompanhar o movimento.

Os valores obtidos para a velocidade em função

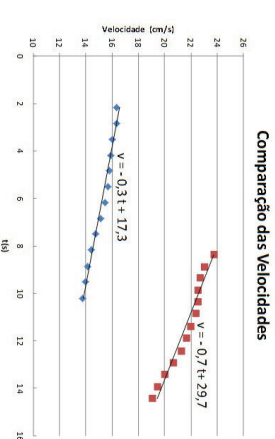


Figura 3 - Gráficos das velocidades dos carrinhos em função do tempo construídos a partir dos dados extraídos dos quadros das filmagens do experimento trilho de ar. O conjunto de marcadores quadrados indica o movimento com vela, enquanto os losangos representam o movimento sem vela.

TRILHO DE AR: Fotos situação A1

3.4. Conteúdo pedagógico da experiência trilho de ar

Preende-se que, baseado no conceito de inércia, o aluno consiga deduzir qual carrinho portava a vela. A partir do gráfico das velocidades, em que ele identifica a ocorrência da (des)aceleração, é esperado que relacione a ausência de forças externas com a tendência do corpo a manter seu estado de movimento e, por esse motivo, a presença da vela produz uma força que contraria essa tendência.

Apesar de esperarem que um carrinho tivesse velocidade constante, os alunos observam que isso não acontece, uma vez que o ar insuflado por baixo do carrinho não consegue eliminar todo o atrito entre ambas as superfícies – assim, a adição da vela incrementa a força de atrito total e, portanto, a intensidade da aceleração, ou seja, a consideração adicional do atrito com o trilho não impede descobrir qual carrinho porta a vela. O fato de ambos os carrinhos estarem acelerados é uma característica inerente à realidade deste “Laboratório Virtual” e obriga estudantes e professores a uma abordagem prática da lei de inércia, com maior possibilidade de aplicação aos fenômenos da natureza, em que o atrito sempre está presente.

Fisicamente, a força de atrito depende da velocidade do carrinho, de modo que a ideia de aceleração constante na situação com vela é uma simplificação do problema. Na Fig. 3, percebe-se que a dependência temporal na situação sem vela é bastante bem aproximada pela reta e corresponde a um coeficiente de atrito cinético de $\sim 0,0003$, típico do trilho de ar, o que não acontece na outra situação, em que a aceleração varia mais, não só pela variação da força de atrito viscosa, mas também porque a montagem da vela não era suficientemente rígida, o que produzia oscilações no movimento do carrinho: a aceleração é bastante maior que a média entre 8 e 9 s e aparentemente nula em torno de 10 s. Espera-se que uma discussão do movimento real com esse nível de profundidade seja possível mais adiante no curso, mas esse experimento é o primeiro da série e busca ilustrar a lei da inércia, de modo que pretendesse que os alunos associem a maior variação de velocidade com a existência de uma força adicional, no caso devido ao atrasto da vela no ar, sem uma análise quantitativa rigorosa. Assim, a simplificação da interpretação, deixando momentaneamente de lado as propriedades da força de atrasto, procura manter o foco no significado das leis de Newton.

3.5. Experimento energia

O experimento baseou-se na filmagem de um carrinho que oscilava preso a duas molas (uma em cada extremidade) e sobre um trilho de ar, como mostra a Fig. 4. O objetivo é estudar o comportamento das energias cinética, potencial e total do sistema, em função do tempo. A análise permite perceber a transformação de

energia potencial elástica em cinética e vice versa. O arranjo experimental foi planejado para que o fator de qualidade do oscilador fosse da ordem de 100, de modo que a perda de energia por oscilação pudesse ser ignorada.



Figura 4 - Carrinho preso a duas molas para a experiência Energia. O filme correspondente ao movimento pode ser apreciado em <http://fep.if.usp.br/~fistoto/energia/energia.f.htm>.

A filmagem do movimento foi semelhante à descrita na seção 3.2 e, com os mesmos programas usados no experimento descrito anteriormente, o filme foi transformado em quadros e disponibilizado para a análise dos alunos da maneira como ilustra a Fig. 5.

3.6. Dados e resultados típicos da experiência energia

A partir de imagens como as da Fig. 5, é possível a coleta de dados de posição para cada instante de tempo do movimento do carrinho. A fim de determinar o valor da energia cinética, é preciso calcular a velocidade para cada instante seguindo o mesmo procedimento descrito no experimento trilho de ar. O roteiro da experiência, disponível no endereço http://fep.if.usp.br/~fistoto/energia/roteiros/roteiro_energia.pdf, detalha como calcular as energias cinética e potencial do sistema massamolas a partir das posições medidas e velocidades calculadas. Essas grandezas estão representadas no gráfico da Fig. 6, onde se observa a transformação das energias cinética e potencial, assim como a energia total.

3.7. Conteúdo pedagógico da experiência energia

Era esperado que o aluno conseguisse internalizar o conceito de energia, o que, neste caso, significa compreender como as energias potencial e cinética dependem das grandezas cinemáticas, todas contidas nos quadros do filme, e das outras características do sistema, expressas pela constante de força da mola e da massa, além de perceber que essas duas formas de energia tão diferentes podem ser somadas, ilustrando a aditividade das diversas formas de energia. O gráfico

deve ajudar a fazer a correspondência entre a realidade e o conceito. Nessas análises, é sugerido ao aluno que todas as grandezas sejam apresentadas com suas respectivas incertezas, cujos cálculos podem ser realizados baseando-se nas expressões propostas no roteiro <http://fep.if.usp.br/~fistfoto/energia/> médio bem definido.

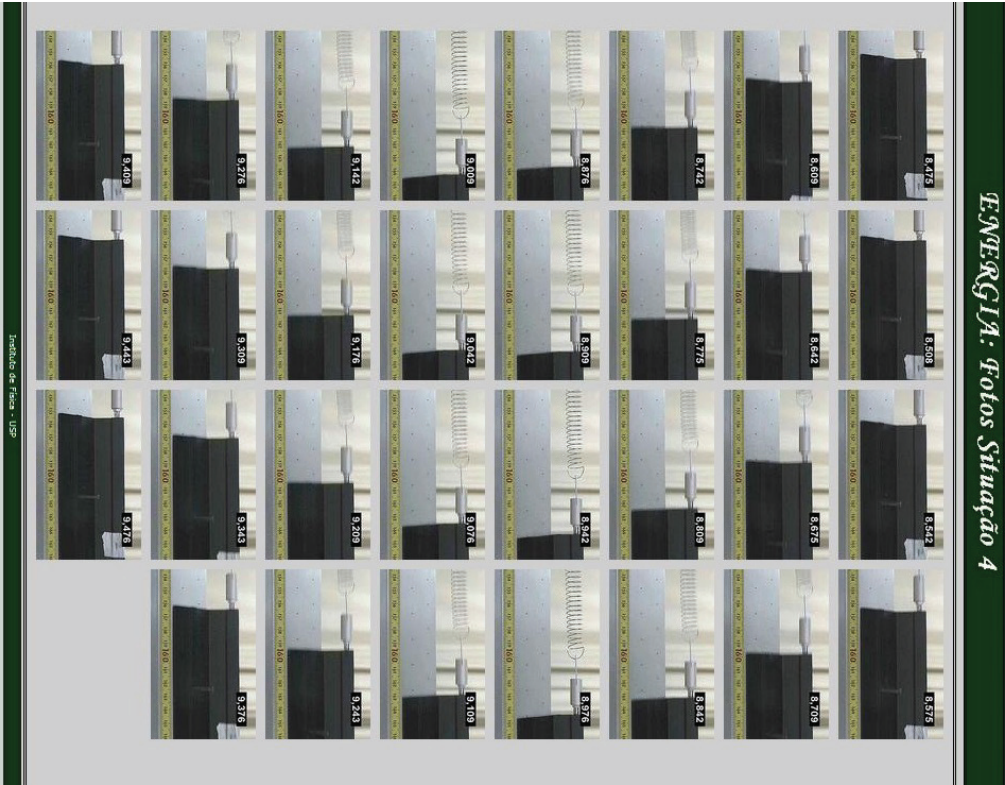


Figura 5 - Quadros usados para análise do movimento do experimento virtual Energia, como aparece em http://fep.if.usp.br/~fistfoto/energia/situacao_04/index.html.

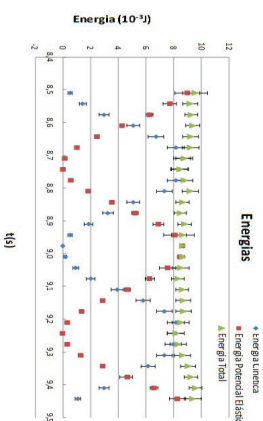


Figura 6 - Gráfico das energias mecânicas da experiência Energia. As barras de erro correspondem a um desvio-padrão da grandeza representada, obtido a partir de um cálculo estatístico.

4. Discussão

Os resultados das medidas das grandezas físicas obtidos com o uso do laboratório virtual são precisos. As incertezas nos valores representados no gráfico do experimento de energia exemplificam o nível de precisão que proporciona o método de medida e análise descrito neste trabalho. Isso se deve ao fato do laboratório virtual permitir a análise quadro a quadro, possibilitando a visão instantânea do movimento a intervalos muito curtos e, em consequência, a leitura de medidas que não seriam possíveis a olho nu.

Assim, este laboratório virtual, quando comparado ao tradicional, tem as vantagens de possibilitar a realização do experimento e sua análise em qualquer lugar de onde se possa acessar a página correspondente, além de proporcionar resultados precisos em certas situações em que é difícil medir diretamente as grandezas de interesse, sem a intervenção das filmagens.

O projeto da *monitoria web* conseguiu proporcionar ao aluno o apoio necessário para que adquira os conhecimentos indispensáveis para trabalhar com planilhas e gráficos.

Durante a realização de alguns experimentos virtuais, os alunos foram indagados a respeito da preferência do modo virtual ou tradicional. As respostas foram bastante diversificadas, como mostraram os seguintes exemplos de depoimentos:

- (...) fica evidente que o laboratório virtual seria uma boa opção, pois além de ser preciso, os resultados obtidos são mais próximos do esperado teoricamente (...) ele pode ser aplicado em salas de aula, pois aparentemente, os recursos disponíveis para aplicação do experimento são mais acessíveis (...) o custo é menor.
- Sem dúvida nenhuma usaria o laboratório que teve os melhores resultados na obtenção dos dados (...). Seria o Virtual.
- Acredito que ambos os laboratórios tem os

seus pontos positivos e negativos, porém acredito que o laboratório tradicional instrua mais os alunos, pois podemos realizar as medições, e realizar as análises através de dados coletados por nós mesmos. Temos uma visão melhor da experiência realizando a mesma.

5. Considerações finais

O Laboratório Virtual vem sendo aplicado nas disciplinas de mecânica dos três primeiros semestres da grade curricular do curso de Licenciatura em Física da Universidade de São Paulo desde 2004. Em cada disciplina, são propostos dois ou três experimentos virtuais, com temática relacionada diretamente ao conteúdo teórico trabalhado em classe.

Foram realizados testes para determinar o limite de velocidade que pode ser filmado com uma câmera digital comum e que mantivesse uma boa resolução; o valor obtido foi de 30 cm/s. Movimentos acima dessa velocidade geram imagens borradas.

Do estudo dos gráficos e conclusões apresentados nos relatórios dos estudantes, é possível verificar se a experiência fez sentido para o aluno; em particular, a qualidade do gráfico mostra a familiaridade com o experimento e a compreensão do assunto. Há alunos que entregam relatórios incompletos e com gráficos que não correspondem ao fenômeno observado, de onde se infere que eles ou não têm uma fundamentação conceitual com relação à teoria envolvida no experimento e por isso não conseguem fazer a correspondência entre a representação gráfica e a realidade ou se mostram descomprometidos com a realização dos experimentos. Em relação aos experimentos de translação, verificamos que os estudantes que fizeram o Laboratório Virtual compreenderam melhor o significado da velocidade como derivada da posição em relação ao tempo. Uma possível explicação para esse fato pode estar ligado à maneira de deduzir a velocidade nos dois tipos de experimento: no virtual é necessário analisar dois quadros diferentes com os respectivos instantes registrados, enquanto no laboratório real a correspondência das posições com os instantes de tempo exige a compreensão do funcionamento de todo o aparelho experimental utilizado nas medidas do tempo e da posição.

Atualmente, a maioria dos estabelecimentos de ensino está conectado à Internet, bem como muitos dos laboratórios reais a correspondência das posições com os instantes de tempo exige a compreensão do funcionamento de todo o aparelho experimental utilizado nas medidas do tempo e da posição.

A análise dos relatórios entregues também serviu de base para modificações no próprio experimento ou na página web. Os experimentos do laboratório virtual

dão, frequentemente, margem para desdobramento em outras experiências. Um exemplo é o experimento de Energia aqui citado, cujos filmes podem ser divididos em quadros de outra maneira para servir de base ao estudo de oscilações amortecidas.

As atividades de criação, acompanhamento, avaliação e recriação dos experimentos virtuais sempre foram muito envolventes para os membros do grupo que desenvolveu o Laboratório Virtual. Houve um aprendizado significativo dos conceitos envolvidos nos experimentos pelos estudantes da equipe, muito além do conteúdo proposto para os alunos das disciplinas.

Durante todos esses anos, com a aplicação do laboratório virtual nas turmas de graduação, notou-se, em parte dos alunos, um bom nível de aproveitamento e rendimento acadêmico. A partir da vivência com alunos e a instrução dos mesmos para a realização dessas atividades, foi possível perceber o envolvimento deles com os fenômenos que eram explorados. Essa nova proposta de laboratório vem então como uma alternativa de atividade a ser desenvolvida paralelamente às aulas teóricas, que é aberta ao público e livre para ser usada nos moldes propostos ou com adaptações do usuário.

Independente da preferência entre este Laboratório Virtual e o real, a filmagem de um arranjo experimental e a posterior inserção de um código de tempo adequado, permite aprimorar o processo de análise de um fenômeno físico. A precisão das medições de tempo e posição é boa e, em certas situações obtêm-se melhores resultados em comparação com aqueles obtidos em um laboratório tradicional, de modo que se constitui em uma maneira alternativa para realizar as atividades práticas no laboratório.

Agradecimentos

À Pró Reitoria de Graduação pelas bolsas, do Pro-Mat (Produção de Material Didático para o Ensino), e EPA (Ensinar, Pesquisar e Aprender), ao Laboratório Didático do Instituto de Física da USP, Profas (Espaço de Apoio, Pesquisa e Cooperação de Professores de

Física - IFUSP) e finalmente aos colegas Marcelo Henrique Leite, Paulo Henrique Acedo, Roberta Martins Miranda e Igno G. V. Martins que colaboraram nas etapas iniciais deste projeto.

Referências

- [1] P. Lévy. *O Que é o Virtual?* (Editora 34, São Paulo, 1996).
- [2] C. Fiolhais e L. Trindade. Revista Brasileira de Ensino de Física **25**, 259 (2003).
- [3] K. Y. Yang and J.S. Heh, J. Sci Educ Technol **16**, 451 (2007).
- [4] V.B. Barbeta e I. Yamamoto, Revista Brasileira de Ensino de Física **24**, 158 (2002).
- [5] L.O. Presoto, J.A. Lenz, N.S.F., Cortez e A.G.J. Bezerra, in: *XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física*, Manaus, AM (2011).
- [6] S.F. Barros, *Experimento virtual de Rolamento: Um Estudo das Dificuldades Apresentadas pelos Alunos do Curso de Licenciatura do IFUSP*, Monografia (Licenciatura em Física), Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo (2011).
- [7] E.Z.G. Severino, *Recursos virtuais em aulas de laboratório de física*. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo (2006).
- [8] Virtualdub, versão (1.10.3) (Software). GNU General Public License. Disponível em <http://www.virtualdub.org/>, (2005). Acesso: 13/5/2013.
- [9] Adobe Premiere, versão (CS6) (Software). Adobe Systems Software Ireland Ltd. Disponível em <http://www.adobe.com/br/products/premiere.html>, (2012). Acesso em 26/8/2013.
- [10] Adobe Support, *Definir Opções de Campo Para Vídeo Entrincado Importado*, Disponível em <http://help.adobe.com/pt-BR/PremiereElements/8.0/Main/Using/WS09e4b3c48f3a79fc19b62251038544355c-7fa5.html>. Acesso: 26/8/2013.