

RECURSOS COMPUTACIONAIS DISPONÍVEIS NA INTERNET PARA O ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA*

(Computational resources available on the Internet for the teaching of modern and contemporary Physics)

Maurício Pietrocola*

Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo

mpietro@usp.br

Guilherme Brockington²

Instituto de Física – Faculdade de Educação. USP

mercer112@hotmail.com

Resumo

Levando em conta a necessidade da inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, este trabalho levantou alguns recursos instrucionais que possuímos hoje, disponíveis na internet para o acesso público. Efetuamos uma análise preliminar de alguns sites, simulações e animações, procurando identificar alguns problemas encontrados em sua utilização no ensino como mediadores da realidade imposta pelos conceitos desta nova Física e propusemos algumas sugestões para que estes possam ser minimizados.

Abstract

Taking into account the necessity for the insertion of topics of Modern and Contemporary Physics in High School teaching this study identified some of the educational resources which we possess today ,available on the Internet for public access. We made a preliminary analysis of various sites ,simulations and animations ,seeking to identify some of the problems encountered in their utilization for teaching purposes,as a measure of the reality imposed by the concepts of this new Physics and we put forward some suggestions to minimize those problems.

Introdução

É inegável que os conteúdos contemporâneos exercem uma influência cada vez maior em nosso cotidiano, tornando sua compreensão imprescindível para o entendimento do mundo moderno. Vivemos inseridos em uma sociedade cada vez mais tecnológica, fruto de uma industrialização que tomou proporções inimagináveis a partir do século XX, alavancada por “revolucionárias” teorias científicas. A “Física Moderna” que surgia seria, então, fundamental para a leitura do mundo que o homem viria a construir.

Hoje estamos expostos a inovações diárias, indo do entretenimento aos mais modernos e avançados aparelhos utilizados pela medicina. As pessoas sentem-se cada vez mais atraídas e seduzidas por todas estas “maravilhas da ciência e da tecnologia”.

A ampliação da Educação Básica para 11 anos (promovida pela LDB) teve como idéia central garantir acesso aos conhecimentos para a formação de um cidadão crítico e consciente.

* submetido ao III Encontro Nacional de Educação Científica submetido ao III Encontro Nacional de Educação Científica

Porém, como suprir estas necessidades atuais do cidadão com um currículo de Física embasado em conhecimentos dos séculos XVII, XVIII, e XIX? Como garantir uma verdadeira formação para a cidadania no mundo atual se os conhecimentos físicos mais modernos e contemporâneos encontram-se afastados da Educação Básica?

Junta-se a este lote, a forma isolada e descontextualizada que tem caracterizado os currículos de Física nas escolas brasileiras.

Para TERRAZZAN (1997):

...os currículos das escolas brasileiras têm permanecido tradicionais e inalterados em sua estrutura básica. Na grande maioria das vezes, não passam de meras listas de conteúdos e os planejamentos correspondentes se constituem em uma cópia de índice dos livros didáticos mais adotados. Estes currículos costumam vir prontos para o consumo ‘dos professores, aos quais resta apenas a função de’ executá-los ‘acriticamente em sala de aula’.

A definição de uma nova proposta curricular que seja capaz de propiciar uma educação geral, fornecendo condições para que os alunos exerçam plenamente sua cidadania e, ao mesmo tempo, que aprofunde suficientemente tópicos da Física é um grande desafio a ser enfrentado pelos professores conjuntamente com a comunidade de pesquisadores em Ensino de Física.

A necessidade de uma atualização curricular que passe a englobar conhecimentos de Física Moderna e Contemporânea já é ressentida no meio acadêmico há pelo menos 15 anos.

Hoje parece consolidada a certeza da inserção desses temas nos programas escolares e, pelo que indicam as pesquisas em ensino de Física, parece que temos um consenso quanto a essa mudança curricular (GIL e SOLBES, 1993; FISCHLER e LICHTFELD, 1992; CUPPARI et al, 1997).

Podemos verificar que existem inúmeras razões que parecem indicar que uma atualização nos currículos de Física da Educação Básica não só é necessária como urgente. Segundo OSTERMANN e MOREIRA (2001)

...pode-se constatar que há muitas justificativas na literatura que nos permite lançar uma hipótese: há uma tendência nacional e internacional de atualização dos currículos de Física e muitas justificativas para tal. No entanto [...] ainda é reduzido o número de trabalhos publicados que encaram a problemática sob a ótica do ensino e, mais ainda, os que buscam colocar, em sala de aula, propostas de atualização.

Embora em pequeno número, existem alguns trabalhos de pesquisa que buscaram formas de introduzir a Física Moderna e Contemporânea na Educação Básica.

Visto que a maioria das experiências de Física Moderna e Contemporânea não pode ser feita nos laboratórios escolares, uma excelente forma de contornar este problema é através do uso de simulações computacionais que além de contribuir para esta atualização curricular também traz à luz uma discussão acerca da atualização dos mecanismos que podem ser utilizados para o ensino de Física.

Desta forma, as simulações computacionais, animações e sites “explicativos” surgem como possíveis agentes desta atualização curricular. A cada dia encontramos um número maior de sites com diversos applets, simuladores e outros recursos multimídia. A facilidade

ao acesso destes recursos tornou suas aquisições tentadoras para os professores que desejam inserir tópicos de Física Moderna e Contemporânea em suas aulas.

Neste trabalho, levantamos alguns recursos instrucionais que possuímos hoje para a inserção da Física Moderna e Contemporânea, disponíveis na internet para o acesso público. Efetuamos uma análise preliminar de alguns sites, simulações e animações procurando identificar alguns problemas encontrados em sua utilização e propusemos algumas sugestões para que estes possam ser minimizados.

A necessidade das novas mídias

A tradição pedagógica dos últimos três séculos gerou um padrão de ensino dentro do qual foram construídos modelos adaptados ao ensino da Física Clássica. Porém, a adaptabilidade e pertinência destes modelos perdem sua validade ao adentrarem no mundo das altas velocidades, no mundo do muito pequeno ou do muito velho. Para essas situações as referências do mundo perceptível são inadequadas para representar o que ocorre nestes domínios.

Necessitamos, assim, criar condições para que o aluno perceba o quanto a Natureza é mais sutil do que nossos sentidos são capazes de revelar.

Hoje, nossos alunos têm poucas chances de fazer uma re-leitura da realidade em que vivem e permanecem com a falsa impressão de que a Natureza é determinística como as Leis de Newton na mecânica. A descrição quântica da Natureza torna-a absurda comparada com o senso comum. Mas este absurdo passa a ser delicioso quando percebemos que se trata de uma outra maneira de representarmos a realidade, forçando-nos a ir além de nossos próprios limites ao tentarmos compreender o que a Natureza nos esconde. Como disse EINSTEIN: “A natureza não esconde seus segredos por malícia, mas sim por causa da própria altivez” (apud PAIS, 1982).

Abordar o mundo da Física Moderna e Contemporânea implica em extrapolar os domínios dos sentidos mais imediatos. Isso requer a construção de etapas mediadoras que no campo da pesquisa se baseiam amplamente no formalismo matemático sofisticado. No domínio das pesquisas, os modelos familiares são raros e não se constituem em metas a serem perseguidas pela ciência (CUPANI E PIETROCOLA, 2002), pois o formalismo matemático garante a construção de teorias adaptadas a representar o mundo do muito pequeno (microfísica), do muito rápido (altas energias), do muito velho (cosmologia).

Desta forma, a construção de modelos escolares capazes de dar conta do mundo que foge aos sentidos é uma empreitada educacional das mais urgentes. Esses modelos devem ser capazes de contornar os obstáculos que surgem da sofisticação exigida pelo formalismo matemático, que faz somente com que as equações dêem sentido ao mundo, de maneira que um aluno do ensino médio possa utilizar outros recursos para a representação necessária do mundo quântico.

O uso de recursos computacionais, animações, simulações etc., como ferramentas instrucionais com objetivos de ensino pode, então, se transformar numa alternativa eficiente para lidar com os conteúdos de Física Moderna e Contemporânea.

Os recursos computacionais e o Ensino de Física Moderna e Contemporânea

Não há um consenso acerca do uso da informática no Ensino de Física, e essa alternativa é severamente criticada por alguns e apoiada por muitos. Pensamos que simplesmente lançar mão de recursos computacionais não garante e nem implica em um ensino de qualidade, através do qual os estudantes realmente possam construir seus conhecimentos. Porém, como qualquer ferramenta, seu uso racional, orientado, tendo seu uso

direcionado por suas capacidades e, principalmente, suas limitações pode conduzir a belíssimas obras de arte. Sendo o ato de Educar algo tão complexo, repleto de peculiaridades e especificidades, não podemos simplesmente descartar algo tão poderoso. Essa complexidade nos obriga a buscar cada vez mais alternativas educacionais que possam contemplar todas as nuances do processo de ensino e aprendizagem.

As animações são capazes de fazer o refinamento de um conceito dando vazão à necessidade visual que temos. Um aluno ao tentar ilustrar uma idéia ou conceito, pode encontrar uma certa dificuldade em fazê-lo, pois trata-se de algo não familiar a ele ou, simplesmente, ele não consegue se expressar. Assim, o computador consegue dar conta de uma eventual falta de destreza dele, fazendo o que ele não consegue fazer, melhorando uma habilidade que um aluno possui. Uma animação fornece liberdade à imaginação, a torna mais real, tangível, sendo capaz de dar uma forma ao pensamento.

Uma simulação é capaz de traduzir o que é “impossível” de ser feito por palavras e, no caso da Física Moderna, pode reproduzir o que não pode ser feito em laboratório. Talvez uma característica importante da simulação é que ela é capaz de “embutir” todo o formalismo matemático de determinadas partes da Física. Assim, o aluno mesmo sendo incapaz de fazer ou compreender a sofisticação matemática envolvida em um determinado experimento ou fenômeno, pode usar a simulação e entender a Física ali apresentada. As simulações, diferentemente das animações, podem fazer previsões, podendo então testar hipóteses construídas pelos alunos. As simulações são capazes de fazer a mediação entre o pensar e colocar o pensamento em ação.

Visto desta maneira, o computador pode ser utilizado como um instrumento para a construção do conhecimento a partir da imaginação, e propiciando uma maior integração e participação dos alunos neste processo de construção. GADDIS(2000) faz um levantamento das principais justificativas para o uso das simulações e animações no ensino e ainda as categoriza por grau de interação com os alunos.

Desta forma, estas novas mídias aparecem como potenciais alternativas para uma transposição didática desta nova Física.

A pesquisa dos recursos instrucionais presentes na Web

Optamos por centrar nossa pesquisa nos recursos computacionais disponíveis na internet relacionados à Física Moderna e Contemporânea. Estes recursos são, em geral, constituídos de animações, simulações e alguns tutoriais que encontram-se alojados em diversos sites de livre acesso.

Sendo assim, fizemos uso de um dos “buscadores” mais utilizados da rede, o Google (www.google.com).

Para cada tipo de busca, a resposta da quantidade de sites varia muito, sendo necessário selecionar bem o que se quer achar, pois uma palavra a mais pode conduzir à milhares de sites ou à informação de que sua busca nada retornou. Desta forma, selecionamos algumas palavras-chave para a nossa pesquisa.

Como o Google retorna somente páginas da Web que contenham todas as palavras em sua pergunta, foi necessário fazer um refinamento da busca. O primeiro problema encontrado foi o número de sites encontrados, e a ferramenta de refinamento do buscador não se mostrou eficiente. Assim, colocamos as palavras sempre entre aspas, pois desta forma ele buscava os sites que contivesse somente aquilo que estava escrito.

Para “Física Moderna”, por exemplo, obtivemos 17.600 sites em toda a rede. Na tentativa de estreitamento da busca, optamos por “Ensino de Física”, e obtivemos apenas 36 sites, todos irrelevantes para a pesquisa em questão. Dentre estas ocorrências há um número grande de sites repetidos, fóruns de debates, ementas de curso e departamentos de Física.

Pode-se perceber claramente a impossibilidade de se esgotar uma pesquisa deste tipo, visto a quantidade de sites disponíveis e a infinidade de palavras-chaves que podem ser compostas. Desta forma, escolhemos algumas palavras-chave mais pertinentes ao tema abordado neste trabalho, e selecionamos cerca de 250 sites ao final de todas as buscas, já descartados aqueles que nada acrescentariam em nossa pesquisa.

A seleção destes sites foi feita de forma aleatória onde, para uma análise prospectiva, consideramos que obtivemos uma amostragem razoável, visto que o buscador possui uma hierarquia de sites mais visitados.

Temos abaixo uma tabela com as palavras-chave e o número de sites obtidos para cada uma delas:

Palavras-chave	Ocorrências
Física Moderna	17.600
Modern physics	200.000
Física quântica	7.500
Quantum physics	150.000
Ensino de Física Moderna	36
Simulações de Física	7.040
Animações de Física	8
Applets	3.240.000
Applets de Física	6.440

Fizemos um recorte inicial, *a priori*, dos recursos encontrados em dois grandes grupos:

Grupo 1 – Os sites

Grupo 2 – Animações e simulações

Esperávamos criar várias categorias após esta separação, considerando a imensa gama de possibilidades fornecidas pelos programas computacionais, tanto para a criação das Home pages, quanto para a produção das animações e simulações. Contrariando essa expectativa inicial, constatamos não haver uma grandes diferenças, sendo quase todos muitos semelhantes em seu formato.

A grande maioria dos sites que encontramos são meramente os tradicionais livros transformados em documentos eletrônicos. Podem diferir dos livros apenas pela quantidade de fotos ou desenhos. Somente alguns trazem, juntamente com o conteúdo, alguma animação ou simulação. Alguns sites disponibilizam aulas inteiras ou seminários em PowerPoint. Estas “aulas” não fazem menção a qualquer abordagem pedagógica ou didática.

Já as animações e simulações diferem principalmente quanto grau de interação e a qual público é destinada. A grande maioria é voltada para o especialista em Física, excluindo tanto o professor quanto o aluno do Ensino Médio, devido à necessidade de um conhecimento bem específico para o seu manuseio. Assim como percebemos nos sites, não encontra-se nenhum direcionamento pedagógico envolvido na construção e uso destes recursos. A grande maioria possui apenas pequenos tutoriais de operação, e somente algumas trazem consigo a parte da Física ali representada.

Grupo 1 – Os sites:

Levando em conta a pouca diversidade nas formas dos sites, como foi dito anteriormente, optamos pela criação de três categorias:

A – Os Portais

- B – Divulgação
- C – Fontes de Material Instrucional

Segue uma descrição destas categorias e comentários de alguns dos sites selecionados.

A – Os Portais

Estes sites funcionam como os grandes portais da Internet. Ali eles reúnem links para diversos outros sites relacionados com a Física. Pode-se, a partir deles, ter acesso a revistas e jornais eletrônicos, áreas de Educação em Ciências e áreas somente de pesquisa em física pura, enfim, disponibilizam uma série de outros sites, com diferentes objetivos, porém todos relacionados à Física.

Internacionais:

Physics Web (<http://www.physicsweb.org>). Disponibilizado pelo Institute of Physics.

É uma comunidade virtual com cerca de 37.000 membros em todo o mundo, de várias instituições e universidades, e tem como intuito disseminar os conhecimentos de Física e contribuir para o seu ensino.

O site traz vários recursos, desde jornais científicos online, artigos de Educação em Ciências, passando por clubes de estudantes e departamentos de Física, até animações e simulações.

American Institute of Physics (www.aip.org)

Site com links para diversas áreas da Física. De ensino à pesquisa de ponta. Há uma seção educacional com uma completa parte histórica da Física Moderna, onde pode-se adquirir artigos originais dos cientistas como Werner Heisenberg, Albert Einstein, Marie Curie, entre outros.

Nacionais:

Física Net (<http://fisicanet.terra.com.br>).

física.ufc (www.fisica.ufc.br) Disponibilizado pelo Departamento de Física da Universidade do Ceará

Estes sites possuem uma série de artigos sobre todas as partes da Física. Disponibilizam acesso a outros sites com algumas simulações e animações e contêm um grande acervo de textos sobre Física Moderna e Contemporânea voltados para o Ensino Médio.

B – Divulgação

Estes sites têm como finalidade divulgar a Física para o público em geral. O objetivo principal deste tipo de site é tentar acabar com a imagem negativa que se tem da Física, sempre associada a algo enfadonho e sem aplicação prática. Há um número considerável de sites que abordam temas de Física Moderna e Contemporânea, principalmente sobre Física nuclear e de partículas.

The Particle adventure

(<http://particleadventure.org/particleadventure/frameless/startstandard.html>)

Disponibilizado pelo Particle Data Group do Laboratório Nacional de Lawrence Berkeley (LBNL).

Este site expõe materiais de física nuclear e de partículas como as seções de um livro com muitos links de referências entre as páginas, dando uma certa mobilidade para aqueles que procuram por informações mais específicas.

C – Fontes de Material Instrucional

Os sites desta categoria fornecem uma série de recursos para o ensino de Física. Desde textos explicativos voltados para leigos até aulas inteiras em nível universitário. Há uma grande tentativa de difundir a Física de uma maneira mais simplificada, tornando-a mais acessível para os alunos.

Physics 2000 (www.colorado.edu/physics/2000/index.pl). Disponibilizado pela Universidade do Colorado.

Uma iniciativa educacional que busca tornar a física mais acessível ao público leigo, desejando acabar com a imagem negativa que se tem associada a ela. O site traz demonstrações da conexão entre a tecnologia moderna e as pesquisas básicas. As animações são inseridas durante a exibição dos conteúdos. O maior diferencial deste site é maneira com que esses conteúdos são apresentados, sempre em forma de diálogos, feitos de perguntas e respostas, entremeados com as ilustrações e animações.

Hyperphysics (www.hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/hph.html#hph). Disponibilizado pela Universidade da Georgia.

Este site traz todo o conteúdo de Física, apresentado de maneira bem clara para alunos de nível superior. Durante a exposição dos conteúdos, são apresentadas algumas aplicações dos conceitos envolvidos e existem algumas simulações simples, onde deve-se entrar com alguns dados e observar o que ocorre.

Labvirt (www.labvirt.futuro.usp.br). Escola do Futuro e Universidade de São Paulo.

Este site tem como objetivo funcionar como um laboratório didático virtual, fornecendo uma série de recursos para o ensino de Física. Há uma “biblioteca” de animações e simulações, com um grande acervo selecionado de sites de todo o mundo e separados por assunto. Estas mídias cobrem toda a Física e possui 37 animações e simulações de Física Moderna e Contemporânea.

O site também possui um fórum de debates sobre temas relacionados à Educação e uma seção para tirar dúvidas chamada “Consulte um Físico”. Também pode-se encontrar projetos curriculares, alguns interdisciplinares, trabalhados em cima de temas geradores

Alguns sites trazem cursos inteiros de Física Moderna, como:

Quantum Physics Online (www.quantum-physics.polytechnique.fr/) fornecido pelo Departamento de física da Ecóle Polytechnique

A Short Internet Course in Modern Physics (<http://www.jlab.org/~cecire/modphy.html>) do Hampton University Particle Physics Group

Há também sites com seminários, apresentados em Powerpoint, como encontrado em <http://www.fis.puc-rio.br/ctc/CTC-1-fotons/CTC1-fotons.ppt>.

Sendo também é possível encontrar notas de aula, disponibilizadas em

<http://www.if.ufrgs.br/tex/fis142/radioatividade/nuclearconc.html>

<http://www.phys.virginia.edu/CLASSES/252/michelson.html>, da Universidade da Virgínia

Os sites que possuem uma maior diversidade de atividades, animações, simulações e alguns que até apresentam sua proposta pedagógica, são em inglês. Muitos sites nacionais simplesmente têm links que os direcionam para estes sites. Quase a totalidade de material alternativo para o ensino de Física Moderna e Contemporânea encontra-se em inglês.

Grupo 2 - Animações e Simulações.

Em nossa pesquisa pela rede encontramos uma série de animações e simulações acerca de Física Moderna e Contemporânea. Quase a totalidade destas mídias é estrangeira.

O problema principal que encontramos é a ausência de uma proposta pedagógica por trás destas animações e simulações, sendo a maioria quase indecifrável, revelando terem sido feitas por técnicos em informática ou físicos, certamente sem o acompanhamento de alguém especializado em ensino.

Criamos duas categorias para estas animações e simulações:

A – Auto-explicativas

B – Técnicas

A – Auto-explicativas

Nesta categoria estão aquelas com pouquíssima interação. Basta “assistir” ao que acontece e, algumas vezes clicar sobre uma figura ou outra.

Alguns exemplos podem ser encontrados em :

www.lightlink.com/sergey/java/java/atomphoton/index.html

Esta animação ilustra a emissão e absorção de fótons por um átomo, onde um elétron girando em torno de um átomo pode absorver um fóton incidente indo para um estado excitado, ou quando excitado emitir um fóton e voltar ao estado original.

www.ciencia.usp.br/laboratoriovirtual/animacao_laser.htm

Toda em português, esta animação mostra o funcionamento de um laser e seus componentes, explicando seu mecanismo interno.

B –Técnicas

Esta categoria abrange a imensa maioria de simulações disponíveis na net. Com um grau elevado de conhecimento de Física para a sua utilização, tornam-se bem distante da realidade do Ensino Médio. A parte gráfica geralmente é muito pobre, com pouquíssimas exceções.

Algumas destas simulações pode ser encontradas nos sites abaixo.

www.ida.liu.se/~her/npp/demo.html

Aqui á uma simulação do contole de uma usina nuclear. Pode-se controlar uma série de bombas e válvulas no intuito de não permitir que haja algum tipo de mau funcionamento da usina e até mesmo evitar o rompimento do reatore. Um pouco mais interativa, porém bastante técnica.

www.physics.syr.edu/courses/modules/LIGHTCONE/java/

Uma simulação que pretende fazer uma introdução a relatividade. Produz uma série de visualizações para explicar aspectos da teoria. Desenha diagramas de espaço-tempo que ilustram o paradoxo dos gêmeos. Simplesmente indecifrável.

www.walter-fendt.de/ph11br/bohrh_br.htm

A simulação exemplifica o modelo atômico de Bohr para o átomo de hidrogênio, nos modelos de onda e partícula. Tem pouca interatividade, porém ilustra bem e pode ser de grande auxílio para quem está estudando o tema.

Além da ausência de informação de como operar com estas mídias, estas não possuem alguma proposta didática ou pedagógica, tornando difícil se pensar até em qual momento utilizá-las em sala de aula. Assim, pode-se constatar a dificuldade encontrada por um professor com a intenção de usá-las em aula. Imagine um aluno que depara-se com tais simulações.

Com a ausência de uma metodologia, estas poderosas ferramentas tornam-se apenas “brincadeiras” para serem utilizadas em momentos de distração nas aulas, ou quando usadas em outros instantes certamente só atinge a pequena minoria de alunos que desejam ser físicos.

Sugestões

Com o desejo de minimizar os problemas que observamos e buscando possibilitar maneiras de tornar estas mídias mais eficientes no processo educacional, fizemos uma pequena série de sugestões, fruto de nossas reflexões acerca das capacidades e limitações destes recursos.

- **Levantamento das concepções alternativas dos alunos acerca do tema gerador da animação ou simulação.**

Sem essa preocupação, algumas animações podem simplesmente fortalecer tais concepções espontâneas. Por exemplo, algumas animações trazem os raios luminosos como finas varetas de luz, indo justamente de encontro com as concepções alternativas dos alunos, reforçando-as.

- **Necessidade da participação do professor na manufatura destas mídias.**

O envolvimento do professor, suas impressões são fundamentais no momento da produção das animações e simulações. As simplificações necessárias à criação destas mídias podem ser feitas por eles de maneira mais rigorosa. Além disso, os professores certamente, através de sua experiência em sala de aula, têm mais condições de “prever” aquelas que podem ou não funcionar, no sentido de despertar o interesse dos alunos, do que apenas os técnicos em informática.

- **Esforço na criação de atividade para os alunos que as utilizem em momentos que não sejam apenas de descontração.**

Sem que haja uma integração total destas animações e simulações com atividades, estes recursos estão fadados ao fracasso. Não se pode pensar nestas mídias como milagres educacionais nem tão pouco como brincadeiras para divertir os alunos em momentos entediantes de uma aula. Deve-se sempre ressaltar que uma das principais características destes recursos computacionais é a capacidade de estimular os alunos, e sem que haja atividades que potencializem esta capacidade este estímulo rapidamente se extingue.

- **Fazer o uso dos recursos também nas avaliações**

Além de intervenções durante a exposição dos conteúdos, ou em atividades durante as aulas, seria produtivo também utilizar estas mídias em avaliações. É um grande desafio a criação de avaliações que as utilizem, mas não podemos simplesmente fugir desse desafio.

- **Tornar imprescindível a construção destes recursos com a participação efetiva dos alunos.**

Assim como as empresas de vídeo games utilizam as crianças (seu público alvo) para avaliar e colaborar na construção de novos jogos, seria de suma importância levar em conta a opinião e participação dos alunos na confecção das animações e simulações. Com isso, os estudantes iriam interagir de modo mais íntimo com estas mídias, com detalhes, linguagens e símbolos que lhes seriam mais familiares.

- **Arquitetura mais flexível destas animações e simulações.**

Esta flexibilidade na construção seria uma maneira de permitir que haja alternativas diferentes para contemplar os diferentes graus de desenvolvimento cognitivo dos alunos, além de possibilitar uma maior abrangência das diferentes concepções acerca do mesmo tema representado pelas animações ou simulações.

Comentários Finais

Nosso desejo é fazer com que os alunos possam ter uma ferramenta para uma nova leitura do mundo. Sendo assim, pensamos que a utilização de um ambiente computacional, onde tudo é possível no mundo virtual, possa nos fornecer um terreno fértil para as sementes da imaginação e, principalmente, criar um ambiente propício às abstrações tão necessárias à compreensão da Física Moderna e Contemporânea.

Com a intenção de minimizar os problemas que observamos em nosso trabalho sugerimos alguns cuidados no momento da confecção das animações e simulações, no desejo de torná-las mais eficientes para o processo de ensino-aprendizagem.

Cabe ressaltar que nossa pesquisa concentrou-se apenas nos tópicos referentes à Física Moderna e Contemporânea, porém o número de simulações, animações e sites acerca de temas de Física Clássica disponíveis na rede é imensamente superior. Mesmo assim, tratando-se de temas mais familiares, com modelos consensuais já cristalizados, sedimentados, estas mídias apresentam o mesmo problema encontrado com aquelas que analisamos em nosso trabalho, revelando não se tratar de um problema ligado à complexidade dos temas de Física Moderna e Contemporânea, mas sim uma ausência total de preocupação em como se fazer um uso eficaz destas tecnologias.

Essa a falta de “preocupação didática” e de um direcionamento pedagógico na construção destas simulações e animações podem induzir sérios erros conceituais, evidenciando a cautela necessária em sua utilização. Deve-se ainda levar em conta a necessidade de uma metodologia eficiente para seu uso, para que estas mídias não se tornem meramente diversão, ou em alguns casos podendo tornar-se enfadonhas e aversivas.

Uma simples “navegada” na rede pode ser extremamente mais rápida que ir a uma biblioteca. Isso sem contar que os sites “buscadores” procuram para nós aquilo que desejamos encontrar e o disponibiliza mais rápido. Rapidez virtual! Pois o que ocorre nem sempre é assim tão simples ou fácil. O número de sites na net cresce exponencialmente, sendo necessário uma certa habilidade para encontrar sua agulha em meio a tanta palha, deixando claro a falta de distinção que se tem entre informação e conhecimento.

No caso específico do Ensino de Física é vital que se tenha uma visão crítica para se escolher realmente o site que é relevante, que não traga erros conceituais ou que não seja simplesmente fantasia disfarçada de Física Moderna. Existe site que “prova” porque os marcianos com certeza sabem Física Quântica, ou que a reencarnação é cientificamente provada pela Quântica.

Sem uma seleção rigorosa, estes sites podem ser passados aos alunos atrapalhando realmente todo o processo de ensino e aprendizagem.

Este é apenas um dos aspectos que revela o quanto deve ser cuidadoso o uso dos computadores, destas novas mídias, mostrando um outro lado que nem sempre é vendido quando se fala do uso da computação e internet no ensino.

Acreditamos que uma boa e eficiente metodologia nos leva muito rápido onde quer que desejamos ir. Se for para o inferno vamos mais rápido ainda! Ou seja, se não sabemos já de início onde queremos chegar, toda tecnologia, computadores e estas novas mídias nos conduzirão mais rápido ainda para o fracasso.

Entretanto, ainda não existe uma avaliação definitiva sobre a forma efetiva de implementar estes conceitos em sala de aula. Há uma carência de estudos sobre metodologias, práticas e estratégias que busquem, de maneira eficiente, colocar tais conteúdos em sala de aula, saindo do âmbito das discussões e questionamentos.

Assim, os trabalhos decorrentes de quase duas décadas de pesquisas trouxeram a legitimidade necessária para o tratamento desta questão. Talvez a discussão em pauta atualmente deva centrar-se no "como fazer" e não mais no "por que fazer" ou "para que fazer".

Talvez, este trecho profetizado pelo Prof. João Zanetic sinalize isso:

O que não podemos é esperar a entrada do século XXI para iniciarmos a discussão nas escolas da Física do século XX. Utilizando a frase de um colega pesquisador em ensino de física, Prof. João Zanetic da USP, é fundamental que “ ensinemos a física do século XX antes que ele acabe” (apud Terrazzan, 1992).

Infelizmente, esta “profecia” concretizou-se. Resta-nos buscar soluções de “como” promover essa atualização curricular há tanto discutida e a desejada transposição didática de conteúdos da Física Moderna.

Bibliografia

CUPPARI, A., RINAUDO, G., ROBUTTI, O., VIOLINO, P. *Gradual introduction of some aspects of quantum mechanics in a high school curriculum. Physics Education*, Bristol, v. 32, n. 5, p. 302-308, Sept. 1997.

FAGUNDES, M. B. **Ensinando a dualidade onda-partícula sob uma nova óptica**, Dissertação de mestrado FEUSP/IFUSP, São Paulo, 1997.

FISCHLER, H., LICHTFELDT, M. *Modern physics and students' conceptions International. Journal of Science Education*, London, v. 14, n. 2, p. 181-190, Apr./June 1992.

FREIRE Jr., O. et al. *Introducing Quantum Physics in Secondary School, Proceedings of Third International History, Philosophy and Science Teaching Conference*, Minneapolis, v.1 p. 412-419, 1995.

GADDIS, B. *Learning in a Virtual Lab: Distance Education and Computer Simulation*. Doctoral Dissertation University of Colorado, 2000.

- GIL, D. P., SENENT, F., SOLBES, J. *La introducción a la física moderna: un ejemplo paradigmático de cambio conceptual*. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, p. 209-210, set. 1987. n. extra.
- GIL, D. P., SOLBES, J. **The introduction of modern physics: overcoming a deformed vision of science**. *International Journal of Science Education*, London, v. 15, n. 3, p. 255-260, May/June 1993.
- LAWRENCE, I. *Quantum physics in school*. *Physics Education, Bristol*, v. 31, n.5, p. 278-286, Sept. 1996.
- MENEZES, L. C. E HOSOUME, Y. **Para lidar com o mundo real, a física escolar também precisa ser quântica**. *Atas do XII SNEF*. P. 282-287, Jan. 1997.
- OSTERMANN, F., MOREIRA, M. A. **Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa "física moderna e contemporânea no ensino médio"**. *Investigações em ensino de ciências (Investigaciones em Enseñanza de las Ciencias; Investigations in Science Education)* Vol 5, nº 1, mar. 2000.
- PIETROCOLA, M. **Construção e Realidade: o realismo científico de Mário Bunge e o ensino de ciências através de modelos**. *Investigações em ensino de ciências (Investigaciones em Enseñanza de las Ciencias; Investigations in Science Education)* Vol 4, nº 3, dez. 1999.
- PINTO, A.C., ZANETIC, J. **É possível levar a Física Quântica para o ensino médio?** *Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis*, v. 16, n. 1, p. 7-34, abr. 1999.
- STANNARD, R. *Modern physics for the young*. *Physics Education, Bristol*, v. 25, n. 3, p. 133, May 1990.
- SWINBANK, E. *Particle Physics: a new course for schools and colleges*. *Physics Education, Bristol*, v.27, n.2, p.87-91, Mar. 1992.
- TERRAZZAN, E. A. **A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau**. *Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis*, v. 9, n. 3, p. 209-214, dez. 1992.
- VEIT, E. A. & THOMAS, G. & FRIES, S. G. & AXT, R & SELISTRE, L. F. **O efeito fotoelétrico no ensino médio via microcomputador**, *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, vol. 4, nº2: p. 68-88, Florianópolis, ago. 1987.
- ZANETIC, J. **Física Também é Cultura**, Tese de doutorado, FEUSP, São Paulo, 1989.