

AVALIAÇÃO DE UMA PROPOSTA DE *SOFTWARE* HIPERMÍDIA PARA O ENSINO DE FÍSICA MODERNA

EVALUATION OF A PROPOSAL OF HYPERMEDIA SOFTWARE FOR TEACHING MODERN PHYSICS

Daniel Iria Machado¹
Roberto Nardi²

¹Universidade Estadual Paulista – UNESP/*Campus* de Bauru, dpedm@uol.com.br

¹Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/*Campus* de Foz do Iguaçu, dpedm@uol.com.br

²Universidade Estadual Paulista – UNESP/*Campus* de Bauru, r.nardi@uol.com.br

RESUMO

Apresenta-se o resultado da avaliação de conteúdo de um *software* hipermissão para a introdução de tópicos de Física Moderna no Ensino Médio, fundamentado na teoria da aprendizagem de Ausubel e outras abordagens derivadas da pesquisa em Educação em Ciências, como as inter-relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente, a História da Ciência e a Filosofia da Ciência. Cinco pesquisadores da área de Ensino de Física e 17 futuros professores de Física de Ensino Médio avaliaram o *software*, com a utilização de uma ficha contendo 47 itens, abrangendo conteúdos e também aspectos pedagógicos, metodológicos, editoriais / visuais e técnicos. De acordo com a avaliação realizada, o *software* apresenta características capazes de auxiliar no processo de ensino e aprendizagem de Física Moderna, existindo uma correlação entre a percepção dos avaliadores e as finalidades estabelecidas para este recurso didático.

Palavras-chave: Aprendizagem; Avaliação; Hipermissão; Ensino; Física Moderna.

ABSTRACT

We report some outcomes of a content evaluation of a hypermedia software addressed for the introduction of Modern Physics topics in High School. The device was based on Ausubel's learning theory and other approaches derived from Science Education research, such as inter-relations among Science, Technology, Society and Environment, History of Science and Philosophy of Science. Five Physics Teaching researchers and 17 future Physics High School teachers have evaluated the software through a 47-items form, covering contents and also pedagogical, methodological, editorial / visual and technical aspects. According to this evaluation, the software presents characteristics capable of helping the teaching and learning process of Modern Physics, showing a correlation between the evaluators' perception and the goals established for this didactical resource.

Keywords: Evaluation; Hypermedia; Learning; Modern Physics; Teaching.

INTRODUÇÃO

O avanço da Ciência tem resultado em novas teorias e aplicações, com impacto na sociedade, na cultura e no ambiente. No caso da Física, desde o final do século XIX até os dias atuais, diversas idéias originais foram propostas para a compreensão da natureza, incorporadas em campos de estudo tais como a Relatividade, a Mecânica Quântica, a Física Nuclear, a Física do Estado Sólido, a Física de Partículas e a Cosmologia, dentre outros. Reunidos sobre a denominação de Física Moderna, estes conceitos levaram à reavaliação das teorias precedentes, da Física Clássica, revolucionando a forma de se pensar e fazer Ciência e conduzindo a novas tecnologias com potenciais tanto benéficos quanto destrutivos para o ser humano, a exemplo do transistor, do laser, das usinas nucleares e das armas nucleares.

A importância da Física Moderna para a compreensão do mundo atual justifica sua inserção efetiva no Ensino Médio, visando à atualização curricular. Com este intuito, são relevantes as pesquisas focadas no ensino deste corpo de idéias, abrangendo a elaboração e avaliação de materiais didáticos apropriados, inclusive com o uso dos recursos da informática; a formação inicial e continuada de professores; e a formulação e teste de novas propostas de ensino e aprendizagem, dentre outras áreas.

Neste trabalho, apresenta-se o resultado da avaliação de conteúdo de um *software* desenvolvido pelos autores para a introdução de tópicos de Física Moderna no Ensino Médio, com ênfase em conceitos da Teoria da Relatividade e suas conexões com a Física Nuclear, enfocando inter-relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente, e utilizando abordagens da História e da Filosofia da Ciência. O programa foi implementado na primeira etapa de uma pesquisa a respeito da construção de conceitos de Física Moderna e sobre Ciência por estudantes da escola secundária, em andamento (agosto de 2005). A avaliação deste *software*, um sistema hipermídia educacional, foi realizada por pesquisadores da área de Ensino de Física e por estudantes licenciandos em Física. Buscou-se verificar, a partir da análise dos dados obtidos, as principais características do *software*, segundo a visão dos avaliadores – incluindo aspectos favoráveis e desfavoráveis – e sua correlação com os aspectos estabelecidos no projeto deste recurso didático.

A *hipermídia* é uma tecnologia da informação resultante da união de hipertexto e multimídia. O hipertexto é uma forma de escrita não-linear, que permite o acesso a uma rede de documentos na ordem desejada pelo leitor. A multimídia consiste na integração de textos, gráficos, imagens, desenhos animados, filmes, sons e música no computador. Os sistemas hipermídia são compostos por um conjunto de *nós*, isto é, janelas nas quais a informação é apresentada, interligados por *links*, ou seja, conexões que permitem ao leitor passar de um nó a outro, instantaneamente, conectando informações em formato multimídia. Segundo Babbitt & Usnick (1993), a hipermídia é um ambiente propício para auxiliar os estudantes a estabelecer conexões entre os assuntos estudados, pois possibilita criar facilmente ligações entre conceitos, definições, representações e aplicações relacionadas, ampliadas com a adição de som, movimento e gráficos. A rede de conhecimentos resultante destas conexões tem o potencial de ser mais rica e forte que o conhecimento obtido com apresentações tradicionais. Diversas pesquisas têm evidenciado o potencial da hipermídia para as práticas educacionais. Paolucci (1998) mostrou que *softwares* hipermídia estruturados adequadamente podem ser utilizados enquanto sistemas de aprendizagem para aumentar o desempenho dos estudantes e os resultados por eles obtidos. Este autor verificou que os sistemas hipermídia parecem proporcionar um meio efetivo para promover e desenvolver habilidades cognitivas de ordem superior.

Para fundamentar o desenvolvimento e a aplicação de materiais e atividades didáticas com apoio da hipermídia, consideram-se, neste trabalho, os princípios do construtivismo cognitivista estabelecidos por Ausubel. Neste enfoque, o objetivo primordial é propiciar a

aprendizagem significativa, pela qual os novos conceitos relacionam-se de modo substantivo e não-arbitrário a elementos previamente existentes na estrutura cognitiva do estudante, denominados subsunçores (AUSUBEL, 1976). Para se atingir este propósito, Ausubel (1976) propõe a aplicação dos princípios da *organização seqüencial*, da *diferenciação progressiva*, da *reconciliação integrativa* e da *consolidação* para organizar o conteúdo e a seqüência de apresentação das unidades componentes da disciplina em estudo. Para manipular a estrutura cognitiva tendo em vista a melhoria da aprendizagem, o recurso principal recomendado por Ausubel é a utilização de *organizadores prévios*, materiais didáticos visando estabelecer pontes conceituais entre aquilo que o estudante conhece e as novas informações a serem aprendidas.

Além dos aspectos considerados, as pesquisas em Educação para a Ciência destacam a importância de se desenvolver atividades com abordagens históricas, filosóficas, culturais e considerando as relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente. Pesquisas envolvendo o uso de currículos alternativos, em que se utilizaram materiais derivados da História da Ciência e da Filosofia da Ciência, e que procuravam ressaltar as interações entre a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade, mostraram que estas propostas diferenciadas, quando comparadas ao emprego de currículos tradicionais, estavam associadas a um aumento significativo na compreensão da natureza da Ciência (LEDERMAN, 1992). Em estudo realizado por Solbes e Traver (2001), concluiu-se que a inserção da História e da Sociologia da Ciência no Ensino Médio pode contribuir para a melhoria da imagem mantida pelos estudantes sobre a Ciência e o seu ensino, e para modificar positivamente as atitudes pessoais em relação a estas atividades, favorecendo o aumento do interesse pela Ciência. O estudo de biografias, por exemplo, permite revelar a dimensão humana do empreendimento científico, mediante o contato com a visão de mundo dos cientistas, o contexto histórico em que desenvolveram suas atividades, seus problemas pessoais e dilemas morais, seus traços de personalidade e os métodos que utilizavam, sua relação com outros cientistas, dentre outros aspectos relevantes.

Segundo Krasilchick (2000), com o agravamento dos problemas sociais e econômicos, e a intensificação da competição tecnológica, tornou-se necessário preparar os estudantes para compreender a natureza, o significado e as implicações da Tecnologia para suas vidas, desenvolvendo consciência de sua responsabilidade na sociedade e adquirindo condições para participar ativamente da tomada de decisões com conseqüências para si mesmos e a coletividade. É fundamental que a dimensão cultural do Ensino de Ciências seja valorizada, visando à formação geral do cidadão e o desenvolvimento de seu espírito crítico. Na educação científica, importa discutir as relações entre Ciência e poder, seu comprometimento com as mudanças sociais e a responsabilidade social dos cientistas na sociedade contemporânea (ZANETIC, ca. 1990). Relacionar as Ciências à vida diária e às experiências dos estudantes é essencial, e isto demanda a compreensão de sua conexão íntima com problemas complexos de ordem ética, religiosa, ideológica, cultural e étnica, e “as relações com o mundo interligado por sistemas de comunicação e tecnologias cada vez mais eficientes com benefícios e riscos no globalizado mundo atual” (KRASILCHICK, 2000, p. 89). Ao se considerar as relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente, é possível aproximar a Física da realidade do educando, evidenciando os princípios científicos relacionados a aparatos tecnológicos e suas implicações sociais e sobre a vida das pessoas.

A utilização dos enfoques mencionados encontra fundamento educacional também na concepção de aprendizagem significativa, pois amplia as possibilidades para o estabelecimento de conexões não-arbitrárias e não-literais na rede conceitual dos estudantes ao relacionar os conceitos fundamentais da Física com noções provenientes de outras áreas de conhecimento e da experiência do ser humano, incluindo o cotidiano das pessoas.

CARACTERÍSTICAS DO *SOFTWARE*

O *software* *Tópicos de Física Moderna*, destinado a estudantes do terceiro ano do Ensino Médio, foi implementado com a utilização do programa de autoria denominado *Authorware*, da Macromedia.

Os conceitos incluídos no *software* proposto foram selecionados tendo enquanto referência a lista consensual com 18 tópicos de Física Moderna para o Ensino Médio elaborada por Ostermann e Moreira (2000), a partir de um estudo *Delphi* que envolveu a opinião de físicos, pesquisadores em Ensino de Física e professores de Física do Ensino Médio. Visando contribuir para a compreensão quanto à natureza da Ciência e para a visão da Física enquanto cultura, também foram acrescentados tópicos considerando-se as inter-relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente; a História da Ciência; e a Filosofia da Ciência.

O *software* foi estruturado em seis módulos, abordando as seguintes idéias: transição da Física Clássica para a Física Moderna; postulados da Teoria da Relatividade Restrita; dilatação do tempo; contração do espaço; momento linear relativístico; energia relativística; relação entre energia e momento relativístico; Teoria da Relatividade Geral; fissão nuclear; fusão nuclear; radioatividade; reatores nucleares; acidentes nucleares; armas nucleares; desenvolvimento histórico da Teoria da Relatividade; desenvolvimento histórico da Mecânica Quântica; biografia de Albert Einstein; Projeto Manhattan; metodologia dos programas de pesquisa; Ciência e Ética; buracos negros; ondas gravitacionais.



Tela de abertura do *software*, estruturado em seis módulos.

O uso do hipertexto possibilitou a elaboração de uma rede conceitual na qual os *links* visam favorecer, ao máximo, conexões não-arbitrárias e substanciais para os estudantes, tendo em vista a *aprendizagem significativa*. Imagens, animações e filmes foram utilizados para tornar os temas de estudo mais próximos dos estudantes e favorecer a *ancoragem* de conceitos na estrutura cognitiva.

Foram incluídos *links* para a introdução de materiais propiciadores da ligação entre os conhecimentos anteriores do estudante e as novas idéias a serem expostas, possibilitando o

acesso a *organizadores prévios* sempre que necessário. Exemplo disto foi a elaboração de um texto com o desenvolvimento histórico da Teoria da Relatividade, para que o estudante comece a se familiarizar com conceitos, fatos e personalidades relacionadas a esta construção científica, relacionando-os com os problemas existentes na Física Clássica. Deste modo, buscou-se contribuir com o desenvolvimento de subsunçores para o aprofundamento dos conceitos da Teoria da Relatividade e suas correlações.

Foram estabelecidos *links* de modo a facilitar o percurso de *trilhas* – seqüências de telas – em que os conceitos são apresentados do maior grau de generalidade e inclusividade para os mais específicos, conforme o princípio de *diferenciação progressiva*. Por exemplo, ativando-se os *links* disponíveis, pode-se iniciar a leitura sobre postulados da Teoria da Relatividade Restrita, passar ao estudo da dilatação do tempo, seguir para o texto sobre contração do espaço, continuar acessando informações sobre momento linear relativístico, atingir a seção sobre energia relativística, conectar-se ao material sobre fissão nuclear e concluir examinando dados sobre reatores nucleares.

Procurou-se indicar semelhanças e diferenças entre conceitos em alguns trechos do material desenvolvido, de modo a promover a *reconciliação integrativa*. Exemplo disto é a comparação entre os conceitos de energia na abordagem clássica e na relativística, indicando-se aspectos comuns e distinções.

Objetivou-se favorecer a *consolidação* dos conteúdos mediante a introdução de questões ao final de cada texto, visualizadas com a ativação de um *link* específico. Tais perguntas pretendem estimular a reflexão do estudante, voltar sua atenção para aspectos importantes do texto e possibilitar a discussão crítica com os colegas e o professor. Há questões envolvendo informações atuais extraídas de jornais e revistas, e outras situações que exigem a aplicação dos conhecimentos aprendidos a novos contextos.

Física Moderna
Albert Einstein (1879-1955)

Desta iniciativa resultou uma carta assinada por Einstein destinada ao presidente dos Estados Unidos Franklin Roosevelt (1882-1945), incentivando a construção da bomba atômica. Esta foi a única participação de Einstein no projeto da bomba atômica, intensificado apenas em 1941, com o início do *Projeto Manhattan*.

Posteriormente, Einstein declarou que não teria assinado a carta se soubesse que os alemães não conseguiriam obter a bomba atômica. Sempre foi contra o uso de armas atômicas e lamentou profundamente o lançamento das bombas sobre Hiroshima e Nagasaki.

Einstein tornou-se cidadão americano em 1940, porém manteve a cidadania suíça.

Após a *Segunda Guerra Mundial*, apoiou os esforços visando impedir a utilização futura da bomba atômica e defendeu a formação de um governo mundial.

Links em destaque:

- Ciência e Ética
- Projeto Manhattan
- História da Relatividade
- Postulados da Teoria da Relatividade

Infância | Formação | O Departamento de Patentes | Vida em Berlim | Vida nos EUA

Tela do texto Albert Einstein, com vídeo à esquerda e *links* em destaque, à direita.

A flexibilidade dos *links* permite ao estudante retomar assuntos prévios relacionados ao item atual em estudo quando desejar. Os *links* no hipertexto foram inseridos para possibilitar também o acesso a idéias complementares, segundo o interesse despertado nos estudantes. Por exemplo, o texto sobre Teoria Geral da Relatividade apresenta conexões que podem levar aos textos sobre ondas gravitacionais, buracos negros e Albert Einstein.

A exploração adequada deste sistema hipermídia elaborado com finalidades educacionais envolve a orientação propiciada por um professor que conhece em profundidade os conceitos contidos nos hiperdocumentos e as relações existentes entre os mesmos, podendo sugerir trilhas segundo uma seqüência fundamentada em princípios de aprendizagem, incentivar a livre exploração de associações possíveis mediante os *links* disponíveis, problematizar e promover debates dos pontos relevantes.

METODOLOGIA

Para a avaliação do *software*, foi elaborada uma ficha contendo 47 itens. Este instrumento foi proposto com base na ficha de avaliação utilizada no *Programa Nacional do Livro Didático* (BRASIL, 2005), na ficha de avaliação de *softwares* desenvolvida por Athayde (1996) e nos critérios de avaliação de sistemas hipermídia educacionais considerados por Campos (1996).

Na Ficha de Avaliação do *Software Hipermídia Tópicos de Física Moderna*, os itens 1 a 43 encontram-se divididos em quatro grupos: conteúdos e aspectos teórico-metodológicos (1 a 14), aspectos pedagógico-metodológicos (15 a 22), aspectos visuais-editoriais (23 a 35) e aspectos técnicos (36 a 43); os itens 44 a 46 consistem em questões abertas para se avaliar aspectos positivos e negativos, assim como possíveis formas de se utilizar o programa; o item 47 corresponde ao posicionamento final do avaliador em relação ao *software*. Em cada um dos itens de 1 a 43, era preciso assinalar se os aspectos descritos estavam presentes no *software* integralmente ou parcialmente, ou se não foram verificados.

A ficha de avaliação foi entregue a 22 estudantes de um curso de licenciatura em Física e a 21 pesquisadores da área de Ensino de Física, juntamente com o *software* proposto e um texto explicando a fundamentação deste.

RESULTADOS

Das fichas de avaliação distribuídas, 17 foram preenchidas pelos licenciandos (77% desta categoria de avaliador) e 5 pelos pesquisadores (24% desta categoria de avaliador), até agosto de 2005. A seguir, expõem-se os resultados obtidos. Procurou-se apresentar separadamente os dados para cada modalidade de avaliador pelo fato de os pesquisadores terem mais experiência e domínio dos referenciais teóricos da área de Educação para a Ciência.

Aspectos Positivos

Dentre os aspectos mais *positivos* do *software*, destacados pelos *pesquisadores* na questão 44 da ficha de avaliação, encontram-se:

- a) Relevância do conteúdo.
- b) Clareza e correção do texto, com a exceção de algumas poucas imprecisões.
- c) Conexões evidenciadas entre Ciência e Tecnologia.
- d) Apresentação da Física como aspecto da cultura.
- e) Ênfase na responsabilidade social das pessoas.
- f) Visual agradável, com animações e figuras que, em sua maioria, contribuem para a compreensão do conteúdo.
- g) Fundo musical adequado.
- h) Facilidade para navegação.

Dentre os aspectos mais *positivos* do *software*, destacados pelos *licenciandos* na questão 44, encontram-se:

- a) Temas escolhidos interessantes.
- b) Tópicos bem divididos e explicados.
- c) Linguagem clara e objetiva, tornando fácil o entendimento.
- d) Apresentação de conceitos de Física Moderna de maneira objetiva, com clareza e abstração pertinentes ao objetivo para o qual foi criado, estabelecendo relações com a Física Clássica.
- e) Questões ao final de cada texto que ajudam o aluno a refletir e avaliar seu conhecimento sobre o assunto.
- f) Abordagem histórica que contribui para o entendimento dos efeitos relativísticos, não observados no cotidiano.
- g) Parte histórica e filosófica que, além de ajudar a formular conceitos apropriados sobre Ciência, é interessante.
- h) Apresentação de uma visão da Ciência em constante modificação e não como um conjunto compacto de fórmulas e conceitos a serem estudados.
- i) Abordagem de relações entre conceitos de Física Moderna e suas aplicações tecnológicas.
- j) Boa utilização de recursos multimídia, formando um ambiente agradável de aprendizagem.
- k) Animações bem elaboradas, possibilitando melhor visualização e compreensão dos fenômenos.
- l) Animações que facilitam a visualização de fenômenos e fatos históricos, e presença de *links* relacionados ao assunto que se está estudando, fazendo do *software* uma boa ferramenta de ensino.
- m) Recursos multimídia (fotos, animações, sons e outros) que favorecem a curiosidade do aluno sobre o tema.
- n) Facilidade para o manuseio dos botões de controle do conteúdo.
- o) Temas que podem ser escolhidos pelo aluno e percorridos sem muita dificuldade.
- p) Contribuição aos professores no ensino da Física Moderna, pouco trabalhada no Ensino Médio.
- q) Contribuição para se superar o desafio de ensinar Física Moderna no Ensino Médio.
- r) Disponibilização de recursos, principalmente para a pesquisa, em volume único, de modo mais fácil que em um livro ou uma revista.

Aspectos Negativos

Dentre os aspectos mais *negativos* do *software*, destacados pelos *pesquisadores* na questão 45 da ficha de avaliação, encontram-se:

- a) Existência de algumas imprecisões conceituais: ausência de distinção crítica entre “ver” ou “fotografar” e “observar” ou “medir” ao utilizar figura ilustrando a contração de Lorentz; uso da noção de “massa relativística” como algo relevante dentro da Teoria da Relatividade, sem criticá-la.
- b) Textos pouco explicativos, com mais ênfase na divulgação científica do que no entendimento de princípios físicos.
- c) Existência de filmes mais motivadores e com maior profundidade e extensão em termos de idéias que o material avaliado.
- d) Textos muito longos e dispostos linearmente.
- e) Ausência de palavras-chave ou glossários, importantes objetos de navegação não-linear da hipermídia.
- f) Variação dos objetos de navegação não-linear nos textos da mesma unidade, alternando-se conforme relações conceituais prévias feitas pelo autor, dificultando a navegação, confundindo o usuário e levando-o a ter que retornar ao índice geral para se orientar.

Dentre os aspectos mais *negativos* do *software*, destacados pelos *licenciandos* na questão 45 da ficha de avaliação, encontram-se:

- a) Necessidade de que os estudantes tenham conhecimentos de Mecânica e possuam alguns outros conceitos bem estabelecidos para utilizar o *software*.
- b) Grande quantidade de assuntos.
- c) Existência de alguns textos muito longos.
- d) Presença de dois textos excessivamente técnicos e complexos: sobre *radioatividade* e sobre *metodologia dos programas de pesquisa*.
- e) Ausência de uma seqüência de tópicos pré-estabelecida para facilitar a aprendizagem.
- f) Diversidade de opções de “navegação”, que torna complicado o estabelecimento de uma seqüência de leitura pelos estudantes e dificulta aos professores guiar os alunos pelo sistema.
- g) Inexistência de um mapa do *software* para facilitar a “navegação”.
- h) Áudio que se torna um pouco cansativo no decorrer da exploração do programa.
- i) Dificuldade para se utilizar o *software* nas escolas, pelo fato de muitas ainda não possuírem um laboratório de informática adequado.

Itens 1 a 43 do Instrumento de Pesquisa

Mais de 60% dos avaliadores de cada categoria concordaram plenamente com os itens 1, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 17, 18, 22, 23, 24, 25, 26, 30, 31, 32, 33, 35, 36, 37, 39, 40, 41, 42 e 43 da ficha de avaliação. Isto indicou que, na visão de mais da metade dos avaliadores de cada modalidade:

- a) Predominam no *software* abordagem conceitual e informações factualmente corretas, bem como ausência de confusão terminológica.
- b) Os textos do *software* atendem às normas gramaticais; utilizam vocabulário atualizado e correto; apresentam vocabulário específico claramente explicado no texto; evitam utilizar analogias inapropriadas, causadoras de confusão entre o significado literal e metafórico; são claros e objetivos, estimulando a leitura e a exploração crítica dos assuntos.
- c) Os textos do *software* favorecem uma abordagem que privilegia as relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente.
- d) Os textos do *software* favorecem o desenvolvimento de noções sobre as características da Ciência e de sua produção.
- e) Evitou-se criar estereótipos e preconceitos prejudiciais à construção da cidadania.
- f) O *software* apresenta aspectos que podem contribuir para a motivação dos estudantes.
- g) Evita-se a apresentação de fragmentos de conteúdos sob a justificativa de que poderão vir a ser importantes no futuro.
- h) A estrutura hierarquizada (títulos, subtítulos e outros) é evidenciada por meio de recursos gráficos; a diagramação é isenta de erros; a revisão é isenta de erros graves; os textos e as ilustrações são distribuídos na tela de modo adequado e equilibrado.
- i) Ilustrações, animações e vídeos são coerentes com os textos; são realmente necessários, não sendo supérfluos e dispensáveis ou incentivadores de consumo ou promoção de produtos comerciais específicos; são isentos de estereótipos e preconceitos.
- j) O projeto gráfico e de som do *software* cria um ambiente agradável de aprendizagem.
- k) Os estudantes podem fácil e independentemente operar o *software*.
- l) O *software* usa apropriadamente capacidades computacionais relevantes (animações, vídeos, *hiperlinks* e outras).
- m) Pode-se passar de uma tela a outra com rapidez; é fácil retornar ao local prévio durante a “navegação”; o *software* permite que o leitor se mova livremente entre as informações, de acordo com suas necessidades e interesses.
- n) O *software* utiliza marcas especiais para identificar nós e ligações (*hiperlinks*).

o) O *software* opera de modo correto, sem interrupção de suas funções durante a “navegação”.

Dois pesquisadores concordaram parcialmente com o item 2 da ficha de avaliação, referente à ausência de imprecisões conceituais, desatualizações e pequenas incorreções de informação predominando ao longo do *software*, em virtude principalmente das inexatidões já mencionadas no item *a* da seção “aspectos negativos” deste artigo. Dois pesquisadores e 59% dos licenciandos concordaram plenamente com esta questão, indicando a existência de poucos equívocos quanto ao conteúdo.

Dois pesquisadores e 94% dos licenciandos concordaram plenamente com o item 4 da ficha de avaliação, relativo à adequação do conteúdo ao estabelecido nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNEM), e um pesquisador e um licenciando concordaram parcialmente. Dois pesquisadores não responderam à questão.

Três ou quatro *pesquisadores* concordaram parcialmente com os itens 5, 11, 12, 16, 28 e 29 da ficha de avaliação. Isto evidenciou que, na visão da maior parte dos integrantes desta categoria de avaliador, o *software* conseguiu apenas parcialmente:

a) Respeitar o grau de maturidade cognitiva do estudante, considerando o desenvolvimento gradual de estruturas de pensamento.

b) Estabelecer a ligação entre princípios estudados e fenômenos conhecidos pelos estudantes.

c) Apresentar informações suficientes para a compreensão dos temas abordados.

d) Empregar metodologia que não tem como característica principal a memorização de conteúdos e termos técnicos.

e) Exibir ilustrações, animações e vídeos que transmitem idéias corretas sobre conceitos, dimensões e cores, com predomínio da indicação de escalas para a compreensão adequada dos fenômenos apresentados e discriminação de cores-fantasia.

f) Utilizar ilustrações, animações e vídeos claros e explicativos.

Os itens 5 e 12 da ficha de avaliação também foram considerados apenas parcialmente atendidos por 53% e 47% dos *licenciandos*, respectivamente, reforçando a percepção dos *pesquisadores* em relação aos aspectos abordados nesta questão (tópicos *a* e *c* da listagem anterior). Os itens 11, 16, 28 e 29 foram considerados atendidos plenamente por mais de 65% dos licenciandos.

Ao comentar sobre a adequação das informações do *software* ao grau de amadurecimento cognitivo dos estudantes, um dos pesquisadores apontou a existência de partes do material didático com características mais informativas do que formativas, de caráter mais próximo ao da divulgação científica. Isto talvez possa ser atribuído à ênfase colocada no programa ao conceito de energia relativística e algumas de suas correlações com processos nucleares, bem como à construção de noções sobre o caráter provisório do conhecimento científico, às relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente, e sobre a Ética na Ciência, em função dos objetivos da pesquisa para o qual foi projetado. Devido a estas escolhas, algumas informações foram tratadas em nível mais geral, apresentadas como complementação. Em uma versão futura, os textos poderão ser revisados para ficar com graus de aprofundamento mais próximos. Outro pesquisador considerou que os conceitos e fenômenos abordados exigem raciocínio abstrato, sendo por isso mais indicados para o segundo e terceiro anos do Ensino Médio. Tornar estas idéias acessíveis neste nível de ensino parece ser um desafio inerente à disciplina em questão, embora isto também se verifique em diversas áreas da Física Clássica. A intenção dos autores foi a de direcionar o material para alunos do terceiro ano do Ensino Médio, que tendem a possuir mais estruturas conceituais desenvolvidas para assimilar as idéias apresentadas.

Quase todos os pesquisadores apontaram que o programa estabeleceu apenas de modo parcial a ligação entre princípios estudados e fenômenos conhecidos pelos estudantes. Isto se deve, provavelmente, ao foco do *software* em fenômenos que, embora relevantes, tais quais os

relacionados à contração do espaço, à dilatação do tempo e à energia relativística, não fazem parte do dia-a-dia da maioria dos estudantes, embora tenham sido fornecidos exemplos relacionados a tecnologias, a aspectos históricos e a questões sociais e ambientais, para tentar fazer pontes com a estrutura cognitiva dos alunos.

Diversos avaliadores ponderaram que os textos atendem somente parcialmente ao critério de apresentar informações suficientes para a sua compreensão. Em função desta característica, verifica-se a importância da participação do professor para o melhor aproveitamento dos estudos, orientando a utilização do *software*, esclarecendo dúvidas, promovendo discussões e complementando com informações necessárias, conforme as questões levantadas pelos estudantes.

Três ou quatro *pesquisadores* concordaram parcialmente com os itens 15, 19, 20, 21, 27, 34 e 38 da ficha de avaliação ou discordaram destas questões. Isto evidenciou que, na visão da maior parte dos integrantes desta categoria de avaliador, o *software* não conseguiu plenamente:

- a) Expor o conteúdo considerando-se a experiência prévia dos estudantes.
- b) Estabelecer algum tipo de articulação entre os temas expostos, no sentido de tirar proveito de conhecimento e / ou habilidades já adquiridas pelos estudantes.
- c) Facilitar aos estudantes a percepção de relações entre os assuntos abordados.
- d) Sugerir diferentes análises e perspectivas para os mesmos fenômenos, de modo a desenvolver a curiosidade e o espírito crítico.
- e) Apresentar os textos mais longos de modo a não desencorajar a leitura (com recursos de descanso visual).
- f) Utilizar ilustrações, animações e vídeos com títulos, legendas e / ou créditos e fontes de referência que contribuam para sua compreensão.
- g) Disponibilizar ferramentas adequadas para a “navegação”.

Os itens 15, 19 e 21 da ficha de avaliação foram considerados apenas parcialmente atendidos por 65%, 53% e 41% dos *licenciandos*, respectivamente, reforçando a percepção dos *pesquisadores* em relação aos aspectos abordados nestas questões (tópicos *a*, *b* e *d* da listagem anterior). Os itens 20, 27, 34 e 38 foram considerados atendidos plenamente por mais de 76% dos licenciandos.

A dificuldade constatada na exposição dos assuntos tendo em vista a experiência anterior dos estudantes poderia ser minimizada empregando-se organizadores prévios antes de se iniciar a utilização do *software*, conforme sugeriu um dos pesquisadores. Esta seria uma estratégia adequada para suprir eventuais lacunas conceituais dos estudantes, identificadas pelo professor em sua atuação e aplicável de modo flexível, conforme as necessidades de cada indivíduo.

Um aspecto criticado por alguns avaliadores foi a existência de textos longos, que poderiam desmotivar parte dos estudantes. O uso de ilustrações e animações, a subdivisão do texto em seções acessíveis por *links* inseridos na parte inferior da janela de exibição deste, e a apresentação de temas relacionados a questões atuais foram estratégias empregadas para tentar diminuir este efeito. Embora exija mais esforço dos estudantes, considera-se que isto traz o aspecto benéfico de valorizar a leitura, a interpretação e o debate de textos, capacidade importante para a continuidade dos estudos pessoais, mesmo após a conclusão do ensino formal.

Utilização do Software

Considerando o modo como utilizariam o *software* nas situações de ensino e aprendizagem, na questão 46 da ficha de avaliação, os *pesquisadores* fizeram comentários cujos aspectos principais se apresentam a seguir:

- a) Uso individual pelo aluno, devido à grande quantidade de texto. O professor poderia sugerir trilhas, ou seja, seqüências de textos, aos alunos.
- b) Num primeiro momento, estudantes e professores deveriam fazer a própria organização, de maneira individual e idiossincrática, explorando sozinhos o *software*. Num

segundo momento, os estudantes e professores deveriam trocar idéias entre si e implementar a discussão racional sobre a utilização otimizada do *software*.

c) Como elemento motivador e gerador de discussões em sala de aula, após consulta dos alunos, por um tempo pré-determinado, a um tópico escolhido.

d) Como material de consulta e para reflexão privada do estudante, em sua casa, por exemplo.

e) Como material ilustrativo em sala de aula, facilitando o trabalho do professor para descrever situações típicas da Relatividade Especial.

f) Em cursos sobre História da Física ou mesmo sobre Epistemologia da Física.

g) Para a introdução de algum tópico específico.

h) Como complementação a um curso de Física Moderna e Contemporânea, na formação de professores.

Considerando o modo como utilizariam o *software* nas situações de ensino e aprendizagem, na questão 46 da ficha de avaliação, os *licenciandos* fizeram comentários cujos aspectos principais se apresentam a seguir:

a) Como aulas de um tópico especial para introduzir a Física Moderna no Ensino Médio, de maneira qualitativa.

b) Como ferramenta de apoio e incentivo ao estudo de Física Moderna, principalmente por usar mídia interativa e atraente, sem excluir a participação de um tutor ou professor para eventualmente explicar com outras palavras algum conceito que venha a gerar dúvidas.

c) Uso individual em computadores ou mediante projetor *data show*.

d) Estabelecendo uma ordem seqüencial de conteúdos e dividindo cada aula em quatro partes: na primeira, seria feita uma explanação inicial sobre os objetivos da aula e o conteúdo apresentado; a segunda seria destinada aos esclarecimentos de dúvidas e retorno ao *software*, se necessário; a terceira seria reservada para os alunos responderem às questões; a quarta para correção conjunta das questões, discussão do conteúdo e, eventualmente, novos esclarecimentos de dúvidas.

e) Fazendo-se primeiramente uma aula expositiva, seguindo-se a exploração do *software* pelos estudantes e concluindo-se com uma grande roda para discutir e avaliar os tópicos principais.

f) Pedindo aos alunos para pesquisar sobre um determinado tema no programa e fazer comentários em sala de aula, em debates, por exemplo.

g) Como material de apoio às aulas de Física Moderna, propondo um trabalho aos alunos em que cada grupo apresentaria através do *software* o tema pelo qual ficou responsável.

h) De modo a levar os alunos a terem outras abordagens e interpretações sobre os assuntos em questão, gerando assim comparações e discussões sobre cada um dos diferentes enfoques.

i) Como material para complementar a formação dos alunos.

j) Em pesquisas e na complementação do ensino em sala de aula, principalmente com relação à História da Ciência e a assuntos mais recentes.

k) Como base para a montagem de aulas sobre Física Moderna.

l) Transmitindo o conteúdo do *software* e explicando as situações existentes no programa.

Posicionamento dos Avaliadores

Conforme as respostas à questão 47 da ficha de avaliação, dois pesquisadores usariam ou recomendariam o uso do *software* com pequenas modificações ou nenhuma alteração; dois pesquisadores usariam ou recomendariam o uso do *software* somente se fossem feitas certas modificações; um pesquisador não usaria nem recomendaria o uso do *software*. Todos os

licenciandos informaram que o usariam ou recomendariam o uso do *software* com pequenas modificações ou nenhuma alteração.

CONCLUSÃO

A partir das respostas ao instrumento de pesquisa, constatou-se que, segundo a maior parte dos avaliadores, pesquisadores ou licenciandos, o *software* proposto atendeu plena ou parcialmente aos critérios de avaliação numerados de 1 a 43, englobando conteúdos e aspectos teórico-metodológicos, aspectos pedagógico-metodológicos, aspectos editoriais / visuais e aspectos técnicos. Deste modo, apesar dos pontos a serem aperfeiçoados, verificou-se que o *software* analisado apresentou, na visão dos avaliadores, características capazes de contribuir para o processo de ensino e aprendizagem de Física Moderna; a percepção de inter-relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente; e o desenvolvimento de noções sobre a natureza da Ciência. Esta conclusão foi reforçada a partir das considerações realizadas pelos avaliadores nas questões 44 e 46 da ficha de avaliação e pelo posicionamento favorável ao uso do *software* da maioria dos pareceristas, explicitado na questão 47. Os resultados indicaram uma correlação entre as características estabelecidas no projeto do *software* e a opinião dos avaliadores quanto à sua validade para fins educacionais. Na próxima etapa da pesquisa, o *software* passará por modificações, a partir da avaliação realizada, e será utilizado num experimento com estudantes do terceiro ano do Ensino Médio, visando à obtenção de dados sobre a construção de conceitos com a utilização deste recurso.

REFERÊNCIAS

- ATHAYDE, M. I. **Desenvolvimento, aplicação e avaliação de coursewares de física para o 2º grau: uma experiência piloto**. Rio de Janeiro: UFRJ, 1990. 184 p. (Dissertação de Mestrado).
- AUSUBEL, D. P. **Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo**. México: Editorial Trillas, 1976. 768 p.
- BABBITT, B. C.; USNICK, V. Hypermedia: a vehicle for connections. **Arithmetic teacher**, [S.l.], April, 1993. p. 430-432.
- BRASIL. **Ciências: volume 4, guia de livros didáticos 2005, 5ª a 8ª séries**. [Brasília], DF, 2005. 94 p.
- CAMPOS, F. C. A. **Hipermídia na educação: paradigmas e avaliação da qualidade**. Rio de Janeiro: COPPE / UFRJ, 1994. 138 f. (Dissertação de Mestrado).
- KRASILCHIK, M. Reformas e realidade: o caso do ensino das ciências. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, vol. 14, n. 1, p. 85-93, 2000.
- LEDERMAN, N. G. Students' and teachers' conceptions on the nature of science: a review of the research. **Journal of Research in Science Teaching**, [S.l.], vol. 29, n. 4, p. 331-359, 1992.
- 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**, Porto Alegre, vol. 5, n. 1, março 2000. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol5/n1/v5_n1_a2.htm>. Acesso em: 10 jan. 2003.
- PAOLUCCI, R. The effects of cognitive style and knowledge structure on performance using a hypermedia learning system. **Journal of Educational Multimedia and Hypermedia**, [S.l.], vol. 7, n.2-3, p. 123-50, 1998.
- SOLBES, J.; TRAVER, M. Resultados obtenidos introduciendo historia de la ciencia en las clases de física y química: mejora de la imagen de la ciencia y desarrollo de actitudes positivas. **Enseñanza de las Ciencias**, [S.l.], vol. 19, n. 1, p. 151-162, 2001.
- ZANETIC, J. **Ciência, seu desenvolvimento histórico e social – implicações para o ensino**. [S.l.:s.n.], [ca. 1990]. p. 7-19.