

UMA PROPOSTA DE *SOFTWARE* HIPERMÍDIA PARA O ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA*

A PROPOSAL OF HYPERMEDIA SOFTWARE FOR TEACHING MODERN AND CONTEMPORARY PHYSICS

Daniel Iria Machado**
dpedm@uol.com.br
Roberto Nardi***
r.nardi@uol.com.br

RESUMO

Relata-se aqui o desenvolvimento de um *software* educacional, parte integrante de uma pesquisa em andamento na qual se estuda a inserção de tópicos de *Física Moderna e Contemporânea (FMC)* no Ensino Médio. O desenvolvimento do *software* é fundamentado principalmente em estudos sobre a hiperídia educativa e em princípios de ensino e aprendizagem derivados do construtivismo cognitivista de Ausubel. São mostrados os conceitos de FMC selecionados para compor o *software*, os textos utilizados e alguns exemplos de inter-relações entre os mesmos, visando estabelecer os *links* do hipertexto.

Palavras-chave: construtivismo; educação em Ciências; ensino e aprendizagem; Física moderna e contemporânea; hiperídia.

* Este artículo fue elaborado con base en la ponencia presentada por los autores en el IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física - EPEF, realizado en Brasil (octubre/2004)

** Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE - Campus de Foz do Iguaçu e Grupo de Pesquisa em Ensino de Ciências. Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência. Universidade Estadual Paulista - UNESP - Campus de Bauru

*** Professor Assistente Doutor - Depto. de Educação - Faculdade de Ciências. Grupo de Pesquisa em Ensino de Ciências - Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência - UNESP - Campus de Bauru

ABSTRACT

We relate here the organization of an educational software which integrates an ongoing research which main object is to study the insertion of topics of Modern and Contemporary Physics (MCP) in the High School level. The development of the software is based mainly on studies on educational hypermedia and teaching and learning principles derived from the cognitivist constructivism of Ausubel. We show also the MCP concepts chosen to compose the software, the texts used and some examples of the relationship among them, in order to establish hypertext links.

Key words: Constructivism, science education, teaching and learning processes, hypermedia, modern and contemporary Physics.

INTRODUÇÃO

Em um contexto no qual Ciência e Tecnologia exercem um papel preponderante na sociedade, torna-se importante à escola preparar os estudantes para lidar com as questões e impactos sociais gerados por estas atividades, que influenciam diretamente em sua vida cotidiana. É fundamental que a educação atual estimule a visão crítica dos estudantes e contribua para o desenvolvimento da compreensão do mundo natural e da sociedade na qual se encontram, favorecendo a ampliação de sua cultura pessoal e sua formação enquanto cidadãos aptos a participar dos debates envolvendo Ciência, Tecnologia e suas implicações sociais.

Diante deste quadro, a pesquisa em Educação em Ciências vem procurando formular e avaliar propostas que contribuam para a transformação da realidade escolar, analisando, em particular, os problemas relacionados à atualização curricular e à alfabetização científica.

Particularmente no caso da Física, a pesquisa relacionada à inserção de tópicos resultantes dos progressos ocorridos nesta disciplina desde o final do século XIX até os dias atuais tem procurado contribuir para esta renovação no Ensino Médio. Na realidade brasileira, verifica-se que os tópicos de *Física Moderna e Contemporânea (em diante FMC)* são ainda pouco abordados, devido às lacunas na formação de professores; às deficiências na infraestrutura das escolas e à carência de materiais didáticos adequados para a abordagem destes temas, dentre outros fatores. Pelos mesmos motivos, constata-se também a pequena exploração dos recursos da informática, que têm potencial para ampliar o acesso a informações e o seu processamento,

contribuindo também para a diminuição da *exclusão digital*. Visando fornecer elementos para a atuação sobre a realidade descrita, apresenta-se aqui uma proposta de *software* para o ensino de tópicos de FMC na escola secundária, utilizando a tecnologia da informação denominada *hipermídia*. São consideradas a estrutura e algumas possibilidades de utilização do *software*, fundamentando-se nos princípios de ensino e aprendizagem de Ausubel, nas pesquisas em Educação em Ciências e nos estudos relacionados ao desenvolvimento e aplicação da hipermídia educativa. A proposta é parte integrante de uma pesquisa mais ampla, na qual estuda-se a inserção de tópicos de FMC no Ensino Médio utilizando como ferramenta a hipermídia.

A HIPERMÍDIA ENQUANTO FERRAMENTA DE ENSINO

Hipermídia é uma tecnologia da informação resultante da união de hipertexto e multimídia. O termo *hipertexto* refere-se à escrita não-linear, que possibilita ao leitor acessar os segmentos que compõem um texto em diferentes seqüências, segundo o seu interesse pessoal, mediante alternativas apresentadas com a utilização dos recursos interativos de um computador. Por *multimídia*, entende-se a integração de diferentes modalidades de mídia, dentre as quais textos, gráficos, imagens, desenhos animados, filmes, sons e música, em um único meio: o computador. A essência fundamental da hipermídia encontra-se nas relações entre os *nós*, ou janelas nas quais a informação é apresentada. Esses sistemas são compostos por uma rede de nós que se comunicam mediante relações chamadas *links*, que permitem ao leitor viajar no documento de um lugar (nó) a outro, instantaneamente, conectando as informações

contidas no banco de dados, que podem se apresentar em formato multimídia.

Segundo Babbitt e Usnick (1993), a hipermídia é um ambiente ideal 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. Para Marchionini (1988), os sistemas hipermídia possibilitam reunir grandes coleções de material instrucional em uma variedade de meios, em um volume reduzido, com acesso fácil e rápido. Segundo este autor, estes sistemas oferecem altos níveis de controle pelo estudante, que pode optar por seguir trilhas bem marcadas ou abrir caminho por no-

vas trilhas conforme suas habilidades e objetivos.

Um sistema hipermídia pode ser classificado, quanto à sua estrutura, em três categorias principais: *segmentado*, *estruturado* e *hierárquico* (Jonassen, 1986). Um sistema hipermídia *segmentado* funciona enquanto glossário de acesso não-sequencial, possibilitando o acesso direto a qualquer nó do sistema. Este sistema pode ser constituído por meio de um sumário, o qual possibilita o acesso aos nós que se deseja examinar a partir de um *menu* contendo o título dos nós ou a partir de um mapa que exhibe graficamente os nós, igual ao representado na figura 1. O sumário deve ser organizado de tal forma que não seja representada uma seqüência a ser seguida, devendo ser atribuída igual importância a cada tópico. Outra opção para a elaboração do sistema é um índice de assuntos que exhibe os tópicos para escolha em uma ordem arbitrária, igual à alfabética, por exemplo. Neste sistema hipermídia, o leitor pode realizar escolhas em qualquer parte do hiperdocumento por intermédio de termos do texto ou locais que são assinalados por um asterisco ou destacados em negrito, sublinhado ou com a utilização de cores. Ao acionar o tópico assinalado mediante uma tecla, o leitor salta imediatamente para o assunto correspondente, podendo retornar diretamente ao local de onde partiu. As opções de escolha também podem ser indicadas por ícones com rótulos ou etiquetas contendo o título de nós, por botões ou por figuras em destaque.

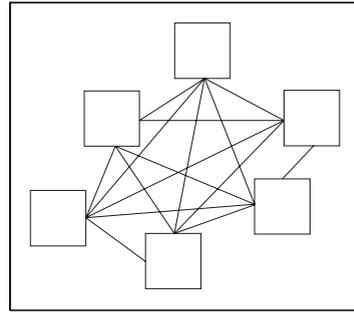


Figura 1. Diagrama representando um sistema hipermídia segmentado.

Um sistema hipermídia completamente aberto deve possibilitar ao leitor o acesso a qualquer outra tela a partir daquela em que se encontra, simplesmente acionando-se um termo assinalado ou digitando-se o termo que se deseja explorar. O autor do sistema pode também sugerir certas conexões organizando referências cruzadas, iguais à «veja» e «veja também», para evitar que o leitor estabeleça associações sem significado. Ao sair de uma apresentação de texto o leitor seria conduzido ao índice ou subíndice mostrando as conexões possíveis a partir daquele ponto do hipertexto. Outra opção é a apresentação de uma lista de termos relacionados em uma janela na parte inferior da tela.

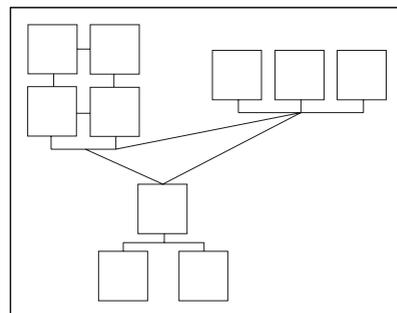


Figura 2. Diagrama representando um sistema hipermídia estruturado.

Um sistema hipermídia *estruturado* é constituído por blocos de nós, cada qual acessível a partir de qualquer outro conjunto. Cada bloco de nós consiste de um arquivo de texto ou banco de dados separado, com o sistema hipermídia atuando enquanto metabanco de dados, que controla o acesso a cada um dos bancos de dados específicos. De modo semelhante ao sistema hipermídia segmentado, o acesso a cada um dos blocos de nós poderia ser feito a partir de índices ou *menus*. Ao se acessar um bloco de nós, sua estrutura deve ser exibida nas telas correspondentes, possibilitando a escolha das telas a serem vistas na ordem desejada. Um determinado bloco de nós pode ser estruturado de modo que o nó introdutório exiba o nome de um conceito e um *menu* pelo qual é possível acessar subestruturas detalhadas, incluindo definições, exemplos, ilustrações, regras envolvendo o conceito, descrição de aplicações e uma lista de conceitos relacionados. De qualquer tela deste conjunto de nós, constituindo uma unidade, poderia ser acessado um outro conjunto, correspondente a uma outra unidade.

Em um sistema hipertexto *hierárquico*, o conteúdo é estruturado de modo hierárquico, com o texto correspondente aos conceitos mais específicos incluído naquele dos conceitos mais gerais. A hierarquia estabelecida exige que os usuários movam-se para cima e para baixo ao longo desta para acessar os conceitos relacionados. Cada bloco unitário apresenta relações hierárquicas definidas previamente, em termos de superiorde-

nação ou subordenação, podendo consistir de um conjunto de telas mostrando, por exemplo: termos chave; sinônimos; termos mais amplos, ou seja, blocos gerais de informação, na parte superior da hierarquia; termos mais específicos, ou seja, mais detalhados, na parte inferior da hierarquia; outras informações relacionadas, incluindo analogias; dentre outros aspectos. O movimento do usuário pode se dar somente ao longo da hierarquia, com a restrição dos movimentos laterais a termos relacionados ou sinônimos.

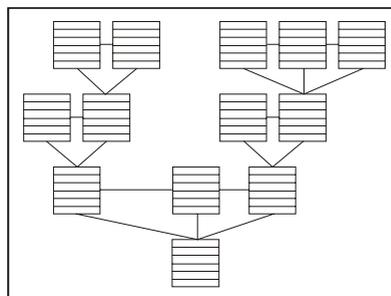


Figura 3. Diagrama representando um sistema hipermídia hierárquico. Cada bloco representa um conjunto de nós ou telas.

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. Em pesquisa envolvendo o desenvolvimento e a avaliação de

um *software* hipermídia para o ensino de Mecânica, Rezende (2001) observou uma opinião favorável dos estudantes que utilizaram o sistema. Segundo os resultados obtidos pela autora, a hipermídia pode contribuir para a reestruturação e o desenvolvimento conceitual dos estudantes. Embora a hipermídia forneça novas perspectivas para a educação, são

múltiplos os fatores que intervêm sobre o processo de ensino e aprendizagem com sua utilização. Esta tecnologia deve ser entendida na condição de ferramenta que, para favorecer a aprendizagem, precisa ser utilizada considerando-se criteriosamente a natureza complexa do processamento de informação realizado pelo ser humano (Hede, 2002).

HIPERMÍDIA, ENSINO E APRENDIZAGEM

Para fundamentar o desenvolvimento e aplicação de materiais e atividades didáticas com apoio da hipermídia, podem ser considerados os princípios do construtivismo cognitivista estabelecidos por Ausubel. Neste enfoque, um 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 (Ausubel, 1976).

Ausubel (1976) distingue aprendizagens significativas *subordinadas*, *superordenadas* e *combinatórias*. Quando novos conceitos e proposições ficam subordinados ou subsumidos sob idéias mais gerais e inclusivas presentes na estrutura cognitiva, que recebem o nome de *subsunções*, ocorre a aprendizagem significativa *subordinada*. A aprendizagem significativa em que um conceito mais geral ou inclusivo é incorporado e passa a subordinar ou subsumir conceitos ou proposições

mais específicos já existentes na estrutura cognitiva é denominada *superordenada*. A aprendizagem significativa *combinatória* acontece quando conceitos ou proposições não podem ser subordinados ou não conseguem subordinar algum conceito ou proposição existente na estrutura cognitiva do estudante, não se relacionando a conceitos ou proposições particulares presentes. Desempenha papel importante no estabelecimento de generalizações inclusivas, de grande capacidade explicativa, dentre as quais a relação entre massa e energia, por exemplo.

Com o objetivo de predispor a aprendizagem significativa, Ausubel (1976) considera os seguintes princípios: *organização seqüencial*, *diferenciação progressiva*, *reconciliação integrativa* e *consolidação*. Pelo princípio da organização seqüencial, busca-se aproveitar a dependência natural existente entre os conceitos da disciplina, em que a compreensão de um tópico é pré-requisito para o entendimento de outro relacionado.

Considerando a diferenciação progressiva, procura-se apresentar as idéias mais gerais e inclusivas da disciplina ao início, para propiciar o desenvolvimento de conceitos sub-sunçores que permitam a ancoragem de novas idéias na estrutura cognitiva e favoreçam a aprendizagem significativa. A seguir, estas idéias são progressivamente diferenciadas, com a exposição de mais detalhes e aspectos específicos. O princípio da reconciliação integrativa é empregado ao se buscar evidenciar as relações entre os conceitos, com a indicação de semelhanças e diferenças relevantes, e reconciliação das discrepâncias reais ou aparentes. Consoante o princípio da consolidação, ao final dos textos podem ser incluídos problemas e questões visando contribuir para o domínio dos conceitos pelos estudantes antes da apresentação de novas idéias. No construtivismo de Ausubel, indica-se a utilização de *organizadores prévios* visando estabelecer pontes conceituais entre aquilo que o estudante conhece e as novas informações a serem aprendidas. Eles permitem: a) destacar informações existentes na estrutura cognitiva importantes para a aprendizagem de um novo conteúdo; b) fornecer uma visão ampla de um novo conteúdo em alto nível de abstração, generalidade e inclusividade, indicando semelhanças, diferenças e inter-relações entre conceitos conhecidos e novos; c) propiciar o desenvolvimento de elementos organizacionais inclusivos que favoreçam a aprendizagem dos conteúdos específicos do novo material (Moreira; Masini, 2002). Recursos compatíveis com a abordagem au-

subeliana são os *mapas conceituais*, que consistem em diagramas bidimensionais nos quais as relações hierárquicas entre os conceitos de uma disciplina são explicitadas, a partir da estrutura existente na própria disciplina. Estes mapas podem ser utilizados para fornecer uma visão prévia do que será estudado. No entanto, seu uso preferencial visa a integração e a reconciliação das relações entre conceitos e a promoção da diferenciação conceitual, quando os estudantes já estão mais familiarizados com o assunto (Moreira; Masini, 2002).

Uma estratégia relevante, ressaltada no Ensino de Ciências, é a realização de atividades de *problematização*, visando evidenciar concepções dos estudantes, explicitar relações iniciais entre o tema a ser estudado e o cotidiano, e estimular o interesse pelo assunto. Conforme argumentam Bastos, Nardi e Diniz (2001), os problemas estão indissociavelmente relacionados aos conhecimentos científicos desde sua origem e podem ser usados enquanto ponto de partida para o processo de ensino e aprendizagem. Estes autores consideram que para compreender corretamente os conceitos científicos, os estudantes necessitam questionar periodicamente suas interpretações da fala do professor, do texto do livro e dos fenômenos observados, dentre outras informações acessadas, pois suas noções podem sofrer a influência de conhecimentos prévios e de outros elementos de sua estrutura cognitiva. A problematização encontra fundamento na idéia de Ausubel (1976) de que é importante identificar o que os estudantes conhecem

para então desenvolver uma atividade didática compatível. A atividade também contribui para a mobilização inicial de conceitos da estrutura cognitiva que possam funcionar enquanto subsunçores.

Além dos aspectos considerados, as pesquisas em Ensino de Ciências destacam a importância de se desenvolver atividades com abordagens históricas, filosóficas, culturais e considerando as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade. A História e a Filosofia da Ciência podem contribuir para o desenvolvimento de melhor compreensão sobre a natureza da Ciência (Lederman, 1992), incluindo: a) o caráter provisório do conhecimento científico, em permanente evolução e apresentando rupturas e descontinuidades; b) o entendimento dos métodos empregados pelos cientistas; c) a diferenciação de teorias, modelos, leis e hipóteses; d) o papel do experimento científico; e) a validade e os limites do conhecimento científico; f) a visão sobre o processo criativo em Ciência; g) a não-neutralidade da Ciência; h) a importância da ética na realização de pesquisas científicas e em sua aplicação. Pesquisas envolvendo o uso de currículos alternativos, iguais às apresentadas por Lederman (1992), 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, quando comparado ao emprego de currículos tradicionais, estes currículos alternativos estavam associados a um aumento significativo na compreensão da na-

tureza da Ciência. Em estudo visando inserir tópicos de História da Ciência Ensino Médio de Física e Química, Solbes e Traver (2001) concluem que a inserção da História e da Sociologia da Ciência nesse nível pode contribuir para a melhoria da imagem que os estudantes têm da Ciência e de seu ensino, e para modificar positivamente suas atitudes em relação a estas atividades, favorecendo o aumento do interesse pela Ciência. O estudo de biografias, em especial, 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 condição de membros da sociedade e adquirindo condições para participar ativamente da tomada de decisões com conseqüências para si mesmos e a sociedade. É também fundamental que a dimensão cultural do Ensino de Ciências seja mais valorizada, visando a formação geral do cidadão e o desenvolvimento de seu espírito crítico. Na educação científica importa discutir as relações entre Ciência e poder, seu compro-

metimento 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” (Krasil Chick, 2000, p. 89). Ao se considerar as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, 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 introdução de re-

lações entre Física e Cultura (Zanetic, 2002) visa a formação geral do estudante, buscando favorecer a noção de que a Ciência insere-se no quadro mais amplo da cultura e apresenta relações com diversas outras áreas do conhecimento humano, dentre as quais as Artes Plásticas, a Música, a Literatura, o Teatro, o Cinema e a Religião.

A utilização dos enfoques mencionados encontra fundamento educacional também na concepção de aprendizagem significativa, pois amplia as possibilidades para o estabelecimento de conexões significativas 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.

ESTRUTURAÇÃO DE SISTEMAS HIPERMÍDIA

As características da hipermídia permitem a elaboração de propostas educacionais compatíveis com o conceito de aprendizagem significativa e com os princípios de ensino e aprendizagem derivados da teoria de Ausubel e das pesquisas em Educação em Ciências. O hipertexto possibilita projetar uma rede conceitual na qual os *links* podem favorecer ao máximo conexões não-arbitrárias e significativas para os estudantes, visando a aprendizagem significativa. Imagens, animações e filmes podem ser utilizados para tornar os temas de estudo mais próximos dos estudantes e favorecer a ancoragem de conceitos

na estrutura cognitiva. É possível a inclusão de *links* para a introdução de materiais que propiciem uma ligação entre os conhecimentos prévios que o estudante possui e as novas idéias que serão expostas, possibilitando o acesso a organizadores prévios sempre que necessário. Podem ser criadas 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. *Links* específicos podem ser estabelecidos para indicar as semelhanças e diferenças entre con-

ceitos, quando conveniente, de modo a promover a reconciliação integrativa. A flexibilidade dos *links* permite ao estudante retomar assuntos prévios relacionados ao item atual em estudo quando desejar. Os *links* no hipertexto podem ainda ser estabelecidos para possibilitar o acesso a idéias complementares, segundo o interesse despertado nos estudantes, estimulando a aprendizagem incidental.

Em pesquisa analisando a relação entre a estrutura de um hipertexto e as formas de aprendizagem proporcionadas, Bolacha e Amador (2003) verificaram a tendência de uma organização hipertextual *hierárquica* facilitar: a obtenção de informações, evitando a desorientação; a classificação de conceitos; e a aprendizagem significativa subordinada e superordenada. Por outro lado, constataram que este tipo de estrutura tende a dificultar raciocínios de tipo explicativo nos quais é necessário relacionar conceitos pertencentes a categorias ontológicas distintas. Esses autores verificaram ainda que uma organização hipertextual *segmentada* ou *em rede* tende a predispor a ocorrência de aprendizagem significativa combinatória por favorecer o estabelecimento de relações entre conceitos de hierarquias diferentes. Porém, este tipo de estrutura tende a dificultar o acesso à informação muito específica, devido à maior complexidade dos percursos propiciados. Uma alternativa intermediária quanto à estrutura é definir módulos em que temas afins sejam agrupados e organizados segundo uma hierarquia, porém possi-

ibilitando a exploração em rede, a partir de *links* relevantes que podem ser acessados a qualquer momento. Esta seria uma forma de aproveitar as potencialidades existentes tanto nos sistemas segmentados quanto nos hierárquicos, aproximando-se de um sistema hipermídia *estruturado*. Para orientar a navegação pelo hiperdocumento, podem ser utilizados *mapas conceituais*, a partir dos quais podem ser estabelecidos *links* que levam diretamente aos nós com as informações correspondentes, facilitando a visão de conjunto quanto às inter-relações entre os conceitos e o seu acesso imediato, contribuindo também para a diferenciação conceitual e a reconciliação integrativa. A exploração adequada de um 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 e também incentivar a livre exploração de associações possíveis mediante os *links* disponíveis. Para favorecer este processo, a estrutura hipertextual deve ser organizada de forma planejada, considerando cuidadosamente as propriedades destes sistemas e as questões pedagógicas necessárias.

A rede conceitual estruturada em um sistema hipermídia de modo a constituir o máximo de associações significativas pode, deste modo, ser gradualmente reconstruída pelo estudante, respeitando suas idiossincra-

sias. Neste processo, a problematização, os debates e a orientação realizados pelo professor são fundamentais para a consecução dos ob-

jetivos pedagógicos. Estes e outros aspectos foram considerados no desenvolvimento dessa proposta de *software* hiperemídia para o ensino de FMC.

ESTRUTURA CONCEITUAL DO SOFTWARE PROPOSTO

O *software* que se propõe apresentará textos agrupados em oito módulos, por áreas afins e relacionados entre si por meio de *links*. Os módulos e textos do *software* estão listados a seguir.

I. Preâmbulo: reúne os textos Transição da Física Clássica à Física Moderna; Conceitos de Física Clássica; Partícula; Espaço; Tempo; Referencial; Posição; Deslocamento; Velocidade; Aceleração; Massa; Força; Trabalho; Energia; Momento Linear e Angular; Calor; Temperatura; Carga Elétrica; Potencial Elétrico; Corrente Elétrica; Leis de Conservação; Campo; e Onda.

II. Teoria da Relatividade: reúne os textos Teoria da Relatividade Restrita; Postulados da Teoria da Relatividade Restrita; Dilatação do Tempo; Desincronização de Relógios devido ao Movimento; Decaimento de Múons; Paradoxo dos Gêmeos; Contração do Espaço; Momento Relativístico; Energia Relativística; Relação entre Energia e Momento Relativísticos; Teoria da Relatividade Geral; Princípio da Equivalência; Curvatura do Espaço-Tempo; Deflexão da Luz em um Campo Gravitacional; Desvio Gravitacional para o Vermelho; Precessão do Periélio da Órbita de Mercúrio; e Retardo da Luz em um Campo Gravitacional.

III. Mecânica Quântica: reúne os textos Quantização da Energia; Modelo de Bohr; Espectros Atômicos; Dualidade Partícula-onda; Efeito Fotoelétrico; Detectores CCD; Visores Noturnos; Relações de de Broglie; Difração de Elétrons; Função de Onda e sua Interpretação; Princípio da Indeterminação; O Experimento das Duas Fendas; Efeito Túnel; Números Quânticos; e Princípio da Exclusão.

IV. Fronteiras da Ciência: reúne os textos Teorias da Grande Unificação; Modelo-Padrão na Teoria de Partículas; Teoria do *Big Bang*; Evolução Estelar; Anãs Brancas; Supernovas; Estrelas de Nêutrons; Buracos Negros; Busca de Vida fora da Terra; Ondas Superluminais; Ondas Gravitacionais.

V. Tecnologia e Sociedade: reúne os textos Energia Nuclear; Fissão Nuclear; Fusão Nuclear; Radioatividade; Tomografia Computadorizada; Datação por Nucleotídeos Radioativos; Reatores Nucleares; Acidentes Nucleares; Armas Nucleares; Laser; Microscópio Eletrônico; Semicondutores; Transistor; Supercondutores; e Aceleradores de Partículas.

VI. História da Ciência: reúne os textos Desenvolvimento Histórico da Teoria da Relatividade; Desenvolvi-

mento Histórico da Mecânica Quântica; Projeto Manhattan; A Descoberta do Méson δ ; e A Descoberta da Radiação Cósmica de Fundo. O módulo compreende também uma seção com Biografias de Personalidades, incluindo vida e obra de Bethe; Bohm; Bohr; Born; Chandrasekhar; De Broglie; Dirac; Einstein; Fermi; Feynman; Gamow; Gell-Mann; Hawking; Heisenberg; Hubble; Lattes; Leite Lopes; Lorentz; Michelson; Morley; Oppenheimer; Pauli; Planck; Schenberg; e Schrödinger. Inclui, ainda, a seção Linha do Tempo, na qual serão apresentadas cronologias com diversos fatos no domínio da Física, das Ciências, da Literatura, da Política, da Literatura e das Artes.

VII. Filosofia da Ciência: reúne os textos Modelos Físicos e Realidade; Revoluções Científicas; Ciência e Ética; Determinismo e Indeterminismo; Caráter Absoluto ou Relativo do Espaço e do Tempo; e Interpretações da Mecânica Quântica.

VIII. Física e Cultura: reúne os textos Música; Artes Plásticas; Cinema; Literatura; e Religiões e Esoterismo.

Os textos serão ilustrados com imagens, filmes e animações relevantes, acompanhadas das respectivas legendas, que possam enriquecer o conteúdo e contribuir para a compreensão dos conceitos expostos. Em diversos textos serão apresentados questões e problemas para incentivar a reflexão dos estudantes e a aplicação dos conhecimentos estudados. No projeto do *software* foram indicados os elementos principais de suas telas e a interconexão entre estes.

Considera-se que, antes de iniciar o estudo de FMC com apoio do *software*, os estudantes tenham noção dos seguintes conceitos físicos, em uma abordagem clássica: partícula; referencial; espaço; tempo; velocidade; massa; força; trabalho; energia; momento linear; momento angular; calor; temperatura; carga elétrica; potencial elétrico; corrente elétrica; leis de conservação; campo; onda. Estes tópicos fazem parte dos currículos geralmente adotados no Ensino Médio.

Estes conceitos, importantes para a compreensão da FMC, serão desenvolvidos de modo sintético em textos que permitirão ao estudante rever e relembrar idéias que estudou anteriormente ou se familiarizar com noções que não tenha visto antes. O acesso à informação poderá ser feito mediante a ativação de *links* estabelecidos no *software* em tópicos nos quais a noção de algum conceito clássico seja importante. Estes textos funcionarão na condição de *organizadores prévios* que poderão ser utilizados conforme a necessidade do estudante.

Pretende-se possibilitar a construção dos seguintes conceitos de FMC com a utilização do *software*: invariância das leis da Física; constância da velocidade da luz no vácuo; contração do espaço; dilatação do tempo; momento relativístico; energia relativística; relação entre massa e energia; princípio da equivalência; quantização da energia; efeito fotoelétrico; modelo de Bohr; salto quântico; espectroscopia; relações de *de Broglie*; difração de elétrons; princípio da incerteza; partícula-onda; *spin*; efeito túnel; prin-

cípio da exclusão; teoria do *Big Bang*; evolução estelar; buraco negro; modelo padrão na teoria de partículas; fissão nuclear; fusão nuclear; radioatividade; acelerador de partículas; *laser*; transistor; microscópio eletrônico; supercondutor; unificação de teorias; caráter provisório e descontínuo do conhecimento científico; determinismo e indeterminismo na Ciência; revolução científica; modelos físicos e realidade; interpretações de uma teoria física; relações entre Ciência e Ética; Física enquanto cultura; relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade.

A escolha de parte destes conceitos foi realizada tendo enquanto referên-

cia a lista consensual com 18 tópicos de FMC 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 a visão da Física enquanto cultura, também foram acrescentados tópicos considerando-se as inter-relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade; a História e a Filosofia da Ciência; e algumas relações da Física com a Arte e o Esoterismo.

SEQÜÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DOS CONCEITOS DE FMC

Para o desenvolvimento dos conceitos principais de FMC incluídos no *software* hipermídia, poderá ser utilizada esta seqüência didática: 01. Aplicação de teste relacionado ao conceito a ser abordado, a partir de uma situação-problema, para evidenciar concepções prévias dos participantes; 02. Problematização inicial em que o professor orientador incentiva os participantes a exporem suas idéias relativas à situação-problema proposta, realizando-se uma discussão em pequenos grupos e, em seguida, com a turma toda; 03. Indicação pelo professor-orientador de uma trilha pelo *software*, ou seja, uma série de telas com diferentes tópicos inter-relacionados, contendo informações teóricas e exercícios so-

bre um conceito de FMC, explorados por duplas de participantes. Os participantes serão estimulados a acessar *links* que lhes despertem interesse particular, a fim de favorecer a ocorrência de aprendizagem incidental; 04. Discussão das idéias acessadas entre os componentes de cada dupla, com participação do professor orientador; 05. Exposição dos conceitos explorados, realizada pelas duplas de participantes, e discussão com a turma, com participação do professor orientador; 06. Indicação de novas trilhas para favorecer a compreensão e realização de novas discussões, em duplas e com a turma, quando necessário; 07. Solicitação de que os participantes explorem *links* do conceito de FMC em

estudo com questões tecnológicas, históricas, filosóficas e culturais; 08. Discussão das idéias acessadas entre os componentes de cada dupla, com participação do professor orientador; 09. Exposição dos conceitos explorados, realizada pelas duplas de participantes, e discussão com a turma, com participação do professor orientador; 10. Entrega de resumo das principais idéias estudadas e esquema com as relações estabelecidas entre as diversas idéias, elaborados durante todo o período de estudo do conceito; 11. Nova aplicação de teste relacionado ao conceito abordado, a partir de uma situação-problema, para evidenciar concepções finais dos participantes; 12. Avaliação das respostas dos estudantes e discussão dos resultados; 13. Apresentação de nova situação-problema, reiniciando a seqüência didática.

Expõe-se, a seguir, alguns exemplos de atividades de problematização e trilhas pelo *software* que podem ser sugeridas pelo professor, para serem desenvolvidas em cinco encontros com quatro horas de duração cada um. A partir de cada texto, os estudantes poderão explorar outros temas, conforme seu interesse, acessando os *links* existentes no *software* desenvolvido. São apresentados os objetivos educacionais associados a alguns textos e a justificativa para sua escolha e ordenação, a fim de ilustrar os critérios utilizados para o desenvolvimento do projeto do *software*. Estes exemplos foram extraídos de uma proposta que prevê dez módulos para se abordar os principais tópi-

cos de FMC num curso introdutório com enfoque adequado ao Ensino Médio.

ENCONTRO 01

Problematização: Solicitar aos estudantes que mencionem aparelhos surgidos recentemente e procurem identificar qual a tecnologia a estes associada, seus impactos sociais e possível relação com a Física.

Trilha: 01. Transição da Física Clássica à Física Moderna? 02. Teorias da Grande Unificação.

Texto 01: O objetivo é caracterizar o fato de que os conceitos da Física evoluem, estabelecer a distinção entre Física Clássica e Física Moderna e apresentar, de modo geral e qualitativo, os principais conceitos da FMC. Constitui um *organizador prévio*, visando propiciar uma ligação entre os conhecimentos que o estudante possui e as novas idéias que serão apresentadas. Apresenta *links* com textos sobre diversos conceitos de Física Clássica e os textos Desenvolvimento Histórico da Teoria da Relatividade, Desenvolvimento Histórico da Mecânica Quântica, Revoluções Científicas, Determinismo e Indeterminismo, e Caráter Absoluto ou Relativo do Espaço e do Tempo.

ENCONTRO 02

Problematização: Solicitar aos estudantes que exponham seu entendimento sobre o modo pelo qual a evolução do conhecimento ocorre, se mediante acumulação contínua ou

por um processo que apresenta rupturas e descontinuidades, se envolvendo grandes mudanças nas concepções dos cientistas ou apenas acréscimos a sua visão geral.

Trilha: 03. Desenvolvimento Histórico da Teoria da Relatividade ? 04. Desenvolvimento Histórico da Mecânica Quântica? 05. Revoluções Científicas.

Textos 03 e 04: O objetivo é fornecer visão histórica sobre o surgimento e desenvolvimento da Teoria da Relatividade e da Mecânica Quântica, evidenciando o caráter provisório e descontínuo do conhecimento científico. Os textos permitem dar continuidade ao processo de apresentação geral da FMC, possibilitando ao estudante se familiarizar com os conceitos, fenômenos, personalidades e contexto histórico relacionados, com um pouco mais de detalhamento. Isto é coerente com a técnica de utilização de *organizadores prévios* e o princípio da *diferenciação progressiva*. O uso de textos históricos pode contribuir para evidenciar a Ciência enquanto construção que sofre modificações com o tempo. Os textos permitem estabelecer *links* com uma série de conceitos, fatos e personalidades neles mencionados.

ENCONTRO 03

Problematização: Solicitar aos estudantes que comentem e tentem explicar a ocorrência de dessincronização de relógios devido ao movimento relativo.

Trilha: 06. Postulados da Teoria da Relatividade Restrita 07. Dilatação

do Tempo? 08. Dessincronização de Relógios? 09. Decaimento de Múons? 10. Paradoxo dos Gêmeos? 11. Contração do Espaço? 12. Momento Linear Relativístico.

Texto 06: O objetivo é expor os dois postulados fundamentais da teoria da relatividade restrita. A apresentação dos postulados da teoria permite iniciar a abordagem a partir das idéias mais gerais, para então se fazer a análise das conseqüências específicas deduzidas das premissas. Apresenta *links* com os textos Referencial, Experimento de *Michelson-Morley*, Dilatação do Tempo, Contração do Tempo, Ondas Superluminais, e Einstein.

Texto 07: O objetivo é analisar o fenômeno de dilatação do tempo. Pelos princípios da *organização seqüencial* e da *derivação progressiva*, é adequado apresentar o conceito mais específico de dilatação do tempo após os postulados da relatividade dos quais é deduzido. A *reconciliação integrativa* será considerada ao se comparar este fenômeno relativístico com o resultado esperado pela mecânica clássica. Apresenta *links* com os textos Tempo, Postulados da Teoria da Relatividade Restrita, Dessincronização de Relógios devido ao Movimento, Decaimento de Múons, Paradoxo dos Gêmeos, Contração do Espaço, Caráter Absoluto ou Relativo do Espaço e do Tempo, e Artes Plásticas.

Texto 09: O objetivo é analisar o experimento envolvendo múons, comparando seu tempo de vida quando em repouso ou em movimento em relação ao referencial do laboratório.

A análise do tempo de vida de múons situa-se em nível mais específico da hierarquia conceitual, pois ilustra a dilatação do tempo, sendo mais bem avaliado após a abordagem geral deste conceito, com base no princípio da *derivação progressiva*. Também contribui para tornar a dilatação do tempo algo mais plausível para os estudantes. Apresenta *links* com os textos Dilatação do Tempo, Dessincronização de Relógios, Paradoxo dos Gêmeos, e A Descoberta do MésonTT.

ambientais. O estudo dos reatores nucleares demanda a compreensão dos fenômenos de fissão e fusão nuclear, exemplificando também a relação entre massa e energia. Por isso, este tema foi introduzido neste ponto, obedecendo à *organização seqüencial* e à *derivação progressiva*. Apresenta *links* com os textos Fissão Nuclear, Fusão Nuclear, Radioatividade, Acidentes Nucleares, e Armas Nucleares.

ENCONTRO 05

ENCONTRO 04

Problematização: Solicitar aos estudantes que comentem sobre o funcionamento dos reatores nucleares.

Trilha: 13. Energia Relativística? 14. Relação entre Energia e Momento Relativístico? 15. Fissão Nuclear? 16. Fusão Nuclear? 17. Radioatividade? 18. Reatores Nucleares? 19. Acidentes Nucleares.

Texto 18: O objetivo é possibilitar o conhecimento dos principais processos envolvidos no funcionamento dos reatores nucleares, a conscientização quanto às dificuldades relacionadas ao lixo nuclear por elas produzido e a noção sobre as implicações da geração de matéria-prima para armas nucleares a partir de sua operação. A abordagem que enfoca as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade contribui para evidenciar as aplicações práticas dos conhecimentos científicos e suas conseqüências sobre a vida das pessoas, permitindo também a análise de questões econômicas, políticas e

Problematização: Considerando o lançamento da bomba atômica sobre Hiroshima e Nagasaki, solicitar aos estudantes que comentem sobre a responsabilidade dos cientistas diante das descobertas que realizam e suas implicações.

Trilha: 20. Albert Einstein? 21. Projeto Manhattan ? 22. Armas Nucleares? 23. Ciência e Ética.

Texto 23: O objetivo é apresentar conceitos de Ética e a importância de considerá-la no desenvolvimento da pesquisa científica e nas aplicações resultantes desta atividade. O estudo da Ética e de suas relações com a Ciência é importante para o desenvolvimento humano dos estudantes, podendo contribuir para as metas educativas de formar cidadãos críticos e conscientes das questões éticas que permeiam as ações em sociedade. O debate proposto se insere naturalmente após se levantar a questão das armas nucleares, segundo os princípios da *organização seqüencial* e da *derivação pro-*

gressiva. O texto apresenta *links* com os textos Armas Nucleares, Projeto

Manhattan, Albert Einstein, e Oppenheimer.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apresentou-se, neste trabalho, uma proposta de *software* hipermídia para o ensino de tópicos de Física Moderna e Contemporânea voltado para o Ensino Médio, buscando-se explicitar as questões pedagógicas envolvidas na realização de seu projeto e em sua utilização. Descreveu-se brevemente sua estrutura conceitual e apresentou-se uma seqüência didática para o desenvolvimento das atividades com o *software*. A seqüência didática exemplificada foi elaborada tendo em vista a pesquisa

quanto à construção de conceitos com apoio do *software* proposto. Atualmente (maio de 2004), o *software* encontra-se em fase de desenvolvimento e, em uma próxima etapa da pesquisa, será utilizado em uma atividade de ensino visando estudar o processo de construção de conceitos de FMC e sobre Ciência. Isto possibilitará realizar ajustes, obter novas idéias e aprofundar o entendimento da construção de conceitos com a hipermídia educativa no caso da Física Moderna e Contemporânea.

REFERÊNCIAS

Ausubel, D. P. (1976) *Psicología educativa; un punto de vista cognoscitivo*. México: Editorial Trillas.

Babbitt, B. C. y Usnick, V. (April, 1993) Hypermedia: a vehicle for connections. *Arithmetic teacher*, [S.l.], pp. 430-432.

Bastos, F.; Nardi, R.; Diniz, R. E. da S. (2001) Objeções em relação a propostas construtivistas para a educação em ciências: possíveis implicações para a constituição de referenciais teóricos norteadores da pesquisa e do ensino. *Atas do III Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Atibaia: Abrapec, (CD-ROM).

Bolacha, E. e Amador, F. (março de 2003) Organização do conhecimento, construção de hiperdocumentos e ensino das ciências da terra. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, 8 (1). Disponível em:

<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol8/n1/v8_n1_a2.htm>. Acesso em: 26/04/2004.

Hede, A. (2002) An integrated model of multimedia effects on learning. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, [S.l.], 11 (2), 177-191.

Jonassen, D. H. (1986) Hypertext principles for text and courseware design. *Educational Psychologist*, [S.l.], 21 (4), 269-292.

Krasilchik, M. (2000) Reformas e realidade: o caso do ensino das ciências. *São Paulo em Perspectiva*, São Paulo, 14 (1), 85-93.

Lederman, N. G. (1992) Students' and teachers' conceptions on the nature of science: a review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, [S.l.], 29 (4), 331-359.

Marchionini, G. (1988) Hypermedia and learning: freedom and chaos. *Educational Technology*, [S.l.], 28 (11), 8-12.

Moreira, M. A.; Masini, E. F. S. (2002) *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. 2. ed. São Paulo: Centauro.

Ostermann, F. y Moreira, M. A. (março 2000) 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, . Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol5/n1/v5_n1_a2.htm>. Acesso em: 10 jan. 2003.

Paolucci, R. (1998) The effects of cognitive style and knowledge structure on performance using a hypermedia learning system. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, [S.l.], 7 (2-3), 123-50.

Rezende, F. (agosto 2001) Desenvolvimento e avaliação de um sistema hiperídia para facilitar a reestruturação conceitual em mecânica básica. *Cad. Cat. Ens. Fís.*, Florianópolis, 18 (2), 197-213.

Solbes, J. y Traver, M. (2001) 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.], 19 (1), 151-162.

Zanetic, J. *Ciência, seu desenvolvimento histórico e social – implicações para o ensino*. [S.l.: s.n.], [ca. 1990]. pp. 7-19.

Zanetic, J. (2002) Física e arte: uma ponte entre duas culturas. Em: Vianna, D. M.; Peduzzi, L. O. Q.; Borges, O. N.; Nardi, R. (Orgs.). *Atas do VIII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*. São Paulo: SBF, (CD-Rom, arquivo: COCD1.pdf).