

UMA PROPOSTA DE ENSINO DE FÍSICA MODERNA UTILIZANDO A HIPERMÍDIA

MACHADO¹, DANIEL IRIA y NARDI², ROBERTO

¹ Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência; e Grupo de Pesquisa em Ensino de Ciências da Universidade Estadual Paulista. UNESP, Bauru, Brasil. Professor da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. UNIOESTE, Foz do Iguaçu, Brasil. Apoio Financeiro: CAPES/PROAP. <dpedm@uol.com.br>

² Professor Assistente Doutor – Depto. de Educação. Faculdade de Ciências; Grupo de Pesquisa em Ensino de Ciências; e Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência. UNESP, Bauru, Brasil. <r.nardi@uol.com.br>

Palavras chave: Ensino de Física; Física Moderna; Hipermídia; Construtivismo.

OBJETIVOS

No contexto atual de uma sociedade fortemente marcada pela Ciência e Tecnologia, 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. A pesquisa relacionada à inserção de tópicos resultantes dos progressos ocorridos na Física desde o final do século XIX até os dias atuais tem procurado contribuir para esta renovação no Ensino Médio. Seguindo esta linha de trabalho, apresenta-se aqui a metodologia adotada no desenvolvimento de um *software* para o ensino de tópicos de *Física Moderna* na escola secundária, com apoio da tecnologia da informação denominada *hipermídia*, e expõe-se uma proposta para sua utilização.

REFERENCIAL TEÓRICO

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 & 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. 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 siste-

mas hipermídia parecem proporcionar um meio efetivo para promover e desenvolver habilidades cognitivas de ordem superior. 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 (1976) e das pesquisas em Educação em Ciências (Krasilchick, 2000), incluindo abordagens considerando as relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente; a História e a Filosofia da Ciência; a Física como Cultura; e a importância dos problemas.

DESENVOLVIMENTO DO TEMA

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 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.



FIGURA 1
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 significativas 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 prévios que o estudante possui e as novas idéias a serem expostas, possibilitando o acesso a *organizadores prévios* sempre que necessário. Os *links* foram estabelecidos de forma 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*. Procurou-se indicar semelhanças e diferenças entre conceitos em diversos trechos do material desenvolvido, 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 foram inseridos para possibilitar também o acesso a idéias complementares, segundo o interesse despertado nos estudantes, estimulando a aprendizagem incidental. 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, incentivar a livre exploração de associações possíveis mediante os *links* disponíveis, problematizar e promover debates dos pontos relevantes.

Para a abordagem em sala de aula dos conceitos principais de Física Moderna incluídos no *software* hiper-mídia, poderá ser utilizada uma seqüência didática incluindo as seguintes atividades:

1. Problematização inicial em que o professor 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.
2. Indicação pelo professor-orientador de uma trilha pelo software, ou seja, de uma série de telas com diferentes tópicos inter-relacionados, contendo informações teóricas e exercícios, explorados por duplas de participantes. Os participantes podem ser estimulados a acessar links que lhes despertem interesse particular, a fim de favorecer a ocorrência de aprendizagem incidental.
3. Discussão das idéias acessadas entre os componentes de cada dupla, com participação do professor.
4. Exposição dos conceitos explorados, realizada pelas duplas de participantes, e discussão com a turma, com participação do professor.
5. Indicação de novas trilhas para favorecer a compreensão e realização de novas discussões, em duplas e com a turma, quando necessário.
6. Entrega de problemas e questões respondidos, de resumos das principais idéias estudadas e de esquemas com as relações estabelecidas entre as diversas idéias.
7. Avaliação dos estudantes e discussão dos resultados.
8. Apresentação de nova situação-problema, reiniciando a seqüência didática.

A fim de ilustrar os critérios utilizados para o desenvolvimento do software, expõe-se, a seguir, um exemplo de seqüência didática estruturada em cinco unidades, incluindo os objetivos educacionais associados a alguns textos e a justificativa para sua escolha e ordenação:

Unidade 1

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.



FIGURA 2

Tela introdutória do módulo Visão Inicial, mostrando os links de acesso a dois textos.

Trilha: 01. Conceitos de Física Clássica _ 02. Conceitos de Física Moderna.

Textos 01 e 02: 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, diversos conceitos fundamentais da Física Moderna. Constituem *organizadores prévios*, visando propiciar uma ligação entre os conhecimentos que o estudante possui e as novas idéias a serem apresentadas. Apresenta links com os textos Desenvolvimento Histórico da Teoria da Relatividade; e Desenvolvimento Histórico da Mecânica Quântica.

Unidade 2

Problematização: Solicitar aos estudantes que exponham seu entendimento sobre como o conhecimento científico é elaborado.

Trilha: 03. Desenvolvimento Histórico da Teoria da Relatividade _ 04. Desenvolvimento Histórico da Mecânica Quântica _ 05. Programas de Pesquisa.

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 Física Moderna, de forma um pouco mais detalhada, contribuindo para que o estudante se familiarize com conceitos, fenômenos, personalidades e contexto histórico relacionados. 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 os tópicos Programas de Pesquisa; Postulados da Teoria da Relatividade Restrita; Albert Einstein; e Física Moderna.

Unidade 3

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. A Viagem 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 apre-

Física Moderna
Teoria da Relatividade Restrita
Energia Relativística

Equivalência entre Massa e Energia

Ao considerar a partícula em repouso, tomando $v = 0$ na expressão da energia total relativística, obtém-se:

$$E = mc^2$$

Esta é a famosa equação de Einstein da equivalência entre massa e energia, relacionando a massa de um corpo com sua energia. Conforme expõe Einstein em seu livro *A Teoria da Relatividade Especial e Geral*: "A massa inercial de um sistema de corpos pode mesmo ser considerada como uma medida de sua energia".

Quando a energia total de um sistema de corpos em repouso sofre uma variação ΔE , sua massa varia de um valor Δm , segundo a expressão:

$$\Delta E = \Delta mc^2$$

Fissão Nuclear
Fusão Nuclear
Relação entre Momento e Energia
Momento Linear Relativístico

Energia Relativística | Equivalência entre Massa e Energia

FIGURA 3
Tela do texto Energia Relativística, apresentando a relação entre massa e energia.

sentação 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 Desenvolvimento Histórico da Teoria da Relatividade; Dilatação do Tempo; e Contração das Distâncias.

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 Postulados da Teoria da Relatividade Restrita; Dessincronização de Relógios; Decaimento de Múons; A Viagem dos Gêmeos; Contração das Distâncias; e Desenvolvimento Histórico da Teoria da Relatividade.

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 aos estudantes. Apresenta links com os textos Postulados da Teoria da Relatividade Restrita; Dilatação do Tempo; Dessincronização de Relógios; A Viagem dos Gêmeos; Contração do Espaço; e Desenvolvimento Histórico da Teoria da Relatividade.

Unidade 4

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 eles 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, Sociedade e Ambiente 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 ambientais. O estudo dos reatores nucleares demanda a compreensão dos fenômenos de fissão e fusão nuclear, exemplificando tam-



FIGURA 4

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

bém 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; Acidentes Nucleares; e Armas Nucleares.

Unidade 5

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 insere-se naturalmente após se levantar a questão das armas nucleares, segundo os princípios da *organização seqüencial* e da *derivação progressiva*. O texto apresenta *links* com os textos Armas Nucleares; Projeto Manhattan; e Albert Einstein.

CONCLUSÃO

Neste trabalho, examinou-se a metodologia empregada na estruturação de um *software* educacional, evidenciando-se a possibilidade de conciliar a hipermídia, os princípios de aprendizagem de Ausubel e as pesquisas em Educação para a Ciência. Este *software* e a seqüência didática exemplificada foram elaborados tendo em vista uma pesquisa mais ampla relativa à construção de conceitos com apoio da hipermídia.

REFERÊNCIAS

- AUSUBEL, D. P. (1976). *Psicología educativa; un punto de vista cognoscitivo*. México: Editorial Trillas.
- BABBITT, B. C. & USNICK, V. (1993). Hypermedia: a vehicle for connections. *Arithmetic teacher*, April, pp. 430-432.
- KRASILCHIK, M. (2000). Reformas e realidade: o caso do ensino das ciências. *São Paulo em Perspectiva*, Vol. 14 (1), pp. 85-93.
- OSTERMANN, F. & MOREIRA, M. A. (2000). Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “física moderna e contemporânea no ensino médio”. *Investigações em Ensino de Ciências*, Vol. 5 (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*, Vol. 7 (2-3), pp. 123-150.