

g Romero Tavares

Professor do Departamento de Física/UFPB.
Doutor em Física pelo Instituto de Física/USP

E-mail: romero@fisica.ufpb.br

55

Aprendizagem significativa

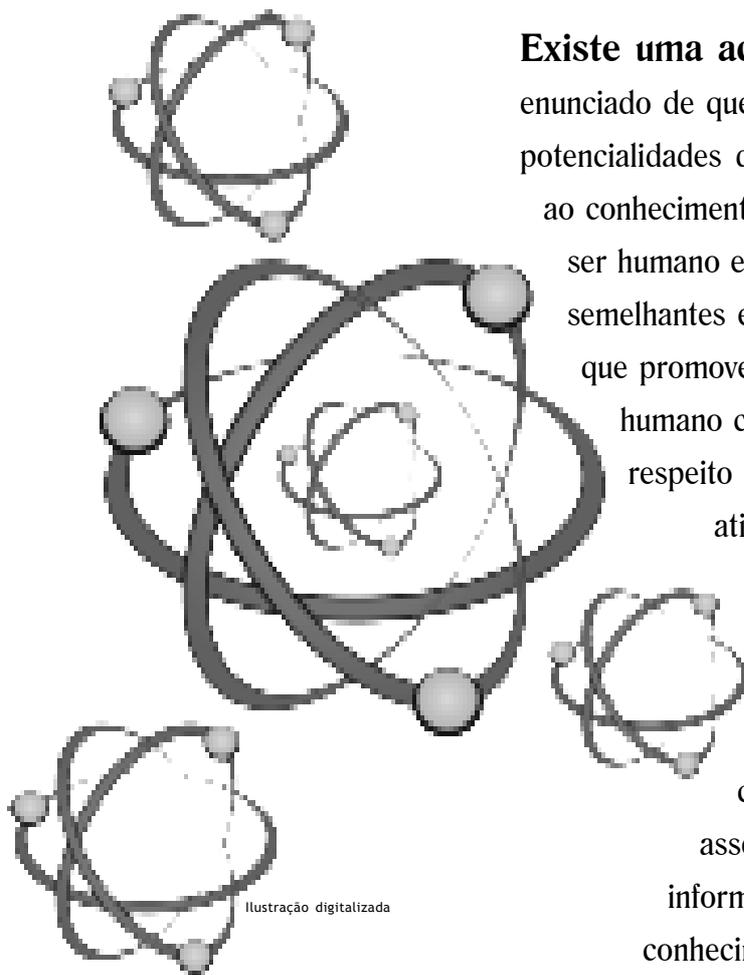


Ilustração digitalizada

Existe uma aceitação quase universal do enunciado de que o conhecimento é libertador das potencialidades das pessoas. Estamos nos referindo ao conhecimento que promove a articulação entre o ser humano e o seu ambiente, entre ele e seus semelhantes e consigo próprio. O conhecimento que promove a autonomia, conecta este ser humano com o seu meio cultural no que diz respeito a crenças, valores, sentimentos, atitudes, etc. E na medida que o indivíduo é autônomo, a partir desta sua estrutura de conhecimentos, ele é capaz de captar e apreender outras circunstâncias de conhecimentos assemelhados e de se apropriar da informação, transformando-a em conhecimento.

As pessoas constroem os seus conhecimentos, a partir de uma intenção deliberada de fazer articulações entre o que conhece e a nova informação que pretende absorver. Esse tipo de estruturação cognitiva se dá ao longo de toda a vida, através de uma seqüência de eventos, única para cada pessoa, configurando-se, desse modo, como um processo idiossincrático. Atualmente, esse entendimento de como se constrói a estrutura cognitiva humana chama-se genericamente de construtivismo.

Os grandes precursores do construtivismo contemporâneo foram o suíço Jean Piaget e o russo Lev Vigotski, que iniciaram os seus trabalhos na década de vinte do século passado. Mas, apenas na década de sessenta, com as dificuldades da teoria comportamentalista de Burrhus Skinner em dar conta das especificidades da aprendizagem humana, as idéias construtivistas passaram a ser utilizadas com maior ênfase (Pozo - 2002).

Na década de 1960, David Ausubel (1980, 2003) propôs a sua *Teoria da aprendizagem significativa*, onde enfatiza a aprendizagem de significados (conceitos) como aquela mais relevante para seres humanos. Ele ressalta que a maior parte da aprendizagem acontece de forma receptiva e, desse modo, a humanidade tem-se valido para transmitir as informações ao longo das gerações. Uma de suas contribuições é marcar claramente a distinção entre aprendizagem significativa e a aprendizagem mecânica.

Existem três requisitos essenciais para a aprendizagem significativa: a oferta de um novo conhecimento estruturado de maneira lógica; a existência de conhecimentos na estrutura cognitiva que possibilite a sua conexão com o novo conhecimento; a atitude explícita de aprender e conectar o seu conhecimento com aquele que pretende absorver. Esses conhecimentos prévios são também chamados de conceitos subsunçores ou conceitos âncora. Quando se dá a aprendizagem significativa, o aprendente transfor-

“Na interação entre o conhecimento novo e o antigo, ambos serão modificados de uma maneira específica por cada aprendente...”

ma o significado lógico do material pedagógico em significado psicológico, à medida que esse conteúdo se insere de modo peculiar na sua estrutura cognitiva, e cada pessoa tem um modo específico de fazer essa inserção, o que torna essa atitude um processo idiossincrático. Quando duas pessoas aprendem significativamente o mesmo conteúdo, elas partilham significados comuns sobre a essência deste conteúdo. No entanto, têm opiniões pessoais sobre outros aspectos deste material, tendo em vista a construção peculiar deste conhecimento.

A aprendizagem significativa requer um esforço do aprendente em conectar de maneira não arbitrária e não literal o novo conhecimento com a estrutura cognitiva existente. É necessária uma atitude proativa, pois numa conexão determinada informação liga-se a um conhecimento de teor cor-respondente na estrutura cognitiva do aprendiz; e em uma conexão não literal a aprendizagem da informação não depende das palavras específicas que foram usadas na recepção da informação. Desse modo, podemos ter uma aprendizagem receptiva significativa em uma sala de aula convencional, onde se usam recursos tradicionais tais como giz e quadro-negro, quando existiram condições de o aprendente transformar significados lógicos de determinado conteúdo potencialmente significativo, em significados psicológicos, em

conhecimento construído e estruturado idiossincraticamente.

Um aprendente que tenha conhecimentos prévios sobre as características de mamíferos terrestres usará esses atributos, quando se deparar com novas informações sobre mamíferos aquáticos. Esses conhecimentos (sangue quente, respiração através do oxigênio gasoso, gestação interna, etc.) auxiliarão a entender o comportamento dos mamíferos aquáticos e servirão como âncora na aquisição do novo conhecimento. Na interação entre o conhecimento novo e o antigo, ambos serão modificados de uma maneira específica por cada aprendente, como consequência de uma estrutura cognitiva peculiar a cada pessoa. Depois do aprendizado sobre mamíferos aquáticos, o aprendente terá uma concepção mais inclusiva sobre os mamíferos, onde antes só existiam os terrestres. E, por outro lado, ao aprender as características do movimento dos mamíferos aquáticos, ele saberá que o formato dos corpos desses animais obedecem às mesmas leis da hidrodinâmica, também obedecidas pelos peixes.

A aprendizagem mecânica ou memorística se dá com a absorção literal e não substantiva do novo material. O esforço necessário para esse tipo de aprendizagem é muito menor, daí, ele ser tão utilizado quando os alunos se preparam para exames escolares. Principalmente aqueles exames que exigem respostas literais às suas perguntas e que não exijam do aluno uma capacidade de articulação entre os tópicos do conteúdo em questão. Apesar de custar menos esforço, a aprendizagem memorística é volátil, com um grau de retenção baixíssimo na aprendizagem de médio e longo prazo.

Ausubel (1980, 2003) sugere o uso da aprendizagem mecânica quando não existirem na estrutura cognitiva do aprendente idéias-âncora (subsunçor) que facilitam a conexão entre esta e a nova informação, quando não existirem idéias prévias que possibilitem essa ancoragem. Em uma dada circunstância, nos

deparamos com a tarefa de aprender uma seqüência de determinados conteúdos, sem ter tido a oportunidade de algum conhecimento próximo. Ele sugere que o conhecimento inicial seja memorizado e, a partir desse conhecimento absorvido, seja paulatinamente estruturado o conhecimento sobre o tópico considerado. Ele, no entanto, criou uma nova alternativa para essa situação, ao propor a utilização de organizadores prévios. Eles são pontes cognitivas entre o que aprendente já sabe e o que pretende saber. É construído com um elevado grau de abstração e inclusividade, de modo a poder se apoiar nos pilares fundamentais da estrutura cognitiva do aprendente e, desse modo, facilitar a apreensão de conhecimentos mais específicos com os quais ele está se deparando.

Ausubel (1980, 2003) indica que a maneira mais natural de aquisição de conhecimentos para o ser é através da diferenciação progressiva. É mais fácil construir o conhecimento, quando se inicia de uma idéia mais geral e inclusiva e

se encaminha para idéias menos inclusivas. Seria começar um estudo sobre mamíferos de modo geral, com as características que os definem. No passo seguinte, seriam estudados os mamíferos de acordo com o meio em que eles habitam: seja a terra (homem), a água (golfinho) ou o ar (morcego). Uma outra maneira de propiciar a aprendizagem significativa seria através da reconciliação integrativa, que foi exemplificada anteriormente na percepção de semelhanças aparentemente dissonantes entre mamíferos aquáticos e terrestres.

Joseph Novak (1981), professor emérito da Universidade de Cornell, se penitenciou por sua ingenuidade de acreditar que os alunos desta universidade queriam construir a sua própria formação, aprendendo significados durante a sua passagem por lá. Depois de uma avaliação adequada do assunto, ele concluiu que eles queriam somente boas notas e o diploma no final. E, apenas, próximo ao término de seus cursos, percebiam ter retido muito pouco de conhecimento das disciplinas que tinham concluído. Esta-

vam prestes a finalizar o curso universitário e nesta caminhada tinham acrescentado pouco em suas estruturas cognitivas. Não estamos mencionando uma universidade qualquer, de um grotão escondido nos confins de alguma região rude e ignara, mas de uma das mais prestigiadas universidades americanas.

No fundo, estamos discutindo sobre a questão da escolha entre ter ou ser. Para se ter algo pouco se exige de energia interna ou emocional, basta se pagar o preço estipulado. Para ser de determinada maneira é necessária uma estruturação interna, uma disposição de mudança. A grande diferença entre esses dois estados é que se pode perder o que se tem, mas ninguém tira o que você é. Não existe a necessidade de mudanças internas na aprendizagem memorística. O conhecimento é absorvido literalmente, é usado nos exames e, depois, é esquecido. Ele não passa a fazer parte de si, da estrutura cognitiva e da maneira de ser do aluno. Não enriquece a sua maneira de olhar o ambiente que o rodeia e os seus semelhantes.

Modelagem e o ensino de Física

Aoeriza que grande contingente de alunos do Curso Médio sente por Física deve-se em parte à ausência de alternativas de aprendizagem apresentadas a esses alunos. Coloca-se a aprendizagem memorística como a única possibilidade existente. Na realidade, nem se cogita que existam alternativas. O tipo de aprendizagem de Física que acontece na maioria das situações pode ser resumida a um monte de equações que devem ser misturadas a um monte de dados e, daí, supostamente sairão as respostas aos problemas propostos.

Poucos estudantes saem do Curso Médio, ou mesmo da Universidade, com uma visão clara sobre Ciência e a sua função de tentar explicar a Natureza.

Em muitas circunstâncias, a Física é ensinada através de fórmulas que descrevem determinado fenômeno. Não se questiona a origem delas que passam a ter

uma existência per si. Não se informa que as fórmulas são a representação de modelos que foram criados para se entender determinado evento. Esses modelos têm uma região de validade e, além dessa região, eles perdem o sentido, deixam de ser válidos. Desse modo, passam a ser necessários outros modelos para preencherem a lacuna.

Os homens constroem modelos conceituais para explicar os fenômenos que os intrigam, que os desafiam. Os modelos de sucesso permanecem até que surjam novos fatos que não podem ser explicados por eles, que estão além de seus limites de validade. No Nível Médio, aprendemos que a trajetória de um projétil lançado obliquamente é uma parábola. Mas não fica claro para os alunos que esse resultado é válido apenas quando consideramos a Terra como uma superfície plana e a força da

gravidade terrestre como sendo constante. Quando olhamos em direção à linha do horizonte (~15kms) a Terra nos parece plana. Para altitudes muito menores que o raio da Terra (~6400kms) a força da gravidade terrestre pode ser considerada constante. Desse modo, para lançamentos de projéteis com um alcance aquém da linha do horizonte e que viajem em baixa altitude, a sua trajetória será de fato uma parábola. Foram reduzindo a quantidade de informações sobre o modelo do lançamento de projéteis até que ele ficasse muito distante de uma realidade mais global. Fora das circunstâncias bem específicas, o modelo é inadequado e a trajetória do projétil não é mais uma parábola. Em raras situações são explicitadas essas considerações, de modo a permitir aos aprendentes uma visão mais clara do mundo que os cerca.

Concepções espontâneas e o ensino de Física

Quando chega à escola, o aluno já possui uma concepção empírica sobre os fenômenos que acontecem à sua volta. Essa construção é apoiada na observação de como os eventos acontecem. Existe uma grande identificação destes conceitos, e a Física aristotélica que permaneceu vigente até a Idade Média. Uma das características do trabalho de Aristóteles foi o compromisso entre a conceitualização e a observação experimental. No entanto, uma das possíveis fragilidades do empirismo é não conseguir teorizar além dos fatos específicos que observa. Quando analisa o lançamento de projéteis, a Física aristotélica provê um modelo de movimento adequado para pequeno alcance desse objeto. Newton provocou uma reviravolta na compreensão do movimento de corpos. Ele entendeu que esse movimento depende de cada uma das forças que atuam no corpo assim como das condições iniciais deste movimento. Pode-se analisar o efeito e a importância da atuação de cada uma das forças, bem como o efeito global da atuação de todas elas.

Quando um projétil se movimenta, existem basicamente duas forças atuando nele: a força gravitacional e a força

“Costuma-se estudar o movimento de projéteis na ausência da força de atrito. Nessas circunstâncias, a sua trajetória será parabólica.”

de atrito entre o projétil e a atmosfera, originada com o seu movimento. A Física newtoniana é reducionista e, no Ensino Médio, costuma-se analisar apenas parcialmente esse tipo de movimento. Costuma-se estudar o movimento de projéteis na ausência da força de atrito. Nessas circunstâncias, a sua trajetória será parabólica. Entende-se essa restrição porque a ferramenta matemática necessária para a inclusão dessa força, o cálculo diferencial, só será lecionada na universidade.

No entanto, o imaginário popular

não identifica espontaneamente a trajetória de um projétil como sendo parabólica. Um exemplo relevante é a representação desse fato que acontece nos desenhos animados, sejam nacionais ou importados. Quando lançado obliquamente, ele descreve uma trajetória retilínea até parar no ponto mais alto da trajetória e, daí, começa a cair verticalmente. Essa tipo de trajetória é aquela preconizada pela física medieval usando a teoria do impetus e, no entanto, é obtida também se usando a Física newtoniana quando consideramos a força de atrito adequada.

Devemos ter em mente que a física newtoniana requer uma grande abstração (advinda do reducionismo) quando considera o movimento de um projétil na ausência da força de atrito, que é um dado presente no nosso cotidiano. No entanto, podemos fazer uma ponte cognitiva entre a concepção espontânea aristotélica e a Física newtoniana através de uma animação interativa que passe paulatinamente de um modelo para o outro - com a introdução e aumento gradativo da intensidade da força de atrito com o ar e, desse modo, facilitar a compreensão de um modelo aceito pela comunidade científica.

Animação interativa e organizador prévio

Animação interativa tem-se configurado como uma possibilidade alvissareira no processo ensino-aprendizagem de Ciências Naturais de modo geral e de Física, de modo particular (Halloun - 1996; Veit e Teodoro - 2002). Uma animação se caracteriza por mostrar a evolução temporal de um dado evento e se presta de maneira exuberante para a exposição de fenômenos que se apresentam intrincados para aqueles alunos que não têm uma percepção visual aguçada ou uma capacidade de abstração sofisticada. Podemos citar, como

exemplo, a grande dificuldade em explicar um conteúdo como a propagação de ondas longitudinais em meios elásticos (tal como a onda sonora), usando como recurso apenas giz e quadro, em comparação com a facilidade que esse tópico é apresentado através das animações e isso pode ser analisado e avaliado na observação das inúmeras animações existentes na WWW, tais como García (2004), Fendt (2004), Reddy (2004), Santos e Tavares (2004).

Hestenes (1996) analisou um estudo sobre o aproveitamento escolar de

12.000 estudantes americanos em cursos de Física nas escolas secundárias, faculdades e universidades. Ele concluiu que *antes das aulas de Física os alunos têm crenças errôneas sobre a Mecânica, que contrariam os conceitos Newtonianos*. O sucesso no processo ensino-aprendizagem através da modelagem, relatado por Wells et al. (1995), sugere que essas crenças errôneas dos estudantes são tratadas de maneira mais eficiente, usando-se as animações pedagógicas. E desse modo o aproveitamento escolar, como um todo, será substancial-

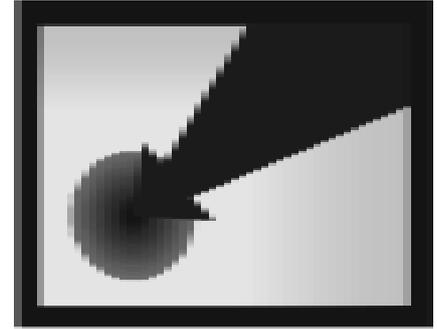
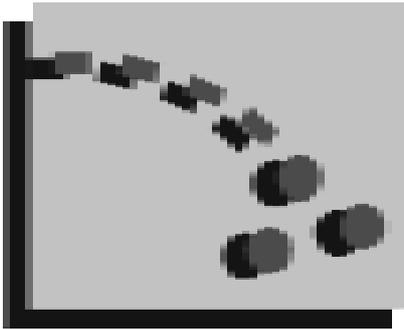


Ilustração digitalizada

mente melhorado devido à elucidação das crenças mencionadas e com a presença dos conceitos claramente delineados pelo uso das animações pedagógicas.

Mas o que fazer quando não existem subsunçores disponíveis? Esse é o contexto da maioria dos alunos dos cursos básicos de Ciências Exatas quando estão cursando Física Geral II. Vários conteúdos não fazem parte das suas vivências cotidianas e também nunca lhes foram apresentados formalmente. Os tópicos Gravitação, Fluidos, Ondas em Meios Elásticos e Termodinâmica compõem o conteúdo desse curso, e praticamente, na sua totalidade, se enquadram como assuntos estranhos, nunca trabalhados. Os alunos do Nível Médio passam por situação equivalente quando se deparam com os mesmos conteúdos.

O que fazer? A primeira atitude que se toma para acompanhar um curso nestas condições é ir memorizando as partes iniciais até que o seu conteúdo seja absorvido, incorporado meio na força, de modo abrupto, na concepção da aprendizagem mecânica apontada por Ausubel (1980, 2003), com pouca interação com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva.

A escolha de um organizador prévio depende da situação da aprendizagem, e diversas alternativas foram propostas (Moreira - 1983). Neste trabalho, a alternativa apresentada é a animação interativa, definida como programa de computador que simula os fenômenos físicos modelados matematicamente em que o aprendiz poderá, através da ação, trocar significados e modificar

a animação para atender seus objetivos gerais ou específicos, com a apresentação dos reais conceitos, relacionamento entre grandezas, gráficos e referências.

Estas animações interativas enquadram-se no conceito de ferramentas computacionais que são capazes de auxiliar na construção do conhecimento (Veit e Teodoro - 2002) e podem ser usadas para dar significado ao novo conhecimento por interação com significados claros, estáveis e diferenciados previamente existentes na estrutura cognitiva do aprendiz (Moreira - 1999).

Com as animações interativas, podem-se criar uma representação real ou ideacional de um fenômeno físico e apresentar aos alunos as características do fenômeno para a observação. Além de serem sensíveis aos critérios individuais, onde o aprendiz pode agir na modificação das condições iniciais, e observar as respostas e relacionar grandezas e outros atributos pertinentes ao fe-

nômeno físico, estando o conhecimento amparado nos contextos nos quais os alunos aprendem (Brown et al - 1989; Lave et al - 1991; Schank et al - 1993/1994), de tal forma que os subsunçores seriam modificados e ampliados para apreender o novo conhecimento.

Nesta visão, as animações interativas seriam capazes de exercer a principal função dos organizadores prévios que, de acordo com Ausubel (1980, 2003), preencheriam o hiato entre aquilo que o aprendiz já conhece e o que precisa conhecer antes de poder aprender significativamente a tarefa com que se defronta, permitindo oferecer uma armação ideativa para a incorporação estável e retenção do material mais detalhado e diferenciado que se segue no texto a aprender.

A nossa proposta (Tavares e Santos - 2003; Santos e Tavares - 2003) é que esse primeiro contato se dê através das animações interativas. Nós identificamos uma animação interativa como um organizador prévio. O aluno tem o contato inicial com um conteúdo através de uma conceituação com um grau de abstração e inclusividade maior que um simples resumo inicial. Grandezas abstratas como vetores são passíveis de uma representação gráfica, que evolui com a passagem do tempo. Pode-se representar a evolução da interação entre duas grandezas vetoriais tal como o esforço que duas pessoas fazem para deslocar um objeto. Por outro lado, ela pode facilitar a mudança conceitual dos alunos que construíram a sua visão de mundo usando a física aristotélica.

“Grandezas abstratas como vetores são passíveis de uma representação gráfica, que evolui com a passagem do tempo.”

Conclusões

Uma animação interativa usa em sua construção um modelo aceito pela comunidade científica para representar um dado evento. Em uma modelagem, a flecha do tempo pode ir e vir; as condições iniciais podem ser alteradas para dar conta das inúmeras possibilidades oferecidas para análise. Daí, a ponte entre as concepções dos alunos e dos professores seguiria a proposta discutida por Kubli (1979) em seu conceito de *ensino reversível*. Se a assimilação de um tópico

requer um grande desequilíbrio cognitivo, passos intermediários deverão ser introduzidos para a sua redução, facilitando o processo comunicativo e certamente a aprendizagem significativa.

Acreditamos que a animação interativa possa ser aplicada com um duplo viés. Por um lado ela será o contraste que possibilitará a radiografia da estrutura cognitiva dos estudantes; por outro lado, atuará como uma ponte entre o que eles conhecem e o conteúdo a

ser aprendido.

Usando a animação interativa como organizador prévio (TAVARES e SANTOS - 2003; SANTOS e TAVARES - 2003) em um curso usual de Física Geral II oferecido pelo Departamento de Física/UFPB, nós constatamos a facilitação da construção de significados propiciados pelas animações interativas e a conseqüente melhora dos resultados obtidos pelos alunos em exames conceituais.



BIBLIOGRAFIA

AUSUBEL, D. P. *Aquisição e retenção de conhecimentos: Uma perspectiva cognitiva*, Lisboa: Editora Plátano, 2003.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D. e HANESIAN, H. *Psicologia Educacional*. Rio de Janeiro: Editora Interamericana, 2ª edição, 1980.

BROWN, J. S.; COLLINS, A.; DUGUID, P. Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, Washington, v.18, n.1, 32-42, 1989.

FENDT, W. (2003), <http://www.walter-fendt.de/ph14s/>, acesso em março/2004.

GARCÍA, A. F. (2003), <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/default.htm>, acesso em março/2004.

HALLOUN, I. Schematic Modeling for Meaningful Learning for Physics *Journal of Research in Science Teaching*, v.33, Issue 9, 1996.

HESTENES, D. Modeling Methodology for Physics Teachers Proceedings of The International Conference on Undergraduate Physics Education (College Park), 1996.

LAVE, J.; WENGER, E. Situated learning: legitimate peripheral participation. In: Wilson, B. G. (Ed) *Constructivist learning environments: case studies in instructional design*. Cambridge: University Press, 1991.

MOREIRA, M. A. *Uma abordagem cognitivista ao Ensino de Física: a teoria da aprendizagem de David Ausubel como sistema de referência para organização do ensino de ciências*. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1983.

MOREIRA, M. A. *Teorias da Aprendizagem*. São Paulo: EDU, 1999.

NOVAK, J. D. *Uma teoria de educação*, São Paulo: Livraria Editora Pioneira, 1981.

POZO, J. I. *Teorias cognitivas de aprendizagem*. Porto Alegre: ArtMed, 2002.

REDDY, B. S. (2003), <http://surendranath.tripod.com/Applets.html>, acesso em março/2004.

SCHANK, R. C.; FANO, A.; BELL, B.; JONA, M. The design of goal-based scenarios *The Journal of the Learning Sciences*. Hillsdale (NJ), v.3, n.4, 305-345, 1993/1994.

SANTOS, J N e TAVAREs, R. Animação interativa como organizador prévio. *XV SNEF - Simpósio Nacional de Ensino de Física*. Curitiba /PR. 2003

SANTOS, J N e TAVARES, R. <http://www.fisica.ufpb.br/prolicen>, acesso em março/2004.

TAVARES, R e SANTOS, J. N. Advance organizer and interactive animation. *IV Encontro Internacional sobre aprendizagem significativa*. Maragogi/AL. 2003

VEIT, E. A.; TEODORO, V. D. Modelagem no Ensino/Aprendizagem de Física e os Novos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v.24, n.2, p. 87-90, 2002.

WELLS, M.; HESTENES, D.; SWACKHAMER, G. A Modeling Method for High School Physics Instruction? *American Journal of Physics*, v.63, 606, 1995.

LEITURA SUGERIDA

Textos editados no Brasil que usam a teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel.

CARVALHO, A. M. P. *Física: Uma proposta para um ensino construtivista*. São Paulo: EPU, 1989.

FARIA, W. *Mapas conceituais: Aplicações ao ensino, currículo e avaliação*. São Paulo: EPU, 1995.

MOREIRA, M. A. *Uma abordagem cognitivista ao Ensino de Física: a teoria da aprendizagem de David Ausubel como sistema de referência para organização do ensino de ciências*. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1983.

MOREIRA, M. A. e BUCHWEITZ, B. *Mapas conceituais: instrumentos didáticos de avaliação e análise de currículo*. São Paulo: Editora Moraes, 1987.

MOREIRA, M. A. *Pesquisa em ensino: O vê epistemológico de Gowin*. São Paulo: EPU, 1990.

MOREIRA, M. A. *Aprendizagem significativa*. Brasília: Editora UnB, 1999.

MOREIRA, M. A. e MASINI, E. F. S. *Aprendizagem significativa: A teoria de David Ausubel*. São Paulo: Centauro Editora, 2002.

OSTERMAN, F e MOREIRA, M. A. *A Física na formação de professores do Ensino Fundamental*. Porto Alegre: Editora da UFRGS. 1999.