

Organizador prévio e animação interativa

Romero Tavares¹ e José Nazareno dos Santos^{2,3}
Departamento de Física/UEPB

Resumo

Palavras chave: Organizador prévio; animação interativa; modelagem; construtivismo; física geral

O ser humano constrói modelos para entender o mundo que nos cerca, como uma estratégia natural para encarar a realidade e lidar com o desconhecido.

A ciência elabora racionalizações que conduzem a modelos de funcionamento dos seus objetos de análise. Mas diante de questões que transcendam o conhecimento humano atual, as religiões elaboram os seus modelos a partir de seus dogmas.

Um dado modelo representa um fenômeno físico e a animação interativa possibilita uma visualização lúdica do nosso entendimento da situação, podendo ser repetido e modificado de acordo com a vontade do interessado. Uma animação interativa 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. Por seu caráter dinâmico e amplo, apresenta todos os aspectos relevantes de um fenômeno físico a ser modelado, quais sejam: evolução temporal e gráficos evolutivos de parâmetros pertinentes, sob o controle do usuário, de acordo com sua metodologia ou critério individual mais apropriado.

As animações interativas, construídas a partir da modelagem de situações físicas de interesse pedagógico, têm se mostrado adequadas para introduzir o estudante em conteúdos nos quais ele não está familiarizado. Pode-se criar uma representação real ou ideacional de um fenômeno físico, apresentar aos estudantes 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, relacionar grandezas e outros atributos pertinentes ao fenômeno físico.

Nesta visão, as animações interativas seriam capazes de exercer a principal função dos organizadores prévios que, de acordo com Ausubel *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.*

Considerando os discentes da disciplina de Física Geral II dos cursos de Exatas/UEPB, neste trabalho iremos apresentar as análises das avaliações comparativas entre o aprendizado e aproveitamento escolar de alunos - controle em contraposição aos - alunos experimentais submetidos aos processos pedagógicos mencionados.

¹ www.fisica.ufpb.br/~romero

² JNS recebeu apoio do PROLICEN/PRG/UEPB

³ Endereço atual: nazareno@fisica.ufc.br

Abstract

Advance organizer and interactive animation

Key words: advance organizer; interactive animation; modelling; constructivism; college physics

The human being builds models to understand the world around us, like a natural strategy to face the reality and to deal with the unknown. Science makes rationalizations that lead to model of working of his object of analysis. But in face of questions that surpass the actual knowledge, the religions construct models of reality from their dogmas.

A model may represent physical phenomena and an interactive animation makes true a ludic visualization of our understanding of the situation, opening the possibility of modification and repetition as the wish of the user. An interactive animation shows the temporal evolution of some event, and is an excellent way to expose complicated phenomena to students that have not a sophisticated abstraction capability. Through its wide and dynamic characters, it presents all relevant aspects of physical phenomena to be modelled, like drawing the time evolution of parameters and graphics, under the control of the users.

In this vision, interactive animation is capable to do the main function of advance organizer: to fill the lack between what the learner knows and what he should know before meaningful learning.

The aim of this work is investigate the effects of interactive animation to students' understanding of Oscillations, in a typical university physics course.

Introdução

A 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 expor um conteúdo como a propagação de ondas longitudinais em meios elásticos, 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 (2003), Fendt (2003) e Reddy (2003).

Várias Ciências Naturais lidam com o desconhecido criando modelos (ou teorias) que deverão ser confirmados em testes experimentais – e essa é a essência do Método Científico. As animações pedagógicas utilizam os modelos científicos para criar uma realidade virtual que tenta representar (nos limites de validade de cada modelo) como um fenômeno se mostra na natureza.

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

Os alunos que compõem determinada turma apresentam características diferenciadas e entendimento heterogêneo sobre os assuntos a serem apresentados, e via de regra, as dificuldades de aprendizado e o pouco domínio conceitual são os fatores predominantes, como é mencionado em estudos realizados por Beichner (1994); Agrello e Garg (1999), Barbeto e Yamamoto (2002). Estas limitações ou concepções equivocadas desses alunos deverão ser investigadas, de tal modo que a ênfase na sala de aula seja orientada com o intuito de tornar este conhecimento significativo, elevando o grau de aprendizado dos estudantes, partindo-se das idéias ou conceitos desenvolvidos por eles e dispostos na sua estrutura cognitiva.

A identificação criteriosa destas diferenças, poderá anteceder as aulas tradicionais predominante expositivas através do emprego de um organizador prévio, sendo este um recurso proposto por Ausubel (Ausubel et al, 1980) empregado para deliberadamente manipular a estrutura cognitiva dos alunos, a fim de que sejam desenvolvidos conceitos subsunçores, capazes de facilitar a aprendizagem significativa dos assuntos a serem ainda apresentados.

Na literatura, encontramos análises sobre os diversos tipos de organizadores prévios (Moreira, 1983), podendo ser textos escritos, uma discussão, uma demonstração ou mesmo um filme. Neste trabalho, no entanto, nos utilizaremos de ferramentas cognitivas chamadas animações interativas, especificamente escritas em Java e Modellus, por possibilitarem a modelagem matemática de um fenômeno físico, o controle do aluno na manipulação das condições iniciais e uma real apresentação das características determinantes do problema.

Este trabalho apresenta a aplicação e a análise das animações pedagógicas em duas turmas de Física Geral II na Universidade Federal da Paraíba – UFPB no primeiro semestre letivo de 2003. O nosso propósito foi mapear as dificuldades conceituais dos alunos no conteúdo *Oscilações*, bem como analisar as potencialidades da animação interativa como facilitadora da aprendizagem significativa.

Aprendizagem significativa, animação interativa e organizador prévio

Uma das concepções construtivistas orientadas à pedagogia é a obtenção ou extração das idéias prévias dos estudantes sobre o conteúdo a ser estudado. Segundo Jenkins citado por Laburú e Arruda (2002, p. 483). Ainda, de acordo com Jenkins, em muitos casos, podem ser usados como ponto de partida para que se alcance os objetivos propostos para a atividade selecionada, podendo esta variar, desde atividades de discussão em sala de aula, até trabalhos experimentais em laboratório.

A noção de alguns conceitos ou entendimento de temas como movimento, força, energia e potência por serem partes de suas experiências diárias são facilitadores para a obtenção das idéias prévias destes alunos. Outros, no entanto, por estarem fora do senso comum ou serem imperceptíveis aos órgãos dos sentidos, como íon, radiação eletromagnética, ou mesmo quando são combinações de vários conceitos anteriores que se transformam em fenômenos mais complexos, como movimento harmônico simples e ondas, tanto transversais quanto longitudinais, requerendo uma maior capacidade de abstração, com aprofundamentos de conceitos e de ferramentas matemáticas, torna-se mais difícil que seja adotado o procedimento de levantamento das idéias dos alunos, senão impossível.

Este conhecimento a ser identificado, para o construtivismo, é uma construção humana de significados que procura fazer sentido no seu mundo físico, do qual os seres humanos são observadores e intérpretes naturais (Jonassen, 1996), ou ainda, o conhecimento é uma reflexão pessoal do fenômeno observado com interpretações múltiplas e que podem e devem ser compartilhados por outros na comunidade. Na realidade, não podemos separar nosso conhecimento de qualquer fenômeno das nossas interações com esse fenômeno (Savery e Duffy, 1995). Para a abordagem ausubeliana (Ausubel et al, 1980), este processo de identificação é mais aprofundado de modo que possamos não só identificá-lo mas manipulá-lo para a aquisição de uma aprendizagem significativa. Segundo Ausubel (op. cit, p. 34) *a essência do processo de aprendizagem significativa é que as idéias expressas simbolicamente são relacionadas às informações previamente adquiridas pelo aluno através de uma relação não arbitrária e substantiva (não literal). Esta relação significa que as idéias são relacionadas a algum aspecto relevante existente na estrutura cognitiva do aluno, como por exemplo, uma imagem, um símbolo, um conceito, uma proposição, já significativo.*

A identificação deste aspecto relevante poderá ser executado através de organizadores prévios. Estes são úteis para facilitar a aprendizagem na medida em que funcionam como *pontes cognitivas*, apresentando um grau de abstração, generalidades e de inclusividade em um nível superior ao material didático apresentado em sala de aula, estando muito além de serem simples resumos do material ou visões gerais do assunto (Moreira, 1999, p. 155), podendo ser textos escritos, uma discussão, uma demonstração ou um filme. São materiais introdutórios, geralmente apresentados previamente, antecedendo ao próprio material que deverá ser aprendido.

A escolha de um organizador prévio depende da situação da aprendizagem e muitos modelos foram propostos (Moreira, 1983, p. 107-122). Neste trabalho, o modelo apresentado 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, p. 87) 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, p. 169).

As animações interativas, entre elas, os Applets de Java e Modellus, assim como outras ferramentas computacionais, permitem ao usuário fazer e refazer representações, explorando-as sobre as mais

diversas perspectivas (Veit e Teodoro, 2002, p. 90), facilitando a familiarização com essas representações, estabelecendo a comunicação entre elas (as representações) e o aprendiz. Assim colocado, teríamos uma ferramenta potencialmente significativa que faria a conexão entre o significado lógico e o significado psicológico necessário para se atingir uma aprendizagem significativa (Moreira, 1983, p. 49).

Com as animações interativas, pode-se criar uma representação real ou ideacional de um fenômeno físico, 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, relacionar grandezas e outros atributos pertinentes ao fenômeno 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 (op. cit, p. 144), *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.*

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.

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 (op. cit, p. 120), com pouca interação com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva.

A nossa proposta é que esse primeiro contato se dê através das animações interativas. 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 seguiriam 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 e por outro lado atuará como uma ponte entre o que eles conhecem e o conteúdo a ser aprendido.

Metodologia

Para a nossa análise neste trabalho, escolhemos como conteúdo de Física Universitária Básica, o assunto associados a Física Geral II; Oscilações, conteúdo considerado de grande dificuldade e tradicionalmente com médias muito baixas nos exames escolares.

Fizeram parte deste estudo 130 alunos que representavam a metade do total de alunos matriculados nesta disciplina neste semestre letivo. Parte dos discente (66 alunos) compôs o grupo experimental – E o restante (64 alunos) fez parte do grupo controle – C.

No primeiro dia de aula, antes de qualquer explanação de conteúdo, os dois grupos de alunos responderam ao mesmo questionário conceitual. A Intenção era analisar se tínhamos dois grupos equivalente do mesmo universo amostra. E além disso desejávamos avaliar a percepção dos alunos sobre os conceitos de período, frequência, variação de posição, força, velocidade e aceleração.

No segundo dia de aula e antes de qualquer desenvolvimento conceitual, os alunos do grupo experimental participaram de uma apresentação onde foram mostradas animações relacionadas com

Oscilações. A primeira animação expunha com grande detalhamento o oscilador harmônico forçado com amortecimento. Teve início com a discussão das características de um oscilador harmônico simples quando alterava as condições iniciais do movimento. Introduziu-se o amortecimento e aconteceram as discussões sobre as mudanças pertinentes no movimento. Finalmente incorporamos uma força externa oscilatória onde podíamos alterar as sua frequência e amplitude. Em todas as situações acompanhávamos as mudanças ao longo do tempo, da posição e da energia bem como a evolução temporal do sistema no espaço de fase. Uma segunda animação analisava o movimento de um pêndulo simples, mostrando como variam os vetores que representam as forças atuantes no sistema à medida que o pêndulo se desloca, assim como os vetores velocidade e aceleração. Também nesse caso acompanhávamos as mudanças ao longo do tempo, da posição e da energia bem como a evolução temporal do sistema no espaço de fase. Ainda mostramos sem tantos detalhes o movimento de dois osciladores acoplados por uma mola, batimentos e o oscilador anarmônico.

Logo no início do terceiro dia de aula, os alunos do grupo experimental foram avaliados novamente, usando-se o mesmo instrumento do primeiro dia de aula. A intenção foi mensurar a possível correlação entre os resultados obtidos nos testes do primeiro e terceiro dias, sinalizando desse modo a eficácia do uso das animações como instrumento pedagógico de curto alcance.

Num momento seguinte, os dois grupos de alunos foram submetidos a exames escolares típicos, compostos de questões conceituais e resolução de problemas. A intenção era avaliar as vantagens das animações para um aprendizado subsequente, ou seja: qual seria o efeito residual das animações como suporte para aprendizagem de temas correlatos.

Resultados e discussões

Inicialmente estimamos a confiabilidade dos resultados do teste conceitual analisando o coeficiente de fidedignidade através do cálculo do coeficiente α de Cronbach. Considerando o teste inicial realizado no primeiro dia de aula com os dois grupos de alunos, num total de 130 pessoas e encontramos $\alpha_T = 0,738$ que pode ser considerado como um resultado muito bom ($0 \leq \alpha \leq 1$) Moreira e Silveira – 1993 – pag 83).

À seguir, analisamos esses dados para avaliar se os dois grupos eram amostras significativas do mesmo universo. Para tal usamos o teste t-Student para duas amostras independentes, considerando como hipótese nula que as médias das notas dos resultados dos dois grupos seriam iguais, com um nível de significância igual a 0,01. O grupo experimental obteve uma média $N_E = 6,31$ com uma variância $S_E = 3,22$ enquanto que o grupo controle obteve uma média $N_C = 6,23$ com uma variância $S_C = 2,40$. Para o teste t-Student encontramos $p = 0,79$ que é muito maior que o nível de significância (0,01) e portanto indica a aceitação da hipótese nula com uma chance de acerto de 99%. Desse modo concluímos que os alunos dos dois grupos tiveram um desempenho médio equivalente.

Posteriormente analisamos a pretensa mudança de desempenho da turma experimental após as animações interativas. O número de participantes diminuiu de 64 para 49 pois só consideramos aqueles que estiveram presentes nos três eventos: teste inicial, animação interativa e teste final. Com a saída de alguns participantes os resultados iniciais da turma experimental alteraram-se ligeiramente de modo que os dados iniciais mudaram para $N_{Ei} = 6,32$ e $S_{Ei} = 3,75$. Os resultados após as animações interativas foram $N_{Ef} = 7,82$ e $S_{Ef} = 1,93$ onde nota-se um aumento na média das notas de $\Delta N_E = 1,50$ e uma diminuição na variância em $\Delta S_E = 1,62$. Isso significa que o grupo experimental apresentou resultados estatisticamente diferentes nos dois momentos, com um aumento na média e um decréscimo na heterogeneidade do comportamento do grupo caracterizado pela diminuição da variância. O coeficiente de correlação de Pearson τ calculado para as amostras antes e depois das animações foi $\tau = 0,70$ que indica uma forte correlação que indica uma forte correlação entre as variáveis antes e depois das animações interativas. Analisamos esses dados usando o teste t-Student para duas amostras emparelhadas, considerando como hipótese nula que as médias das amostras seriam iguais com um nível de significância igual a 0,01. Encontramos $p = 8 \times 10^{-10}$ que é muito me-

nor que o nível de significância(0,01) e indica que a hipótese nula deve ser rejeitada com uma chance de acerto de 99%.

Após as animações e os testes os dois grupos de alunos participaram de aulas convencionais onde foram desenvolvidos os conceitos relacionados a Oscilações, as equações de movimento para diversos tipos de movimentos periódicos, com uma discussão e resolução de problemas pertinentes. Esse material pedagógico foi desenvolvido em cinco aulas de 1h:50min cada uma.

A animação interativa iniciou esse processo de ensino-aprendizagem como um de seus diversos componentes. Na ausência de subsunçores e com a presença de organizador prévio poderíamos eleger a motivação como principal fator deste processo. Além da motivação está incluída a necessidade de um esforço persistente para iniciar o uso do cálculo diferencial e equações diferenciais como uma forma de linguagem.

Os dois grupos foram submetidos a exames escolares típicos, compostos de questões conceituais e solução de problemas. Da turma experimental foram considerados 49 alunos e 64 alunos da turma controle. Calculamos o coeficiente de Cronbach e encontramos $\alpha_p=0,654$ que se configura como um bom resultado. Usamos o teste t-Student para duas amostras independentes, considerando como hipótese nula que as médias das notas dos dois grupos seriam iguais, com um nível de significância igual a 0,01. Encontramos para o grupo experimental uma média $N_E=6,13$ com uma variância de $S_E=3,68$ enquanto que o grupo controle obteve uma média $N_C=5,72$ com uma variância de $S_C=5,82$. Para o teste t-Student encontramos $p=0,33$ que é maior que o nível de significância(0,01) e portanto indica uma aceitação da hipótese nula com um acerto de 99% sinalizando que não existe diferença estatística significativa entre o desempenho das duas turmas. Apesar desse resultado devemos registrar que a média das notas do grupo experimental é ligeiramente maior ($\Delta N=0,41$) e que a variância é significativamente menor ($\Delta S=2,14$) indicando um maior grau de homogeneização da turma experimental.

Conclusões

O uso de animações interativas como ferramenta pedagógica apresentou resultados consideráveis e estatisticamente significativos para uma ação a curto prazo. Quando se configura uma circunstância onde o conteúdo da animação interativa é o principal desencadeador do processo ensino-aprendizagem, ela se coloca como uma ferramenta extremamente eficiente. Em situações de ausência de subsunçor adequado a animação interativa se configura como um organizador prévio eficiente.

Para situações de longo prazo, onde o processo envolve outras variáveis pedagógicas e a construção de diversas habilidades e competências a animação interativa desempenha um papel de menor importância. No entanto foi capaz de induzir um ligeiro crescimento nas médias das avaliações e uma homogeneização ponderável do grupo experimental em relação ao grupo controle.

A animação interativa sugere fortemente ser uma ferramenta capaz de agir na estrutura cognitiva modificando os conceitos subsunçores através de conexões significativas entre as idéias prévias dos alunos e a nova informação introduzida pela animação, servindo-se tanto para a determinação do conhecimento prévio como na ação continuada para se atingir a concepção defendida pelo orientador, qual seja, os conceitos aceitos pela comunidade científica.

Os resultados que obtivemos reforçam a crença (Jimoyianins e Komis-2001) de que as animações interativas ajudam os estudantes a superar as suas limitações cognitivas, e aumenta a esperança de que o exercício de construção de modelos pedagógicos pode ajudar na estruturação da forma de pensar(Ogborn-1998)

Referências bibliográficas

Agrello, D. A.; Garg, R.(1999)– Compreensão de gráficos de cinemática em física introdutória – Revista Brasileira de Ensino de Física,21,103.

IV International meeting on meaningful learning
Maragogi, Alagoas – 08 a 12 de setembro de 2003

Ausubel, D. P.; Novak, J. D. E Hanesian, H.(1980), *Psicologia Educacional*, Rio de Janeiro: Editora Interamericana, 2ª edição.

Barbeta, V. B.; Yamamoto, I.(2002), Dificuldades Conceituais em Física Apresentadas por Alunos Ingressantes em um Curso de Engenharia – *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, 24, 332.

Beichner, R. J.(1994), Testing student interpretation of kinematics graphs – *American Journal of Physics*, 62, 750.

Brown, J. S.; Collins, A.; Duguid, P.(1989), Situated cognition and the culture of learning – *Educational Researcher*, Washington, 18, 32-42.

Fendt, W. (2003) , <http://www.walter-fendt.de/ph14s/>, acesso em 28 fev. 2003.

García, A. F. (2003) , <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/default.htm>, acesso em 28 fev. 2003.

Halloun, I.(1996), Schematic Modeling for Meaningful Learning for Physics – *Journal of Research in Science Teaching*, 33, Issue 9.

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

Jimoyiannis, A.; Komis, V (2001) Computer simulation in physics teaching and learning – *Computers and Education*, 36, 183-204.

Jonassen, D. H.(1996) *Computers in the classroom: mindtools for critical thinking*, Columbus (OH): Prentice Hall.

Kubli, F. (1979), Piaget's cognitive psychology and its consequences for the teaching of science – *European Journal of Science Education*, 1, 5-20.

Laburú, C. E.; Arruda, S. M.(2002), Reflexões Críticas sobre as Estratégias Instrucionais Construtivistas na Educação Científica – *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, 24, 483.

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

Moreira, M. A. (1983), 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.

Moreira, M. A.(1999) *Teorias da Aprendizagem*. São Paulo: EDU.

Moreira, M. A. e Silveira, F. L (1993), *Instrumentos de Pesquisa em Ensino e Aprendizagem*. Porto Alegre: EDIPUCRS.

IV International meeting on meaningful learning
Maragogi, Alagoas – 08 a 12 de setembro de 2003

Ogborn, J (1998) Cognitive development and qualitative modelling – Journal of Computer Assisted Learning, 14, 292-307

Reddy, B. S. (2003), <http://surendranath.tripod.com/Applets.html>, acesso em 28 fev. 2003.

Savery, J.; Duffy, T. M. (1995) Problem based learning: an instructional model and its constructivism framework.. In: WILSON, B. G. (Ed) Design constructivist learning environments. Englewood Cliffs (NJ): Educational Technology Publications.

Schank, R. C.; Fano, A.; Bell, B.; Jona, M. (1993/1994)– The design of goal-based scenarios – The Journal of the Learning Sciences, Hillsdale (NJ), 3, 305-345.

Veit, E. A.; Teodoro, V. D. (2002), Modelagem no Ensino/Aprendizagem de Física e os Novos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio – Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, 24, 87-90.

Wells, M.; Hestenes, D.; Swackhamer, G. (1995), A Modeling Method for High School Physics Instruction – American Journal of Physics, 63, 606.