

ANIMAÇÃO INTERATIVA COMO ORGANIZADOR PRÉVIO⁷

José Nazareno dos Santos[⊗] [www.fisica.ufpb.br/~jns]
Romero Tavares da Silva [www.fisica.ufpb.br/~romero]
Departamento de Física - Universidade Federal da Paraíba

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 conhecimento conceitual são os fatores predominantes, como é mencionado em estudos realizados por Beichner (1994); Agrello e Garg (1999), Barbeta 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

⁷ Trabalho apresentado no XV Simpósio Nacional de Ensino de Física – Curitiba/PR – 2003.

[⊗] José Nazareno dos Santos recebeu apoio financeiro do PROLICEN/PRG/UFPB.

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 das animações pedagógicas em duas turmas de Física Geral II na Universidade Federal da Paraíba – UFPB no segundo semestre letivo de 2002. O nosso propósito foi mapear as dificuldades conceituais dos alunos nos conteúdos *Movimento Harmônico Simples e Ondas em Meios Elásticos*, 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), o entendimento dos estudantes sobre os fenômenos naturais são válidos e devem ser tratados com respeito. 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 (op. cit.).

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.

Desse modo, o organizador prévio passa a ser parte integrante de um *evento educativo* na visão de Schwab e Novak citado por Moreira (op. cit., p. 168), onde alguém (*aprendiz*) aprende algo (*adquire conhecimento*) com alguém (*professor*) ou com alguma coisa (*um livro ou um programa de computador*, por exemplo) em um certo contexto (*em uma escola, uma sociedade, uma cultura, um regime político*), com implicações para a qualidade da *avaliação*.

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).

Na medida em que se dá a revelação de significados, as animações interativas seriam de acordo com a aprendizagem significativa, um organizador prévio adequado. Assim, poderiam atuar sobre os subsunçores, tidos como sendo idéias, conceitos, entendimento, proposição, ou nas palavras de Ausubel (Moreira, 1983, p. 20-22), atuaria em uma estrutura específica ao qual uma nova informação pode se integrar ao cérebro humano, que é altamente organizado e detentor de uma hierarquia conceitual que armazena experiências prévias do aprendiz e permitiria a aquisição de novas estruturas cognitivas para facilitar o aprendizado significativo.

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 cotidiana 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) como uma aprendizagem automática, em que ocorre a aprendizagem de novas informações com pouca interação com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva.

A nossa proposta é que esse primeiro contato se dê através das animações interativas, que simulam a Natureza. 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, os assuntos associados a Física Geral II: Movimento Harmônico Simples para a primeira análise e Ondas em Meios Elásticos na segunda parte, conteúdos considerados de grande dificuldade nesta etapa e tradicionalmente com médias muito baixas nos exames escolares.

Para a primeira parte, dividimos os 94 alunos avaliados em dois grupos de acordo com as classes em que se matricularam. O Grupo I tendo um total de 42 alunos, composto por 14 alunos da turma A e 28 participantes para a B. O Grupo II é composto por uma turma de 14 componentes, turma C e uma outra, turma D, com um total de 38 participantes. Na segunda parte da análise, a mudança ocorrida deve-se apenas ao aumento do número de participantes, sendo 131 componentes divididos da seguinte maneira: 28 alunos para a turma A, 30 para a turma B, 26 para a turma C e 47 para a turma D. Sendo um total de 58 para o Grupo I e 73 para o Grupo II. As turmas A e B, consideradas piloto ou experimental, tiveram contato com as animações pedagógicas. Nas turmas C e D, consideradas controle, aconteceu um curso padrão sem as animações.

No segundo dia de aula e antes de qualquer desenvolvimento conceitual, os alunos das turmas A e B 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.

O Grupo I – piloto, foi submetido a um questionário com questões discursivas para avaliar a percepção dos alunos sobre período, frequência, força, variação de posição, velocidade e aceleração. O Grupo II – controle, foi submetido ao mesmo questionário.

A avaliação de desempenho será realizada pela comparação dos resultados entre as turmas do Grupo I que serão submetidas ao organizador prévio, e a turma C em primeiro momento e na sequência com o Grupo II. Estas divisões são colocadas porque as turmas A e B juntamente com a turma C são tradicionalmente de baixo desempenho, compostas por alunos de Química, Química Industrial, Engenharias e Física, enquanto a turma D é composta por alunos de Computação que normalmente obtém altos índices de rendimento escolar.

Em um segundo momento, apresentamos aos estudantes um novo elenco de animações referentes a Ondas em Meios Elásticos. Fizemos a exposição das animações antes das aulas conceituais. A primeira animação mostrada foi um pulso longitudinal se propagando em um

tubo, onde podíamos variar a velocidade de propagação. A seguir mostramos uma oscilação harmônica transversal em uma corda e uma oscilação harmônica longitudinal em um tubo. Em ambos os casos podíamos mudar o comprimento de onda e a velocidade de propagação. A animação da onda harmônica longitudinal é emblemática por ser muito difícil fazer uma exposição desse conteúdo usando quadro e giz, enquanto que na animação é trivial a percepção de suas nuances. A terceira animação foi a análise dos modos normais de uma onda em uma corda, onde podíamos variar a velocidade de propagação e a frequência. A quarta animação foi sobre ondas estacionárias em tubos – aberto em uma extremidade ou nas duas – onde podíamos variar a frequência. A quinta animação foi a passagem de uma onda de um meio para um outro diferente. Podíamos alterar as velocidades de propagação nos meios, e a frequência da onda. A sexta animação foi sobre o Efeito Doppler. Analisávamos o observador fixo e a fonte se aproximando ou se afastando, e essa velocidade podia ser alterada. Numa outra animação podíamos observar fonte e observador movimentando-se simultaneamente.

Tabela 1. Médias decimais para as turmas A, B, C, D, experimental e de controle.

Turmas		Grupo Experimental			Grupo de Controle			A+B+C+D
		A	B	A+B	C	D	C+D	
Questões	1 ^a	4,50	4,29	4,43	1,43	5,00	4,04	4,21
	2 ^a	4,93	5,29	5,05	3,71	5,89	5,31	5,19
	3 ^a	5,00	4,57	4,86	3,86	5,63	5,15	5,02
	4 ^a	6,29	7,71	6,76	4,00	6,47	5,81	6,23
	5 ^a	4,93	6,57	5,48	2,00	2,53	2,38	3,77
	6 ^a	4,21	8,00	5,48	1,86	2,47	2,31	3,72
	7 ^a	6,00	6,00	6,00	4,43	6,32	5,81	5,89
	8 ^a	5,29	6,71	5,76	5,14	6,47	6,12	5,96
	9 ^a	6,71	7,71	7,05	5,57	8,58	7,77	7,45
	10 ^a	6,07	8,29	6,81	5,43	8,53	7,69	7,30
	11 ^a	3,86	3,29	3,67	3,71	6,84	6,00	4,96
	12 ^a	3,50	3,43	3,48	3,14	7,11	6,04	4,89
Médias		5,11	5,99	5,40	3,69	5,99	5,37	5,38
D.P.		1,01	1,79	1,17	1,38	1,94	1,73	1,23
C.V. (%)		19.68	29.93	21.68	37.40	32.32	32.29	22.82

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os 94 alunos foram submetidos a um questionário conceitual sobre Movimento Harmônico Simples contendo 12 questões em anexo. As médias por questão conseguidas pelas turmas A, B, C, D e pelos grupos são apresentados na Tabela 1, além do desvio padrão (D.P.) e do coeficiente de variação (C.V.) que representa a variabilidade dos dados para a comparação entre os grupos (desvio padrão/média).

Da Tabela 1 observa-se que as médias para todas as questões das turmas A e B (grupo experimental) foram superiores a turma C, com a exceção da questão número 11, onde se contabilizou uma média superior a turma B. Com relação à turma D, percebe-se uma predomínio

minância desta turma com relação às demais, em praticamente todas as questões, onde as exceções são destacadas nas questões 5 e 6, tratando-se de forças, assemelhando-se a turma C. A turma C, apenas conseguiu uma média superior a 5,00 pontos (ponto de corte) em 25,00% das 12 questões, sendo a oitava, relativas ao deslocamento angular, 9 e 10, relativas a velocidade no pêndulo

Dificuldades comuns a todas as turmas são observadas nas questões 1, 2 e 3 como se verifica na Figura 1, apresentando as médias por questão para as turmas A, B, C e D. Tanto o grupo experimental quanto o grupo de controle, conseguiram notas inferiores a 6,00 pontos com um melhor desempenho para a turma D. Apresentaram uma certa dificuldade na caracterização do movimento harmônico simples, questão 1, conhecimento sobre amplitude de oscilação, questão 2 e frequência de oscilação, questão 3. Na questão de número 1, a turma C, apresentou o menor desempenho com média igual a 1,43 pontos.

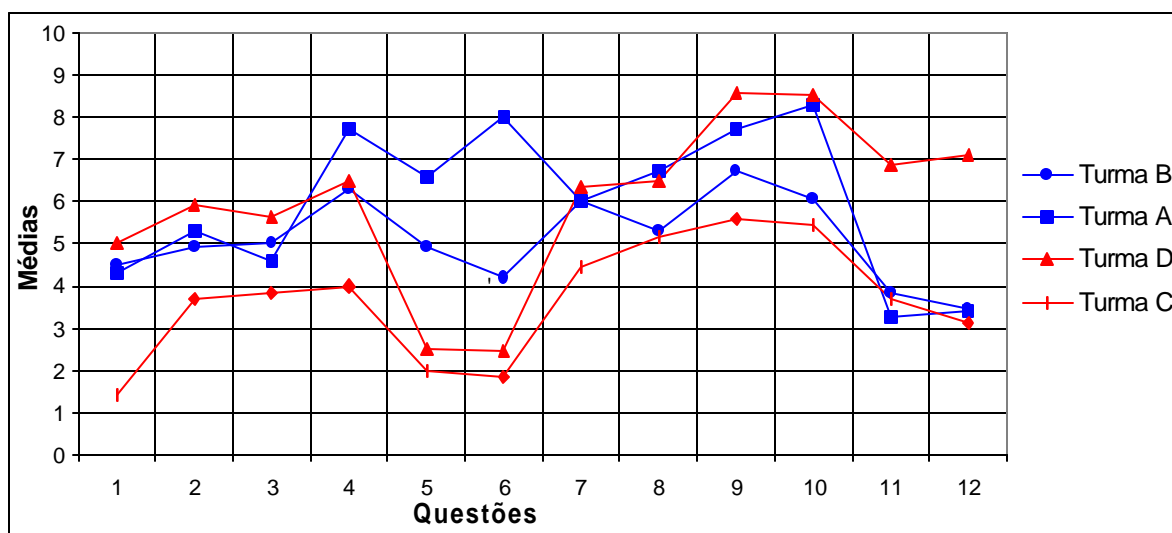


Figura 1. Valores médios das questões para as turmas A, B, C e D.

Apesar do grupo experimental apresentar subsunçores sobre forças e velocidade no pêndulo simples, questões 4, 5, 6, 9 e 10, obtiveram as menores notas nas questões relacionadas à aceleração, 11 e 12, respondendo que os valores máximos e mínimos de velocidade e aceleração ocorriam na mesma posição. Isto nos reporta a discussão da proporcionalidade entre força e velocidade, como uma concepção errônea desenvolvida e mantida pela maioria dos alunos que pode ser vista por exemplo em Barbeta e Yamamoto (2002, p. 332) e Moreira (1999, p. 174-175).

A turma D com acertos superiores a 85,00% para as questões de velocidade 9 e 10 e média de 69,75% para as questões de aceleração, 11 e 12, obtiveram notas médias de 25,00% nas questões 5 e 6 relativas a forças variáveis, apesar do acerto de 64,70% na determinação de quais forças são constantes ou variáveis no pêndulo, questão 4. Aqui se evidencia duas dificuldades dos alunos, identificar a força variável e confundir a força restauradora no pêndulo como se fosse uma força extra além das forças tração do fio (variável) e o próprio peso (constante) ao invés de vê-la como componente do peso da direção do movimento.

Para a compararmos as médias por questões, deveremos visualizar a Figura 2 que apresenta as médias por questão para o grupo experimental, o grupo de controle e a turma C. O grupo experimental com média de 5,40 e desvio padrão igual a 1,17 pontos apresenta um

coeficiente de variação de 21,68%. A turma C com valor médio igual a 3,69 e desvio padrão de 1,38 indica a variação em torno da média de 37,40%. O grupo de controle, com média 5,37 e desvio padrão 1,73 dá um coeficiente de variação de 32,29%. Delineia-se uma menor dispersão das médias por questões para a turma experimental.

O efeito tamanho ES é igual a 1,24 em relação à turma C e 0,02 em relação ao grupo de controle. Podemos afirmar segundo Glass citado por Moreira (1983, p. 98) que a nota média por questões para o grupo experimental é superior a 88,00% das médias por questões da turma C, totalizando 10 questões e apresenta um equilíbrio em relação ao grupo de controle.

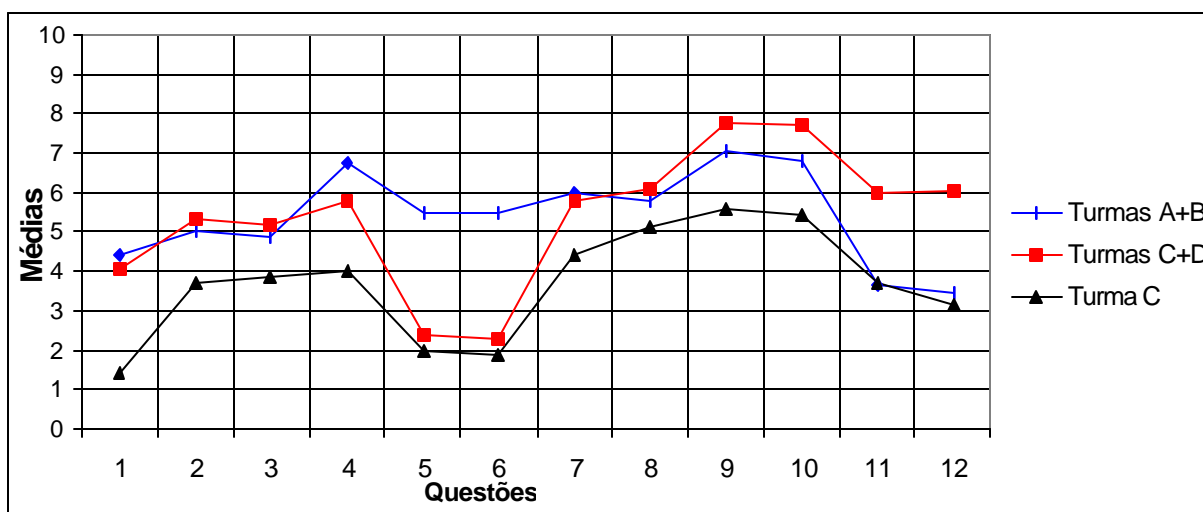


Figura 2. Valores médios das questões das turmas experimentais(A+B), C e de controle(C+D).

Calculando as notas por alunos, os dados obtidos para a média, o desvio padrão e o coeficiente de variação para as turmas isoladamente e os grupos são apresentados na Tabela 2. As turmas A, B, C e D obtiveram respectivamente, as seguintes médias: 5,11; 5,99; 3,69 e 5,99. As médias obtidas pelas turmas A e B (grupo experimental), superaram em 1,42 e 2,30 pontos respectivamente, a média da turma C, atingindo um valor médio superior a 1,71 pontos, o que representa um percentual de 46,34% maior para a turma experimental. Em relação à média da turma experimental, cujo valor é igual a 5,40, o efeito tamanho (effect size) ES será igual a 0,70, assim a nota média do aluno da turma experimental é superior a 74% das notas dos alunos da turma C, ou seja, o aluno médio superou um total de 9 alunos entre os 14 desta turma. Estes dados mostram o efeito positivo do organizador prévio influenciando a aprendizagem de modo determinante em se tratando dos alunos que compõem as Ciências Naturais e Exatas.

A partir da Tabela 2, cujos dados são média, desvio padrão e coeficiente de variação, observa-se uma diferença na média ligeiramente superior, com 0,03 pontos a favor do grupo experimental com um desvio padrão 0,04 pontos menor. O desvio padrão do grupo experimental foi inferior ao desvio padrão da turma C em 0,10 pontos para um coeficiente de variação de 43,47%, assim o grupo experimental é muito mais homogêneo do que a turma C que apresenta um coeficiente de variação de 66,28%. O coeficiente de variação do grupo experimental é menor em aproximadamente 1%, indicando que o grupo experimental é ligeiramente mais homogêneo que o grupo de controle.

Tabela 2. Média, desvio padrão e coeficiente de variação para as turmas A, B, C, D, experimental e de controle

Turmas	Grupo Experimental			Grupo de Controle			Valores Médios
	A	B	Valores Médios	C	D	Valores Médios	
Médias	5,11	5,99	5,40	3,69	5,99	5,37	5,38
D. P.	2,57	1,76	2,35	2,45	2,08	2,39	2,36
C. V. (%)	50,32	29,44	43,47	66,28	34,78	44,58	43,85

O efeito tamanho ES para esta situação será igual a 0,01, indicando que o organizador prévio utilizado favorece a aprendizagem de uma forma pequena. Este resultado nos diz que o aluno médio do grupo experimental terá uma nota superior a 50,00% dos alunos do grupo de controle, ou seja, superior as notas de 26 alunos.

Tabela 3. Médias, desvio padrão e coeficiente de variação para as turmas submetidas ao teste sobre Ondas em Meio Elástico para a segunda análise.

Turmas	Grupo Experimental			Grupo de Controle		
	A	B	A+B	C	D	C+D
Total de Alunos	28	30	58	26	47	73
Médias	5,54	5,07	5,29	3,67	4,53	4,23
D. P.	2,47	2,31	2,38	3,01	2,96	2,99
C. V. (%)	44,65	45,54	44,94	82,03	65,28	70,65

Na segunda parte da análise, discutiremos os dados obtidos para os testes referentes a Ondas em Meios Elásticos. Diferentemente da etapa anterior, em que o organizador prévio foi aplicado em uma curta duração, desta vez sua atuação ocorreu intercalada com as aulas expositivas de toda uma seção. Os dados obtidos pela aplicação dos testes, incluindo-se média, desvio padrão e coeficiente de variação para as turmas A, B, C, D, experimental e de controle são mostrados na Tabela 3.

As turmas A, B, C e D obtiveram as seguintes médias: 5,54; 5,07; 3,67 e 4,53, respectivamente. As turmas experimentais atingiram médias superiores as turmas C e D do grupo de controle. As médias obtidas pelas turmas A e B (grupo experimental), superaram em 1,87 e 1,40 pontos respectivamente, a média da turma C. O grupo experimental obteve um valor médio acima da turma C igual a 1,62 pontos, o que representa um percentual 44,14% maior. O desvio padrão do grupo experimental foi inferior ao desvio padrão da turma C em 0,63 pontos e o coeficiente de variação de 44,94% para o grupo experimental indica a existência de um grupo mais homogêneo do que a turma C que apresenta um coeficiente de variação de 82,03%, ou diríamos que a turma é extremamente heterogênea. O cálculo do efeito tamanho ES igual a 0,54 para este conjunto de dados, determina que a nota média de um aluno do grupo experimental é superior a 70% das notas dos alunos da turma C, o que representa 18 entre os 26 alunos desta turma.

O grupo experimental obteve uma média superior a turma D em 0,76 pontos, representando um percentual de 16,78% maior. O desvio padrão inferior em 0,65 com um coeficiente de variação de 44,94% para o grupo experimental contra um coeficiente de variação de

65,28% para a turma D, permiti-nos dizer que o grupo experimental é mais homogêneo. O efeito tamanho ES igual a 0,26 indica que o aluno médio do grupo experimental obteve uma nota superior a 60,00% dos alunos da turma D, ou seja, 28 alunos dos 47 participantes.

A comparação entre os grupos experimental e de controle nos apresenta uma média superior em 1,06 pontos a favor do grupo experimental, equivalente a um percentual de 25,06% maior. O grupo experimental obteve um desvio padrão de 0,61 pontos menor, para um coeficiente de variação igual a 44,94%, mostrando-se ser muito mais homogêneo que o grupo de controle cujo valor do coeficiente de variação foi igual a 70,65%.

O efeito tamanho ES igual a 0,35 favorável ao grupo experimental, implica que a nota média do aluno deste grupo é maior do que a nota de 64,00% dos alunos do grupo de controle, equivalente a 47 alunos entre os 73 participantes. Estes resultados indicam que o organizador prévio favorece fortemente a aprendizagem significativa.

CONCLUSÃO

As animações interativas apresentaram-se ter desenvolvido a aprendizagem significativa de forma pequena para a ação de curta duração e por outro lado resultados consideráveis e estatisticamente significativos para a ação mais duradoura.

Mostrou-se capaz de homogeneizar as notas, além de elevar a capacidade média de aprendizado do aluno visto que em todas as situações analisadas, o grupo experimental apresentou médias superiores ao grupo de controle, com menor desvio padrão, menor coeficiente de variação e um efeito tamanho positivo.

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.

Uma evidência salta aos olhos é o crescimento da auto-estima dos alunos dos grupos A e B (experimentais). O seu aprendizado passou a contar com um aparato diferenciado e eficiente, e que não é corriqueiro nos estabelecimentos de ensino do país, tanto públicos quanto privados. O salto do aprendizado afigurou-se menos evidente, mas refletiu-se no aumento das notas dos exames e na diminuição dos índices de evasão, quando comparados com os números históricos desta Universidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRELLO, D. A.; GARG, R. – Compreensão de gráficos de cinemática em física introdutória – **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v.21, n.1,103, 1999.

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

BARBETA, V. B.; YAMAMOTO, I. – Dificuldades Conceituais em Física Apresentadas por Alunos Ingressantes em um Curso de Engenharia – **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v.24, n.3, 332, 2002.

BEICHNER, R. J. – Testing student interpretation of kinematics graphs – **American Journal of Physics**. v.62, 750, 1994.

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 28 fev. 2003.

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

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.

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

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

LABURÚ, C. E.; ARRUDA, S. M. – Reflexões Críticas sobre as Estratégias Instrucionais Construtivistas na Educação Científica – **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v.24, n.4, 483, 2002.

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.

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

SAVERY, J.; DUFFY, T. M. 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, 1995.

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.

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, 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.

ANEXO: TESTE CONCEITUAL PARA A VERIFICAÇÃO DO CONHECIMENTO PRÉVIO DOS ALUNOS E POSSÍVEL INFLUÊNCIA DO ORGANIZADOR PRÉVIO SOBRE MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES.

Número	Questões
01	O que caracteriza um movimento harmônico simples?
02	O que significa amplitude de oscilação?
03	O que significa frequência de oscilação?
04	Em um pêndulo simples, quais são as forças constantes e quais as forças variáveis?
05	Em que posição do pêndulo simples as forças variáveis têm valor máximo?
06	Em que posição do pêndulo simples as forças variáveis têm valor mínimo?
07	Em que posição do pêndulo simples o deslocamento angular tem valor máximo?
08	Em que posição do pêndulo simples o deslocamento angular tem valor mínimo?
09	Em que posição do pêndulo simples a velocidade tem valor máximo?
10	Em que posição do pêndulo simples a velocidade tem valor mínimo?
11	Em que posição do pêndulo simples a aceleração tem valor máximo?
12	Em que posição do pêndulo simples a aceleração tem valor mínimo?