

# Animações Interativas como Organizadores Prévios para o Ensino da Física

Waltrudes E. Sanches  
Juliano Schimiguel

## RESUMO

Este trabalho se propôs a verificar se o uso de animações interativas computacionais, na função de organizadores prévios, pode favorecer os processos de ensino e aprendizagem dos conceitos da energia mecânica. Para tanto, foi desenvolvida uma animação interativa, denominada Energia no Bate-Estaca, e empregado um estudo que avaliou a influência da utilização desse recurso junto a alunos de uma escola pública de Ensino Médio. Os resultados obtidos sugerem que o uso de animações interativas como organizadores prévios é uma alternativa válida e eficaz para favorecer o processo ensino-aprendizagem dos conceitos da Energia Mecânica.

**Palavras-chave:** Animação Interativa. Simulação. Energia. Ensino da Física.

## Interactive Animations as Previous Organizers for Teaching the Physics

### ABSTRACT

This study proposes to determine whether the use of interactive computer animations, in the role of previous organizers, may favor the processes of teaching and learning of the concepts of mechanical energy. To that end, we developed an interactive animation, called the Energia no Bate-Estaca, and employed a study that evaluated the influence of the use of this feature with students from a public school high school. The results obtained suggest that the use of interactive animations as previous organizers is feasible and effective to promote the teaching-learning process of the concepts of mechanical energy.

**Keywords:** Animation Interactive. Simulation. Energy. Teaching of Physics.

## INTRODUÇÃO

Trabalhos como Tavares e Santos (2003), Balen e Netz (2005) e Borcelli e Costa (2008) e Costa et al. (2010) e numerosos outros, apontam que o uso de recursos da informática como ferramentas didáticas, pode trazer significativos benefícios aos processos de ensino e aprendizagem em Ciências.

Esta pesquisa, na mesma linha dos trabalhos citados anteriormente, se propôs a verificar se o uso de animações interativas computacionais, na função de organizadores

---

**Waltrudes E. Sanches** é Mestre, Professor Universitário, Programa de Mestrado/Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Cruzeiro do Sul, Endereço para correspondência: Rua Galvão Bueno, 868. E-mail: waltrudeseverton@hotmail.com

**Juliano Schimiguel** é Doutor, Professor do Programa de Mestrado/Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Cruzeiro do Sul. Endereço para correspondência: Rua Galvão Bueno, 868. E-mail: juliano.schimiguel@cruzeirodosul.edu.br

prévios, pode favorecer os processos de ensino e aprendizagem dos conceitos da energia mecânica.

As animações interativas, investigadas aqui quanto a sua eficácia no papel de organizadores prévio, são, segundo Borcelli e Costa (2008), filmes de computação gráfica que permitem ao usuário interagir, alterando determinados parâmetros, durante a simulação um evento específico. Esses autores ainda acrescentam que este recurso seria capaz de permitir ao aluno: “interagir, através da manipulação de variáveis que alteram o resultado final da simulação, possibilitando a visualização de situações que dificilmente seriam acessíveis em laboratórios didáticos” (BORCELLI; COSTA, 2008, p.2).

Quanto aos organizadores prévios, Rosa (2010) explica que os conceitos subsunçores, aos quais os novos conceitos devem se conectar para que tenhamos uma aprendizagem significativa, vão sendo construídos ao longo do desenvolvimento organismo em constante interação com o meio. No entanto, no âmbito escolar, o professor não pode depender unicamente da formação espontânea desses elementos na estrutura cognitiva de modo a viabilizar o ensino. Uma solução para possibilitar a aprendizagem significativa de conteúdos onde os alunos ainda não reúnem os necessários subsunçores consiste na utilização dos Organizadores Prévios. Rosa (2010) observa que: “Estas ferramentas são uma tentativa de prover a ponte necessária entre a estrutura cognitiva atual e a estrutura do material instrucional que se está querendo ensinar” (ROSA, 2010, p.105).

Tavares e Santos (2003), definem o papel dos organizadores prévios como:

[...] um recurso proposto por Ausubel (AUSUBEL, 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. (TAVARES; SANTOS, 2003, p.3)

O destaque dado ao tema da energia neste trabalho justifica-se pelo fato do mesmo ser notoriamente relevante, além da própria Física, na Química e Biologia, onde está presente na quase totalidade dos processos ali discutidos. A lei da conservação da energia, por exemplo, é apresentada por Feynman (2001), como uma lei que governa todos os fenômenos naturais conhecidos até hoje. Kantor (2010) acrescenta que não é possível imaginar uma única situação do cotidiano onde a energia não esteja presente. Assim, a compreensão dos fundamentos básicos envolvidos no estudo da energia é absolutamente imprescindível para que o aluno tenha o correto entendimento dos princípios que regem os fenômenos naturais, presentes no cotidiano, e dos processos utilizados no mundo produtivo.

## **A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**

A aprendizagem significativa é o conceito central da teoria criada por David Paul Ausubel (1918-2008), médico especializado em psiquiatria e Professor da Universidade de Colúmbia, em Nova Iorque.

Figueiredo e Kato (2012) explicam que para Ausubel, a aprendizagem significativa ocorre quando as novas ideias se relacionam de forma não arbitrária e substantiva com as ideias já existentes na estrutura. A primeira dessas duas condições indica que o novo conceito deve ser disposto de forma lógica e coerente na estrutura cognitiva do indivíduo. A segunda, que se refere à necessidade dos novos conceitos serem incluídos de forma substantiva ou não literal, Präss (2008) explica que isto significa que o aluno deve apreender o sentido, o significado daquilo que se ensinou. Borcelli e Costa (2008) destacam que na aprendizagem significativa, “informações mais específicas são ligadas a conceitos mais gerais e inclusivos relacionados a esta informação. Estes conceitos pré-existentes servem como ponto de ancoragem para a nova informação” (BORCELLI; COSTA, 2008, p.3).

Aos conceitos preexistentes na estrutura cognitiva do indivíduo, aos quais são conectados os novos, Ausubel (2003), denomina subsunçores. Rosa (2010), afirma que, quando o indivíduo incorpora novos conceitos sem que estes se liguem a um ou mais subsunçores, então se diz que está havendo aprendizagem mecânica.

Neste tipo de aprendizagem as novas ideias não estabelecem uma relação lógica e coerente com os conceitos já presentes na estrutura cognitiva do indivíduo, mas são apenas armazenadas de forma arbitrária e desconexa. Quando o processo ocorre dessa forma, além de declarar prejuízo para a longevidade do que é aprendido, em razão da falta de estabilidade da estrutura, o aprendizado não será substantivo.

Präss (2008), explicando as consequências dessa falta de substantividade desse aprendizado, afirma:

Como consequência dessa não flexibilidade (o aprendizado não é substantivo), o indivíduo não é capaz de expressar o novo conteúdo com linguagem diferente daquela com que este material foi primeiramente aprendido. De fato, ele não aprendeu o significado, o sentido do novo material, mas tão somente decorou a sequência de palavras que o definia. Por conta disso, ele será incapaz de utilizar este conhecimento em contexto diferente daquele no qual fora primeiramente apresentado a estes conceitos/ ideias. (PRÄSS, 2008, p.29)

Apesar de Ausubel ter destacado as amplas vantagens da aprendizagem significativa em relação à mecânica, ele compreendia que no processo ensino-aprendizagem de determinados conteúdos havia circunstâncias em que a aprendizagem mecânica era indicada e inevitável. Em acordo com essa ideia, Nunes et al. (2010) acrescenta que:

Ademais, é importante ressaltar que a aprendizagem mecânica, em determinados momentos, é tão importante quanto a aprendizagem significativa. O próprio Ausubel admite existir um continuum entre as duas formas de aprendizagem. Em Matemática, podemos perceber a existência deste continuum, visto que constantemente lidamos com cálculos mentais, símbolos que representam números e objetos particulares como quadrado, retângulo, círculo; fórmulas, que após serem internalizadas servirão de subsunçores, dando suporte à aprendizagem significativa. (NUNES et al., 2010, p.540)

Corroborando a ideia desse autor e destacando a importância da aprendizagem mecânica quando o indivíduo precisa adquirir informações em uma área do conhecimento completamente nova para ele, Moreira (2009) explica que:

A aprendizagem mecânica não se processa em um “vácuo cognitivo”, pois algum tipo de associação pode existir, porém, não no sentido de interação como na aprendizagem significativa. Além disso, embora a aprendizagem significativa deva ser preferida à mecânica por facilitar a aquisição de significados, a retenção e a transferência de aprendizagem, pode ocorrer que em certas situações a aprendizagem mecânica seja, desejável ou necessária: por exemplo, em uma fase inicial da aquisição de um novo corpo de conhecimento. (MOREIRA, 2009, p.10)

Os subsunçores vão sendo construídos ao longo do desenvolvimento do organismo em constante interação com o meio. Não obstante, Rosa (2010) ressalta que no âmbito escolar, o professor não pode depender unicamente da formação espontânea desses elementos na estrutura cognitiva de modo a viabilizar o ensino. Uma solução para possibilitar a aprendizagem significativa de conteúdos onde os alunos ainda não reúnem os necessários subsunçores consiste na utilização dos Organizadores Prévios.

Segundo Bezerra e Scartazzini (2006), os organizadores prévios são materiais introdutórios, apresentados antes do material principal a ser aprendido que, segundo Tavares e Santos (2003), se caracterizam por apresentar um grau de generalidades e de inclusividade em um nível superior ao material que será apresentado em seguida. Esses organizadores podem ser estruturados em diversos formatos como textos escritos, figuras, equipamentos, filmes ou outros. Em Bezerra e Scartazzini (2006), por exemplo, foram empregados aparelhos de GPS como organizadores para o ensino de geometria e em Amaral e Lima (2011), figuras de células e suas organelas para o ensino de ciências. Esses organizadores são empregados 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” (TAVARES; SANTOS, 2003, p.3).

A teoria de Ausubel foi eleita como fundamentação deste trabalho, por apontar o distanciamento entre os conceitos presentes na estrutura cognitiva do aluno em relação ao que precisa aprender, como um dos principais problemas para que ocorra a aprendizagem significativa sobre um dado tema. Para atacar esse problema, segundo Rosa (2010), Ausubel propõe o uso de organizadores prévios. Nesta pesquisa, como também nos trabalhos de Tavares e Santos (2003) e Borcelli e Costa (2008), esses organizadores são estruturados na forma de uma animação interativa.

## **METODOLOGIA**

Esta pesquisa foi desenvolvida no ano de 2011 em uma escola da rede pública estadual de ensino de São Luis, capital do Maranhão. Foi considerado como a população, o conjunto composto pelos 1650 alunos, que segundo dados do INEP, foram matriculados em 2011 nessa escola, na 2ª e 3ª série do Ensino Médio, nos três turnos.

Os instrumentos de coleta de dados empregados nesta investigação foram baseados nos trabalhos de Tavares e Santos (2003), Balen e Netz (2005) e Borcelli e Costa (2008), consistindo de testes escritos que, no caso deste trabalho, abordam os conceitos da Energia Mecânica.

Foi tomada como variável dependente a média dos escores obtidos pelos grupos ao serem submetidos ao teste em cada etapa da pesquisa. Essa média, denotada por  $\bar{X}$ , foi definida como a média aritmética dos escores  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_N$ , coletados na amostra. Desse modo,  $\bar{X} = \frac{\sum_{j=1}^N X_j}{N}$  onde  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_N$  representam cada um dos escores coletados. O número de valores de  $X$  é igual ao valor de  $N$ , que representa o tamanho da amostra. Um escore  $X$  foi definido como um valor associado ao total de acertos de cada integrante do grupo pesquisado, ao se submeter ao teste. O emprego da animação interativa foi tomado como a variável experimental ou variável independente a ser manipulada.

O plano empregado neste trabalho foi o: “pré-teste e pós-teste aplicados a grupo experimental e de controle aleatórios” (CAMPBELL; STANLEY, 1979, p.25). Para estes autores esse é o delineamento experimental mais usado e recomendado para análise de escores em pesquisas desta natureza. Lakatos e Marconi (2008) destacam que esse tipo de plano de prova das hipóteses exige dois grupos onde em um deles, denominado experimental, manipularemos a variável independente e o outro, denominado grupo controle, passará por todas as etapas a que foi submetido o grupo experimental, excetuando-se apenas aquela onde a variável independente será manipulada. Este delineamento assume, com base em Campbell e Stanley (1979, p.26), a seguinte forma:

$$\begin{array}{ccccc} A & X_{Ei} & V_E & X_{Ef} \\ A & X_{Ci} & & X_{Cf} \end{array}$$

Na representação acima, o A indica que os grupos foram formados aleatoriamente,  $X_{Ei}$  e  $X_{Ef}$  representam as medidas inicial e final dos escores do grupo experimental.  $X_{Ci}$  e  $X_{Cf}$  representam as medidas inicial e final dos escores do grupo controle enquanto  $V_E$  indica a variável experimental.

A importância do grupo controle para esse delineamento fica evidenciada quando Campbell e Stanley (1979) observam que eventos específicos, além da manipulação da variável experimental, podem ocorrer entre a primeira e a segunda medida. Essa variável estranha, denominada pelos autores de *história*, pode comprometer a validade do estudo já que seus efeitos podem ser confundidos com os efeitos da variável experimental. Porém, segundo Campbell e Stanley (1979), a variável *história* é controlada neste delineamento na medida em que eventos particulares, que possam produzir uma diferença  $X_{Cf} - X_{Ci}$ , produziram também uma diferença  $X_{Ef} - X_{Ei}$ . Para assegurar que o grupo experimental e o de controle estejam expostos à mesma *história*, segundo esses autores, no momento da aplicação dos testes, os integrantes de cada grupo não devem estar separados segundo o grupo ao qual pertençam, mas reunidos de forma aleatória.

Considerando que aplicamos o mesmo teste escrito para encontrar os escores inicial e final dos dois grupos, fica nítido que outra variável importante, capaz de comprometer a

validade de estudos como este, é o efeito da segunda aplicação do teste. Segundo Campbell e Stanley (1979), “estudantes submetidos ao teste pela segunda vez ou submetidos a uma forma paralela do teste, etc., conseguem usualmente melhores resultados do que os que se submetem ao teste pela primeira vez” (CAMPBELL; STANLEY, 1979, p.17). Esta variável estranha, denominada *testagem*, é definida por esses autores como “efeitos da aplicação de um teste sobre os escores de uma segunda aplicação” (CAMPBELL; STANLEY, 1979, p.9). Entretanto, Campbell e Stanley (1979, p.27) garantem que, neste delineamento experimental, a *testagem* é controlada na medida em que esta variável se manifesta igualmente nos grupos experimental e de controle.

Assim, conforme Lakatos e Marconi (2008), supõe-se que a diferença entre os escores antes e depois, no grupo de controle, seja o resultado da ação das variáveis estranhas. No grupo experimental, a diferença entre os escores antes e depois, corresponde à ação da variável experimental adicionada aos efeitos das mesmas variáveis estranhas que atuaram sobre o grupo de controle.

A partir da escolha ao acaso dos alunos na população, foram compostos os dois grupos da pesquisa, denominados E e C:

QUADRO 1 – Composição dos grupos de alunos.

TURNO	Nº de ALUNOS	GRUPO	ALUNOS/GRUPO
Mat	20	Experimental (E)	52
Ves	19		
Not	13		
Mat	15	Controle (C)	54
Ves	27		
Not	12		

Para fundamentar as conclusões sobre a validade do uso das animações no contexto da pesquisa, foi realizado o já consolidado procedimento de análise descrito em Campbell e Stanley (1979), segundo o qual, devemos “computar, para cada grupo, o ganho em escores do pós-teste em relação ao pré-teste e calcular um t entre os grupos experimental e de controle nesses escores diferenciais” (CAMPBELL; STANLEY, 1979, p.42). Assim, foi calculada a variação do escore  $\Delta X$  (escore diferencial) de cada integrante de cada um dos grupos. Os valores de  $\Delta X_C (X_{C\ final} - X_{C\ inicial})$  e  $\Delta X_E (X_{E\ final} - X_{E\ inicial})$  correspondem aos escores diferenciais de cada elemento dos grupos controle e experimental, respectivamente. Definiu-se também  $\overline{\Delta X}_E$  e  $\overline{\Delta X}_C$  como os escores diferenciais médios de cada grupo, onde  $\overline{\Delta X} = \frac{\sum_{j=1}^N X_j}{N}$  com N representando o número de medidas de  $\Delta X$ . Para a análise dos escores diferenciais médios de cada grupo foi realizado um teste t de Student para as médias de duas amostras independentes. Este teste é indicado, segundo Guimarães (2008), quando desejamos comparar as médias de duas amostras distintas. O objetivo deste teste é confrontar as médias do grupo experimental com as médias do

grupo controle. Assim, com base nos escores diferenciais encontrados, foram definidas as hipóteses:

$$H_0: \Delta X_E = \Delta X_C$$

$$H_1: \Delta X_E > \Delta X_C$$

A hipótese nula  $H_0$  assume que os escores diferenciais dos grupos experimental e de controle são iguais. A aceitação dessa hipótese negaria a ação da variável independente, a animação interativa, sobre a média dos escores do grupo experimental. A hipótese alternativa  $H_1$  contesta a hipótese inicial e assume que o escore diferencial do grupo experimental é maior que o do grupo controle. Para o julgamento das hipóteses, foi calculado o parâmetro t de Student ( $t_{cal}$ ) que, considerando nossas variáveis, pode ser encontrado através da expressão:

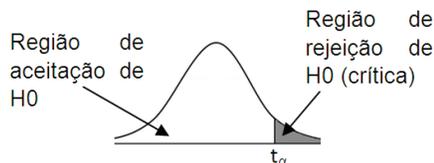
$$t_{cal} = \frac{\overline{\Delta X_E} - \overline{\Delta X_C}}{\sqrt{\frac{S_E^2}{N_E} + \frac{S_C^2}{N_C}}}$$

$N_E$  e  $N_C$  representam os números de medidas de  $\Delta X$  em cada um dos dois grupos. Os parâmetros SE e SC são os desvios padrão dos escores diferenciais  $\Delta X_E$  e  $\Delta X_C$  dos grupos experimental e controle, respectivamente. Esse parâmetro é uma medida do grau de dispersão dos escores diferenciais, ou seja, um indicador da variabilidade ou dos desvios dos valores de  $\Delta X$  em torno da média  $\overline{\Delta X}$ . O valor de S para cada grupo pode ser encontrados por:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (\Delta X - \overline{\Delta X})^2}{N - 1}}$$

Conforme Guimarães (2008), além de calcular a estatística  $t_{cal}$ , devemos escolher o nível de significância a do teste – parâmetro que Spiegel (1985) define como a probabilidade de se cometer o erro de rejeitar a hipótese inicial  $H_0$  quando ela é verdadeira. Spiegel (1985) ainda esclarece que, embora a seja uma escolha do pesquisador, normalmente são utilizados os valores 1%, 5% ou 10%. Por ser o valor mais usado, optou-se neste trabalho por empregar um nível de significância de 5% para os testes de forma que tenhamos uma confiança de 95% de que a decisão sobre  $H_0$  não será equivocada. Guimarães (2008), explica que o julgamento das hipóteses é feito comparando-se o valor de  $t_{cal}$  com o valor crítico do teste, representado por  $t\alpha$ . Esse autor complementa explicando que quando a hipótese alternativa refuta  $H_0$  afirmando a superioridade de uma média em relação à outra, como é o caso deste teste, a única região de rejeição de  $H_0$  ficará a direita de  $t\alpha$  e em razão disso, diz-se que o teste é unilateral à direita. O valor crítico do teste  $t\alpha$  representa o limite da região de aceitação de  $H_0$ , como pode ser visto na figura a seguir.

FIGURA 1 – Região de rejeição de  $H_0$  em teste unilateral.



Fonte: Guimarães, 2008, p.96 (adaptado).

Sobre a definição da região crítica e sobre o julgamento das hipóteses, Guimarães (2008), contribui esclarecendo que:

A faixa de valores da variável de teste que leva à rejeição de  $H_0$  é denominada região crítica (RC) do teste. A faixa restante constitui a região de aceitação (RA). Se o valor observado da estatística pertence a RC, rejeitamos  $H_0$ ; caso contrário, não rejeitamos  $H_0$  (GUIMARÃES, 2008, p. 132)

Em outras palavras, para o teste em questão, se  $t_{cal} > t_\alpha$ , dizemos que a variável do teste caiu na região crítica e dessa forma há evidências estatísticas para rejeitar  $H_0$ ; caso contrário,  $H_0$  será aceita.  $t_\alpha$  é encontrado na tabela de distribuição de  $t$ , considerando o nível de significância  $\alpha$  e o número de graus de liberdade GL. Segundo Spiegel (1985), GL é um estimador da quantidade de informações independentes que serão utilizados no teste estatístico, podendo ser encontrado por  $GL = N - 1$ .

## ETAPAS DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

Como parte da metodologia empregada nesta investigação, optamos por desenvolver as atividades em quatro etapas, sendo que a primeira, a etapa inicial, teve a função de encontrar os escores dos grupos E e C em seu estado inicial.

Nesta primeira etapa e na última, a exemplo do ocorre em Balen e Netz (2005), as questões foram corrigidas segundo o seguinte critério:

- a) CT – Compreensão total. As respostas foram assim classificadas quando o aluno respondeu de acordo com o modelo aceito pelo formalismo da Física;
- b) CP – Compreensão Parcial, quando a resposta foi parcialmente correta, apresentando falhas nos conceitos ou no tratamento matemático empregado;
- c) CE – Concepção Errônea, quando o aluno respondeu utilizando argumentos inadequados ou quando o estudante não respondeu.

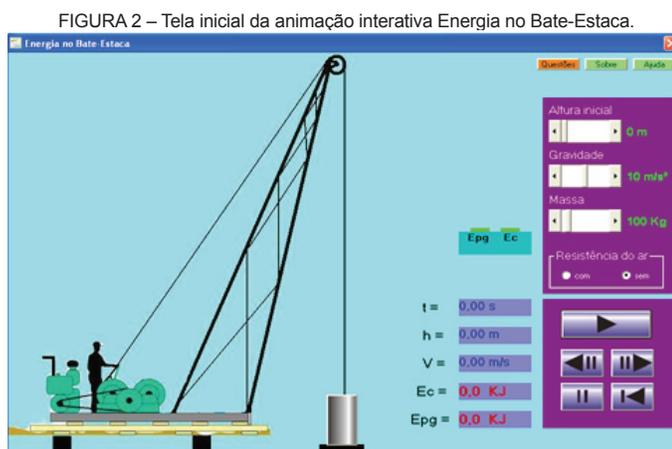
Com a finalidade de quantificar os resultados, definimos o escore X de cada participante como o resultado da expressão  $X = 1N_{CT} + 0,5N_{CP}$ , onde  $N_{CT}$  e  $N_{CP}$  representam os números de respostas classificadas como CT e CP, respectivamente. Cabe destacar que CT vale 1,0, CP

vale 0,5 e CE vale 0, valores definidos como a pontuação conferida para a parcela de respostas correta, ou seja, CT equivale a 100% correto, de modo que essa parcela corresponde a 1, enquanto CP equivale a 50% correto, significando que essa parcela corresponde a 0,5.

Para aplicação do teste, os alunos foram separados em três salas de aulas, independente do grupo ao qual pertenciam, e durante duas aulas de 50 minutos responderam às questões.

A segunda etapa desta pesquisa, aplicada somente ao grupo experimental, consistiu no emprego de animações interativas como organizadores prévios, para introduzir conceitos sobre a Energia Mecânica. Nesta etapa, o grupo A primeiramente assistiu, no auditório da escola, a um pequeno vídeo caseiro<sup>1</sup>, com duração de 114 segundos, que mostra uma descida realizada em uma grande montanha russa. O propósito desse vídeo é despertar o interesse do aluno para o conteúdo que seria tratado posteriormente e com isso criar um ambiente onde ele se sinta mais motivado a se envolver com a atividade propostas, facilitando a conexão dos novos conceitos à sua estrutura cognitiva. A motivação do aluno para conectar os novos conceitos aos subsunçores é considerada por Rosa (2010) como um elemento indispensável para que ocorra a aprendizagem significativa com base na teoria de Ausubel, de modo que a apresentação de vídeos, como o indicado aqui, assumiu uma destacada relevância para o desenvolvimento deste trabalho. Em seguida, ainda no mesmo espaço físico, foi apresentada ao grupo a animação interativa utilizada nesta pesquisa: a Energia no Bate-estaca (figura 2), uma animação que desenvolvemos exclusivamente para este trabalho.

Essa animação, que aborda conceitos sobre Energia Mecânica, foi desenvolvida em linguagem Visual Basic (VB), no ambiente Visual Basic 6 da Microsoft. Nela podemos simular o processo de transformação de energia que ocorre em um bate-estaca, equipamento que em função das várias construções em andamento em São Luís são vistos pelos alunos em diversos pontos da cidade, constituindo, portanto, um elemento de seu mundo vivencial.



<sup>1</sup> Esse vídeo sobre a montanha russa pode ser encontrado no endereço [http://www.youtube.com/watch?v=DFZ\\_hve5K2s](http://www.youtube.com/watch?v=DFZ_hve5K2s). Acesso em 25/04/2011.

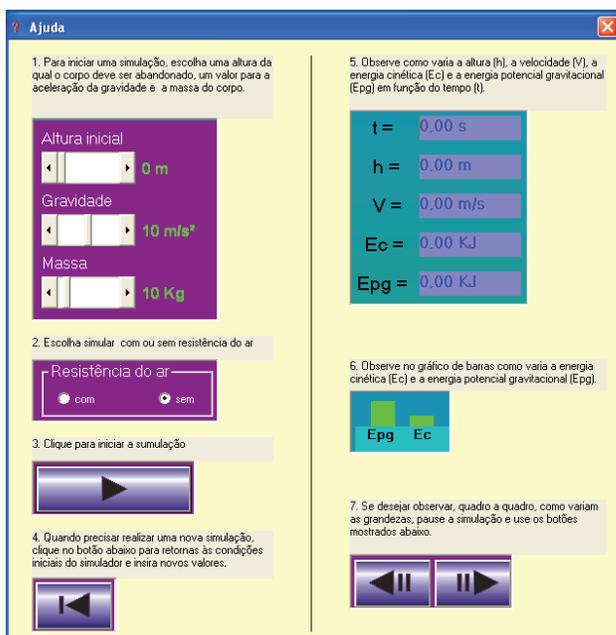
Para as simulações, determinamos a altura da qual o martelo será abandonado, a aceleração da gravidade local, a massa do martelo e podemos decidir também se queremos considerar ou não a resistência do ar. Quando é iniciada a simulação, o aluno pode acompanhar a evolução temporal da altura e velocidade do martelo, assim como o valor da energia cinética e da energia potencial gravitacional disponível no sistema.

A opção pelo desenvolvimento de nossa própria animação decorreu do fato das opções disponíveis nos repositórios não apresentarem um grau de interatividade adequado para as condições que o trabalho demandava.

A exibição do vídeo da montanha russa e a apresentação da animação interativa ao grupo experimental ocorreram no mesmo dia e no mesmo local, utilizando para tanto, dois horários de 50 minutos.

Nos dois dias seguintes, utilizando os dois laboratórios de informática da escola durante dois horários de 50 minutos, os alunos, organizados em duplas, foram orientados a explorar a animação. Foi recomendado que iniciassem a exploração pela função Ajuda do programa (figura 3), que traz um roteiro mostrando como ajustar os parâmetros para produzir as simulações.

FIGURA 3 – Tela da ajuda da animação interativa Energia no Bate-Estaca.



Em seguida, o grupo foi estimulado a ler as questões que a animação propõe e resolve-las através de simulações realizadas no próprio programa. O formulário de

questões da animação, acessado através de um dos botões do canto superior direito, contêm as seguintes perguntas:

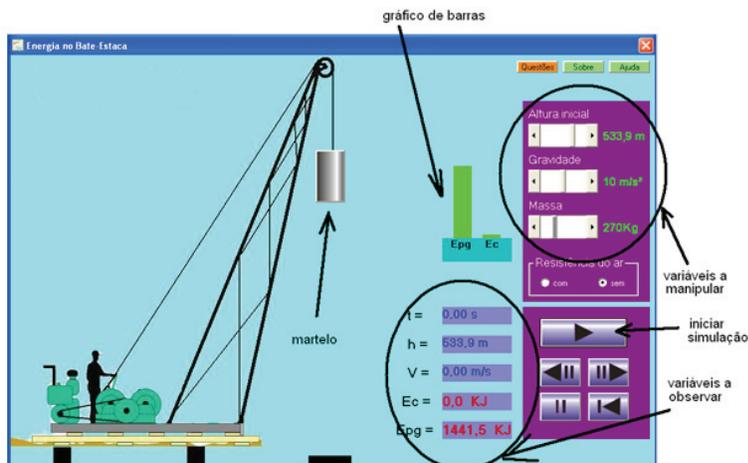
1. Que tipo de energia o bloco ganha quando é levantado?
2. Essa energia depende do valor de quais grandezas?
3. Quando o bloco estiver parado a certa altura ele possuirá energia cinética ( $E_c$ )? Por quê?
4. Quando o bloco estiver parado a certa altura e aumentarmos sua massa, ocorrerá modificação em qual das energias?
5. Quando o bloco começar a cair, qual energia irá diminuir à medida que o bloco cai? Por que diminui?
6. À medida que o bloco cair, qual energia irá aumentar? Por que aumenta?
7. Se não considerarmos a resistência do ar, a soma das duas energias será sempre a mesma à medida que o corpo cai?
8. Se considerarmos a resistência do ar, a soma das duas energias será sempre a mesma à medida que o corpo cai?

Durante a apresentação e a exploração da animação não foi fornecida qualquer definição ou equação matemática sobre os conceitos ali envolvidos. Foi esclarecido que o aluno deveria descobrir as relações entre esses conceitos através de simulações feitas na própria animação. Foi recomendado que para responder as questões 1, 2 e 4, o aluno precisava elevar o martelo do bate-estaca, manipulando a variável altura inicial, e, deixando-o parado a certa altura, observar o gráfico de barras. Com o martelo ainda parado a certa altura (figura 4), o aluno deveria modificar as variáveis gravidade e massa do martelo e observar as consequências disso no gráfico de barras e extrair as suas conclusões.

Nas questões 3, 5 e 6, estando ainda o martelo parado a certa altura, o aluno deveria acionar o botão de início da simulação e observar no gráfico de barras e no campo das variáveis, o comportamento dos valores da altura, velocidade, energia cinética e energia potencial gravitacional. O aluno deveria observar qual energia cresce e qual decresce à medida que o corpo cai, e relacionando com a simulação anterior, concluir do que depende cada uma delas.

Para a questão 7, o aluno deveria colocar o martelo a certa altura e mantendo-o ali parado, anotar os valores da energia cinética e energia potencial gravitacional naquele ponto. Em seguida, acionar o início simulação, permitindo que o martelo caísse, e pausar o movimento em vários pontos, anotando os valores das duas energias em cada um deles. Para cada ponto, o aluno deveria somar as duas energias, encontrando a energia total em cada um deles e comparar os resultados. Inicialmente essa simulação deve ser realizada desconsiderando a resistência do ar, marcando esta opção na animação. Para a questão 8, o mesmo procedimento acima deveria ser realizado, porém, levando agora em consideração a resistência do ar.

FIGURA 4 – Elementos da animação interativa Energia no Bate-Estaca.



Na terceira etapa, os alunos dos grupos E e C novamente foram separados em três salas, T1, T2 e T3, sendo que as duas primeiras foram compostas por 18 alunos do grupo E e 17 do grupo C, T3 foi formada por 18 alunos de cada grupo. Durante duas aulas de 50 minutos, em cada um dos dois dias destinados para essa etapa, os alunos receberam aulas expositivas sobre os conceitos da Energia Mecânica. As aulas foram ministradas nesses dois encontros por três professores de Física, usando como recurso quadro branco e projetor multimídia. As aulas foram ministradas segundo o roteiro abaixo.

1. Energia e trabalho
  - 1.1. Definições fundamentais
  - 1.2. A energia cinética
  - 1.3. Teorema da energia cinética
  - 1.4. Energia potencial
2. Conservação da energia
  - 2.1. Energia mecânica
  - 2.2. Princípio da conservação da energia mecânica

Na última etapa, os dois grupos E e C foram novamente submetidos ao mesmo teste da etapa inicial e corrigidos segundo os critérios já apresentados.

O resumo do cronograma de execução das etapas é mostrado no quadro 2.

QUADRO 2 – Etapas de desenvolvimento da pesquisa.

ETAPA	DESCRIÇÃO	DIA	GRUPO	DURAÇÃO
1ª – ETAPA INICIAL	Aplicação do teste inicial	1º	E e C	2 X 50min
2ª – USO DA ANIMAÇÃO INTERATIVA	Vídeo montanha russa	2º	E	2 X 50min
	Uso da animação interativa	3º	E	2 X 50min
		4º	E	2 X 50min
3ª – AULA EXPOSITIVA	Aulas sobre os conceitos da energia mecânica	5º	E e C	2 X 50min
		6º	E e C	2 X 50min
4ª – ETAPA DE VERIFICAÇÃO	Aplicação do teste de verificação	7º	E e C	2 X 50min

## ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

No dia anterior à aplicação do teste inicial, foi selecionada ao acaso uma turma com 34 alunos na qual foi realizado o procedimento de validação do instrumento. O recurso estatístico empregado para investigar a consistência do questionário foi o cálculo do coeficiente  $\alpha$  de Cronbach, o qual revela a confiabilidade, a estabilidade e a reprodutibilidade dos dados mensurados através do instrumento em análise (FREITAS; RODRIGUES, 2005). O valor de  $\alpha$  pode ser encontrado por:

$$\alpha = \left( \frac{k}{k - 1} \right) \left[ 1 - \frac{\sum_{i=1}^k s_i^2}{s_t^2} \right]$$

Onde:  $k$  é o número de itens do questionário,  $s_i^2$  é a variância do item  $i$  e  $s_t^2$  é a variância total do questionário.

O resultado obtido para o coeficiente  $\alpha$  do instrumento e seu valor caso seja omitindo cada um dos itens são mostrados na tabela 1.

TABELA 1 – Valores de  $\alpha$  para cada item omitido.

Item	$s^2$	$\alpha$ omitindo o item:
1	0,247	0,729
2	0,210	0,765
3	0,252	0,705
4	0,126	0,650
5	0,210	0,741
6	0,081	0,689
7	0,232	0,693
8	0,046	0,688
9	0,028	0,726
10	0,031	0,726
11	0,232	0,760
12	0,093	0,660
13	0,071	0,673
14	0,079	0,691
15	0,032	0,695
$\alpha = 0,746$		

O valor obtido, 0746, apesar de próximo ao limite inferior, é classificado como satisfatório visto que Freitas e Rodrigues (2005) e Moreira e Silveira (1993) consideram aceitável um instrumento que apresente  $a \geq 0,7$ .

Nas tabelas 1 e 2 são mostrados os valores encontrados para a média dos escores, desvio padrão e variância para cada um dos dois grupos. Na tabela 1 esses parâmetros foram obtidos na etapa inicial da pesquisa, antes do emprego da animação interativa.

TABELA 2 – Grupos E e C, Etapa inicial, médias e dispersão.

Grupo	Etapa	Tamanho (N)	Score Min	Score Max	Méd ( $\bar{X}$ )	D.Pad. (s)	Variância (s <sup>2</sup> )
E	INICIAL	52	0	11	2,88	2,44	5,96
C	INICIAL	54	0	9,5	2,37	1,84	3,38

Na tabela 2, esses mesmos parâmetros foram obtidos na etapa de verificação, após a utilização da animação por parte do grupo experimental (E) e depois dos dois grupos assistirem às aulas expositivas.

TABELA 3 – Grupos E e C, Etapa de Verificação, médias e dispersão.

Grupo	Etapa	Tamanho (N)	Score Min	Score Max	Méd ( $\bar{X}$ )	D.Pad. (s)	Variância (s <sup>2</sup> )
E	Verificação	52	2,5	12	4,70	2,50	6,25
C	Verificação	54	1	13	3,62	2,30	5,30

Na tabela 4 são mostrados para cada grupo, os valores do escore diferencial mínimo, máximo e médio, além das medidas de dispersão.

TABELA 4 – Média dos escores diferenciais e dispersão.

Grupo	$\Delta X_{min}$	$\Delta X_{max}$	Média $\Delta X$	D. Pad. ( $S_{\Delta X}$ )	Variância ( $S^2_{\Delta X}$ )
E	-2,5	6,5	1,82	1,61	2,58
C	-1,5	4,5	1,25	1,42	2,01

Para esta análise, como já explicado anteriormente, testamos as hipóteses:

$$H_0: \Delta X_E = \Delta X_C$$

$$H_1: \Delta X_E > \Delta X_C$$

O objetivo deste teste estatístico é verificar se o ganho em escores do grupo experimental, entre a primeira e a última etapa da pesquisa, é superior ao do grupo controle.

A estatística ou variável do teste tcal foi encontrada através do procedimento de cálculo já descrito, obtendo-se  $t_{cal} = 1,925$ . O valor crítico ( $t_{\alpha}$ ), encontrado na tabela de

distribuição de t (Anexo I), com base no nível de significância adotado e no número de graus de liberdade (GL = NA-1), foi 1,645. Como o valor tcal encontra-se além do limite  $t_{\alpha}$ , verificamos que a estatística do teste caiu na região de rejeição de  $H_0$ . Assim, concluímos que há evidências estatísticas para assumir que houve um ganho em escores maior no grupo experimental em relação ao grupo controle, provavelmente em decorrência da utilização das animações interativas.

## CONCLUSÕES

O uso de recursos computacionais no ensino de Ciências e Matemática tem sido defendido em muitos trabalhos como em Tavares e Santos (2003); Balen e Netz (2005); Borcelli e Costa (2008) e Hendres e Kaiber (2005) e muitos outros. Em linha com estas propostas, a busca por aprimoramento para os processos de ensino e aprendizagem de conceitos físicos justificou esta investigação envolvendo a utilização de simulações interativas.

O plano de prova das hipóteses empregado neste trabalho, como já explicado anteriormente, foi o “pré-teste e pós-teste aplicados a grupo experimental e de controle aleatórios”, descrito em Campbell e Stanley (1979). Verificou-se nesse teste que o grupo experimental apresentou um ganho em escores superior ao grupo de controle, sendo que o processo ao qual foram submetidos diferiu pelo fato de somente o grupo experimental ter passado pela etapa de utilização das animações interativas. Assim, é possível concluir por meio do resultado do teste estatístico empregado, a um nível de significância de 5 %, que a superioridade dos escores diferenciais do grupo experimental foi consequência, provavelmente, do uso das animações interativas.

Evidentemente, outras variáveis como as diferenças de motivação dos grupos, que não são consideradas ou isoladas nesta metodologia, podem trazer implicações importantes aos resultados da pesquisa. Ainda assim, em face dos resultados observados neste trabalho e que corroboram os obtidos por outros pesquisadores em investigações semelhantes mencionadas aqui, consideramos plausível concluir que as animações interativas, na função de organizadores prévios, podem favorecer os processos de ensino e de aprendizagem dos conceitos da Energia Mecânica que foram explorados ao longo deste trabalho.

Ao possibilitarmos que os estudantes se envolvessem com ferramentas computacionais interativas e pudessem manipular e testar os parâmetros físicos envolvidos acreditamos estar proporcionando meios para que pudessem construir novos conhecimentos e, com isso, ampliar a sua capacidade de atuação autônoma diante das situações exploradas.

Considerando a importância do tema abordado para o ensino de Ciências, julgamos que merece ser considerada a possibilidade de desenvolvimento de trabalhos semelhantes empregando outros recursos computacionais com uma orientação teórica diferente, como tutoriais ou jogos, para que se possa ampliar a base de dados e os conhecimentos obtidos,

fortalecendo a convicção de que estes recursos computacionais podem efetivamente contribuir para a aprendizagem dos estudantes.

## REFERÊNCIAS

- AMARAL, I. B.; LIMA, V. M. D. R. A educação pela pesquisa, o questionamento e a crítica: propostas viáveis para ensinar e aprender. *Acta Scientiae*, Canoas, v.13, n.1, p.140-157, jan./jun. 2011.
- BALEN, O.; NETZ, P. A. Utilizando a modelagem e a simulação computacional no estudo do comportamento dos gases. In: XVI SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, *Anais...* Rio de Janeiro, 2005.
- BEZERRA, N. J. F.; SCARTAZZINI, L. S. O uso do GPS como fator de motivação na aprendizagem da geometria analítica. *Acta Scientiae*, Canoas, v.8, n.2, p.5-10, jul./dez. 2006.
- BORCELLI, A. F.; COSTA, S. S. C. D. Animação Interativa: um material potencialmente significativo para a aprendizagem de conceitos em física. XI ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA. *Anais...* Curitiba: [s.n.]. 2008.
- BRASIL. Ministério da Educação; INEP – Dataescolabrazil. *Sistema de estatísticas educacionais*. Disponível em: <<http://www.dataescolabrazil.inep.gov.br>>. Acesso em 29/04/2011.
- CAMPBELL, D. T.; STANLEY, J. C. *Delineamentos experimentais e quase-experimentais de pesquisa*. São Paulo: EPU/Edusp, 1979.
- COSTA, H. R. et al. Desenvolvimento e aplicação de um software educacional na aprendizagem significativa do estudo dos gases. In: 50º CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA. *Anais...* Cuiabá, 2010.
- FEYNMAN, Richard. *Física em seis lições*. 2.ed. Rio de Janeiro: Ediouro, 1999.
- FIGUEIREDO, D. F.; KATO, L. A. Uma Proposta de Avaliação de Aprendizagem em Atividades de Modelagem Matemática na Sala de Aula. *Acta Scientiae*, Canoas, v.14, n.2, p.276-294, maio/ago. 2012.
- FREITAS, A. L. P.; RODRIGUES, S. G. A avaliação da confiabilidade de questionários: uma análise utilizando o coeficiente alfa de Cronbach. In: XII SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (SIMPEP). *Anais...* Bauru: Unesp. 2005.
- GUIMARÃES, P. R. B. *Métodos Quantitativos Estatísticos*. IESDE Brasil S.A., Curitiba, 2008.
- HENDRES, C. A.; KAIBER, C. T. A utilização da informática como recurso didático nas aulas de Matemática. *Acta Scientiae*, Canoas, v.7, n.1, p.25-38, jan./jun. 2005.
- KANTOR, C. A. et. al. *Física 1º Ano* (coleção Quanta Física; v.1). São Paulo: Editora PD, 2010.
- LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. *Metodologia Científica*. 5.ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- MORCILLO, A. M. *Teste t Student*. Campinas: Universidade Estadual de Campinas – Faculdade de Ciências Médicas, 2004.
- NUNES, J. M. V.; ALMOULOU, S. A.; GUERRA, R. B. O Contexto da História da

Matemática como Organizador Prévio. *Boletim de Educação Matemática – Bolema*, Rio Claro (SP), v.23, n.35B, p.537-561, abr. 2010.

PRÄSS, A. R. *Teorias da aprendizagem*. Porto Alegre. 2008.

ROSA, P. R. D. S. *Instrumentação para o ensino de ciências*. Campo Grande: Editora UFMS, 2010.

SPIEGEL, M. R. *Estatística*. 2.ed. São Paulo: Mcgraw-Hill, 1985.

TAVARES, R.; SANTOS, J. N. D. Organizador prévio e animação interativa. In: IV INTERNATIONAL MEETING ON MEANINGFUL LEARNING. *Anais...* Maragogi, 2003.

**Recebido em:** abr. 2012

**Aceito em:** nov. 2012