



PROGRAMAS DE SIMULAÇÃO PODEM AUXILIAR O PROFESSOR EM SALA DE AULA? UM ESTUDO DE CASO DO USO DO PROGRAMA INTERACTIVE PHYSICS APLICADO EM OSCILAÇÕES MECÂNICAS.

¹**Denise Marques Pinheiro** – denisemp@ita.br

²**Gilberto Eiiti Murakami** – murakami@ita.br

³**Deborah Dibbern Brunelli** – deborah@ita.br

⁴**José Silvério Edmundo Germano** – silverio@ita.br

^{1,2} Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia
Escola de Engenharia Mauá
Pça. Mauá, 01
CEP 0958-900 – São Caetano do Sul – SP,

^{1,2,3,4} Divisão de Ciências Fundamentais
Instituto Tecnológico de Aeronáutica - ITA
Praça Marechal Eduardo Gomes, nº 50
Bairro - Vila das Acácias
São José dos Campos - SP - 12228-900.

Resumo: Este trabalho tem como objetivo principal, verificar a potencialidade da utilização do programa de simulação *Interactive Physics*, como ferramenta auxiliar a professores que ministram aulas presenciais de física em um curso de engenharia. O tópico da física que será abordado está relacionado ao assunto oscilações mecânicas, onde estudaremos os seguintes casos: o movimento harmônico simples e as oscilações amortecidas. Dentro dessa temática, mostraremos as várias possibilidades de situações que podem ser simuladas e ilustradas dentro do *Interactive Physics*. Outro aspecto importante a ser analisado, é percepção do professor quanto à dinamização da aula e uma maior interatividade com os alunos, tentando dessa forma, tornar o processo ensino/aprendizagem mais eficiente e prazeroso.

Palavras-chave: Engenharia, Simulação, *Interactive Physics*, Movimento Harmônico Simples e Oscilações amortecidas.

1. INTRODUÇÃO

Alguns dos assuntos discutidos dentro de oscilações mecânicas no ensino de física são: movimento harmônico simples (MHS) e as oscilações amortecidas. Como podemos (nós professores) fazer uma abordagem mais didática desses assuntos em sala de aula? Sabemos que não é simples, pois os modelos matemáticos necessários para solucionar esses problemas não são triviais e na maioria das vezes ainda não foram vistos e muito menos discutidos nos cursos de matemática. Como podemos minimizar esse problema quando estamos ministrando esses assuntos? Será que uma simulação no programa *Interactive Physics* poderia nos ajudar? Como essa simulação poderia ajudar na interpretação dos parâmetros que influenciam na solução do problema?



A parte prática, isto é, a abordagem experimental em um curso de engenharia deveria ser amplamente explorada, o que é recomendado pelas Diretrizes Curriculares Nacionais – DCNs – (MEC, 2002), mas nem sempre é o que acontece, seja pela ausência de material apropriado ou pela quantidade excessiva de alunos dentro de uma mesma sala, inviabilizando a demonstração, segundo Finkelstein *et al*(2005). Nos casos em que não existam laboratórios, a simulação computacional poderia ser uma alternativa eficiente?

Segundo Germano e Ando (2007) “Deve-se salientar que a simulação não é de apenas resultados numéricos, mas também dispõe de representação gráfica bidimensional animada da situação física ao longo de um período de tempo. De maneira que tal recurso visual promove auxílio incontestável à interpretação do fenômeno”.

O presente trabalho visa analisar a potencialidade da utilização de simulações, com o programa *Interactive Physics (IP)*, nas aulas de física em um curso de engenharia. O programa utilizado, *Interactive Physics (IP)*, que é um programa orientado a objeto, permite ao professor, bem como aos alunos, criar modelos mecânicos em 2 dimensões que podem ser simulados com alto grau de precisão e interatividade. O grande diferencial desse programa, comparado com outros programas que existem no mercado, é que o mesmo é orientado a objeto, permitindo ao professor criar sua simulação sem precisar conhecer nenhuma linguagem de programação (Java, Flash, C++). Essa facilidade na construção do modelo, está relacionado ao seu caráter de orientação a objeto, isto é, qualquer simulação pode ser construída a partir da junção de objetos que já são predefinidos dentro do programa. Essa característica é muito importante, principalmente quando o professor (ou os alunos) tem poucas habilidades em trabalhar com sistemas informatizados.

A utilização de ferramentas de apoio dentro do processo ensino/aprendizagem, baseada em sistemas simulados, tem sido cada vez mais usados e discutidos nos congressos de ensino. Isso pode ser comprovado, pela ampliação de grupos de pesquisa que cada vez mais desenvolvem ferramentas para esse fim, como por exemplo, o projeto *Physics Education Technology (PHET)* da universidade do Colorado (http://phet.colorado.edu/pt_BR/) que inclusive já tem uma versão em português. Outros exemplos são: o programa *simquest* (<http://www.simquest.com/>), o programa *EJS* (<http://fem.um.es/Ejs/>), o site com conteúdo e simulação *Física con ordenador* (<http://www.sc.edu.es/sbweb/fisica/default.htm>) entre outros.

2. APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA

Baseado na discussão supracitada, apresentaremos nesse item, algumas situações que podem ser simuladas no programa *Interactive Physics (IP)* dentro do assunto oscilações mecânicas. Procuraremos mostrar em detalhes, como podemos facilmente variar todas as possibilidades dentro da simulação relacionada ao assunto a ser estudado.

2.1 ESTUDO DO MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES (MHS)

A Figura 1 ilustra uma simulação desenvolvida para ser usada no programa *Interactive Physics (IP)*, onde um sistema massa mola é colocado dentro de um recipiente que contém um fluido. Na situação, estamos interessados em analisar o que acontece ao sistema se desconsiderarmos qualquer influência do fluido. Para que essa situação possa ser analisada,



zeramos o valor da viscosidade do líquido. Dessa forma, a única força que estará atuando no sistema é a força de restauração da mola, pois estamos desprezando o empuxo devido ao líquido.

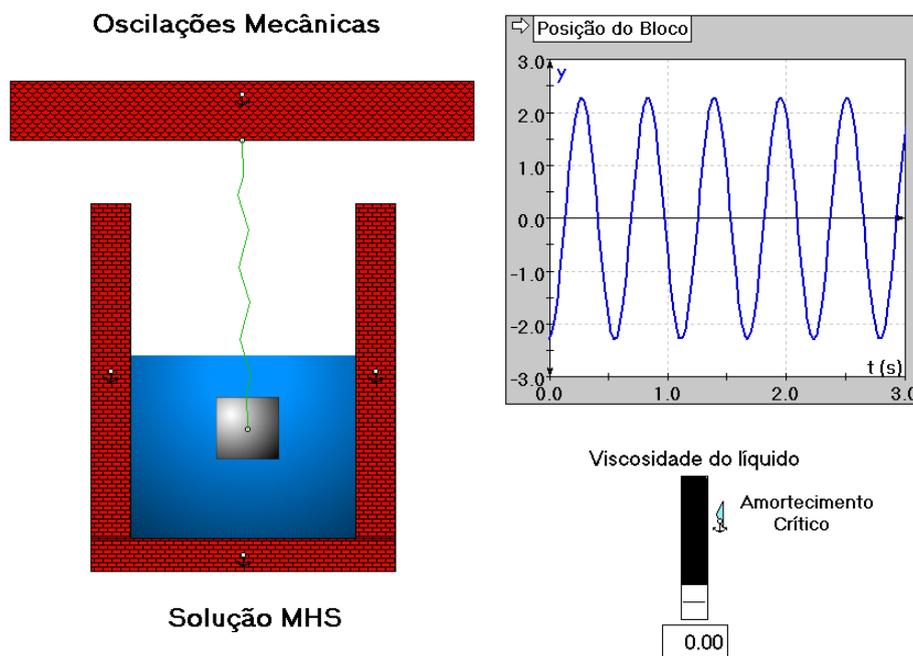


Figura 1 – modelo de simulação do MHS na vertical.

A Figura 1 apresenta a ilustração de um sistema massa-mola que se movimenta ao longo da vertical, que na nossa notação será denominada de direção y , com sentido positivo de baixo para cima. O bloco preso na mola tem massa m e a constante da mola é k . Nessa 1ª situação, a única força que atua na massa é a força de restauração da mola, pois o sistema está sendo liberado a partir de um pequeno deslocamento em relação a sua posição de equilíbrio :

Segundo Hugh & Freedman, aplicando a 2ª Lei de Newton para essa situação temos:

$$\begin{aligned} \vec{F} &= m\vec{a} \\ \vec{F} &= -ky\hat{j} = m\vec{a} \\ -ky\hat{j} &= m \frac{d^2y}{dt^2} \hat{j} \\ \frac{d^2y}{dt^2} + \frac{k}{m}y &= 0 \\ \frac{d^2y}{dt^2} + \omega^2 y &= 0 \end{aligned} \tag{1}$$



$$\text{onde } \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Essa é a conhecida equação do MHS, cuja solução pode ser escrita como:

$$y(t) = A \cos(\omega t + \alpha)$$

As constantes A e α podem ser encontradas a partir das condições iniciais do problema.

2.2 ESTUDO DO MOVIMENTO DENOMINADO SUBAMORTECIDO

A Figura 2 ilustra uma nova situação onde agora podemos começar a variar lentamente a viscosidade do líquido para um valor inicial pequeno. O que isso significa do ponto de vista da física envolvida nesse problema? Essa, por exemplo, poderia ser um pergunta colocada pelo professor que estivesse usando essa simulação em sala de aula como ferramenta de apoio a sua aula. Uma outra pergunta nessa situação poderia ser a seguinte: Agora, além da força de restauração da mola, existe alguma outra força atuando na massa? Do ponto de vista da abordagem do problema em sala de aula, o uso dessa simulação pode gerar uma série de discussões que podem enriquecer o processo de interação professor/aluno.

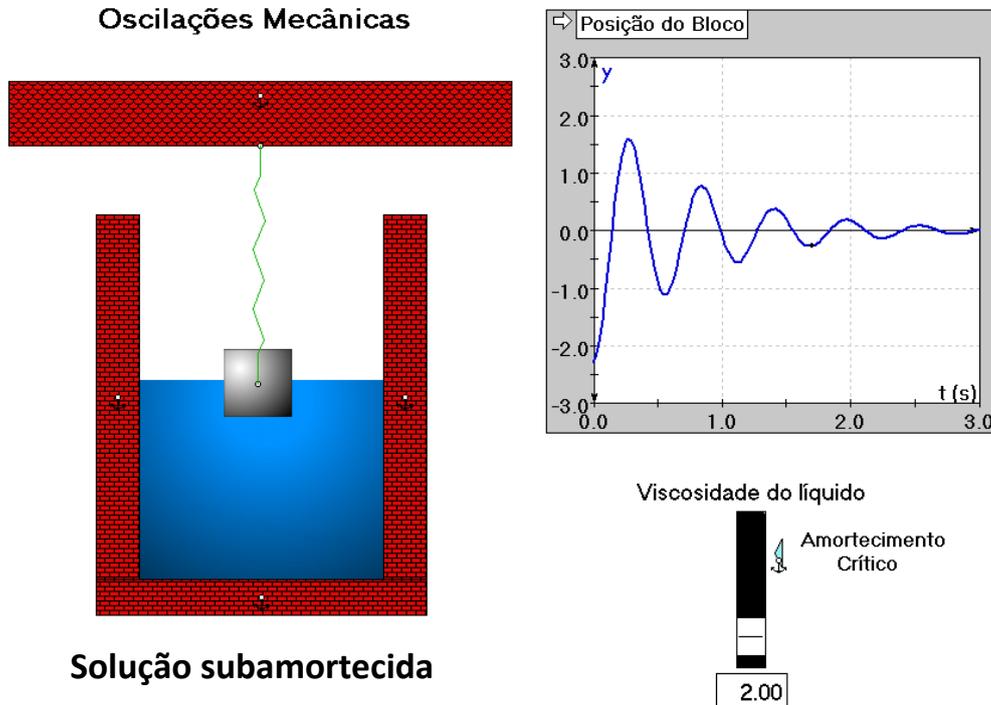


Figura 2 – modelo de simulação para o amortecimento subamortecido.

A Figura 2 apresenta a ilustração de um sistema massa-mola que se movimenta ao longo da vertical, que na nossa notação será denominada de direção y . Nessa situação, atuam na



massa a força de restauração da mola e uma outra força contrária ao movimento da massa que é proporcional a velocidade. Nesse modelo estamos desprezando o empuxo devido ao líquido. Agora, as constantes envolvidas no problema são: m – massa do objeto, k – constante da mola e b – constante de amortecimento.

Aplicando a 2ª Lei de Newton para essa situação temos :

$$\begin{aligned}\vec{F} &= m\vec{a} \\ \vec{F} &= -ky\hat{j} - b\dot{y}\hat{j} = m\vec{a} \\ -ky\hat{j} - b\frac{dy}{dt}\hat{j} &= m\frac{d^2y}{dt^2}\hat{j} \\ \frac{d^2y}{dt^2} + \frac{b}{m}\frac{dy}{dt} + \frac{k}{m}y &= 0 \\ \frac{d^2y}{dt^2} + 2\gamma\frac{dy}{dt} + \omega^2 y &= 0\end{aligned}\tag{2}$$

$$\text{onde } 2\gamma = \frac{b}{m} \text{ e } \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

A equação (2) é conhecida como equação diferencial do movimento amortecido e tem três soluções possíveis:

1º caso denominado subamortecido:

Para esse caso, temos a seguinte solução: $\omega^2 > \gamma^2$

$$y(t) = Ae^{-\gamma t} \cos(\omega' t + \alpha)$$

$$\text{onde } \omega' = \sqrt{\omega^2 - \gamma^2}$$

As constantes A e α podem ser encontradas a partir das condições iniciais do problema.

Para essa situação, se continuarmos variar lentamente o valor da viscosidade do líquido, o que iremos observar? Novamente, o professor pode gerar uma série de situações onde o aluno (ou os alunos) pode(m) interagir de forma direta com o modelo que está sendo analisado.



2.3 ESTUDO DO MOVIMENTO AMORTECIDO DENOMINADO CRÍTICO

A Figura 3 ilustra uma situação onde agora a viscosidade do líquido passa do valor em que o sistema não oscila mais, isto é, para de uma situação inicial e vai para o repouso sem oscilar em torno da posição de equilíbrio. O que isso significa do ponto de vista da física envolvida nesse problema? Essa, por exemplo, poderia ser um pergunta colocada pelo professor que estivesse usando essa simulação em sala de aula como ferramenta de apoio a sua aula. Uma outra pergunta nessa situação poderia ser a seguinte: Essa situação física se assemelha a que outros sistemas físicos? Novamente a situação colocada por meio da simulação do *Interactive Physics (IP)* pode ajudar a enriquecer as discussões em sala de aula.

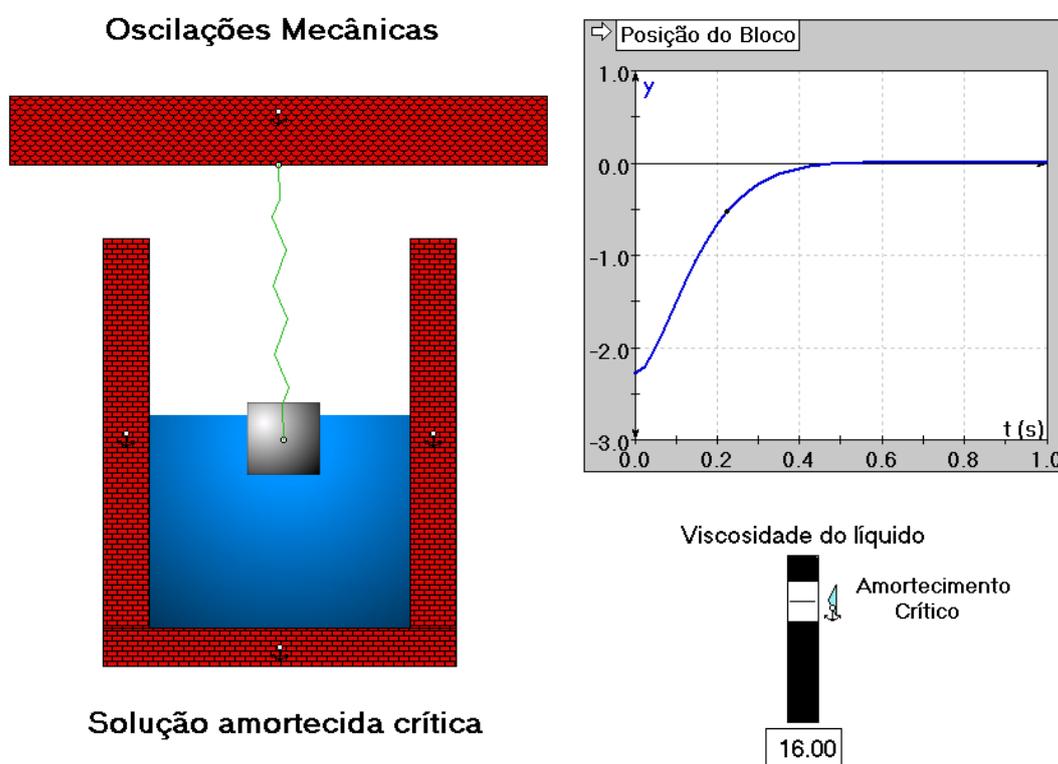


Figura 3 – modelo de simulação para o amortecimento crítico

A Figura 3 apresenta a ilustração de um sistema massa-mola que se movimenta ao longo da vertical, que na nossa notação será denominada de direção y . Nessa situação, atuam na massa a força de restauração da mola e uma outra força contrária ao movimento da massa que é proporcional a velocidade. Nesse caso, precisamos resolver a equação (2) para o seguinte caso:

2º caso denominado crítico: $\omega^2 = \gamma^2$

Onde a solução para a equação diferencial de 2ª ordem (2) é:

$$y(t) = e^{-\gamma t} (A + Bt)$$



Podemos observar dessa solução o movimento do objeto decair exponencialmente e vai para zero para tempos maiores. Dessa forma, o sistema não oscila em torno da posição de equilíbrio.

2.4 ESTUDO DO MOVIMENTO DENOMINADO SUPERAMORTECIDO

A Figura 4 ilustra uma situação onde agora a viscosidade do líquido é bem grande e novamente o sistema não oscila mais, passando de uma situação inicial e indo para o repouso. O que isso significa do ponto de vista da física envolvida nesse problema? Essa, por exemplo, poderia ser uma pergunta colocada pelo professor que estivesse usando essa simulação em sala de aula como ferramenta de apoio a sua aula. Uma outra pergunta nessa situação poderia ser a seguinte: Qual a diferença dos casos crítico e superamortecido? Novamente a situação colocada por meio da simulação do *Interactive Physics (IP)* pode ajudar a enriquecer as colocações em sala de aula.

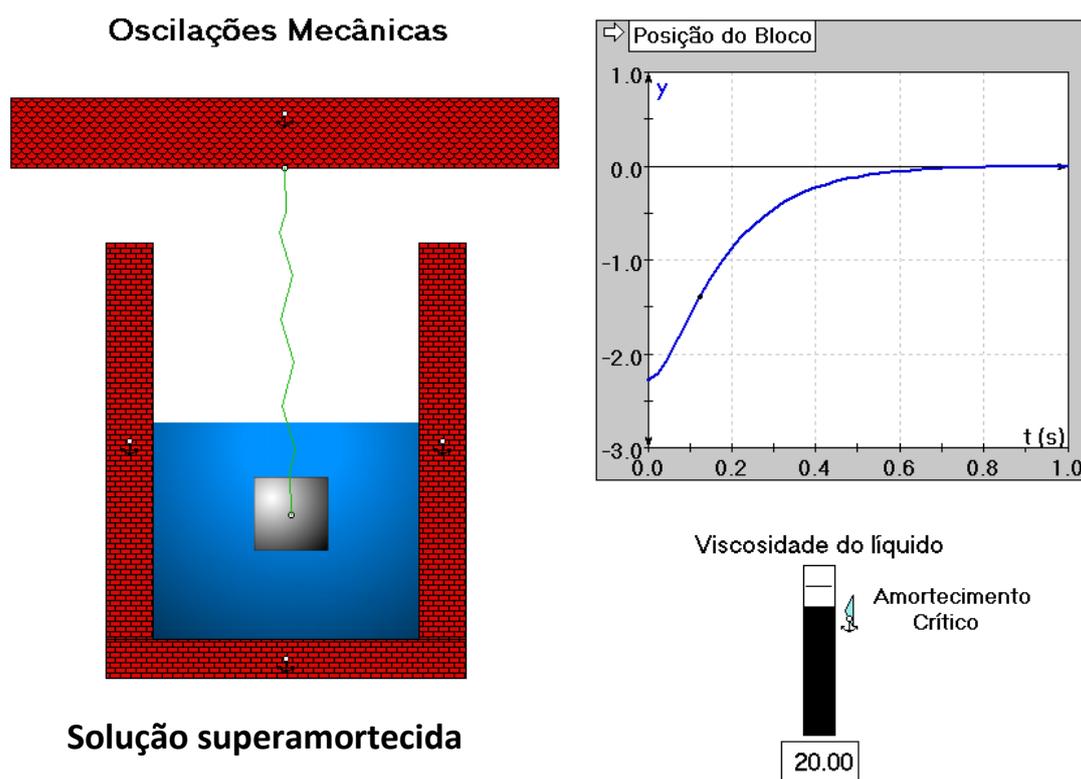


Figura 4 – modelo de simulação para o amortecimento superamortecido.

A Figura 4 apresenta a ilustração de um sistema massa-mola que se movimenta ao longo da vertical, que na nossa notação será denominada de direção y . Nessa situação, atuam na massa a força de restauração da mola e uma outra força contrária ao movimento da massa que é proporcional a velocidade. Nesse caso, precisamos resolver a equação (2) para o seguinte caso:



3º caso denominado superamortecido: $\omega^2 < \gamma^2$

Onde a solução para a equação diferencial de 2ª ordem (2) é:

$$y(t) = e^{-\gamma t} \left[A e^{\sqrt{\gamma^2 - \omega^2} t} + B e^{-\sqrt{\gamma^2 - \omega^2} t} \right]$$

Podemos observar dessa solução, que a combinação de exponenciais reais novamente faz o sistema ir para zero para tempos maiores. Dessa forma, o sistema não oscila em torno da posição de equilíbrio. Essa solução decai mais rápido que a situação do movimento crítico? Por quê? Essas são perguntas que podem ser usadas em sala de aula e podem facilitar o entendimento dos conceitos físicos que estão por trás desses movimentos.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas considerações finais, iremos apresentar algumas das percepções de três professores (autores desse artigo) que usaram de forma sistemática o *Interactive Physics (IP)* em seus cursos de física no assunto oscilações mecânicas. Esperamos com isso, tentar responder qualitativamente a pergunta feita no título desse artigo: PROGRAMAS DE SIMULAÇÃO PODEM AUXILIAR O PROFESSOR EM SALA DE AULA?

A primeira das percepções, é que uma simulação do *Interactive Physics* pode facilitar o entendimento do conteúdo que está sendo ministrado, pois a visualização da animação em tempo real ajuda a construir mentalmente o modelo dinâmico a ser analisado.

A segunda é a importância da flexibilidade da mudança dos parâmetros que envolvem o conceito físico analisado. Essa possibilidade pode gerar várias situações interessantes de interatividade com a turma, elevando o nível da discussão desses tópicos. Numa primeira interação, o próprio professor pergunta aos alunos o que irá acontecer se alterar um determinado parâmetro do problema. Numa segunda, os próprios alunos sugerem algumas mudanças de parâmetros e visualizam o resultado final. Entre os parâmetros que envolvem esse problema, temos: constante elástica da mola, viscosidade do líquido, que dependendo do valor pode criar situações de sistemas que oscilavam e sistemas que não oscilavam.

A terceira, é que à medida que o conteúdo vai avançando em nível de dificuldade, o professor pode fazer rapidamente uma revisão do que foi discutido nas aulas anteriores, podendo efetuar comparações dos vários modelos abordados.

A quarta, é que a simulação pode ser utilizada durante a resolução de exercícios, pois segundo relato dos alunos, os sistemas propostos sobre o MHS eram de fácil visualização, enquanto para os sistemas mais complexos, as simulações foram de grande utilidade, devido à dificuldade de visualização por não se tratar de sistemas tão triviais.

E por fim, a simulação permite a apresentação simultânea do movimento do sistema massa-mola e dos gráficos relativos ao movimento, permitindo aos alunos a interpretação gráfica de cada fenômeno em tempo real, o que é de suma importância para o curso de engenharia.

Dessa forma, acreditamos que o interesse dos alunos sobre o assunto aumentou, devido à versatilidade da ferramenta utilizada. A apresentação dos conteúdos junto com recurso visual



proporcionado pela simulação facilitou o entendimento dos alunos, comprovada pela participação e respostas corretas dadas quando arguidos durante a aula.

Por fim, acreditamos fortemente que o uso das simulações do *Interactive Physics* pode auxiliar os professores que ministram aulas de física em um curso de engenharia, contribuindo para a melhoria do processo ensino/aprendizagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FINKELSTEIN ET AL. When learning about the real world is better done virtually: A study of substituting computer simulations for laboratory equipment. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research* 1, 010103. 2005.

GERMANO, J.S.E., ANDO, V.F., Simulações físicas educacionais com parâmetros variáveis em *Interactive Physics*, Anais do 13º Encontro de Iniciação Científica e Pós-Graduação do ITA- XIII ENCITA/ 2007.

HUGH D. YOUNG E ROGER A. FREEDMAN. *Física II - Termodinâmica e ondas*. 12ª Edição. Ed. Pearson.

MEC- MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA. Conselho Nacional de Educação/Câmara de Educação Superior. Diretrizes Curriculares para os cursos de engenharia. Resolução CNE/CES nº 11, 11 de março de 2002.