

**Pernilongo? Elimine esse zumbido da sua vida:****A aprendizagem de ondas sonoras por meio das novas tecnologias.***

Rodrigo Claudino Diogo[†], PPGEDU - UFMS - rdiogo@gmail.com

Shirley Takeco Gobara, PPGEDU - UFMS - gobara@newton.dfi.ufms.br

Resumo

Este trabalho apresenta as análises preliminares de uma pesquisa de campo em que as tecnologias da informação e comunicação foram utilizadas como recurso educacional para o ensino introdutório da Física do Som. O objetivo foi verificar se a seqüência elaborada na forma de desafios facilita a aprendizagem de conceitos em Física. O material foi desenvolvido tendo como base a teoria da aprendizagem significativa. Este artigo traz a análise de apenas um dos desafios, intitulado “*O Pernilongo e os sons*” que foi testado pelo grupo experimental. Os resultados sugerem que o desafio testado favorece a aprendizagem e a construção do conhecimento pelo aluno, e que as tecnologias da informação e comunicação podem ser consideradas como mais um recurso a ser utilizado pelo professor para favorecer a aprendizagem de seus alunos.

Palavras-chave: ensino de Física, ondas sonoras, desafios, computador no ensino de Física.

Mosquito? Eliminates this humming of your life:**The learning of sound waves by means of the new technologies.****Abstract**

This work presents preliminary analyses of field research in which information and communication technologies were used as educational resources for the introductory teaching of Sound Physics. The objective was to verify if the sequence elaborated in the form of challenges facilitates the apprenticeship of concepts in Physics. Material was developed based on the theory of significant learning. This article presents the analysis of one of the challenges entitled, “*The Mosquito and the sounds*” that was tested with experimental group. Results suggests that the challenge tested favors the learning and construction of the student's knowledge, and that the technologies of the information and communication can be considered as plus a resource to be used by the teacher to favor the learning of its pupils.

Keywords: teaching of physics, sound waves, challenges, computer in teaching of physics.

* Parcialmente financiado pela Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul - FUNDECT.

[†] Bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq.



1. Introdução

O fim dos anos 70, do século XX, marcou o mundo pela consolidação de uma revolução iniciada logo após a Segunda Guerra Mundial e que teve como base a microeletrônica, os transistores e os circuitos integrados. Essa revolução permitiu o desenvolvimento dos computadores pessoais, das redes de computadores, das comunicações por satélite, dos celulares, entre outros tantos dispositivos. Os computadores e suas tecnologias provocaram um aumento tão surpreendente na disponibilidade de informações e na produção do conhecimento “[...] que a literatura aponta como sendo esta a ‘Era da Informação’, pois as mudanças são ainda mais surpreendentes do que quando Gutenberg inventou a imprensa.” (HASSE, 1999, p. 125). Neste contexto, da Era da Informação, é imprescindível que sejam realizadas pesquisas que tenham como objetivo verificar o uso dos computadores e da internet como recursos educacionais.

Este trabalho apresenta a análise preliminar, dos dados obtidos na pesquisa de campo, de um projeto que tem como foco investigativo a eficácia do uso de tecnologias da informação e comunicação (TIC) como recursos educacionais para a aprendizagem de Física do Som. Para isto foi desenvolvido um material educacional que faz uso de diversos recursos, tais como: animações em flash, vídeos, simulações em Java, imagens e hipertexto, e que foi disponibilizado na internet através do *Moodle*¹, um sistema gerenciador de cursos à distância. O material educacional é composto por a) uma atividade introdutória; b) quatro atividades modeladas como um desafio proposto aos alunos; c) uma atividade de construção de um mapa conceitual pelo aluno sobre os principais conceitos presentes no próprio material; d) uma atividade na qual o aluno deve fazer um cartaz divulgando os pontos positivos ou negativos do curso; e) um fórum virtual; f) um canal particular de comunicação aluno-professor; g) uma biblioteca de páginas web com conteúdos de Física; h) um opinário - a ser respondido pelos alunos.

A revisão de literatura, realizada antes da execução deste projeto, sobre o uso dos computadores no ensino de Física evidenciou que, entre as várias pesquisas realizadas tanto no Brasil como também no exterior (ARAÚJO; VEIT, 2004), apenas sete trabalhos tratavam do ensino de Física do Som. A análise destes trabalhos revelou a predominância das propostas de kits experimentais que fazem o uso de artefatos computacionais voltados à determinação da velocidade do som: 4 trabalhos - Barbeto e Marzulli (2000), Cavalcante e Tavolaro (2003, 2004) e Silva et al. (2003). Outro dado que chamou a atenção se refere à participação de alunos nos trabalhos: em 4 deles - Barbeto e Marzulli (2000), Bleicher et al. (2002), Cavalcante e Tavolaro (2004) e Silva et al. (2003) este aspecto não aparece. Apenas o trabalho de Borges e Rodrigues (2005) detalha a participação dos alunos e traz informações sobre a aprendizagem dos mesmos. Os resultados desta revisão bibliográfica evidenciam e justificam a necessidade de se realizar pesquisas nesta área da Física.

O referencial teórico utilizado para o desenvolvimento e organização das atividades que constituem o núcleo do material educacional foi a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980). Assim, o material foi desenvolvido de maneira que as duas condições necessárias para que ocorra uma aprendizagem significativa estivessem presentes: a) o aluno deve estar disposto a aprender e a não memorizar o conteúdo, e b) o material de ensino deve ser potencialmente significativo, ou seja, deve ser passível de ser incorporado às

¹ Disponível no endereço: <http://moodle.org>

informações relevantes presentes na estrutura cognitiva do aluno (Ibid., p.34-36). As atividades foram modeladas como desafios no intuito de estimular sua disposição em aprender. Para garantir a existência das informações relevantes, ou subsunçores, na estrutura cognitiva dos alunos, a primeira atividade do material instrucional foi desenvolvida como um organizador prévio de maneira a garantir que os mesmos tivessem os conceitos subsunçores necessários para a aprendizagem subsequente, atuando como uma ponte entre o que o aluno já sabe e o que ele deve saber (MOREIRA; MASINI, 1982, p. 11-12). Os conceitos subsunçores presentes nesta atividade introdutória, denominada *É importante saber!!!*, são: regularidades, fenômenos periódicos, movimentos periódicos, período e frequência. Somente após a realização desta atividade o aluno tem acesso às outras atividades do material.

Este trabalho apresenta apenas a análise de uma dessas atividades: o desafio *O Pernilongo e os sons*. O objetivo desta análise foi verificar se a seqüência elaborada na forma de desafios favorece a aprendizagem de conceitos em Física, em particular, os conceitos presentes nesse desafio.

2. Material e Métodos

A análise apresentada neste trabalho é parte de uma pesquisa que tem como hipótese a ser testada: as TIC representam um material educacional adequado e eficiente para favorecer a aprendizagem de conceitos de Física em alunos do ensino médio. Foi adotado como procedimento metodológico o delineamento com grupo de controle e só pós-teste (CAMPBELL; STANLEY, 1979). A variável instrucional (X) utilizada foi um material educacional desenvolvido com o intuito de servir como recurso para a aprendizagem de algumas propriedades das ondas sonoras: a) necessidade de um meio material para a propagação do som; b) o som não transporta matéria enquanto se propaga; c) intensidade sonora e amplitude da onda; d) necessidade de uma fonte sonora; e) frequência do som. O delineamento adotado não prevê que os alunos do grupo de controle sejam submetidos à variável instrucional. Nesta pesquisa, entretanto, estes alunos do grupo de controle também utilizaram o material educacional que foi desenvolvido, logo após serem submetidos ao pós-teste.

Várias pesquisas que utilizam um delineamento experimental fazem uso de um pré-teste para garantir a equivalência entre os grupos experimental e de controle (CAMPBELL; STANLEY, 1979). Mas, a ausência de um pré-teste, como forma de garantia da equivalência entre os grupos, não é comprometedora, principalmente quando o material instrucional se refere a conteúdos que são inéditos para os alunos (Ibid., 1979). No caso dos alunos participantes da pesquisa os conhecimentos em questão eram inéditos para a grande maioria (87.5%) deles, como revelou o opinário que foi aplicado aos alunos do grupo experimental e de controle. A introdução da variável instrucional (X) ocorreu durante um curso, denominado *Os Mistérios do Som*. De maneira semelhante à pesquisa realizada por Antônio Tarciso Borges e Bruno Augusto Rodrigues (BORGES; RODRIGUES, 2005) o curso ocorreu em um turno distinto do turno em que o aluno está em sala de aula. Além disso, o curso foi oferecido em diversos horários de maneira que os alunos pudessem participar no horário que lhe fosse mais conveniente. Para participar do curso os alunos deveriam estar matriculados na segunda ou terceira série do ensino médio. Com esse arranjo a aleatoriedade do delineamento foi garantida. Um dos horários foi escolhido, ao acaso, para constituir o grupo de controle, enquanto os demais formaram o grupo experimental. O curso foi realizado em oito sessões de aproximadamente uma hora cada. Esse formato foi escolhido em decorrência da disponibilidade da sala de informática da escola e da negociação feita com a direção da escola. Apesar da duração do curso ter sido

estipulada para oito sessões, vários alunos finalizaram as atividades propostas em um tempo menor do que o previsto, evidenciando que cada aluno possui um ritmo próprio de aprendizagem.

O curso foi disponibilizado no endereço <http://www.episteme.pro.br/cursos>, utilizando-se o Moodle como plataforma. A figura 1 exibe a página principal do ambiente virtual *Os Mistérios do Som*, destacando seus elementos:

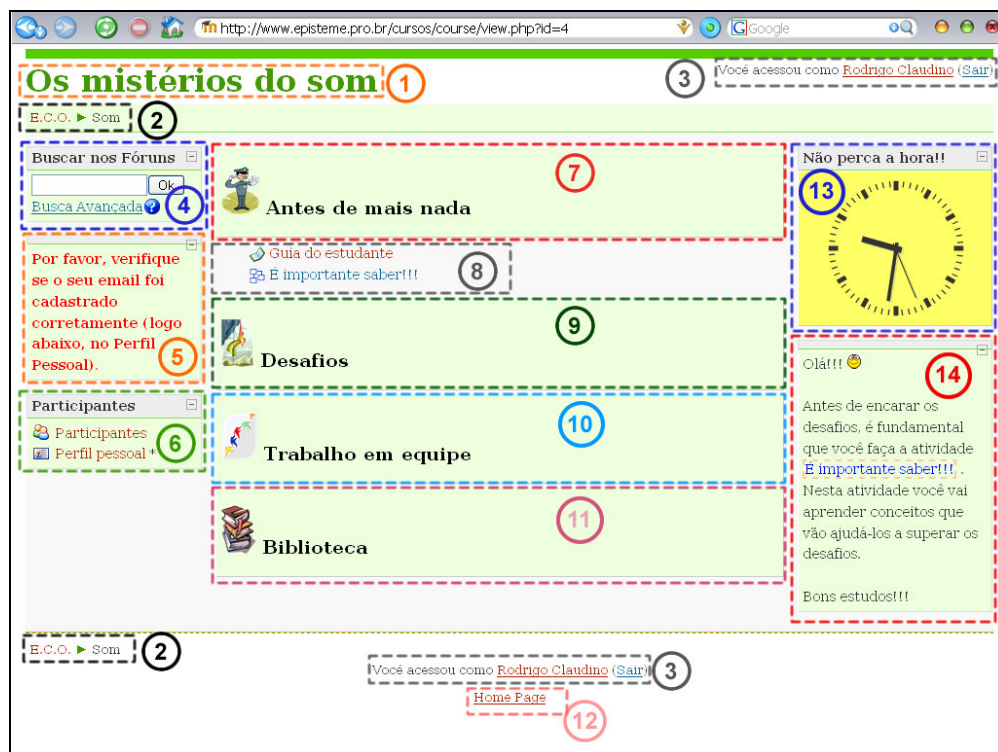


Figura 1 - A página principal do ambiente virtual e seus elementos constituintes.

Os elementos constituintes da página principal são:

1. O título do curso;
2. Local do ambiente virtual em que o usuário do sistema se encontra;
3. Nome do usuário logado no sistema e opção de sair do sistema;
4. Permite a busca no fórum (*Ponto de Encontro*);
5. Aviso para os usuários;
6. Links que permitem visualizar os demais participantes do curso e acessar a ficha do perfil pessoal do usuário que está logado no sistema;
7. Seção com as atividades iniciais do curso;
8. As duas atividades (*Guia do estudante* e *É importante saber!!!*) que compõem o bloco de atividades iniciais do curso (7);
9. Seção em que se encontram as atividades modeladas como desafios;
10. Seção em que se encontram o fórum (*Ponto de Encontro*) e o canal de comunicação com o professor (*Mandar uma mensagem para o professor*);
11. Seção com as páginas sobre conteúdos de Física;
12. Link que aponta para a página inicial do sítio *Episteme Cursos Online*;
13. Relógio que exibe a hora do computador do participante;
14. Orientação ao participante.

3. O desafio *O pernilongo e os sons*

No desafio *O pernilongo e os sons* vários conceitos relacionados ao som são trabalhados: fonte sonora, vibração, frequência, grave, agudo, infra-som, ultra-som, espectro sonoro e relação entre a frequência da fonte sonora e do som que ela emite. No desafio *O Pernilongo e os sons* o aluno é convocado a participar de uma campanha municipal contra uma infestação de pernilongos que está assolando a cidade. Esta problematização é feita na primeira página do desafio, que pode ser vista na figura 2:



Figura 2 - Página inicial do desafio *O Pernilongo e os sons*.

Para contribuir com a campanha, o aluno assume o papel de um cientista que tem como tarefa principal propor um aparelho que consiga expulsar os pernilongos e que não polua o ambiente e nem cause danos à população. Para propor este aparelho o aluno deve utilizar conhecimentos sobre ondas sonoras e sobre os pernilongos. Para obter estes conhecimentos, o aluno percorre a trilha que pode ser vista nas figuras 3 e 4:

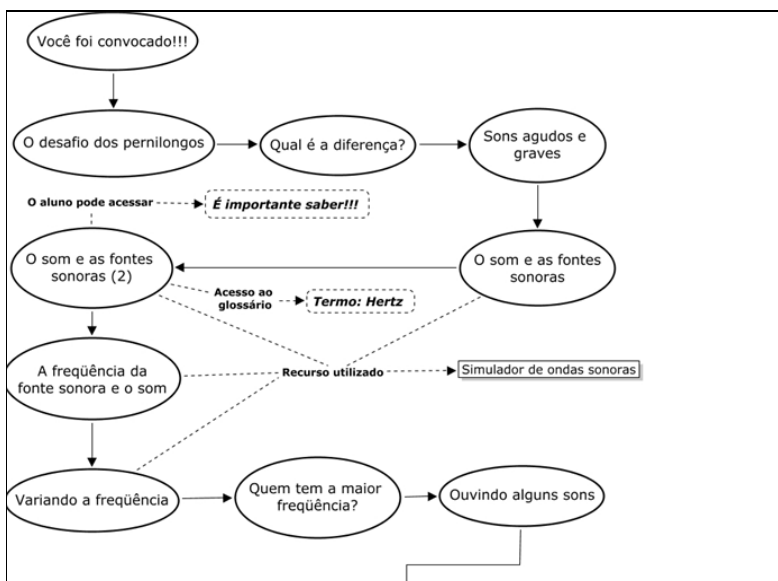


Figura 3 - Trilha do desafio *O pernilongo e os sons* (parte 1).



Figura 4 - Trilha do desafio O pernilongo e os sons (parte 2).

Durante o percurso da trilha, o aluno visita algumas páginas - representadas pelas elipses, e utiliza alguns recursos e dicas - representados pelos retângulos.

4. Resultados e Discussão: Grupos experimental e de controle

No pós-teste que foi aplicado aos grupos experimental e de controle, três questões - as de número um, cinco e seis, se relacionam aos conhecimentos trabalhados no desafio *O Pernilongo e os sons*. As figuras 5, 6 e 7 exibem estas questões:

1. (VUNESP- Modificado) Pesquisadores da UNESP, investigando os possíveis efeitos do som em mudas de feijão, verificaram que sons agudos podem prejudicar o crescimento dessas plantas, enquanto que os sons mais graves, aparentemente não interferem no processo. [Ciência e Cultura, 42 supl.:180-1, julho 1990]. Nesse experimento o interesse dos pesquisadores fixou-se principalmente em qual variável física?
- velocidade de propagação
 - intensidade sonora
 - amplitude
 - frequência
 - não sei

Figura 5 - Questão 01 do pós-teste.

6. Leia a tirinha abaixo:

Copyright ©1999 Mauricio de Sousa Produções Ltda. Todos os direitos reservados.

Nos primeiro e terceiro quadrinhos, o violão está emitindo sons. No segundo quadrinho o violão não está emitindo som.

- Por que o Cascão jogou o sapato no Cebolinha?
- O que faz o violão emitir os sons?
- O que acontece com as cordas do violão enquanto o violão emite sons?

Figura 6 - Questão 05 do pós-teste.

6. Leia a tirinha abaixo e depois responda a pergunta:

Fernando Gonsalez, <http://niquelhausea.terra.com.br>

Aqui, o vampiro é acordado pelos gritos ultra-sônicos dos morcegos. Uma pessoa normal seria incomodada pelos gritos ultra-sônicos dos morcegos? Por quê?

Figura 7 - Questão 06 do pós-teste.

A análise das respostas dadas às questões discursivas foi feita a partir das categorias descritas no quadro 1. A questão objetiva foi analisada como certa ou errada.

Quadro 1 - Categorias para análise das respostas discursivas.

Categoria	Descrição
Excelente	O aluno respondeu corretamente a pergunta. Na resposta estão presentes todos os conceitos físicos envolvidos com o conhecimento em questão, os conceitos estão corretamente relacionados e a resposta está bem detalhada.
Satisfatória	A resposta está correta, mas não está bem detalhada. Não estão presentes todos os conceitos físicos envolvidos com o conhecimento em questão. Os conceitos que aparecem são relacionados corretamente.
Insatisfatória	Não responde adequadamente à pergunta proposta. Utiliza alguns dos conceitos relativos ao conhecimento em questão e outros conceitos que não estão relacionados ao conhecimento. A relação entre os conceitos não está clara e a resposta não está bem articulada.
Não sei	O aluno afirmou que não sabia responder a questão que lhe foi proposta.

A importância dada aos conceitos e seus relacionamentos, para a delimitação destas categorias, está de acordo com a teoria da aprendizagem significativa, pois:

Ausubel sustenta o ponto de vista de que cada disciplina acadêmica tem uma estrutura articulada e hierarquicamente organizada de conceitos que constitui o sistema de informações dessa disciplina. (MOREIRA; MASINI, 1982, p. 23).

Considerando-se este pressuposto, cada pergunta pode ser avaliada comparando-se a articulação dos conceitos utilizados pelos alunos e a organização e articulação cientificamente corretas. Além disso, as categorias de análise descritas no quadro 1 permitem levar em consideração que num processo de aprendizagem significativa:

[...] o resultado é quase sempre alguma variação mínima entre a forma como o aluno internaliza a informação e como o professor percebe a informação. Conseqüentemente, numa revisão mais recente de afirmações ou proposições, pode haver uma pequena discrepância entre a resposta dada pelo aluno e aquela esperada pelo professor, mesmo quando a resposta do aluno está fundamentalmente correta [...]. (AUSUBEL, NOVAK, HANESIAN, 1980, p. 43).

Além deste critério, foi considerado se a resposta que o aluno forneceu responde, ou não, a pergunta que lhe foi proposta.

Para realizar a análise do aproveitamento médio dos alunos do grupo de controle e do grupo experimental, no pós-teste, foi necessária uma conversão entre as categorias criadas para a análise discursiva e valores numéricos, a saber: a) excelente - valor de 1,00 ponto; b) satisfatória - valor de 0,80 pontos; c) insatisfatória - valor de 0,40 pontos; d) não sei - valor de 0,00 pontos. As respostas dadas à questão de múltipla escolha também foram convertidas para a escala numérica: a alternativa correta corresponde ao valor 1,00 e as incorretas ao valor 0,00.

Além desta conversão foi utilizado um sistema de atribuição de pesos, no qual o peso das respostas discursivas é igual a 1,00 (um) e a resposta da questão de múltipla escolha tem peso igual a 0,60 (sessenta décimos). A partir da escala de conversão e do peso atribuído a cada tipo de resposta foi calculado uma média ponderada para cada aluno. A partir do resultado desta média, os valores foram reconvertidos para a escala de categorias de acordo com os seguintes intervalos: a) Insatisfatório para $0,00 \leq Média \leq 0,49$; b) Satisfatório para $0,50 \leq Média \leq 0,80$; e c) Excelente para $Média > 0,80$.

O aproveitamento médio dos grupos de controle e experimental, no pós-teste, se encontra na tabela 1:

Tabela 1 - Aproveitamento médio nas questões 5.b, 5.c e 6 do pós-teste.

Categoria	Grupo experimental		Grupo de Controle	
	Frequência	Percentual	Frequência	Percentual
Excelente	3	20,00%	1	8,33%
Satisfatório	8	53,33%	8	66,67%
Insatisfatório	4	26,67%	2	16,67%
Não sei	0	0,00%	1	8,33%
Total	15	100,00%	12	100,00%

A tabela 1 permite que seja feita uma análise qualitativa dos resultados. Agrupando-se os rendimentos excelentes e satisfatórios evidencia-se um equilíbrio entre os grupos experimental, com 73,33% dos alunos nesta faixa de aproveitamento, e de controle, com 75,00%. Este equilíbrio sugere uma equivalência entre o material educacional utilizado pelo grupo experimental e as aulas tradicionais ministradas ao grupo de controle.

Além da análise qualitativa, o procedimento metodológico adotado na condução da pesquisa permite que sejam feitas análises estatísticas dos resultados obtidos. Sendo assim, é pertinente questionar se existe uma diferença estatisticamente significativa entre os dois grupos. Para responder a esta questão foi utilizada a escala numérica de valores para as respostas do pós-teste. A partir desta escala foram calculados a média e o desvio padrão de cada grupo, obtendo-se os seguintes valores: i) *Grupo experimental*: média (X_1) igual a 0,64 e desvio padrão (s_1) igual a 0,16; ii) *Grupo de controle*: média (X_2) igual a 0,55 e desvio padrão (s_2) igual a 0,25. Em seguida, com base no tratamento estatístico para pequenas amostras (SPIEGEL, 1985, p. 233-248), buscou-se avaliar as seguintes hipóteses:

- $H_0: \mu_1 = \mu_2$, e não há, essencialmente, diferença significativa entre os grupos.
- $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$, e há diferença significativa entre os grupos.

O teste bilateral foi efetuado nos níveis de significância 0,01 e 0,05. Os resultados obtidos se encontram na tabela 2. A partir dos dados da tabela 2 pode-se concluir que não há diferença estatisticamente significativa entre os grupos. Este resultado indica que o uso do computador é tão eficiente para a aprendizagem dos conceitos trabalhados no desafio *O Pernilongo e os sons* quanto as aulas expositivas são.

Tabela 2: Testes de significância para análise da hipótese nula.

Valor obtido para t	Nível de significância	Intervalo de confiança	Resultado
1,06	0,01	$-t_{0,995} < t < +t_{0,995}$ (-2,79 < t < +2,79)	Não se pode rejeitar a hipótese nula (H_0).
	0,05	$-t_{0,975} < t < +t_{0,975}$ (-2,06 < t < +2,06)	Não se pode rejeitar a hipótese nula (H_0).

5. Conclusões

Os resultados e as análises que foram aqui apresentados demonstraram que o desafio *O Pernilongo e os sons* foi capaz de proporcionar um alto índice (73,33%) de rendimentos excelentes e satisfatórios, nas questões do pós-teste. Este percentual indica que este desafio é um material potencialmente significativo, favorecendo a aprendizagem e a construção do conhecimento pelo aluno.

A análise qualitativa dos grupos de controle e experimental revela uma pequena diferença entre os percentuais dos rendimentos excelentes e satisfatórios dos dois grupos: i) 73,33% para o grupo experimental e ii) 75,00% para o grupo de controle. Este resultado aponta para um equilíbrio entre os dois grupos, indicando que o desafio *O Pernilongo e os sons* é um recurso educacional eficiente e que as aulas expositivas que foram ministradas ao grupo de controle também foram eficientes. O teste de hipóteses reforça os resultados qualitativos ao demonstrar que não há diferença estatisticamente significativa entre os rendimentos dos dois grupos. Estes resultados

revelam que as TIC podem ser consideradas como mais um recurso a ser utilizado pelo professor para favorecer a aprendizagem de seus alunos.

Este trabalho sugere, também, que materiais que façam uso de vários tipos de recursos computacionais (animações em flash, vídeos, simulações em Java, imagens e hipertexto) podem ser eficazes no aprendizado dos alunos, desde que tais materiais tenham seu desenvolvimento norteado por alguma teoria de aprendizagem.

6. Referências

- ARAÚJO, I. S.; VEIT., E. A. Uma revisão da literatura sobre estudos relativos a tecnologias computacionais no ensino de Física, **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, vol. 4, n. 3, p. 5-18, set./dez. 2004.
- AUSUBEL, David P.; NOVAK, Joseph D.; HANESIAN, Helen. **Psicologia Educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- BARBETA, V. B.; MARZZULLI, C. R. Experimento Didático para Determinação da Velocidade do Som no Ar, Assistido por Computador. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, vol. 22, n. 4, dezembro de 2000.
- BLEICHER, Lucas. et al. Análise e Simulação de Ondas Sonoras Assistidas por Computador. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v.24, n.02, p. 129-133, 2002.
- BORGES, Antônio T.; RODRIGUES, Bruno A.. O ensino da física do som baseado em investigações. **ENSAIO - Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 7, n. 2, p. 1-24, dez. 2005.
- CAMPBELL, Donald T.; STANLEY, Julian C. **Delineamentos experimentais e quase-experimentais de pesquisa**. São Paulo: E.P.U., 1979.
- CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C.. Medindo a Velocidade do Som. **A Física na Escola**, São Paulo, v.4, n.1, p. 29-30, 2003.
- _____. Ondulatória e Acústica através de experimentos assistidos por computador. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 9., 2004, Jaboticatubas, MG. **Anais...** Jaboticatubas: SBF, 2004.
- HASSE, Simone Hedwig. A Informática na Educação: Mito ou Realidade. In: LOMBARDI, José Claudinei (org.). **Pesquisa em educação: história, filosofia e temas transversais**. Campinas: Autores Associados; Caçador: UnC, 1999. p. 123-139.
- MOREIRA, Marco Antônio; MASINI, Elcie F.. **Aprendizagem Significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes, 1982.
- MOREIRA, Marco Antônio. **Aprendizagem significativa crítica**. Porto Alegre: Impresses Portão, 2005.
- SILVA, Wilton Pereira. et al. Velocidade do Som no Ar: Um Experimento Caseiro com Microcomputador e Balde D'água. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v.25, n.1, p. 74-80, 2003.
- _____. Um software para experimentos sobre batimento de ondas sonoras. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 21, n.01, 2004.
- SPIEGEL, Murray Ralph. **Estatística**. 2. ed. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1985.