

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ

VITOR MARQUES PEREIRA

REFLEXÕES SOBRE UM ENSINO INTERATIVO DE FÍSICA
“ONDAS MECÂNICAS”

MARINGÁ
2011

VITOR MARQUES PEREIRA

REFLEXÕES SOBRE UM ENSINO INTERATIVO DE FÍSICA
“ONDAS MECÂNICAS”

Monografia apresentada ao Departamento de Física da Universidade Estadual de Maringá, como parte dos requisitos para a conclusão do curso de licenciatura em Física.

ORIENTADOR:

PROF. DR. MARCOS CESAR DANHONI NEVES

MARINGÁ
2011

VITOR MARQUES PEREIRA

REFLEXÕES SOBRE UM ENSINO INTERATIVO DE FÍSICA
“ONDAS MECÂNICAS”

Monografia apresentada ao Departamento de Física da Universidade Estadual de Maringá, como parte dos requisitos para a conclusão do curso de licenciatura em Física.

APROVADO EM

BANCA EXAMINADORA

PROFA. DRA. POLONIA ALTOÉ FUSINATO
DEPARTAMENTO DE FÍSICA DA UEM

PROF. ME. RICARDO FRANCISCO PEREIRA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA DA UEM

PROF. DR. MARCOS CESAR DANHONI NEVES (ORIENTADOR)
Departamento de Física da UEM

Ao meu pai e melhor amigo, Aristeu Matias Pereira:
Se a vida é uma escola, você foi, é e sempre será meu melhor professor!

À minha mãe, amiga e conselheira, Sônia Regina Marques Pereira, por todo carinho e cuidados que, sem eles, eu jamais conseguiria dar passos firmes.

AGRADECIMENTOS

Aos meus ex-professores que marcaram minha formação acadêmica e que, por um tempo bastante longo, contribuíram com valores acadêmicos ou pessoais. Por ordem alfabética:

<u>Airton Marco Polidório</u>	Departamento de Informática
<u>Antônio Medina Neto</u>	Departamento de Física
<u>Luciano Carvalhais Gomes</u>	Departamento de Física
<u>Marcos Cesar Danhoni Neves</u>	Departamento de Física
<u>Perseu Ângelo Santoro</u>	Departamento de Física
<u>Ricardo Francisco Pereira</u>	Departamento de Física

A todos os meus colegas de curso, em especial aos que me convidavam ao consagrado “Frag Night”, que tento traduzir como sendo as madrugadas de estudos, em grupo, nas vésperas de prova!

E para encerrar a lista, um agradecimento mais que especial e com o maior carinho do mundo, à mulher que muito influenciou a minha garra, determinação e vontade de buscar um futuro bom: Luana Paula Goulart de Menezes.

SUMÁRIO

1. RESUMO \ OBJETIVO	7
2. APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA, A TEORIA AUSUBELIANA.....	8
3. REFLEXÕES SOBRE A PRÁTICA EDUCACIONAL (ALINHADA ÀS IDEIAS AUSUBELIANAS).....	13
3.1. SOBRE OS LIVROS DIDÁTICOS	16
4. IDEIAS SOBRE COMO ELABORAR AULAS – INTRODUÇÃO.....	24
4.1. TSUNAMIS (PARA PROFESSORES).....	26
4.2. ATITUDES POSTERIORES À INTRODUÇÃO.....	37
5. CONCLUSÃO – ARGUMENTOS METODOLÓGICOS	48
5. REFERÊNCIAS	49

1. RESUMO \ OBJETIVO

O presente trabalho tem o objetivo de propor alternativas ao Ensino de Física atualmente praticado em sala de aula, em que pouca interação há entre alunos e professores ao longo do processo de aprendizagem. Através da interação aluno-professor necessária na teoria de David Ausubel (Aprendizagem Significativa), apresentada no capítulo 2, propomos o uso de materiais que motivem o interesse dos alunos para que os mesmos possam participar ativamente do processo de aprendizagem.

No capítulo 3, temos algumas observações sobre um dos livros adotados pelos colégios públicos de Maringá que, de certa forma, influenciam as atitudes do professor. O próximo capítulo, 4º, trás algumas dicas de materiais, como vídeos, ilustrações, textos de jornais etc. que podem motivar o ensino do conteúdo “ondas mecânicas” a partir de um assunto que pouco tempo atrás esteve muito presente na mídia: tsunamis. Por fim, na conclusão expomos um diagrama da proposta central que ilustra a motivação dos alunos como a primeira etapa do processo, culminando na transformação dos mesmos em alunos críticos e autônomos.

2. APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA, A TEORIA AUSUBELIANA.

Se tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um só princípio, diria o seguinte: o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem significativa é aquilo que o aprendiz já sabe. Averigue isso e ensine-o de acordo.

David Paul Ausubel

A sentença acima, publicada em 1978, é o *slogan* de uma teoria de ensino e aprendizagem, a de Ausubel. O título da teoria, *aprendizagem significativa*, trás o nome de seu conceito mais fundamental.

A teoria é integrante de outra mais abrangente, a cognitivista. Nela, temos a cognição como um processo do intelecto humano através do qual o mundo de significados tem origem. Os significados iniciais tem uma relação muito estreita com as relações humanas. À medida que o ser humano “experimenta” o mundo, estabelece relações de significado, isto é, atribui significados à realidade em que se encontra. Esses significados não são entidades estáticas, mas pontos de partida para a atribuição de outros. Tem origem, então, a *estrutura cognitiva*, “pontos básicos de ancoragem” dos quais podem derivar outros significados.

Ausubel é um representante do cognitivismo e, como tal, propõe uma explicação teórica para o processo de aprendizagem, embora reconheça a importância da experiência afetiva (ideia vygotskyana). Ele define aprendizagem significativa como um processo pelo qual uma nova informação se relaciona com um aspecto relevante da estrutura cognitiva do indivíduo. Ou seja, neste processo a nova informação interage com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel chama de *conceito subsunçor* ou, simplesmente, *subsunçor* (*subsumer*), existente na estrutura cognitiva do indivíduo. A aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação ancora-se em *subsunçores relevantes*, preexistentes na estrutura cognitiva de quem aprende.

Sua teoria carece de duas condições necessárias, explicitadas abaixo (MOREIRA, 2001).

A aprendizagem significativa pressupõe que:

a) o material a ser aprendido seja potencialmente significativo para o aprendiz, ou seja, relacionável com a estrutura de conhecimento de forma não arbitrária e não literal (substantiva).

b) o aprendiz manifeste uma disposição de relacionar o novo material de maneira substantiva e não-arbitrária a sua estrutura cognitiva.

Onde materiais potencialmente significativos, no item *a*, são materiais (pedagógicos) cujos significados (os conceitos envolvidos) são capazes de interagir com os *subsunçores* do aprendiz. Se a ancoragem desses significados não ocorrer, dizemos que o material não é potencialmente significativo.

Ao dizermos que o material é relacionável com a estrutura de conhecimento de forma não arbitrária, entendemos que, na aprendizagem, os conceitos que ele representa são ancorados pelos subsunçores, podendo ocorrer aprendizagem não literal, em que os conceitos (informações) não sejam reproduzidos pelo aprendiz tal como é encontrado no material de instrução, em outras palavras, ocorre o entendimento da essência dos conceitos, definições etc.

Precisamos dar atenção ao fato de que o conhecimento não é um conjunto de informações aleatórias, mas a estrutura que elas formam. Podemos explicar a inércia galileana a alguém, mas a estrutura necessária à compreensão vai estar ausente por algum tempo (variável), até que em algum momento, difícil de analisar, o aprendiz estrutura as informações de acordo.

Com relação ao item *b*, podemos fazer referências ao que dizemos, sem qualquer formalidade, de que é necessário que o aluno “queira aprender”. Para isso o professor precisa estar intelectualmente preparado (e psicologicamente, também) para motivar a curiosidade independente de possíveis apatias, não podendo desistir ao identificar dificuldades de relacionamento, por exemplo. Muitos, ao notarem barreiras à aprendizagem, param e não avançam, acreditando que os alunos muitas vezes não apresentem “vontade” de aprender. Por isso, salientamos que é necessário que o professor também saiba criar um ambiente propício, pois nada é possível de ensinar a alguém que não lhe dê ouvidos. Para isso, ferramentas como vídeos, imagens, experimentos etc. podem ser de grande utilidade, em que o melhor uso deles pode torna-los fontes de “motivação” para os alunos.

Tais materiais podem ser utilizados como *materiais potencialmente significativos*. Estes são materiais introdutórios com maior nível de abstração, mais gerais e mais inclusivos (fornecem a noção do todo), relacionáveis a estrutura cognitiva do aprendiz, de maneira não arbitrária e não literal. Em outras palavras, materiais que não exijam uma interação literal, ou seja, o aluno não precisa conseguir descrever detalhadamente aquilo que pensa a respeito, mas apenas conseguir expor sua compreensão de maneira generalizada. E também, que esses materiais, abranjam um amplo conhecimento a ser construído a partir da compreensão que o aluno faz dele, dos subsunçores atingidos. Das interações com esses materiais, desenvolvemos outros passos relacionados às identificações feitas pelos alunos entre o que eles já sabem e os significados apresentados.

Ao que o aluno já sabe Ausubel chama de “*subsunçores*”, elementos da estrutura cognitiva do aprendiz que são utilizados para ancoragem do conteúdo a ser ensinado. Outros aspectos da estrutura cognitiva que não se relacionam ao que é ensinado não são caracterizados como subsunçores. A partir desses subsunçores o aluno pode adquirir outros, podendo ocorrer dois tipos de “*subsunções*”: a subsunção derivativa e a correlativa.

A subsunção derivativa seria o processo de incrementar os subsunçores existentes, por exemplo, com fenômenos ou situações pontuais. Já a subsunção correlativa vem a somar subsunçores aos existentes, agregando-os e tornando-os ideias mais bem desenvolvidas, abrangentes.

Outro ponto importante é a ocorrência da aprendizagem superordenada, que organiza diversas informações pouco relacionadas pelo aluno em um único corpo conceitual, caracterizando uma aprendizagem integrativa.

Com isso, vamos ao que Ausubel chama de aprendizagem significativa, que seria mais ou menos assim: o aluno possui um subsunçor (A) que será utilizado para ancorar uma nova informação (a). Após a ancoragem, ainda é possível, pelo aluno, distinguir seu subsunçor, agora modificado, (A') da nova informação, também modificada, depois da interação (a'), ou seja, o resultado da interação ($A'a'$) ainda é distinguível ($A'a' = A' + a'$). São duas informações diferentes, mas que juntas formam um conhecimento mais inclusivo e que poderá ser utilizado como novo subsunçor para outros conhecimentos.

Abaixo, temos a ilustração de um modelo de instrução alinhado à teoria de Ausubel. Neste modelo, proposto por MOREIRA, observamos que existem diversas etapas que antecedem o momento do ensino, evidenciando o necessário preparo por parte do professor.

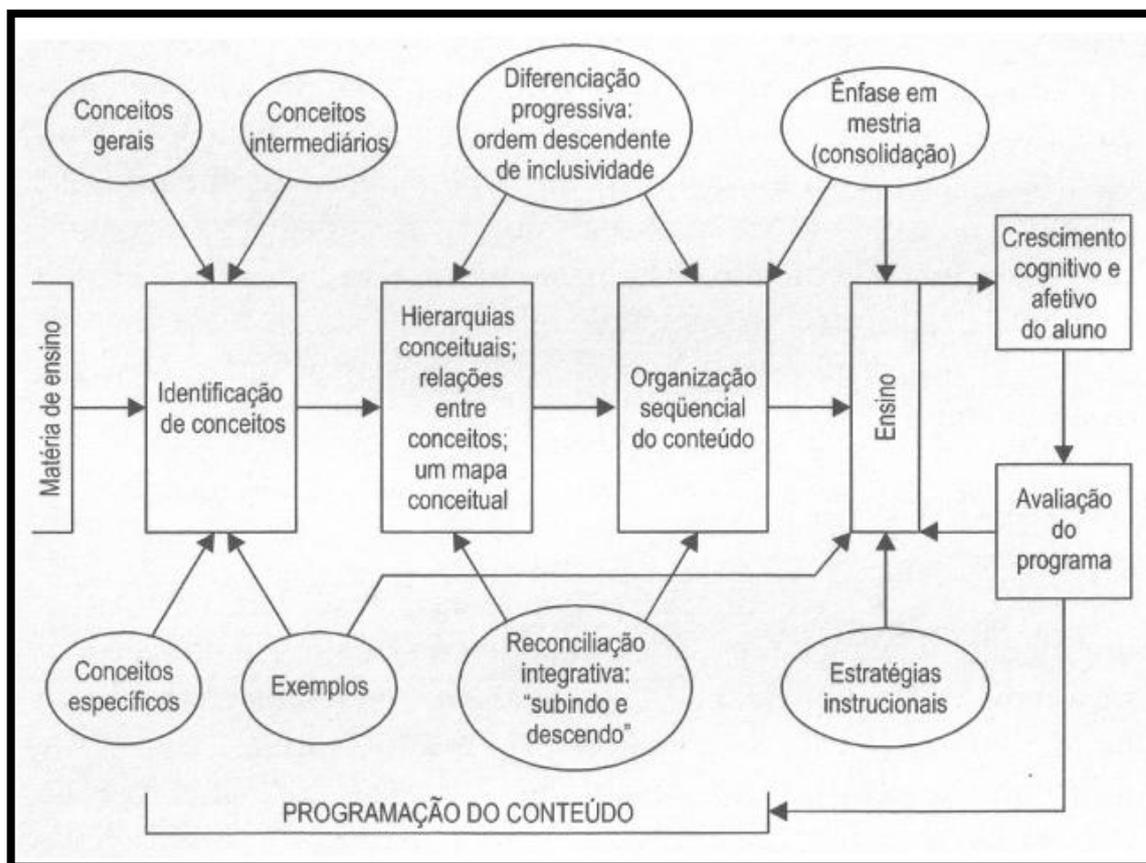


Figura 1 – Um modelo para planejar a instrução consistentemente com a teoria de Ausubel; ênfase “naquilo que o aluno já sabe” e o uso de organizadores prévios para servir de “pontes cognitivas” devem ser considerados como partes deste modelo (MOREIRA, 2001)

A primeira etapa, identificação de conceitos, é onde o professor faz as escolhas, e adequações, dos conteúdos a serem ministrados com sua respectiva profundidade. Essa profundidade é diferenciada pelos conceitos “gerais”, “intermediários” e “específicos”. Quanto mais um conceito engloba outros, intermediários e específicos, mais geral (ou inclusivo) o mesmo é considerado. Em oposição, dizemos serem conceitos específicos os menos inclusivos, mais restritos (limitados) a alguns poucos fenômenos.

O próximo passo da programação do conteúdo é a hierarquização dos conceitos, compreendendo a distinção, a relação, dos “níveis” com que estes englobam outros, ou são englobados. Para isso, faz-se o uso de mapas conceituais, onde os conceitos são escritos em um plano (em uma folha) e setas indicam as

relações, as conexões, entre os mesmos. A hierarquização é o resultado do que chamamos de “diferenciação progressiva” (de diferenciar progressivamente, ou distinguir progressivamente em ordem de “inclusividade”) e as setas, quando nos dois sentidos, representam o termo “subindo e descendo” da “reconciliação integrativa”, subindo e descendo na hierarquia dos conceitos. O diagrama abaixo ilustra melhor os últimos dois parágrafos:

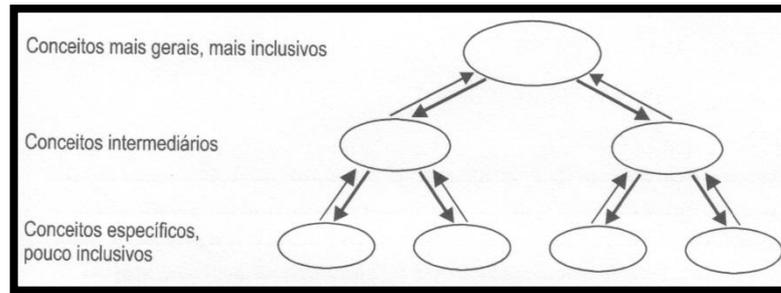


Figura 2 – Ilustração de um mapa conceitual (bastante simplificado) com as setas indicando a reconciliação integrativa entre os conceitos hierarquizados (MOREIRA, 2001).

E por fim, antecedendo as atitudes em sala de aula (o ensino), temos a “organização sequencial do conteúdo” em que o professor determinar quais conceitos são melhores apresentados primeiro, ou depois. Nesta etapa a “ênfase em mestria”, a prática, a experiência do professor é bastante relevante. Após essa etapa, vem o ensino, onde o processo de elaboração da programação do conteúdo pode ser utilizado ao longo da abordagem com os alunos (após o professor ter-se preparado, elaborado, construído a programação) desencadeando no crescimento cognitivo e afetivo dos alunos, em que o estágio (nível) que estes alcançam é utilizado na avaliação do modelo proposto.

3. REFLEXÕES SOBRE A PRÁTICA EDUCACIONAL (ALINHADA ÀS IDEIAS AUSUBELIANAS)

Não muito recentemente, é sabido da existência de uma dicotomização amplamente difundida nas concepções epistemológicas dos professores cuja noção de prática esta vinculada ao fazer; enquanto a de teoria, aos conteúdos que a escola pretende ensinar (BEKER, 1996).

Ao longo da formação acadêmica ainda é muito tênue a tentativa de graduar professores alinhados às necessárias revoluções na prática educacional, por exemplo, formar profissionais capazes de tornarem seus alunos críticos, autônomos e criativos, pessoas que identifiquem a ciência como uma ferramenta humana vinculada ao mundo “real”, sem que entremos no mérito de uma ciência essencialista ou instrumentalista. Relatos, como o abaixo, demonstram a estagnada situação escolar. SCHREINER, em 2009, diz:

Desde 1964, quando entrei como estudante no Instituto de Física da UFRGS, até hoje, 2009, analisando o que encontro no ensino da Física em Universidades brasileiras, não vejo mudanças significativas. Na graduação vejo os mesmos livros texto, hoje em sétima ou oitava edição, vejo aulas tão tradicionais com as que tive, vejo os mesmos professores medianos e desmotivados, com honrosas exceções, dando as mesmas aulas abomináveis com giz e lousa.

O Guia do Livro Didático PNLD 2011, pontua valores inovadores a serem implantados no sistema educacional. Inovadores não por ser radicais, mas mais por serem diferentes. Valores que propiciem um ensino que valorize:

- a investigação;
- a observação cuidadosa;
- a experimentação;
- o registro preciso;
- a comunicação;
- a interação;

- e demais procedimentos característicos utilizados na produção científica.

Porém, sua proposta tem por objetivos guiar, ou melhor, aconselhar a elaboração de livros didáticos adequados, embora as vozes dos pesquisadores não estejam sendo ouvidas nem pelas editoras e pelos autores das obras escolares, nem pelos órgãos gestores das políticas públicas educacionais (RESQUETTI, 2011).

A inércia dos problemas tem suas bases na opinião popular, distorcida, sobre o que vem a ser uma boa escola. Quanto mais os alunos são aprovados nos vestibulares mais corroboram com a ideia das escolas serem, ou não, boas.

Não podemos esquecer de que o objeto educacional fundamental, insubstituível e de importância inestimável é, e sempre será, o profissional Professor (em que o sistema a que ele se integra, o sistema educacional, tem por objetivo a formação do aluno). Independente do nível de formação, do Ensino Fundamental ao Universitário, é preciso dar atenção à formação pessoal, cidadã, e não aceitar a formação universitária destes como unicamente uma profissionalização, em que posturas relacionadas à ética, respeito, comprometimento etc. sejam valorizadas. Pois, como professores, precisamos ter a consciência de que existem coisas mais importantes do que as disciplinas que ensinamos, sendo exemplos aos jovens.

Atualmente o sistema de ensino, em todos os níveis, cuja finalidade é a formação de todos os alunos, mas com outra finalidade inconfessa, que é a seleção dos melhores (MARCHESI, 2006), tem-se mostrado mais adequado em vez de transformador¹.

Nossos professores são frutos deste sistema onde o aluno é um ser passivo, até mesmo no âmbito universitário. Tais profissionais, independentemente do nível acadêmico, geralmente têm como referência a maneira com que seus professores do passado ministravam. Por isso, é natural que tentem se ajustar as melhores posturas, que estes julgam serem as mais adequadas. Principalmente devido a preocupação com sua “sobrevivência” no sistema, na manutenção de sua profissão, ainda mais nos professores da rede particular. Por isso, alguns professores, pouca, ou nenhuma, atenção tem com a metodologia educacional,

¹ A ideia de MARCHESI é que o ensino tem propiciado a evolução apenas dos alunos que conseguem se adaptar ao mesmo, a minoria. A maioria dos alunos, embora tenham capacidade, não sofrem as transformações pessoais necessárias para prosseguirem nos níveis seguintes.

sendo a atenção destes voltada para a avaliação que o corpo docente, a administração e a sociedade fazem de seu trabalho.

Muitas vezes a metodologia, se assim pudermos chamar a vaga ideia que alguns professores possuem sobre o que vem a ser um real desenvolvimento do ser humano, tem o livro didático, infelizmente, como principal ferramenta (RESQUETTI, 2011) que, devido à formação deficitária, alguns professores têm como regra geral conduzir o ensino reproduzindo, ou seguindo o melhor possível, o livro. Sendo assim a importância do livro ganha uma dimensão considerável, em que alunos, futuros pais e até mesmo potenciais professores, tem opiniões, sobre o que vem a ser um bom professor semelhante ao que SCHREINER descreve:

Ao início de cada semestre letivo pergunto aos meus alunos o que caracterizaria um bom professor. A resposta é sempre a mesma: um bom professor de Física é um professor que explica bem o livro texto, escreve bonito na lousa e abre as contas que o livro não detalha!

O profissional educador de nossa sociedade vem, há alguns anos, carecendo de metodologias, principalmente as que incluam as teorias de ensino-aprendizagem. Propomos a eles o uso da teoria de David Ausubel como parte de sua metodologia, a ser inserida aos poucos, sem grandes saltos educacionais, a fim de evitar o mau julgamento dos resultados obtidos. Ilustramos no capítulo 4 alguns exemplos de materiais que motivem o interacionismo entre alunos e professores, para que estes possam debater os significados propostos pelo professor e o aluno participe ativamente do processo de aprendizagem. Porém, alertamos que tal abordagem requer preparo, tempo, dedicação e persistência, pois sabemos que resultados educacionais não são visíveis em curtos intervalos de tempo. Embora reconheçamos aqui o pouco tempo que os professores dispõem para investir em atividades paralelas.

No capítulo seguinte, temos uma breve reflexão sobre os livros didáticos. Estes, em sala de aula, geralmente influenciam a atitude dos professores. Seleccionamos um para evidenciarmos os traços empiristas, que muitas vezes podem colocar os alunos (e até o professor) em uma posição passiva, “acrítica”.

3.1. SOBRE OS LIVROS DIDÁTICOS

O livro didático figura entre um dos principais aliados do processo de ensino e um dos principais suportes do aluno no processo de aprendizagem. Funcionando como paradigma do conceito *correto*, reflete, em muitos aspectos, a situação do ensino nas escolas, mesmo quando os professores não o adotam, já que ao optarem por notas de aula ou outros materiais didáticos baseiam-se nos conceitos apresentados em livros didáticos. E o que se evidencia no caso dos livros didáticos de ciências, em particular nos livros de Física utilizados no ensino médio nas escolas brasileiras, é uma temática que parece desconsiderar a construção histórica da ciência.

SILVA, 1998 p. 65

A forte presença de materiais textuais com fins didáticos ao longo do processo escolar é indiscutível. Em particular, os livros de Ensino Médio desempenham expressiva influência na ação pedagógica dos professores, por isso, são objetos que não podem ser ignorados nas discussões sobre o sistema educacional. Porém, existem evidências de que as vozes dos pesquisadores não estão sendo ouvidas nem pelas editoras e autores das obras escolares, nem pelos órgãos gestores das políticas públicas educacionais.

É fato de que estamos diante de um Ensino Médio cujo fim é o exame vestibular e que, infelizmente, observamos o Ensino Superior deteriorar-se em uma profissionalização (anteriormente explicada) onde o desenvolvimento humano, a conscientização de que fazemos parte de uma sociedade (em especial), vem sendo deixado de lado, havendo apenas a instrução profissional. A sociedade não tem considerado o ensino um formador ou transformador de “bons” cidadãos, mas um formador de futuros profissionais (de atitudes passivas). E estas visões refletem nos materiais textuais que, por exemplo, ignoram a natureza humana do desenvolvimento científico.

De acordo com Gaspar (2003, p. 124), o livro didático ainda não tem merecido a devida atenção dos pesquisadores em ensino de Ciências, no que diz respeito à importância que desempenha na prática dos professores da escola

básica. Porém, se considerarmos o ensino como sendo maquiavélico¹, existem justificativas para a conclusão apresentada. Sendo, os livros didáticos, ferramentas de um ensino que tem como propósito o vestibular, é necessário iniciar as mudanças nos exames, tal como vem ocorrendo nas provas do ENEM. Pois as críticas são, em geral, para os meios de se alcançar a aprovação nos exames.

Custódio e Pietrocola (2004) escrevem que a validade do conteúdo de um livro didático é medida pela eficácia na elaboração e aplicação de exercícios formais. Segundo esses autores, outro pré-requisito que determina a validade da obra é esta atender as necessidades dos exames de admissão à escola de Ensino Superior. Custódio e Pietrocola comentam que os autores dos livros didáticos propõem uma série de questões de vestibular, escolhidas a dedo, de acordo com as propostas de suas obras. Nesse sentido, o conhecimento científico apresentado em alguns cursos preparatórios para esses exames é frequentemente banalizado em versinhos musicais, com o intuito de se memorizar fórmulas para a resolução de problemas (REQUETTI, 2011).

A inserção de versinhos musicais e outros mnemônicos, mais utilizados em cursinho e escolas particulares, por sofrerem maiores pressões externas por resultados educacionais (reduzidos à memorização até os exames), são bem aceitos pelos alunos. Isso porque a falta de uma abordagem histórica do desenvolvimento de uma teoria é compensada pela ênfase desmedida na matematização, o que torna a Física desinteressante para o aluno.

Acreditamos ser inevitável que os livros atuais deem atenção aos exames vestibulares, pois, segundo Silva (1998, p. 69) são eles que determinam o *como* e o *que* deve ser ensinado, estabelecendo *qual é a Física* socialmente *legítima*, ou seja, aquela que é encontrada nos livros didáticos, nas questões dos vestibulares e nas posições dos mais destacados professores da área.

Abaixo, utilizamos um dos livros adotados em algumas escolas públicas de Maringá a fim de evidenciarmos suas fortes relações com os exames vestibulares.

¹ Em que “os fins justificam os meios”, onde os exames vestibulares são usados como elementos de avaliação da qualidade das escolas e, por isso, é justificável que estas deem grande importância a eles.

Obra: PENTEADO, P. C. M.; TORRES, C. M. A. *Física: ciência e tecnologia*. São Paulo: Moderna, 2005. V. 2.

Levamos em consideração a abordagem, as ilustrações, os exemplos e o número de questões vestibulares apresentadas. Para isso selecionamos apenas um dos conteúdos da coleção, ondas mecânicas.

Tal conteúdo é abordado na “Unidade II” sob o título “Ondas – Som e Luz”, capítulo 3, com 49 páginas.

Cada um dos livros da coletânea há duas páginas intituladas “Compreendendo a estrutura desta obra”. Transcrevemo-las abaixo:

UNIDADE – O livro está estruturado em unidades, que se compõem de capítulos. São, ao todo, duas unidades, por volume.

CAPÍTULO – A vinheta vertical (*uma faixa colorida*) à direita da página identifica a unidade em que o capítulo está inserido.

ABERTURA DE CAPÍTULO – No início de cada um dos capítulos há uma foto e um texto relacionados ao conteúdo do capítulo.

EXERCÍCIOS RESOLVIDOS – Exemplos de aplicação imediata da teoria, apresentados em quadros de fundo bege.

APLICAÇÃO TECNOLÓGICA – Aplicações práticas de tecnologias associadas ao conteúdo estudado, em quadros de contorno cinza-esverdeado.

VOCÊ SABE POR QUÊ? – Perguntas que pretendem estimular o aluno a associar o tema em estudo a fatos observados no cotidiano, em quadros de contorno violeta.

PROPOSTA EXPERIMENTAL – Experimentos com a utilização de materiais simples, para a comprovação de fenômenos expostos na teoria, em quadros de contorno alaranjado.

ATIVIDADE EM GRUPO – Temas de pesquisa e/ou discussão, com ênfase nos impactos sociais e/ou ambientais, provocados pelo desenvolvimento tecnológico, em quadros de contorno marrom.

O QUE DIZ A MÍDIA! – Aspectos do assunto em estudo, publicados em jornais e revistas em quadros de contorno azul.

SUGESTÕES DE LEITURA – Sugestões de livros e de textos que tratam dos assuntos estudados, no final de cada capítulo, em quadros de contorno vermelho.

Analisemos apenas algumas partes da estrutura do livro, consideradas por nós mais pertinentes.

No capítulo 3, a “abertura de capítulo” trás uma foto e um pequeno texto sobre a origem do carnaval e a sua evolução. No último, dos três parágrafos, temos uma tentativa de relacioná-lo com os estudos do capítulo, na frase:

“Os integrantes de uma bateria de escola de samba, elemento indispensável ao desfile, provocam complexas perturbações no ar, e nós percebemos essas perturbações como som. O som é apenas um exemplo de uma variedade de fenômenos que classificamos como ondas mecânicas”.

Introduções ilustrativas exemplificam a pragmática passividade que os elementos textuais vêm impondo aos leitores, alunos.

Uma sugestão de introdução alinhada às ideias interacionistas poderia ser, por exemplo, uma pergunta:

- Por que as janelas tremem durante os trovões?

Ou também, uma problematização:

- Considere que um raio tenha atingido um ponto da cidade e você cronometra dois segundos entre ver o relâmpago e ouvir o trovão. A qual distância o raio caiu de você?

Com isso esperamos um envolvimento inicial do aluno na tomada de consciência das variáveis, elementos essenciais, condições etc. envolvidos e que serão discutidos no decorrer da aprendizagem.

Na “introdução” do capítulo, seção 1, temos o uso de muitas informações desconhecidas por parte de quem aprende, além de algumas ilustrações problemáticas. Por exemplo, na frase:

“O fato de as ondas transportarem energia é do conhecimento pelo menos empírico de qualquer pessoa que, por exemplo, já tenha praticado surfe”.

É uma frase mal colocada por diversos aspectos. Primeiro, podemos tentar imaginar quantos estudantes tiveram a oportunidade de experimentar tal atividade, e segundo e mais relevante, a atitude do autor em atribuir ao experimento característica de “fonte de conhecimento”. Se perguntarmos a um surfista o porquê que ele se move iremos obter, na melhor das respostas, a “gravidade”.

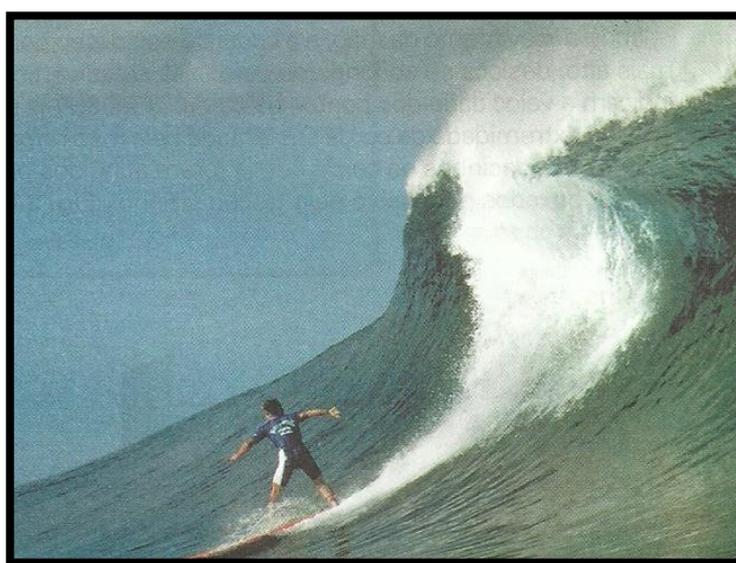


Figura 3 – Capítulo 3, p. 97 (Figura 3.3)

Colocar a imagem de um surfista seguido da frase acima é contradizer o demasiadamente o senso comum dos alunos que, embora seja nosso objetivo, é a partir das suas limitações em explicar os fenômenos que argumentamos novos conceitos, novas concepções, em fim, as ideias científicas.

Na seção 2, evidenciamos a demasiada importância fornecida às ilustrações ao mostrar circunferências, na água, concêntricas a um ponto em que se deixou cair uma gota de água com uma cortiça boiando nas proximidades com os dizeres:

“observe, na foto, que a propagação da perturbação através do líquido transfere energia à cortiça, que, porém, não é arrastada ao longo da superfície. Ela apenas oscila para cima e para baixo à medida que a perturbação se propaga, além de se deslocar levemente para a frente e para trás”.

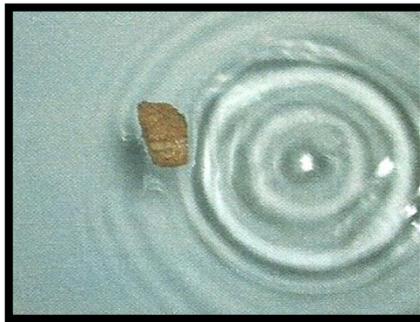


Figura 4 – Capítulo 3, p. 98 (Figura 3.5)

Em uma fotografia, ou experimento, é impossível fazer tal observação! Pois estes elementos não carregam em si os conceitos, as teorias, as ideias desenvolvidas pelo homem para explicar tais fenômenos.

No texto também observamos antropomorfismos, por exemplo, na seguinte frase:

“O agente físico responsável pela transmissão de energia – a perturbação – recebe o nome de onda ou, no caso de uma

única perturbação, de um pulso de onda. A matéria através da qual a energia se transfere – nesse caso, o líquido – é denominada meio”.

O “*agente físico responsável*” fornece um caráter intencional da natureza, ao ser inanimado. O texto descreve os termos citados anteriormente usando o exemplo de uma corda esticada, com uma das extremidades fixa e a outra segurada por alguém que produz um pulso ao levantar e baixar a mão rapidamente. Uma frase da explicação chama a atenção:

“[...] a perturbação introduzida pela mão do operador é transmitida, devido às forças de coesão entre os trechos sucessivos [...]”.

Uma sugestão para que a frase pudesse ser compreendida por mais alunos é que eliminássemos palavras que não fazem parte do cotidiano destes, uma vez que elas não são partes do conteúdo, podendo ser mais bem colocada assim: “a perturbação introduzida pela mão do operador é transmitida devido às forças que um pedacinho da corda faz sobre o próximo [...]”. Com isso, podemos observar uma exclusão dos alunos menos preparados, que não obtiveram sucesso em português e redação em anos anteriores, limitando o acesso a informação.

Na página 99 temos um quadro “Atividade em grupo” que propõe o seguinte:

“Nos dias atuais, a busca por fontes alternativas, mais do que suprir uma necessidade, visa garantir a preservação do meio ambiente. Algumas delas visam ao aproveitamento da energia transmitida por ondas. A energia elétrica pode ser obtida a partir das ondas eletromagnéticas luminosas irradiadas pelo Sol e hoje essa possibilidade de que vem sendo pesquisada é o aproveitamento da energia das ondas dos mares. Reúna-se com seus colegas para pesquisar e discutir como a energia das ondas dos mares (energia mareomotriz) pode ser aproveitada e

quais as vantagens e desvantagens disso para o meio ambiente”.

Ocorre nesta proposta o uso de ideias ainda não discutidas com os alunos, por exemplo, “ondas eletromagnéticas” e “radiação”. São conteúdos abordados somente no último volume da obra. O contato constante com situações aquém das possibilidades interpretativas pode fazer com que os alunos sintam-se desmotivados por nunca compreender, ou pior, por não terem a possibilidade de compreender completamente o significado das frases. Sempre “pulando” passagens para seguir adiante.

A seção se encerra com exercícios exclusivamente de vestibulares (UFRO, PUC-RS e UFES), demonstrando a forte influência desses exames na obra.

Destacamos uma problematização interessante, colocada na página 111 no quadro “Você sabe por quê?”:

“O som propaga-se no ar a aproximadamente 340 m/s, enquanto a luz propaga-se a $3 \cdot 10^8$ m/s. Durante uma tempestade, muitas vezes vemos ao longe um relâmpago e só depois de algum tempo ouvimos o trovão? Você sabe por quê?”.

Tal pergunta aproxima-se justamente da problematização que apresentamos anteriormente, mais próxima da realidade dos alunos. A abordagem da obra segue linhas empiristas e adotam pragmaticamente uma postura passiva por parte dos alunos, como mostrado até aqui.

O que pretendemos com esta seção é chamar a atenção a inaceitável passividade dos professores diante dos livros didáticos que, por melhores que sejam as obras avaliadas pelo Guia Nacional do Livro Didático PNLD 2011, é de responsabilidade do professor o uso de metodologias que auxiliem no processo de ensino, sendo os livros apenas uma ferramenta educacional.

4. IDEIAS SOBRE COMO ELABORAR AULAS – INTRODUÇÃO

A partir daqui, desenvolvemos algumas ideias a serem utilizadas na elaboração de aulas que possam ilustrar uma abordagem diferenciada às aulas tradicionais observadas nas escolas em geral. Escolas cujo ensino tem como característica uma excessiva passividade dos alunos e professores enraizados em ideias empiristas.

Tomaremos como referência um conteúdo passível de interesses por parte dos alunos, a explicação das ondas marítimas, mais especificamente dos tsunamis. Pretendemos, com isso, exemplificar uma alternativa às aulas que não conseguem atingir a curiosidade dos alunos, na tentativa de fazê-los participarem do desenvolvimento das aulas, evitando a pura transferência de informações, sem que haja qualquer interação com os conceitos que os alunos trazem para as aulas ou os desenvolvidos no ambiente escolar sem que estejam relacionados aos objetivos dos professores.

Ao se apresentar materiais desinteressantes, o professor carece de argumentos contra as atitudes hostis dos alunos. Ainda no processo de escolha dos temas, da abordagem, o professor tem a importante oportunidade de conseguir um expressivo envolvimento dos alunos. Pois, segundo Ausubel, é necessário que o aprendiz manifeste uma disposição de relacionar o material de maneira substantiva e não arbitrária a sua estrutura cognitiva. Para isso, dispomos de diversas ferramentas contemporâneas tais como reportagens impressas, vídeos, sistemas computadorizados etc.

Sendo assim, apontamos para uma abordagem inicial cuja finalidade seja envolver os alunos, fazendo uso das ferramentas disponíveis ao professor que melhor possa atrair a atenção e, principalmente, o interesse em conhecer dos mesmos. Por exemplo, podemos iniciar a aula com uma reportagem midiática para ilustrar a importância social em compreender os tsunamis, fenômeno facilmente relacionável com diversos tópicos da grade curricular do ensino básico. Para tanto, apresentamos um vídeo produzido pelo programa “Fantástico”, da Rede GLOBO.

O vídeo¹ é uma reportagem que apresenta os impactos de um terremoto, seguido de tsunami, que atingiu o Japão em 11 de março de 2011. São exibidos comentários de pessoas anônimas, habitantes, em meio à catástrofe (alguns *frames* foram colocados abaixo). As ilustrações da dinâmica do fenômeno são mostradas de uma maneira demasiadamente abstrata, resultado da abordagem ampla ao longo do vídeo. Porém, ao introduzirmos um domínio de conhecimento, Ausubel defende uma abordagem do todo para as partes. Sendo assim, tal matéria jornalística é muito útil.



O maior interesse no vídeo introdutório é, portanto, que os alunos fiquem interessados e tomem consciência da grandiosidade do evento natural que é explicável pelas próximas lições a serem apresentadas.

¹ Disponível em: <<http://www.youtube.com/watch?v=zin05slZGx8>> Acessado em: 4 dez. 2011.

Antes de iniciarmos a abordagem convém fornecer bases sólidas aos professores para compreenderem bem os tsunamis.

4.1. TSUNAMIS (PARA PROFESSORES)

A explicação do fenômeno é amplamente encontrada em blogs, sites universitários ou ainda, em sites especializados no Ensino de Física, além de sites governamentais, por exemplo, o site <http://www.noaa.gov> (em inglês) dos EUA.

Aqui, optamos por transcrever algumas informações bastantes sólidas obtidas no artigo “propagação das ondas marítimas e dos tsunamis” de Fernando Lang da Silveira e Maria Cristina Varriale, ambos da UFRGS, para que os professores possam ampliar seus conhecimentos.

Tsunamis são ondas geradas em oceanos, mares, baías, lagos, a partir de movimentos sísmicos, ou vulcanismos, ou deslizamentos de terras submarinas, ou de impactos de meteoritos, ou até de fenômenos meteorológicos. O que os diferencia são os *períodos* das *oscilações*. Enquanto que em as ondas marítimas rotineiras podem ocorrer *períodos* de até algumas dezenas de segundos, nos tsunamis este tempo atinge alguns minutos e até mesmo meia hora. Dessa forma, os tsunamis são *ondas longas*, que em alto mar possuem entre 10 e 500 quilômetros de *comprimento de onda*.

Os tsunamis, apesar de em alto mar apresentarem pequenas *amplitudes* (da ordem de um metro), podem se agigantar quando atingem as águas rasas. O maior já registrado ocorreu no Alasca, em 9 de julho de 1958, quando 90 toneladas de rocha e gelo desabaram dentro de uma baía, gerando uma onda com cerca de 50 metros de altura, elevando a água até 524 – quinhentos e vinte e quatro metros (!!!) – no outro lado da baía (a altura foi avaliada pelas marcas na floresta das montanhas que circundam a baía).

4.1.1. VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DAS ONDAS MARÍTIMAS

Durante a propagação das ondas marítimas, as partículas do líquido oscilam. É facilmente perceptível a *oscilação* da água na direção do *campo gravitacional*, perpendicularmente à direção de propagação da onda. Entretanto também ocorre uma *oscilação* das partículas na própria direção de propagação da onda. Assim, as ondas marítimas possuem uma componente *oscilatória vertical* e outra *horizontal*, determinando que uma partícula descreva uma elipse (ou, em um caso particular, uma *circunferência*) enquanto uma onda marítima passa por ela (mais adiante trataremos com detalhes dessas trajetórias).

Segundo ELMORE e HEALD (1985, p. 187)¹ a *velocidade de propagação* – v – das ondas na superfície de líquidos é dada por:

$$v = \frac{g\lambda}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{\lambda} = \frac{g\lambda e^{\frac{2\pi d}{\lambda}} - e^{-\frac{2\pi d}{\lambda}}}{2\pi e^{\frac{2\pi d}{\lambda}} + e^{-\frac{2\pi d}{\lambda}}}$$

[1]

onde d é a *espessura da lâmina de líquido* (o mesmo que “profundidade”), λ é o *comprimento de onda* e g é a *intensidade do campo gravitacional*.

O gráfico da figura 5 mostra como a *velocidade de propagação de ondas marítimas* varia com o *comprimento de onda*, para diversas *espessuras da lâmina d'água*. Em alto mar a profundidade máxima chega a 5.000 metros e, excepcionalmente, a cerca de 11.000 metros na fossa das Marianas, no Oceano Pacífico. Neste gráfico abrangeu-se um grande intervalo de *comprimentos de onda* e um grande intervalo de *espessuras da lâmina d'água*, pois foi construído em escala logarítmica, tanto para as abscissas, quanto para as ordenadas (escala *log-log*).

¹ In: SILVEIRA, 2004.

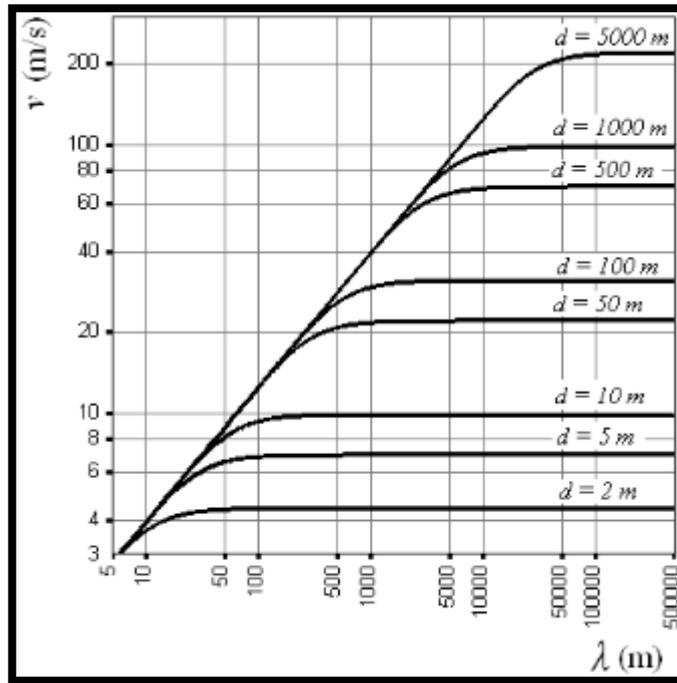


Figura 5 – Variação da velocidade de propagação de ondas marítimas em função do comprimento de onda, para diversas espessuras da lâmina d'água.

Observamos que, se $\lambda \leq 2d$, a função *tangente hiperbólica* envolvida na equação [1] pode ser aproximada pelo seu limite superior, 1, pois neste caso:

$$\tanh \frac{2\pi d}{\lambda} \geq 0,996 \approx 1$$

[2]

A *velocidade de propagação* é, portanto, com excelente aproximação, dada pela *lei de potência*¹:

$$v = \frac{g\lambda}{2\pi}$$

[3]

Por outro lado, se $\lambda \gg d$, vale a aproximação:

$$\tanh \frac{2\pi d}{\lambda} \cong \frac{2\pi d}{\lambda}$$

[4]

que após substituída na equação [1], fornece para a *velocidade de propagação*:

$$v = \sqrt{gd}$$

[5]

¹ Uma *lei de potência* é uma função do tipo $y = ax^b$.

como boa aproximação para valores máximos observados na figura 5.

A equação [3] permite calcular a *velocidade de propagação* de ondas marítimas rotineiras em alto mar, onde a *espessura da lâmina d'água* é da ordem de quilômetro e o *comprimento de onda* é da ordem de algumas centenas de metros. Se $\lambda = 300 \text{ m}$, a equação [3] resulta em $v = 22 \text{ m/s} = 79 \text{ km/h}$; o *período* desta onda é $300 \text{ m} \div 22 \text{ m/s} = 14 \text{ s}$.

Os tsunamis, por terem *comprimento de onda* de até centenas de quilômetros, mesmo em alto mar, onde a *espessura da lâmina d'água* é cerca de 5 quilômetros, satisfazem a condição $\lambda \gg d$, e portanto, suas velocidades são dadas pela equação [5]. Eles se propagam com velocidades muito maiores do que as ondas marítimas rotineiras, pois se $d = 5.000 \text{ m}$, a equação [5] resulta em $v = 221 \text{ m/s} = 800 \text{ km/h}$. Vale notar que a essa velocidade a onda gigante compete com a de um avião a jato!

Quando um tsunami se aproxima da costa, atingindo a plataforma continental, a *espessura da lâmina d'água* – d – diminui, e a *velocidade de propagação* – v – do tsunami, de acordo com a equação [5], também diminui. Para uma lâmina d'água de 50 metros, obtém-se uma velocidade de cerca de 80 km/h . O período do tsunami não se altera e, portanto, uma redução por um fator de 10 na sua *velocidade de propagação* implica em uma redução pelo mesmo fator no seu *comprimento de onda* (de acordo com a equação $v = \frac{\lambda}{T}$).

A figura 6 representa um diagrama de *frentes de onda* planas de um tsunami que passa do alto mar (*espessura da lâmina d'água* de 5.000 metros) para o mar raso da plataforma continental (*espessura da lâmina d'água* de 50 metros).

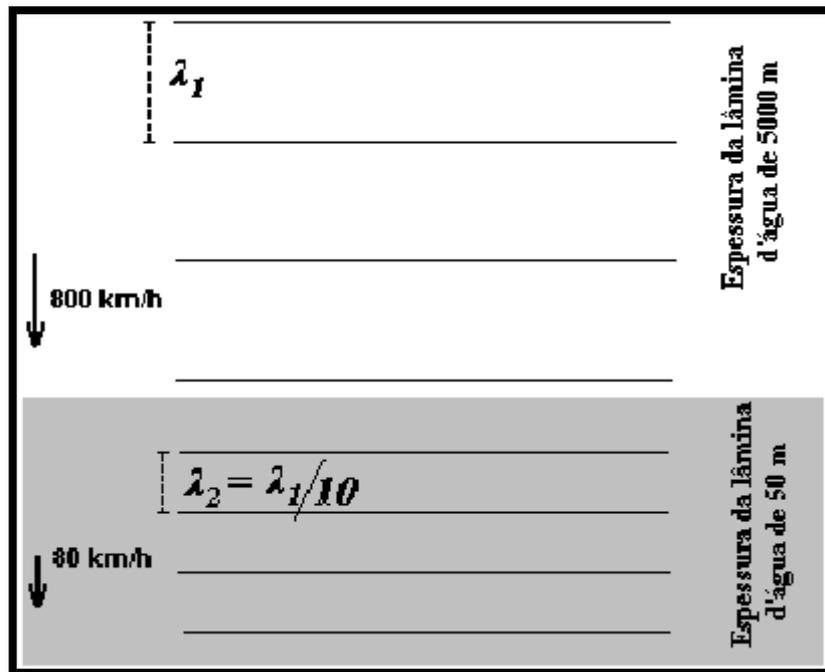


Figura 6 – Redução na velocidade de propagação e no comprimento de onda de um tsunami que passa do alto mar para o mar raso.

4.1.2. AS OSCILAÇÕES TRANSVERSAL E LONGITUDINAL EM ONDAS MARÍTIMAS

Conforme foi comentado na sessão anterior, as *ondas marítimas* possuem duas componentes oscilatórias: uma *vertical* e outra *horizontal*. A teoria que embasa a dedução da equação [1], também permite obter interessantes resultados para as *oscilações verticais* e *horizontais* das partículas de água¹:

- Ambas as *oscilações* necessariamente acontecem com o mesmo *período* e suas *amplitudes* estão relacionadas entre si. Mostra-se que as *amplitudes da oscilação vertical* e da *horizontal* são funções dos mesmos parâmetros.
- Quando a condição $\lambda \leq 2d$ é preenchida, e portanto uma onda marítima rotineira se propaga em alto mar, as trajetórias das partículas de água são aproximadamente *circulares*, com raio que diminui exponencialmente com a *profundidade*.

¹ No apêndice de VILVEIRA, 2005, são apresentadas as equações que dão suporte teórico.

- Quando se verifica a condição $\lambda \gg d$ (condição preenchida por ondas marítimas rotineiras próximas do litoral e pelos tsunamis inclusive em alto mar), a trajetória das partículas de água assume a forma elíptica. A *amplitude da componente longitudinal* é sempre muito maior do que a *amplitude da componente transversal*, sendo que a primeira é independente da *profundidade* e a segunda decai linearmente com a *profundidade*, anulando-se junto ao leito oceânico.

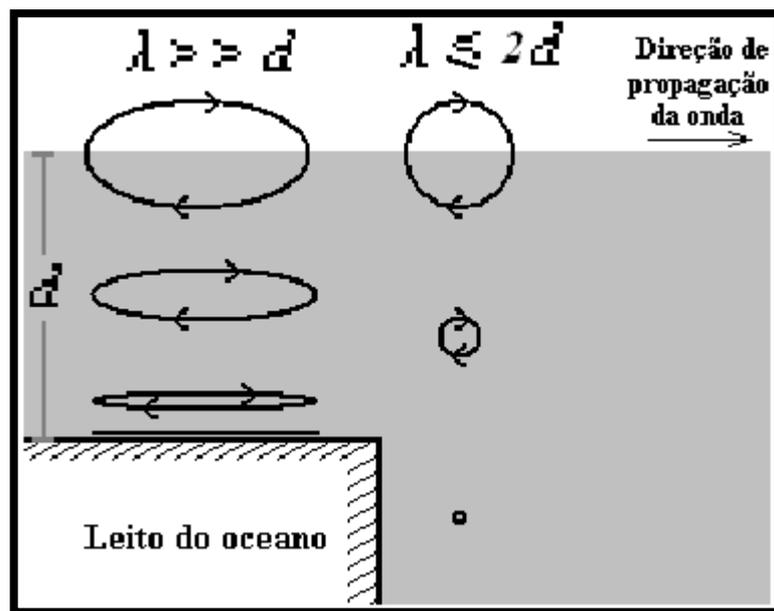


Figura 7 – Trajetória das partículas de água na região de propagação de ondas marítimas em duas condições específicas.

É importante destacar, de acordo com o representado na figura 7, que nas duas situações, quando uma partícula de água atinge o ponto mais alto da sua trajetória, ela se desloca no mesmo sentido da propagação da onda e, ao atingir o ponto mais baixo da sua trajetória, se desloca em sentido contrário.

Já na figura 8, temos representado apenas as velocidades horizontais das partículas na *crista* e no *vale* (de uma onda que se desloca a 7 m/s), movimentando-se paralelamente à direção de propagação da onda, no mesmo sentido (*crista*) e em sentido contrário (*vale*), bem como as velocidades verticalmente abaixo desses dois pontos. Observa-se que as velocidades com as quais a água se desloca horizontalmente, apesar de terem um valor menor ao da propagação da onda, é da mesma ordem de grandeza.

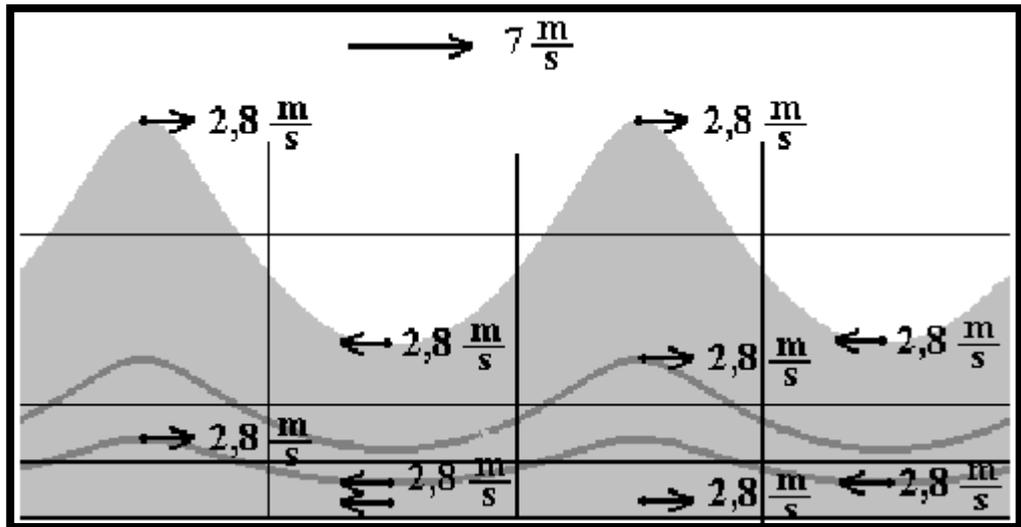


Figura 8 – Velocidade das partículas de água em alguns pontos na região de propagação da onda marítima.

4.1.3. ENERGIA MECÂNICA TRANSPORTADA

Para a análise que se segue, deve-se saber que a *energia mecânica* – E – que se encontra ao longo de um *comprimento de onda* em uma onda com *frente de onda* com extensão z , é diretamente proporcional ao quadrado da *amplitude* da componente *vertical máxima* da onda – H – ao comprimento de onda – λ – e à extensão da *frente de onda* – z – como segue:

$$E = \frac{1}{2} \cdot g \cdot H^2 \cdot \lambda \cdot z \cdot \rho$$

[6]

onde ρ é a densidade da água.

De acordo com a equação [6], a *energia mecânica* transportada ao longo de um *comprimento de onda* é igual à *energia potencial gravitacional* de um paralelepípedo de água cuja altura é H e a base tem arestas λ e z , sendo $V = H \cdot \lambda \cdot z$ seu volume. Logo,

$$E = \frac{1}{2} \cdot g \cdot H \cdot V \cdot \rho$$

[7]

Sendo $V \cdot \rho$ a massa de água, temos que:

$$E = \frac{1}{2} \cdot m \cdot g \cdot H$$

[8]

O tsunami em alto mar tem *amplitude* pequena; mesmo assim transporta grande quantidade de energia devido ao seu grande *comprimento de onda*. Quando se aproxima da costa oceânica, passando para regiões menos profundas, a sua *velocidade de propagação*, e conseqüentemente o seu *comprimento de onda*, se reduz (conforme já discutido na sessão anterior). Como há pouca dissipação de energia neste processo, a *energia* transportada permanece inalterada. Desta forma:

$$E_1 = E_2$$

[9]

A relação [6] permite reescrever a igualdade [7] sob a forma

$$H_1^2 \cdot \lambda_1 \cdot z_1 = H_2^2 \cdot \lambda_2 \cdot z_2$$

[10]

donde

$$\frac{H_2}{H_1} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}^{0,5} \cdot \frac{z_1}{z_2}^{0,5}$$

[11]

Dado que a razão entre os *comprimentos de onda* é igual à razão entre as *velocidades de propagação*, e sendo a *velocidade de propagação* expressa pela equação [5], obtém-se:

$$\frac{H_2}{H_1} = \frac{v_1}{v_2}^{0,5} \cdot \frac{z_1}{z_2}^{0,5}$$

[12]

ou ainda,

$$\frac{H_2}{H_1} = \frac{d_1}{d_2}^{0,5} \cdot \frac{z_1}{z_2}^{0,5}$$

[13]

A equação [13] demonstra que dois fatores geométricos – a razão entre as *espessuras das lâminas d'água* e a razão entre as *extensões das frentes de onda* – são importantes para a modificação da *amplitude vertical máxima* dos tsunamis.

Admitindo-se que a *extensão da frente de onda* permaneça inalterada, isto é, $z_1 = z_2$, obtém-se a chamada *Lei de Green* (BRYANT, 2001; p. 31), dada por:

$$\frac{H_2}{H_1} = \frac{d_1}{d_2}^{0,5}$$

[14]

Um tsunami que passa do alto mar, onde tinha 1 metro de *amplitude vertical máxima* e onde a *espessura da lâmina d'água* era cerca de 5.000 metros, para uma região próxima à costa, onde a *espessura da lâmina d'água* se reduziu a 20 metros, atingirá aí a *amplitude vertical máxima* de cerca de 4 metros, conforme se calcula facilmente pela equação [14].

$$H_2 = \frac{5000}{20}^{0,25} \cdot 1 = 3,98 \text{ m}$$

O gráfico da figura 9 representa a *amplitude* de um tsunami, que em alto mar ($d_1 = 5.000 \text{ m}$) tem a *amplitude* $H_1 = 1 \text{ m}$, em função da *espessura da lâmina d'água*. O gráfico foi construído em escala logarítmica para a variável independente.

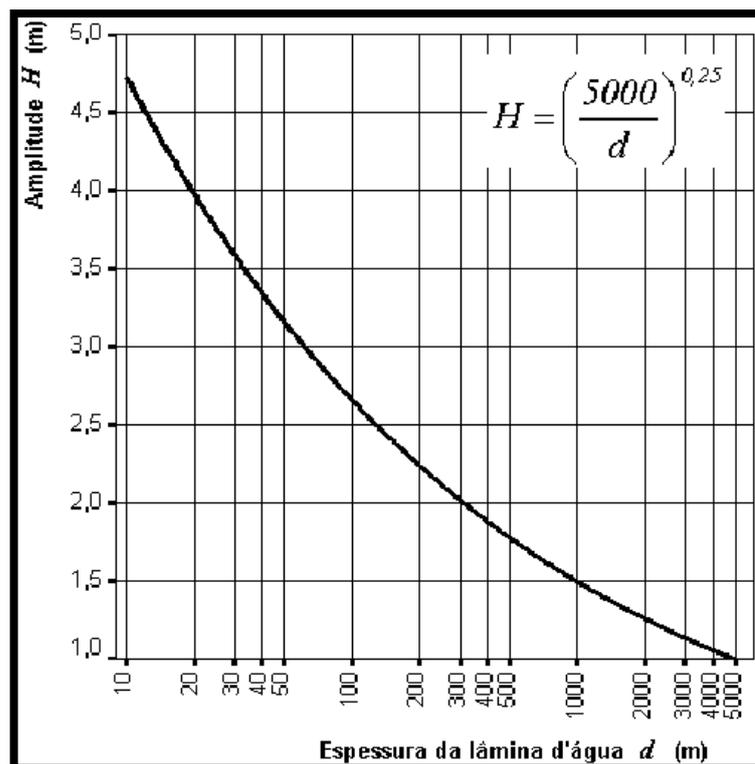


Figura 9 – Relação da amplitude vertical máxima de um tsunami com a espessura da lâmina d'água por onde ele se propaga.

A figura 10 representa esquematicamente a propagação de um *tsunami* que se aproxima da costa oceânica.

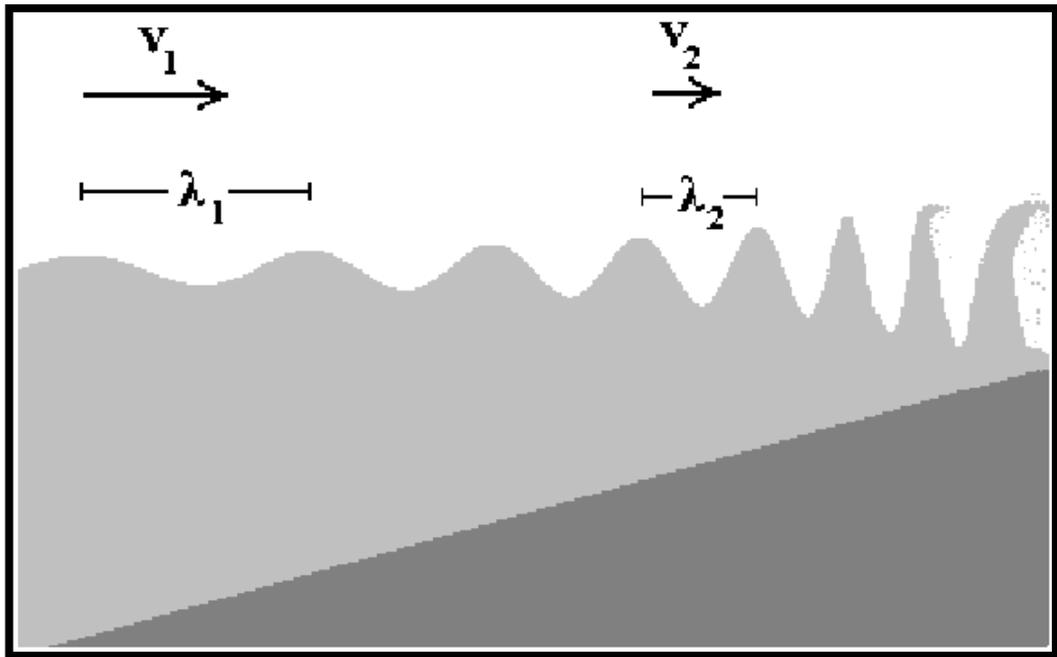


Figura 10 – Ao se aproximar da costa, a velocidade de propagação e o comprimento de onda de um tsunami decrescem enquanto a sua amplitude aumenta.

A figura 10 também representa a etapa em que finalmente o tsunami rebenta. A condição para que ocorra a *rebentação* de uma onda é uma função que depende de um fator geométrico – k – relacionado com o leito do oceano, além de depender da *amplitude vertical máxima* – H – e do *período* – T – da própria onda. Uma grandeza adimensional denominada *parâmetro de rebentação da onda* - B_r – é definido por (BRYANT, 2001; p. 35):

$$B_r = \frac{H}{T^2 \cdot g} k$$

[15]

e a condição $B_r > 1$ indica *rebentação* da onda. As ondas marítimas rotineiras, produzidas por ventos, caracterizam-se por terem *períodos* muito menores do que o de um tsunami. Mesmo as ondas produzidas em tempestades, não excedem algumas dezenas de segundos em seus *períodos*, enquanto os *tsunamis* atingem *períodos* de minutos ou de até meia hora. Ondas produzidas em tempestades podem atingir *períodos* comparáveis à de um tsunami próximo da costa. A equação [13] implica em que o *parâmetro de rebentação* para as *ondas de tempestades* seja muito maior do que para um tsunami, ambos na mesma região. Ou seja, as ondas de tempestade rebentam antes do que um tsunami, dissipando a maior parte da sua energia antes de atingirem a linha da costa. Alguns tsunamis podem atingir a linha

da costa como uma *parede d'água*, ou seja, sem rebentar, deslocando-se com velocidades de 5 a 8 m/s (BRYANT, 2001; p. 35).

4.1.4. EFEITOS DE REFRAÇÃO

Quando uma onda sofre variações no valor da sua *velocidade de propagação*, também pode variar a sua *direção de propagação*. Este conhecido fenômeno, a *refração*, ocorre também com as ondas marítimas.

A figura 11 representa um trem de *ondas marítimas* que se aproxima da costa em uma direção inclinada em relação à linha do litoral. Ao passar de uma região para outra, a *espessura da lâmina d'água* diminui, diminuindo em consequência a *velocidade de propagação*, alterando a sua *direção de propagação*, a qual se aproxima da normal à linha do litoral. Não importando em que direções se propaguem as *ondas marítimas* longe da costa, elas tendem a atingir o litoral sempre em uma direção aproximadamente perpendicular à linha costeira, devido à *refração*.

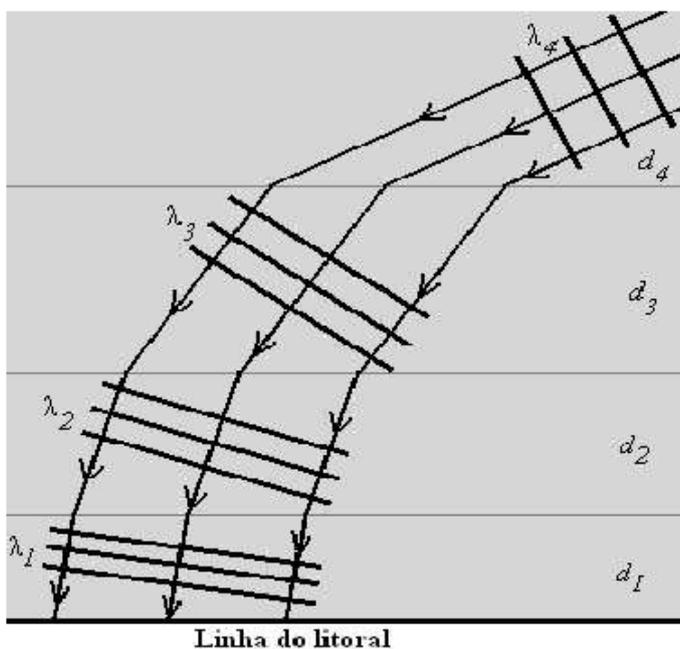


Figura 11 – Em consequência da refração, independentemente da direção de propagação das ondas marítimas longe da costa, elas atingirão a costa quase perpendicularmente à linha do litoral.

A figura 11 também indica que a extensão da *frente de onda* se altera em consequência da *refração*. De acordo com a equação [11], tal mudança também será responsável por modificar a *amplitude* dessas *ondas marítimas*.

Mesmo em alto mar os tsunamis sofrem *refração* devido ao relevo do leito oceânico, já que sua *velocidade de propagação* depende da *espessura da lâmina d'água*. A figura 12 representa o que pode ocorrer com um tsunami que se propaga através de regiões com diferentes profundidades.

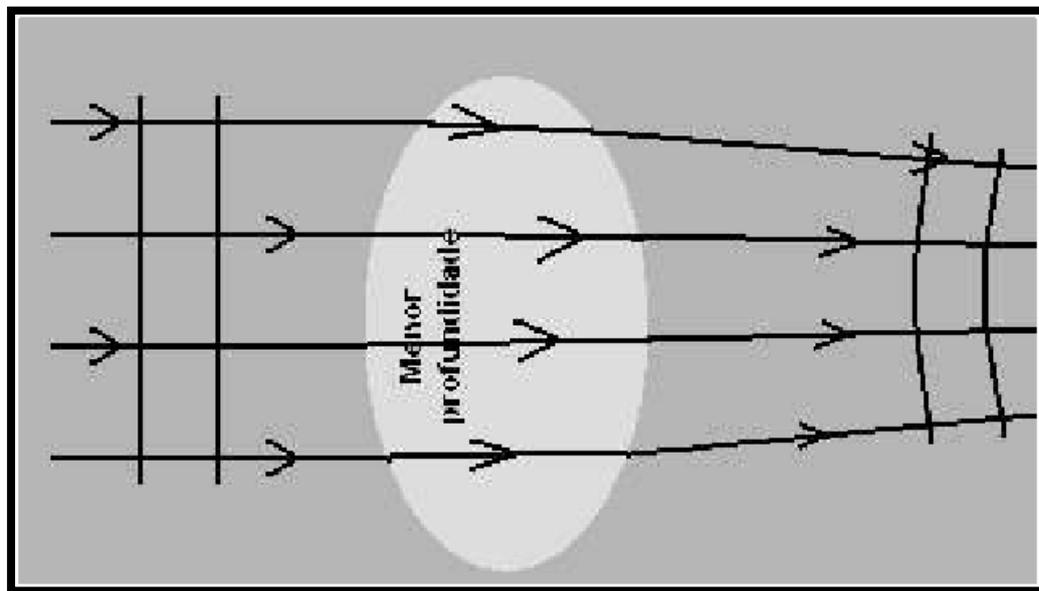


Figura 12 – Tsunami sofrendo refração que concentra a energia transportada.

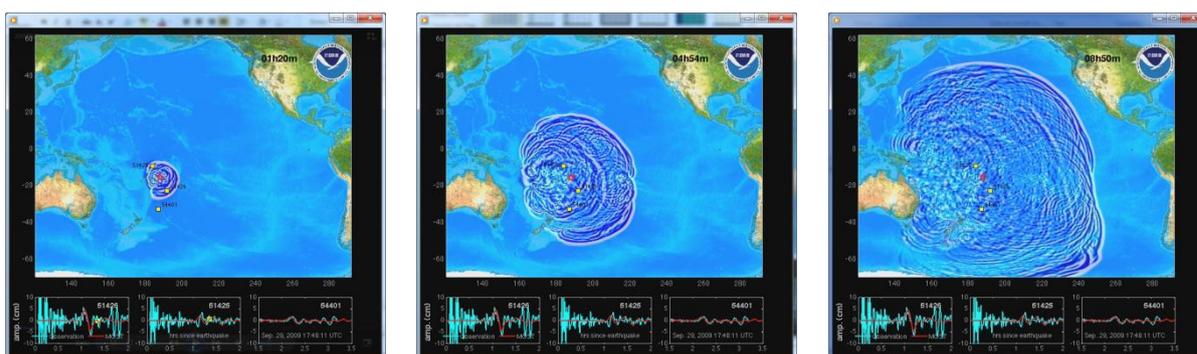
Na situação representada na figura 12, os efeitos de *refração* determinam que a energia transportada pelo *tsunami* se concentre, convergindo para uma *frente de onda* menos extensa, após a passagem pela região menos profunda. Conseqüentemente, a *amplitude* do tsunami aumente. É possível também ocorrer a divergência das *direções de propagação* (estes efeitos são análogos aos acontecidos com a luz em lentes convergentes e divergentes) quando o tsunami passa por uma região com relevo no fundo do oceano.

4.2. ATITUDES POSTERIORES À INTRODUÇÃO

O material anterior pode, ou não, ser adequado ao nível dos alunos. É de responsabilidade do professor a escolha de ilustrações, vídeos etc., ou seja, de adequar a profundidade na abordagem feita com tais elementos. Sugerimos que outros materiais sejam utilizados em sala de aula, tais como vídeos ou textos de jornais.

Antes de continuar com os materiais é importante abrir espaço para que os alunos possam conversar sobre os tsunamis, dizer o que os chamou mais a atenção, o que sabem eles, quais suas características, origens e importância social, é fundamental. O vídeo introdutório tem o intuito de fazê-los participarem ativamente do processo de aprendizagem. Inicialmente, é interessante que o professor se coloque como problematizador apenas, sem fornecer respostas e, até mesmo, duvidando das respostas para que, com isso, os alunos expliquem seus raciocínios. Aproveitamos para alertar que, conforme a organização anual do professor pode-se correlacionar muito bem a refração das ondas marítimas com as refrações óticas.

Propomos que depois de coletar as principais ideias dos alunos o professor apresente outros vídeos, imagens, ilustrações que corroborem ou que motivem novas discussões. Outro vídeo¹ que selecionamos mostra a propagação do tsunami japonês ao longo do globo terrestre, seguem alguns *frames*:



Nosso interesse é que nesta etapa, mais importante do que respostas certas ou erradas é comunicação oral, a habilidade de organizar as ideias e explicá-las dos outros. Fazer indagações e criar hipóteses, que são elementos essenciais do desenvolvimento científico.

Conhecer as crenças, as concepções alternativas que os alunos trazem, enriquecem as próximas aulas a serem ministradas pelo professor, fornecendo bases para as elaborações delas. Em outras palavras, não considerar os alunos como se fossem tábuas rasas.

As concepções dos mesmos podem ser investigadas com o uso de ilustrações, amplamente encontradas na internet, além de poder servir como uma maneira de organizar a introdução de elementos característicos dos tópicos escolhidos pelos professores.

¹ Disponível em: <<http://nctr.pmel.noaa.gov/honshu20110311/>> Acessado em: 4 dez. 2011.

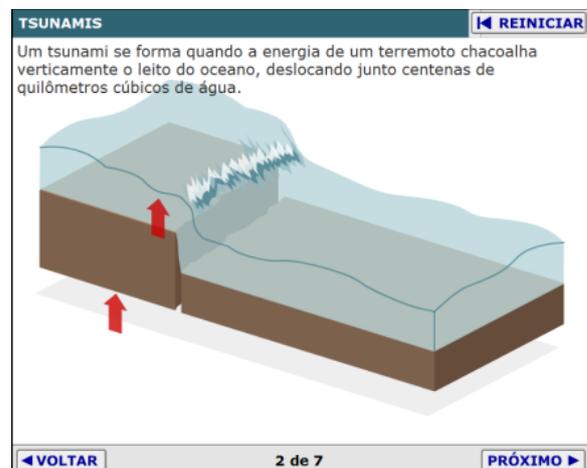
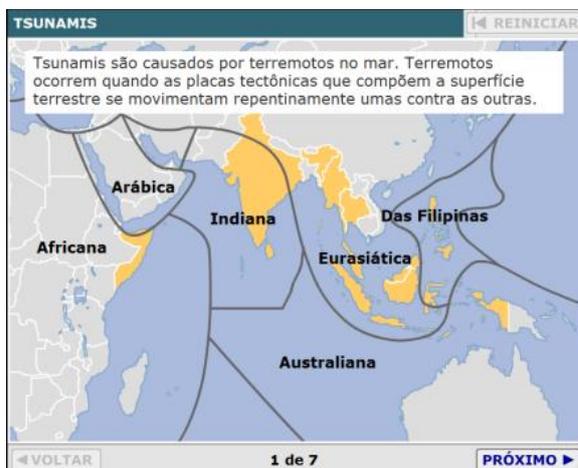
Outro passo importante é, também, incentivarmos a utilização de jornais (ou outros meios, sendo textos escritos), que trabalhem a interpretação dos alunos. Selecionamos algumas reportagens que apresentam algumas ilustrações, e até mesmo animações, muito boas para a ocasião. Colocamos algumas ilustrações obtidas neles, antecedidas de suas respectivas fontes:

Disponível em: <<http://ultimosegundo.ig.com.br/mundo/entenda+como+tsunamis+se+formam/n1238149954513.html>> Acessado em: 13 nov. 2011.





Disponível em: <http://www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/2010/10/101027_guia_tsunami.shtml> Acessado em: 13 nov. 2011.



TSUNAMIS REINICIAR

Grandes ondas então surgem distantes do epicentro do terremoto.

VOLTAR 3 de 7 PRÓXIMO

TSUNAMIS REINICIAR

Nas profundezas subaquáticas, o tsunami viaja a uma grande velocidade. Quando ele alcança áreas mais rasas próximas da costa, o tsunami fica mais lento, mas aumenta em altura.

VOLTAR 4 de 7 PRÓXIMO

TSUNAMIS REINICIAR

Áreas costeiras como a desta foto de satélite, que mostra o balneário turístico de Kalutara, no Sri Lanka, foram surpreendidos pelo tsunami de 26 de dezembro de 2004.

VOLTAR 5 de 7 PRÓXIMO

TSUNAMIS REINICIAR

O único sinal de que o perigo era iminente veio pouco antes da chegada do tsunami, quando a maré repentinamente recuou - revelando centenas de metros de praia e leito do mar.

VOLTAR 6 de 7 PRÓXIMO

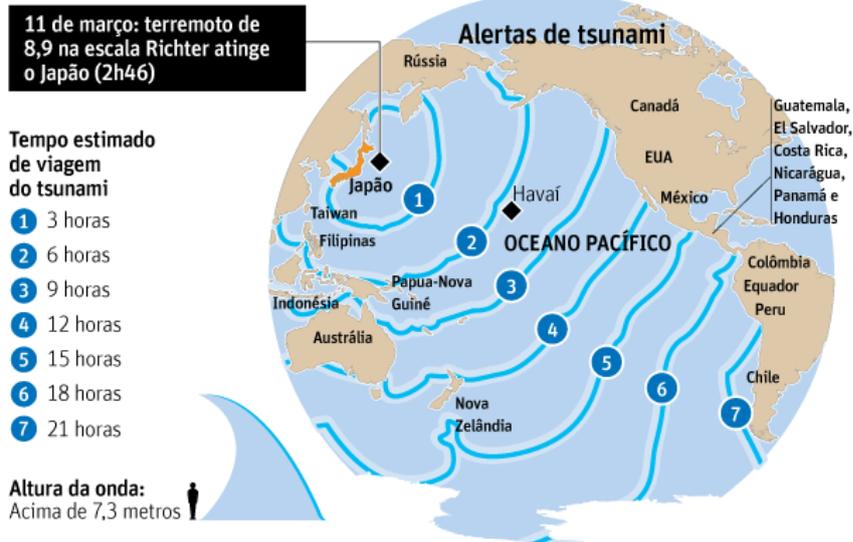
TSUNAMIS REINICIAR

As várias ondas do tsunami chegaram com intervalos de entre cinco e 40 minutos. Em Kalutara, a água do mar avançou pelo menos um quilômetro terra adentro, causando grande destruição.
Fontes: NOAA, USGS

VOLTAR 7 de 7 PRÓXIMO

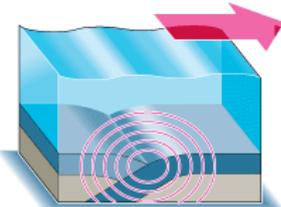
Disponível em: <<http://www.colegiocema.com/site/wp-content/uploads/2011/03/explica-tsunami.gif>> Acesso em: 13 nov. 2011.

ALERTA DE TSUNAMI NO OCEANO PACÍFICO



DO MAR PARA A TERRA – O PODER DE UM TSUNAMI

O tremor abaixo do fundo do mar desloca as águas do oceano, que sobem para a superfície em ondas de 0,5 metro

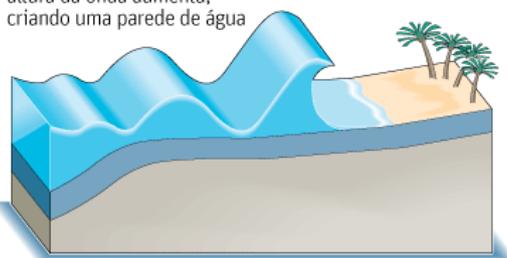


Águas profundas: comprimento da onda chega a até 160 km, a uma velocidade de 800 km/h

Fonte: GraphicNews

À medida que a profundidade diminui, a altura da onda aumenta, criando uma parede de água

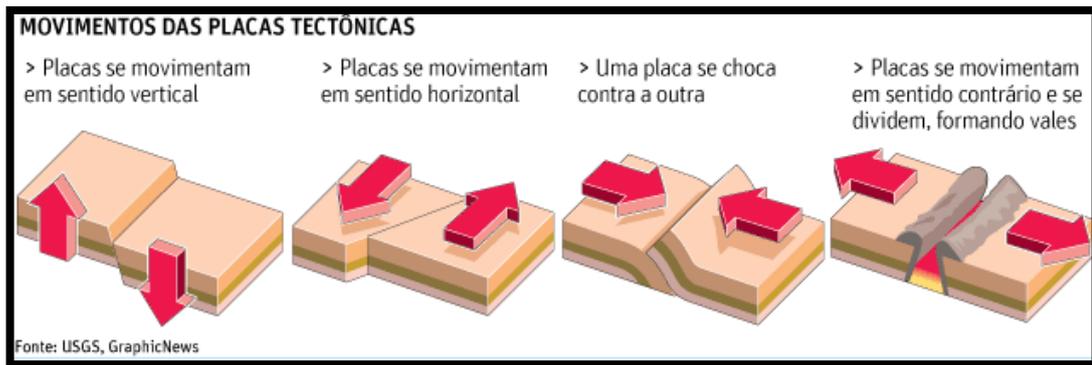
Ondas se acumulam antes de atingir o litoral



Águas rasas: velocidade da onda pode ser de até 48 km/h, com altura de 30 metros ou mais

A respeito de uma das possíveis origens citadas no capítulo 4, referente aos movimentos sísmicos, temos a ilustração:

Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/mundo/887378-tsunami-nasce-de-terremoto-em-alto-mar-saiba-mais.shtml>> Acessado em: 13 nov. 2011.



Outras ilustrações pertinentes aos interesses do professor podem ser necessárias, que, por exemplo, enfatizem as amplitudes e comprimentos de ondas. Ilustrações muito disponibilizadas em livros didáticos.

Independente do conteúdo a ser ministrado, novamente, enfatizamos que conhecer algumas concepções alternativas tem fundamental efeito pedagógico. Pois sabendo delas os professores tem a oportunidade de se preparar para elas. Ao dispor de tempo, e dedicação, também é importante investigar as evoluções conceituais dos conceitos físicos para, com isso, ter contato com os “*argumentos cruciais*” que levaram às evoluções conceituais.

Propomos que os comentários até aqui sejam utilizados em apenas duas aulas. A ideia fundamental é iniciar, e continuar tanto quanto possível, o processo de ensino-aprendizagem focado no aluno, em uma tomada de consciência dos elementos fundamentais, variáveis envolvidas, de maneira ativa. Sempre buscando negociar os significados com eles, sem impor uma ciência linear e indiscutível. As aulas necessárias ao formalismo matemático têm de iniciar a partir destes materiais.

O objetivo de frisarmos anteriormente o uso de materiais textuais é, também, trabalhar com os alunos a leitura e a interpretação de textos, uma habilidade precária, conforme foi observado em minhas regências. Precariedade explicitada por uma ONG, a Alfalit, que afirma estarmos em terceiro lugar no ranking dos países com o maior índice de analfabetismo.

Para finalizar, ao término das aulas ou ainda ao longo delas caso a motivação esteja baixa, é pedir aos alunos que, em grupos, construam aparatos simples capazes de reproduzir quaisquer das ideias vistas ao longo dos estudos com o uso de experimentos. Nosso experimento, elaborado no Projeto “Universidade Sem Fronteiras” que resultou no livro “Reflexões sobre o ensino de física no ensino

médio: um universo sem fronteiras”, pode ser disponibilizado aos alunos com o intuito de exemplificar o trabalho a ser realizado. Segue abaixo a o material, na íntegra, que apresenta um experimento para ondas estacionárias:

ONDA MECÂNICA TRANSVERSAL

Existem diversos tipos de ondas. Classificam-se pela fonte que as produzem, direção de propagação e tipo de energia transportada. Com relação à fonte temos as ondas mecânicas, produzidas pela interação entre corpos, e as ondas eletromagnéticas que se originam numa determinada situação química ou fisicamente microscópica. As ondas eletromagnéticas, diferente das ondas mecânicas, não necessitam de um meio físico para se propagar. Não abordaremos aqui as propriedades dessas ondas.

Dentro da classificação de ondas mecânicas existem as que se propagam longitudinalmente como é o caso do som, e as que se propagam transversalmente como a que demonstraremos neste experimento.

MATERIAIS UTILIZADOS

- Uma placa de madeira ou outro suporte adequado;
- Dois CDs;
- Linha;
- Um motorzinho de Carrinho;
- Durepoxi®;
- Esmalte;
- Girador (Usado para Pesca);
- Fonte de Corrente Contínua de 9V;
- Materiais de Apoio: Tesoura, alicate e isqueiro.

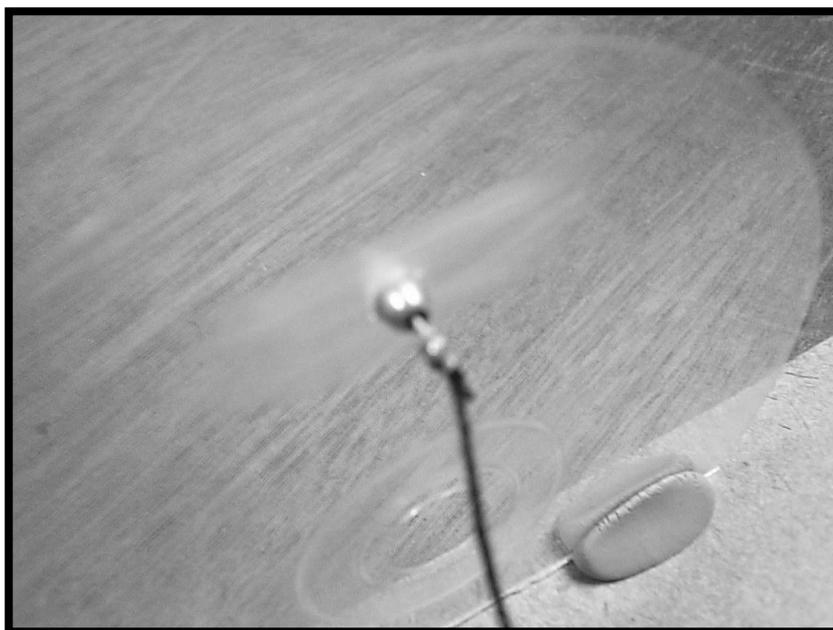
CONFECIONANDO O BRINQUEDO

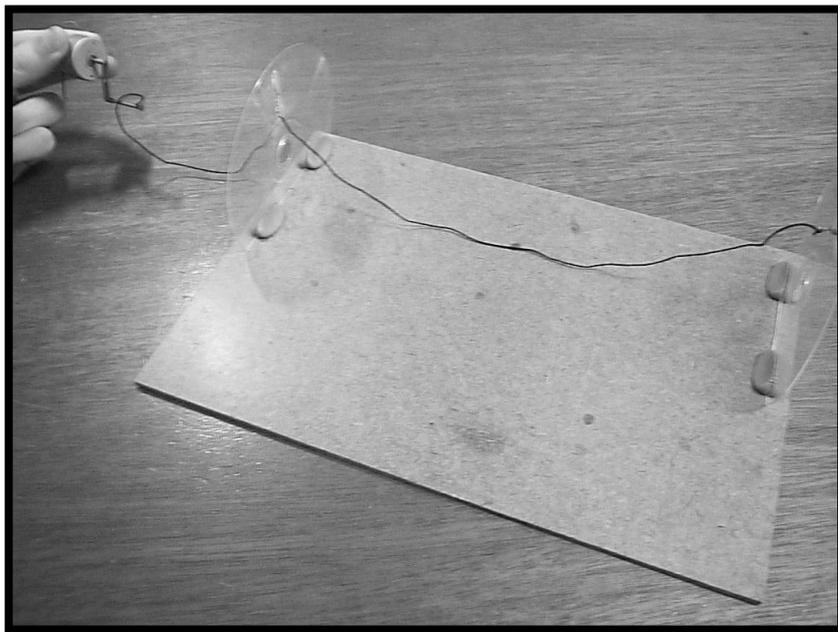
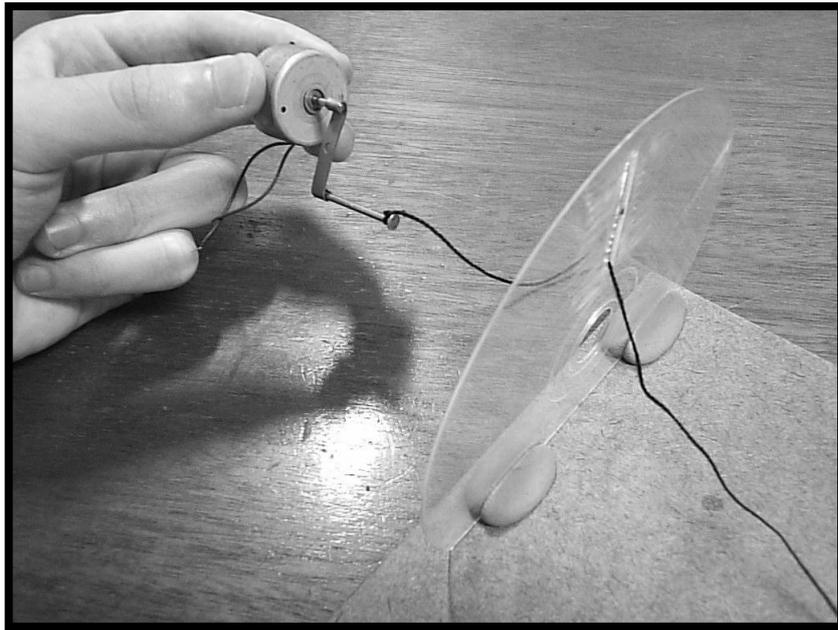
Cortam-se os dois CDs de maneira que possam ser fixados ao suporte (ou seja, com uma parte reta) com Durepoxi[®]. O girador deverá possuir apenas um anel para amarrar a linha, portanto, corta-se um dos dois anéis com o alicate. Aquecendo-o com o isqueiro (usando o alicate para segurar) fixa-se a bolinha do girador num dos CDs com o cuidado de deixá-lo aproximadamente dois centímetros abaixo da altura máxima do CD e centralizado.

No segundo CD cria-se um “polarizador” recortando a mais fina fenda possível (mas espessa o suficiente para que a linha possa correr) no CD com 3 cm de comprimento. Passa-se esmalte nesta fenda para que a linha tenha menor atrito ao movimentar-se.

Com isso, colam-se os dois CDs, com o cuidado de deixar a argola do girador entre ambos, ao suporte com aproximadamente 30 cm de distância um do outro. Amarra-se a linha na argola do girador, passa-se pela fenda e amarra-se ao motorzinho que deverá possuir uma espécie de haste (como se fosse uma maçaneta miniaturizada de uma porta).

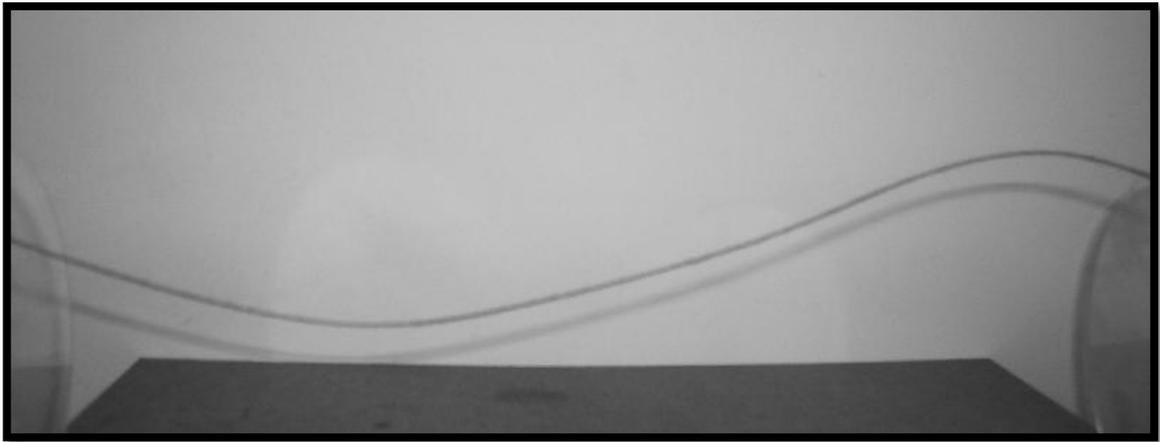
Segue as fotos do brinquedo devidamente montado.





COMO UTILIZAR E EXPLICAR O FENÔMENO

Após montado liga-se o motorzinho à fonte e o posiciona-se atrás da fresta feita no primeiro disco de maneira que seu eixo fique perpendicular à fresta. Variando a distância do motorzinho com a fresta observa-se uma agitação da linha entre os CDs, para determinadas distâncias poderá observar-se uma, duas, três ou até 4 ondas descritas pela linha.



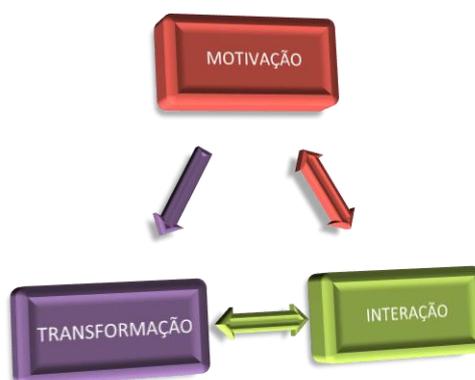
Estas ondas são as chamadas perturbações no meio, neste caso a corda é o nosso “meio”, geradas pelo motorzinho. Nelas reparamos as cristas (as maiores elevações das ondas), os vales (as menores elevações) e os nós (onde quase não há variação de altura quando comparado à situação onde a linha estaria simplesmente esticada horizontalmente).

As ondas mecânicas nada mais são que perturbações num meio geradas por uma fonte e que se propagam.

5. CONCLUSÃO – ARGUMENTOS METODOLÓGICOS

O que propus aqui foi uma aproximação dos alunos do processo de aprendizagem, em oposição ao que encontrei na regência de estágio e nas observações realizadas ao longo dos projetos aos quais participei, onde o professor não faz uso dos conhecimentos que os alunos trazem para dentro da sala de aula e pouco se faz para motivar a curiosidade e a participação deles. Podemos organizar as etapas a serem desenvolvidas em: motivação, interação e transformação.

Um diagrama pode representar bem a ideia:



A motivação deve ser o primeiro passo do ensino, que tem como objetivo a transformação dos alunos de passivos em ativos, participantes, críticos. A motivação é adquirida com a interação, reforçada pela própria motivação, em que a interação seja capaz de transformar os alunos. Transformar os alunos em participantes do seu desenvolvimento, ao expor suas ideias, para que sejam discutidas entre seus colegas e o professor.

Para os debates é importante chamar a atenção do professor que o diálogo pode ser entendido por alguns alunos como um sinal de fraqueza e um convite à bagunça, sendo necessário que o professor ganhe o respeito da turma e faça primeiro valer sua autoridade. Um segundo problema que os professores podem encontrar é a escassez de materiais, livros, internet na biblioteca, em que os alunos possam usar para fazer pesquisas (em uma participação realmente ativa tal atividade é necessária para o desenvolvimento da autonomia). Tais atividades devem ser desenvolvidas levando-se em consideração as possibilidades que o professor dispõe em seu colégio.

5. REFERÊNCIAS

- BECKER, F. *A epistemologia do professor: o cotidiano da escola*. Petrópolis: Vozes, 1996.
- CUSTÓDIO, J. F.; PIETROCOLA, M. Princípios nas ciências empíricas e o seu tratamento em livros didáticos. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 10, n. 3, p. 383-399, 2004.
- GASPAR, A. *o livro didático é necessário?* In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 15., 2003, Curitiba. *Atas ...* Curitiba: UFPR, 2003. p. 124-126.
- MOREIRA, M. A; MASINI, E. F. S.; *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. 2ª Edição. São Paulo: Centauro, 2001.
- NEVES, M. C. D. *et al. Reflexões sobre o ensino de física no ensino médio: um universo sem fronteiras*. Maringá: Massoni, 2009.
- REZEQUETTI, S. O.; NEVES, M. C. D.; *Galileu e sua obra no ensino de Física hoje*. Maringá: Eduem, 2011.
- SCHREINER, Wido H. *Eu sou você amanhã*. Sociedade Brasileira de física. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br>>. Acesso em: 27 out. 2011.
- SILVA, A. M. T. B. da. *Representações sociais: uma contraproposta ao estudo das concepções alternativas no ensino de Física*. 1998. 121 f. Tese (Doutorado em Educação)- Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1998.
- TOMAZELO, M. G. C.; NEVES, M. C. D. *et al. A experimentação na aprendizagem de conceitos físicos sob a perspectiva histórico-social*. Piracicaba: PROIN-CAPES, 2000.
- SILVEIRA, F. L.; VARRIALE, M. C. *Propagação das ondas marítimas e dos tsunamis*. In: *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 2004.