

PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA ENSINO DE OSCILAÇÕES E ONDAS

Prezado professor, essa proposta de sequência didática tem como objetivo auxiliá-lo na transposição didática dos conteúdos de oscilações e ondas, a fim de tentar tornar o conteúdo mais acessível e mais contextualizado para os alunos.

Para isso utilizamos o recurso da expressão corporal, da teatralidade, que nos permite tornar o aprendizado mais lúdico, interativo e sobretudo mais efetivo.

Ao trilhar esse caminho seguimos os passos de Augusto Boal, teatrólogo brasileiro. Autor, diretor e teórico, Boal foi um dos mais importantes nomes do teatro brasileiro a partir da década de 60. Era ligado ao Teatro de Arena de São Paulo até os anos 70 e produziu sua obra inspirada em Paulo Freire criando métodos únicos de encenação como o *Teatro Foro* e o *Teatro Invisível*, técnica utilizada no nosso trabalho. Boal trabalhou também com o Teatro Científico, dirigindo a peça “A vida de Galileu Galilei” de autoria de Berthold Brech.

Formulamos então, a partir dessas ideias e realizações, a sequência didática que envolve diálogos abordando os temas referentes a *Oscilações e Ondas*, encenados pelos alunos juntamente com o professor.

A sequência didática é composta de 6 aulas conforme se segue, mas o professor pode realizar algumas alterações, se assim o desejar

Aula 1: Aplicação de questionário sobre MHS, Oscilações e Ondas a fim de sondar o que os alunos entendem por conceitos como: Oscilação, Onda, Frequência, Período, Amplitude, Ressonância. Em seguida indaga-se quais alunos têm interesse em participar de encenações teatrais. Constituído esse grupo de interesse, fornece-se aos membros um diálogo que versa sobre as questões a serem abordadas. Os estudantes desse grupo são então orientados a encenarem o diálogo, e se tornam responsáveis pela dinâmica da discussão a ser desenvolvida. O professor tem papel fundamental na mediação e condução das discussões.

Sugestão de Questionário

Questionário sobre concepções de ondulatória para o terceiro ano do ensino médio

1. O que é uma onda na sua concepção?
2. Quais tipos de ondas diferentes você conhece?
3. Como você acredita que surge uma onda?
4. Você já ouviu falar em movimento oscilatório ou movimento periódico? Se sim, tente explicar o que é e cite exemplo(s).
5. O que é período na sua concepção?
6. O que é frequência na sua concepção?
7. Você já ouviu falar em ressonância? Se sim, tente explicar o que significa, com suas palavras

Aula 2: Apresentação de vídeos mostrando situações reais em que ocorre o fenômeno de ressonância e suas consequências, para toda a turma, intermediando possíveis discussões e incentivando reflexões. Esses vídeos mostram casos em que a ressonância ocorre de forma clara em situações cotidianas como o vento interagindo com asas de aviões, aumento de amplitudes de vibração em pontes, interação das ondas sonoras com o seu meio de propagação.

Aula 3: Encenação do diálogo ensaiado previamente com os alunos que mostraram interesse em atuar, sem que o restante da turma tenha conhecimento, porém tenha oportunidade de intervir e participar, nos moldes do que Boal denomina “Teatro Invisível”. Esse diálogo é a espinha dorsal da atividade, e deve ser bem conduzida, de modo que todos os alunos mostrem interesse e possam participar efetivamente. Como pode ocorrer de alguns alunos mostrarem desinteresse pelo assunto, em particular por conta da Física em geral ser considerada de difícil entendimento, é conveniente que algum aluno “ator” faça o papel de desinteressado e até procurando desestabilizar a aula. Nesse caso, o professor poderá preparar esse aluno para que vá, ao longo do diálogo, procurando reverter suas posições.

Segue o diálogo:

Professor: Bom dia! Hoje vamos começar a estudar Oscilações e Ondas.

Aluno 1: Onda do mar *fessor* [sic]?

Professor: Também pode ser, essa e outros tipos.

Aluno 2: Só conheço essa.

Professor: Tem certeza?

Aluno 2: Sim, e não sei para que estudar isso, não serve para nada *vêi* [sic]!!!

Aluna 3: Pelo que eu sei, serve sim! Usam-se os estudos da Física para criar muitas coisas que utilizamos, como TV, celular, etc.

Aluno 4: Kkkkk [risos]

Você não sabe nada, só de chapinha de cabelo e batom.

Aluna 3: Ah, disso também. De fato, tem muita física no funcionamento da chapinha e até na engenharia do batom.

Professor: Isso mesmo aluna 3, os fenômenos físicos estão presentes em tudo que fazemos e utilizamos.

O que você fez desde que acordou até chegar à escola hoje, aluno 4?

Aluno 4: *Xô vê* [sic]... Levantei, escovei os *dente* [sic], comi um *troço* [sic] lá, subi no *buzão* [sic] e *vim* [sic] ouvindo música no fone.

Professor: Como você acordou?

Aluno 4: Com os grito da minha mãe.

Professor: Hum, o que são gritos?

Aluno 1: Grito é grito ué!

Aluna 2: Grito é um som.

Professor: O que é um som? Como chega aos nossos ouvidos?

Aluno 2: Sai da boca de alguém e chega até o ouvido ué!

Aluno 4: Sai como? Igual a onda do mar quando vem chegando?

Professor: Muito bem aluno 4, é parecido, o som é uma onda!! Viu, você foi acordado pela física?! Vamos ver onde mais a encontramos em sua vida. O *troço* [sic] que você comeu, você esquentou?

Aluno 4: Sim! Esquentei o pão no micro-ondas.

Aluna 1: Micro-ondas faz onda?

Professor: Sim, exatamente. Já se perguntaram como ele aquece o alimento?

Aluno 4: Fazendo calor ué!

Aluna 3: Claro que não! Ele emite ondas que interagem com os alimentos não é professor?

Aluno 2: Você não sabe!!

Professor: Sim! As ondas que são produzidas oscilam de forma semelhante às moléculas de água contidas nos alimentos, aumentando a vibração delas.

Aluna 2: Tem outros tipos de ondas?

Professor: Tem sim, estamos sendo atravessados por ondas o tempo todo. Ondas de rádio, de celular, ondas térmicas, ondas luminosas...

Aluna 1: Térmicas?

Professor: A transferência de calor ocorre muitas vezes por ondas de radiação térmica, é como sentimos o calor que vem de uma fogueira ou do Sol...

Aluna 4: Então o som, a onda do mar, o calor do Sol é tudo a mesma coisa?

Professor: Mais ou menos... São ondas, porém de tipos diferentes, a do mar e do som são chamadas de ondas mecânicas, pois precisam de um meio para se propagarem. Já as de rádio, celular e radiações do Sol, tanto visíveis como invisíveis podem se propagar no vazio, no vácuo e são chamadas de ondas eletromagnéticas.

Professor: Apesar de serem de tipos diferentes, todas elas têm algo em comum. Pensem o que poderia ser...

Aluna 3: Uma leva calor, outra leva som...elas levam sempre algo

Professor: Sim. Elas levam energia! Isso caracteriza uma onda: a transferência de energia.

Aluno 2: O que faz surgir as ondas?

Professor: O que vocês acham. Vamos escrevendo o que poderia ser... Lembrem-se dos vídeos.

Aluno 4: Surge de uma oscilação.

Professor: Muito bom!

Professor: E aquela ponte que se torceu igual papel, asas dos aviões vibrando cada vez mais... Como aconteceu aquilo? O vento ou outros fatores ambientais estimulam as estruturas a oscilações cada vez maiores, ou seja, aumenta o que chamamos de amplitude de oscilação. Mas não serve qualquer estímulo não (dar exemplo do balanço). Cada coisa tem um tipo de vibração própria. Para aumentar a amplitude temos que produzir uma vibração de mesma frequência da natural. Chamamos esse fenômeno de Ressonância.

Aluno 1: Que nem a *parada* [sic] do micro-ondas com as moléculas?

Professor: Sim!! Perfeito.

Aluno 3: Igual a ressonância magnética professor?

Professor: Exato. Só que na ressonância magnética, o campo magnético emitido pelo aparelho se alinha com as moléculas do nosso corpo.

Observações a respeito do diálogo

Explicações de conteúdo durante os diálogos não se mostraram proveitosas, uma vez que os alunos que ensaiaram perderam o ritmo da encenação, além de não se mostrarem muito

necessárias, pois os próprios alunos que não tinham as falas ensaiadas interviram, permitindo ao professor fazer as devidas intervenções.

Aula 4: Aula expositiva abordando os conceitos de: período, frequência, comprimento de onda, amplitude e formas de propagação de ondas (para isso utilizamos também uma encenação não ensaiada, com alunos voluntários), bem como a dedução da expressão $v = \lambda \cdot f$ e formas de propagação de ondas. Nesse último item utilizamos uma encenação não ensaiada, com alunos voluntários, procurando dar sequência à maneira descontraída e lúdica desenvolvida na aula anterior.

Como nossa pesquisa revelou um baixo desempenho dos alunos nas questões que exigiam a aplicação de fórmulas e operações matemáticas, sugerimos ao professor que desejar utilizar-se desse material que trabalhe essa etapa em duas aulas e retome os vídeos que tratam da relação entre oscilações e ondas e da forma de propagação das ondas, a fim de que fique mais claro os significados de frequência, período, amplitude, direção e velocidade de propagação.

Aula 5: Resolução e discussão de questões retiradas de exames anteriores do “ENEM”. A ideia aqui é mostrar aos alunos que num exame de seleção como esse surgem itens que exigem conhecimento teórico sem a necessidade de cálculos, e mesmo quando os cálculos aparecem, necessitam um conhecimento teórico mais profundo sobre o assunto.

Seguem como sugestão algumas questões que podem ser discutidas:

Questões de exames de seleção

1. (UFJF - 2007) Sabe-se que a velocidade de propagação de uma onda eletromagnética depende do meio em que a mesma se propaga. Assim sendo, pode-se afirmar que uma onda eletromagnética na região do visível, ao mudar de um meio para outro:

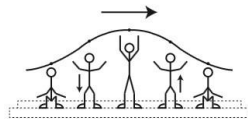
- a) tem a velocidade de propagação alterada, bem como a sua frequência.
- b) tem a sua cor alterada, permanecendo com a mesma frequência.
- c) tem a velocidade de propagação alterada, bem como a frequência e o comprimento de onda.
- d) tem a velocidade de propagação alterada, bem como o seu comprimento de onda.
- e) tem a sua cor inalterada, permanecendo com o mesmo comprimento de onda.

2. (ENEM - 2013) Em viagens de avião, é solicitado aos passageiros o desligamento de todos os aparelhos cujo funcionamento envolva a emissão ou a recepção de ondas eletromagnéticas. O procedimento é utilizado para eliminar fontes de radiação que possam interferir nas comunicações via rádio dos pilotos com a torre de controle. A propriedade das ondas emitidas que justifica o procedimento adotado é o fato de:

- a) terem fases opostas.
- b) serem ambas audíveis.

- c) terem intensidades inversas.
- d) serem de mesma amplitude.
- e) terem frequências próximas.

3. (ENEM - 2013). Uma manifestação comum das torcidas em estádios de futebol é a ola mexicana. Os espectadores de uma linha, sem sair do lugar e sem se deslocarem lateralmente, ficam de pé e se sentam, sincronizados com os da linha adjacente. O efeito coletivo se propaga pelos espectadores do estádio, formando uma onda progressiva, conforme ilustração.



Ola mexicana feita por torcedores em estádios de futebol

Calcula-se que a velocidade de propagação dessa “onda humana” é 45 km/h, e que cada período de oscilação contém 16 pessoas, que se levantam e sentam organizadamente e distanciadas entre si por 80 cm. Nessa ola mexicana, a frequência da onda, em hertz, é um valor mais próximo de:

- a) 0,3
- b) 0,5
- c) 1,0
- d) 1,9
- e) 3,7

4. (ENEM - 2014) Alguns sistemas de segurança incluem detectores de movimento. Nesses sensores, existe uma substância que se polariza na presença de radiação eletromagnética de certa região de frequência, gerando uma tensão que pode ser amplificada e empregada para efeito de controle. Quando uma pessoa se aproxima do sistema, a radiação emitida por seu corpo é detectada por esse tipo de sensor. A radiação captada por esse detector encontra-se na região de frequência:

- a) da luz visível.
- b) do ultravioleta.
- c) do infravermelho.
- d) das micro-ondas.

5. (ENEM - 2014) M. Christiaan Huygens, em 1656, criou o relógio de pêndulo. Nesse dispositivo, a pontualidade baseia-se na regularidade das pequenas oscilações do pêndulo. Para manter a precisão desse relógio, diversos problemas foram contornados. Por exemplo, a haste passou por ajustes até que no início do século XX, houve uma inovação, que foi sua fabricação usando uma liga metálica que se comporta regularmente em um largo intervalo de temperaturas. Desprezando a presença de forças dissipativas e considerando a aceleração da gravidade constante, para que esse tipo de relógio realize corretamente a contagem do tempo, é necessário que o (a):

- a) comprimento da haste seja mantido constante.
- b) massa do corpo suspenso pela haste seja pequena.
- c) material da haste possua alta condutividade térmica.
- d) amplitude da oscilação seja constante a qualquer temperatura.
- e) energia potencial gravitacional do corpo suspenso se mantenha constante.

6. (ENEM - 2010) As ondas eletromagnéticas, como a luz visível e as ondas de rádio, viajam em linha reta em um meio homogêneo. Então, as ondas de rádio emitidas na região litorânea do Brasil não alcançariam a região amazônica do Brasil por causa da curvatura da Terra. Entretanto sabemos que é possível transmitir ondas de rádio entre essas localidades devido à ionosfera. Com a ajuda da ionosfera, a transmissão de ondas planas entre o litoral do Brasil e a região amazônica é possível por meio da:

- A) reflexão. B) refração. C) difração. D) polarização.

Aulas 6: Avaliação para verificar se os conceitos físicos e suas aplicações foram apreendidos. Nessa etapa, procuramos oferecer questões que pudessem verificar o nível de aprendizagem tanto no que se refere a conhecimento exclusivamente descritivo, e até de exclusiva memorização, bem como o envolvimento de cálculos, procurando perceber se o conteúdo foi assimilado de forma consciente e crítica.

Segue sugestão de avaliação final, contendo duas questões retiradas de provas do Enem, buscando mostrar que o conteúdo teórico abordado nos diálogos e nas aulas são efetivamente exigidos nesses exames, e duas questões que envolvem a aplicação de fórmulas e conceitos matemáticos associados, a fim de averiguar se o método aplicado atende também a esse propósito.

Sugestão de avaliação final

1) (ENEM - 2014). Ao sintonizarmos uma estação de rádio ou um canal de TV em um aparelho, estamos alterando algumas características elétricas de seu circuito receptor. Das inúmeras ondas eletromagnéticas que chegam simultaneamente ao receptor, somente aquelas que oscilam com determinada frequência resultarão em máxima absorção de energia. O fenômeno descrito é a:

- (A) difração.
(B) refração.
(C) polarização.
(D) interferência.
(E) ressonância.

2) (ENEM - 2012) Nossa pele possui células que reagem à incidência de luz ultravioleta e produzem uma substância chamada melanina, responsável pela pigmentação da pele. Pensando em se bronzear, uma garota vestiu um biquíni, acendeu a luz de seu quarto e deitou -se exatamente abaixo da lâmpada incandescente. Após várias horas ela percebeu que não conseguiu resultado algum. O bronzeamento não ocorreu porque a luz emitida pela lâmpada incandescente é de

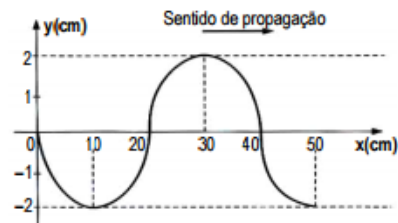
- (A) baixa intensidade.
(B) baixa frequência.
(C) um espectro contínuo.

- (D) amplitude inadequada.
(E) curto comprimento de onda.

3) Marque a alternativa que indica corretamente a frequência do ponteiro dos segundos em hertz:

- (A) 60
(B) 30
(C) 1/60
(D) 120
(E) 1/120

4) Uma onda estabelecida numa corda oscila com frequência de 500 Hz, de acordo com a figura abaixo:



- a) Qual o período dessa onda?
b) Qual a amplitude dessa onda?
c) Com que velocidade a onda se propaga?
d) Essa onda é transversal ou longitudinal?

OSCILAÇÕES E ONDAS: SUPORTE DIDÁTICO PARA O PROFESSOR

Conceitos fundamentais

Para que os fenômenos oscilatórios e ondulatórios sejam compreendidos deve-se ter em mente alguns conceitos a eles subjacentes, tais como: amplitude, período, frequência, e frequência angular.

A amplitude pode ser definida como o “alcance máximo” de uma oscilação: “A amplitude do movimento, designada por A , é o módulo máximo do vetor deslocamento do corpo a partir da posição de equilíbrio...” (YOUNG; FREEDMAN, 2008, p. 37)

O período designado por “ T ”, é o tempo necessário para que ocorra uma oscilação completa: “O período, T , é o tempo correspondente a um ciclo” (YOUNG; FREEDMAN, 2008, p. 37)

A frequência “ f ” consiste no número de oscilações ocorridas em um determinado intervalo de tempo “A frequência, f , é o número de ciclos por unidade de tempo” (YOUNG; FREEDMAN, 2008, p. 37)

A frequência angular “ ω ” é o ângulo $\Delta\theta$, percorrido, em radianos por unidade de tempo. Podemos obter uma relação entre a frequência e a frequência angular da seguinte forma:

Eq. (1)

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

O ângulo percorrido em uma oscilação completa vale 2π rad, e o tempo decorrido nessa oscilação é o período T . Substituindo ambos na equação 1, temos:

Eq. (2)

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

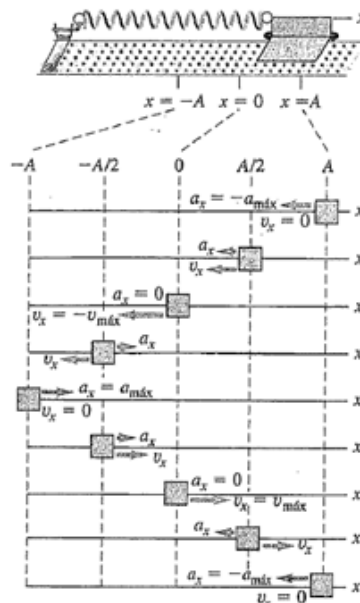
Ou ainda, $\omega = 2\pi f$

O Movimento Harmônico Simples (MHS) e sua analogia com o Movimento Circular Uniforme (MCU)

O MHS é importante porque com ele é possível descrever fenômenos oscilatórios de baixa amplitude que ocorrem no cotidiano. Vamos então estudá-lo mais profundamente. Observemos a figura abaixo e a análise das grandezas envolvidas no decorrer do tempo:

Esse tipo de oscilação corresponde ao chamado sistema “ massa mola”, um dos modelos utilizados na análise de movimentos oscilatórios

Figura 1 - Variações das grandezas físicas no decorrer da oscilação

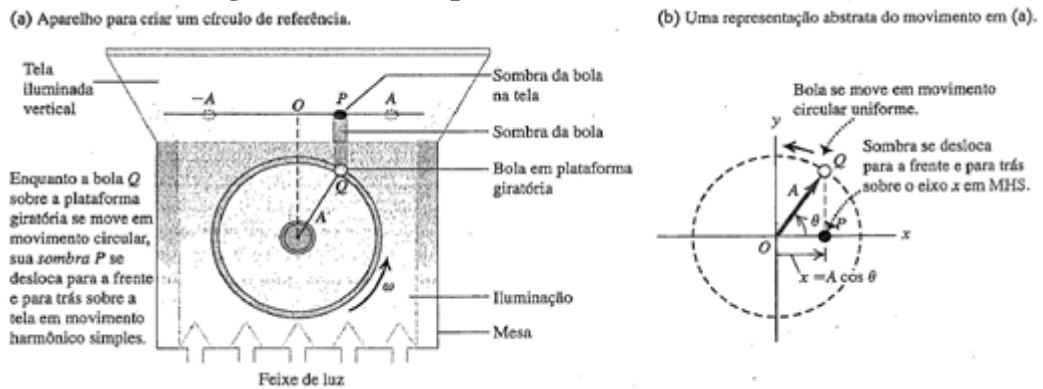


Fonte: Young; Freedman, 2008, p. 44.

Na figura acima estão dispostas características das grandezas cinemáticas posição, velocidade e aceleração para algumas posições ao longo da trajetória do corpo.

O comportamento periódico das grandezas no decorrer do tempo nos leva a uma analogia com as funções periódicas seno e cosseno, que por sua vez nos remetem ao movimento circular:

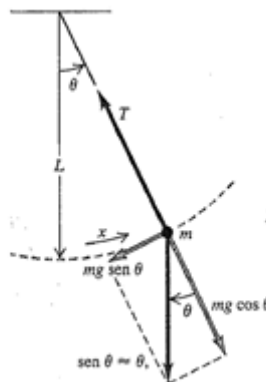
Figura 2 - Vista superior do Movimento Circular



Fonte: Young; Freedman, 2008, p.39.

Outro tipo de movimento periódico presente em nossa realidade é o movimento pendular. Por isso devemos abordar os aspectos fundamentais do Pêndulo Simples:

Figura 3 - Movimento do Pêndulo Simples projetado em um plano



Fonte: Adaptado de Young; Freedman, 2008, p.53.

Nesse caso, a força restauradora será a componente tangencial da massa oscilante:

Eq. (3)

$$F = -mg \sin \theta$$

Como para pequenas oscilações $\sin \theta \approx \theta$, temos:

$$F = -mg\theta$$

no entanto, $x = L \sin \theta$ ou $x = L \theta$, então:

Eq.(4)

$$F = -\frac{mg}{L}x$$

Como, $k = \frac{mg}{L}$ e dado que $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$, fica:

Eq. (5)

$$\omega = \sqrt{\frac{mg/L}{m}} = \sqrt{\frac{g}{L}}$$

A frequência e o período são:

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{L}}$$

Eq.(6)

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{1}{f} = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

Oscilações Forçadas e Ressonância

Quando a oscilação natural de um sistema sofre ação de uma força externa de mesma frequência dessa oscilação natural a amplitude do movimento tende a aumentar progressivamente, provocando o fenômeno denominado Ressonância.

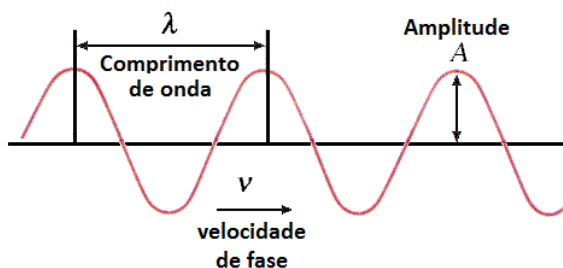
Ou ainda, nas palavras de Paul A. Tipler: “Quando a frequência de excitação é igual à frequência natural do oscilador, a energia absorvida pelo oscilador é máxima. Por isso, a frequência natural do sistema é denominada frequência de ressonância do sistema” (TIPLER, 2000, p.396).

Uma das aplicações do fenômeno mais conhecidas e utilizadas é a Ressonância Magnética, tendo se mostrado em nosso trabalho um tema estratégico como ponto de partida para discussão do assunto.

Representação de uma onda e suas características

As oscilações podem produzir ondas. Segundo Sears: “Uma onda surge quando um sistema é deslocado da sua posição de equilíbrio e a perturbação se desloca ou se propaga de uma região para outra do sistema” (YOUNG, 2008, p. 103).

Figura 3 - Elementos de uma onda



Fonte: Arquivo da internet Disponível em:

<<http://engenharia.unipinhal.edu.br/ondas/transversais/transversais.html>>. Acesso em: 20 jun. 2016.

Deduzimos a partir daí uma equação para a velocidade de propagação dessa onda:

Eq. (7)

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Ou seja,

Eq. (8)

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

Como: $T = 1/f$, temos:

Eq. (9)

$$v = \lambda \cdot f$$

REFERÊNCIAS

BOAL, Augusto. **Técnicas latino-americanas de teatro popular**: uma revolução copernicana ao contrário. São Paulo: Hucitec, 1979.

_____. **Teatro do oprimido e outras poéticas políticas**. 8 ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2008.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert. **Física**. 4^a. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 1991.

LUFKIN, Robert B. **Manual de Ressonância Magnética**. 2^a ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1990.

MAZZOLA, Alessandro A. Ressonância magnética: princípios de formação da imagem e aplicações em imagem funcional. **Revista Brasileira de Física Médica**, v. 3, n. 1, p. 117-129, 2009. Disponível em: <<http://www.rbfm.org.br/index.php/rbfm/article/view/51/v3n1p117>>. Acesso em: 8 ago. 2015.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de Física Básica 2**. São Paulo: Edgard Blücher, 1981.

TIPLER, Paul Allen. **Física para cientistas e engenheiros**: Mecânica, Oscilações e Ondas, Termodinâmica. 4. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

YOUNG, Hugh. D.; FREEDMAN, Roger. A. **Física II**: Termodinâmica e ondas. 12^a ed. São Paulo: Addison Wesley, 2008.