



FACULDADE DE EDUCAÇÃO E MEIO AMBIENTE

RICARDO VANJURA FERREIRA

**ONDA SONORA:
DOS CONCEITOS BÁSICOS ÀS APLICAÇÕES
TECNOLÓGICAS**

Ariquemes-RO

2012

RICARDO VANJURA FERREIRA

**ONDA SONORA:
DOS CONCEITOS BÁSICOS ÀS APLICAÇÕES
TECNOLÓGICAS**

Monografia apresentada ao curso de Graduação em Licenciatura em Física, da Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA, como requisito parcial a obtenção do título de Licenciado em Física.

Prof. Orientador: Ms. Gustavo José Farias.

Ariquemes-RO

2012

Ricardo Vanjura Ferreira

**ONDA SONORA:
DOS CONCEITOS BÁSICOS ÀS APLICAÇÕES
TECNOLÓGICAS**

Monografia apresentada ao curso de Graduação em Licenciatura em Física, da Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA, como requisito parcial a obtenção do título de Licenciado.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Orientador Ms. Gustavo José Farias
FAEMA – Faculdade de Educação e Meio Ambiente

Prof. Ms. Thiago Nunes Jorge.
FAEMA – Faculdade de Educação e Meio Ambiente

Prof.ª Ms. Nathália Viera Barbosa
FAEMA – Faculdade de Educação e Meio Ambiente

Ariquemes, 29 de junho de 2012

AGRADECIMENTOS

A toda minha família em especial minha mãe Helena Vanjura Ferreira.

Aos meus irmãos, OtonRafael, Renato e Raquel.

A minha avóHelenaRuthes e meu avo Antônio.

Agradeço também a minha namorada Ana Paula,e seus pais Valdir e Noemi.

A todos os professores que me ensinaram desde o primário. Minha primeira professora do colegial Lindamar. Ao meu professor orientador Gustavo José Farias.

Agradeço também a todos meus amigos.Lailson, Rodrigo, Douglas, Vinicius, VitoreLudevaldo.

Agradeço também a Ruth por sempre me dar uma força nas atividades.

"A percepção do desconhecido é a mais fascinante das experiências. O homem que não tem os olhos abertos para o misterioso passará pela vida sem ver nada".

EINSTEIN

RESUMO

A onda sonora é o meio de comunicação natural mais utilizado por seres humanos e diversos animais, e começou a ser estudada pelos antigos gregos. A utilização de ondas sonoras em aparelhos tecnológicos é fundamental para diversas áreas da ciência, e como a onda varia de acordo com alguns fatores do meio, a precisão desses aparelhos se limita, pois seu funcionamento depende da emissão de ondas e a recepção das mesmas (eco). Havendo alteração na propagação dessas ondas o eco pode muitas vezes não ser registrado pelo dispositivo, e o desvio das ondas sonoras pode deixar pontos chamados zona de sombra por onde não passa nenhum feixe sonoro. A partir do século XX a propagação de ondas sonoras na água foi usada com mais frequência para mapeamento do fundo dos oceanos e identificação de obstáculos submersos. O desenvolvimento do ultra-som se expandiu e resultou na criação da ultra-sonografia, muito utilizada atualmente na medicina como técnica de diagnóstico.

Palavras-chave: Onda sonora, Ultra-Som, Sonar.

ABSTRACT

The sound wave is the most natural means of communication used by humans and many animals, and began to be studied by the ancient greeks. A use of sound waves in technological devices is essential for many areas of science, and as the wave varies with some environmental factors, the accuracy of these devices is limited because its operation depends on the wave emission and reception of the same (echo). With alterations in the propagation of these waves echo can sometimes not be recorded by the device, and the deviation of the sound waves can leave dots called shadow zone where no sound beam does not pass. From the twentieth century the propagation of sound waves in water was used more frequently to the ocean floor mapping and identification of obstacles submers. O desenvolvimento ultrasound has expanded and resulted in the creation of ultrasound, currently used in medicine as a diagnostic technique.

Key words: Sound wave, Ultrasound, Sonar.

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Módulo de compressibilidade do fluido.....	14
Equação 2: Módulo de elasticidade volumétrica.	15
Equação 3: Densidade de um fluido.....	15
Equação 4: Variação de densidade.....	15
Equação 5: Módulo de elasticidade volumétrica.	15
Equação 6: Velocidade de uma onda transversal em uma corda	17
Equação 7: Velocidade do som.....	17

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	09
2 OBJETIVOS	10
2.1 OBJETICO GERAL	10
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
3 METODOLOGIA	11
4 REVISÃO DE LITERATURA	12
4.1 AS PRIMEIRAS INVESTIGAÇÕES	12
4.2 NATURESA DO SOM	13
4.3 INFRA-SOM E ULTRA-SOM	13
4.4 RELAÇÃO DENSIDADE PRESSÃO	14
4.5 VELOCIDADE DO SOM	16
4.6 REFRAÇÃO DO SOM	18
4.7 SONAR	19
4.8 SOMBRA SONORA NA ÁGUA	19
4.9 ULTRA SONOGRAFIA	20
CONSIDERAÇÕES FINAIS	22
REFERÊNCIAS	23

INTRODUÇÃO

Aparelhos com base em onda sonora são usados frequentemente por profissionais de diversas áreas da ciência. Como a onda eletromagnética penetra na água somente a profundidades próximas de 100 metros, assim são completamente absorvidas pela mesma. Somando-se a isso, dispositivos radioativos comprometem a saúde das pessoas, como, por exemplo, os Raios-x, muito utilizados para diagnósticos clínicos, que dosados de forma não regulada, podem acarretar danos à saúde dos pacientes.

Em pequenas doses, a exposição à radiação não oferece riscos à saúde: o corpo tem tempo suficiente para substituir as células que eventualmente tenham sido alteradas ou destruídas. Mas a partir de uma certa dosagem, a associação entre radiação e câncer aparece. (PIRES)

A eficácia de aparelhos que utilizam a onda sonora para identificar obstáculos submersos, leitura e mapeamento dos oceanos é fundamental para navegação e começou a ter avanços tecnológicos a partir da segunda guerra mundial, com o dispositivo sonar. Esse que deu origem a ultra-sonografia aparelho muito utilizado na análise do interior do corpo humano fundamental na medicina como técnica de diagnóstico. (ARAGÃO 2006).

Na navegação existem fatores que modificam a propagação da onda sonora. Ondas sonoras são ondas longitudinais, associadas a uma variação de pressão, ou seja, ela se propaga devido a compressões e rarefações do meio, por esse motivo o comportamento dessas ondas se altera devido a variações de pressão que o meio é submetido, como também, mudança de temperatura e salinidade da água. Tornando dispositivos como o sonar, limitados. (NUSSENZVEIG 2002).

Esse trabalho é elaborado em cima de revisão bibliográfica a fim de proporcionar um conhecimento básico sobre o comportamento das ondas sonoras de acordo com as condições do meio em que ela se propaga e a utilização de alguns dispositivos tecnológicos com base nessas ondas que são significativas em diversas áreas da ciência. (MARQUES [2011]?).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOGERAL

Fazer uma revisão bibliográfica sobre onda sonora e sua utilização em dispositivos tecnológicos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Relacionar a velocidade do som com o módulo de elasticidade volumétrica do meio;
- Mostrar os chamados “pontos de sombra” de ondas sonoras;
- Apresentar alguns importantes aparelhos tecnológicos com base em ondas sonoras;

3 METODOLOGIA

O presente trabalho foi elaborado em cima de revisão bibliográfica e foi iniciado no primeiro semestre de 2012. Utilizou-se livros didáticos, artigos científicos e sites especializados da Internet. Utilizou-se artigos nas áreas de Física, Geofísica, Medicina e Robótica publicados no período de 2000 á 2009.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 AS PRIMEIRAS INVESTIGAÇÕES

Os antigos gregos foram os primeiros a escrever sobre estudos referentes ao som, esses escritos eram principalmente relacionados aos seus instrumentos e escalas musicais. Pitágoras, em 550 a. C., estudou as leis das vibrações usando uma arpa de uma corda, observando as consonâncias entre os intervalos.

O som foi estudado pelos romanos que utilizaram conhecimento dos gregos para ampliar seus conhecimentos sobre o som. O primeiro tratado sobre a construção acústica foi escrita por Vitruvius 50 a. C. Mas o som só se tornou efetivamente um ramo científico da física no século XVII com Galileu, que em 1638 publicou seu trabalho que havia escrito muito antes onde enunciou as leis de vibração das cordas e os princípios de ressonância, através das observações feitas sobre o vultear dos sinos das igrejas e das lâmpadas penduradas na catedral de Pisa.

A verdadeira acústica foi, no entanto, iniciada com Newton, em sua obra Principia, em 1687. Newton demonstrou que a velocidade das vibrações longitudinais é diretamente proporcional à raiz quadrada da razão da elasticidade pela densidade, deduzindo então o valor isotérmico da velocidade do som no ar.

Depois desses tratados houve muitos outros estudos relacionados ao som com Halley e Flamsted, que fizeram experiências em Greenwich para ter precisão da velocidade publicada por Newton. Cerca de cem anos depois, Pierre Simon Laplace (1749-1827), matemático e físico francês, deu concordância ao resultado com as experiências de Greenwich.

Por volta de 1800, Ernest Chladin (1756-1827) físico alemão, determinou a velocidade do som nos gases, usando tubos de órgãos cheios de gases. Ernest Heinrich Weber (1795-1878), fisiologista alemão, juntamente com Gustav Fechner (1801-1887), providenciaram as bases experimentais que levaram ao enunciado da lei de Weber-Fechner da percepção sensorial. E em 1825, com seu irmão mais velho, publicou o tratado sobre ondas "Die Wellenlehre auf Experimente Gegrundet". (ARAGÃO 2006).

4.2 NATUREZA DO SOM

Para que se possa ouvir sons, é preciso que ondas sonoras se propaguem através de um meio material, sendo assim, elas são chamadas de ondas mecânicas. Essas ondas são produzidas por corpos em vibração e caso não haja esse meio material, não será possível a propagação das mesmas, como por exemplo, no vácuo, onde é impossível a propagação de uma onda sonora.

O som se propaga em qualquer meio material seja ele sólido ou fluido. No entanto, no cotidiano das pessoas os sons são identificados com mais frequência na atmosfera, mas também podem ser ouvidos embaixo d'água ou até mesmo no solo, colocando o ouvido na terra podem-se ouvir sons vindos de longas distâncias, como o de um tropel de cavalos. (NUSSENZVEIG 2002).

A sensação sonora no ser humano é provocada por ondas de frequências compreendidas entre 20 Hz a 20 KHz (20.000 Hz), se a onda não estiver dentro desses limites, ao atingir o ouvido de uma pessoa, a mesma não provocará nenhuma sensação auditiva. (MÁXIMO; ALVARENZA 2005).

Como foi comentado acima, a onda sonora é uma onda mecânica. Existem dois tipos de ondas mecânicas, as transversais e as longitudinais, sendo distinguidas por sua propagação. As transversais se propagam perpendicularmente às oscilações e as longitudinais se propagam na mesma direção das oscilações. As ondas sonoras são compreendidas como qualquer onda longitudinal, pois sua propagação ocorre na mesma direção das oscilações. (HALLIDAY 2009).

4.3 INFRA-SOM E ULTRA-SOM

Os conceitos de infra-som e ultra-som estão diretamente ligados aos limites da sensação sonora do ser humano. Onde frequências abaixo de 20 Hz, frequência mínima perceptível pelas pessoas, denomina-se infra-som, e frequências acima de 20 KHz, frequência máxima perceptível pelas pessoas, denomina-se ultra-som. (HALLIDAY 2009. V.2).

Há alguns animais capazes de perceber e outros capazes de perceber e emitir ondas de ultra-som, como por exemplo os cachorros, que são capazes de perceber ondas sonoras com frequência de até 50 KHz, e os morcegos, capazes de

emitir e perceber sensações sonoras de até 120 KHz, possibilitando também seu voo noturno. Os morcegos emitem essas ondas de altas frequências e captam o reflexo das mesmas para se guiarem, desviando de obstáculos e identificando suas presas, sistema parecido com o sonar usado nos navios e submarinos para identificar obstáculos submersos ou sondar a crosta terrestre em busca de petróleo. (MAXIMO; ALVARENZA 2005).

4.4 RELAÇÃO DENSIDADE PRESSÃO

Uma das características dos fluidos é sua capacidade de compressão. Nos gases essa capacidade é maior do que nos líquidos. Podemos observar que quando há um aumento de pressão à que certo corpo está sujeito, há uma diminuição de seu volume. O gás de cozinha quando submetido a uma pressão muito grande se comprime diminuindo seu volume até certo ponto onde ele se liquefaz. Existe uma expressão matemática que expressa uma mudança de densidade pela variação de pressão, onde a massa de um fluido ocupando um volume diminui com o acréscimo de pressão no mesmo. Essa equação para variações infinitesimais é (NUSSENZVEIG 2002):

$$K = -\frac{\frac{\Delta V}{V}}{\Delta P}$$

Equação 1: Módulo de compressibilidade do fluido.

Onde K é o módulo de compressibilidade, quanto maior o valor de K mais compressível é o meio material e $-\frac{\Delta V}{V}$ é a magnitude da variação percentual de volume correspondente e ΔP é a variação de pressão. Quando maior a compressibilidade do fluido maior será a variação de volume provocada pela variação de pressão. Neste caso maior será o valor K.

Como um fluido se comprime de acordo com o aumento da pressão, ele também se rarefaz com a diminuição da mesma, tornando-se menos densos. A equação que descreve isso é chamada de módulo de elasticidade volumétrica B, que é o inverso de K.

$$B = \frac{1}{K} = -\frac{\Delta P}{\Delta V/V}$$

Equação 2: Módulo de elasticidade volumétrica.

A densidade ρ de um fluido é sua massa (M) dividida pelo seu volume (V):

$$\rho = \frac{M}{V}$$

Equação 3: Densidade de um fluido.

Então uma variação da densidade, mantendo-se a massa constante, pode ser escrita da seguinte forma:

$$\Delta\rho = -M \frac{\Delta V}{V^2} = -\rho \frac{\Delta V}{V}$$

Equação 4: Variação de densidade.

assim o módulo de elasticidade B pode ser escrito como:

$$B = \rho \left(\frac{\Delta P}{\Delta\rho} \right)$$

Equação 5: Módulo de elasticidade volumétrica.

4.5 VELOCIDADE DO SOM

A onda sonora tem sua velocidade relacionada ao meio no qual ela se propaga. Quanto mais próximas as partículas desse meio estiverem uma das outras mais facilmente a onda se propagará. Por esse motivo o som se propaga com uma velocidade maior nos sólidos. Nos líquidos as partículas se encontram mais afastadas, então a velocidade será menor do que nos sólidos. E nos gases as

partículas estão ainda mais afastadas então a velocidade será ainda menor. A tabela abaixo relaciona a velocidade do som com vários meios materiais.

Tabela 1: Velocidade do som em alguns meios

Meio material	Velocidade do som (m/s)
Ar	340
Álcool	1200
Água	1450
Cobre	3560
Vidro	4540
Alumínio	5000
Ferro	5200

Fonte: (Carlos Barros, Wilson Roberto Paulino).

A variação de temperatura no meio também influencia na velocidade do som, principalmente nos gases, quando as moléculas se agitam e facilitam a propagação dessas ondas. (BARROS;WILSON 2004).

É comum vermos um relâmpago e após alguns segundos escutarmos um trovão. Acontece que o trovão é originado pelo relâmpago ea velocidade do som é menor do que a velocidade da luz. A velocidade do som no ar como mostrada na tabela acima a uma temperatura de 15°C é 340 m/s ou 1.224 km/h, enquanto a velocidade da luz no ar é aproximadamente 300.000 km/s.

A amplitude de uma onda sonora depende da energia que ela transporta. E a frequência tanto da onda quanto da fonte emissora não depende do meio no qual essa onda se propaga. Já a velocidade v e o comprimento de onda λ da onda sonora muda de acordo com as características do meio. Portanto quando a onda sonora muda seu meio de propagação sua velocidade e comprimento se alteram, mas sua frequência mantém-se constante. (RAMALHO JUNIOR; FERRARO; SOARES 2003).

A velocidade do som ou de qualquer onda mecânica depende tanto das propriedades inerciais como das propriedades elásticas do meio. Inerciais para armazenar energia cinética, e elástica para armazenar energia potencial. Onde τ é a propriedade elástica, e, μ propriedade inercial.

Significativamente escrevemos a velocidade de uma onda transversal em uma corda como:

$$v = \sqrt{\frac{\tau}{\mu}}$$

Equação 6: Velocidade de uma onda transversal em uma corda

A energia potencial de uma corda esticada está associada à deformação periódica dos elementos da mesma quando a onda passa por eles. Quando a onda sonora se propaga no ar a energia potencial está associada com a compressão e rarefação de pequenos elementos de volume do ar. E como já sabemos o módulo de elasticidade volumétrica B de um fluido de acordo com a pressão. Podemos escrever a equação da velocidade do som como

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}}$$

Equação 7: Velocidade do som

A água é muito mais incompressível do que o ar, portanto seu módulo de elasticidade volumétrica é muito mais de 1000 vezes maior que a do ar. Por esse motivo a onda sonora se propaga muito mais rápida na água do que no ar. (HALLIDAY 2009 V.2).

4.5.1 REFRAÇÃO DO SOM

A refração é um fenômeno que acontece em qualquer propagação ondulatória e é difícil de ser notada. A refração do som pode acontecer em dias quentes na praia por exemplo. Com a areia quente o ar se expande aumenta seu volume e diminui sua densidade ocasionando um aumento na velocidade do som e o desvio do mesmo pela refração. Esse desvio pode deixar então uma sombra sonora. Por isso muitas vezes na praia em dia quente quando se deita na areia aparenta um grande silêncio como mostra a figura 1.

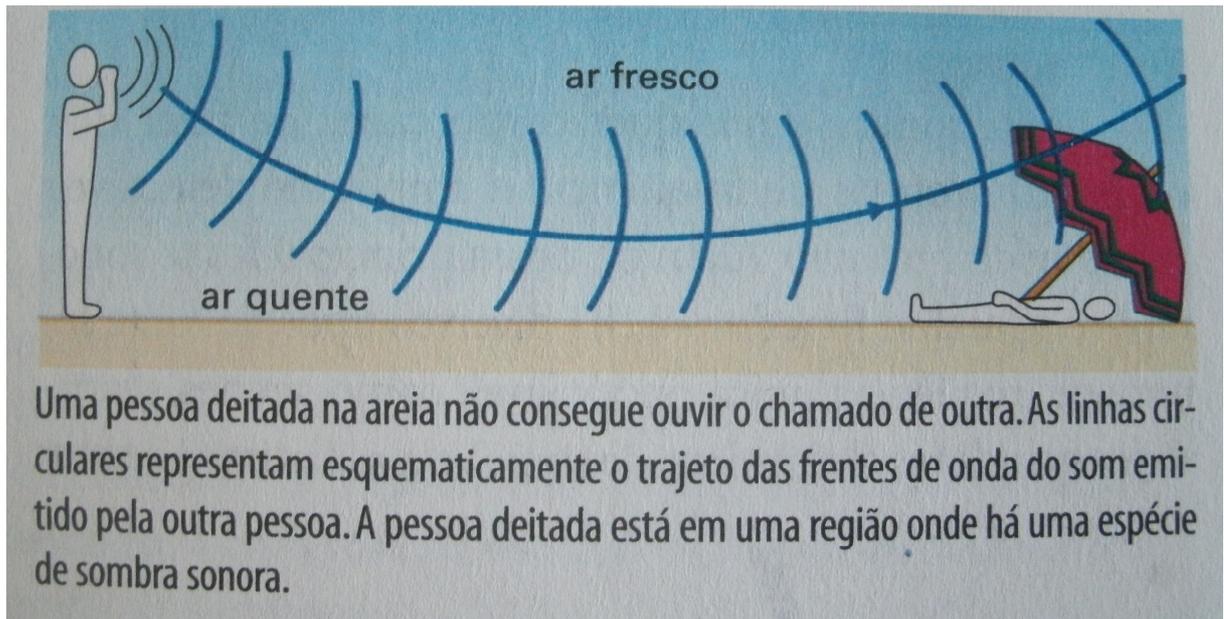


Figura 1: Sombra sonora pela refração do som (Alberto Gaspar 2005).

Na água pontos de sombra servem como pontos estratégicos para submarinos, estes se mantêm nesses pontos para não serem detectados pelo sonar dos navios podendo então armar uma emboscada.

Como a pressão atmosférica aumenta 1atm a cada 10m, a altas profundidades a variação dessa pressão será consideravelmente grande. E isso resultara numa variação de velocidade da onda sonora e no desvio da mesma que também está relacionada a outros fatores. (GASPAR 2005).

4.5.2 SONAR

O sonar é um aparelho que detecta e localiza alvos. Normalmente os alvos dos sonares estão submerso na água, a propagação de ondas eletromagnéticas na água são fortemente diminuídas então o sonar tem mais eficácia por usar ondas de som e ultra-sons. O sonar é muito utilizado em submarinos para detectar barcos em suas proximidades e tem como componente um hidrofono, que recebe as vibrações mecânicas das ondas sonoras e as transforma em impulsos elétricos da mesma frequência detectados por escutas telefônicas. A velocidade do som na água do mar é de 1530 m/s, calcula-se então o intervalo de tempo da emissão dos impulsos sonoros até a chegada dos ecos. (ARAGÃO 2006).

O sonar de varredura lateral muito utilizado na geofísica mapeia as baías como a baía de Guanabara – RJ. Permitindo delimitar áreas e fazer estudos aprofundados na compreensão dos sedimentos encontrados nessas áreas. (QUARESMA; BAPTISTA NETO.2000).

A geofísica já provou ser uma importante ferramenta para a investigação indireta do fundo e subfundo marinho pela qualidade de seus resultados e pela facilidade de aplicação de seus métodos. (JUNIOR 2009)

Pesquisar e mapear o fundo dos oceanos é uma tarefa difícil quando nos tratamos de profundidades consideravelmente altas. Alguns métodos para essa prática é estudada na área da robótica, são desenvolvidos robôs computadorizados para se moverem em ambientes desconhecidos utilizando o ultra-som. (OTTONI 2003).

4.5.3 SOMBRA SONORA NA ÁGUA

A propagação das ondas sonoras tem sua direção relacionada com algumas condições do meio. As camadas termais são de grande influência nessa propagação pela brusca mudança de temperatura, desviando essas ondas para cima e para baixo deixando então zonas de sombra como mostrado na figura 2.

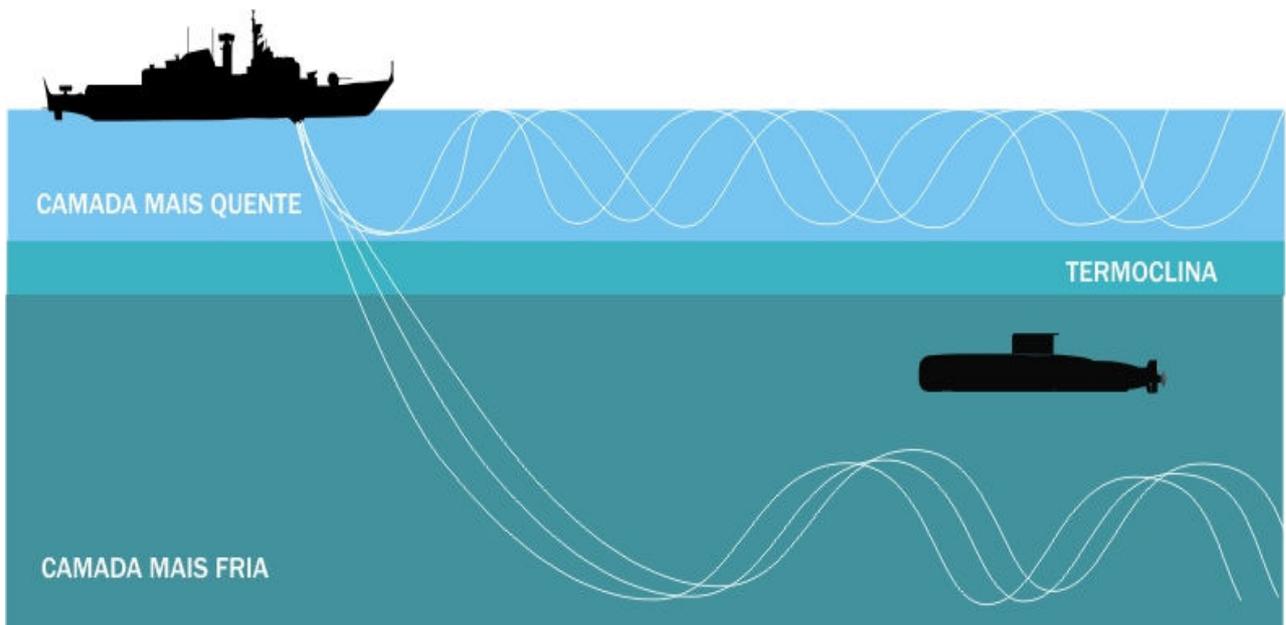


Figura 2: Sombra sonora devido à mudança de temperatura da água(naval.com.br).

Esses pontos conhecidos como zona de sombra podem ser usados como ponto estratégico de submarinos para se ocultarem dos sonares de navios. O sonar passivo de um submarino tem sua capacidade até duas vezes maior do que o sonar ativo de um navio de superfície. Deixando então o submarino em vantagem de identificação desses navios. (GALANTE 2009).

Aparelhos de leitura e mapeamento dos oceanos estão sujeitos a falhas, como aconteceu com um submarino Britânico e outro Francês no Oceano Atlântico no dia 16 de fevereiro de 2009. Um acidente que poderia ter terminado em tragédia, pois ambos transportavam material nuclear e uma tripulação de aproximadamente 120 marinheiros. Segundo relatos o radar de ambos submarinos não conseguiu detectar outro submarino nas proximidades. (GALANTE 2009).

4.5.4 ULTRA-SONOGRAFIA

A formação de imagens na tela de um monitor está associada ao eletromagnetismo e a óptica. Os ultra-sons emitidos são refletidos ao se chocarem com algum obstáculo, sendo então o eco captado por microfones cujo funcionamento tem como base cristais que ao serem pressionados por essas ondas, geram correntes elétricas. Esse fenômeno permite a transformação do eco captado dessas ondas em energia elétrica que são interpretadas por dispositivos eletrônicos, e formam imagens na tela de um monitor como mostra a figura 3. (GASPAR 2005).



Figura 3: Imagem de um feto obtida pela técnica de ultrassonografia(<http://www.brasilecola.com/fisica/ultrassom.htm>)

O sonar é à base da ultra-sonografia usada como técnica de diagnóstico em medicina. A necessidade de ter um estudo mais detalhado do interior do corpo humano fez com que se desenvolvessem essas técnicas. As imagens ultra-sonografia dependem da propriedade acústica dos tecidos recíproca a ação das ondas sonoras. (ARAGÃO 2006).

A ultra-sonografia utilizada atualmente em alguns hospitais tem imagens em 3D e sua precisão é maior na localização de uma determinada lesão ou um volume em expansão, assim como a tomografia computadorizada (TC) e ressonância magnética (MRI). (MUÑOZAGEL; LORENZO 2005).

Atualmente, graças aos avanços tecnológicos e com o advento e aprimoramento da técnica tridimensional, temos disponível a ultra-sonografia tridimensional (US 3D) como novo método diagnóstico. (MUNOZAGEL. 2005).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A onda sonora é de extrema importância para o ser humano e a utilização dessas ondas teve grande avanço tecnológico. É comum se deparar com aparelhos com base em onda sonora nos hospitais, navios e trânsito. Dispositivos de ultra-som na água são fundamentais para identificar obstáculos submersos e mapear o fundo dos oceanos. Na medicina, equipamentos como ultra-sonografia, tornaram-se mais eficientes do que dispositivos com base em propriedades radioativas, já que o ultra-som causa poucos danos a nossa saúde. Para boa precisão desses aparelhos é preciso conhecer as propriedades do meio em que a onda sonora se propaga, e saber que a intervenção da natureza pode ocasionar em falhas, pois os dispositivos com base em ondas sonoras emitem essas ondas e captam seu eco. A propagação então vai depender da condição do meio que pode ocasionar desvios e o eco pode não ser registrado ou até mesmo ser registrado com algumas alterações.

REFERÊNCIAS

- ARAGÃO, Maria José. **História da Física**. Rio de Janeiro: Interciência, 2006. 224 p.
- BARROS, Carlos; WILSON, Roberto Paulino. **Física e Química**. São Paulo: Ática, 2004.
- GALANTE. **Como funciona o sonar/um pouco sobre sonar parte 2** Disponível em: <<http://www.naval.com.br/blog/destaque/7-Acesso em: <05/05/2012>>>.
- GASPAR, Alberto. **Física Volume Único**. 1. Ed. São Paulo: Ática, 2005.
- HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física**. 8. Ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2009. v. 2.
- HASE, ELIANE AZEKA. **Aplicabilidade da ultra-sonografia tridimensional em obstetrícia**. Rev. Assoc. Med. Bras. [online]. 2002, vol.48, n.3, pp. 187-187. ISSN 0104-4230.
- JUNIOR, Paulo Veronezet al. Sonar de varredura lateral e sísmica de alta resolução aplicados no estudo de ecofácies na baía de Vitória - ES. **Revista Brasileira Geof.** [online]. 2009, vol.27, n.3, pp. 411-425. ISSN 0102-261X.
- LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da; LUZ, Beatriz Alvarenga Álvares. **Física Volume 2**. São Paulo: Scipione, 2005.
- MARQUES, Domiciano: **ultrassom** Disponível em: <http://www.brasilecola.com/fisica/ultrassom.htm> Acesso em : <16/06/2012>
- MUNOZ AGEL, F. y VARAS LORENZO, M. J.. **Tridimensional(3D) ultrasonography**. Rev. esp. enferm. dig. [online]. 2005, vol.97, n.2, pp. 125-134. ISSN 1130-0108.

NUSSENZVEIG, Moysés H. **Curso de Física Básica**, vol2:Editora Edgard BlücherLtda, 2002.

PIRES, Marco Túlio. **Os-efeitos-da-radioatividade-no-corpo-humano**Disponível em: <<http://veja.abril.com.br/noticia/saude/> Acesso em:<25/06/2012>

OTTONI, Guilherme de Lima and LAGES, Walter Fetter. **Navegação de robôs móveis em ambientes desconhecidos utilizando sonares de ultra-som**. Sba Controle & Automação[online]. 2003, vol.14, n.4, pp. 402-411. ISSN 0103-1759.

MARQUES, Domiciano:**ultrassom** Disponível em: <http://www.brasilecola.com/fisica/ultrassom.htm>> Acesso em :<16/06/2012>

RAMALHO JUNIOR, Francisco; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antônio de Toledo. **Os Fundamentos da Física**. 8. Ed. São Paula: Moderna, 2003.