

APÊNDICE II

SOM

Este apêndice trata de alguns aspectos fundamentais do som, que devem ser compreendidos para uma leitura proveitosa do Guia.

◆ **II.1** Em primeiro lugar, o que é som? Som é um determinado tipo de energia que se espalha pelo ar em ondas e que é captado por um sentido especial — a audição. Bonita forma de definição, não é? Som é tudo aquilo que ouvimos. Na verdade, essa é a melhor forma de definição.

Um som é formado por ondas de compressão e descompressão nas moléculas do ar. Uma onda sonora se caracteriza por espaços onde as moléculas ficam mais comprimidas que o normal e por outros onde elas ficam mais rarefeitas que o normal (fig. **ap2.01**). Por isso ele pode ser representado num gráfico (fig. **ap2.02**). Esse gráfico mostra o quanto o ar se comprime ou se distende durante um certo tempo. E é desse gráfico que podem ser deduzidos os principais parâmetros de um som:

◆ **II.2 Freqüência** — é a quantidade de vezes que o ar é comprimido e descomprimido dentro de um certo tempo. Mais ondas significam maior freqüência; menos ondas, menor freqüência (fig. **ap2.03**). É a freqüência que nos permite distinguir sons graves de sons agudos. Sons graves têm freqüências baixas; sons agudos têm freqüências altas. A quantidade de freqüência é medida geralmente em ciclos de compressão e descompressão por segundo, ou Hertz (Hz). Num som com uma freqüência de 440 Hz o ar terá quatrocentas compressões e descompressões por segundo. Essa é a freqüência correspondente à nota lá (aproximadamente, o som que escutamos ao tirar o telefone do gancho). O ouvido humano tem um limite de audibilidade que vai de 20 Hz a 20.000 Hz. Ondas que não estejam entre esses dois limites simplesmente não serão ouvidas. A fig. **ap2.04** mostra uma tabela comparativa entre diversos sons e a audibilidade humana. Mostra também os limites de audição de morcegos, golfinhos e

gafanhotos, assim como a região de frequência da emissão de sons do cachorro e de pássaros.

◆ **II.3 Amplitude** — é a intensidade das compressões e descompressões do som. Uma amplitude maior significa uma compressão maior, e vice-versa (fig. **ap2.05**). A amplitude nos permite distinguir sons fracos de sons fortes.

◆ **II.3.1** É na medição das amplitudes que fica mais evidente uma interessante característica dos sentidos humanos, conhecida como *Lei de Fechner*. As excitações dos nossos sentidos não são comparadas entre si por valores absolutos, mas pela variação que eles proporcionam entre si. Em outras palavras, uma variação de 2 para 4 será percebida por nós como uma variação igual a 4 para 8, não de 4 para 6. É a relação de *dobro* que importa, não a variação de 2. Isso é válido para qualquer sensação; por exemplo, o aumento de luminosidade dado por duas lâmpadas ao invés de uma é igual ao dado por quatro lâmpadas ao invés de 2. É válido também no campo das frequências; uma oitava é a diferença entre uma frequência e o *dobro* dela, seja de 200 para 400 Hz, ou de 1.000 para 2.000 Hz.

◆ **II.3.2** Por isso é usada para a medição de intensidades uma unidade que relaciona relações, não valores absolutos. Um **Bell (B)** é a relação entre um som o e outro dez vezes maior que o primeiro. Assim, se temos um violino numa orquestra, e aumentamos o número de violinos em dez vezes, a intensidade do som será 1 B maior. Aumentando de 10 para 100 violinos, o aumento é de mais 1 B. O aumento de 100 para 1000 violinos é um aumento de mais 1 B etc. Note-se que, apesar do aumento gigantesco de volume (de 1 para 1000), só percebemos um triplicar de intensidade.

A unidade Bell é um valor muito grande. Por isso geralmente é usada a décima parte dela, o **decibel (dB)**. A variação de 1 dB é pouco perceptível, mas uma variação de 6 dB equivale ao dobro de volume. Usando dois alto-falantes ao invés de um, por exemplo, a intensidade do som aumenta 6 dB. O valor 0 dB é um valor convencionalmente aceito de mínima amplitude audível. A tabela da fig. **ap2.06** mostra uma comparação entre diversas intensidades e seu valor correspondente em dB.

◆ **II.4 Harmônicos** — essa é uma característica interessante não só do som como também de qualquer outra coisa que vibre. Tomemos uma corda de violão como exemplo (fig. **ap2.07**). Ela vai vibrar em todo o seu comprimento. Mas ao mesmo tempo vão haver vibrações paralelas e simultâneas na mesma corda; se olharmos para a corda vibrando o que se percebe é uma ondulação muito complexa, muito "torta". Essas vibrações paralelas ocorrem com "pontos de apoio" na metade, no terço etc dessa corda. Cada uma dessas vibrações é chamada de **harmônico**, e a soma dos diversos harmônicos que se produzem com um som vai criar uma nova

forma de onda, um novo tipo de som, como se vê na fig. **ap2.08**. São as variações entre a quantidade e o conteúdo dos diversos harmônicos que irá produzir as diferenças de timbre entre os diversos sons (fig. **ap2.08b**).

◆ **II.4.1** Sendo assim, praticamente todos os sons que ouvimos têm dezenas de componentes, de “partes”, umas graves, outras agudas. E isso é de extrema importância num sistema de som; praticamente 60% do trabalho no sistema está ligado aos graves e agudos de cada som, a como ajustar os aparelhos de forma a que esses graves e agudos soem naturalmente. As intensidades de cada parte grave e aguda do som podem ser identificados num gráfico, chamado de **espectro de frequência**. Ele mostra, em cada som, quais são as partes mais importantes do som, as graves ou as agudas (fig. **ap2.09**).

Não confunda as figuras **ap2.08b** e **ap2.09**. A primeira mostra o resultado da soma de todos os harmônicos de cada som; a segunda mostra a intensidade de cada harmônico. Isto é, a primeira mostra o todo, e a segunda, cada uma das partes. Para este Guia o gráfico do espectro de frequência é muito mais importante.

◆ **II.5 Reflexão** — é o princípio básico do comportamento de um som num ambiente fechado. As ondas sonoras saem de um determinado ponto (a *fonte sonora*) e se propagam em círculos concêntricos até atingir um obstáculo. Aí podem acontecer duas coisas: ou o obstáculo é feito de um material *isolante* acústico (tecido, fibra etc), e então as ondas serão absorvidas, ou o obstáculo é feito de um material *refletor* (madeira, concreto etc), e as ondas voltam pelo mesmo caminho de onde vieram (fig. **ap2.10**). Mais ou menos igual ao lançamento de uma pedra numa piscina: ao tocar a água a pedra cria ondas que se espalham até atingirem a borda da piscina. Dependendo de como essa borda for feita, essas ondas podem desaparecer ou voltar para o meio da piscina.

◆ **II.6 Ondas fora de fase** — esse é outro princípio acusticamente importante. Se duas ondas começam em tempos diferentes, elas vão se somar entre si e dar origem a uma terceira onda, híbrida. Diz-se que elas estão *fora de fase*. Se duas ondas estão fora de fase de tal forma que uma seja o contrário da outra, a soma delas será zero, e portanto haverá uma anulação do som (fig. **ap2.11**). A anulação de sons por ondas fora de fase é muito comum em acústica, e é um dos principais problemas que qualquer sistema de som enfrenta.

◆ **II.7** Advindo dos conceitos de reflexão e de ondas fora de fase é o conceito de **frequência de ressonância**. Mas antes de se falar nele deve-se falar no espaço percorrido por uma onda de som. O som tem uma velocidade no ar de 340 m/s. Se considerarmos que uma frequência de 440 Hz tem 440 ciclos em um segundo, esses 440 ciclos ocupam um espaço de 340 m. Assim, quando tocarmos a nota lá no piano a onda sonora percorrerá 340 m até se comprimir e descomprimir 440 vezes.

Qual seria o espaço percorrido por uma compressão e descompressão? Dividindo 440 por 340 chegamos ao valor de 1.3 metros.

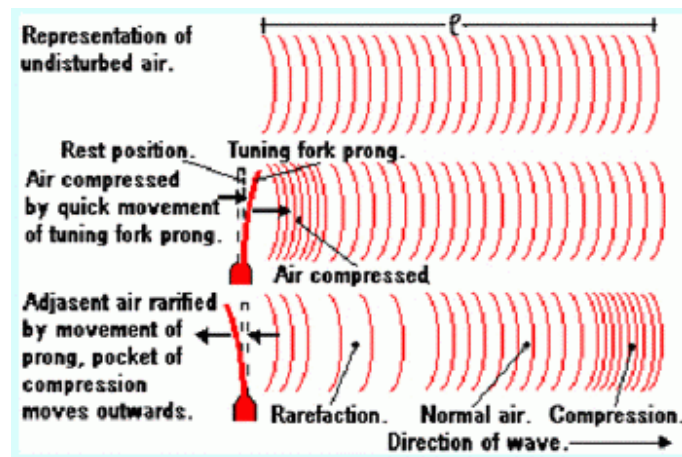
Assim, se for construída uma caixa de um metro e trinta centímetros e a nota lá for tocada dentro dessa caixa, quando atingir as paredes da caixa o som refletirá, e a onda que voltará estará exatamente em fase com a onda que está indo na direção da parede. Assim a reflexão se somará ao som normal, e o resultado será um som mais forte (fig. **ap2.12**). É isso então o significado de frequência de ressonância de um objeto: a frequência na qual as reflexões de um som dentro desse objeto estão em fase (ver **II.6**) com o som não refletido, frequência que por isso vai soar mais fortemente dentro desse objeto do que as outras.

◆ Eis aqui uma bibliografia fácil para maiores informações, e para uma lista de livros mais aprofundada:

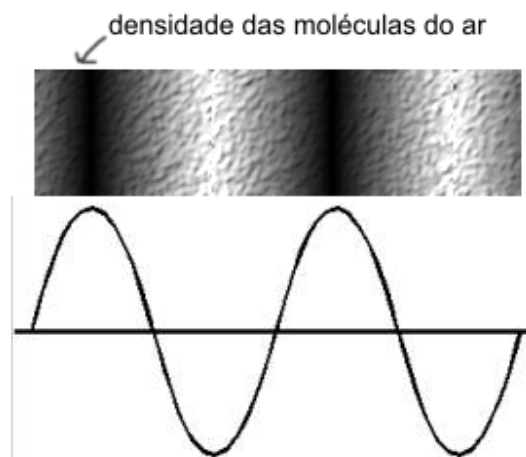
ENCICLOPÉDIA DELTA UNIVERSAL. Editora Delta, Rio de Janeiro, 1987. Verbetes *som*.

ENCICLOPÉDIA MIRADOR INTERNACIONAL. Encyclopaedia Britannica do Brasil, São Paulo, 1984. Verbetes *vibração*.

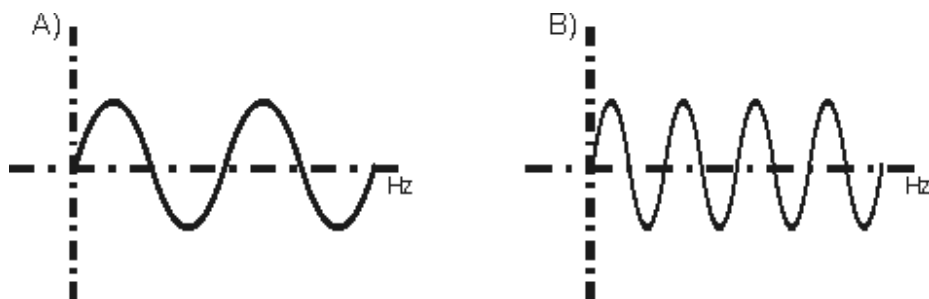
FRANCISCO RAMALHO JÚNIOR e outros. **Os fundamentos da física.** Editora Moderna, São Paulo, 1981. Volume 2 — *Ondas*.



ap2.01: o som como ondas de compressão e descompressão. No exemplo, a baqueta faz a pele da bateria, com sua vibração, comprimir e descomprimir o ar várias vezes;

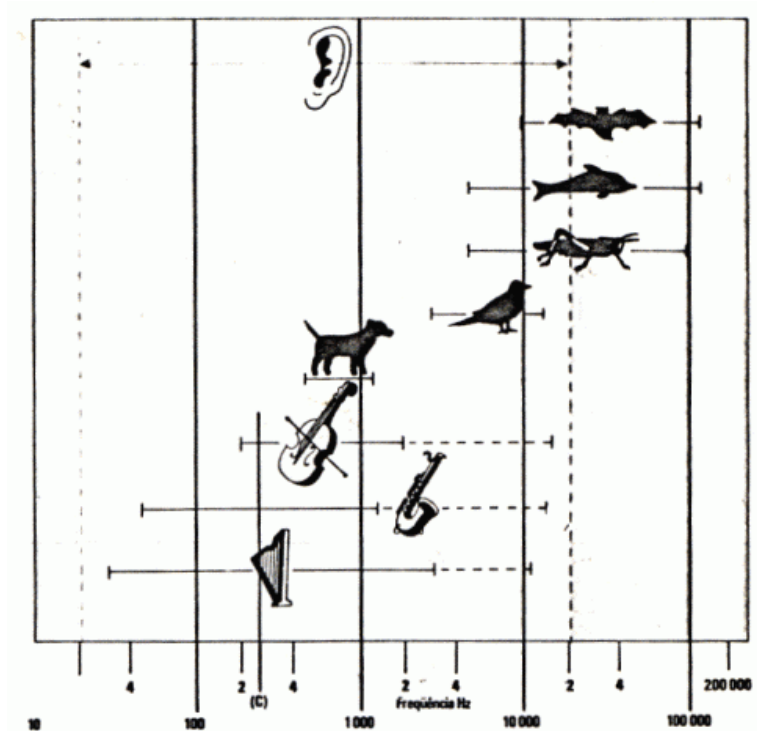


ap2.02: representação das ondas sonoras por um gráfico;

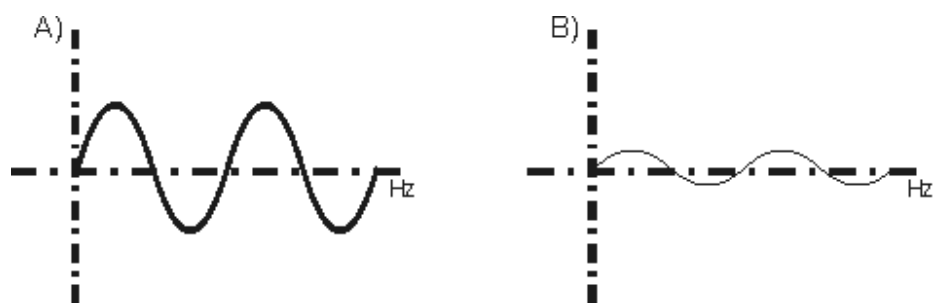


ap2.03: frequência:

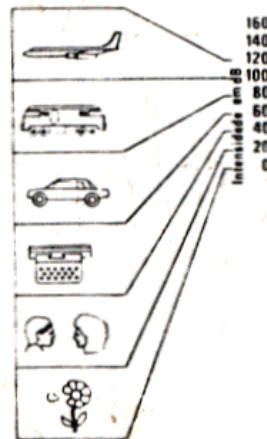
- A) frequência baixa (som grave);
- B) frequência alta (som agudo);



ap2.04: exemplos práticos de sons quanto à frequência;



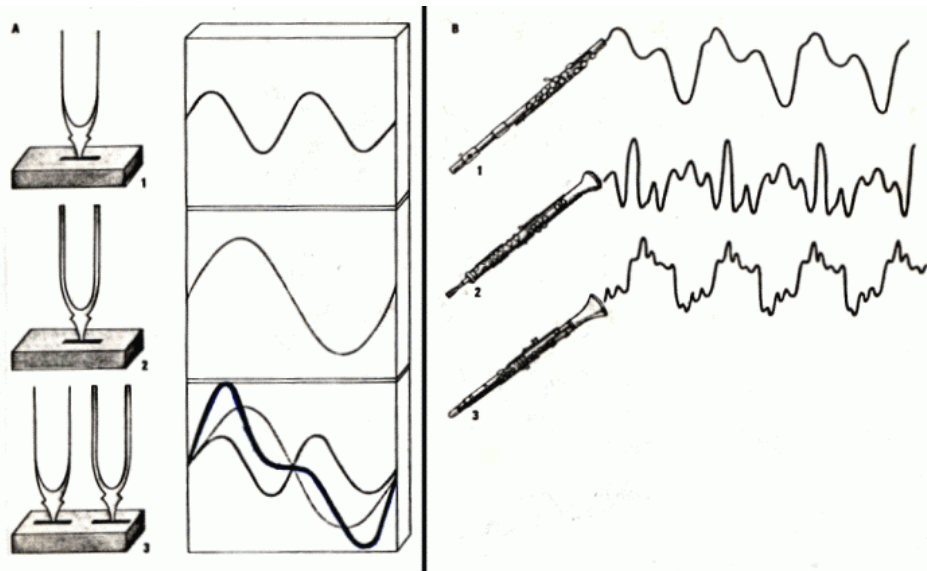
ap2.05: amplitude:
A) amplitude baixa (som fraco);
B) amplitude alta (som forte);



ap2.06: exemplos práticos de intensidade em dB;

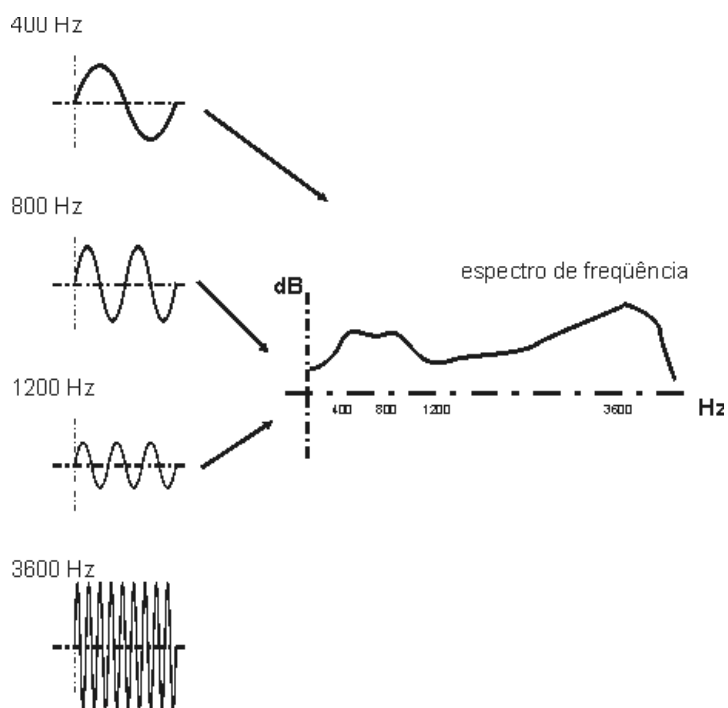


ap2.07: representação de cada um dos harmônicos de uma corda vibrando;

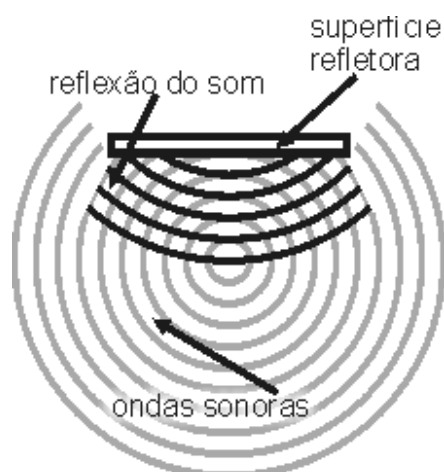


ap2.08:

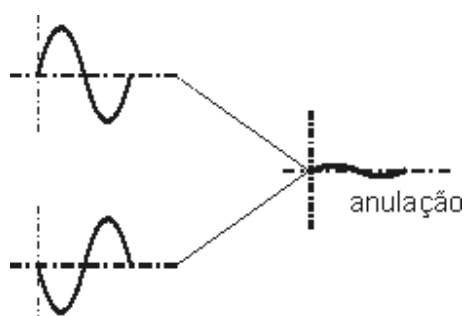
- A) quando dois sons se somam (como o som de dois diapasões separados por uma oitava), o resultado é um terceiro som, diferente dos dois primeiros;
- B) a soma de harmônicos diferentes vai formar os timbres diferentes de uma flauta (1), um oboé (2) e um clarinete (3);



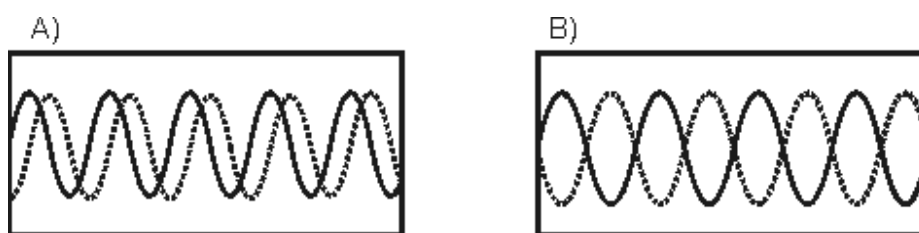
ap2.09: gráfico do espectro de frequências de um som com quatro harmônicos principais;



ap2.10: reflexão do som;



ap2.11: anulação de sons fora de fase;



ap2.12:

- A) nas frequências comuns o som refletido está fora de fase com o som direto;
B) na frequência de ressonância o som refletido está em fase com o som direto.