

# AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES ELETRO-ACÚSTICAS PARA GRAVAÇÃO E REPRODUÇÃO SONORA

Alexandre Klausing Castro  
Aquário Project Ltda.  
Rua Célio de Castro, 863 – Floresta  
CEP:31.110-000 – Belo Horizonte – MG  
Tel/fax: (31) 3423 3399 / (31) 3442 0342  
E-mail: aquarioproject@uol.com.br

**Resumo** - Proporcionar uma gravação ao vivo durante o SemEA, com músicos de primeira linha do cenário belorizontino e análises de gravações de qualidade produzidas no país e exterior, com uma visão geral do conceito de som desde a sua geração, propagação, captação, distribuição, processamento, amplificação e monitoramento até a obtenção do produto final que permita trabalhar dentro dos padrões profissionais exigidos pelo mercado e legislação.

**Abstract:** To provide a live recording during the SemEA, with musicians of first string in the scene of Belo Horizonte and analysis of quality recordings produced in and out the country with, a general view of the concept of sound since it generation, propagation, caption, distribution, processing, amplification and monitoring to attain the final product that will permit working in the professional standards required in the market and in the legislation.

## I. INTRODUÇÃO

O mercado que envolve áudio e acústica no Brasil foi um dos que mais cresceu nos últimos tempos. Mas tal crescimento não ocorreu de forma proporcional ao crescimento do nível de ruído ambiental que as máquinas proporcionaram ou a preocupação dos consumidores e fabricantes com a qualidade e baixo custo.

A indústria, o comércio e a cultura perceberam que precisam de capacitação de pessoal para atuar na área pois, todos os setores da humanidade como saúde, artes, telecomunicações, etc., envolvem de alguma maneira áudio e acústica. Temos que nos capacitar buscando nas bases da natureza, ferramentas e artifícios eletro-acústicos para o desenvolvimento de nossos próprios produtos e não somente atuarmos como meros usuários de equipamentos.

Com conhecimento técnico-científico em eletro-acústica, consegue-se na prática, fonogramas de altíssimo nível. Vamos focar nos diversos fatores que

afetam a integridade original de uma fonte sonora e tomaremos alguns cuidados para que estes fatores sejam atenuados e o sinal de áudio no registro, se torne o mais próximo da sensação conseguida em uma apresentação ao vivo. Tudo que engloba neste registro, principalmente o Timbre, Dinâmica e Profundidade têm de soar natural ou seja, com fidelidade.

O gosto pessoal do ouvinte, a composição da obra, a qualidade dos músicos, ou se o produtor musical quer transformar o som original em outro, também são fatores que influem substancialmente na qualidade da obra, mas estes aspectos não serão abordados neste caso.

Um engenheiro de áudio capacitado e com bom senso criativo, é o elo mais importante no investimento em equipamentos e materiais que formam a corrente de áudio. Podemos resolver casos com boa relação custo-benefício quando estivermos cientes da imprescindibilidade de fatores como as condições acústicas do ambiente, aterramento, blindagem, estabilizadores, no-breaks, afinadores, transdutores, cabeamentos, conectores, prés, consoles, conversores, gravadores, filtros, processadores, distribuição, amplificadores, monitores e climatização.

No século XX iniciou-se uma evolução abrupta nos materiais eletro-eletrônicos sendo que hoje, qualquer pessoa pode ter ou manipular um estúdio de produção de áudio e vídeo em casa, com alta qualidade, enviar o trabalho para quem quiser no planeta, via internet, graças à genialidade dos seres humanos que contribuíram na evolução do áudio e da acústica desde os gregos até os atuais como Alexander G. Bell, Harvey Fletcher, Harald Bode, Harry Nyquist, Heinrich Rudolph Hertz, Jean Baptiste Joseph Fourier, Wallace Clement Sabine, Leo Beranek, Manfred Schroeder, Per Bruel, Joerg Sennheiser, Ray Dolby, Robert Moog, Pridham, Wenthe, Thuras, Steinberg, Snow, Munson, Black, Laplace, Edson, Olson, Volkman, Wolf, Malter, Hopkins, Stryker, Molloy, Shannon, Maxfield, Loye, Kellog, Frayne, Hunt, Hilliard, Hanna, Slepian, Kock, Siven, Dunn, White, Henry, Rayleigh, Knudsen, Norris, Eyring, Bonello, Knowless, Watson, McIntosh, Marantz, Fitzroy, Disney, Stokowski, Karajan,

Bernstein, Shure, Kahn, Klipsch, Walsh, Vorlander, Scott, Les Paul, Hendrix, Parsons, Boswell, Stanley, Peutz e empresas como a Bell Labs. e RCA, empresários do setor de telefonia e entretenimentos, gravadoras que são verdadeiros laboratórios de áudio e acústica, onde tentam reproduzir na sala de sua casa, a beleza de uma apresentação musical 'ao vivo' como a Telark, Chesky, Reference Recording, Audio Quest, Sheffield, JVC, Opus3 e tantos outros que estão por trás das maravilhas da tecnologia, cujas portas da evolução continuam abertas.

## II. METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS

1) *Introdução:* Fontes sonoras, ouvido, espectro, meios de propagação, altura, intensidade, timbre, duração, fase, decibel, relação S/R, eficiência, impedância, sensibilidade, mascaramento.

2) *Preparando o espaço físico:* Isolamento, tratamento e condicionamento acústico, aterramento, blindagem, eletricidade, cabos, conexões, escolha de equipamentos e interligações.

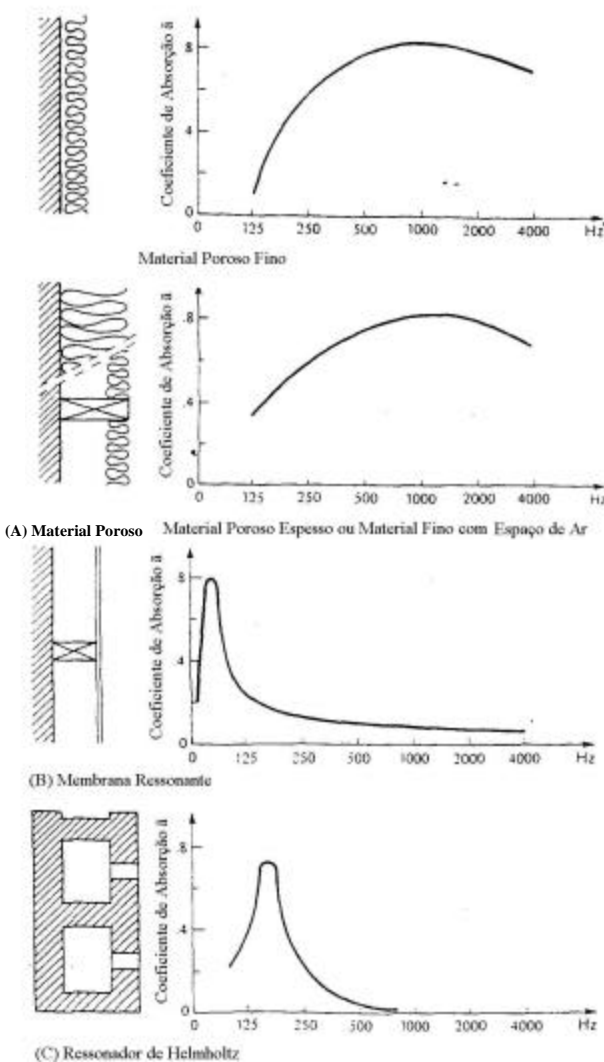


Figura 01 – Tipos de ressonadores mais utilizados

3) *Acústica aplicada em estúdio e palco:* Propriedades, reflexão e refletores, difusão e difusores, absorção e absorvedores, difração e refração. Sala viva e sala morta. Ressonância e ressonadores. Tempo de reverberação. Estereofonia.

4) *Equipamentos de áudio para estúdio e palco:* Referências, casamento de impedâncias, microfones, pré-amplificadores, gravadores, medidores, atenuadores, phantom-power, fase, equalizadores, processadores dinâmicos, efeitos, mesas de som, amplificadores, monitores de referência, tipos de mídia: cassete, rolo, dat, adat, hd, md, cds, sacd, etc..

5) *Microfones quanto a construção e diretividade:* dinâmicos, condensadores, fita, piezoelétricos, PZM, eletreto, cardióides, hipercardióides, shot-gun, bidirecional e omnidirecional,

6) *Gravações em palco e estúdio:* instrumentos musicais, fala, ruídos, captação estéreo, injeção direta, midi, streaming.

7) *Mixagem e Masterização:* usando os equipamentos de acordo com cada tipo de programa e análise de casos típicos.

## III. AVALIAÇÕES PARA A ESCOLHA DOS PROCEDIMENTOS

Adaptar um ambiente, com uma razoável relação custo-benefício, para a situação de captação sonora realista com boa inteligibilidade e baixa distorção. Tanto a acústica da sala, transdutores e equipamentos da cadeia do áudio não podem influenciar no timbre e dinâmica e o posicionamento das fontes sonoras, em relação aos microfones, é preciso. Existem hoje, diversas ferramentas de medição e avaliação acústica.

### A. Acústica de Salas

Basicamente para uma boa resposta, faz-se necessário obter um baixo nível de ruído interno do ambiente, um RT60 ideal, um estudo geométrico que proporciona melhores condições psicoacústicas como difusão, força, clareza, envolvimento, Tempo de Retardo Inicial (ITDG), respostas impulsivas ideais, são algumas condições acústicas fundamentais.

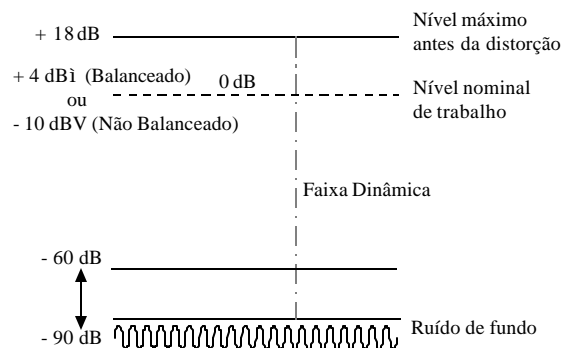


Figura 02 – Relação Sinal – Ruído de um Gravador Analógico

### B. Isolamento X Dinâmica

É o ponto crucial na relação sinal/ruído de um ambiente. Uma sala deve seguir a curvas Critério de Ruído (NC – Noise Criteria) de acordo com a necessidade no limite inferior do ruído ambiente e consequentemente aumentando a faixa dinâmica do ambiente.

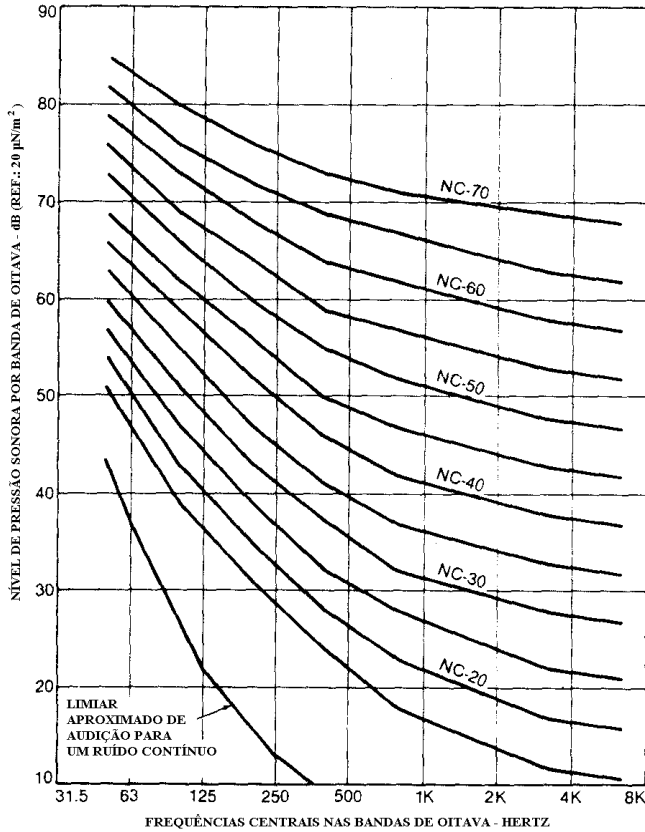


Figura 03 – Curvas NC

*Intensidade* é o fluxo de energia sonora por unidade de área, geralmente expresso em watts acústicos / cm<sup>2</sup>. A diferença entre a sensibilidade auditiva e a intensidade entre os sons mínimos e os máximos, é chamada de *faixa dinâmica* de uma fonte sonora.

As referências elétricas e acústicas têm de estar bem casadas, pois quem dá a dinâmica à música é o músico. Segundo experiências do Dr. Harvey Fletcher, percebemos de modo diferente uma frequência dependendo da intensidade do som.

Os microfones, por sua vez, funcionam convertendo as variações da pressão atmosférica, em um sinal elétrico análogo. Os monitores de referência funcionam basicamente ao inverso do microfone, e as referências elétricas e acústicas são de naturezas diferentes, mas para uma variação em dB na potência elétrica, varia a mesma quantidade em dB na pressão sonora e vice-versa.

TABELA I  
Níveis de ruído ambiente recomendados

Tipo de Espaço ou Atividade	Critérios			
	Valores RF Recomendados dB		Nível Sonoro Local dBA	
	* USA	** ABNT	* USA	** ABNT
Auditórios gerais pequenos (< 500 pessoas), salas de conferência e salas funcionais	Max. 35		Max. 42	
Pequenas Igrejas e Sinagogas	Max. 25	< 35-45	Max. 38	< 40-50
Estúdios de gravação de Rádio/TV c/ microfone próximo	Max. 25		Max. 38	
Igrejas e Sinagogas com música litúrgica	Max. 25		Max. 38	
Grandes auditórios para drama, sem música amplificada	Max. 25	< 25-30	Max. 38	< 30-40
Estúdios de gravação rádio e TV c/ microfone remoto	Max. 20		Max. 30	
Salas para ópera	Max. 20		Max. 30	
Salas para música e recitais	Max. 20		Max. 30	

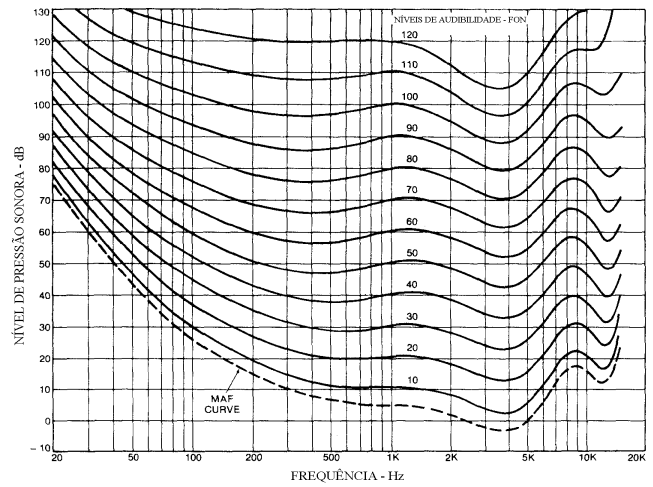


Figura 04 – Curvas de audibilidade

### C. Tempo de Reverberação, Modos de Ressonância e Difusão X Timbre

Com o RT<sub>60</sub> corrigido ao longo do espectro de frequências, de acordo com o volume interno do recinto, pode-se esperar por melhores resultados sônicos em geral. Os materiais acústicos devem ser distribuídos aleatoriamente pelas superfícies, com coeficientes médios de absorção por unidade de área, aproximadamente do mesmo valor.

Cálculo do tempo de reverberação:

$$RT_{60} = 0,163 \cdot \frac{V}{S \cdot \bar{a}} [s] \quad (1)$$

Onde: V – Volume do ambiente fechado [m<sup>3</sup>];  
S – Superfície interna do ambiente [m<sup>2</sup>];  
ā – Coeficiente de absorção.

Esta tarefa de se obter um RT<sub>60</sub> ideal ao longo do espectro relevante de frequências pode ser exaustiva, devido ao aparecimento de ondas estacionárias que deverão ser ‘filtradas’ com membranas ressonantes

sintonizadas, ressonadores de Helmholtz, ou através de um desacoplamento de caminhos reflexivos suspeitos.

Frequência de sintonia do ressonador de Helmholtz:

$$f = \frac{c}{2 \cdot p} \sqrt{\frac{S}{L \cdot V}} [Hz] \quad (2)$$

Onde: c – Velocidade do som [m/s];  
S – Superfície interna do ambiente [m<sup>2</sup>];  
L – Comprimento do duto [m].

**TABELA II**

**Variação da velocidade do som com a temperatura**

Temp em °C	Velocidade do Som em m/s
10,00	337,27
15,00	340,24
20,00	343,18
25,00	346,09
30,00	348,98
35,00	351,85
40,00	354,69
45,00	357,51
48,00	359,19

Frequência de sintonia das membranas:

$$f = \frac{60}{\sqrt{M \cdot d}} [Hz] \quad (3)$$

Onde: M – Densidade superficial [kg/m<sup>2</sup>];  
d – Distância da parede [m].

As proporções da sala são diretamente ligadas aos *modos de ressonâncias* naturais da mesma. É preciso obter uma distribuição equitativa da energia acústica em todo interior do recinto, ao longo espectro de frequências audíveis, o que é muito difícil em salas com proporções pequenas, devido ao decaimento não-exponencial da energia nas baixas frequências.

Modos de ressonância axial:

$$fL = \frac{c}{2 \cdot L}; fW = \frac{c}{2 \cdot W}; fH = \frac{c}{2 \cdot H} [Hz] \quad (4)$$

Onde: f – Frequência de Ressonância axial [Hz];  
c – Velocidade do som [m/s];  
L – Comprimento da sala [m];  
W – Largura da sala [m];  
H – Altura da sala [m].

Com um desvio padrão pequeno no tempo de reverberação, as altas frequências, que possuem um grande número de modos de ressonância por oitava que resulta em um decaimento suave, apresentam boas condições difusas, o que não ocorre nas baixas. Os difusores funcionam bem a partir de 250 Hz.

Os tons dos instrumentos musicais são atributos de sensação auditiva complexas, ou seja, formadas com mais de um tom puro em diversas combinações.

O instrumento acústico é uma criação humana que surgiu primeiro que qualquer equipamento de áudio, e quando é colocado para vibrar, por meio de uma força física, emite várias oscilações por todo o seu corpo. Análogo a uma antena, ele irradia várias frequências de comprimentos de onda proporcionais aos comprimentos físicos de cada parte que o compõe. Num mesmo momento, as diferentes intensidades das frequências formam um único som, característico deste instrumento. É a impressão acústica que classifica qual a região do espectro de melhor atuação de cada instrumento. O timbre é formado pela intensidade frequência fundamental, e por diferentes intensidades das componentes harmônicas ao longo do espectro audível.

**TABELA III**

**Escala musical x frequência ( padrão lá=440 Hz )**

Nota	Frequência (Hz)
<b>LÁ</b>	<b>220,000 Hz</b>
Sib	233,082 Hz
SI	246,942 Hz
DÓ	261,626 Hz
Réb	277,183 Hz
RÉ	293,665 Hz
Mib	311,127 Hz
MI	329,627 Hz
FÁ	349,228 Hz
SOLb	369,994 Hz
SOL	391,995 Hz
Láb	415,305 Hz
<b>LÁ</b>	<b>440,000 Hz</b>
Sib	466,164 Hz
SI	493,883 Hz
DÓ	523,251 Hz
Réb	554,365 Hz
RÉ	587,329 Hz
Mib	622,254 Hz
MI	659,225 Hz
FÁ	698,456 Hz
SOLb	739,989 Hz
SOL	783,991 Hz
Láb	830,609 Hz
<b>LÁ</b>	<b>880,000 Hz</b>

Fator de multiplicação para a obtenção do intervalo fixo das frequências dos 12 semitons contidos em uma oitava:

$$I = \sqrt[12]{2} = 10^{\frac{\log 2}{12}} = 1,05946 \quad (5)$$

Exemplo: deslocamento do Lá para Sib  
440Hz x 1,05946 = 466,164 Hz

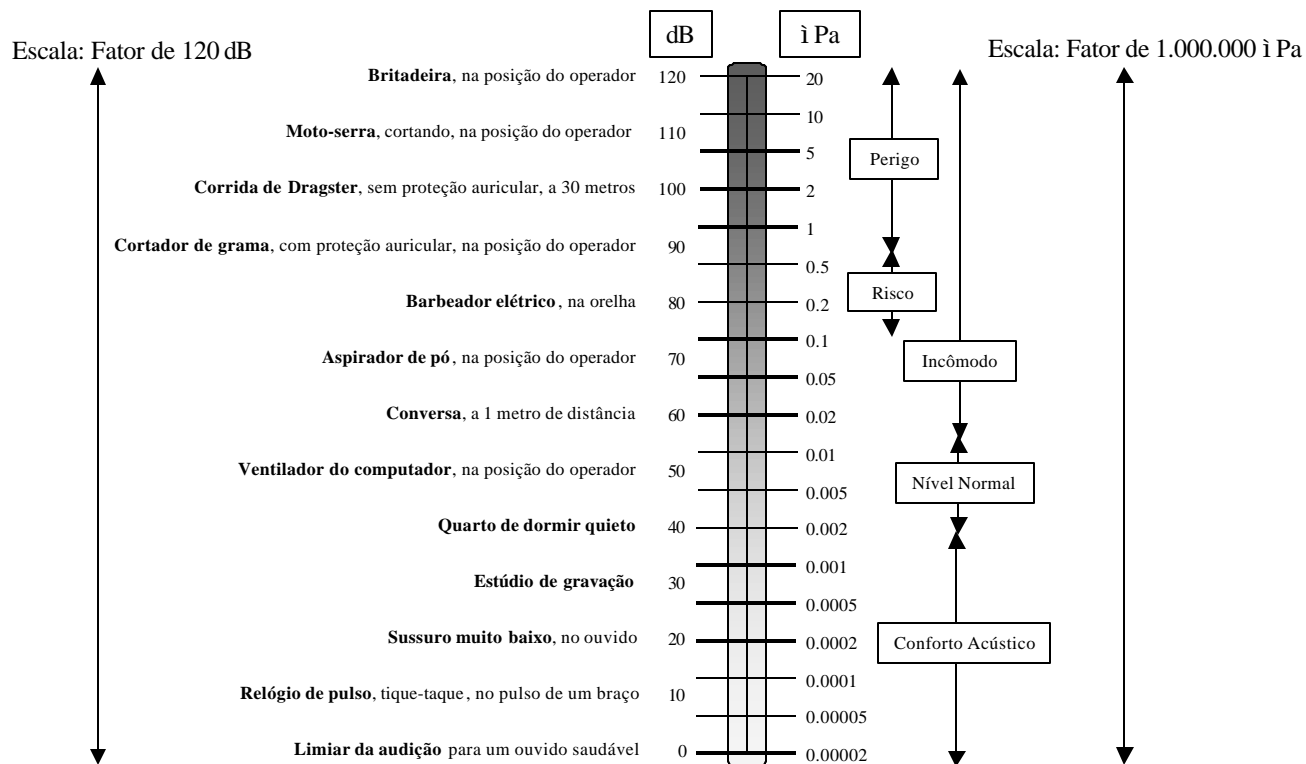


Figura 05 – Níveis sonoros, em dBA e  $\mu$ Pa

conjunto local, equipamentos e ouvido sejam o mais neutro possível.

Exatamente como uma imagem fotográfica do objeto real, tridimensional, o bom sinal de áudio é uma imagem próxima do som do mundo real. Por sua vez, o sinal de áudio é unidimensional, podendo ser alterado de diversas maneiras, até ser convertido novamente em ondas mecânicas do espectro audível, através de um sonofletor também neutro.

#### IV. CONCLUSÃO

Uma gravação musical de alto nível, com profundidade de palco, timbres e dinâmicas o mais próximo de uma apresentação ao vivo, depende basicamente de fatores, que têm a mesma amplitude na qualidade do produto final: a acústica do local, o instrumento, como fonte sonora, o músico, como controlador da(s) fonte(s) sonora(s), os equipamentos e cabeados, a composição musical, e um bom engenheiro de áudio para cuidar para que todos estes fatores se harmonizem em uma obra artística e tecnicamente perfeitas.

Especificamente no Brasil, as condições de qualidades acústicas de um teatro, têm que satisfazer as normas técnicas da ABNT mas, dependem da ótica dos profissionais de acústica, de arquitetos especialistas, dos críticos, dos músicos, maestros e público em geral, ou seja, não existe um critério único mas, um conjunto de fatores que atenda igualmente a todos.

#### D. Especialização Sonora

O corpo de um instrumento vibrando, faz vibrar as moléculas de ar circundantes ao corpo, e iniciam reações em cadeia que se transmitem às camadas vizinhas, causando um movimento vibratório longitudinal pela expansão e compressão do meio elástico, em todas as direções.

No ar, as “Ondas de Movimento” de compressão e expansão seguem com igual velocidade e direção, ao longo do espectro. O som pode se propagar em qualquer meio que tenha elasticidade e inércia, como o ar e outros gases, sólidos e líquidos e em geral, mudam de um meio para outro com facilidade.

A velocidade do som é governada pela temperatura ambiente, umidade relativa, compressibilidade e densidade do meio de transmissão. Quaisquer variações climáticas podem causar mudanças de velocidade e fase da onda sonora de até 180°.

Para conservar o timbre original dos vários instrumentos a ser registrados, o posicionamento dos microfones é fundamental. Existem várias técnicas de microfonação que foram testadas e aprovadas em várias situações. Portanto, é necessário saber qual é o objetivo do programa, antes de escolher qual técnica usar para a exata conexão acústica dos instrumentos.

Após escolher a técnica de microfonação e a posição no recinto, tomaremos cuidado para que o sinal percorra caminhos na cadeia de áudio, com o menor número de estágios amplificadores, fazendo com que o

- O músico precisa ouvir a si próprio e ao resto da orquestra;
- O maestro deve ouvir com detalhes a cada músico;
- O espectador pretende perceber o conjunto total da obra;
- O crítico musical, que conhece com detalhes a obra, realiza uma análise ao invés de uma síntese;
- O especialista em acústica avalia mais a sala e seus defeitos, do que as virtudes puramente musicais da obra;
- O engenheiro/arquiteto examina a estética e as funcionalidades da obra civil.

## **AGRADECIMENTOS**

À Cíntia, Pedro, João Milton Ferreira de Melo, Márcio Moura, João Paulo Klausing Gervásio, Lucas Ribeiro Gomes, Simone Magalhães Ribeiro, A Serenata, Flasan e a todos os clientes do Aquário Project Studio pelo apoio e crédito.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Davis & Davis, “Sound System Engineering”. 2ª edição Focal Press.

Spectralab, User Guide, Soundtechnology Inc. versão 4.43.10.

Pérides Silva, “Acústica arquitetônica e Condicionamento de Ar” — 4ª edição.

L.F.O.Cysne, “Áudio – Engenharia e Sistemas”. 4ª edição.

F.A.Everest, “Acoustics”. 3 edição, Tab books McGraw-Hill

F.A.Everest, “Sound Studio Construction on a Budget”. Tab books, McGraw-Hill

**ABNT** - Associação Brasileira de Normas Técnicas - , de uso geral no Brasil;

**NBR-10.151** - sobre a avaliação do ruído visando conforto comunitário nas áreas habitadas;

**NBR-10.152/87** - especifica os níveis de ruído para o conforto acústico;

**NBR-7731/87** –guia para execução de serviços de medição de ruído aéreo e avaliação dos seus efeitos sobre o homem;

**IBAMA** – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente – Resolução CONAMA 001 e 002, de 08.03.1.990, seção 02;

**ISO – 1999** – Acoustics – Determination of occupational noise exposure and estimation of noise – induced hearing impairment, acerca do ruído ocupacional para conservação auditiva.

**ISO 140 – 1997** – Building Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of buildings elements.