

1. ACÚSTICA NA CIDADE

A paisagem sonora mundial é uma composição indeterminada, sobre a qual não temos controle, ou seremos nós, os seus compositores e executantes, encarregados de dar-lhe forma e beleza? (Murray Schafer).

Uma das principais funções da Arquitetura é proporcionar ao homem condições adequadas de conforto ambiental no interior dos edifícios, mesmo que as condições externas reinantes não sejam favoráveis. Em geral, subentendem-se inerentes ao conforto ambiental os seguintes itens: ventilação, iluminação, temperatura e acústica. Este último normalmente traduzido em inteligibilidade e nível adequado de ruído de fundo, em função da finalidade do ambiente.

Qualquer intervenção urbana, porém, pode alterar as condições ambientais locais, para as quais um edifício havia sido projetado, e das quais depende, principalmente, a resposta do sistema acústico na edificação. As intervenções podem ocorrer em qualquer escala, seja na Arquitetura ou no Urbanismo, e ser de forma gradativa, como no caso do sistema viário, que se intensifica a cada ano nas grandes cidades, aumentando, conseqüentemente, os níveis de ruído das mesmas, ou de forma mais brusca, como, por exemplo, através da implantação de um estabelecimento comercial em uma área até então residencial, o que altera de imediato as características locais.

As intervenções urbanas atuais muitas vezes desconsideram os impactos que provocam no meio ambiente, resultando não só no desequilíbrio e desconforto ambiental como também na insalubridade das populações urbanas, o que tem sido atualmente tema de diversas conferências, congressos e reportagens.

Essa preocupação de estudiosos do assunto e ecólogos com o meio ambiente, analisando as graves conseqüências que a sua desestabilização pode acarretar à vida humana, tem aumentado muito nos últimos tempos. Claro que isso se reflete nos arquitetos e urbanistas, que têm procurado atender aos critérios de sustentabilidade nos novos projetos, poupando recursos naturais esgotáveis e priorizando a ecologia⁵. Seqüente a isso, entende-se que as relações entre os seres vivos com o meio ambiente tornam-se “ecologicamente corretas” quando não danificam este meio ambiente.

Portanto, ecologicamente, a sustentabilidade baseia-se em três itens fundamentais: conservar os sistemas ecológicos sustentadores da vida e da biodiversidade; garantir o uso de recursos renováveis; e, manter as ações humanas dentro da capacidade de carga dos ecossistemas, evitando saturações (RIBEIRO, 2004).

No entanto, para que uma cidade tenha um desenvolvimento sustentável, não é suficiente seguir os três itens citados anteriormente, pois a questão é muito mais complexa e controvertida, uma vez que, para tal sistema ser implantado, exige mudanças fundamentais na maneira de pensar, viver, produzir e consumir de toda a população envolvida.

A grande questão ao se pensar em desenvolvimento sustentável é como conseguir essa participação democrática na tomada de decisões para o bem coletivo. Teoricamente, se é para o bem de toda a sociedade, essa participação deveria ocorrer naturalmente, mas na realidade acaba esbarrando em questões econômicas, que dificilmente permitem que o ideal prevaleça. Conforme comenta a arq^a Maria Assunção Ribeiro Franco, a idéia de proteção ambiental destrói os princípios da economia clássica, a qual reconhece a fronteira econômica e parte do princípio de que a natureza é fonte inesgotável de recursos (RIBEIRO, 2004).

O aquecimento solar, por exemplo, é considerado ecologicamente correto e sustentável por se beneficiar de um recurso natural inesgotável e, dessa forma, contribuir na diminuição da demanda de energia elétrica, um recurso esgotável, que já ameaça há tempos a população com a necessidade de racionamento. Porém o

⁵ Ciência que estuda as relações dos seres vivos com o meio ambiente (HOUAISS, 2003).

uso de aquecimento solar continua sendo pouco utilizado, apesar dos nítidos benefícios à coletividade e de ser economicamente mais vantajoso a longo prazo, por sua aquisição ainda ser consideravelmente mais cara.

Para Ribeiro (2004), a rica complexidade da motivação humana gerou esta arquitetura que está sendo “arruinada”, isso porque quase todas as construções são feitas, exclusivamente, visando o lucro. Os novos edifícios são vistos como pouco mais que meros produtos resultantes do balanço patrimonial das empresas. Assim, são projetados como objetos isolados, esculturas que muitas vezes contrariam até seu contexto urbano ao invés de se integrarem.

O ideal seria que os novos projetos fossem condicionados às características do meio a serem implantados, tais como topografia, clima, solo, latitude, entre outros, evitando que sua construção modificasse ou desafiasse o meio ambiente. E, ainda, que esses novos projetos contassem com tecnologias que contribuíssem para a sustentabilidade, como, por exemplo, na redução da poluição, dos custos de manutenção e da exploração de energias renováveis.

Um dos quesitos importantes, dentro do conforto ambiental, para se obter o ideal da cidade sustentável é a Acústica. A aparentemente inexorável tendência das grandes cidades de continuar crescendo, como é o caso da Grande São Paulo, faz com que o nível de som perturbador se estabeleça cada vez mais imponente; deste modo, a Arquitetura torna-se vulnerável às transformações na paisagem sonora e sua eficácia passa a ter certo prazo de validade, com a conseqüente queda de salubridade e qualidade de vida das populações envolvidas.

Assim, uma área que tem sido muito estudada por especialistas é a Acústica Urbana, em que a principal questão é a poluição sonora, sendo o isolamento sonoro sua principal meta. A Acústica Urbana envolve aspectos sociais, econômicos, administrativos e até mesmo políticos e, por essa razão, suas análises, aplicações e correções são sempre complexas, conforme será explicado adiante.

A poluição sonora torna-se cada vez mais presente e maior à medida que crescem as grandes cidades. Mas isso não significa que o problema do ruído seja exclusivo da vida moderna.

Os ruídos parecem perturbar as pessoas desde os tempos em que elas passaram a viver em cidades, como foi observado na leitura do poeta romano Juvenal (60-131 d.C.): “Quanto sono, lhe pergunto, posso ter eu nesta estalagem. As carroças passando fazendo estrondos, os gritos dos carroceiros presos no tráfego [...]” (BISTAFA, 2006, prefácio).

Algumas cidades da atual Itália, na época do domínio dos etruscos, povo que habitou esse país antes da fundação de Roma (753 a.C.), já separavam as zonas de trabalho das zonas de repouso, para evitar os sons incomodativos.

Acredita-se, portanto, que sons indesejáveis sempre existiram. Mas à medida que a paisagem sonora foi se transformando, em função da evolução humana, principalmente do crescimento da população e de suas principais invenções, o acúmulo desses sons e o aumento de sua intensidade foram contextualizando a poluição sonora.

A fim de que se possa ter um panorama da intolerância humana através dos tempos com relação aos sons irritantes, serão estudadas, a partir deste momento, as transformações da paisagem sonora, o que já se pode depreender que este é um problema muito antigo e, principalmente, que vem se modificando com a história, o que sugere que continuará se modificando sempre.

1.1 Evolução da paisagem sonora

Os sons da natureza são lembrados, por Schafer (1997), como as primeiras paisagens sonoras. Não necessariamente caracterizadas como ruído, mas sim como o início da evolução sônica que desemboca nos ruídos das cidades atuais.

A paisagem sonora natural tem um aspecto muito peculiar, gerado pelos seguintes elementos: água, ar e terra e, em segunda instância, pelos seres vivos. Esses sons são tão originais que passam a ser marcos sonoros dos locais, como, por exemplo, o silêncio do inverno nórdico ou o barulho das cachoeiras de Foz do Iguaçu. Ou seja, o som descreve o local.

Do movimento das águas surgem muitas variações vocálicas, como as ondas do mar, a correnteza do rio, a queda da cachoeira, o guinchar da neve, as geleiras e a chuva.

Durante o rigoroso inverno nórdico, a ausência de som pode ser opressiva, pois quando a neve é recente e leve torna-se um excelente absorvente sonoro, como observado no seguinte depoimento: “Deslizamos sobre a neve recente, que tinha sido levemente pisada durante a noite, num movimento tão suave e silencioso que sugeria um vôo sem asas [...]” (GROVE⁶ *apud* SCHAFFER, 1997, p. 41).

Já as geleiras são mencionadas como geradoras de sons espetaculares: “A uma distância de três ou quatro milhas das geleiras, ouve-se o quebrar de maciços blocos de gelo. Eles soam como trovões distantes e repetem-se a cada cinco ou seis minutos [...]” (SIMMONS⁷ *apud* SCHAFFER, 1997, p. 49).

Assim como a água, o movimento do ar tem sons muito variáveis e possíveis de serem ouvidos a grandes distâncias: “[...] como em um dia calmo nos Alpes suíços, onde o débil, suave assobio do vento por sobre as geleiras, a milhas de distância, pode ser ouvido cruzando a quietude interveniente dos vales” (SCHAFFER, 1997, p. 43).

A terra também é geradora de muitos sons, como os terremotos, os movimentos vulcânicos e, até mesmo, abaixo de sua superfície, como o “borbulho de cachoeiras subterrâneas e os sinistros gemidos de máquinas”, conforme cita o pesquisador Heinrich Heine, depois de visitar as minas das Montanhas Harz, em 1824 (*apud* SCHAFFER, 1997, p. 49).

Entre os seres vivos encontramos mais uma série de variações vocálicas, como o canto dos pássaros, que produzem sons nativos de cada território; ou os sons dos insetos, normalmente identificados pela irritação provocada no ser humano, por exemplo, os zumbidos das moscas; ou das espécies aquáticas, como o canto das baleias; ou dos animais terrestres, mais comuns hoje no contexto urbano, por exemplo, o latido dos cachorros; e, por fim, os sons dos homens, seja pela fala ou pela música.

⁶ GROVE, F. Philip. *Over Prairie Trails*. Toronto, 1961.

⁷ SIMMONS, David (comunicação pessoal).

Curiosamente, o pesquisador Schafer (1997) questiona como as atividades da fala e da música se iniciaram e julga precipitado atribuir a origem da fala à imitação onomatopaica da paisagem sonora natural, mas afirma que não há dúvida de que a língua “dançou” e ainda continua “dançando” com a paisagem sonora, como cita:

No vocabulário onomatopaico, o homem harmoniza-se com a paisagem sonora à sua volta fazendo ecoar seus elementos. A impressão é absorvida; a expressão é devolvida. Mas a paisagem sonora é demasiado complexa para ser reproduzida pela fala humana. Assim, somente na música é que o homem encontra verdadeira harmonia dos mundos interior e exterior. Será também na música que ele criará os seus mais perfeitos modelos da paisagem sonora ideal da imaginação (SCHAFER, 1997, p. 70).

Os sons originados pela natureza cederam espaço aos sons provenientes das primeiras atividades humanas, entre elas a caça, a pesca, o pastoreio e a música. Assim, foram configurando a paisagem sonora rural, que a princípio era considerada, na maior parte do tempo, silenciosa. Para Schafer (1997), esse silêncio foi quebrado com duas profundas interrupções acústicas: o ruído da guerra e o ruído da religião. Na guerra, a imagem acústica marcante foi a do metal e do ferro, nas espadas, e a partir do século XIV acrescentaram-se as explosões de pólvora. Na religião foram as preces e rituais.

Ainda é possível encontrar uma paisagem sonora rural silenciosa em alguns lugares, até mesmo em vilarejos mais tranquilos acusticamente, contudo, raramente não possuem nenhuma vulnerabilidade ao ruído urbano.

Até mesmo nas regiões nórdicas, descritas anteriormente como a imagem do silêncio, concedido pela neve, há a presença de ruídos gerados por maquinários urbanos, como se observa no texto a seguir:

A destruição do silente inverno nórdico pela obstrução dos carros limpadores de neve e dos “snowmobiles”⁸ é uma das maiores metamorfoses da paisagem sonora do século XX, pois estes instrumentos estão destruindo a “idéia do Norte” que moldou o temperamento de todos os povos nórdicos e gerou para o mundo uma mitologia substancial. A ideia do Norte, que era austera, espaçosa e solitária, podia facilmente encher de medo o coração (não refrigerou Dante o centro do seu Inverno?), mas podia também evocar intensa admiração, pois era pura, isenta de tentações e silenciosa. Os tecnocratas do progresso não percebem que, ao fenderem o Norte com sua maquinaria, estão retalhando a integridade de suas próprias mentes, denegrindo os mistérios inspiradores de admiração com postos de gasolina e reduzindo suas lendas a bonecos de plástico. À medida que o silêncio vai sendo expulso do mundo, os grandes mitos também se vão. Isso significa que se torna mais difícil apreciar os *edas* e as sagas e grande parte do que constitui o centro da literatura e da arte russa, escandinava e esquimó (SCHAFER, 1997, p. 41-42, grifo nosso).

Schafer (1997) ressalta ainda que esta intrusão dos snowmobiles foi um problema sério à saúde pública no Ártico canadense, segundo registros de 156 esquimós adultos examinados, 97 mostraram significativa perda auditiva.

A transição da vida rural para a vida urbana tem transformado pequenos vilarejos em grandes cidades ainda hoje. E, quanto à paisagem sonora dessa transição, a principal divisão considerada pelos autores consultados é a Revolução Industrial. Todavia, no período pré-industrial há também algumas transformações importantes relacionadas com os sons da época.

Um dos sons mais significativos desde a vida rural, em comunidades cristãs, é o sino da igreja, pois ele atraía e unia a comunidade num sentido social. Segundo Schafer (1997), os sinos das igrejas se espalharam pela Europa durante o século VIII. Eles eram fontes sonoras de grande valia para os vilarejos, pois funcionavam

⁸ Veículos motorizados, próprios para andar na neve.

como calendários acústicos, anunciando festas, nascimentos, mortes, casamentos, incêndios e revoluções.

Em alguns povoados do norte de Portugal, mais conhecidos como aldeias, ainda hoje os sinos têm grande importância para os moradores, que desenvolvem notável percepção para identificar seus diferentes toques, que correspondem aos eventos que são anunciados. Qualquer morador, independente da faixa etária, sabe que está havendo um incêndio na aldeia pelas frenéticas badaladas repetidas em pequenos intervalos de 5 segundos.

No século XIV o sino se uniu ao relógio mecânico e juntos tornaram-se os mais notáveis da paisagem sonora, pela sua importância e apreciação, visto que a passagem do tempo passava a ser medida de modo audível, com a vantagem de se poder ouvir as horas, sem precisar interromper a atividade para olhar o instrumento, como era necessário com o relógio mostrador ou com outros instrumentos silenciosos precedentes para contagem de tempo, como clepsidras, ampulhetas e quadrantes solares.

Um dos sons mais citados como incomodativos na história é o gerado pelas carroças: “O rangido das rodas é indescritível [...] Ouvir um milhar dessas rodas rugindo e rangendo ao mesmo tempo é um som de que jamais se esquece – é simplesmente infernal” (MEIR⁹ *apud* SCHAFER, 1997, p. 97).

Em Roma, há relatos de distúrbios mentais causados pelo excesso de barulho nas ruas à noite, isso porque Júlio César (100-44 a.C.), o grande militar e estadista romano, com a intenção de diminuir os graves congestionamentos de tráfego na cidade, decretou que não podiam circular carroças de transporte nas ruas durante o dia para não atrapalhar o comércio local. Tal atitude, no entanto, resultou em um excesso de ruído urbano noturno, pois, à medida que a noite se aproximava, todo tipo de veículo com rodas convergia dos campos para os vilarejos. Proibiu também a circulação das bigas¹⁰ em algumas zonas de Roma durante certas horas do dia e, principalmente, durante a noite. Esta medida foi mantida pelos seus sucessores e o imperador Marco Aurélio (121-180 d.C.) estende-a a todas as cidades do Império. “O

⁹ MEIR. *Life at Read River*. Toronto, 1970.

¹⁰ Antigo carro romano puxado por dois cavalos.

incessante alarido do tráfego noturno condenava os sensíveis romanos a uma insônia permanente” (TUAN¹¹ *apud* LASCALA, 1999, p. 18).

Um som incomodativo e importante à paisagem sonora pré-industrial é o produzido por ferreiros. Schafer (1997) descreve que durante uma viagem para registrar sons na Europa teve a “sorte” de encontrar um desses velhos ferreiros em produção, ainda no final do século XX, e a intensidade sonora medida atingia 100dB, nível considerado extremamente elevado, incomodando, inclusive, os moradores nos arredores do vilarejo. O autor ressalta que tais ruídos noturnos nunca foram, evidentemente, apreciados, como observou em um poema inglês do século XV (p. 92): “Escuros e esfumaçados ferreiros, cobertos de fumo, perturbavam a noite, com o som de seu martelo. Um barulho como esse os homens jamais tinham ouvido [...]”

Em territórios agrícolas, os sons comuns eram gerados por moinhos, que caracterizaram a paisagem sonora de muitas vilas fundadas próximas às margens dos rios, para aproveitar a força das águas nos moinhos. Para muitos que viviam ali, o ruído era constante. Segundo Schafer (1997), há registros literários desses sons durante todo o início da Idade Média.

Sons marcantes na paisagem noturna, que tiveram início no período pré-industrial, quando vilarejos e cidades ainda eram escuros à noite, são toques de recolher, assim como as vozes dos guardas-noturnos. Em Londres foi decretado que o sino tocasse às oito horas da noite e à primeira batida todas as portas da cidade se fechavam. Tais toques de recolher perduraram nas cidades inglesas até o século XIX. E durante toda a noite os guardas-noturnos tranquilizavam os habitantes com seus sons pontuais, ou seja, apitando, tocando sinos, indicando a hora ou tecendo algum comentário, como neste registrado: “Doze em ponto e gelando” (SCHAFER, 1997, p. 97). O autor ressalta que ainda na década de 90, no século XX, ouviam-se em cidades mexicanas guardas apitando de quinze em quinze minutos, durante toda a noite.

Observa-se que ainda hoje, em alguns bairros residenciais de São Paulo, como o Brooklin, é possível ouvir apitos de guardas-noturnos de hora em hora

¹¹ TUAN, Y.. *Tropophilia: A Study of Environmental Perception, Attitudes, and Values*. Tradução Difel. São Paulo: Editora Difusão Editorial S.A., 1980.

durante toda a noite. Para alguns é um som que transmite segurança, mas para a maioria é um som que interrompe o sono e, talvez por este motivo, está se tornando cada vez mais raro.

Ainda antes da Revolução Industrial, o trabalho costumava estar associado à canção. Ruas e oficinas de todas as principais cidades da Europa raramente eram silenciosas, pois havia as constantes vozes dos vendedores ambulantes, músicos de rua e mendigos. As músicas de rua causavam grande irritação aos intelectuais e os músicos sérios ficavam abismados ao ver que, muitas vezes, parecia que as pessoas não-musicais cantavam não para dar prazer, mas sim para evitar o silêncio.

Depois que a música artística ganhou espaços fechados, a música de rua começou a ser desprezada. Entre os séculos XVI e XIX, para diminuir o ruído da música de rua, um grande número de leis passou a proibir essa atividade. Na Inglaterra, um membro do Parlamento, Michael T. Bass, em 1864, propôs um projeto de lei para acabar com o ruído musical nas ruas e recebeu um grande número de cartas e petições em apoio ao seu projeto, incluindo um abaixo-assinado com duzentas assinaturas dos mais renomados compositores e professores da metrópole, que se queixavam da maneira como os trabalhos eram interrompidos. Entre as cartas recebidas, havia a de um conceituado matemático, o inventor da máquina de calcular, com uma lista detalhada das interrupções sofridas, concluindo que “uma quarta parte de minha capacidade de trabalho está sendo destruída por essa perturbação contra a qual lanço o meu protesto” (BABBAGE¹² *apud* SCHAFER, 1997, p. 103).

Contudo, os gritos de rua continuaram a ser registrados até a virada do século, como se nota na Lei nº 2.532 de Vancouver, Canadá, que foi aprovada em 1938, e nela constava que nenhum falcoeiro, ambulante, mascate ou pequeno vendedor, jornaleiro ou outra pessoa deve, por seus gritos intermitentes ou reiterados, perturbar a paz, a ordem, o silêncio ou o conforto do público. Assim, em 1960, Istambul, a capital da Turquia, era uma das únicas cidades européias onde ainda se podia ouvir regularmente esse ruído e, segundo Schafer (1997), o que abafou as vozes dos gritos de rua não foi o resultado de séculos de refinamento legislativo, mas sim a invenção do automóvel.

A paisagem sonora mudou drasticamente com a Revolução Industrial e, posteriormente, com a Revolução Elétrica. A Revolução Industrial introduziu muitos novos sons, que tendiam a obstruir os sons naturais e humanos. A Revolução Elétrica acrescentou novos efeitos e recursos para acondicionar e transmitir os sons, através do tempo e do espaço, por meio da amplificação ou da multiplicação.

A Revolução Industrial teve seu início na Inglaterra entre 1760 e 1840, e, assim, a paisagem sonora passou a ser contextualizada pelos ruídos das máquinas, alguns discriminados na tabela 1. Segundo Schafer (1997), demorou para que os sons das novas tecnologias fossem aceitos, como observou no texto:

[...] lindas e brilhantes, novas máquinas rolam de cá pra lá, em caráter experimental; um apito de vapor emite queixosos sons de tempos em tempos; rugidos abafados, de origem não específica, cortam o ar... assim, em nossa reclusão meio suburbana, meio rural, a voz da natureza mistura-se à do homem, e sobre todas as coisas paira o brilhante frescor do novo dia (MANN¹³ *apud* SCHAFFER, 1997).

Máquina	dB(A)	Máquina	dB(A)
Máquina a vapor	85	Esmeril de metalurgia	106
Trabalhos de impressão	87	Máquina de aplainar madeira	108
Gerador elétrico ou diesel	96	Serra de metal	110
Máquina de fazer parafusos	101	Trabalho em caldeira, martelando	118
Oficina de tecelagem	104	Decolagem de avião a jato	120
Raspador de serraria	105	Lançamento de foguete	160

Tabela 1 Níveis sonoros das máquinas no período da Revolução Industrial.
Fonte: Schafer (1997).

O aumento do nível da intensidade sonora na cidade é a característica mais marcante da paisagem sonora industrializada. Tanto que os ruídos das máquinas,

¹² BABBAGE, Charles. *Passage from the, Life of a Philosopher*. Londres, 1864.

¹³ MANN, Thomas. *A Man and His Dog*, In: *Stories of Three Decades*. Nova York, 1936.

segundo Schafer (1997), deram fim à relação entre trabalho e canção do período pré-industrial. O autor observa que os ruídos das máquinas não receberam muitas críticas e relaciona o fato do fim da canção à possível inabilidade para medir os ruídos de forma quantitativa, podendo um som até ser percebido como desagradável, mas não havia como medir sua subjetividade ou objetividade. Até que, em 1822, Lord Rayleigh construiu o primeiro instrumento prático de precisão para medir a intensidade acústica. Entretanto, o decibel, como meio de estabelecer graus definidos de pressão sonora, só veio a ter seu uso difundido a partir de 1928.

A Revolução Industrial introduziu outra característica à paisagem sonora, a linha contínua do som, com as fábricas que operavam ininterruptamente noite e dia. Para Schafer (1997), em todas as sociedades antigas, a maior parte dos sons era separada e interrompida.

As estradas de ferro também trouxeram mudanças importantes na paisagem sonora. A primeira foi na Inglaterra, em 1825, e fez tanto sucesso que em poucos anos a Grã-Bretanha já estava com uma rede de estradas de ferro. E, assim, seguiu pelo resto do mundo: na França em 1828, nos Estados Unidos e Irlanda em 1834, na Alemanha em 1835, no Canadá em 1836, na Rússia em 1837, na Itália em 1839, na Espanha em 1848, na Noruega e Austrália em 1854, na Suécia em 1856 e no Japão em 1872. Em 1920, as primeiras linhas da Europa, exceto as da Inglaterra, começaram a ser eletrificadas. Tais mudanças são registradas “onde silenciosos trens soprando fumaça desaparecem da vista [...]” (SCHAFER, 1997, p. 120).

Além das variações nos ritmos e nas articulações dos trens elétricos, foram notadas também diferenças na qualidade e na intensidade dos sons. Enquanto os velhos apitos a vapor produziam uma mistura de frequências, muitos apitos modernos, especialmente os das máquinas a diesel, apresentam apenas uma:

É difícil superestimar a melhoria das condições urbanas pela adoção geral de veículos a motor. As ruas limpas, sem poeira nem odores, com carros leves providos de pneus de borracha, movendo-se rapidamente e sem ruído sobre a extensão lisa, eliminaria a maior parte do nervosismo, perturbação e tensão da vida moderna¹⁴ (*apud* SCHAFER, 1997, p. 122, grifo nosso).

A máquina de combustão interna, até hoje, é o som fundamental da civilização contemporânea. As locomotivas a vapor pertenciam às empresas públicas, já as máquinas de combustão interna, leves e fáceis de serem manuseadas, davam poder às pessoas. São muitas as máquinas de combustão interna nas sociedades industrialmente avançadas, como, por exemplo, carro, motocicleta, caminhão, cortador de grama a motor, trator, gerador, ferramentas a motor, entre outros. Essa facilidade de manusear e sua produção intensa permitiram que esses sons permanecessem na cidade durante o dia todo.

Já em 1970, os Estados Unidos estavam produzindo mais automóveis do que crianças. Até cidades mais clássicas como Istambul e Isfahan, na Turquia, também haviam se tornado cidades de grandes congestionamentos, não sendo avaliados apenas pelo volume de tráfego, mas, principalmente, pela maneira como os veículos eram dirigidos. Para que uma sociedade obedeça aos códigos de trânsito, é preciso que ela tenha sobrevivido a duas importantes experiências: à Revolução Industrial e à guerra mecanizada. Assim, os americanos guiam com mais habilidade do que os asiáticos, que guiavam o carro como se fosse camelo ou mula, ignorando os semáforos e explorando as buzinas (SCHAFER, 1997).

Na seqüência, o ruído da cidade agravou-se ainda mais com o tráfego aéreo. A princípio apenas quem morava próximo ao aeroporto é que sofria com o ruído do tráfego aéreo, num tempo em que um avião passando fazia com que todas as cabeças se voltassem para cima, como relembra Schafer (1997). Mas, com o constante crescimento populacional, casas e escritórios se aproximaram gradativamente dos aeroportos.

¹⁴ *Scientific American*, julho de 1889.

Após a Segunda Guerra Mundial, o tráfego aéreo inicia um brutal crescimento, admirável ainda hoje. Pesquisa sobre a paisagem sonora de Vancouver detectou em 1970 o tráfego aéreo anual sobre um parque no centro da cidade de 23 mil aeronaves, em 1973 já eram 38.700 aeronaves, fazendo com que o ruído permanecesse em média 27 minutos em 1 hora (SCHAFER, 1997).

Como o tráfego aéreo, veicular e ferroviário são os maiores geradores de ruídos urbanos ainda hoje, eles voltarão a ser analisados a seguir, para contextualizar a paisagem sonora atual.

1.2 Paisagem sonora atual

A maior parte dos sons da cidade é utilizada para atrair a atenção ou vender alguma coisa. À medida que a “guerra” pela posse dos ouvidos aumenta, o mundo fica cada vez mais denso de sons, mas, ao mesmo tempo, a variedade de alguns deles decresce. Sons manufaturados são uniformes e, quanto mais eles dominam a paisagem sonora, mais homogênea ela se torna. Há muitas espécies em extinção na paisagem sonora atual que precisam ser protegidas, do mesmo modo que a natureza. De fato, muitos dos sons em extinção são os da natureza, dos quais as pessoas cada vez mais se alienam (SCHAFER, 1998).

A palavra mais simples para definir a paisagem sonora urbana atual é *poluição*. A poluição sonora é o resultado do processo descrito por Schafer, ou seja, no apelo para atrair a atenção das pessoas, os sons se mesclam na cidade, sem que seja possível, muitas vezes, entender uma fonte em especial, o que para alguns define o ruído: “Tudo que mascara uma informação” (CREMONESI, 1984, p. 25).

Para Schafer (1998), o número de sons aumenta na medida em que a população cresce, mas ele também se expande com o desenvolvimento das novas tecnologias. O autor cita, como único exemplo, o telefone celular, presente agora em todas as partes.

O problema do ruído urbano vem se agravando nas grandes cidades, como conseqüência de intervenções, que, se por um lado buscam resolver problemas sociais ou econômicos da vida moderna, por outro não oferecem soluções adequadas em relação ao problema de Acústica Urbana.

Com a globalização como uma nova ordem da economia mundial e sua sociedade informacional, que tem por predominância interesses financeiros, o setor industrial acabou perdendo poder para o setor terciário, principalmente nas chamadas “cidades globais”, lugares onde é possível visualizar a presença de mercados estrangeiros na rotatividade financeira da cidade. Isso abalou a estrutura social existente e contribuiu para a concentração de renda, aumentando os extremos nas classes sociais das grandes cidades, como é o caso de São Paulo (VERAS, 2000).

Esta nova estrutura social reflete-se também na organização espacial, como, por exemplo, na apropriação quase exclusiva dos melhores espaços urbanos pelas classes dominantes, tendo como conseqüência a exclusão das classes menos favorecidas.

Portanto, hoje em dia, torna-se cada vez mais freqüente encontrar uma cidade descentralizada, com espaços fragmentados, porém homogêneos, como condomínios de luxo, centros empresariais e favelas, ou seja, zonas excludentes e isoladas do seu entorno, como se houvesse muros virtuais (que em muitos casos são reais) cercando essas áreas e expressando fisicamente a divisão da sociedade por faixas de renda. Isso vai contra o ideal de centralidade, o que acaba dificultando ainda mais o planejamento público.

Essa cidade fragmentada e em constante crescimento apresenta deficiências graves em setores fundamentais para população, como transporte, habitação, emprego, saúde, entre outros. Para sanar essas deficiências, criam-se soluções em caráter emergencial, que muitas vezes causam um outro problema, comprometendo a sustentabilidade da cidade. Por exemplo, a implantação de rodovias e avenidas em locais que cortam zonas residenciais, que pode até melhorar o problema de circulação veicular na cidade, mas gera problemas com o ruído excessivo aos moradores da região; ou a construção de conjuntos habitacionais de baixa e média

renda em lugares não apropriados, como na beira de rodovias e avenidas com tráfego intenso, que pode até resolver a falta de moradia para um grupo de desabrigados, mas ainda os deixa com o problema de serem receptores de ruídos excessivos.

No caso da cidade de São Paulo, tem-se o aeroporto de maior fluxo nacional, que inicialmente estava fora do perímetro urbano, incorporado ao principal corpo da cidade, tornando-se um grande foco gerador de ruído, pelo fato de os aviões decolarem e aterrissarem muito próximos aos bairros de Moema e Campo Belo.



Figura 5 Decolagem e aterrissagem próximos a áreas residenciais.

Fonte: Foto da autora (2006).



Figura 6 Aeroporto de Congonhas integrado ao contexto urbano de São Paulo.

Fonte: Foto da autora (2006).

Enquanto cada nova geração de jatos é alguns decibéis mais silenciosa do que as precedentes, o enorme aumento de vôos deixou em “farrapos” algumas das batalhas duramente conquistadas nos anos 60 e 70, do século XX, tais como a interrupção dos vôos noturnos nos maiores aeroportos (SCHAFER, 1997).

Além da descentralização, esta nova ordem financeira desencadeia necessidades individuais na população, o que também agrava a questão do ruído urbano. Por exemplo, as casas noturnas cada vez mais numerosas na cidade, geralmente próximas a zonas residenciais, visam apenas ao retorno rápido do capital investido e, quando muito, têm somente a preocupação de isolar o ruído interno, porém sem nenhum cuidado com o ruído externo que podem causar, desde o conseqüente trânsito local e o funcionamento de seus exaustores, até o barulho causado pelos freqüentadores na entrada e saída de seus estabelecimentos.



Figura 7 Manifestação dos moradores de um edifício residencial.

Fonte: Foto da autora (2005).

Todo este contexto apresentado não caracteriza um planejamento consciente da cidade, agindo como geradores ou intensificadores de ruídos urbanos. É fundamental que a Acústica Urbana seja mais considerada no plano diretor das cidades, cujos níveis sonoros ideais devem ser integrados aos requisitos necessários para o planejamento e para a aprovação de qualquer alteração no desenho da cidade.

1.3 A poluição sonora

Até este ponto do texto foram discutidos as paisagens sonoras e os principais problemas de Acústica Urbana; neste momento, torna-se necessário conceituar os principais termos relacionados à poluição sonora, que serão daqui por diante utilizados nesta dissertação, para que seja possível identificar o som que se transforma em ruído, as formas de medição e, assim, poder estudar métodos para atenuar sua intensidade ainda na fonte ou no receptor, com formas arquitetônicas isolantes, evitando os efeitos nocivos do ruído¹⁵ sobre a população envolvida.

1.3.1 Som e seus conceitos

Primeiramente, é necessário entender o que é uma onda. Trata-se de uma perturbação que se propaga nos meios materiais e é capaz de ser detectada pelo ouvido humano. Essa perturbação é gerada por um corpo que vibra, transmitindo suas vibrações ao meio que o rodeia, causando compressões e rarefações às moléculas deste meio, de acordo com o movimento do corpo. Esta variação de pressão é comunicada às moléculas vizinhas, criando ondas longitudinais que partem do corpo. As moléculas do meio não se deslocam, elas oscilam em torno de suas posições centrais e o que se propaga é o *movimento oscilatório* (DE MARCO, 1982).

É possível identificar vários tipos de onda, como as *sonoras*, as *mecânicas*, as *sísmicas*, as de *choque* ou as *eletromagnéticas* (LASCALA, 1999).

Cada molécula repete seu movimento oscilatório de forma cíclica, tardando um intervalo de tempo, chamado de *período* (T), para completar cada ciclo. Ao número de oscilações completadas por segundo dá-se o nome de *frequência* (f), medida em ciclos por segundo (c/s) ou em Hertz (Hz)¹⁶ (DE MARCO, 1982), através da equação:

$$f = \frac{1}{T}$$

¹⁵ Os efeitos nocivos do ruído serão abordados mais adiante.

¹⁶ Em homenagem a Heinrich Rudolf Hertz.

O tipo de vibração mais simples é aquele que obtém uma única frequência, chamada de *movimento harmônico simples*, como, por exemplo, a vibração de um diapasão, que origina um tom puro, uma nota simples (SILVA, 2002).

As ondas sonoras podem se propagar em qualquer meio material, gasoso, sólido ou líquido, com uma velocidade que depende das propriedades do meio, cobrindo diferentes frequências, sendo classificadas em: *ondas audíveis*, que se situam entre 20 e 20.000Hz, possíveis de serem ouvidas pelos seres humanos, como a fala ou sons emitidos por instrumentos musicais; *ondas infra-sônicas*, situadas abaixo de 20Hz, com baixíssima frequência, portanto abaixo do limiar de audição, como é o caso dos terremotos; e, *ondas ultra-sônicas*, situadas acima de 20.000Hz, ultrapassando o domínio de audibilidade, como a indução num cristal de quartzo (LASCALA, 1999).

Na tabela 2, confere-se que a velocidade do som (V) depende das características do meio.

Meio	Temperatura	Estado	Velocidade do som
Ar	20 °C	Gasoso	345 m/s
Aço	20 °C	Sólido	5.000 m/s
Água	8 °C	Líquido	1.435 m/s
Água	20 °C	Líquido	1.485 m/s
Alumínio	20 °C	Sólido	5.040 m/s
Chumbo	20 °C	Sólido	1.200 m/s
Cobre	20 °C	Sólido	3.710 m/s
Ferro	25 °C	Sólido	5.200 m/s
Vidro	25 °C	Sólido	4.540 m/s
Alvenaria	20 °C	Sólido	3.000 m/s
Madeira	20 °C	Sólido	1.000 à 4.000 m/s
Granito	20 °C	Sólido	6.400 m/s

Tabela 2 Tabela com as velocidades do som.

Fonte: Adaptado de Lascale (1999) e Silva (2002).

Partindo-se do conceito de onda sonora, fica mais fácil compreender a idéia de som, que nada mais é do que uma vibração mecânica propagada num meio elástico, cujas freqüências se encontram dentro de uma determinada faixa audível, ou seja, entre 20 e 20.000Hz.

A *potência acústica*, que é a resultante da emissão de energia sonora, medida em watts (W), é na maioria das vezes muito pequena, conforme se verifica na tabela 3, onde a potência da voz humana pode ser comparada com a de alguns instrumentos musicais e alguns meios de transporte.

Potência sonora média	W
Voz de mulher	0,002
Voz de homem	0,004
Piano	0,270
Trombone	6,000
Tambor (surdo)	25,000
Orquestra	70,000
Automóvel a 70 km/h	100,000
Avião a jato	10.000,000

Tabela 3 Comparação de algumas potências sonoras.

Fonte: Silva (2002).

Para que um som seja ouvido, além de ter que estar no intervalo de 20 a 20.000Hz, é necessário que ele tenha certa intensidade. Esta *intensidade sonora (I)* se dá pela quantidade de *energia sonora (W)* que atravessa um metro quadrado de área, perpendicular à direção em que o som se propaga (SILVA, 2002), através da equação:

$$I = \frac{W}{S} \text{ watt/m}^2$$

O âmbito das intensidades sonoras, às quais o ouvido responde, é muito amplo. Por exemplo, para 1.000Hz, o linear de audibilidade está situado nos 10^{-12} watts/m², enquanto a intensidade na qual o ouvido começa a doer é, aproximadamente, da ordem de 1watt/m², ou seja, 1 milhão de vezes maior. Assim, para facilitar o trabalho com tais medidas, deu-se a necessidade da criação de uma escala, que determinasse as diversas intensidades sonoras, o que é classificado como *nível sonoro de intensidade (NSI)*, através da equação abaixo, medido em decibéis (dB)¹⁷, ou às vezes definido como *nível de pressão sonora (DE MARCO, 1982)*,

$$NSI = 10 \log \frac{I}{I_0} \text{ dB}$$

O nível sonoro de intensidade pode ser medido por um instrumento conhecido como decibelímetro ou sonómetro, como mostra a figura 8.



Figura 8 Decibelímetro.

Fonte: Foto da autora (2006).

¹⁷ Em homenagem a Alexander Graham Bell.

Para que já seja possível compreender a grandeza de alguns níveis sonoros de intensidade existentes nas cidades, segue a tabela 4 com uma relação de sons do cotidiano com seus respectivos níveis.

Sensação subjetiva de intensidade	Descrição	Pressão sonora (Pa)	Nível de pressão sonora (dB)
Estrondoso	<ul style="list-style-type: none"> • Avião a jato a 1m • Fogo de artilharia 	200	140
	<ul style="list-style-type: none"> • Tambor de graves a 1m • Avião a jato a 5m 	63	130
Muito barulhento	<ul style="list-style-type: none"> • Avião a 3m • Broca pneumática 	20	120
	<ul style="list-style-type: none"> • Metro • Próximo a uma britadeira 	6,3	110
	<ul style="list-style-type: none"> • Indústria barulhenta • Dentro de um avião 	2	100
Barulhento	<ul style="list-style-type: none"> • Banda ou orquestra sinfônica • Rua barulhenta 	0,63	90
	<ul style="list-style-type: none"> • Dentro de um automóvel em alta velocidade • Aspirador de pó 	0,2	80
Moderado	• Pessoa falando a 1m	0,0063	70
	• Rádio com volume médio	0,02	60
Tranquilo	<ul style="list-style-type: none"> • Sala de aula (ideal) • Escritório privado (ideal) 	0,002	40
Silencioso	<ul style="list-style-type: none"> • Movimento de folhagem • Estúdio de rádio e TV 	0,00002	20
Muito silencioso	<ul style="list-style-type: none"> • Deserto ou região polar (sem vento) • Respiração normal 	0,00006	10
	<ul style="list-style-type: none"> • Laboratório de acústica (câmara anecóica) • Limiar da audibilidade 	0,0002	0

Tabela 4 Níveis sonoros de intensidade para sons do cotidiano e sensações subjetivas correspondentes.

Fonte: Adaptado de Bistafa (2006).

A partir de uma pesquisa realizada por dois cientistas, conhecidos como Fletcher & Munson, uma nova escala foi criada para medir níveis sonoros de intensidade, levando em conta as variações de sensibilidade do ouvido humano em cada frequência. Essa escala balanceada foi chamada de escala "A", cuja principal característica é ajustar os níveis objetivos (medidos em dB), por banda de frequência, àqueles realmente percebidos pelo ouvido humano. Portanto, sempre que usada, os níveis sonoros de intensidades são calculados em decibéis(A), ou seja dB(A) (PASSERI, 2005).

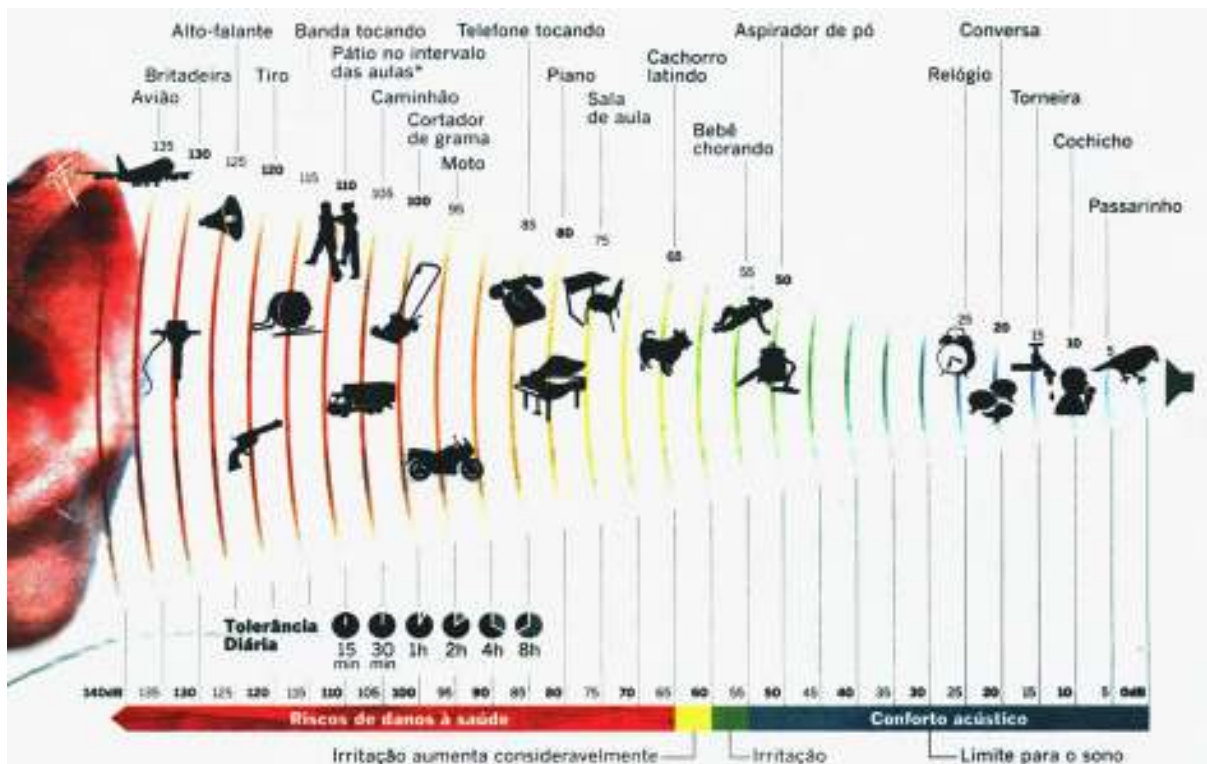


Figura 9 Escala de níveis sonoros.

Fonte: EUROPEAN COMMISSION (1996) *apud* Ferraz (2006).

Têm-se tentado muitas definições para o ruído, desde as puramente físicas à da teoria da comunicação, segundo De Marco (1982), que sintetiza como ruído todo o som que não é desejado pelo receptor.

Para Harris (1977), ruídos são os sons desagradáveis. O autor cita como exemplo, que para uma pessoa que está ouvindo música em sua casa, o som da é agradável, mas para um vizinho, este mesmo som, pode se tornar um ruído, por ser desagradável.

Bistafa (2006) define o ruído como um som sem harmonia e, também, indesejável. Porém ressalta que a palavra “indesejável” depende do contexto a que está inserida.

Contudo Silva (2002) faz analogia entre o *barulho* e o *ruído*, que resulta em uma diferença que pode ser aparentemente subjetiva, mas que fica clara quando realizada a análise de seus respectivos espectros. Para o autor, os sons indesejáveis classificam-se como barulho e, neste caso, possuem um espectro passível de ser analisado, o que permite, inclusive, maior facilidade nos tratamentos acústicos; já os sons desagradáveis classificam-se como ruído e seu espectro impossibilita qualquer análise precisa, por obter diversas frequências, sendo difícil distingui-las, o que dificulta o tratamento acústico. Mas tanto o barulho quanto o ruído resultam de sons desordenados.

Assim, definir um som que pode ser classificado como ruído não é algo muito simples, pois o que o distingue do conceito simples de som é o seu possível nível de perturbação, tornando-se desagradável, e não só indesejável como no caso do barulho; sendo assim, a atribuição de ruído pode variar de uma pessoa para outra, dependendo até mesmo do nível de tolerância que cada um possui. Além disso, da mesma forma que aumentam os ruídos nas grandes cidades, cresce também a insensibilidade auditiva de seus moradores.

Para Nepomuceno (1994), o ruído é o fenômeno audível com frequências muito difíceis de serem discriminadas, isso porque diferem entre si por valores inferiores aos detectáveis pelo aparelho auditivo.

Analisando o ruído e os aspectos que podem afetar o meio ambiente, é possível distingui-lo em quatro tipos diferentes (SILVA, 2002):

- *Ruído urbano*, típico das grandes cidades, problema a ser resolvido pelo poder público e pela coletividade, tornando-se necessário estabelecer níveis de ruído toleráveis e um zoneamento de atividades.

- *Ruído doméstico*, que gera efeito no interior das residências, mas que pode ser originado tanto no ambiente interno quanto ser derivado do ruído de fundo externo.

- *Ruído laboral*, que se apresenta nas indústrias, como siderúrgicas e metalúrgicas e em atividades de grande porte, podendo causar sérios danos à saúde do operário que trabalha nestes locais.

- *Ruído rural*, que deriva da fauna, flora e meios rurais.

Quanto às características temporais, é possível classificar os ruídos em (*apud* LASCALA, 1999):

- *Contínuo*, aquele que tem pouca oscilação de freqüência e da pressão acústica e se mantém constante, é o famoso “ruído de fundo”.

- *Flutuante*, ruído cuja pressão acústica e a freqüência variam em razão do tempo, de forma periódica ou aleatória, como acontece no tráfego de automóveis de uma determinada via pública.

- *Transitório*, ruído que se inicia e termina em período determinado, como o funcionamento de alguns equipamentos;

- *De impacto*, ruído que provoca elevado aumento de pressão acústica, não permanente, porém com alto nível de perturbação, como um avião ultrapassando a barreira do som (340m/s).

Para que o som seja melhor estudado, é representado num sistema tridimensional de coordenadas ortogonais, em função da frequência de onda (f), do nível sonoro de intensidade (NSI) e do tempo (t), conforme se observa na figura 11. É possível separar qualquer um dos planos definidos por eixos. O plano definido pelos eixos 'frequência – nível sonoro' expressa o espectro do som, a descrição de sua estrutura interna num instante determinado. Já o plano definido pelos eixos 'tempo – nível sonoro' expressa a variação da intensidade em função de um período de tempo apresentado.

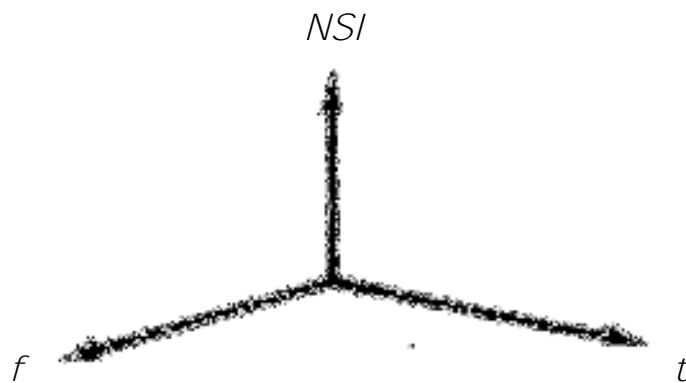


Figura 10 Representação do som num sistema tridimensional de coordenadas ortogonais.
Fonte: De Marco (1982).

Vale ressaltar, neste momento, que as ondas sonoras são representadas por raios, para que sejam facilitadas as suas análises geométricas, conforme mostra a figura 12.



Figura 11 Representação das ondas sonoras por raios.
Fonte: Kotzen e English (1999).

1.3.2 Normas e leis brasileiras sobre o ruído urbano

Primeiramente, é importante conceituar o termo *carta acústica*, que trata do levantamento dos níveis sonoros de uma cidade, por meio de um medidor de nível em locais públicos, como ruas, praças etc. Depois de medidos, os diversos pontos são conectados, formando curvas isofônicas. Essas curvas representam um gráfico topográfico sonoro e têm como função principal mostrar os pontos críticos da cidade, principalmente orientando correções nas leis de zoneamento.

A carta acústica desenvolvida na cidade de São Paulo deu embasamento para as primeiras leis municipais do setor, ponto que alavancou o estudo da Acústica Urbana, especificamente nesta cidade. A carta acústica do Rio de Janeiro foi levantada em seguida, em 1958, sob o comando do prof^o Paulo Sá, um dos pioneiros nos estudos de conforto acústico. O resultado foi exposto no Rio, com o dístico: “A cidade mais barulhenta do mundo” (*apud* SILVA, 2002).

Muitos países têm uma legislação nacional que pode ou não ser suplementada por regulamentos municipais, como a Grã-Bretanha, França, Alemanha, Polônia, Suécia, Turquia e Venezuela. Na Grã-Bretanha, por exemplo, o Decreto de Redução do Ruído de 1960 e o Regulamento de Isolamento de Ruídos de 1973 são aplicáveis por qualquer autoridade da Inglaterra, Escócia e País de Gales. Em outros países, como o Canadá, Austrália e partes dos Estados Unidos, a legislação geral é delineada pelas províncias ou Estados, para ser adotada ou aperfeiçoada pelas municipalidades. Em qualquer lugar, a questão pode ser deixada inteiramente às prefeituras ou se podem planejar entendimentos entre diferentes níveis de governo (SCHAFER, 1997).

Em um levantamento de algumas cidades de todos os continentes do mundo, sobre a existência ou não de uma legislação específica para ruídos, Schafer (1997) indica que muitas cidades ainda não possuem legislação anti-ruído, como, por exemplo, Acapulco (México), Turim (Itália), Bombaim (Índia), entre outras. A Europa e a América do Norte são os continentes mais providos de legislações estaduais ou nacionais de saúde ou proteção ambiental com alguma referência ao ruído (VER ANEXO I).

Na legislação ambiental, o ruído é definido como poluente na Lei nº 6.938/81, no artigo 3º, caracterizado por degradar a qualidade ambiental resultante de atividades que, direta ou indiretamente, prejudiquem a saúde, segurança e o bem-estar da população; que criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; que afetem desfavoravelmente as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; que lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

Por se tratar de um problema social difuso, a poluição sonora deve ser combatida pelo poder público e pela sociedade, individualmente, com ações judiciais de cada prejudicado, ou coletivamente, através de ação civil pública de Lei nº 7.347/85, pela garantia do direito ao sossego público, resguardado no artigo 225 da Constituição Federal.

No Brasil, a Resolução nº 001 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), de 9 de Março de 1990, estabelece padrões para a emissão de ruídos no território brasileiro, em decorrência de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, no interesse da saúde e do sossego público. A questão do ruído de tráfego (veicular, aéreo ou ferroviário) não consta dessa resolução, ficando a emissão de ruídos gerados por veículos automotores a critério de norma expedida pelo Conselho Nacional de Trânsito (Contran).

Na Lei nº 8.078/90, que trata do Código de Defesa do Consumidor, o artigo 10º proíbe o fornecimento de produtos e serviços potencialmente nocivos ou prejudiciais à saúde, portanto podem ser considerados como tais os produtos que produzem poluição sonora.

Na Lei nº 9.605/98, que trata de crimes ambientais, no artigo 54 está configurado como crime “causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar danos à saúde humana [...]”, sendo assim, inclui-se nesta figura delituosa a poluição sonora, cujas conseqüências prejudicam muito o homem, conforme já demonstrado.

Para preservar o sossego público, o Programa Silêncio Urbano (PSIU), da Prefeitura de São Paulo, foi criado através do Decreto nº 34.569/94. O programa

controla a poluição sonora (ruídos) na cidade que possa interferir na saúde e causar incômodo ao bem-estar da população.

A atuação do PSIU é regularizada por cinco leis municipais: Lei nº 11.501/94, alterada pela Lei nº 11.986/96, que trata do controle e fiscalização de atividades geradoras de poluição sonora; Lei nº 12.879/99, que dispõe sobre os horários de funcionamento de bares no município, ou seja, das 5h00 à 1h00; leis nºs 13.190/01 e 13.287/02, que regulamentam as penalidades a templos religiosos, caso ocorra constatação de excesso de ruído.

De acordo com a Lei de Zoneamento nº 13.885/04, em locais considerados Zona Residencial, das 7h às 22h, o nível de ruído permitido é de 50dB, e das 22h às 7hs, de 45dB. Nas Zonas Mistas, ou seja, comercial e residencial, para o primeiro período é de 65 a 55dB e, após às 22h, de 45 a 55dB.

Segundo registros da Prefeitura do Município de São Paulo, no primeiro semestre do ano de 2005, foram vistoriados por mês, em toda a cidade, mais de 1.200 estabelecimentos, entre bares e casas noturnas. Dentre esses, cerca de 1.000 foram autuados por estarem funcionando após a 1h00. Os locais denunciados pela população por excesso de ruído são comunicados por meio de ofício e, posteriormente, seus responsáveis são intimados a comparecer à Divisão Técnica de Fiscalização do Silêncio Urbano, para serem orientados a sanar as irregularidades, porém, persistindo as reclamações, é feita vistoria e, se forem constatadas irregularidades, o local sofrerá as penalidades previstas em lei, desde multa até o fechamento administrativo, por meio de lacre (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2005).

Os bairros que mais têm reclamações contra os ruídos noturnos são Itaim Bibi e Pinheiros, sendo que mais de 55% delas são contra bares e casas noturnas (FERRAZ, 2005).

Segundo o major Moacir Rosado, responsável pelo programa PSIU, em uma entrevista na rádio, em 2005 foram fechados aproximadamente 980 bares, sendo que 70% deles reabriram dentro da legislação.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), órgão responsável pela normalização técnica no Brasil, criou algumas normas que se remetem ao controle do ruído: NBR 10.151 (de 2000 substituindo a de 1987), que cita *a Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento*; NBR 10.152 (de 1987), que indica *Níveis de ruído para conforto acústico*; NBR 14.313 (de 1999), que cita *Barreiras acústicas para vias de tráfego – Características construtivas*; entre outras.

Há também muitas associações que auxiliam na formação de profissionais e promovem encontros, pesquisas e divulgações no setor, como o Instituto Brasileiro de Acústica (IBA), sociedade civil-científica de âmbito nacional, sem fins lucrativos, fundada em 1º de dezembro de 1956; a Associação Brasileira de Acústica (SOBRAC), fundada em 1984 no Rio de Janeiro, hoje com sede em Florianópolis, que organiza eventos, edita revistas bimestrais e faz intercâmbio com associações de outros países.

1.4 Conseqüências do ruído no homem

Como foi citado na primeira parte deste capítulo, o desconforto ambiental desqualifica o resultado do projeto e compromete muito a salubridade das pessoas envolvidas, pois o incômodo causado por um ruído interfere diretamente na produtividade e, portanto, na função para a qual foi criado o projeto, por repercutir tanto no estado fisiológico quanto psicológico de seus usuários.

Quando o homem estava com medo dos perigos de um ambiente inexplorado, todo o seu corpo se convertia em um ouvido. Nas florestas virgens da América do Norte, onde a visão ficava restrita a uns poucos metros, a audição era o mais importante dos sentidos (SCHAFER, 1997, p. 45).

O ruído urbano é um exemplo de poluição ambiental, assim como a poluição do ar, da água e do solo, mas sem os aspectos nocivos de contaminação, o que não o descaracteriza como poluente. Seus danos são visíveis aos seres vivos, principalmente aos seres humanos.

Para entender a repercussão que a poluição sonora tem no corpo humano, é necessário compreender como funciona o ouvido e de que forma o som chega até o cérebro.

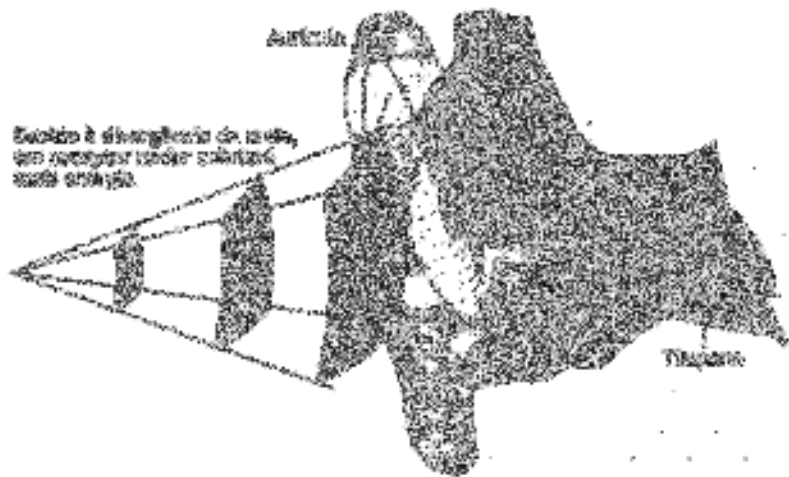


Figura 12 Orelha externa.

Fonte: Bistafa (2006).

As ondas sonoras são captadas pela orelha e através do canal auditivo chegam ao tímpano, onde sua energia mecânica é amplificada em 15 vezes e transmitida aos filamentos nervosos do ouvido, que são conduzidos até o cérebro e, por vibrar para todas as audiofrequências, reproduz fielmente as vibrações do som estimulador.

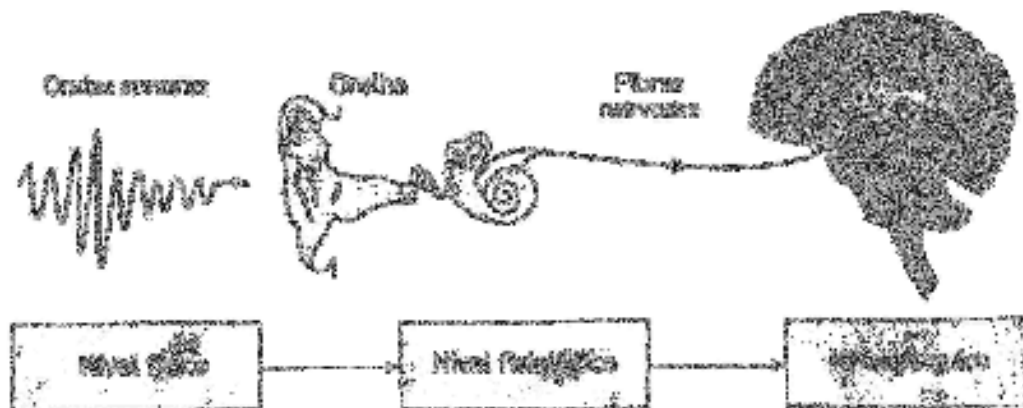


Figura 13 Os sons no seres humanos, do nível físico ao psíquico.

Fonte: Bistafa (2006).

Anatomicamente, o ouvido humano é composto por três partes: ouvido externo, ouvido médio e ouvido interno.

O ouvido externo é formado pela *Orelha* ou *Pavilhão* e pelo *Meato Acústico* ou *Canal Auditivo*, um canal que penetra no osso temporal, como um prolongamento da cartilagem, funcionando como um ressoador (DE MARCO, 1982; SILVA, 2002).

O ouvido médio é constituído por uma cavidade já incrustada no osso temporal, revestida por uma mucosa coberta por cílios. A parte mais externa da cavidade é delimitada pela membrana do *Tímpano*. Essa cavidade é preenchida por um ar atmosférico e comunica-se com o exterior por um canal, que mantém o equilíbrio de pressão entre o ouvido interno e o externo. Este canal fica normalmente fechado e abre-se quando engolimos ou bocejamos. Ligando a membrana do tímpano ao ouvido interno existe a cadeia de três ossículos – martelo, bigorna e estribo (DE MARCO, 1982; SILVA, 2002).

O ouvido interno, conhecido também por *Labirinto Vestibular*, localiza-se dentro do osso temporal e trata-se do órgão da audição, propriamente dito, ou seja, o *Labirinto Coclear*. Um canal cilíndrico, enrolado em uma espiral chamada *Caracol*, que dá $2\frac{3}{4}$ voltas em torno de um maciço ósseo, perfurado de modo a dar passagem para os últimos ramos do nervo auditivo e, nessa sensível parede desse canal, a membrana basilar, a vibração das células origina impulsos eletro-químicos, que serão transmitidos ao cérebro através do nervo auditivo (DE MARCO, 1982; SILVA, 2002).

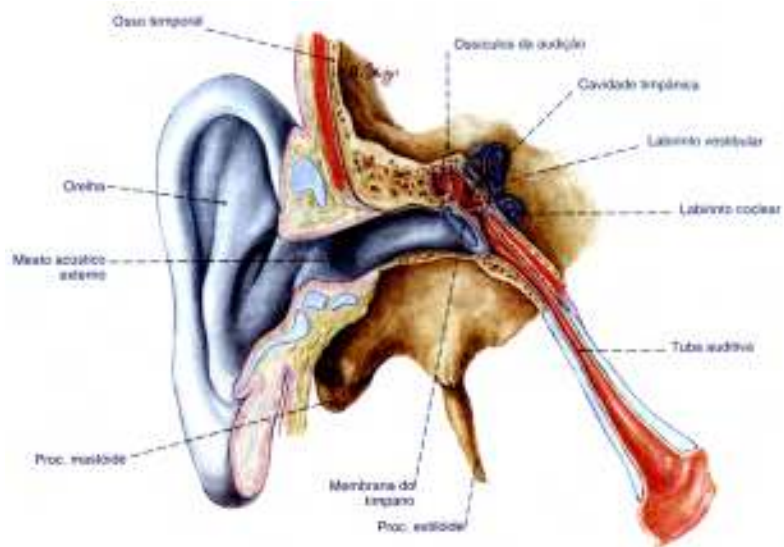


Figura 14 Orelha interna.

Fonte: Werneck¹⁸ (1993).

¹⁸ WERNECK, Hércio. *Sobotta – Atlas de Anatomia Humana*. Rio de Janeiro: Editora Koogan S.A., 1993.

O cérebro irá identificar ou diferenciar o som, de acordo com a zona ativada. O ramal coclear e o ramal vestibular do nervo auditivo reúnem-se para conduzir as sensações recebidas aos centros auditivos cerebrais (SILVA, 2002).

Mas de que forma um som indesejável, ou seja, o ruído, pode afetar um sistema tão complexo como é o ouvido humano?

Nem todo ruído age como destruidor de estímulos ou bloqueador mental no organismo humano, podendo-se dividir o ruído em duas categorias: *expressivo*, que age como um estímulo ao corpo, cobrando uma reação imediata, como, por exemplo, um bebê chorando ou um adulto gritando, e *inexpressivo*, o mais freqüente e com efeitos mais complexos e perigosos, por causar alterações na mente e no corpo que desmotivam as atividades humanas, como, por exemplo, o ruído urbano (GRANVILLE¹⁹ *apud* LASCALA, 1978).

Partindo do conceito apresentado para o ruído inexpressivo, considerado som incômodo ao homem, seus efeitos danosos podem repercutir de diversas formas no organismo humano: sobre o aparelho auditivo, as atividades cerebrais, os órgãos e as atividades mentais (SILVA, 2002).

Conforme Silva (2002), primeiramente os efeitos dos ruídos tendem a aparecer sobre o *aparelho auditivo*, pois, como já foi explicado, o som atravessa um complicado sistema antes de atingir o cérebro. E, como se trata de regiões anatômicas extremamente delicadas, sua exposição à ação de um ruído danoso pode causar o que especialistas chamam de “trauma acústico”. Este efeito é muito comum entre operários de certas indústrias, como as metalúrgicas e as siderúrgicas, que apresentam predisposição para dificuldade auditiva e, por estarem expostos constantemente a ruídos, são submetidos a periódicos exames médicos, psicológicos e audiométricos, a fim de afastá-los temporariamente, quando necessário, de suas atividades, proporcionando um tempo de recuperação auditiva ou, em alguns casos, até mesmo uma aposentadoria precoce, por lesões “gravíssimas”.

¹⁹ GRANVILLE, S. H. *Administração e Controle da Qualidade Ambiental* (original: *Environmental Quality Management*). São Paulo, EDUSP - Editora da Universidade de São Paulo; CETESB - Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental de São Paulo. 1975.

O ruído excessivo pode também repercutir nas *atividades cerebrais*, interferindo diretamente nas ações rotineiras do homem, tais como: dormir, descansar, pensar, ler, entre outras. Os efeitos da poluição sonora são visíveis na população, porém nem sempre são relacionados ao ruído ou diagnosticados. A sensibilidade auditiva tende a diminuir quando o ouvido sofre exposições excessivas a ruídos agudos. Importante citar que quanto mais débil for o organismo, mais predisposto ele se tornará aos efeitos ruidosos, por essa razão idosos, crianças e doentes são mais vulneráveis a sons perturbadores.

Além de prejudicar o aparelho auditivo e as atividades cerebrais, os ruídos podem lesar o funcionamento de outros *órgãos*, até mesmo por ação reflexiva, perturbando as funções neurovegetativas. As primeiras manifestações são inquietudes e irritabilidades, que causam alterações no metabolismo basal, resultando em distúrbios neuromusculares. Logo a vítima pode ter queda de produtividade, perda de apetite, aerofagia, insônia, problemas circulatórios ou respiratórios, náuseas, cefaléia, tremores e perda de peso.

Por fim, o ruído afeta também as *atividades mentais*, isso porque a influência do meio auditivo interfere diretamente na capacidade de o homem se manter atento e no desenvolvimento de sua inteligência. Nas grandes cidades, até mesmo quando o homem dorme ele não consegue ficar livre da ação do ruído, que age sobre o subconsciente e o sistema nervoso, piorando suas condições de saúde, já abaladas durante o dia, tornando-se, muitas vezes, até um doente mental. Segundo Souza (2005), a partir de 35dB(A) o sono passa a ser superficial e a 75 dB(A) atinge uma perda de 70% dos estágios restauradores orgânicos e cerebrais.

O organismo humano se adapta fácil, ou tenta, ao meio ambiente em que vive, todavia o desgaste físico e mental é muito maior sob influência de um ruído excessivo. Uma pessoa normal precisa dispensar cerca de 20% de energia extra para efetuar uma tarefa sob a ação de um ruído perturbador, como assegura o Dr. Foster Kenedy, um grande estudioso:

As pessoas que gozam de saúde podem adaptar-se às influências prejudiciais, apesar de não sentirem a fuga de energia e a aproximação da fadiga, esgotando-se o limite de sua resistência. A habilidade do nosso organismo em ajustar-se às diversas formas de barulho não implica a falta de ação do mesmo sobre os nossos nervos. Isso vem a favor da grande elasticidade e capacidade da adaptação do organismo humano aos estímulos do ambiente onde vive. Não é aconselhável, entretanto, sobrecarregar-se demais o aparelho auditivo (SOUZA, 2005).

Portanto, esta pesquisa apresenta-se ainda mais relevante com os dados acima pela necessidade fisiológica de se terem ambientes de trabalho com cautelosos tratamentos acústicos, assim como ambientes destinados ao ensino.

Recentemente, foi apresentada uma reportagem denunciando os altos níveis de ruído em escolas. Segundo especialistas consultados para a matéria, isso já tem acarretado problemas no aprendizado das crianças, o que preocupa professores e pais. Complementa Ferraz (p. A19): “A falta de atenção da classe pode, nesses casos, não ser apenas reflexo do mau comportamento dos alunos, mas uma questão física mesmo”. A matéria ainda cita uma pesquisa feita pela Secretaria Municipal de Saúde em escolas da rede pública de São Paulo, sob supervisão de fonoaudiólogos, que registrou um ruído de 90dB, sendo que o indicado pela OMS (Organização Mundial da Saúde) para salas de aula é de 35 a 45dB. Um colégio de São Paulo, Santo Américo, para solucionar o problema optou por um “ruidômetro”²⁰, indicando o nível de barulho de acordo com a percepção das crianças. Método simplista, mas que, segundo professores, surgiu muito efeito (FERRAZ, 2005).

De acordo com a OMS, o nível aceitável de ruído é de até 55dB. A partir daí o corpo começa a “reclamar”. Impactos ainda mais sérios ocorrem quando uma pessoa se expõe constantemente a um nível sonoro acima de 80dB(A), quando a produtividade é altamente prejudicada e há grande probabilidade de ela adoecer (FERRAZ, 2005).

²⁰ Cartaz de cartolina indicando graus de barulho, feito manualmente.

Como a reação das pessoas ao ruído é altamente individual, costuma-se trabalhar, estatisticamente, com curvas-critério, que definem probabilidades razoáveis, seja de perda de acuidade auditiva, seja de ocasional protesto por parte dos usuários. A figura 16 apresenta critérios aplicáveis a ruídos em locais industriais, partindo de duas estatísticas diferentes, com espectro de faixa larga, jornada de trabalho de 8 horas, por 5 dias na semana. Para Burns, a curva *A* determina valores de níveis de som que não devem ser ultrapassados, sob risco de dano permanente à audição. Para Beranek, a curva *B* indica tolerâncias, e se em qualquer das faixas os níveis ultrapassarem os 5dB, existe a probabilidade de que alguma pessoa sofra perda auditiva, devido a exposição prolongada relativa a um ou mais anos (DE MARCO, 1982).

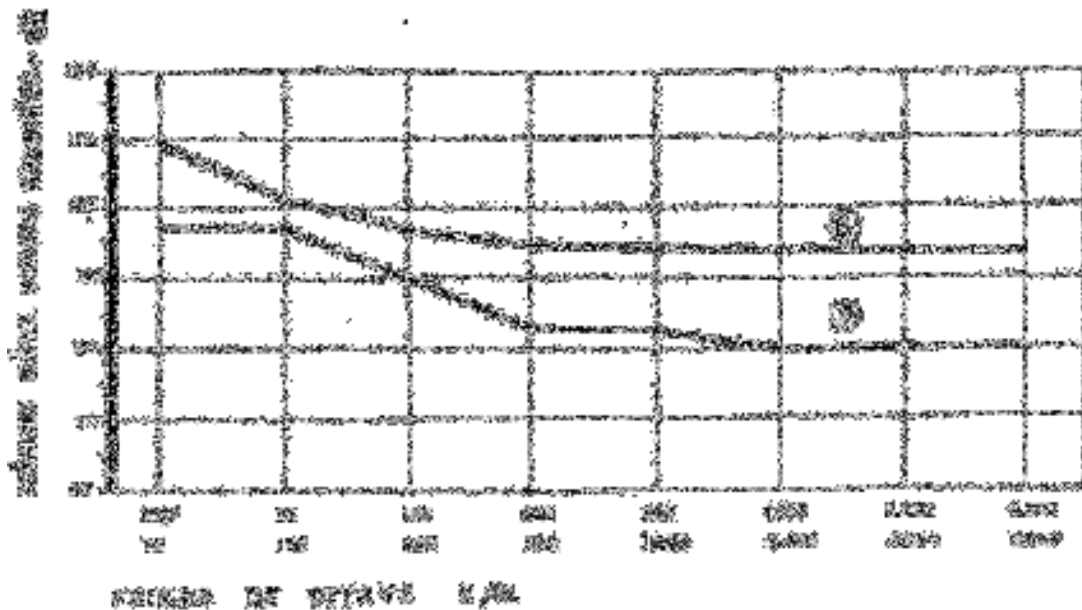


Figura 15 Critérios de danos ao ouvido.

Fonte: De Marco (1982).

Na tabela 5 Silva (2002) apresenta os limites máximos permissíveis de exposições diárias a determinados níveis sonoros, que, caso sejam ultrapassados, comprometem seriamente a audição do ser humano.

Nível de ruído dB(A)	Máxima exposição diária permissível
85	8 horas
86	7 horas
87	6 horas
88	5 horas
89	4 horas e 30 minutos
90	4 horas
91	3 horas e 30 minutos
92	3 horas
93	2 horas e 40 minutos
94	2 horas e 15 minutos
95	2 horas
96	1 hora e 45 minutos
98	1 hora e 15 minutos
100	1 hora
102	45 minutos
104	35 minutos
105	30 minutos
106	20 minutos
108	20 minutos
110	15 minutos
112	10 minutos
114	8 minutos
115	7 minutos

Tabela 5 Tabela de limites de tolerância para ruídos.

Fonte: Silva (2002).

A percepção auditiva depende de variações de certos parâmetros do som. Na frequência, por exemplo, é necessária uma variação de 3Hz, na região dos graves (abaixo de 500Hz) e de 0,3% nos agudos (acima de 500Hz), para que seja perceptível uma variação de altura. Nas intensidades, para os sons fracos é necessária uma variação de 0,5dB para uma diferenciação perceptível, enquanto para os sons fortes, basta um incremento de 0,3dB. No tempo é preciso uma média de 50ms entre dois sons para que o ouvido possa percebê-los separadamente. Entretanto, nem toda extensão do nosso gráfico costuma ser utilizada: a palavra ocupa uma área mínima e a música ocupa uma área um pouco maior, conforme observa-se na figura 17, juntamente com os limiares de dor e de audibilidade (DE MARCO, 1982).

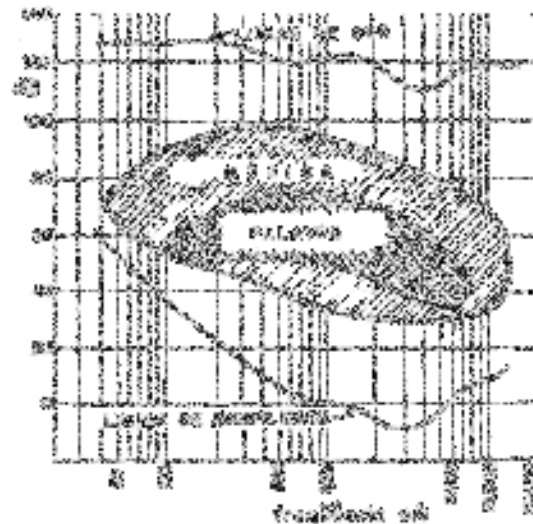


Figura 16 Limiares auditivos.

Fonte: De Marco (1982).

A percepção espacial do som é possível devido à existência de nossos dois ouvidos. Com efeito, são dois fatos que se somam para possibilitar essa percepção. Um som chega um instante antes a um ouvido do que a outro e com maior intensidade ao primeiro. Ainda que, tanto a diferença de tempo quanto a de intensidade sejam ínfimas, a informação é suficiente para que o cérebro possa definir a direção da procedência do som. Essa percepção não é perfeita, pois tal reconhecimento só poderá ser realizado num plano que contenha a reta definida pelas duas orelhas, não podendo o ouvido identificar outras direções. Esse fenômeno implica num outro igualmente importante: o som percebido duas vezes, com ligeira diferença de tempo ou de intensidade, será percebido como proveniente da fonte mais próxima (DE MARCO, 1982).

1.5 Consequências do ruído na cidade

O professor Lothar Goetz, de Stuttgart, Alemanha, afirmou em conferência na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), que o ruído é uma das principais causas de desvalorização das residências situadas em zonas centrais nas cidades (*apud* SILVA, 2002).

Nas grandes cidades brasileiras, como São Paulo e Rio de Janeiro, fica evidente que todo tipo de poluição sonora, seja ela classificada por contínua, flutuante, de impacto ou transitória, tem sido, cada vez mais, uma das causas de desvalorização imobiliária, tanto nas zonas centrais como nas periféricas.

Em São Paulo, por exemplo, nos bairros de Moema e Campo Belo, o ruído urbano tem agravantes geradas tanto pelas avenidas Washington Luís e Ruben Berta, causadoras do ruído flutuante (tráfego de veículos), quanto pelo aeroporto de Congonhas, desencadeador de ruído de impacto (grande tráfego aéreo).

Outro bom exemplo está nos bairros da Vila Olímpia e do Itaim, prejudicados por ruídos flutuantes, causados pelo excesso de carros nas pequenas ruas, por ruídos contínuos (os tais “ruídos de fundo”), provocados pelo som das casas noturnas, que nem sempre contam com isolamento acústico, e ainda por ruídos temporários, ocasionados por pessoas eufóricas, ou por instalações em lugares desapropriados de ar-condicionado, caldeiras, geradores e máquinas em geral.

Em novembro de 2005, na Rua Gomes de Carvalho, na Vila Olímpia, todos os edifícios residenciais protestaram com faixas nas suas fachadas exigindo “silêncio e paz”, vide fotos da figura 18.