

ACÚSTICA & VIBRAÇÕES

Nº19

JULHO 1997



◆ EFEITOS DO RUÍDO NO HOMEM

◆ AVANÇOS TECNOLÓGICOS SEM PROTETORES AUDITIVOS ATÉ 1995: REDUÇÃO ATIVA DE RUÍDO, SENSIBILIDADE DE FREQUÊNCIA/AMPLITUDE E ATENUAÇÃO UNIFORME. (PARTE I)

◆ CONGRESSOS

◆ PÁGINAS AMARELAS

Você Está na Página da

SOBRAC

Sociedade Brasileira de Acústica

DIRETORIA

REVISTAS

CONGRESSOS

NOVIDADES

ANUNCIANTES

PUBLIQUE

ANUNCIE

ASSOCIADOS

ASSOCIE-SE

Fundada em 21 de novembro de 1984, a Sociedade Brasileira de Acústica tem o objetivo de difundir informações entre pesquisadores, fabricantes, consultores e usuários. Esses conhecimentos são discutidos durante os encontros anuais, simpósios e publicações. Atualmente sua sede está na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). A revista "Acústica e Vibrações" abrange atividades, eventos e pesquisa na área de vibrações e ruído e conta com tiragem de dois mil exemplares, distribuídos para sócios brasileiros e demais sociedades acústicas internacionais.

Contando com 782 sócios, a instituição recebe o apoio de diversas empresas. Desde 1985 está ligada ao I-INCE (Instituto Internacional de Engenharia de Controle de Ruído), participando das discussões para a elaboração da Lei do Silêncio, em 1990, e do Ruído Veicular, em 1993. Tem ainda representantes na ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) e em outras instituições relacionadas à segurança no trabalho e conforto acústico.

A sociedade é constituída por vários grupos de trabalho: o grupo de Ruído Veicular, responsável pela organização de simpósios em São Paulo; o de Acústica de Edificação, que promove encontros em conjunto com grupos de Ergonomia e Conforto Térmico; e o grupo de Conservação da Audição, que trabalha com outras entidades de Segurança e Medicina do Trabalho.



VISITE A
HOME PAGE DA
SOBRAC!!!!

O ENDEREÇO É

<http://www.sobrac.ufsc.br>

Diretoria - Revista Acústica & Vibrações - An

Artigo -

Sociedade Brasileira de Acústica (SOBRAC) - e

ógico

ACÚSTICA & VIBRAÇÕES

EXPEDIENTE

REVISTA SEMESTRAL DA
SOCIEDADE BRASILEIRA DE
ACÚSTICA – SOBRAC

Depto. Eng. Mecânica da UFSC
Campus Universitário

CX. Postal 476 Florianópolis SC
CEP 88040-900 Brasil

Tel (048) 331 9227 / 234 4074

Fax (048) 331 9677 / 234 1519

DIRETORIA SOBRAC 96/97

Samir N. Y. Gerges – Presidente

Mauricy C. R. de Souza – Vice-Presidente

Sylvio Bistafa – 1º Secretário

Victor M. Valadares – 2º Secretário

Ulf H. Mondl – 1º Tesoureiro

Rodrigo R. Kniest – 2º Tesoureiro

CONSELHO SOBRAC 96/97

Stelamaris Rolla

Carlos Moacir Grandi

Fernando Henrique Aidar

Honório Cavicchioli Lucatto

Antonio Eduardo Husadel

Iva Bressane Nielsen

Roberto M. Heidrich

Thelma R. S. Costa

Ana Cláudia Fiorini

Luciano N. Marcolino

EDIÇÃO

Samir N. Y. Gerges

Mauricy C. R. de Souza

Victor M. Valadares

Apenas matérias não assinadas são de responsabilidade da Diretoria. Matérias, notícias e informações para publicação na Revista, podem ser enviadas para a

SOBRAC

Florianópolis/SC – Julho 1997

ÍNDICE

EFEITOS DO RUÍDO NO

HOMEM..... 2

AVANÇOS TECNOLÓGICOS EM

PROTETORES AUDITIVOS ATÉ 1995:

REDUÇÃO ATIVA DE RUÍDO,

SENSIBILIDADE DE FREQUÊNCIA/

AMPLITUDE E ATENUAÇÃO

UNIFORME (PARTE I)..... 30

CONGRESSOS NACIONAIS..... 42

CONGRESSOS INTERNACIONAIS..... 45

EFEITOS DO RUÍDO NO HOMEM¹

Henning E. Von Gierke e Kenneth Mck. Eldred

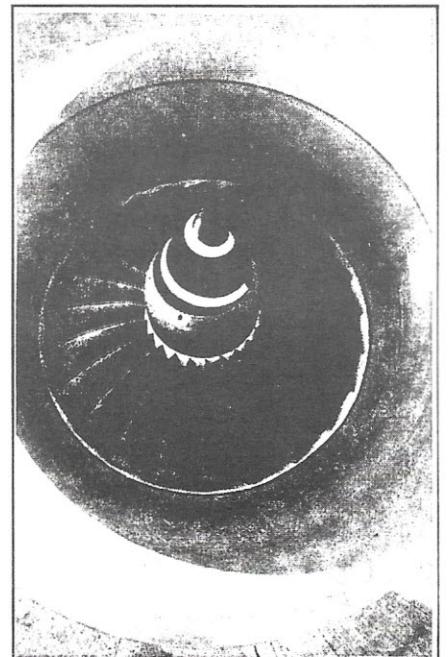
“Efeitos do Ruído no Homem” artigo publicado no “Noise/News International (NNI)” edição de junho de 1993, e traduzido para a SOBRAC pelo Eng.º Fernando Henrique Aida, Engenheiro Civil - Politécnica/USP - 1953, Conselheiro da SOBRAC - Consultoria/Projetos de Acústica - (011) 866-3512 - São Paulo/SP.

INTRODUÇÃO

Proteger a saúde da população é o principal objetivo de todos os esforços públicos para controlar a exposição ao ruído do indivíduo ou da comunidade. Atendendo às legislações dos Estados Unidos, do Decreto de Controle do Ruído de 1972 [39], do Decreto de Política Nacional Ambiental de 1969, e da adoção de suas diretrizes pelos vários Estados, têm sido feitos esforços consideráveis para a consolidar as aplicações práticas de grande e variada quantidade de pesquisas de laboratório e de campo, sobre os efeitos do ruído no homem. A interpretação mais autorizada, de mandato congressista, para a proteção do bem-estar e saúde pública, está registrada no “Documento de Magna Importância” de 1974 [1, 2, 3], da Agência de Proteção Ambiental, a qual adotou a definição de “saúde” da Organização Mundial da Saúde, não como uma mera falta de doença, porém como pleno bem-estar físico e mental. O termo “saúde pública” pressupõe que os interesses comuns da sociedade, em sua plenitude, devem ser enfatizados, e sempre que possível, os males devem ser expressos em termos estatísticos. Desta maneira, o impacto global pode ser mais detalhadamente analisado, quando comparado em separado aos estatisticamente insignificantes impactos ocasionais nos indivíduos.

A pluralidade e complexidade de possíveis reações humanas ao viver em ambiente ruidoso mudando continuamente durante o dia e a noite, de dia para dia, e de um local para outro, durante cada atividade diária do indivíduo, conduziu à seleção de fatores chaves estatísticos de reações humanas, assim como à de exposição ao ruído. Os fatores de efeito do ruído no homem podem ser classificados em fatores comportamentais de

bem-estar (isto é, reação de pessoas ao ruído ambiente e como ele interfere com as suas várias atividades de vida), e fatores psicológicos/médicos de mudanças crônicas ocasionadas potencialmente pelo ambiente (isto é, perda de audição induzida pelo ruído ou outros males de saúde, alegadamente causados pela exposição ao ruído). Pesquisa em interferência de atividade e males crônicos de saúde mede os fatores objetivos, tal como interferência de voz, inteligibilidade da palavra e evidência clínica se a doença for suspeitada. Do contrário, os fatores de incômodo no comportamento social são baseados nas reações subjetivas ao ruído ambiente, do indivíduo ou da comunidade, os quais poderão variar com a familiaridade, ou com a adaptação ao ruído, e com outros inúmeros fatores. Estes fatores podem ou não ser devido ao ruído, seu originador ou propósito. A definição de “bem-estar” psicológico de indivíduos nem sempre condiz com a avaliação coletiva da comunidade do que é desejável para o seu bem-estar. Fatores econômicos, estilo de vida e conveniência, todos afetam o nosso julgamento de incômodo, e podem mesmo fazê-lo flutuar com o decorrer do



¹ Esta é uma revisão dos vários aspectos a serem considerados quando se tratar dos efeitos do ruído na saúde do homem. No entanto não tem a intenção de ser um resumo detalhado de todas as publicações disponíveis sobre o assunto, porém um guia crítico - baseado em amplo consenso - para os mais comuns métodos de avaliação e suas aplicações práticas. Para estudos mais detalhados, devem ser feitas consultas à bibliografia selecionada, a qual relaciona citações chaves para áreas tópicas mais abrangentes.

tempo. Em conseqüência, o nosso imediato incômodo a curto prazo pode diferir de nosso julgamento, por inteiro, do incômodo a longo prazo.

Na próxima seção discutiremos os vários indicadores padronizados de ruído nos quais há concordância da comunidade técnico-científica, da indústria, das governamentais, das autoridades locais e do consumidor/grupos de interesse público. A seção seguinte apresenta a relação de vários fatores-chaves de males de saúde para tais indexadores de exposições aos ruídos. Condensar os conhecimentos disponíveis nessas relativamente escassas relações estatísticas e conclusões sumárias será o melhor embasamento para uma discussão objetiva e quantitativa do potencial de impacto na saúde com as mudanças no ruído ambiente [4]. Isto dará suporte para avaliação isolada de reclamações individuais em perspectiva adequada dos grupos de respostas integradas e estatisticamente baseada. Os intervalos de exposição, que claramente resultam em efeito não material, no bem-estar humano, podem ser deduzidos dessas relações e separados por intervalos, onde sérias interferências com atividades, ou efeitos não auditivos, precisam ser considerados para uma significativa percentagem da população.

Embora os efeitos não auditivos, principalmente estudados em animais a grandes níveis de ruído, recebam enorme divulgação em publicações e em algumas reclamações, existe pequeno fundamento científico para aplicação de tais dados para situações humanas. Exposições ao ruído de avião usualmente ocorrem a níveis mais baixos. Esta declaração não teve a intenção de diminuir a seriedade do impacto na saúde causado pelo ruído, porém, melhor dizendo, explicar porquê, para a maioria das decisões, o incômodo e as interferências nas atividades afins são tomados como guias e critérios cientificamente melhor sustentáveis.

DESCRIÇÃO DE EXPOSIÇÃO SONORA AMBIENTAL

Nesta seção, apresentamos o conjunto de indicadores que são os mais usuais nas quantificações de sons ocorridos nas vizinhanças residenciais e as suas relações com os variados efeitos do ruído nas pessoas. Desenvolvemos o relacionamento simples entre as exposições sonoras associadas com vários eventos ocorridos durante um período de tempo definido e a resultante acumulada total da exposição sonora. Finalmente, discutimos os fatores temporais de mais longo prazo, os quais devem ser considerados ao definir o apro-

priado nível para a atividade e a típica diferença aguardada entre o ruído exterior e o interior.

Indicadores [5]

Existem um grande número de indicadores que foram pleiteados com o propósito de caracterizar um ou mais atributos de som ambiental. Aqui apresentamos uma série de quantidades que foram desenvolvidas originalmente pela Agência de Proteção Ambiental (EPA) dos USA, padronizada pela comunidade técnica, nacional e internacional e geralmente adotadas, na atualidade, pelas autoridades estaduais e locais do Governo dos Estados Unidos. Estas quantidades levam em conta a descrição do:

- valor instantâneo do som e do seu específico espectro de frequências.
- valor da exposição sonora total associado ao simples evento tal qual um sobrevôo de avião.
- valor da média de exposição sonora em um período horário o qual pode referir-se à interação com atividade humana ou com a saúde.
- valor de exposição sonora por 24 horas, com a ponderação de penalidade noturna, a qual poderá referir-se ao ruído de impacto.

A tabela 1 lista os principais indicadores e dá uma breve definição e o principal uso de cada um dos valores que provê a base para discussão do som neste trabalho. Os parágrafos seguintes fornecem informações mais detalhadas sobre cada uma dessas quantidades.

Nível Sonoro (L_A)

O valor instantâneo de um som pode ser descrito pelo seu nível sonoro o qual compõe-se do valor de suas flutuações de pressões e suas distribuições no espectro de frequências.

A distribuição da energia sonora em função da frequência é designada por "espectro de frequência". Veja figura 1 por exemplo. O espectro de frequência é importante para a medição da grandeza do som porque o ouvido humano é mais sensível ao som em algumas frequências do que em outras. Por exemplo, o ouvido humano é mais sensível no intervalo de frequência de 1000 a 5000 Hertz do que a muito mais baixas ou altas frequências. Entretanto, afim de determinar a magnitude de um som em uma escala que seja proporcional à grandeza perceptível pelo ser humano, é necessário considerar que as partes do espectro de energia sonora que o ouvido humano possa facilmente ser sensibiliza-

do o será quanto maior for o nível energético adicionado. A figura 2 ilustra este conceito de ponderação física do espectro sonoro levando conta a resposta de frequência do ouvido.

A forma mais popular de ponderação de frequência, chamada ponderação-A, está incorporada na definição de nível sonoro. A Ponderação-A, que foi desenvolvida na década de trinta para o uso do medidor de

Tabela 1. Principais indicadores de som ambiental

Quantidade	Abreviação do Símbolo	Definição Resumida	Principais Usos
Nível Sonoro	L	Valor médio quadrático na ponderação-A do nível de pressão sonora a qualquer instante, a uma pressão de referência <i>re</i> .	Indica a magnitude de um som a uma posição específica e determinado instante.
Exposição Sonora	SE	Integral no tempo da média quadrática da pressão sonora, na ponderação-A, <i>re</i> à média quadrática da pressão de referência, em um segundo de duração (Pasques)	Indica a magnitude de todos os sons em uma posição específica, acumulada durante determinado evento, ou por um declarado intervalo de tempo.
Nível de Exposição Sonora (Sound Exposure Level)	NES (SEL)	10 X logaritmo da exposição sonora	Representação decibel da exposição sonora.
Nível Sonoro Equivalente	Leq	Nível de um som constante o qual tem o mesmo nível de exposição sonora, de um som variando com o tempo, por um determinado intervalo de tempo	Indica a condição média (energia) do ambiente. Usualmente empregado para durações de: 1 hora {Leq(1)}; 8 horas {Leq(8)}; ou 24 horas {Leq(24)}.
Nível Sonoro Dia/Noite	Ldn	Nível sonoro equivalente para um período de 24 horas, com +10 dB de penalidade aplicado a todos os níveis sonoros ocorridos entre 22:00 e 07:00 horas.	Indica a média do ambiente nas localidades residenciais; estimativa para caracterizar os efeitos dos ruídos noturnos e muitas vezes é dada como média durante os 365 dias do ano.
Exposição Sonora Nível	ESDN (DNSE)	Exposição Sonora Linear Dia/Noite, por um período de 24 horas com penalidade de 10 pontos aplicados a todos os níveis sonoros ocorridos entre 22:00 e 7:00 horas.	Analogia linear ao Sonoro Dia/Noite; muito útil para adicionar ou comparar partes constituintes do som total de ambiente.

nível sonoro, é feita por um circuito elétrico, o qual opera de maneira similar ao controle de baixos e agudos de um equipamento de "hi-fi". O seu maior efeito é atenuar sons de baixas frequências, isto é, cortar a resposta de graves. A ponderação-A tem sido utilizada extensivamente através do mundo para medir grandezas de sons de todos os tipos. Devido sua universalidade, foi adotada pela EPA (Environmental Protection Agency) e outras agências do governo para interpretação de sons no ambiente.

A escala de nível sonoro é logarítmica. Por definição, e por conseguinte, o nível de um som que seja 10 vezes a média quadrática da pressão sonora de referência é 10 decibels (ou dB) maior do que a referência sonora, e outro que seja 100 vezes (ou 10×10) a média quadrática da pressão sonora de referência, é 20 dB maior, $(10+10)$ dB.

Este uso de escala logarítmica para o som é conveniente porque as pressões sonoras de regular interesse estendem-se por um intervalo de 1 (um) a 10 (dez) milhões. Visto que a média quadrática da pressão sonora é proporcional ao quadrado da pressão sonora, ela estende-se para um intervalo característico de 1 (um) a 100 (cem) trilhões. Este enorme número, 100 trilhões (ou 100.000.000.000.000), com 14 zeros é muito mais convenientemente representado na escala logarítmica como 140 dB (10×14) .

O uso de escala logarítmica requer algo diferente da aritmética que estamos acostumados, operando com escalas lineares. Por exemplo, se duas fontes similares e independentes operassem simultaneamente, a média registrada dos quadrados das pressões sonoras das duas fontes somadas juntas daria um valor duplicado, sendo tal média a resultante de uma das fontes operando sozinha. O resultante nível de pressão sonora em decibels de duas fontes idênticas será somente 3 dB maior do que o nível produzido por uma das fontes apenas, uma vez que logaritmo de 2 é 0,3 e 10 vezes 0,3 é 3. Em outras palavras, se nós tivermos dois sons de fontes independentes, de diferentes grandezas, o somatório do nível jamais será maior do que 3 dB acima daquele da fonte mais intensa. Se as duas fontes produzirem níveis individuais que difiram de 10 dB ou mais, então a adição das

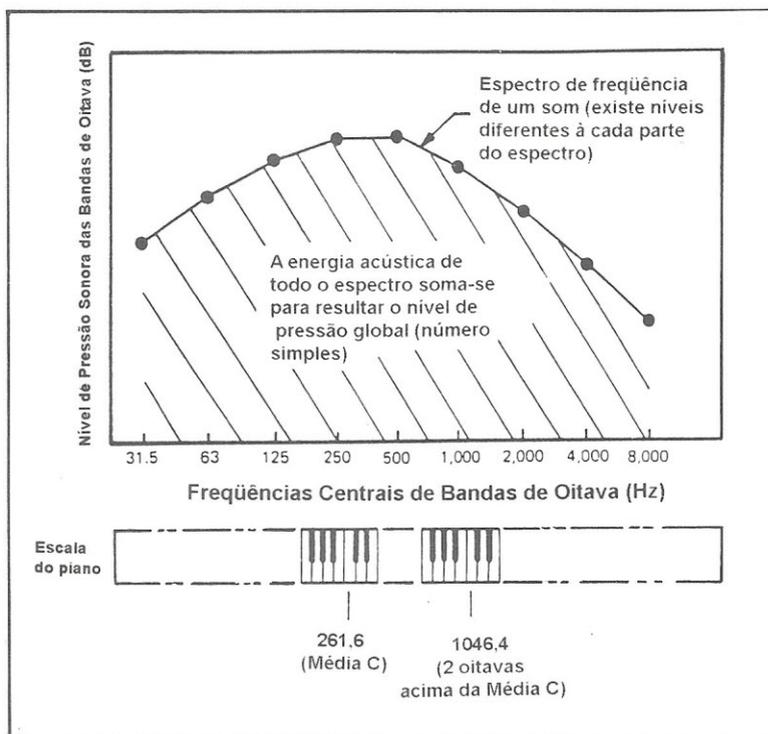


Fig. 1. Exemplo de um espectro de frequência de um som.

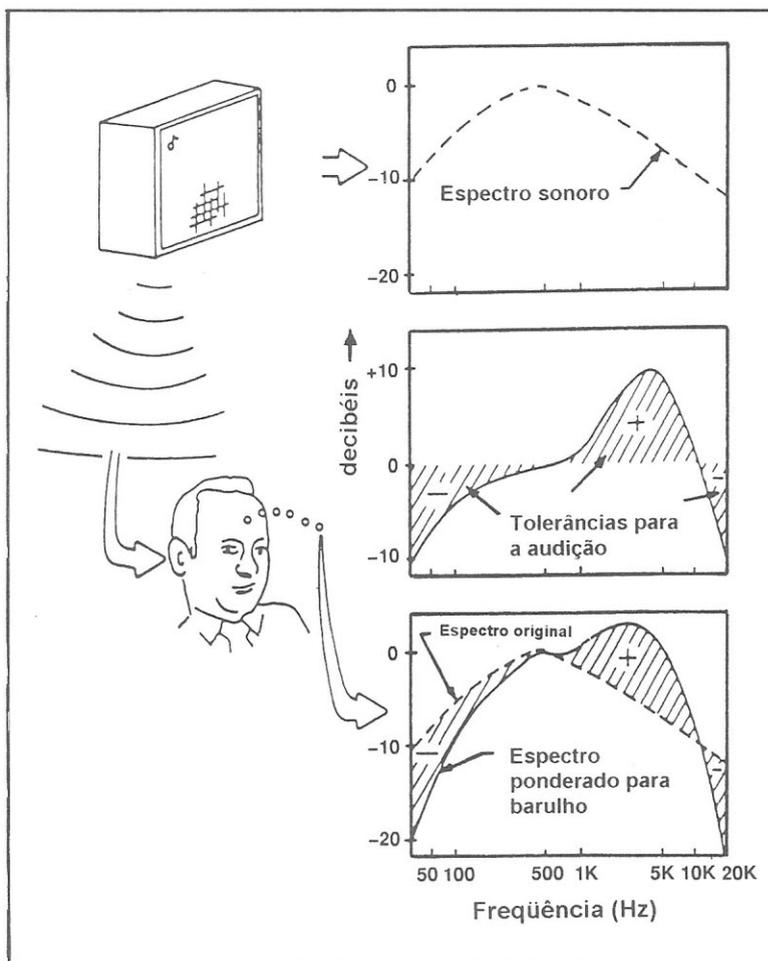


Fig. 2. Medida ponderada do espectro sonoro para estimativa da resposta do ouvido às frequências.

duas juntas resultará em um nível que não é significativamente diferente daquele produzido pela fonte mais intensa operando isoladamente.

O valor zero do nível de pressão sonora na escala A de compensação (ou nível sonoro para simplificar) é a pressão de referência de 20 micronewtons por metro quadrado. Este valor foi selecionado porque é aproximadamente a mínima pressão sonora que pode ser detectada pelo ser humano. O nível sonoro médio de um sussurro a 1 metro de distância de uma pessoa é de 40 dB; o nível sonoro de voz normal de uma pessoa a 1 metro de distância é 57 dB; um grito, a 1 metro de distância, é 85 dB. Outros exemplos de níveis sonoros estão ilustrados na figura 3.

Exposição Sonora (ES) [6,7]

Exposição sonora é a correspondente quantidade aritmética, não logarítmica, do nível de exposição sonora. Ela provê a base para a descrição da exposição sonora total durante um definido período de tempo. Isto inclui uma ampla variedade de situações de ruído ambiente no qual a grandeza do som varia constantemente com o tempo. Exposição sonora é a integral linear com o tempo, da pressão sonora média quadrática, tendo a

dimensão do “quadrado da pressão multiplicada pelo tempo”. Sua unidade é “pascal ao quadrado segundo” (abreviado, pasques) (Pa².s)

Nível de Exposição Sonora (NES)

O nível de exposição sonora caracteriza o nível total associado com um acontecimento durante um definido período de tempo. O nível sonoro durante um evento discreto varia com o tempo, elevando-se de um nível residual para um valor máximo e depois caindo de volta para o nível residual, tal como ilustrado na figura 4. A exposição sonora total associada com tal evento é uma função da duração do evento e do seu máximo nível sonoro. Desde que os respectivos fatores sejam relevantes como sons indesejáveis ao homem, o nível de exposição sonora foi determinado em ser o mais apropriado e útil indicador para a maioria dos tipos de eventos sonoros isolados incluindo o sobrevôo de aviões.

A figura 5 mostra um exemplo de histórico no tempo do ruído ambiente em uma vizinhança suburbana. As grandes variações no nível sonoro, as quais ocorrem como resultado de diversos eventos discretos, demonstra a dificuldade de seleção de um valor único desse histórico do nível sonoro para caracterizar a amos-

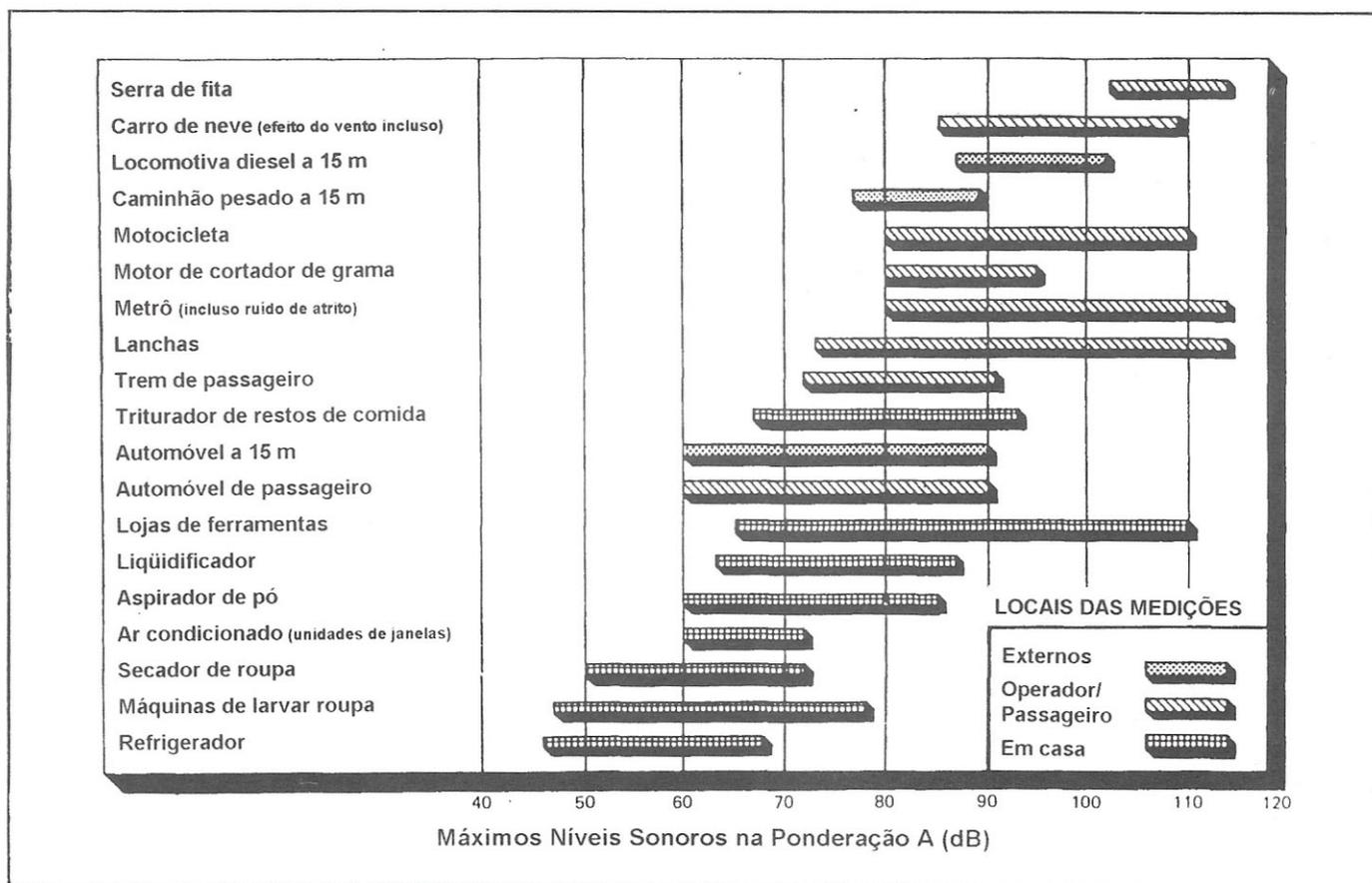


Fig. 3. Intervalos típicos de sons comuns.

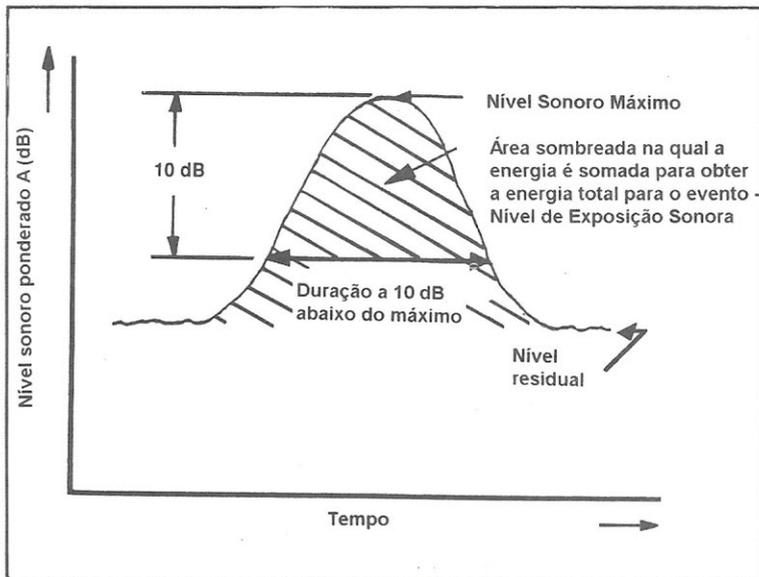


Fig. 4. História de tempo de um nível sonoro de um evento simples de som.

tra total. Para computar todos estes sons, a exposição sonora acumulada, ou nível de exposição sonora, leva em conta a soma de todos estes sons individuais em um único valor total, para cada amostra, de maneira que possa ser correlacionado como um provável malefício destes sons no homem.

Nível Sonoro Dia-Noite (Ldn)

O Nível Sonoro Dia-Noite é definido como o nível sonoro equivalente na escala A por um período de 24 horas, com uma

compensação de +10 dB aplicada aos níveis equivalentes medidos durante as horas noturnas de 22:00 às 7:00 horas. A compensação noturna aumenta em 10 dB os níveis sonoros registrados à noite. Portanto, em um ambiente que apresenta o nível sonoro equivalente diurno de 60 dB e o valor noturno de nível sonoro equivalente de 50 dB, terá um nível sonoro compensado de 60 dB (50+10) e um Nível-Sonoro Dia-Noite (Ldn) de 60 dB.

O Nível Sonoro Dia-Noite é o principal indicador de ruído cumulativo no ambiente exterior, correlacionando-se bem com a reação total ao ruído da comunidade e aos resultados dos levantamentos sociais do incômodo do ruído de aeronaves. Foi adotado pelo governo federal dos Estados Unidos, e agora incorporado por várias recomendações e regulamentos federais.

A grandeza do Ldn tem se apresentado como o melhor indicador dos efeitos do ruído no homem comparado a quaisquer outros indicadores. Por conseguinte, é o de maior utilidade na avaliação do ruído ambiental relacionado ao homem. Para algumas aplicações e medidas para atenuação do ruído, pode ser útil separar a exposição diária em mais intervalos de tempo, isto é, matutino, vespertino e noturno, dependendo da natureza do ruído e tipo de vida

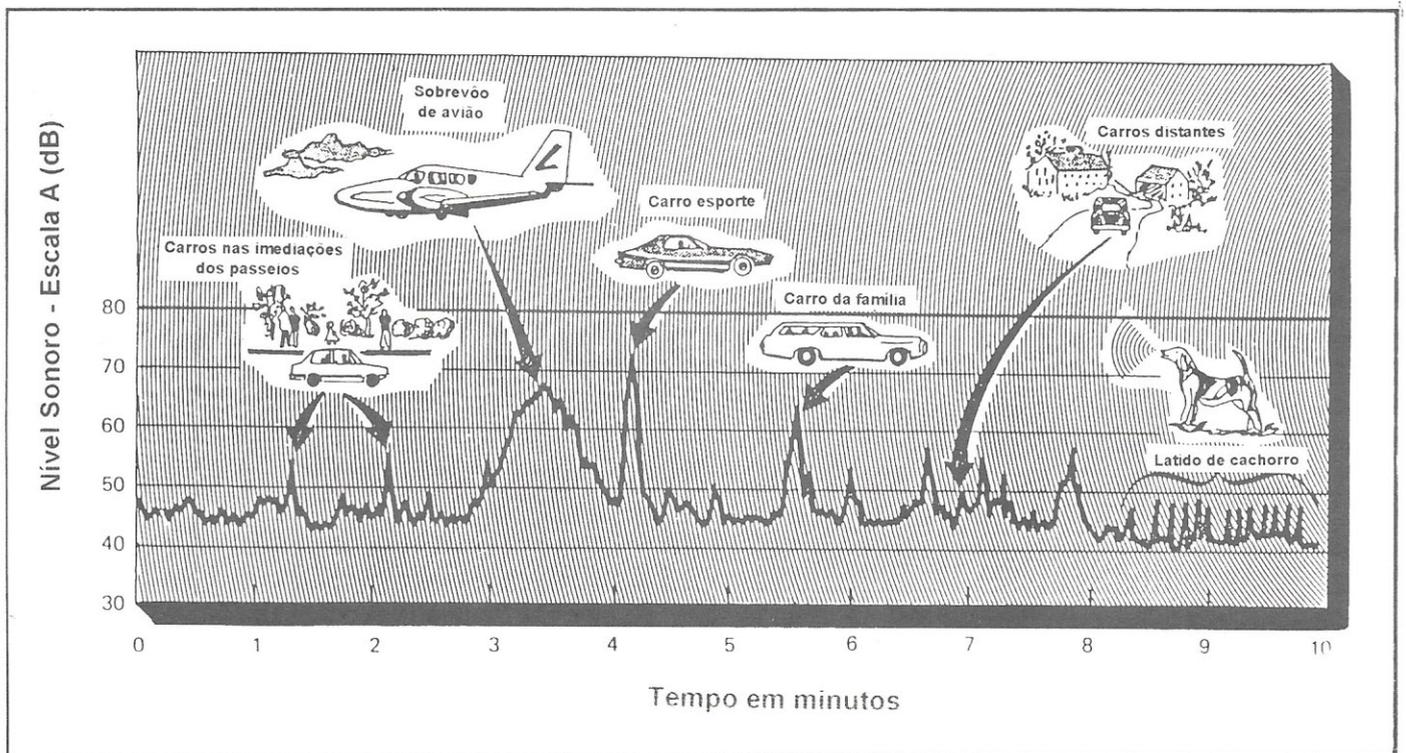


Fig. 5. Medidas típicas de ruído externo em rua quieta de subúrbio.

local. Alguns países e o estado da Califórnia adotaram tais variações do Ldn. Contudo, o Ldn padronizado, aqui adotado, resulta no melhor de todos, comparadamente aos vários ruídos de zonas residenciais.

Exposição Sonora Ponderada Dia-Noite (ESPDN)

Uma alternativa cumulativa de indicador de ruído que corresponda ao Nível Sonoro Dia-Noite é a Exposição Sonora Ponderada Dia-Noite. Suas unidades são pascal-quadro segundo, pasques abreviado. O intervalo de maior interesse do ESPDN é de 1 a 1.000 pasques, equivalente aos valores de Ldn de 45 a 75 dB.

A figura 6 ilustra o relacionamento direto entre a escala logarítmica do Nível Sonoro Dia-Noite e a escala de Exposição Sonora Dia-Noite. Um valor de 1 pasques é equivalente ao de Ldn de 45 dB, o qual é um ambiente muito calmo, tal como existente em uma fazenda na Califórnia. O valor de 10 pas-

ques é equivalente ao Ldn de 55 dB, que é o nível proposto pela Agência de Proteção Ambiental (EPA) dos Estados Unidos, como proteção ao “bem-estar e saúde pública com adequada margem de segurança”. Tal nível é muitas vezes encontrado em bairros suburbanos. O valor de 100 pasques é equivalente ao Ldn de 65 dB, um nível considerado pela FAA (Federal Administration of Airports), e várias outras agências, ser provavelmente o limiar para problemas significativos de ruído.

Finalmente, um valor de 1.000 pasques é equivalente ao Ldn de 75 dB, nível que é geralmente reconhecido como o máximo nível acumulado conveniente para zonas residenciais, mesmo com tratamento acústico efetuado nas unidades residenciais.

A EXPOSIÇÃO SONORA ACUMULADA DE EVENTOS

A exposição sonora acumulada resultante de uma série de eventos sonoros é calculada pela adição de exposições sonoras de eventos individuais. Por exemplo, se houve três eventos com exposições sonoras de 4,9 e 23 pasques, então a exposição sonora acumulada

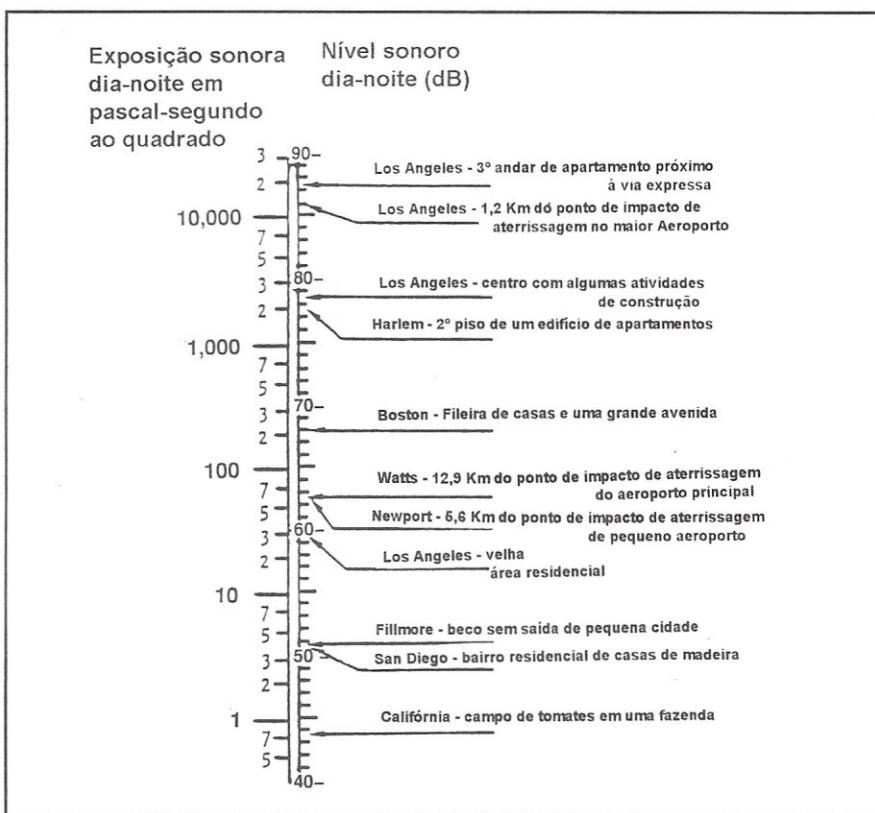


Fig. 6. Exemplos de medições de nível de ruído cumulativo ponderado Dia-Noite (24 horas), com ambas escalas de exposição de nível sonoro ponderado dia/noite e nível sonoro dia/noite.

é calculada pela adição de 4+9+23 para obter 36 pasques.

Esta simples propriedade aritmética de exposição sonora é bastante útil quando examinamos os possíveis efeitos ou alternativas de medidas para tornar o ruído menos agressivo. Por exemplo, 30 por cento de redução das operações de decolagens acarreta 30 por cento de redução na exposição sonora acumulada daquelas operações. A validade desta técnica pode ser facilmente observada nos exemplos da tabela 2.

A exposição sonora ponderada dia-noite pode também ser utilizada para incluir os males que afetam a população, na tentativa de decidir qual proposta deve ser selecionada. Por exemplo, suponha que o ruído de operações de uma pista de aeroporto afetaram dois edifícios de apartamentos; o Edifício A com uma população de 500 pessoas, e o Edifício B com uma população de 100 pessoas, e que os atuais valores de ESPDN (Exposição Sonora Ponderada Dia-Noite) são 10 pasques e 40 pasques respectivamente. Assim no Edifício A existem 500 pessoas vivendo em uma área que está sujeita a um ESPDN de 10 pasques, e no Edifício B existem 100 pessoas sujeitas a um ESPDN de 40 pasques. Pode-se calcular em cada área o total da popula-

Tabela 2a. Exemplos do uso da Exposição do Nível Sonoro Ponderado					
Exemplo 1: Contribuição de 5 decolagens para a exposição sonora em um local específico.					
Partida Decolagem	Ldnp* (decibels)	ESDN (DNSE) (pasques)	% Total exposição	Nº Ops.	ESDN (DNSE) por Operação (pasques)
08	64.4	95	20	45	2.11
14	62.5	61	13	75	0.81
23	66.9	169	37	100	1.69
26	64.2	91	20	78	1.17
32	61.1	45	10	60	0.75
Total:	71.3	461	100	358	1.29

* Ldnp é o valor parcial do Ldn associado com a operação indicada.

Tabela 2b.					
Exemplo 2: Contribuição de partidas de vários aviões para exposição sonora em um local específico.					
Tipo de Avião (decibels)	Ldnp* (pasques)	ESPDN (DNSE)	% Total Exposição	Nº Ops.	ESDN (DNSE) por Operação (pasques)
727	69.9	338	72	152	2.22
DC9	64.2	89	19	113	0.79
747	60.5	38	8	23	1.67
DC10	51.6	5	1	41	0.12
767	47.6	2	Neg.	29	0.07
Total:	71.3	472	100	358	1.32

* Ldnp é o valor parcial do Ldn associado com a operação indicada.

ção exposta a ESPDN, multiplicando-se o número de pessoas pelos seus ESPDN. Assim, no Edifício A, a população influenciada pela ESPDN é 5.000 pessoas-pasques, e no Edifício B é 4.000 pessoas-pasques. Então o impacto total atual em termos de exposição sonora acumulada é simplesmente a soma da ESPDN acumulada da população ou 9.000 pessoas-pasques neste exemplo. Alternativas com propostas de diminuição do ruído podiam ser paralelamente avaliadas e os seus to-

tais comparados com aquele da presente operação, para obter-se um único número de medida comparativa.

Esta técnica pode ser aplicada para estimativa da população nacional afetada pelo ruído de operações de aviões nos aeroportos civis. Os resultados estão demonstrados na tabela 3.

Os resultados indicam que cerca de 21 por cento da população exposta ao EPDSN ponderado, ocorre a altíssimos valores de ESPDN (ESPDN maior do que

Tabela 3. População estimada impactada pelo ruído de avião baseado na população avaliada pela exposição sonora dia-noite.				
Intervalo / Nível Sonoro dia-noite (DNL)	População (milhões)	Média de ESPDN (pasques)	ESPDN compensado com a população (pessoa-pasques)	% do Total acima do Ldn= 55 dB
80-85	0.1	6150.0	615	20.9
75-80	0.2	1940.0	388	13.2
70-75	1.0	615.0	615	20.9
65-70	3.4	194.0	660	22.4
60-65	6.8	61.5	418	14.2
55-60	12.8	19.4	248	8.4
-	-	-	2944	100.0

3.000 pasques e correspondente Ldn maior do que 80 dB). Além disso, 78 por cento de ocorrências medidas por este sistema apresentam valores de ESPDN maiores do que 100 pasques (Ldn maiores do que 65 dB).

FATORES MODIFICADORES LOCAL E TEMPORAL

A definição usual de ruído ambiente é dado em termos de nível de ruído exterior e para ruído acumulativo, um “típico” dia de 24-horas. Muitas vezes, a avaliação dos efeitos do ruído no homem envolve o ruído de interiores, mais do que os exteriores, os quais podem requerer uma transição de exteriores para os interiores. Também, a determinação de um dia “típico” pode envolver avaliações de muitos aspectos operacionais e temporais de fontes de ruído, incluindo os padrões diários, semanais, e sazonais. Estes aspectos são discutidos nos itens seguintes.

Redução do ruído do exterior para o interior

A maioria dos dados existentes relativos a níveis de ruído ambientais em áreas residenciais tem sido obtida no exterior. Tais dados são úteis para a caracterização do ruído ambiente da vizinhança, avaliação do ruído de fontes identificáveis e relacionamento dos valores medidos com aqueles calculados com o propósito de planejamento. Para estes propósitos, os níveis do ruído de exteriores têm provado ser mais úteis do que os níveis de ruído de interiores porque os níveis de ruído de interiores contêm uma variante adicional da redução do nível sonoro da construção específica. Esta variante entre as unidades residenciais resulta do tipo de construção, ocupação interior, orientação dos ambientes em relação ao ruído, e a maneira na qual a unidade residencial é ventilada.

Dados de redução de ruído de avião proporcionados por uma série de sistemas construtivos residenciais

indicam que as casas podem ser classificadas em tipos “clima-quente” e “clima-frio”. Além disso, os dados são disponíveis para condições típicas de janelas abertas e janelas fechadas. Estes dados indicam que a redução do nível de som proporcionada pelas construções, dentro de uma dada comunidade, tem um amplo intervalo devido aos diferentes usos de materiais, de técnicas construtivas e do diferente projeto de construção. Não obstante, para finalidade de projeto, a tabela 4 apresenta um resumo de reduções sonoras típicas, de fora para dentro de uma casa.

Uma média nacional aproximada de condições de “janela aberta” corresponde a uma abertura de 0,19 metros quadrados voltada para um ambiente com absorção de 300 sabines (absorção equivalente em pés quadrados) (média geral de quartos e salas de estar). Esta condição de janela aberta foi assumida nesta publicação por estimativa de valores conservadores dos níveis sonoros dentro das unidades habitacionais resultantes do ruído exterior. Os resultados indicam que a redução de 15 dB é o correspondente para condições de “janela aberta”, e a de 25 dB para condições de janela fechada. Uma média anual aproximada destas duas condições é cerca de 20 dB em clima frio e 15 dB em clima quente. Valores mais elevados poderiam ser apropriados para casa com janelas bem vedadas, específicas para tempestades (30 dB) ou mais rigorosos caixilhos com tratamento a prova de som (30-40 dB). Estes valores são apropriados para estimativas de ruídos de interiores partindo de medidas de ruídos de exteriores ou para transferir critérios de ruído interior para ruído de exterior. Valores de outros tipos de edificações devem ser determinados baseados nos seus tipos construtivos.

Fatores temporais

O trabalho da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos relativo ao Ldn com os males (efeitos) de ruído cumulativo nas comunidades vizinhas, adotou o conceito de “dia médio anual” como o dia “típico”. Esta definição não é ambígua e é bastante simples para calcular a quantidade desejada desde que as estatísticas anuais estejam disponíveis para a maioria das fontes de interesse.

Em alguns casos onde a operação ruidosa é invariável, tal como um transformador de energia elétrica, a seleção para a definição de um dia típico requer pouco esforço. Contudo, onde existem maiores mudanças temporais nas operações, considerações sérias do esquema para a definição do dia típico são necessárias.

Alguns exemplos poderiam incluir:

- Operação de máquinas de preparação e

Tabela 4. Redução do nível sonoro devido às casas* em climas quentes e frios, com as janelas abertas e fechadas.

-	Janelas Abertas	Janelas Fechadas
Clima Quente	12 dB	24 dB
Clima Frio	17 dB	27 dB
Média Nacional U.S.A. Aproximada	15 dB	25 dB

* Atenuação do ruído exterior para o interior.

deposição de neve nas estações de esquiagem que ocorrem somente no inverno.

- Operação de carros esportivos de corrida que ocorre somente nas Sextas e Sábados ao final da tarde, por quatro meses do ano.
- Operação de aviões comerciais em aeroporto civil que tenha significativamente poucos vôos desde a meia-noite de Sexta até ao meio-dia de Sábado.
- Tráfego de estradas expressas em áreas de estações de veraneio, onde a população local é dez vezes maior na alta temporada.
- Operação aérea sobre a comunidade que só ocorre quando as condições do tempo local determinem o uso específico de configuração de pista (para decolagem e aterrissagem).
- Operação aérea nas bases militares ou áreas de treinamento onde a atividade é ordenada por vários requerimentos operacionais.

Para alguns desses exemplos, tal como a variação diária regular dos planos de aviões comerciais, o dia típico é definido como uma "média do dia ativo". Ele pode ser calculado pela seleção de um dos dias da semana (Quinta-feira tem sido utilizada em diversos estudos de aeroportos civis); ou por um procedimento mais complexo de cálculo. Por exemplo, o procedimento adotado para indicar um "dia ativo", pelo Departamento de Defesa americano, é o dia no qual o número de operações for maior do que a metade do dia médio anual (o número anual de operações dividido por 365). A partir desses dias ativos é calculado o "dia ativo médio".

Para alguns dos outros exemplos é mais apropriado estimar o ruído por duas definições de um dia típico, o dia médio anual e uma média diária durante o período de ocorrência do ruído. Assim, para uma fonte que opera somente por uma temporada, um dia típico seria selecionado para representar o dia médio das operações naquela temporada. De maneira similar, para uma pista de vôo somente utilizada sob certas condições de tempo, um dia pode ser selecionado no qual se pressupõe que a pista seja utilizada por 24 horas inteiras. Alternativamente, um dia típico poderia ser definido para representar o uso médio nos dias em que a pista de vôo for utilizada. Essas análises adicionais são muitas vezes úteis para o entendimento da sensibilidade dos impactos sobre os residentes.

INDICADORES DOS EFEITOS DOS RUÍDOS

[1, 3, 8, 9, 10, 11, 45, 46]

Indicadores Comportamentais de Bem-Estar

Interferência na Atividade

Esta parte discute as quatro formas de atividade que são mais freqüentemente citadas como susceptíveis de interferência pelo ruído, como são demonstradas pelos exemplos na tabela 5.

Estas atividades são comunicação verbal, aprendizagem e educação, atividades mentais e sono.

Tabela 5. Atividades perturbadas nas residências devido ao ruído de aviões*

Atividade	Porcentagem
Recepção de rádio/TV	20.6
Conversação	14.5
Telefone	13.8
Recanto Externo de Repouso	12.5
Sala de audição de gravações	10.7
Sono	9.1
Leitura	6.3
Sala de Jantar	3.5

* Porcentagem de pessoas que foram extremamente perturbadas pelo ruído.

INTERFERÊNCIA COM A COMUNICAÇÃO VERBAL

[1, 2, 3, 12, 13]

Comunicação verbal tem há muito sido reconhecida como um importante requisito em qualquer sociedade humana. Interferência com a comunicação da palavra perturba atividades educacionais ou domésticas comuns, cria um indesejável ambiente de se viver, e pode algumas vezes, por estes motivos, ser uma fonte significativa do incômodo. As principais preocupações nos bairros residenciais são os efeitos do ruído nas conversações nos ambientes internos e externos, o uso do telefone, e o entretenimento com rádio ou televisão.

O principal efeito de intrusão do ruído na voz é mascarar o som da palavra e assim diminuir a inteligibilidade. As importantes contribuições para a inteligibilidade, no som da voz, está num intervalo de freqüência de cerca de 200 a 6.000 Hz, com uma flutuação de nível dinâmico em torno de 30 dB, no citado intervalo. A

inteligibilidade da palavra será aproximadamente perfeita se essas contribuições estiverem disponíveis ao ouvinte para a interpretação daquela. Muito da energia acústica contida na voz está nas frequências mais baixas do intervalo em questão. Contudo, a informação importante requerida para diferenciar os sons da voz está contido na região das frequências mais altas. A medida que o ruído intrusivo mascara ou encobre estes requisitos, a inteligibilidade deteriora mais rapidamente quanto maior o nível de ruído, particularmente se as frequências do ruído coincidirem com as frequências importantes da voz.

Os resultados de pesquisa da voz definem os níveis de ruído que produzirão vários graus de mascaramento em função do nível médio de ruído e da distância entre os interlocutores. Outros fatores tais como a pronúncia do "orador", a familiaridade, a linguagem, do ouvinte, a acústica ambiente, a motivação do ouvinte e, certamente, a audição normal do ouvinte também influenciam a inteligibilidade. A Figura 7 exhibe o efeito do aumento do nível de ruído de fundo na

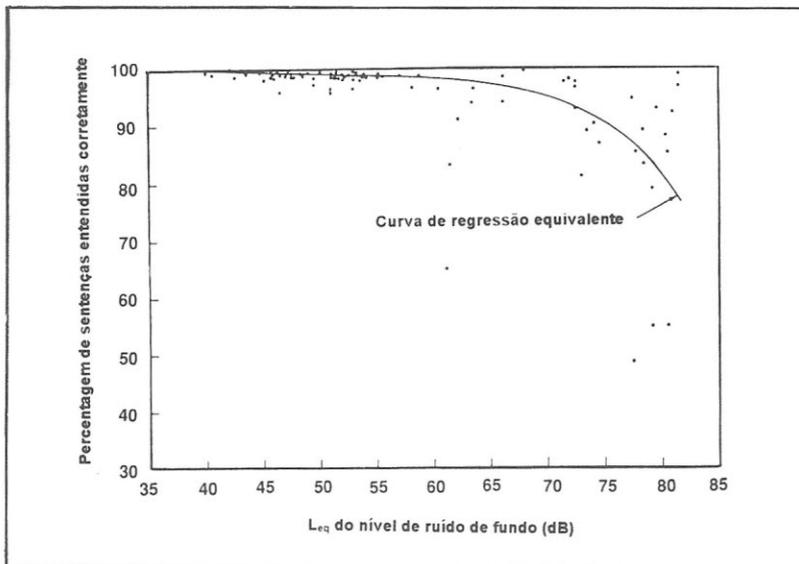


Fig. 7: Inteligibilidade de sentenças na primeira apresentação aos ouvintes calculadas pelas medições dos níveis de voz no ouvido do ouvinte na conversação em vida real, em casa, hospital, lojas de departamentos, trens e aviões (da Ref. 45)

Tabela 6. Níveis sonoros escala-A constantes que permitem comunicação com 95% de inteligibilidade da sentença, em várias distâncias no exterior para diferentes níveis de voz.

NÍVEL DE VOZ	DISTÂNCIAS DE COMUNICAÇÕES (metros)					
	0.5	1	2	3	4	5
-						
Voz Normal	72	66	60	56	54	52
Voz Alterada	78	72	66	62	60	58

redução da inteligibilidade de sentenças ouvidas pela primeira vez. Os dados foram obtidos de situações reais de conversações em várias localidades, e incluem a adaptação natural relativa ao distanciamento dos interlocutores e do nível de voz.

Para a comunicação da palavra ao ar livre, a tabela 6 mostra as distâncias entre orador-ouvinte para conversação satisfatória em dois níveis de esforço vocal, em níveis estacionários de ruído de fundo. Em outras palavras, se os níveis de ruído da tabela forem excedidos, o orador e ouvinte devem chegar mais perto ou contar com a inteligibilidade prejudicada.

No ambiente fechado, os efeitos de mascaramento da palavra com emissão normal estão demonstrados na figura 8, no qual se assume a existência de um campo reverberante na sala. Este campo reverberante é o resultado das reflexões nas paredes e em outras superfícies da sala. Estas reflexões reforçam o som da voz, de forma que o decréscimo do nível de voz com a distância, averiguados ao ar livre, ocorre somente para distâncias junto ao orador no ambiente fechado. Para salas de estar típicas, o nível de voz é mais ou menos constante através da sala a distâncias maiores do que 1,10 metros do orador. A distância do orador na qual o nível de voz decresce para um nível constante, na região reverberante da sala, é função da absorção acústica da mesma. Quanto maior for a absorção, maior a distância acima em que a voz decrescerá, e, mais baixo será o nível no campo reverberante para um dado esforço vocal. A absorção em uma casa variará com o tipo e quantidade de mobiliário, carpetes, cortinas e outros materiais absorventes, sendo geralmente menor nos banheiros e cozinhas e maior nas salas de estar e quartos. Como se demonstra na Figura 8, o máximo nível sonoro, que permitirá uma conversação descontraída com um esforço de voz normal e 100 por cento de inteligibilidade da sentença verbal em todo o ambiente, é de 45 dB (ruído de fundo).

As pessoas têm considerável capacidade para variar os seus níveis de voz para superar o ruído e conseguir a comunicação desejada. Esta habilidade funciona bem para um intervalo de níveis de ruído constante, porém é pouco útil se os ruídos interferentes forem in-

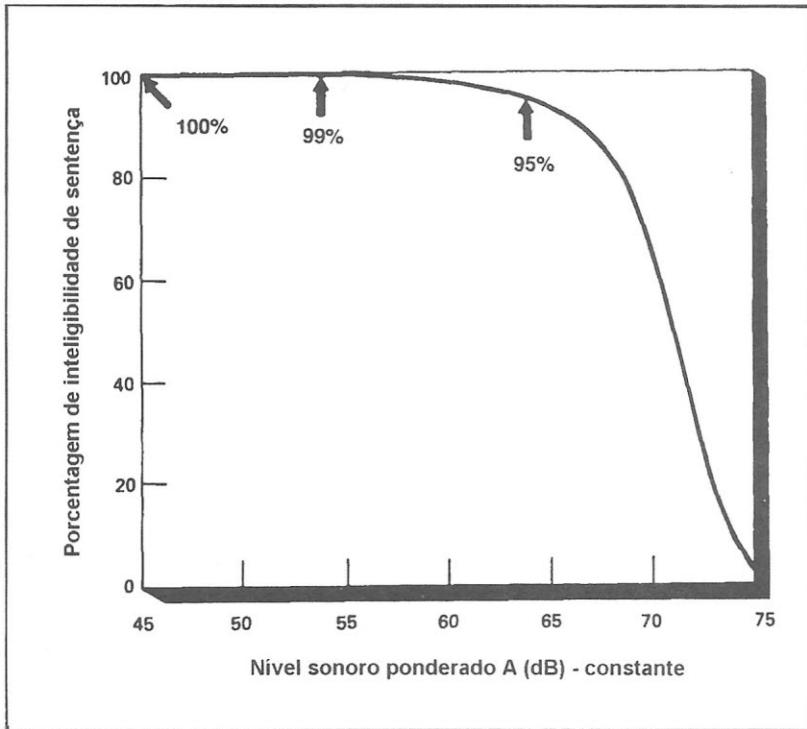


Fig. 8: Níveis de interferência de voz, dentro do ambiente, para conversação relaxada com um nível de voz normal em uma sala de estar típica.

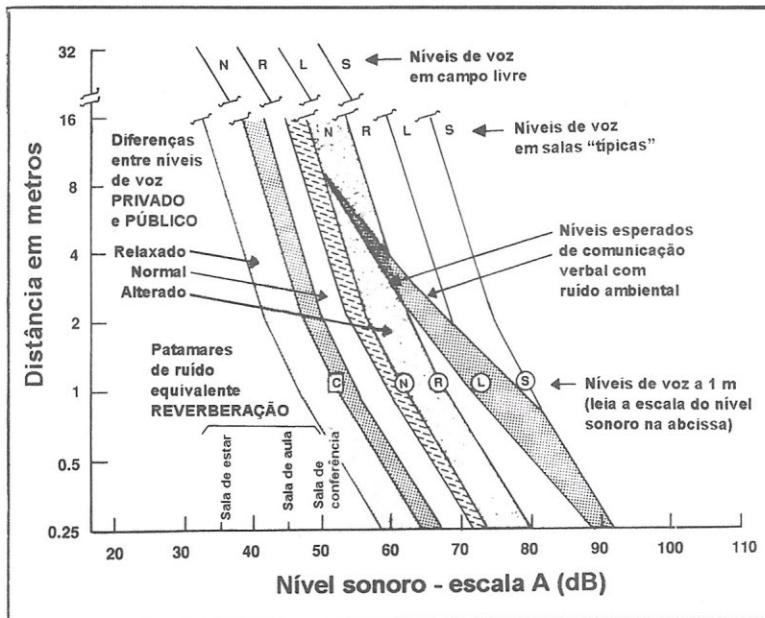


Fig. 9: Condensação de níveis sonoros, distâncias, esforço de fala para comunicação da palavra a 97% de inteligibilidade das sentenças na primeira apresentação aos ouvintes, para ambos, no exterior (campo livre) e numa sala "típica" de interiores (da Ref. 46)

termitentes. A Figura 9 é um exemplo ilustrativo dos necessários níveis de voz em várias condições de ruído. A distância de comunicação é dada na ordenada, "e na abcissa", os níveis sonoros, níveis de esforço de voz, e parâmetros. Aos níveis acima de 50 dB, as pessoas elevam os seus níveis de voz como demonstra-se pela linha de expectativa, se as comunicações não são vitais, ou pela linha "comunicativa" se as comunicações são vitais.

Interferência do ruído no processo de aprendizado e de educação
[10, 17, 18, 47, 48]

O processo de aprendizado e de atividade escolar pode ser perturbado pelos seguintes efeitos de ruído intrusivo:

- Interrupção da comunicação
- Distração pelo estímulo do ruído
- Efeitos do ruído no desempenho das tarefas
- Incômodo

Estudos baseados em questionários mostraram que a interferência com a voz e com apresentações de audio-visuais, causado pelo sobrevôo de aviões sobre as escolas, é o mal mais freqüente. A duração destas interrupções poderá ser calculada dos dados constantes na seção de Comunicação da Palavra. Quando o L_{dn} atinge 70 dB ou mais em uma construção não tratada e não dotada de ar condicionado, tais interrupções são distinguidas como perturbantes e incômodas. Quando os níveis de pico excediam 90 a 95 dB, o susto provocado na classe foram relatados pelos professores. O padrão para comunicação da palavra dentro de sala de aula são de valores de $L_{eq}(1)$ de 45 a 50 dB com um nível sonoro médio máximo de 10 a 15 dB acima. os níveis de pico excediam 90 a 95 dB, o susto provocado na classe foram relatados pelos professores. O padrão para comunicação da palavra dentro de sala de aula são de valores de $L_{eq}(1)$ de 45 a 50 dB com um nível sonoro médio máximo de 10 a 15 dB acima. Quando o ruído for o resultado de um evento simples tal como as passagens de um avião ou de um cami-

nhão, o valor de $Leq(1)$ deve estar cerca de 5 dB abaixo do nível médio ambiente da sala de aula, tal que somados haja aumento de apenas um dB no ambiente, o nível de voz do professor é suficiente para alcançar alta inteligibilidade.

O ruído pode agir como um estímulo entretenedor dependendo de sua relevância e conteúdo de informação. Informação inútil (isto é, ruído) é subconscientemente filtrada por um filtro mental dependendo do estado de animação, tensão ou fadiga do indivíduo. Este lapso de resposta ao ruído pode ser anulado pela raridade, imprevisibilidade, ou pelo estímulo excessivo. Ruídos contínuos ou familiares são muitas vezes ignorados e não causarão distração.

Distração/Desordem é provavelmente a principal razão por alguns dos resultados experimentais publicados, demonstrando os malefícios do ruído no aprendizado e coleta de informações.

A grande quantidade de trabalho sobre o desempenho de tarefas refere-se primeiramente às situações de maiores níveis de ruído industrial/militar. Níveis de ruído de tráfego de até $Leq = 60$ dB nos ouvidos do receptor, não afetavam suas eficiências ou exatidão nas atividades tais como leitura; prova de leitura (ditado!) e cálculo. Contudo, o incômodo relatado resceu cresceu com o aumento do Leq de 40 para 60 dB.

A realização de testes na escola aplicados a estudantes participantes do terceiro ao décimo grau, estudantes de alto nível acadêmico, mantiveram o mesmo alcance de pontuações nas escolas com ruído de sobrevôo de aviões (Ldn cerca de 70 dB, níveis de pico com cerca de 90 dB, até 50 vezes por dia) comparadas às escolas não expostas ao ruído de aviões. Contudo, os estudantes abaixo do terceiro nível acadêmico mostraram na escola ruidosa, comparada a escola silenciosa, uma significativa redução estatística de notas de mérito. Noutros estudos sobre estudantes nas escolas, com níveis externos com pico de 95 dB, constatou-se que o ruído de avião teve um efeito danoso na leitura e execuções de cálculo, enquanto uma considerável melhoria das notas de mérito foi demonstrada, devido medidas de atenuação de ruído nas salas de aulas.

Ao avaliar um aprendizado específico e situação ambiental, a diferença entre efeitos de mascaramento na comunicação, e perturbação de atenção e concentração, deve ser posta em consideração. Interrupções de ruído de curta duração, tal como estampidos sônicos, pode ter aparentemente efeito residual na duração do desempenho (ou performance) de 15 a 30 segundos. Suspeita-se que estes efeitos são causados por uma reação de susto, em contraste à uma reação ori-

entada ocorrida por um estranho, ou não familiar, evento. A reação de susto seria mais resistente ao hábito natural.

Em resumo, existe uma concordância geral que nas salas de aula projetadas para proporcionar padrão adequado de comunicação, não existe efeito perceptível de ruído do ambiente externo sobre o aprendizado e outras atividades mentais.

Interferência do Ruído com a Atividade Mental [13, 17, 18]

Um ambiente quieto é frequentemente postulado como pré-requisito para concentração e trabalho cotidiano bem como atividade mental criativa. Contudo, não existe evidência científica para, em geral, manter-se esta suposição, e nem particularmente à níveis de pressão sonora abaixo de 95 dB ao ouvido do receptor. Acima deste nível, o ruído poderá ter efeitos adversos sobre uma variedade de tarefas, porém a afinidade é muito complexa e depende decisivamente do tipo do ruído, do seu nível, e especificamente da tarefa. O desempenho na tarefa intelectual simples não é comumente degradada, porém quando a complexidade da tarefa aumenta, o desempenho torna-se grandemente mais suscetível a tal degradação. O desempenho em tais situações torna-se inicialmente um problema ocupacional, e os resultados de extensivas pesquisas não podem ser resumidos em padrão genérico. Para situações e tarefas específicas, literatura pertinente deve ser consultada. Lapsos de memória e complicações funcionais do intelecto podem, momentaneamente, ocorrer nas exposições à níveis acima de 95 dB mas, mesmo assim, nenhum decréscimo total de desempenho é frequentemente constatado.

Nos mais baixos níveis, quando o ruído não interfere com a comunicação e não coloca em risco a integridade auditiva, não é comumente considerado como ameaça ao desempenho de tarefas e funções intelectuais. Os desempenhos de algumas rotinas, tarefas simples ainda mostraram melhorias em certos ruídos ambiente, devido a agitação. Tarefas muito delicadas podem ser afetadas a relativamente baixos níveis de ruído, particularmente através de efeitos destruidores de ruídos intermitentes, irregularmente e não periódicos. Contudo, a familiaridade com o ruído ambiente e a tolerância, ambas conduzem, em situações da vida real, para algum decremento do potencial de desempenho, observado em algumas tarefas complexas de laboratório. Não existem estudos de campo que mostram quaisquer efeitos do ruído sobre o desempenho mental com níveis de Ldn abaixo de 70 dB. A natureza perturbado-

ra de quaisquer ruídos, deve ser suposta em ser mais dependente da informação que ela contém, e da familiaridade do ouvido com a mesma, do que mesmo com o nível do ruído, ou sua duração.

Interferência do Ruído com o Repouso e o Sono

[19, 20, 21, 22, 49, 50, 53]

A interferência do ruído com o repouso, descanso e sono é a maior causa de incômodo. Em primeiro lugar, as interferências acontecem mais com o ruído intermitente, do que com o ruído contínuo, e estão associados, com frequência, aos simples eventos sonoros tais como as passagens ao largo de veículos pesados.

O ruído pode dificultar o adormecer. Níveis de ruído associados aos simples eventos podem criar distúrbios momentâneos dos padrões naturais do sono, por causar mudanças dos estágios leve e profundo do mesmo. Tais ruídos podem mesmo provocar o despertar tal que a pessoa pode ou não pode ser capaz de saber o porquê. Contudo, relativamente ao "saber o porquê", a pessoa cujo sono foi severamente perturbado pode sentir-se tensa e nervosa durante as horas não dormidas.

Geralmente, quanto maior o nível de ruído, tanto maior é a probabilidade de reação. Em uma série de experiências de laboratório, encontrou-se que havia uma probabilidade de 5 por cento de sujeitos sendo despertados por um nível sonoro máximo de 40 dB junto ao ouvido e 30 por cento de probabilidade por 70 dB. As probabilidades para mudanças mensuráveis em EEG (Electrical Encephalo Gram) foram determinados por ser 10 por cento a 40 dB e 60 por cento a 70 dB. Despertar de um sono depende do estágio do sono, do horário noturno e da idade do indivíduo, entre outros fatores.

Exemplos de padrões relacionados à perturbação do sono estão dispostos nas Figuras 10 e 11. Estes números que foram adaptados de resumos de dados de experiências de sono, de campo e de laboratório, quando relacionados à exposição ao ruído, mostram um relacionamento entre a ocorrência da reação (%) (despertar) e o nível sonoro de um ruído intrusivo. Na Figura 10, a ocorrência do despertar encontrada em quatro estudos de campo está

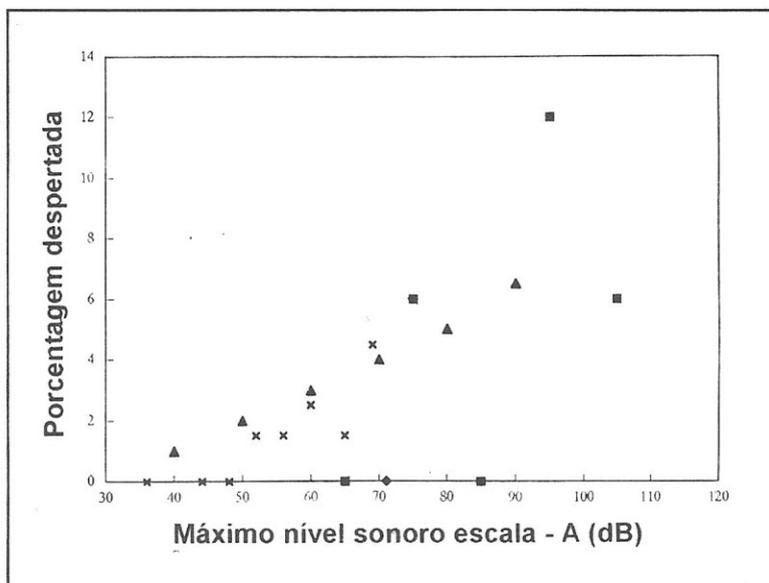


Fig. 10: Probabilidade de um ruído despertador induzido como uma função dos máximos níveis sonoros medidos próximos a pessoa adormecida em estudos de campo (da Ref. 49)

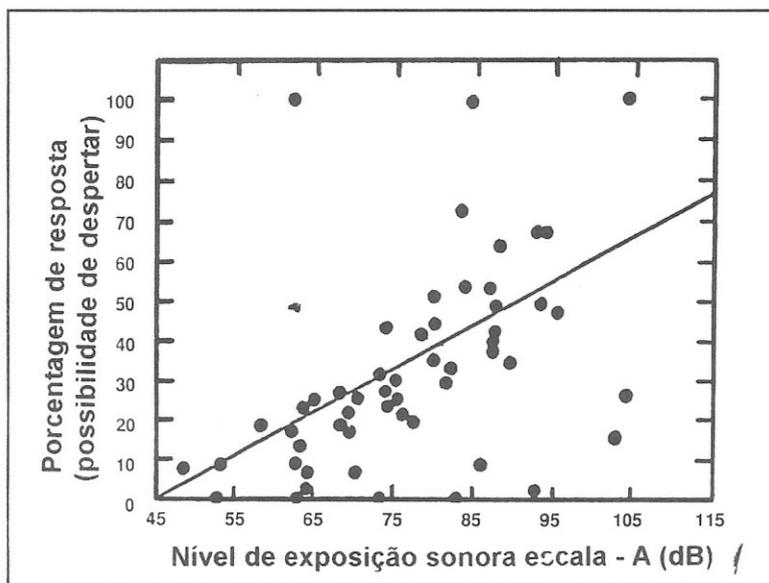


Fig. 11: Probabilidade de um ruído despertador como uma função dos níveis de exposição sonora medidos próximos a pessoa adormecida em estudos de laboratório.

referida como uma função do máximo Nível Sonoro. A Figura 11 mostra a ocorrência do despertar, determinada em estudos de laboratório, como uma função do Nível de Exposição Sonora. Para um ruído típico de avião, os números da Figura 10 podem ser diretamente comparados àqueles da Figura 11 pela adição de 10 dB ao número máximo de Nível Sonoro. Está evidenciado que os estudos de campo mostram muito menos aumento percentual de despertar, com o aumento do nível sonoro do que aqueles estudos de laboratórios, em cerca de um por cento por 10 dB no campo,

“versus” quase 10 por cento por 10 dB no laboratório. O mais provável motivo para esta grande diferença é que as pessoas dormem mais pesadamente nos seus ambientes domésticos.

Estes níveis sonoros são medidos na proximidade da pessoa adormecida. Quinze dB devem ser adicionados ao transferi-los para níveis exteriores para o caso de janelas abertas e 25 dB devem ser adicionados para obter os correspondentes níveis exteriores para o representativo de janelas fechadas. Assim, a Figura 10 indica 5 por cento de probabilidade para despertar com um máximo nível de ruído exterior de 95 dB com janelas abertas e 105 dB com janelas fechadas. Os corres-

pondentes números de Nível de Exposição Sonora de aviões são 105 dB com janelas abertas e 115 dB com janelas fechadas. Estes e outros exemplos estão resumidos na Tabela 7.

O nível sonoro equivalente, noturno de exterior (L_n), resultante de uma simples ocorrência noturna, de um dos eventos na Tabela 7, é aproximadamente menos 45 dB do que o NSE (Nível Sonoro Equivalente). Assim, o L_n exterior resultante de uma simples ocorrência noturna de um NSE de 121 dB é 76 dB, e para uma ocorrência de 103 dB o L_n exterior é 58 dB. Conseqüentemente, para a maioria das situações atuais, o padrão de incômodo estabelecido, em termos de exposição sono-

Tabela 7. Exemplos de níveis externos de exposição sonora com janelas comuns, abertas e fechadas, e seleção de probabilidades de ruído despertador.

Probabilidades Despertadoras (%)	N. E. Sonora Externa (dB)*			
	Em Casa	No Laboratório	Janelas Abertas	Janelas Fechadas
1		16	75	85
3		36	93	103
5		56	111	121

* Valores de NES para dentro de casa, computados pela adição de 10 dB aos máximos Níveis Sonoros.

Tabela 8. Correções para adicionar ao (L_{dn}) nível sonoro dia-noite para obter o L_{dn} normalizado.

Tipo de Correção	Descrição	Correção Adicionada para Medida de L _{dn} em dB
Correção Sazonal	<ul style="list-style-type: none"> - Verão (ou operação por todo o ano) - Inverno somente (ou janelas sempre fechadas) 	<ul style="list-style-type: none"> 0 -5
Correção para Nível de Ruído Residual Exterior	<ul style="list-style-type: none"> - Comunidade suburbana quieta ou rural (longe das grandes cidades, regiões industriais e tráfego pesado) - Comunidade suburbana normal (longe de atividade industrial) - Comunidade residencial urbana (distante de estradas de tráfego pesado ou de áreas industriais) - Comunidade residencial barulhenta (perto de estradas com tráfego de relativa intensidade, ou de áreas industriais) - Comunidade residencial urbana muito barulhenta 	<ul style="list-style-type: none"> +10 +5 0 -5 -10
Correção para Exposição Prévia e Atitudes com a Comunidade (Obras Públicas Viárias, por ex.)	<ul style="list-style-type: none"> - Sem experiência anterior com o ruído intrusivo - A comunidade que tenha tido alguma exposição com o ruído intrusivo; pequeno esforço está sendo feito “para o controle do ruído”. Esta correção pode também ser aplicada para a comunidade que não tenha sido previamente exposta ao ruído, mas que as pessoas estejam informadas que esforços de boa-fé estão sendo feitos para controlá-lo - A comunidade tenha tido exposição considerável ao ruído intrusivo; as relações dos geradores do ruído com a comunidade são boas. - A comunidade esteja informada que a operação causadora do ruído é necessária, porém não continuará indefinidamente. Esta correção deve ser aplicada em bases limitadas e sob condições de emergência. 	<ul style="list-style-type: none"> +5 0 -5 -10
Tom Puro ou Impulso	<ul style="list-style-type: none"> - Caráter não impulsivo ou de Puro Tom - Presença de caráter impulsivo ou Puro Tom 	<ul style="list-style-type: none"> 0 +5

Descrição Qualitativa*	Intervalo Típico Ldn em dB	Média Ldn em dB	Densidade populacional por milha quadrada "Recenseamento"
Residencial Suburbano Quieto	48-52	50	630
Residencial Suburbano Normal	53-57	55	2000
Residencial Urbano	58-62	60	6300
Residencial Urbano Ruidoso	63-67	65	20000
Residencial Urbano Muito Ruidoso	68-72	70	63000

* As áreas tipicamente rural e não desenvolvidas têm níveis de Ldn num intervalo de 33-47 dB.

ra cumulativa, proporciona proteção adequada para a perturbação do sono.

Desde que um nível sonoro de 40 dB seja considerado uma estimativa conservadora de nível perturbador do sono de pacientes em hospitais, um nível de 34 a 47 dB é recomendado como níveis de ruído para o interior dos mesmos. A maioria dos hospitais tem os vidros fixos e sistemas mecânicos de controle de microclima. Então a atenuação do ruído da parede externa deve ser de pelo menos 25 dB, ou mais, dependendo do tipo de construção. Os critérios para creches, centros de pré-escola etc, devem ser os mesmos adotados para as áreas residenciais. Para outros ambientes de descanso os níveis máximos de 55 dB são frequentemente adotados. Em vista da imensa variedade e incompleta base de dados e as grandes discrepância entre os estudos de laboratório e de campo (49), as agências federais dos Estados Unidos recomendaram (50) para as análises dos potenciais perturbadores do sono uma dosagem interrelacionada com a média obtida de estudos de campo e laboratório. Pela média da porcentagem de despertar em intervalos de 5 dB, na faixa de 30 a 110 dB, a cada classe de intervalo foi dado igual peso desconsiderado do número

de elementos no intervalo. A regressão apropriada nos 15 intervalos de NES (Nível de Exposição Sonora), "versus" a porcentagem média despertadora, no intervalo particular, está demonstrada na Figura 12. Embora um recente estudo extensivo de campo no Reino Unido (54), o qual ainda não está totalmente analisado e divulgado, confirme os resultados de estudos prévios de campo (Figura 10), o ajuste, a curva média da Figura 13, é recomendado para análise mais restritiva do impacto.

Incômodo

[1, 2, 4, 11, 14, 15, 16, 50, 51, 52, 53]

O ruído é definido como "som indesejável". O seu efeito mais comum sobre o homem é a estimulação de uma reação ao incômodo. Tal reação implica um julgamento, como a qualidade de som que é desejável para o ouvinte, dentro do padrão de referência contextual existente. Este julgamento inclui ambos os fatores acústicos e não acústicos.

Uma recente proposta de modelo para incômodo ao ruído identifica os dois principais fatores acústicos como:

- a grandeza de um som intrusivo considerando a sua frequência e características temporais, e
- as características distribuição do ruído de referência, que existe sem a presença do ruído intrusivo.

Estes dois fatores determinam o potencial detectável do som intrusivo. O modelo também contém vários fatores não-acústicos, incluindo os do ouvinte.

- grau de concentração, e
- estado afetivo, o qual descreve a disposição e atitude do ouvinte, em relação ao ruído/som, quando ocorre a intrusão.

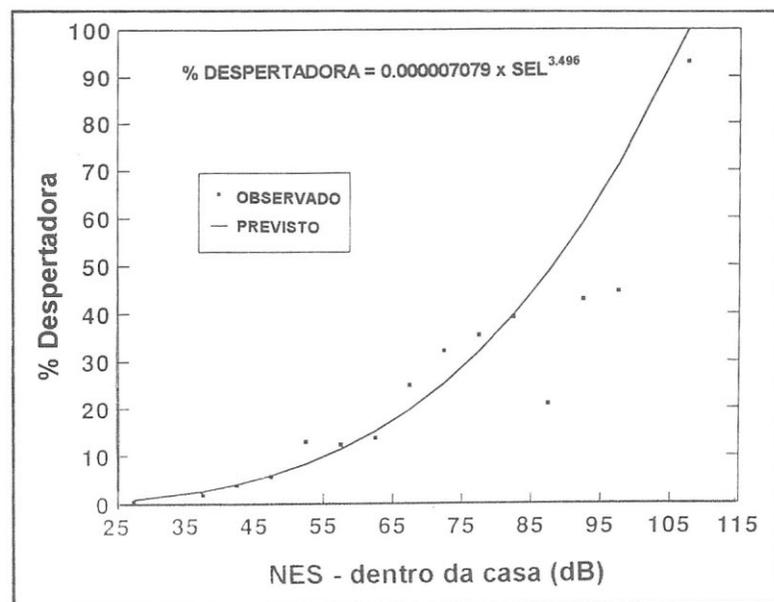


Fig. 12: Proposta de Curva de Perturbação de Sono baseada em dados de Pearsons et al.

Evidentemente, se o ouvinte estiver empenhado em tarefa exigindo alta concentração, é menos provável que um som com baixo potencial detectável seja ouvido. Contudo, se um som for ouvido, o qual interrompe a concentração requerida para executar a tarefa, o incômodo é um resultado provável. Além disso, se a atitude do ouvinte em relação à fonte sonora for negativa, é provável que a reação ao incômodo seja mais forte.

Quando entrevistadas sobre os seus incômodos aos ruídos de tipologias diferentes, pode ser que as pessoas venham lembrar-se de exemplos específicos de quando elas foram mais fortemente incomodadas pela intrusão do ruído. Analogamente, para indivíduos que reclamam de ruído, uma real ação de reclamação é muitas vezes desencadeada devido a um evento barulhento, o qual ocasiona uma forte reação de incômodo.

Existe uma ampla variação entre os indivíduos relativo às suas reações ao incômodo para um som específico, e aos seus incômodos para uma classe completa de sons. Contudo, os valores médios de longo prazo, integrados a respostas contrárias ao ruído têm consideravelmente maior uniformidade. Estudos de incômodo neste contexto são amplamente baseados nos resultados de inspeções sociológicas. Tais inspeções têm sido conduzidas entre residentes de muitos países incluindo os Estados Unidos. Embora seja conhecido que, a longo prazo, a reação de incômodo a um certo ambiente possa ser influenciada em alguma extensão, pela experiência de recentes eventos de incômodo individual, as inspeções sociológicas são projetadas

para refletir, tanto quanto possível, a resposta integrada para conviver em certo ambiente e não a resposta para eventos isolados.

Os resultados de inspeções sociológicas são geralmente estabelecidos em termos de porcentagens dos entrevistados expressando graus de distúrbios ou insatisfação, devido aos seus ambientes barulhentos. Algumas inspeções vão a procedimentos complexos para construir uma medida de incômodo. Outras reportam respostas para a questão direta de “quanto perturbador é o ruído?”. Cada inspeção social é reportada para alguma espécie de medição de níveis de ruído, para os quais os entrevistados são expostos, facilitando a correlação entre o incômodo e níveis de ruído externo em áreas residenciais. A Figura 13 compara os resultados das 12 maiores investigações sociológicas, sete relativas a aviões, quatro de tráfego urbano, e uma de rodovia. As linhas de cada investigação representam as respostas médias através de todas as células de investigações. As verdadeiras respostas médias de indivíduos no espaço de cada célula tem uma variação de ± 6 dB em torno de seus valores médios. Comprova-se desta síntese de resultados de ambas situações de ruído, de tráfego e de aviões, que as respostas para ambos parecem ser similares para os mesmos valores de Ldn.

A análise clássica, original de Schultz, relacionando os Ldn de ambientes à porcentagem de pessoas altamente incomodadas, baseada em 181 pontos de dados, foi recentemente aperfeiçoada por incluir 400 pontos de dados baseados nas análises de mais do que 450 pontos de dados, acumulados até 1.989. A curva apropriada para estes dados, na Figura 14, raramente desvia da original de Schultz e proporciona confiança adicional no seu uso prático como a melhor relação empírica disponível entre dose e efeito para predizer a resposta média da população relacionada ao ruído de transporte. Ela foi, por conseguinte, adotada pelo FICON em 1992 (U. S. Interagency Committee on Noise) (50).

Esta análise dos novos dados adicionais também mostraram pequenas, mas significativas, diferenças entre as reações diante

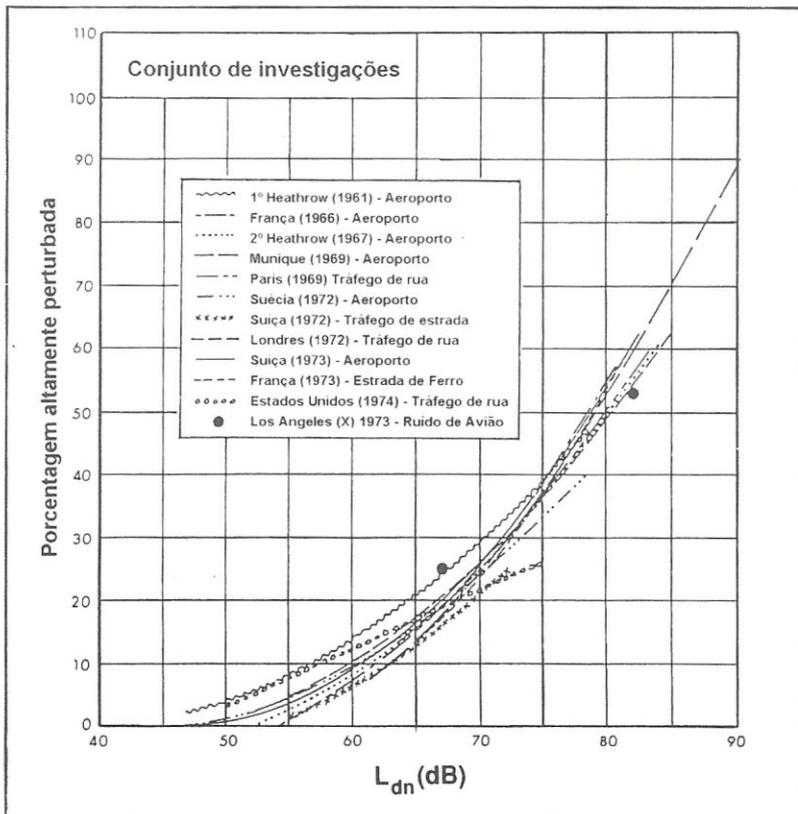


Fig. 13: Resumo de dados de incômodo de 12 investigações.

tipos diferentes de ruído de transporte. Das 400 investigações internacionais de dados pontuais, 173 foram de ruído de aviões, 170 de ruído de tráfego e 57 de ruído de ferrovias. Embora as diferenças demonstradas na Figura 15 possam ser parcialmente baseadas nas diferenças das medições ou caracterizações do ruído ambiental residencial, elas certamente devem ser levadas em questão nas deci-

sões práticas, no planejamento, nos cuidados ao projetar controle do ruído e para pesquisas futuras.

Vôos muito baixos e rápidos de aviões militares em áreas de treinamento, ou nas rotas de treinamento militares podem criar um problema especial devido a uma taxa de aumento de ruído muito elevada. Devido ao sobressalto ou surpresa, eles podem contribuir diretamente ao incômodo provocado. Por causa disso, os procedimentos periciais da Força Aérea Americana acrescentam, para taxas de aumento do ruído maiores do que 15 dB por segundo, uma penalidade ao nível de exposição sonora (NES) medido ou estimado. A penalidade aumenta para taxa de ataque de 15 para 30 dB por segundo e para um valor máximo de 5 dB, para taxas de ataque além de 30 dB por segundo. Este valor tem sido confirmado por estudos preliminares de laboratório do incômodo para tais ruídos de sobrevôo. Ele é recomendado para incorporação nos valores de NESs e Ldns utilizados para predizerem respostas ao incômodo conforme a Figura 10 (44).

Um segundo método de avaliação do incômodo resultante de ruído é estudar os casos de rações de comunidades. Estas reações podem ser medidas por uma escala que se estende da "reação não observada", através de vários graus de atividade reclamante até uma ação real política ou legal. Objeções têm sido feitas para o uso deste tipo de dados como um substituto para o incômodo. Estas objeções são baseadas em duas principais questões. Primeiro, pode existir considerável distorção do número de reclamações causadas por uma pouco rigorosa ação legal. Segundo, uma variedade de fatores sócio-econômicos podem intervir entre a reação do incômodo ao barulho e a ação de desconsiderar a reclamação.

O primeiro destes fatores pode ser superado por uma revisão cuidadosa de casos para assumir que o grau da reclamação é determinado pelo número de reclamantes respondendo logo após a agressão da situação ruidosa. O segundo fator declinante provavelmente existe por algum grau desconhecido. Contudo, não existe razão para acreditar que este fator não seja uniforme através de todos os graus de reação. Mais adiante, embo-

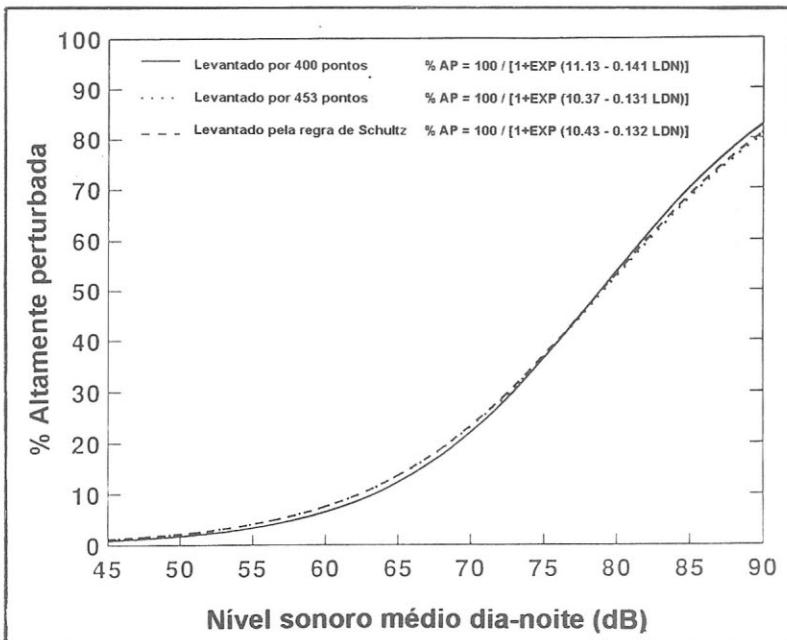


Fig. 14: Levantamento logístico pelos dados de Schultz e para 400 e 453 pontos (de acordo com Fidell et al. (52, 53)).

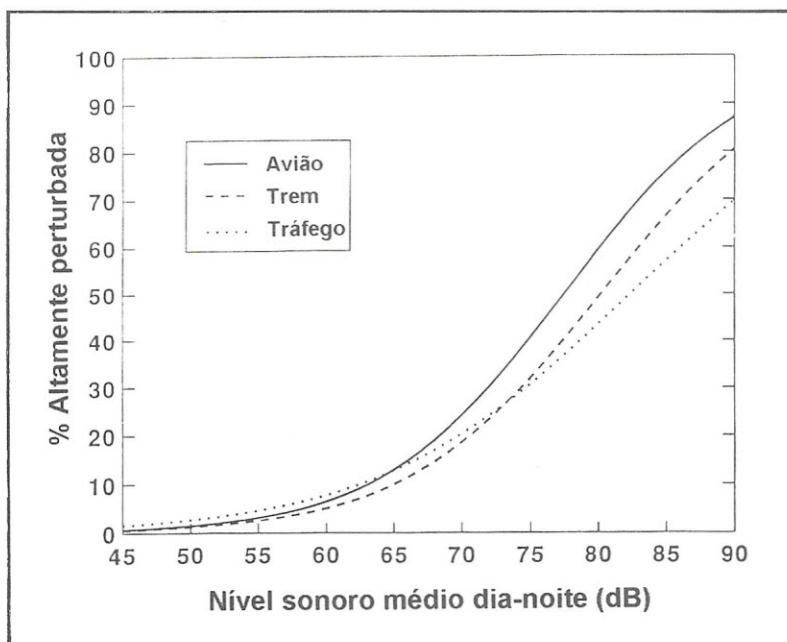


Fig. 15: Comparação de porcentagem altamente perturbada vs. ruído registrados em Ldn, de avião, e de tráfego rodoviário e ferroviário, baseados nos dados de Fidell et al. (53).

ra a magnitude desta tendência não possa ser anotada com dados existentes, os casos examinados nos seguintes parágrafos envolve pessoas com diversas características econômicas.

Uma série de cinquenta e cinco histórias de casos de problemas de ruído na comunidade foi analisada. Metade dos casos, aproximadamente, envolveram ruídos estacionários de indústrias e ruído de residência, e a outra metade consistiu de muitos eventos simples de ruído industrial e de transporte. Os dados de Ldn básicos estão resumidos na Figura 16 como uma função da intensidade de reação da comunidade. A dispersão dos pontos de dados é tão ampla quanto 32 dB, mostrando pouca correlação entre a reação e o Ldn. Os dados foram reavaliados para relacionar a medida normalizada de Ldn com a reação observada na comunidade. O procedimento de normalização resumido na Tabela 8 segue o método de Stevens, Rosenblith e Bolt, com umas poucas e pequenas modificações. Os resultados estão resumidos na Figura 17. Aproximadamente 90 por cento dos casos estão agrupados por ± 5 dB, e o desvio padrão destes dados é de 3,3 dB em torno de suas médias. Este valor de 3,3 dB compara-se com o desvio padrão de 7,9 dB para os dados básicos na Figura 16.

A resposta de não-reação na Figura 17 corresponde ao Ldn normalizado de exterior variando entre 50 e 61 dB, com uma média de 55 dB. Este valor médio é 5 dB abaixo do valor que caracteriza a comunidade residencial urbana, a qual é a categoria básica para os dados na figura. Destes resultados, parece que a não reação da comunidade a um ruído intrusivo é aguardado na média, quando o Ldn normalizado de um identificado ruído intrusivo for aproximadamente 5 dB menos do que o Ldn, na falta daquele identificável ruído intrusivo. Esta conclusão não é surpreendente; ela simplesmente sugere que as pessoas tendem a julgar a magnitude de uma intrusão, com referência ao ruído ambiente, na falta da fonte de ruído intrusivo.

Os dados na Figura 17 indicam que reclamações generalizadas podem ser aguardadas quando o valor normalizado do Ldn de exterior, do ruído intrusivo, exceder aquele existente sem o ruído intrusivo por aproximadamente 5 dB, e vigorosa reação da comunidade pode ser aguardada quando o excesso aproximar-se de 20 dB.

Evidentemente, a reação da comunidade é melhor correlacionada com o valor normalizado do Ldn produzido pelo ruído intrusivo do que com o seu valor absoluto. As mais significativas correções envolvidas na normalização vêm do ruído de fundo (o Ldn existente sem o ruído intrusivo). Quando o ruído de fundo não é incluído na normalização de dados, o desvio padrão cresce de 3,3 dB para 6,4 dB, contabilizando evidentemente para uma grande parcela do desvio padrão (7,9 dB) do dado básico.

Afim de avaliar o ruído em áreas onde o ruído de fundo é diferente do Ldn urbano, de 60 dB, utilizado para a normalização dos dados na Tabela 8 e Figura 17, ele pode ser útil para renormalizar estes dados relativos ao nível de fundo de principal inte-

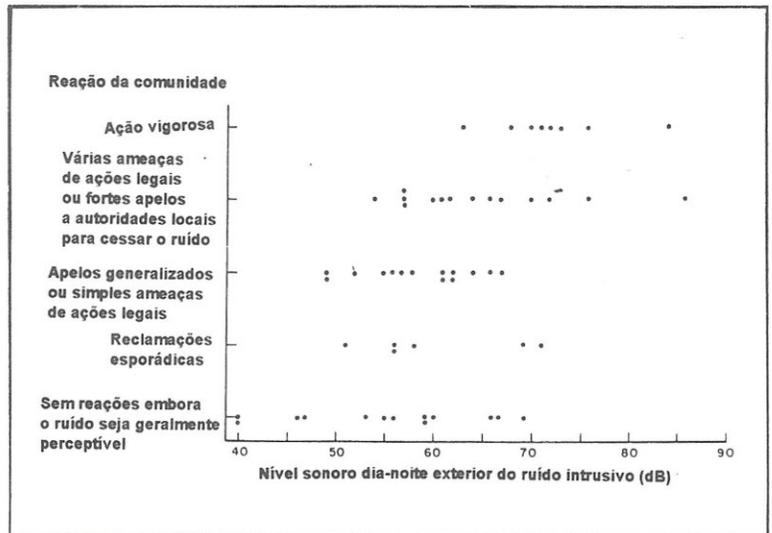


Fig. 16: Reação da comunidade a ruídos de muitas tipologias em função do nível sonoro dia-noite exterior de ruído intrusivo.

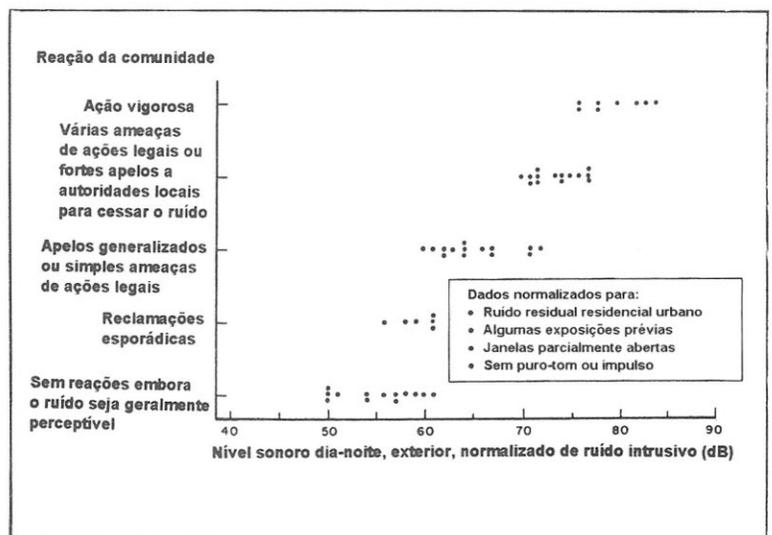


Fig. 17: Reação da comunidade a ruídos de muitas tipologias em função do nível sonoro dia-noite exterior, normalizado, do ruído intrusivo.

Tabela 10. Reação da comunidade em áreas residenciais em função de estimados e relativos níveis sonoros dia-noite externos, normalizados, de ruídos intrusivos e de fundo e sem a presença do ruído intrusivo.

Exemplo: Área residencial suburbana quieta com ruído de fundo 50 dB		
Média de Reações da Comunidade	Ldn relativo em dB (intrusivo menos ruído de fundo)	*Ruído intrusivo normalizado (Ldn em dB)
Nenhuma	-5	45
Reclamações Esporádicas	0	50
Reclamações Generalizadas	5	55
Ameaças de Ações Legais	14	64
Ações Vigorosas (inclusive litígios e esforços conjugados para obter legislação respeito)	21	71

* O fator de normalização do ruído de fundo é zero.

resse. Isto pode ser efetuado pela mudança da posição do zero na Tabela 8 e alterando a escala da Figura 17 mais apropriadamente. Alternativamente, a mesma dedução analítica pode ser efetuada pela utilização dos valores do Ldn de fundo, dados na Tabela 9 junto com os valores relativos do Ldn dados na Tabela 10. Como demonstrado no exemplo para um bairro residencial quieto, na Tabela 10, reclamações esporádicas poderão acontecer quando o Ldn do ruído intrusivo for de 50 dB e reclamações generalizadas quando o Ldn for de 55 dB.

Efeitos Fisiológicos / Crônicos da Saúde [8, 9, 10, 11]

Perda de audição induzida pelo ruído [1, 3, 10, 23, 24, 25, 26] - A audição normal do ouvido humano estende-se pela faixa de audio freqüência de aproximadamente nove oitavas, de 16 a 20.000 Hz. Contudo, o limiar de audição, ou audibilidade, depende muito da freqüência do tom ou ruído, com a máxima sensibilidade situada na faixa de freqüência da voz de cerca de 500 Hz até 4.000 Hz. Fora desse intervalo, os níveis (inferiores) do limiar de audibilidade crescem bastante nas freqüências mais altas e mais baixas. O máximo intervalo dinâmico de audibilidade é maior do que 120 dB, estendendo-se de um nível de pressão sonora de cerca de 0 dB, limiar de pressão, para 120 a 130 dB, limiar de prurido no ouvido médio, e 140 dB, limiar de dor. A habilidade de audição de um indivíduo varia e diminui com o aumento da idade, um processo natural, inicialmente nas freqüências mais altas.

A audição é avaliada por audiometria, geralmente nas freqüências audiométricas importantes para a recepção da palavra, isto é, 0,5 - 1,0 - 2,0 - 3,0 - 4,0 kHz. Os desvios dos valores de audibilidade normal, padronizados, são expressos como "nível de audibilidade", e são freqüentemente chamados de "perda de audição".

Contudo, conforme retro-citado, os níveis de audição mudam de indivíduo para indivíduo, e mesmo para o mesmo indivíduo a variação de 5 dB é normal e pode crescer para 10 dB nas medidas de campo. Nos países industrializados, as mulheres em geral têm melhor audição do que os homens.

As alterações dos limiares que ocorrem no mesmo indivíduo, ao passar dos anos, são chamadas de perda de audição. O decréscimo natural da sensibilidade auditiva com a idade é chamada de presbiacusia. Outro tipo de perda de audição observada em consequência de todos os tipos de anormalidade médicas, ou patológicas, é freqüentemente chamada de nosoacusia. Por centenas de anos é conhecido que uma excessiva exposição a ruídos intensos pode conduzir a uma mudança temporária do limiar, induzida pelos mesmos, a qual com o tempo pode resultar numa perda de audição permanente, causando aos indivíduos dificuldades em compreender a fala.

Em nossa sociedade industrializada, mais e mais pessoas são expostas nos seus trabalhos aos cada vez mais intensos níveis de ruído na produção industrial, na construção, na mineração, na agricultura (mecanizada) etc. O número de trabalhadores americanos expostos diariamente ao ruído ocupacional, potencialmente perigosos à audição, é estimado estar acima de 9 milhões. Embora a perda de audição induzida pelo ruído não possa ser curada, certamente pode ser evitada através de programas de conservação da audição na indústria, proteção auricular e de engenharia de controle do ruído. A pesquisa ao longo dos últimos 40 anos na indústria e populações militares nos proporcionou um entendimento razoável do desenvolvimento da perda da audição induzida pelo ruído. Nós sabemos qual o nível de ruído, com qual espectro de freqüências, produz qual quantidade de perda auditiva em qual período de tempo.

Uma alteração permanente do limiar de audição in-

duzida pelo ruído (NIPTS) (Noise Induced Permanent Threshold Shift) é usualmente precedida por uma temporária alteração do limiar (TTS) (Temporary Threshold Shift), isto é, após a exposição ao nível intenso por um curto período ou um baixo nível por muito mais longo período de tempo, o nível de audibilidade de uma pessoa é alterado para níveis mais altos. Após contínua exposição em turnos de oito horas, tal TTS pode somar acima de 20 dB. Contudo, como o seu nome indica, é somente temporária, e o ouvido recupera-se totalmente após várias horas. Se tais exposições forem repetidas diariamente, ou se ao ouvido não for permitido recuperar-se por uma noite calma dessa “fadiga auditiva”, antes que ele se exponha ao ruído de novo, tal TTS pode levar a alteração permanente do limiar (PTS) (Permanent Threshold Shift).

Vários estudos extensivos, conduzidos em diversos países e dirigidos para trabalhadores da indústria, expostos a diferentes tipos de ruídos, deram-nos uma boa base de dados para o relacionamento entre o ruído, o tempo de exposição e o NIPTS (Alteração Permanente do Limiar Induzida pelo Ruído). A análise destes dados colhidos de grandes, e bem controladas populações, formou a base para critérios de riscos de perdas, de valores limites e de regulamentos atualmente em uso. O regulamento mais conservador é recomendado no “DOCUMENT LEVELS” da EPA, acatando ordem Congressional, para proteger a audição com uma “adequada margem de segurança”. O “Document Levels” recomenda, para exposição contínua de 24 horas, um nível máximo de exposição de 70 dB (Este nível deve resultar, mesmo após 40 anos de exposição, uma desprezível perda de audição, isto é, menos do que 5 dB NIPTS, em 100% da população, na mais sensível frequência de 4 kHz). A Administração da Saúde e Segurança Ocupacional (OSHA - Occupational Safety and Health Administration) em seu regulamento de 1971, emendado em 1983, estabelece os limites de exposição do ruído permissíveis para oito horas diárias de trabalho, para os trabalhadores da indústria. O limite máximo permissível do nível de exposição sonora na ponderação - A é de 90 dB; para cada metade do tempo de exposição é permitido crescer o nível em 5 dB, até 115 dB para 15 minutos. Para duração de menos do que 15 minutos, nenhum nível contínuo acima de 115 dB é permitido. Para impacto ou ruído impulsivo, um pico máximo nível de pressão sonora, de 140 dB, é especificada. Um programa de preservação da saúde é obrigatório quando o nível médio ponderado, ao longo do tempo, excede 85 dBA.

Na avaliação de um risco relativo de situações es-

pecíficas de ruído, estas medidas retro-recomendadas, ou os limites permissíveis, não são muito úteis. Por esta razão a Organização Internacional de Normalização (ISO), preparou uma Norma, baseada nos mesmos dados básicos prejudiciais, antes mencionados, os quais proporcionam o procedimento de cálculo do NIPTS aguardados nas frequências audiométricas (0,5 kHz a 16 kHz) das 8 horas por dia de trabalho, a níveis, Leq de exposição de 75 a 100 dB. A predição é válida para exposições durando de zero a 40 anos. A norma inclui toda a gama de frequências audíveis para ruído contínuo, intermitente, irregular flutuante, e de caráter impulsivo, e é recomendada para avaliação de riscos dos ruídos com pressão instantânea de pico até 140 dB. Para a população agredida, a distribuição estatística de NIPTS pode ser calculada pela razão do tempo de exposição entre de 0,5 a 0,95. Em contraste com a regulamentação da OSHA, da regra dos 5 dB, na norma ISO um acréscimo de 3 dB para a metade do tempo de exposição resulta no mesmo NIPTS previsto.

Uma vez que os valores de NIPTS, devido a exposição ao ruído, são calculados e combinados com dados de presbiacusia padronizada para o grupo de idade em consideração, o risco de adquirir enfraquecimento auditivo, ou desvantagem, devido a exposição ao ruído, pode ser calculado. De acordo com este padrão, aprovado pela comunidade científica internacional como a melhor informação disponível, nenhuma perda de audição induzida pelo ruído ocorrerá em quaisquer porcentagens de uma população exposta aos níveis ponderados na escala A, nas frequências audiométricas indicadas na Tabela 11.

Embora todos os dados confiáveis obtidos por longos períodos provenham em primeiro lugar de exposição ao ruído ocupacional das populações, a norma da ISO provê a melhor base para as estimativas dos efeitos comparáveis exposições não-ocupacionais (vida diária, nas ambientações diversas e na recreação) (veja Figura 3). Desafortunadamente, estas exposições não ocupacionais podem alcançar níveis perigosos, e mesmo se tais exposições forem, comumente, por muito

Tabela 11. Níveis na Escala A que não provocarão perda de audição durante 8 horas de exposição diária.

Frequência Audiometria (Hz)	Nível (dB)
500	93
1000	89
2000	80
3000	77
4000	75
6000	77

menos do que 8 horas por dia, e não sejam continuadas, dia após dia, por toda a vida, elas podem contribuir consideravelmente para atingir rapidamente a nossa dose suportável. Entretanto, os potenciais de riscos de cada fonte de ruído devem ser especificamente avaliados e comparados com a norma da ISO.

Ocasionalmente tem sido levantada a questão se o ruído de sobrevôos dos aviões podem danificar a audição da comunidade em terra. Aplicando algum dos critérios, os resultados acima (Tabela 11), por outras razões, são de riscos desprezíveis para praticamente todas as situações de exposição. Seriam requeridos mais do que 9000 sobrevôos diários, a um nível de exposição sonora de 90 dB, para resultar em 8 horas um Leq de 85 dB. Se isto pudesse ocorrer por cinco dias semanais, continuamente por 40 anos, e se as pessoas fossem expostas a este nível exterior, sem atenuação dos sistemas construtivos, a exposição iniciaria a produzir um NIPTS (alteração permanente do limiar induzida pelo ruído) de menos do que 10 dB em 10% da população mais sensível. Exposições mais severas devem ocorrer com mais elevados NESs (Níveis de Exposição Sonora), e os seus potenciais para produzir um risco de perda de audição induzida pelo ruído, podem ser estimados através da norma ISO. Sua aplicação para avaliar o ruído de sobrevôo nas exposições intermitentes de decolagens e aterrissagens é considerada, por alguns, ser muito conservadora, desde que não se leva em conta o potencial de recuperação auditiva, entre cada uma das exposições. É o mesmo argumento que levou a OSHA a adotar a regra habitual dos 5 dB para a relação entre nível e duração, "versus" a mais conservadora regra dos 3 dB da ISO.

Diversos estudos nos Estados Unidos, Japão e Reino Unido, confirmaram que a possibilidade de perda auditiva permanente nas comunidades é remota mesmo sob os mais intensos padrões comerciais de aterrissagens e decolagens. A Administração Federal da Aviação (FAA) dos Estados Unidos, consolidou estudo comparativo da audição da população vizinha ao Aeroporto Internacional de Los Angeles com a audição da população de uma área calma, sem o ruído de aviões. Não houveram diferenças significativas entre os níveis auditivos das duas populações, e nenhuma correlação de nível auditivo "versus" tempo de moradia das pessoas nas vizinhanças do aeroporto foi detectada. Um estudo mais recente, similar e extensivo, chegou às mesmas conclusões nas vizinhanças do Aeroporto de Heathrow de Londres.

Em um estudo de laboratório, pequenos grupos de rapazes voluntários foram expostos a gravações dos ruídos de decolagens e aterrissagens ($L_{max} = 111$ dB,

e níveis lineares de pico até 114 dB) a cada 3 minutos com intervalos de 1,5 minutos. Estas exposições estenderam-se por 6 horas (120 e 240 vãos rasantes). A alteração temporária do limiar auditivo, resultante destas exposições foram julgadas desprezíveis pelos autores, e seriam recuperados para a próxima exposição do dia seguinte. Embora as 8 horas de níveis equivalentes foram de 95 dB neste teste, e devido a natureza intermitente do ruído, a possibilidade de sofrerem uma mensurável perda de audição permanente, em consequência da exposição aos sobrevôos nas vizinhanças residenciais, foi considerada remota. Repetindo a mesma experiência no Japão chegou-se a interpretações e conclusões similares. Contudo, os autores do primeiro estudo, comentaram que aumentando algo mais, as curtas e altas intensidades dos ruídos explosivos de 240 sobrevôos diários, seria possível trazer os indivíduos suscetíveis ao limite perigoso, acima do qual a recuperação não ocorreria para a manhã seguinte.

Esta nota cautelosa está na mesma linha dos relatórios preliminares de estudos pilotos em baixas altitudes (75 a 150 m) nas áreas de treinamento militares da República Federal da Alemanha. Estes chamaram a atenção para as evidentes condições de exposição severas em tais áreas com o máximo nível de sobrevôos, algumas vezes excedendo a 115 dB, e aumentos rápidos de níveis excedendo 30 dB/seg (isto é, mais conteúdo de alta frequência). Comparando tais repentinos aumentos de ruído com explosão e ruído impulsivo, onde os riscos da simples exposição ao nível alto tem sido observada, e baseada em observações muito limitadas nas escolas infantis (medições de níveis auditivos bem como relatórios definidos nos ouvidos após os sobrevôos), estes autores propõem regulamentos de proteção à exposição. Para reduzir qualquer risco potencial, particularmente para crianças, nas áreas rotineiramente expostas a baixos e rápidos vãos de aviões militares, eles advogam limitar os níveis máximos em terra a 115 dB, com aumento máximo possível de ruído de 60 dB/seg. Embora o problema mereça estudo mais aprofundado, esta proposição parece algo prematura considerando as suas limitadas bases de dados.

Efeitos não-auditivos

[1, 8, 9, 10, 27-38]

A reclamação feita freqüentemente é que o ruído afeta a saúde mental e física humana no seu local de trabalho assim como nas comunidades. A despeito de consideráveis pesquisas neste problema mundial, existe uma pequena e sólida evidência sustentando algumas destas queixas, e, a nossa compreensão científica

está incapacitada para demonstrar uma confiável relação de causa-efeito. Frequentemente, os julgamentos de laboratórios à extremos e altos níveis, sobre os animais, são citados sem a devida auto-crítica, quando se faz abordagens de ruído de vizinhança ou nos locais de trabalho. Alguns efeitos observados sob intensos ruídos, capazes de afetar a nossa audição em curto período de tempo, não podem ser supostos a ocorrerem a níveis moderados e baixos.

Algumas reações psíquicas, genéricas e específicas, ao ruído constante e variado, são evidentemente reversíveis e normais; elas incluem efeitos na circulação periférica do sangue, função e ritmo cardíaco, respiração, resposta a eletrização da pele, dilatação da pupila, e, na função glandular e renal. Além disso, reações de espanto que podem ser obtidas por uma ampla variedade de estímulos repentinos e inesperados, são razoavelmente independentes do tipo desses estímulos. Elas incluem a maioria das reações retro-citadas, tais como o aumento da pulsação e pressão sangüínea, e a alteração da circulação sangüínea periférica e reação muscular. Esta reação de espanto é inata e universal, e pouco modificada pelo aprendizado e experiência.

Muitos estudos, inicialmente europeus, adotaram como hipótese e apresentaram evidências que a exposição crônica a níveis de ruído ambientais e industriais podem conduzir a um aumento de incidência de doença cardiovascular e hipertensão, de consultas médicas, e aquisição de drogas. Lamentavelmente, existem alguns recentes estudos que contradizem estes resultados, e na maioria dos casos eles não receberam a mesma cobertura como os estudos menos rigorosos os quais relataram um alarmante aumento de doenças causadas pelo ruído. Uma revisão crítica de 83 estudos sobre efeitos danosos do ruído sobre a saúde cardiovascular, baseada nas revisões independentes de um epidemiologista, de um audiologista, e de um cardiologista, considerou-os, relativamente, de baixa qualidade (27).

Contudo, a gente deve admitir que a alta pressão arterial, bem como cardiopatias, úlceras gástricas e outras síndromes relacionadas de tensão, podem ser causadas pela complexa interação de muitos fatores. Parece que a exposição ao ruído pode conduzir e/ou contribuir para tais síndromes; a causa disto é o incômodo, emoção e postura em relação ao ruído, e não tanto quanto ao estímulo físico "em si". Estudos em áreas residenciais indicaram que estes efeitos de tensões psicológicas são causados pela interferência do ruído do tráfego, ou de aviões, com a comunicação e outras atividades diárias, bem como a interferência com o comportamento do sono. O ruído de avião em vôo rasante pode induzir as pessoas a exagerar o medo de

possíveis quedas. As diferenças de atitudes em relação ao ruído e no incômodo causado por ele, são provavelmente a melhor explicação da causa de resultados inconsistentes surgidos de grande número de estudos realizados. Um estudo retrospectivo da incidência de várias categorias de doenças cardiovasculares em um grande número de membros tripulantes da Força Aérea Americana, expostos por até 40 anos à níveis de ruído, causando uma considerável quantidade de NIPTS, não encontrou quaisquer associações entre o grau do NIPTS e a doença cardiovascular (28). A estimativa de exposição equivalente por 8-horas da população de tripulantes foi de 90 a 95 dB. Visto que diversos estudos em estabelecimentos industriais relataram uma associação positiva, a razão, pelos resultados conflitantes, é suspeitada por haver diferentes reações ou atitudes em relação ao ruído.

Outros efeitos, relatados por alguns para correlacionar com os níveis Ldn maiores do que 65 dB nas áreas residenciais, incluem: peso reduzido nas crianças, uma taxa mais elevada de defeito em recém-nascidos, um aumento de taxa de mortalidade e uso de certos tipos de drogas, e um aumento de visitas médicas e internações psiquiátricas. Nisto também, muitos estudos não são convincentes. O estudo de 1979, o qual atribuiu maiores taxas de mortalidade para os residentes próximos à exposição do ruído do Aeroporto Internacional de Los Angeles, foi contradito por uma análise científica mais perfeita efetuada posteriormente. As descobertas de um estudo de 1978, relatando um aumento do número de nascituros com defeitos na mesma área do aeroporto, não foi confirmado por outro estudo científico avançado, o qual utilizou o mesmo método analítico para os arredores do aeroporto internacional de Atlanta. Identicamente, existem interpretações e descobertas contraditórias acerca de supostos aumentos de taxas de internações em hospitais psiquiátricos de residentes próximos aos aeroportos.

Atualmente, a série de estudos próximos ao Aeroporto Schiphol de Amsterdam é considerada razoavelmente como prova evidente do aumento desordenado das referidas tensões associadas com as altas exposições ao ruído. Contudo, apesar da conclusão em que os ruídos pesquisados nos ambientes sejam uma séria ameaça à saúde pública, provocando alterações mentais, doenças e sintomas somáticos, são objetos de crítica para algumas metodologias similares às mencionadas acima.

As dificuldades com estudos tentando correlacionar os efeitos crônicos de saúde com o convívio em várias zonas expostas (Ldn) a ruído cumulativo, são ainda maiores pelo fato de existir evidências que indi-

GUIA AMARELO DE ACÚSTICA E VIBRAÇÕES

Waytech

Engenharia e Comércio Ltda.

Controle de Ruídos e Vibrações
Atuação nas Áreas: Industrial / Automobilística / Arquitetônica

- Medições em Geral
- Consultoria
- Projetos de Dispositivos de Controle
- Ensaios Laboratoriais
- Pesquisa
- Comercio de Materiais

Laboratório Próprio, com Câmara Reverberante.

Rua Santos Dumont, 143 - Centro
CEP: 09715-120 São Bernardo do Campo - SP
Fone / Fax : (011) 756-8973



S&V

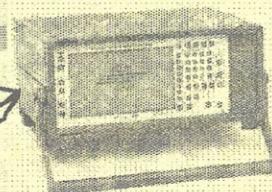
SOUND & VIBRATION
CONSULTORIA TÉCNICA,
INTERMEDIações S/C LTDA

. PARCERIA

. BAIXO CUSTO

. QUALIDADE

. MÃO DE OBRA ESPECIALIZADA

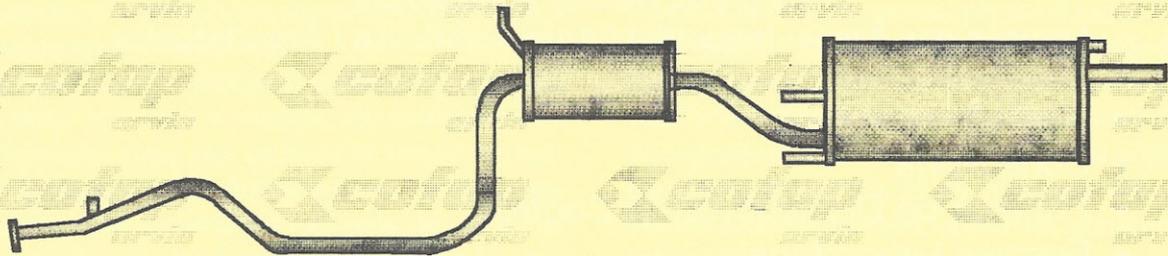


. TECNOLOGIA

R. TOMÉ DE SOUZA, 226 S/17 - CENTRO
CEP 09710-220 - S.B.CAMPO - SP
FONE: 414-6366 - FONE/FAX: 414-6529

GUIA AMARELO DE ACÚSTICA E VIBRAÇÕES

**Tradição de qualidade em escapamentos,
agora também em conversores catalíticos**



COFAP ARVIN Sistemas de Exaustão Ltda
Rodovia Fernão Dias, Km 843 - 37600-000 Cambuí / MG
☎ (035) 431 1000 Fax (035) 431 1044 / 1904 / 1805
E-Mail cofap_arvin.eng@overnet.com.br

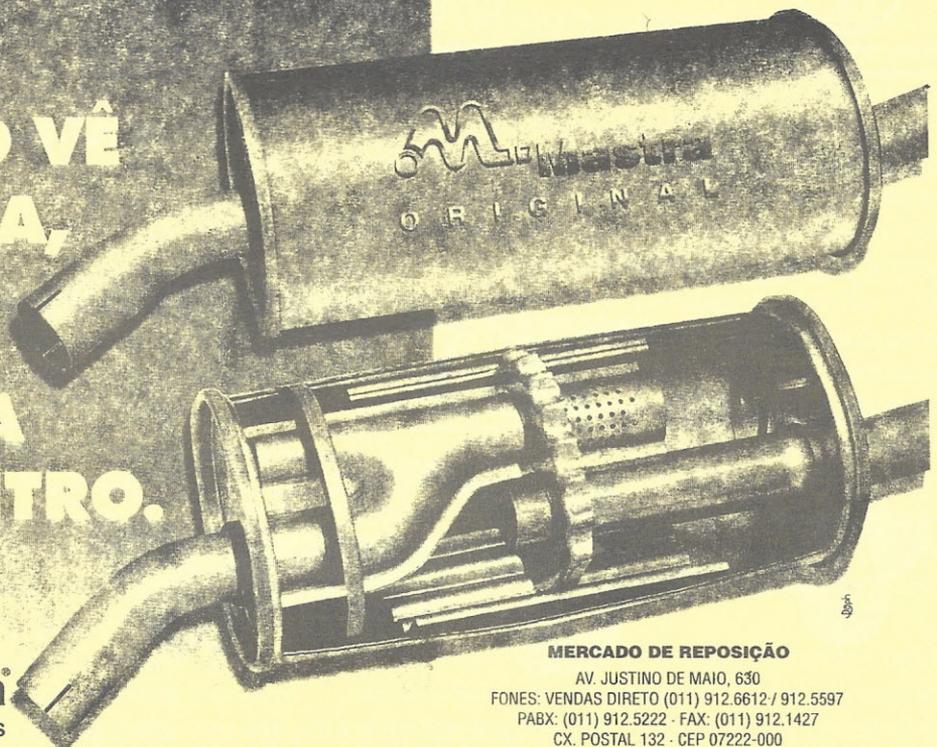
**QUEM SÓ VÊ
POR FORA,**

**NÃO FICA
POR DENTRO.**



ESCAPAMENTOS

O ESCAPAMENTO ORIGINAL POR FORA E POR DENTRO.



MERCADO DE REPOSIÇÃO

AV. JUSTINO DE MAIO, 630
FONES: VENDAS DIRETO (011) 912.6612 / 912.5597
PABX: (011) 912.5222 - FAX: (011) 912.1427
CX. POSTAL 132 - CEP 07222-000
GUARULHOS - SP

GUIA AMARELO DE ACÚSTICA E VIBRAÇÕES

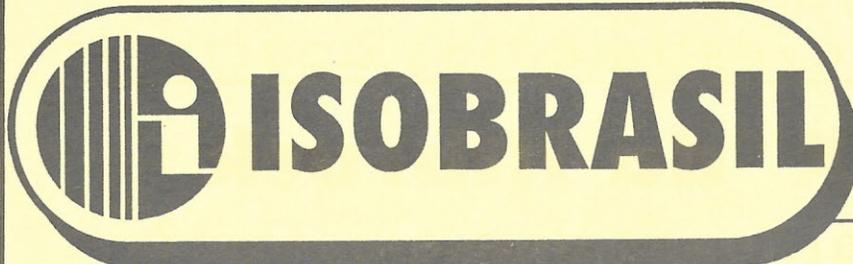
Sua empresa dispõe de um profissional em tempo integral que resolve este tipo de problema:

$$\frac{\partial^2 p}{\partial x^2} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 p}{\partial t^2}$$

... e também tem a prática e bom senso para resolver seus problemas do dia-a-dia ?

Em engenharia o conhecimento integrado é fundamental, nós sabemos disso e, acreditamos que além da boa prática, que só se adquire vivenciando problemas, é fundamental o sólido conhecimento em ciências como resistência dos materiais, mecânica dos fluidos, transmissão de calor e massa, termodinâmica além de acústica. É no estudo destas áreas que temos investido todo nosso tempo, pois acreditamos que, sem seu completo domínio, não poderíamos garantir ao cliente nossa resposta a seus problemas. Uma solução diferenciada de engenharia. A melhor solução.

DrM Consultoria e Acústica Industrial tel.: (011) 743-7219
Rua Martin Afonso de Souza, 840 - CEP 09581-660 S.Caetano do Sul - SP



**MEDIÇÃO E AVALIAÇÃO DE NÍVEIS
DE PRESSÃO SONORA.**

**DIAGNÓSTICO E CONTROLE DE
VIBRAÇÃO.**

**PROJETOS E MONTAGENS DE
TRATAMENTO ACÚSTICO.**

**CONSTRUÇÃO DE CABINES
ANTI-SÔNICAS.**

Rua Domingos Monteiro, 333 - Bairro Jardim Industrial
CEP 32.215-380 - Contagem / MG
Novo fone: (031) 361-8777 - Novo Fax: (031) 361-8889

41 ANOS DE

EXPERIÊNCIA

EM ENGENHARIA

ACÚSTICA

COMPROVADOS

EM ALTO

E BOM SOM

GUIA AMARELO DE ACÚSTICA E VIBRAÇÕES



THERMAX®

Isolantes em Lã de Rocha Basáltica

Empresa

Com mais de 40 anos no mercado, a Rockfibras fabrica produtos rígidos, semi-rígidos e flexíveis em Lã de Rocha Basáltica **THERMAX®**, material que, além de suas características térmicas e acústicas, impede a passagem do fogo.

Produtos

Painéis, Feltros e Forros

Mercados

Construção Civil, Automotivo, Industrial, Eletrodoméstico e Agrícola.

Atendimento ao Cliente

A Rockfibras mantém um Departamento Técnico, altamente especializado, para auxiliá-lo nas especificações e indicação dos produtos mais adequados para cada aplicação dispondo, também, de uma ampla rede de distribuidores.

Vendas: Rua Geraldo Flausino Gomes, 42 - 7º andar CEP 04575-060 - São Paulo - SP.

Tel.: (011) 5505 0477 Fax: (011) 5505 1505

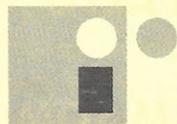
<http://www.rockfibras.com>

Por que os revestimentos acústicos

SONEX® da illbruck

são os melhores que existem?

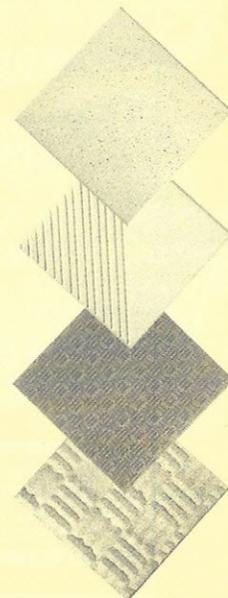
- tecnologia alemã em tratamento acústico reconhecida no mundo inteiro,
- os mais diversificados modelos, cores, texturas e preços que propiciam o melhor custo/benefício (soluções mais adequadas ao seu orçamento),
- não propagam a chama (auto-extinguíveis),
- rede de distribuição nacional com equipe altamente treinada e capacitada em acústica,
- análise acústica do ambiente pelo exclusivo software **illbruck** e diagnóstico com garantia de resultados.



illbruck®

ESPECIALIZADA EM ACÚSTICA.

Fone: (011) 418-6033 - Fax.: (011) 418-1704



RUÍDO

**REDUÇÃO DO RUÍDO INDUSTRIAL
ACÚSTICA SÃO LUIZ ENG. E CONSTRUÇÕES**
Mais de 20 anos de experiência

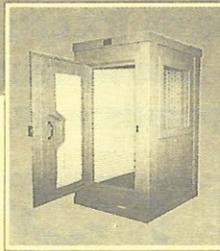
*Cabinas Isolantes Acústicas para Máquinas;
Atenuadores de Ruído para Exaustores e
Ventiladores; Projetos e Estudos Técnicos
de Acústica; Cabinas Anecóicas. Salas Isolantes
Acústicas para Compressores e Prensas.*

CABINAS PARA AUDIOMETRIA, mais de 500
Unidades Fornecidas para Fonoaudiólogos, de
Acordo com as Normas.

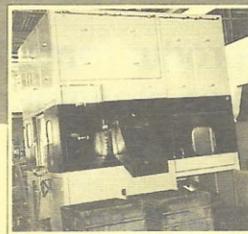
**LIVROS : REDUÇÃO DO RUÍDO INDUSTRIAL E
PROJETOS DE ACÚSTICA, COM DESENHOS
DE PROJETOS, COM MAIS DE 20 ANOS DE
EXPERIÊNCIA NUM SÓ LIVRO.**

Alguns Clientes: AUTO LATINA-COLGATE-MERCEDES-BENZ-PHILIPS-CABOT
NITROQUÍMICA-SIEMENS-TINTAS CORAL-GENERAL ELETRIC
ORNIEX-PLAVINIL-CONSTRAN-3M DO BRASIL-PEPSI COLA
SABROE DO BRASIL-ROLAMENTOS FAG-CORNING

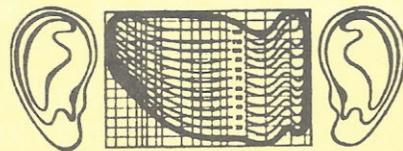
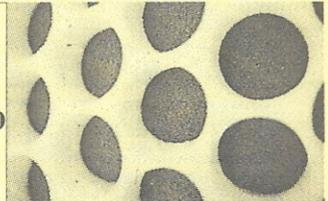
CABINA P/AUDIOMETRIA



CABINA P/PRENSAS



**ABSORÇÃO E ISOLAÇÃO
ACÚSTICA COM ESPUMA ACÚSTICA
SÃO LUIZ, ESPUMEX.®
ESPUMEX.® É UMA ESPUMA DE ALTO
PODER DE REDUÇÃO DO RUÍDO
E DE BAIXO CUSTO.**



ACÚSTICA SÃO LUIZ

A TECNOLOGIA DO SILÊNCIO PARA O BEM DA HUMANIDADE
RUA CONS. BROTERO, 91 ☎ (011) 67.5080 / TELEFAX. (011) 825.3154
BARRA FUNDA - SÃO PAULO - SP

Nova tecnologia do som ajuda indústrias

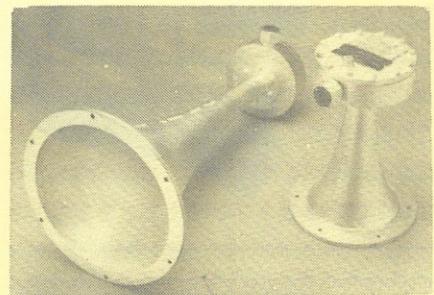
Desenvolvido após cinco anos de pesquisas que consumiram investimentos de US\$ 2 milhões, o Gás Crost, da Spirax Sarco Indústria e Comércio, de Cotia (SP), utiliza a inédita tecnologia da emissão acústica. O aparelho emite sons a baixas frequências, tornando mais econômicas e seguras as operações de limpeza de resíduos em vários tipos de equipamentos industriais (caldeiras, aquecedores, exaustores, tubulações, silos, misturadores, filtros e radiadores, entre outros).

Até hoje, este tipo de limpeza tem causado às indústrias uma série de problemas, que incluem a parada forçada da linha de produção (com conseqüente queda da produtividade) e gastos com produtos químicos e serviços de manutenção, além de riscos à segurança dos funcionários. A concentração de resíduos de matéria-prima muitas vezes pode causar avarias que levam à completa inutilização da máquina. Com a aplicação do emissor sônico Gás Crost, que é acionado por ar comprimido, a remoção de pó, fuligem e outros resíduos passa a ser feita de maneira constante e automática, sem a necessidade de parar a produção, possibilitando grande economia e segurança.

O emissor sônico Spirax Sarco está disponível em duas versões: GC 75 e GC 230 (respectivamente capazes de

emitir 75 e 230 Hertz). A empresa desenvolveu o novo produto pioneiramente no Brasil, a partir da soma de técnicas adquiridas em diversos países — como Suécia, Inglaterra

e Estados Unidos. O sucesso de sua aplicação tem sido tão intenso (principalmente junto às indústrias químicas, de cimento e usinas de álcool e açúcar) que 80% da produção do novo equipamento já está destinada ao mercado norte-americano. Maiores informações pelo telefone (011) 7924-0633.



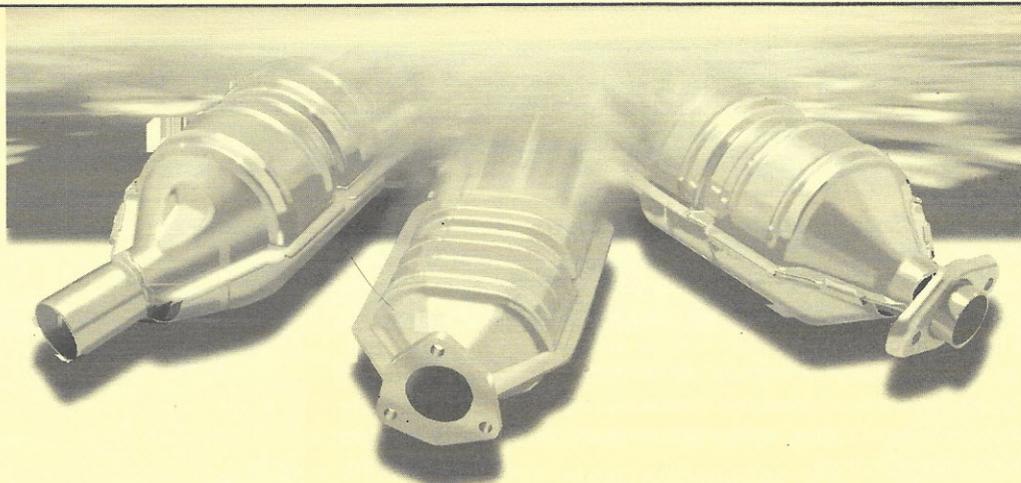
**Gás Crost: emissor sonoro simplifica
limpeza de máquinas.**

**spirax
sarco**

A FRAS-LE produz materiais de fricção com a tecnologia e a qualidade de uma empresa pioneira no país na fabricação de lonas e pastilhas para freios sem amianto, e na conquista da certificação pela Norma ISO 9001.



FRASLE-S.A. / ÁREA COMERCIAL
RS - 122 - KM 66, NR. 10945 - CEP 95010-550
CAIXA POSTAL 1329 - CEP 95001-970
FONE: (054) 228-1955 - FAX: (054) 227-2021
CAXIAS DO SUL - RS.
E-MAIL <vendas@fras-le.com.br>



CATALISADORES

E ESCAPAMENTOS



A QUALIDADE DO AR AO SEU ALCANCE

Rodovia SP 95, KM 47 CEP 13901-908 Amparo SP Fone (019) 870.7633 Fax (019) 870.7407 DDG (0800) 111.999

SOBRAC — Sociedade Brasileira de Acústica

SECRETARIA GERAL

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Centro Tecnológico - CTC

Departamento de Engenharia Mecânica - EMC

Laboratório de Vibrações e Acústica - LVA

Caixa Postal 476 - Campus Universitário

88040-900 - Florianópolis - SC

Tel.: (048) 231-9227 ou 234-4074 - Fax: (048) 234-1519 ou 231-9677

FICHA DE INSCRIÇÃO

NOME: _____
DATA NASC.: _____ LOCAL: _____
FORMAÇÃO: _____ ESPECIALIDADE: _____
OCUPAÇÃO PRINCIPAL: _____

ENDEREÇO PESSOAL

Rua: _____ Nº: _____
Bairro: _____ Cidade: _____
CEP: _____ Tel: _____ Fax: _____ Estado: _____ País: _____

ENDEREÇO PROFISSIONAL

Empresa/Instituição: _____
Rua: _____ Nº: _____
Bairro: _____ Cidade: _____
CEP: _____ Tel: _____ Fax: _____ Estado: _____ País: _____

ENDEREÇO PARA CORRESPONDÊNCIA: Res. [] Com. []

ÁREAS DE INTERESSE PRINCIPAL

CATEGORIA DA INSCRIÇÃO

EFETIVO [] INSTITUCIONAL [] ESTUDANTE []
(Autônomo ou Individual) (Empresas)

Caso INSTITUCIONAL, favor fornecer dados dos representantes

Primeiro Representante - Nome: _____
Endereço: _____

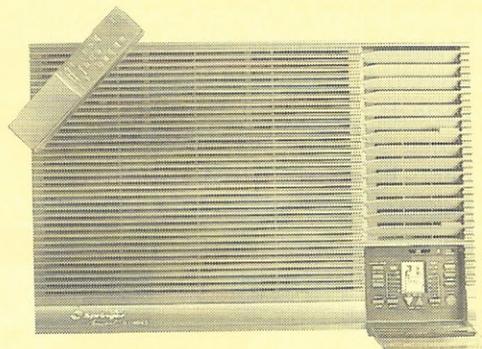
Segundo Representante - Nome: _____
Endereço: _____

**Usar verso para adicionar mais representantes*

Local: _____ Data: _____

Assinatura: _____

COMO
DEIXAR O
SEU QUARTO
COM ARES DE
GRANDE
HOTEL.



15614

Só a Springer Carrier desenvolve condicionadores de ar tanto para espaços domésticos como para grandes áreas comerciais e industriais.



Rua Berto Círio, 521 - Fone: (051) 477.2244 - CEP 92420-030
Canoas - RS - Brasil - Internet: Springer.mkt@Carrier.wtk.com

SoundPLAN Wins

Projetando um Ambiente Acústico



SoundPLAN para Windows

SoundPLAN continua sua tradição sem rival de software, altamente preciso com tempo de cálculo rápido e gráficos excelentes. SoundPLAN para Windows mantém os recursos das versões prévias para nossos poderosos usuários e tem os benefícios do ambiente de windows para ajudar ensinar nossos usuários novos de SoundPLAN.

SoundPLAN A Nível Mundial

Firmas privadas, universidades e escritórios de governo em todo mundo uso SoundPLAN para planejamento ambiental, pesquisa e avaliação para várias apresentações públicas. Mais de 1000 usuários localizaram em mais de 30 países mostram que SoundPLAN está ajudando na organizações de seus trabalhos efetivamente. SoundPLAN continua conduzindo o mundo como software de modelagem de ruído e poluição de ar.

Para detalhes sobre SoundPLAN contatar hoje nossa Representante local.

Módulos Disponível:

- | | |
|--|--|
| Trafico, Ferro Via e Ruído de Aeronave | Otimização do Projeto de Parede e Barreira |
| Fábrica em Recinto Fechado | Modelagem de Poluição do Ar |
| Ruído Indústria | Especialista em Gráficos de 3D |
| Sistema Especialista em Indústria | Outros Gráficos+Ferramentas |
| Transmissão de Ruído Dentro Para Fora | |



Braunstein + Berndt GmbH

Robert-Bosch Strasse 5; D71397 Leutenbach, Germany

T: +49 7195 178828 F: +49 7195 63265; E-Mail: SoundPLAN@CompuServe.com

SOFTWARE PARA MODELAGEM DE RUÍDO E POLUIÇÃO DO AR

GUIA AMARELO DE ACÚSTICA E VIBRAÇÕES

ESTES PRODUTOS :



illbruck

nonteck®



Lã de vidro



você encontra na

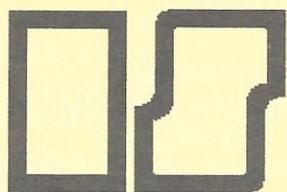


COMERCIAL RAFAEL
DE SÃO PAULO LTDA.

FONE: (011) 915-7500

FAX: (011) 914-1818

** PRONTA ENTREGA * ORIENTAÇÃO TÉCNICA **
Rua Santa Cruz, 2.102 - São Paulo - SP - CEP 04122 - 002



Inter-Service

O SILÊNCIO É O NOSSO NEGÓCIO

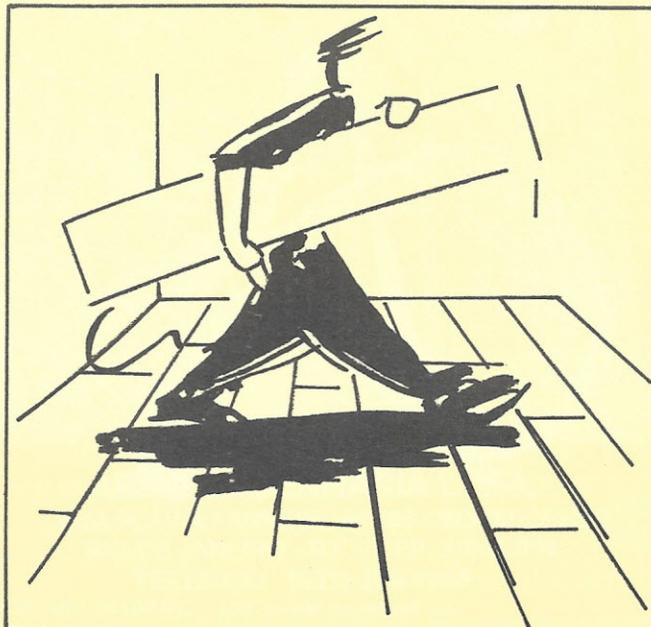
- . EXECUÇÃO DE SERVIÇOS E PROJETOS DESTINADOS AO CONTROLE DE RUÍDO EM AMBIENTES INDUSTRIAIS E COMERCIAIS.
- . SISTEMA INÉDITO DE CONTROLE DO SOM NO SEU ESCRITÓRIO, ATRAVÉS DE MASCARAMENTO SONORO.

ATENDIMENTO NACIONAL

TEL. (011) 521 7044

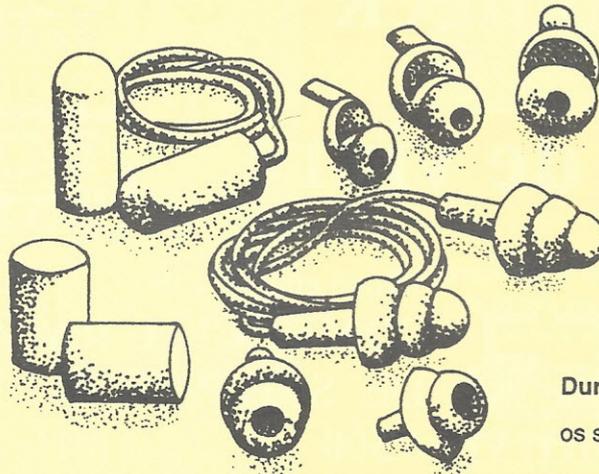
FAX. (011) 548 2249

RUA DOMINGOS JORGE, 92 SÃO PAULO - SP
CEP: 04761-000



ESTA VOCÊ NÃO CONHECE SÓ DE OUVIDO.

Ninguém é tão tradicional e completo no mercado de Equipamentos de Proteção Individual quanto a **Duráveis**, que fabrica e comercializa produtos de alta qualidade há mais de 40 anos. Inclusive uma ex-



tensa linha de protetores auditivos, com modelos do tipo concha, do tipo inserção de espuma automoldável ou pré-moldado em plástico.

Duráveis. Segurança em todos os sentidos.

DURÁVEIS

DURÁVEIS EQUIPAMENTOS DE SEGURANÇA LTDA.
Via Anchieta, 463 - CEP 04247-000 - S. Paulo - SP
Tel.: (011) 273-6700 - Fax: (011) 273-6053

POMP Plus

CA 5745



TAMANHO ÚNICO

- Mais confortável, macio e prático
- Se adapta com facilidade aos diferentes canais auditivos
- Mantém a mesma eficiência, durabilidade e higiene do Pomp.



MULTIPLAST

GUIA AMARELO DE ACÚSTICA E VIBRAÇÕES



Industrial
Acoustics
Company



AMORTECEDORES DE VIBRAÇÃO
MEDIÇÕES DE RUÍDOS E VIBRAÇÕES

COXIM DE BORRACHA
BASES DE INÉRCIA

LÍDERES EM
ENGENHARIA,
PRODUTOS E SISTEMAS
DE CONTROLE DE
RUÍDO DESDE 1949

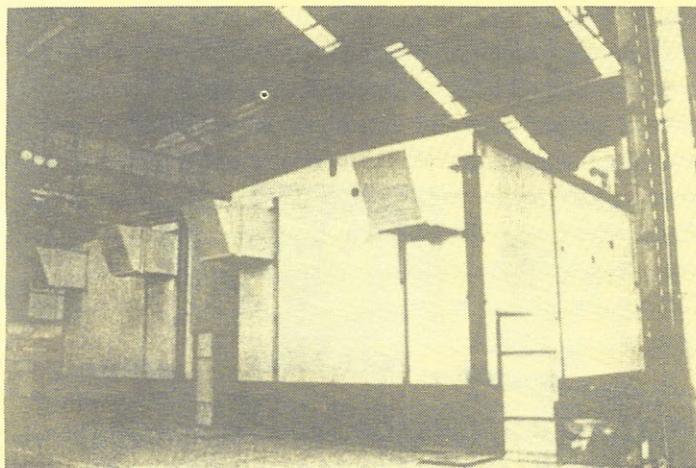
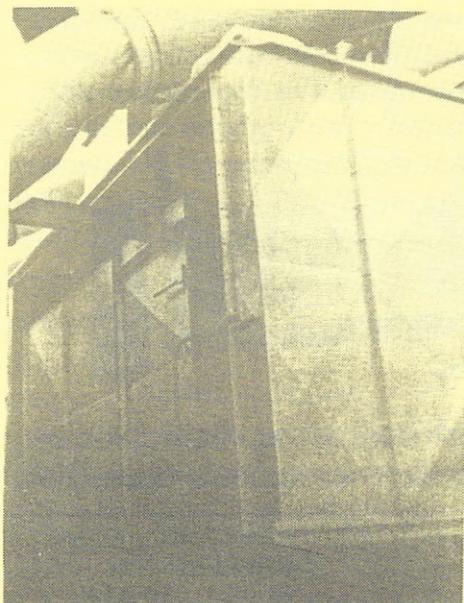
FONE : (011) 6917 1166 FAX : (011) 6917 1966

RUA DAS ALFAZEMAS, 31 - VILA ALPINA
SÃO PAULO - BRASIL - CEP 03204-020

CABINES DE ENCLAUSURAMENTO ACÚSTICO

Fabricadas em vários tamanhos e classes, para as mais diversas aplicações, onde seja requerido enclausuramento acústico.

Aplicam-se a turbinas à gás, Compressores, Bombas, Ventiladores Centrifugos e Axiais, grupo geradores, etc.



ABBA ENGENHARIA LTDA.
RUA FLÁVIA FARNESE, Nº 466 - BONSUCESSO
RIO DE JANEIRO - RJ - CEP. 21043-010
TELEFAX: (021) 280-1615

GUIA AMARELO DE ACÚSTICA E VIBRAÇÕES

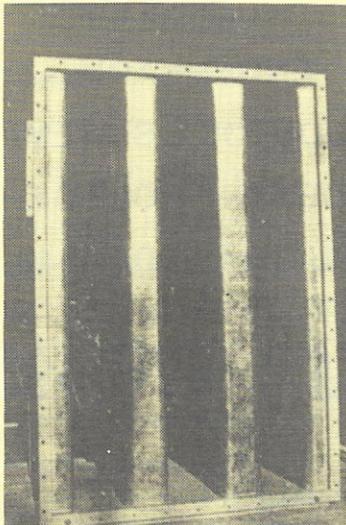
ATENUADORES DE RUÍDOS

A ABBA ENGENHARIA projeta Sistemas de Controle de Ruídos, e fabrica vários tipos de Atenuadores e Cabines de Enclausuramento Acústico.

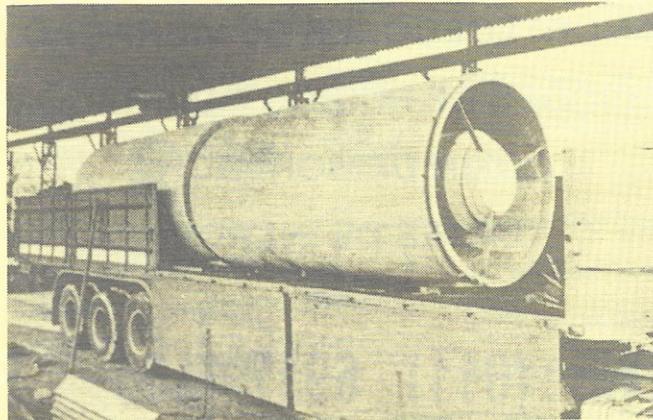
Os Atenuadores de Ruídos (silenciadores), possuem formas aerodinâmicas, a fim de se obter o máximo rendimento, sem impedir o fluxo normal de ar ou gases.

Fabricados em tamanhos e classes padronizados, são geralmente aplicados em : Ventiladores Axiais e Centrifugos, Compressores, Turbinas, Motores de Combustão interna, Bombas de Vácuo, Instalações Civas, Comerciais, Industriais, Marítimas, Off-Shore, etc.

TIPO RETANGULAR



TIPO CIRCULAR

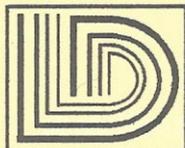


ABBA ENGENHARIA LTDA.

RUA FLÁVIA FARNESE, Nº 466 - BONSUCESSO

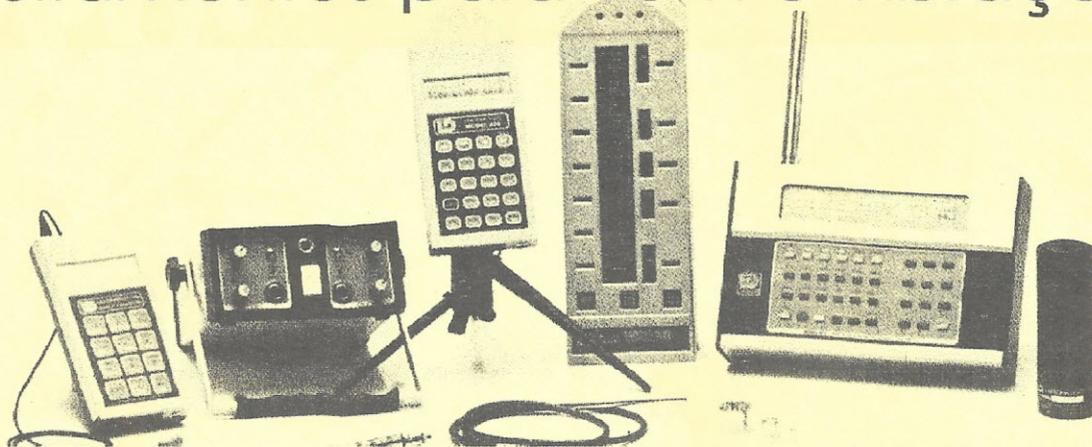
RIO DE JANEIRO - RJ - CEP. 21043-010

TELEFAX: (021) 280-1615



Larson-Davis

Instrumentos para Som e Vibração



Uma linha completa de instrumentos de precisão com dosímetros, medidores de nível sonoro, analisadores em tempo real, calibradores, microfones e acessórios.



GROM

Representante exclusivo

CAIXA POSTAL 68.534

CEP 21945-970

TEL (021) 590-3428

FAX (021) 590-4334

cam que a descontrolada, principalmente voluntária, exposição do tempo de repouso da população excede a média de exposição ambiental ao indesejável ruído de avião, de tráfego e de vizinhança. A desafortunada escassez de dados disponíveis indica que a média da população urbana não exposta ao ruído industrial, expõe-se a valores de Leq (24) de 70 dB ou mais (55). As crianças são expostas em média para níveis ainda mais elevados (56). Tais dados enfatizam que não é tão somente o nível físico de exposição do ruído, mas sem dúvida a inconveniência de um ruído perturbador ou intrusivo que determina os seus efeitos potenciais prejudiciais à saúde.

Em suma, não existe evidência científica clara para relacionar quantitativamente quaisquer ruídos ambiente com a origem de doença não-auditiva ou contribuição para quaisquer diagnósticos. Mesmo as mais recentes pesquisas (relatadas no 5º Congresso Internacional do Ruído como Problema para a Saúde Pública) (11) conduzidas a níveis acima dos limites, para a preservação auditiva, falharam em proporcionar resultados consistentes. Em um estudo piloto em populações de áreas de treinamento militar, em vôos de baixa altitude, na Alemanha Ocidental, as descobertas positivas são atribuídas ao espanto, medo e reações tensas às súbitas e inesperadas altas velocidades dos sobrevôos. Estas reações tensas são supostas em ser particularmente severas em crianças e idosos. A questão de um potencial de risco à tais altos níveis deve ser deixada em aberto. Contudo, revisões mais autorizadas, tais como o Documento sobre Ruído, da Norma de Saúde Ambiental, da OMS (Organização Mundial da Saúde), concorda que "a pesquisa sobre o assunto não tem rendido evidências positivas, tão conclusivas, que a doença seja causada ou agravada pela exposição ao ruído, e insuficiente para causar danos à audição". Pelas considerações práticas do controle do ruído, o "status" atual de nossos conhecimentos significa que o critério para avaliação ambiental do impacto do ruído, com respeito a seus efeitos diretos e indiretos sobre a saúde, são os mesmos critérios daqueles aplicados para prevenção de danos à audição, e para reduzir quaisquer tensões de incômodo ao mínimo.

SUMÁRIO

Diretrizes Básicas

[1, 2, 9, 40, 41, 42, 43, 50, 53]

Os níveis de ruído ambiente, os quais são supostos interferentes na atividade humana, dependem da atividade e do estado de espírito contextual da pessoa. O efeito cumulativo de interferência na atividade pelo ru-

ído foi considerado como a melhor medida em termos de incômodo. Embora outros fatores, tais como atitude com relação à fonte de ruído, pode influenciar a reação do indivíduo nas interferências das atividades, nas porcentagens de pessoas incomodadas ou altamente incomodadas, numa dada situação ambiental, proporciona um índice útil de severidade da situação. Além do mais, o incômodo pode ser um indicador útil do potencial de "tensões induzidas pelo ruído", as quais são imaginadas por alguns em contribuir para doenças relacionadas com as tensões.

Tem havido duas abordagens básicas para o desenvolvimento de normas, ou limites reguladores, para o ruído ambiental. Uma abordagem é determinar os máximos níveis que se compatibilizam com as várias atividades humanas (tais como a comunicação da palavra, o sono, a atividade mental, a audição de música etc.) ou consideradas como os máximos níveis compatíveis à proteção da audição. A segunda abordagem é avaliar a qualidade intrusiva relativa do ruído e a reação que ele causa, para um julgamento associado (causa-efeito) e outros fatores.

No seu Documento de Níveis (Levels Document), a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (U. S. Environmental Protection Agency - EPA), utilizou a primeira abordagem. Para descrever o ruído ambiental, a EPA definiu o "nível médio sonoro dia-noite" (Ldn) o qual representa o nível médio sonoro nas 24 horas do dia, com a penalidade de 10 dB para ruídos que ocorrem durante as horas noturnas de 22:00 às 7:00. Para as áreas residenciais é identificado um Ldn de 55 dB como o "nível requerido para proteção da saúde pública e bem estar com adequada margem de segurança"; as palavras entre aspas representam as do mandado congressional. Este nível foi deduzido a partir da seleção do valor de 45 dB, dentro de uma casa, como compatível em 100 por cento para inteligibilidade da palavra, adicionando 15 dB levando em conta a média de redução do ruído de uma parede externa, com uma janela semi-aberta, e, subtraindo 5 dB como margem de segurança por conta de outros efeitos. Deve-se notar que isto identificou o nível dia-noite de 55 dB, não se trata de regulamentação, mas ao contrário, uma meta ideal de longo prazo. Em 1974 mais do que 50% da população americana estava vivendo no ruído ambiente externo excedendo este nível.

Mais tarde, no seu documento estratégico, a EPA primeiro recomendou esforços imediatos para reduzir a exposição de ruído a valor de Ldn não mais do que 75 dB. Este valor é essencialmente condizente com o nível previamente apontado como o máximo, com respeito à proteção da audição. Em segundo lugar, a EPA recomendou a

redução dos níveis de ruído ambientais para Ldn de 65 dB, ou menos, através de vigoroso regulamento e planejamento de ações. Em terceiro lugar, a EPA recomendou a adoção de um Ldn de 55 dB como meta a ser considerada “como magnitude possível” no planejamento de futuros programas.

Em 1980, cinco departamentos de gabinetes Federais, agências e administrações desenvolveram uma série de diretrizes para planejamento e controle de uso de solo considerando o ruído [41]. Estas diretrizes foram propositadamente desenvolvidas para serem utilizadas na coordenação de políticas e regulamentos de várias organizações dentro do governo Federal. Programas preditivos e esforços de atenuação seguiram a mesma direção. Mais adiante, elas serviram para assessoramento dos governos estaduais e locais (municipais), os quais têm autoridade para a maioria das regulamentações do uso da terra. Recomendações similares estão contidas na Norma Nacional Americana, Uso de Solo Compatível com Relação ao Ruído [42] e na Administração Federal da Aviação, Parte de Planejamento e Compatibilidade do Ruído de Aeroporto, Regulamento 150.

Uma reanálise em 1990 de problemas de ruído de aeroportos pelo Comitê do Ruído, da Interagência Federal Americana (U. S. Federal Interagency Committee on Noise - FICON) [50] reconfirmou o nível sonoro dia-noite Ldn como indicador ou medida para avaliar a exposição do ruído cumulativo e o impacto de ruído na população. Nenhum novo indicador de suficiente base científica desenvolveu-se ao longo dos últimos 20 anos. A porcentagem da população declarada, por ser altamente afetada por viver em ambientes de específico Ldn, é considerado a melhor ferramenta disponível para prever o impacto total do ruído nas populações (Figura 14). Embora a análise do distúrbio do sono e interferência com a atividade escolar, sob métodos suplementares de NES (Nível de Exposição Sonora), ou Leq por específicas horas, seja desejável e útil, eles são de limitado uso na predição e interpretação do impacto da exposição de ruído cumulativo.

Ao utilizar normas disponíveis, diretrizes e valores limites, é extremamente importante distinguir entre:

- Critérios de Saúde e Bem Estar
- Degradação Ambiental / Critério de Impacto
- Diretrizes de Planejamento do Uso do Solo

A distinção clara entre estas diferentes aplicações de critérios, baseados em diferentes requerimentos legais e objetivos técnicos, auxiliará na interpretação dos dados existentes e diretrizes.

Avaliação dos Ambientes Existentes e Futuros

Para avaliar o rigor do ruído ambiental em relação ao seu efeito sobre a saúde pública, os principais fatores a ser considerados são:

- Incômodo
- Interferência no sono
- Perda de audição por indução do ruído
- Comunicação da palavra.

A combinação dessas quatro avaliações é suficiente para a maioria das situações. Esses mesmos fatores podem proporcionar a direção e relativa avaliação dos procedimentos para minimizar os efeitos de tensão, diretos e indiretos, responsáveis pela maioria das reclamações relacionadas com a saúde. Não há evidências de que essas tensões causem ou agravem doenças clinicamente detectáveis, desde que os níveis de exposição de ruído estejam abaixo daqueles que causam danos à audição.

A totalidade de respostas da comunidade, incluindo e integrando todas as interferências de atividades potenciais e os mencionados efeitos na saúde, é melhor avaliada e planejada, baseada nas diretrizes de uso do solo sumarizadas na última seção e condensada na Tabela 12.

A tabela dá a porcentagem aproximada de residentes que seriam aguardados em ser altamente perturbados baseada nesta síntese de inspeções sociológicas (veja Figuras 13 e 14). Também estão mostrados na tabela as reações aproximadas da comunidade ao Ldn normalizado para ruído de fundo de zona urbana residencial, durante o ano, com algumas exposições anteriores e sem impulso ou características de puro tom.

Os critérios detalhados vistos na seção 3, sobre as Indicações dos Efeitos dos Ruídos, são para serem utilizados para avaliações específicas dos efeitos na saúde (isto é, perda de audição induzida pelo ruído ou interferência no sono) ou interferência nas atividades específicas (isto é, atividade escolar ou atividade no lazer) nas localidades específicas, para as quais não é aplicável a resposta estatística na qual a Tabela 12 é baseada. Tais análises de simples eventos devem complementar, mas não substituir, a avaliação dos efeitos do nível de exposição sonora cumulativa.

RECONHECIMENTO

Esta revisão foi feita em cooperação com Harris Miller & Hanson Inc. e patrocinada em parte pela Marinha dos Estados Unidos como uma parte do relatório de Declaração do Impacto Ambiental.

Tabela 12: Sumário relativo ao critério de uso de solo residencial e seus efeitos.

Ldn (dB)	Diretriz Interagência Federal (Nota 1)	Porcentagem Aproximada dos Altamente Perturbados (Nota 2)	Reação Aproximada da Comunidade*
Não excedente a 55 (Nota 4)	Compatível	Menos do que 4%	Sem reação
55-65	Generalmente compatível (Nota 5)	4-15%	Reclamações esporádicas (sem reação para reclamações generalizadas)
65-75	Marginalmente compatível com 25-30 dB RNS (Redução do Nível Sonoro) (Nota 6)	15-37%	Reclamações generalizadas com forte apelos e ameaças de ações legais
Acima de 75	Incompatível	Maior do que 37%	Ações Vigorosas

* Para a área residencial urbana, por todo ano, alguma exposição prévia e sem características de impulso e tom puro (Nota 3).

NOTAS:

- 1) Os níveis podem ser usados por comunidades, individualmente, para incorporar metas de bem estar e saúde pública nos processos de planejamento. Estes níveis não constituem em si, contudo, base exclusiva para apropriar ação de uso do solo, porque eles não consideram o custo, a praticabilidade, os níveis de ruído de nenhuma fonte específica, ou as necessidades de desenvolvimento da comunidade e da inclusão de uma adequada margem de segurança. Eles devem ser considerados por todas as comunidades em seus planejamentos, incluindo aquelas as quais atualmente gozam do silêncio e desejam preservá-lo, bem como aquelas que são relativamente ruidosas e desejam resolver o problema.
- 2) Veja Figura 13.
- 3) Veja Figura 17.
- 4) A EPA (Environmental Protection Agency) identificou o Ldn de 55 dB como proteção do bem-estar e saúde pública com adequada margem de segurança.
- 5) A designação destes usos como "compatível", nesta zona, reflete a consideração individual das agências Federais, do custo e dos fatores de praticabilidade, bem como experiências vividas pela comunidade e objetivo dos programas. As localidades devem ter diferentes preocupações ou metas a considerar, quando avaliar a aplicação destas diretrizes para situações específicas.
- 6a) Embora as condições locais devam requerer uso residencial, ela é desencorajada em áreas com Ldn 65-70 dB, e fortemente desencorajada em áreas com Ldn 70-75 dB. A falta de opções de desenvolvimento alternativo viável devia ser determinada e, então, uma avaliação indicadora de que a comunidade em questão que necessita do uso residencial não seria satisfeita se o desenvolvimento fosse proibido e, assim, estas zonas devem ser governadas por sanções prioritárias.
- 6b) Onde a comunidade determina que usos residenciais devem ser permitidos, as medidas para atingir Redução do Nível de Ruído do exterior para o interior (RNR) de ao menos 25 dB em áreas de Ldn 65-70 dB e 30 dB em áreas de Ldn 70-75 dB, devem ser incorporadas nos códigos de obras e ser consideradas nas aprovações individuais. A construção normal pode ser admitida a proporcionar NRR (Nível de Redução de Ruído) de 20 dB, assim os requerimentos de redução são muitas vezes estabelecidos como 5, 10 ou 15 dB nos padrões de construção e normalmente assumidos em ventilação mecânica e janelas fechadas (durante o ano). Considerações adicionais devem ser fornecidas para modificar os graus de NRR baseado nos picos de níveis de ruído.
- 6c) Os critérios de Redução do Nível de Ruído (RNR) não eliminarão os problemas dos ruídos externos. Contudo, a posição da construção e a localidade da obra, o uso de depressão e barreiras podem auxiliar a atenuar a exposição ao ruído exterior particularmente das fontes ao nível do solo. Medidas que reduzam na prática o ruído em toda a região devem ser utilizadas, de preferência em relação às que somente protegem os espaços interiores.

Kenneth M. Eldred, Mem. INCE (1975), tem tido larga experiência profissional em uma grande variedade de projetos envolvendo o ruído e seu controle. Ele trabalhou como vice-presidente da Bolt Beranek e Newman de 1973 a 1981 e desde 1982 tem comandado sua própria consultoria, Ken Eldred Engineering, agora situada em East Boothbay, Maine, U.S.A. Ele é atualmente um membro da Academia Nacional de Engenharia, Diretor de Normas e "Fellow" da Sociedade Americana de Acústica e ex-presidente do INCE (Institute of Noise Control Engineering/USA).

Henning E. von Gierke, Mem. INCE (1977), tem se interessado há muito tempo com os efeitos do ruído na saúde do homem, e no seu desempenho e conforto. Ele trabalhou como diretor da Divisão de Bioengenharia e Biodinâmica do Laboratório de Pesquisa Médica Aeroespacial, em Dayton, Ohio, USA de 1956 a 1988 e é atualmente professor de clínica, do Departamento de Saúde Comunitária, na Universidade Estadual de Wright, Ohio, USA. Ele é membro da Academia Nacional de Engenharia, da Academia Internacional de Aviação e Medicina Espacial, e ex-presidente da Sociedade Americana de Acústica (Acoustical Society of America - ASA).

REFERÊNCIAS

1. U.S. Environmental Protection Agency, "Information on levels of environmental noise requisite to protect public health and welfare with an adequate margin of safety", EPA 550/9-74-004, March 1974.
2. "Protective noise levels, condensed version of EPA levels document," EPA 550/9 79-100, Nov. 1978.
3. von Gierke, H. E., "Noise - how much is too much?" *Noise Control Engineering* (29-34), 1975.
4. "Guidelines for preparing environmental impact statements on noise", National Research Council Committee on Hearing, Bioacoustics and Biomechanics, National Academy Press, Washington, DC, 1977.
5. "American National Standards quantities and procedures for description and measurement of environmental sound, Part I," ANSI S12.9-1988, Acoustical Society of America, Standards Secretariat, New York, 1988.
6. Eldred, K. M., "Sound exposure without decibels," *Proceedings of Internoise 86*, Vol. I, pp 111-116, July 1986.
7. Eldred, K. M., "Noise at the year 2000," *Proceedings of the 5th International Congress on Noise as a Public Health Problem* (B, Berglund et.al. editors), Swedish Council for Building Research, Stockholm, Sweden, August, 1988.
8. "Environmental health criteria 12: noise," World Health Organization, Geneva, 1980.
9. "Public health and welfare criteria for noise," Environmental Protection Agency 550/9-73-002, 1973.
10. Kryter, K. D., "Physiological, psychological and social effects of noise," NASA Reference Publication 1115, National Aeronautics and Space Administration, 1984.
11. "Noise as a public health problem," *Proceedings of the 5th International Congress on Noise as a Public Health Problem* (B. Berglund et.al. editors), Swedish Council for Building Research, Stockholm, Sweden, 1988.
12. Webster, J. C., "Effects of noise on speech intelligibility," *Proceedings of Conference on Noise as a Public Health Hazard*, pp 49-73, 1969.
13. "The Effects of time varying noise on speech intelligibility indoors," *National Research Council Committee on Hearing, Bioacoustics and Biomechanics*, National Academy Press, Washington, DC, 1981.
14. Schultz, T. J., "Synthesis of social surveys on noise annoyance," *Journal of the Acoustical Society of America* 64(2), 377-405, 1978.
15. Fidell, S., et.al., "A Strategy for understanding noise induced annoyance," HSD-TR-87-013, Air Force Systems Command, Brooks Air Force Base, TX, 1988.
16. Stevens, K. N., Rosenblith, W. A., and Bolt, R. H., "A community's reaction to noise: can it be forecast?" *Noise Control*, 1:63-71, 1955.
17. Broadbent, D. E., "Human performance and noise," *Handbook of Noise Control*, Second edition, C. M. Harris, ed., McGraw-Hill Book Company, New York, 1979.
18. Rossi, G., "Noise and task performance," see Reference 11.
19. Lukas, J. S., "Measures of noise level: their relative accuracy on prediction objective and subjective response to noise during sleep," EPA 600/1-77-010, February 1977.
20. Griefahn, Barbara, "Research on noise disturbed sleep since 1973," *Proceedings of the Third International Congress on Noise as a Public Health Problem*, ASHA Report No.10, April 1980.
21. Le Vere, T. G., Morleck and F. Hart, "Waking performance decrements following minimal sleep description: the effects of habituation during sleep," *Physiological Psychology*, Vol. 3, pp 147-174, 1975.
22. Ando, Y. and H. Hatton, "Effects of noise on sleep of babies," *Journal of The Acoustical Society of America*, Volume 62, pp 199-204, 1977.
23. "Acoustics - Determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing impairment," International standard ISO 1999.2, Geneva, 1989.
24. Parnell, Nagel and Cohen, "Evaluation of hearing levels of residents living near a major airport," Report FAA-RD-72-72, June 1972.

25. Ward, Cushing and Burns, "TTS from neighborhood aircraft noise," *Journal of the Acoustical Society of America*, Volume 60, 1, June 1972.
26. Kabuto and Suzuki, "Temporary threshold shift from transportation noise," *Journal of the Acoustical Society of America*, Volume 66, 1, July 1979.
27. Thompson, "Epidemiology feasibility study: effects of noise on the cardiovascular system," EPA Report 550/9-81-103, September 1981.
28. von Gierke, H. E., C. S. Harris, "On the potential association between noise exposure and cardiovascular disease," see Reference 11.
29. Meecham and Shaw, "Effects of jet noise on mortality rates," *British Journal of Audiology*, Vol. 13, 1979.
30. Frerichs, Beeman and Coulson, "Los Angeles airport noise and mortality - faulty analysis and public policy," *American Journal of Public Health*, Vol. 70, No. 4, April 1980.
31. Jones and Tauscher, "Residence under an airport landing pattern as a factor in teratism," *Archives of Environmental Health*, Vol. 33, 1978.
32. Edmondes, Layde and Erickson, "Airport noise and teratogenesis," *Archives of Environmental Health*, Vol. 34, pp 243-247, 1979.
33. Meecham and Smith, "Effect of jet aircraft noise on mental hospital admissions," *British Journal of Audiology*, Vol. 11, pp 81-85, 1977.
34. Gattoni and Tarnopolsky, "Aircraft noise and psychiatric morbidity," *Psychological Medicine*, Vol. 3, pp 516-520, 1973.
35. Knipschild, "V. Medical effects of aircraft noise: community cardiovascular survey," *International Archives of Occupational and Environmental Health*, Vol. 40, 1977.
36. Knipschild, "VI. Medical effects of aircraft noise: general study," *International Archives of Occupational and Environmental Health*, Vol. 40, 1977.
37. Knipschild, "VII. Medical effects of aircraft noise: drug survey," *International Archives of Occupational and Environmental Health*, Vol. 40, 1977.
38. Knipschild, "V. Medical effects of aircraft noise: review and literature," *International Archives of Occupational and Environmental Health*, Vol. 40, 1977.
39. "Noise control act of 1972," Public Law 92-574, October 27, 1972.
40. "Toward a national strategy for noise control," EPA ONAC, April, 1977.
41. "Guidelines for considering noise in land use planning and control," Federal Interagency Committee on Urban Noise, U.S. Government Printing Office 1981-338-006/8071, June 1980.
42. "Compatible Land Use With Respect to Noise," ANSI S3.23-1980, Acoustical Society of America, 1980.
43. Airport noise compatibility Planning, Development and Submission of Airport Operations Noise Exposure Map and Noise Compatibility Planning Program, Federal Aviation Regulations, 14 CFR, Part 150, January 1985.
44. Harris, C. S., "Effects of military training route noise on human annoyance," AAMRL-RT 89-041, Armstrong Aerospace Medical Research Laboratory, Wright Patterson Air Force Base, Ohio, 1989.
45. Pearsons, K. S. et.al., "Speech levels in various noise environments," EPA-600/1-77-025, U. S. Environmental Protection Agency, May 1977.
46. Webster, J. C., "Communicating in noise 1978-1983," *Proceedings of the 4th International Congress on Noise as a Public Health Problem* (E. Rossi editor), Vol. I, pp 411-424, Torino, Nov. 1983.
47. Bishop, D. E. et.al., "Aircraft noise and Los Angeles area schools, Volume 1 - Measurement and Interpretation," Bolt, Beranek and Newman Report 2762, Jan. 1975.
48. CHABA WG83, "The effects of time varying noise on speech intelligibility indoors," National Research Council, National Academy Press, 1981.
49. Pearsons, K. S. et.al., "Analysis of the predictability of noise-induced Sleep disturbance," HSD-TR-89-029, Air Force Systems command, Oct. 1989.
50. "Federal agency review of selected airport noise analysis issues", Federal Interagency Committee on Noise (FICON), Environmental Protection Agency, Washington D.C., 1992.
51. Fidell, S., Schultz, T. J. and Green, D. M., "A theoretical interpretation of the prevalence rate of noise-induced annoyance in residential populations", *J. Acoustical Soc. Am.*, 84, 2109-2113, 1988.
52. Fidell, S., Barber, D. and Schultz, T. J., "Updating a dosage-effect relationship for the prevalence of annoyance due to general transportation noise", *J. Acoustical Soc. Am.*, 89, 221-233, 1991.
53. Finegold, L. S., Harris, C. S. and von Gierke, H. E., "Applied acoustical report: criteria for assessment of noise impacts on people", *J. Acoustical Soc. Am.*, (Submitted for publication July 1992).
54. Ollerhead, J. B. et al, "Report of a field study of aircraft noise and sleep disturbance", Department of Safety, Environmental and Engineering, Civil Aviation Authority, United Kingdom, Dec. 1992.
55. Schori, J. R., McGatha, E. A., "A real-world assessment of noise exposure", *Sound and Vibration*, 12:24-30, 1978.
56. Tadamoto Nimura, Shunichi Kono, "Personal Noise exposure and estimation of population distribution by Leq", Paper C2-77, *Tenth International Congress on Acoustics*, Sydney Australia, 1980.

Avanços tecnológicos em protetores auditivos até 1995: Redução ativa de ruído, sensibilidade de frequência/amplitude e atenuação uniforme.(Parte I)

AUTORES: JOHN G. CASALI ^[a] E ELLIOT H. BERGER ^[b]

[a] Auditory Systems Laboratory, Human Factors Engineering Center, Industrial and Systems Engineering Department, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia 24061-0118.

[b] Cabot Safety Corporation, E-A-RCAL Laboratory, 7911 Zionsville Rd. Indianapolis, IN 46268-1657

Copyright 1996, American Industrial Hygiene Association, Translation and Reprinted with permission.

Traduzido por **Germano Riffel** e revisado por **Samir N.Y. Gerges e Mauricy Cesar R. de Souza**, do artigo publicado na American Industrial Hygiene Association Journal 57:175-185 (1996) sob o título **Technology Advancements in Hearing Protection Circa 1995: Active Noise Reduction, Frequency/Amplitude-Sensitivity, and Uniform Attenuation**. Dos Autores: **John G. Casali & Elliot H. Berger**

Os dispositivos convencionais de proteção auditiva, representam uma tecnologia madura, tendo sido amplamente usada desde a década de cinquenta. Tais dispositivos quando usados constantemente e de forma correta podem fornecer proteção adequada em muitas situações, se não na maioria delas, com elevado risco de ruído ou incômodo auditivo. Entretanto, o uso de tais dispositivos, tem conseqüência na percepção sonora devido a redução dos sinais que chegam até ao ouvido, o que vem a dificultar a capacidade de comunicação verbal. Em alguns casos, podem criar riscos para o usuário, ou resistência em usá-los especialmente para aqueles que necessitam de proteção auditiva. Recentes desenvolvimentos tecnológicos têm sido usados para melhorar os protetores auditivos, tentando aliviar os problemas para o usuário. Neste trabalho as características operacionais e recomendações são apresentadas e discutidas para vários parâmetros dos protetores como: projetos alternativos, dados de desempenho, aplicações para redução ativa de ruído, transmissão ativa de som, frequências seletivas, atenuação ajustável, sensibilidade de amplitude e características de atenuação uniforme.

Palavra-chave : proteção auditiva

Para combater o ruído que ameaça e induz a perda

de audição causada pelo ruído ambiental intenso, o pessoal da segurança do trabalho, tem utilizado desde a década de cinquenta, os dispositivos de proteção auditiva (protetores auditivos).

Aproximadamente nesta mesma época, foram implantados nas forças armadas dos Estados Unidos, os primeiros programas de conservação auditiva. Em 1971 com a aprovação das normas de ruído pela Administração de Saúde e Segurança Ocupacional (OSHA) [1], e em 1983 com a emenda OSHA sobre conservação auditiva [2], o uso de protetores auditivos tem aumentado nos ambientes industriais dos Estados Unidos. Indicações recentes mostram que os protetores estão se popularizando entre o público em geral, especialmente com aqueles indivíduos que regularmente se envolvem com atividades recreativas com altos níveis de ruído, tal como tiro ao alvo, operadores de ferramentas manuais, e espectadores de eventos ruidosos como a corrida de veículos.

Incluem-se entre os modelos básicos de protetores, os plugs que são inseridos no canal auditivo, capas que tampam o canal na sua borda e os tipo concha que encobrem externamente a orelha. Os chamados "protetores convencionais" constituem-se na maioria destes dispositivos. Estes modelos básicos de protetores produzem a atenuação do ruído na forma

passiva, sem o uso de circuitos eletrônicos, fornecendo a redução do ruído entre o nível de pressão sonora do ambiente e o nível do som embaixo do protetor. A atenuação passiva se realiza através de uma ou mais formas, incluindo o uso dos materiais com elevadas propriedades de isolamento sonoro, materiais de revestimentos típicos que absorvem e dissipam o som, dispositivos com volumes de ar preso que atuam na impedância acústica, e materiais especiais que estabelecem vedação acústica com a pele.

Quando devidamente selecionado para a situação e corretamente colocado pelo usuário, o protetor passivo convencional, pode fornecer boa proteção na maioria dos ambientes industriais, militares e recreativos. Entretanto, devido a atenuação natural que eles fornecem, efeitos na qualidade da percepção sonora e no desempenho do sistema auditivo freqüentemente acompanham a redução do ruído fornecido pelo protetor usado.

Protetores Convencionais: Efeitos na Percepção Auditiva

Levantamentos seletivos nas pesquisas sobre ouvintes normais sugerem geralmente que os protetores passivos do tipo convencional apresentam pouco ou nenhum efeito redutor sobre a compreensão da fala no campo sonoro externo ao protetor, para os ambientes com níveis sonoros acima e próximo a 80 dBA, mas causam aumento na dificuldade de entendimento nos baixos níveis sonoros quando comparado com as condições sem protetores. Mesmo não sendo exigido o uso dos protetores para níveis abaixo de 80 dBA, eles são indicados para evitar aborrecimentos, no caso da necessidade de uso quando algum som intermitente aumentar de magnitude, e assim o usuário já estará usando o seu protetor. No último caso, o uso de protetores convencionais nos períodos silenciosos com ruído intermitente, pode ser problemático.

Para os ambientes com nível de ruído acima de, ou próximo a 85 dBA, a maioria dos estudos tem relatado pequena melhoria de inteligibilidade com certos protetores [3,4] enquanto outros que tentam simular as condições de trabalho, apresentam pequenas reduções, especialmente quando o interlocutor também estiver usando protetor o que causa redução na emissão da voz [5]. Ruído e idade induzem a perdas auditivas, geralmente ocorrendo primeiro nas bandas de altas freqüências, e para aqueles assim prejudicados, os efeitos do protetores na percepção de fala não são bem claros. As pessoas com perdas auditivas certamente estão em desvantagem, porque o já elevado limiar auditi-

vo dos sons da fala, de média para alta freqüência aumenta ainda mais, pelo uso do protetor. Devido a falta de consenso dos estudos, parece que um número suficiente de indivíduos com perda auditiva apresentam redução na capacidade de comunicação com o uso de protetores em locais ruidosos [6]

Os protetores convencionais não diferenciam ou selecionam a passagem da fala (ou sinal não verbal) em relação à energia de ruído numa dada freqüência, portanto, os dispositivos não melhoraram a razão do sinal fala/ruído, que é o fator mais importante para conseguir inteligibilidade confiável. De fato, quase todos os dispositivos convencionais atenuam o som em alta freqüência mais do que o som em baixa freqüência, desse modo reduzindo a energia dos sons das consoantes que são importantes para a discriminação dos fonemas e também permitindo a passagem do ruído de baixa freqüência, criando assim um elevado mascaramento. Ao mesmo tempo que o aumento da atenuação é função do aumento da freqüência, isto constituindo-se num perfil espectral geral dos protetores convencionais, deve-se notar as diferenças entre as categorias inter e intra dos protetores. Por exemplo, o tipo concha é o modelo que apresenta uma leve vantagem de atenuação nas médias freqüências sobre os plugs, enquanto o inverso é verdadeiro para as baixas freqüências.

Como então os protetores as vezes apresentam melhoras de inteligibilidade em certas situações de ruído elevado? A explicação teórica aceita é aquela sobre a redução da energia total incidente de ambos ruído e fala, onde os protetores aliviam a distorção coclear ocorrida nos altos níveis sonoros. A clareza acústica é, desse modo, reduzida e o sistema sensorineural opera sob condições mais favoráveis proporcionando um melhor discernimento. A situação é análoga à redução visual pelo aumento da claridade, e que o uso de óculos para sol, quando em dia ensolarado, produz a melhora da visão. Entretanto, deve-se lembrar que a previsão dos efeitos do protetor de ruído na inteligibilidade da fala em ambiente ruidoso é um tema complexo que depende de vários fatores, a habilidade auditiva do ouvinte, não importando se o interlocutor está usando protetor de ruído ou não, a atenuação do protetor, níveis de ruído e da fala, tempo de reverberação do ambiente, expressões faciais e movimentos labiais, e o conteúdo complexo das mensagens a serem interpretadas. Diferenças nas condições dos ensaios com respeito a estes fatores contribuem para a variação dos resultados obtidos.

A mesma influência do protetor na relação sinal/ruído é a base teórica para a redução da distorção co-

clear aplicada para captar e reconhecer os sinais não verbais, tal como cornetas de advertência, sirenes ou, anunciadores, e sons das máquinas. A atenuação parcial dos protetores convencionais na alta frequência acompanha a elevação típica do limiar nas frequências elevadas, para aquelas pessoas com perda auditiva causada por ruído, e a extensão do mascaramento do ruído nas baixas frequências prejudicando assim os sinais de advertência e sons acima de cerca de 2000 Hz, como os mais fáceis de não serem ouvidos. Entretanto, os parâmetros dos sinais de advertência tais como frequência, intensidade e perfil temporal podem ser parte de projetos para minimizar os problemas de detecção.

Também pelo aumento da atenuação com a frequência dos protetores convencionais, criou-se um desequilíbrio nos ouvintes devido às amplitudes relativas nos diferentes frequências causando sinais acústicos de banda larga que serão audíveis em espectro diferente do normal, sendo abafado e normalmente de tons graves. Entretanto, a interpretação do sinal tem efeito, mas a maioria dos estudos empíricos, nos níveis de ruído de 75 para 120 dB, indicam que a detecção do sinal não é comprometida pelo protetor para indivíduos com audição normal [7]. Enquanto as evidências são menos extensivas para ouvintes com perda auditiva podendo-se esperar dificuldades de detecção e reconhecimento, dependendo da sua perda auditiva, sinais particulares, ruído do ambiente e do protetor auditivo usado.

Também a percepção sonora binaural em alta frequência (especialmente acima de cerca de 4000 Hz), depende da orelha que foi alterada pela presença dos protetores, podendo comprometer o discernimento da distância e da direção do som. O tipo concha, que cobre completamente a orelha, interfere radicalmente com a localização no plano vertical e também tende a causar erros no plano horizontal em ambos os casos: planos nas anti-laterais (esquerda-direita) e nas ipsilateral (frente-atrás) [6]. Plugs podem resultar em alguns erros ipsilateral mas geralmente causam menos problemas de localização do som que os tipo concha. Existem exceções, entretanto, num plug com elevada atenuação observou-se a mesma dificuldade de localização do que do tipo concha [8]. Há também sugestões com base teórica de que os protetores interferem com a capacidade para distinguir a distância de uma fonte sonora, mas existe somente publicações de estudos empíricos no qual os autores são cientes dos relatos sem ensaios dos efeitos para um apenas plug que foi testado [9].

As Necessidades para Protetores Especiais

Como resultado dos efeitos audíveis indesejáveis dos protetores convencionais, anteriormente descritos, especialmente para as pessoas com audição prejudicada, especiais considerações são requeridas na razão sinal/ruído e outros parâmetros de projeto para sistemas de comunicação e sistemas de advertência. Como uma alternativa ou além do ajuste dos parâmetros do próprio sistema de comunicação, o protetor em si oferece condições de mudança. Certamente é absolutamente essencial que a sensibilidade auditiva individual seja preservada através do uso de protetor adequado, mas se o dispositivo puder ajustar ambos, a atenuação aceitável e o aumento da percepção auditiva, ele será mais facilmente usado, além de assegurar a conservação auditiva, oferecerá vantagem adicional e boa segurança. Por esta razão, os novos projetos do protetor estão sendo desenvolvidos no aperfeiçoamento da comunicação e na recepção do sinal para aqueles expostos ao ruído. Nesta tecnologia que incorpora eletrônicos, para alcançar características tais como: cancelamento do ruído, transmissão de sinais, ou capacidade de comunicação por DC (bateria), estes são tipicamente chamados de "ativo" enquanto que aqueles protetores estritamente mecânicos fornecendo qualidade variável, tais como: sensibilidade-de-amplitude ou atenuação uniforme são chamados de "passivo".

Protetor Ativo

Protetores ativos podem ser definidos como plugs, cápsulas do canal, tipo concha, ou capacetes com atenuadores de ruído, incorporando componentes eletrônicos e transdutores. Eles podem ser projetados para amplificar os sons detectados por microfone no campo sonoro ou transmitindo comunicação com ou sem fios.

A amplificação pode variar com o nível sonoro ou ser independente do nível. A capacidade de comunicação pode, ou não, estar incluída. Apoiado no contínuo avanço dos microeletrônicos e na tecnologia dos computadores, o sistema ativo descrito a seguir, representa atualmente um campo fértil para o desenvolvimento da proteção auditiva.

Redução Ativa de Ruído (ANR)

Redução Ativa de Ruído (ANR) tem por base o princípio da interferência destrutiva de igual amplitude, mas exatamente fora da fase sonora num dado ponto do espaço e no caso dos protetores auditivos o cancelamento fica estabelecido no ouvido externo. Embora a primeira ANR posicionada na cabeça, apareceu numa maquete em 1957 [10] somente na década pas-

sada teve maior avanço com a tecnologia dos mini-semicondutores, possibilitando alta velocidade no processamento dos sinais e viabilizando a produção dos protetores ANR e dos comunicadores posicionados na cabeça.

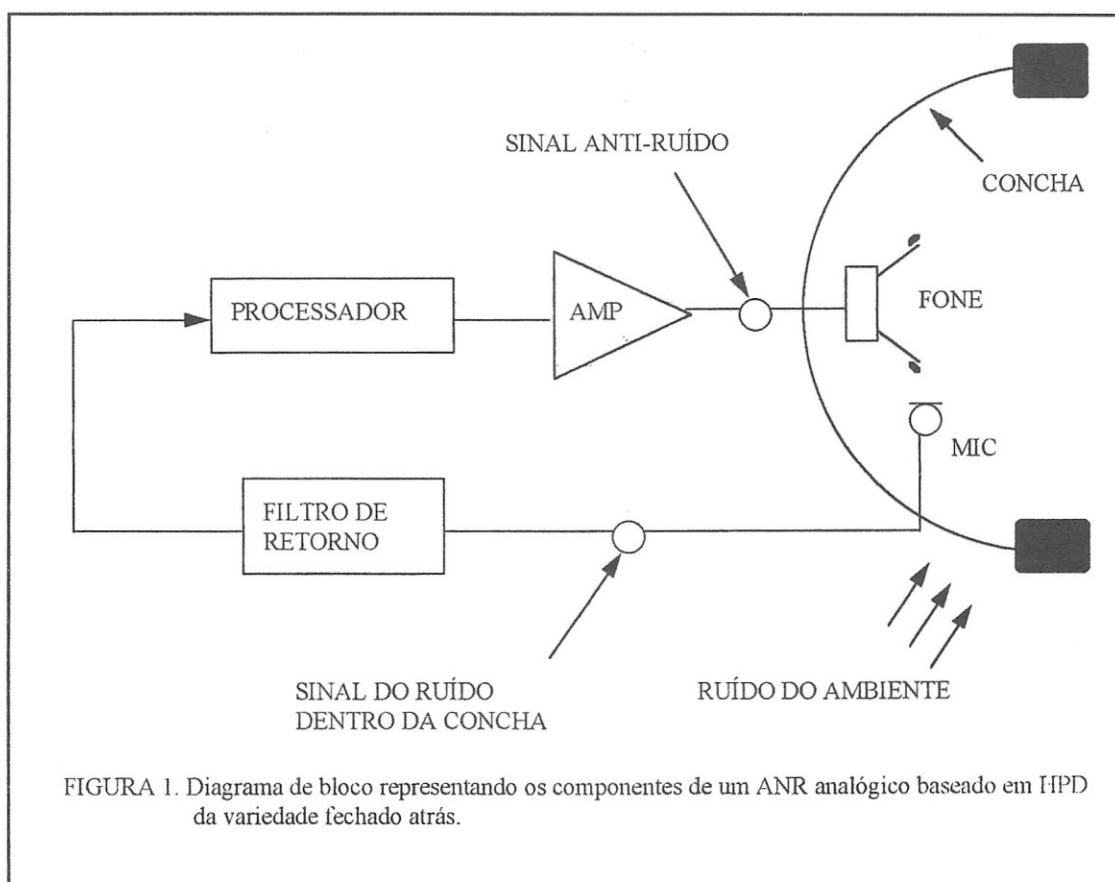
Os protetores ANR compõem-se em dois tipos: 1) aqueles projetados somente para proteção auditiva, 2) aqueles projetados para uma ou duas vias de comunicação, associados ao barulho e com o microfone instalado perto da garganta e os componentes montados no fone do ouvido (comumente referido como ANR posicionado na cabeça e serão discutidos mais tarde neste artigo e em outras publicações) [11]. Ambos dividem-se em tipos com abertura atrás (ou supra aural) e fechado atrás (tipo concha circumaural). No primeiro, um sistema leve sobre a cabeça conecta microfone e fone do ouvido ao dispositivo ANR por almofada de espuma. Neste caso não tem conchas para fornecer proteção passiva, e o dispositivo que é aberto atrás fornece somente redução ativa de ruído e, se ocorrer falha eletrônica, o dispositivo não oferecerá proteção. O tipo fechado atrás, que representa a maioria dos protetores baseados em ANR, são tipicamente referendados na atenuação passiva dos tipo concha, embutindo os transdutores de ANR e, em alguns casos, os dispo-

sitivos eletrônicos de processamento do sinal. Os dispositivos eletrônicos de ANR e /ou fonte de alimentação podem também ser montados e presos a um cinto e conectado via cabo do conjunto do ouvido. Como segurança para o caso de falha eletrônica de circuito do ANR, o protetor tipo fechado atrás é vantajoso devido a atenuação passiva estabelecida pela concha.

Dispositivo Analógico de ANR

Um diagrama de blocos genérico descreve os componentes eletrônicos analógicos típicos, tipo realimentado, abafador baseado na ANR protetor é mostrado na Figura.1. O exemplo é um sistema fechado com realimentação do ciclo que recebe a entrada através de um microfone sensível que detecta o ruído que penetra na barreira passiva passando pela concha. O sinal retorna através do filtro de compensação invertendo a fase, para um amplificador suprindo as necessidades de ganho, para finalmente sair num sinal anti-ruído através do alto falante, cancelando o efeito dentro da concha.

Embora mais dispositivos ANR tenham sido construídos em tipo concha ou configurações na cabeça supra aural, um exemplo prototipado de plugs foi também recentemente construído[12]. Em contraste com



o ANR comum, e configuração fechada de realimentação exibido na Figurar 1, sistemas com laço aberto de alimentação são também disponíveis; estes são tipicamente variedades com sistemas leves sobre a cabeça (isto é aberto atrás).

Quase todos os dados publicados na literatura disponível sobre protetores auditivos baseados em ANR refere-se ao tipo analógico, dispositivos do tipo concha, exemplo recente de dados podem ser encontrados em Nixon et al [13] e Rylands.[14].

Para alcançar o máximo cancelamento de ruído presente é crítica a mistura física do campo anti-ruído com o campo do ruído. A posição geométrica dos componentes do transdutor e o tempo exato do anti-ruído são condições fundamentais para o sucesso do dispositivo ANR. No sentido ideal, o circuito ANR adiciona dois ruídos defasados com igual amplitude, e a amplitude resultante deverá ser zero fornecendo cancelamento completo. Mas isto requer propagação com tempo zero de retardo entre os vários transdutores

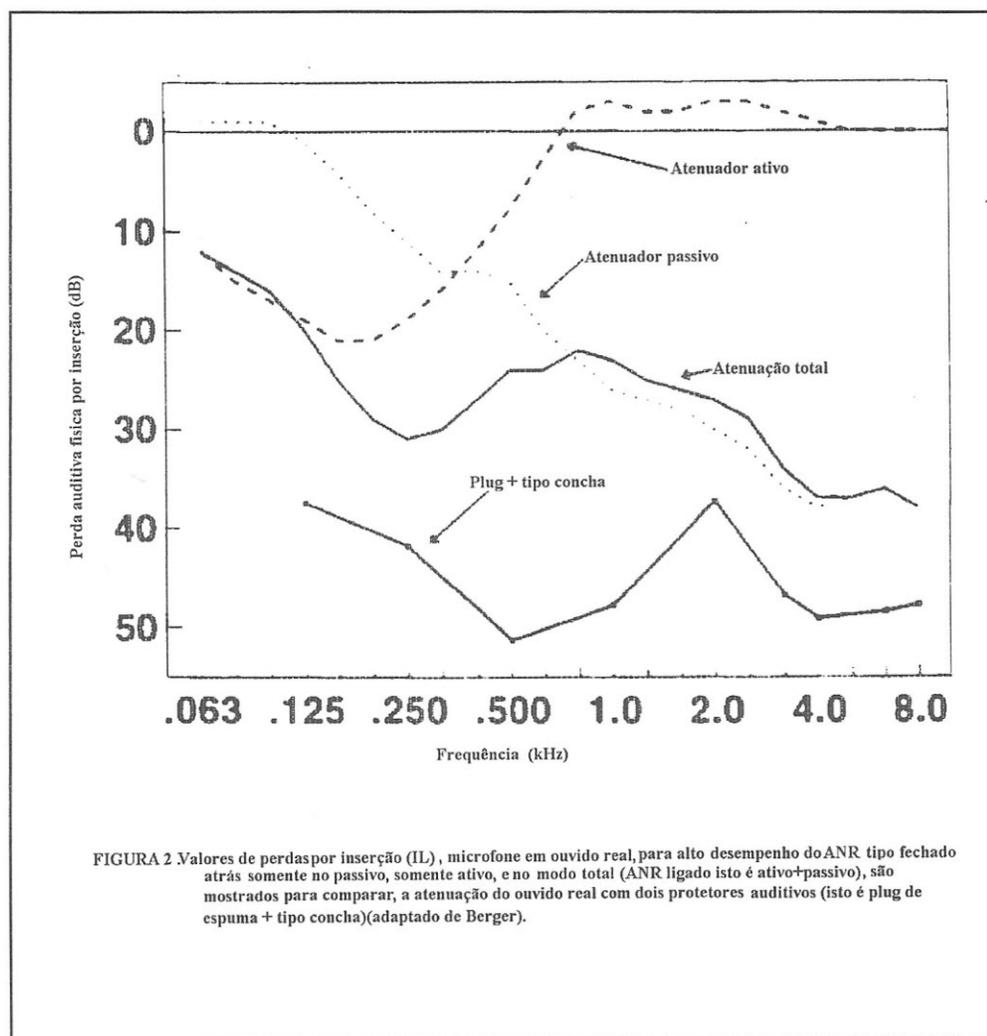
do sistema e o tímpano, que é fisicamente impossível com o fone de ouvido, microfone, e o tímpano do ouvinte todos localizados em pontos diferentes no espaço.

Devido à diferença de fase, pode-se atribuir à localização diferenciada destes transdutores, como a causa no atraso do processamento dos sinais que estabelecem a relação correta, na fase canceladora do sinal e do ruído, e com mais dificuldade quando aumenta a largura de banda do ruído. Portanto, a ANR tem sido tipicamente mais efetiva nas baixas frequências de ruído. Por exemplo, com alguns dispositivos modernos analógico ANR [13], a máxima atenuação próximo a 22 dB é encontrada tipicamente na faixa próxima a 100 até 250 Hz, chegando a atenuação zero acima de 1000 Hz [13]. O aumento de ruído (típico de 3 para 6 dB, em alguns casos mais) ocorrem nas médias frequências (cerca de 1000 a 3000 Hz). Isto pode ocorrer quando o ganho acústico total é 100% e a relação de fase de saída for a mesma

condição de entrada, produzindo adição em vez de cancelamento. Ocorrem manifestações de amplificação na faixa de frequência média, de alguns dispositivos, onde pode ocorrer mudanças rápidas da fase com frequência devido às característica do transdutor e concha, produzindo adição das ondas acústicas. Também quando o protetor tipo concha apresentar problemas de vedação na almofada da concha, resultando na instabilidade do sistema de cancelamento[13].

Entretanto, foi demonstrado que essa amplificação pode ser minimizada com um projeto eletroacústico bem elaborado [15].

Um exemplo do desempenho de um protetor ANR em termos da sua atenuação passiva,



comparada com a atenuação total (isto é, o ANR no modo ligado) está mostrado na Figura 2 [16]. A atenuação ativa calculada é a diferença entre a atenuação total e a atenuação passiva, sendo também mostrada para enfatizar a faixa onde o circuito ANR funciona mais efetivamente. O alto ganho de atenuação em baixa frequência e as perdas nas médias frequências referidas acima estão claramente ilustrados. Os dados de atenuação mostrados na figura 3 é para protetor ANR tipo concha fechado atrás, calculados para dose diária de ruído de 115 dB (linear). A vantagem do circuito de atenuação ativa dos protetores ANR no seu modo passivo, na redução dos níveis de exposição, é enorme especialmente para baixas frequências como o ruído de tanque [11].

A demonstração da eficiência na baixa frequência de protetor ANR analógico é particularmente interessa, onde a ANR pode potencialmente superar a atenuação das baixas frequências do protetor tipo concha convencional, oferecendo maior proteção nas frequências abaixo de 1000 Hz.

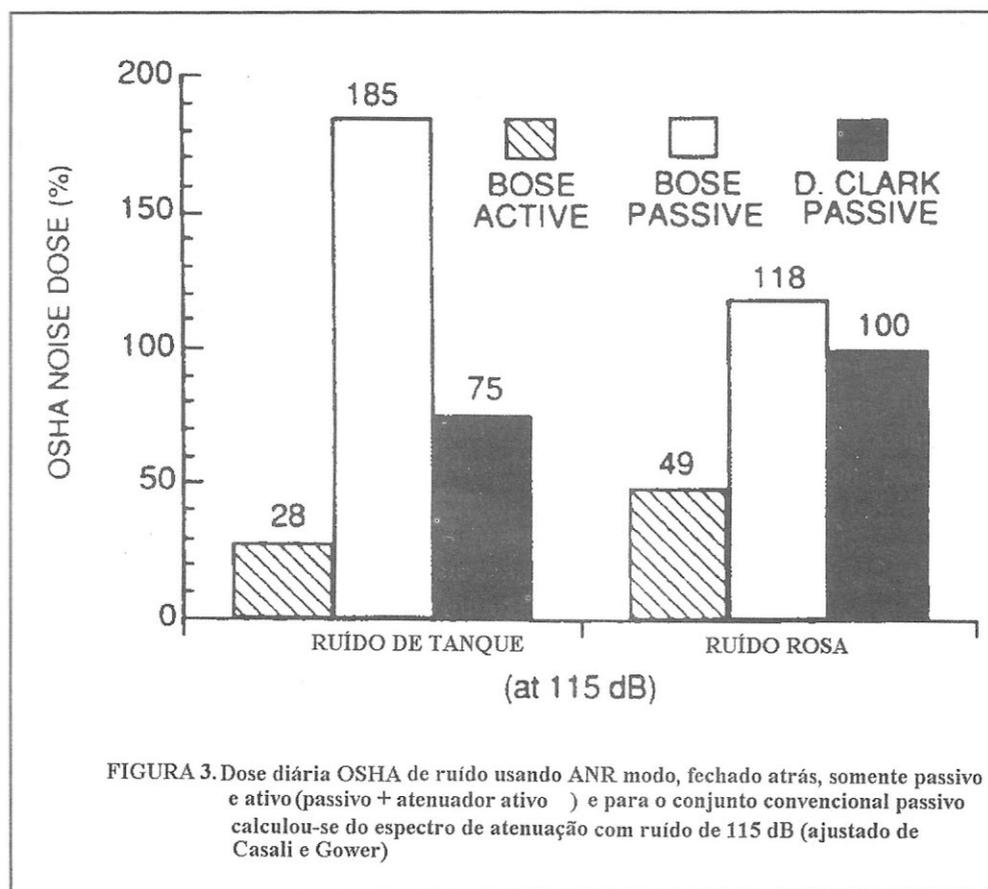
Entretanto, há um considerável custo adicional e peso associado com a adição dos compo-

nentes de ANR para a concha passiva, portanto, é importante que o ganho na atenuação em baixa frequência seja significativo sobre aquele fornecido só pela concha. Além disso, os componentes de ANR, fone de ouvido/microfone, preenchem parcialmente o volume dentro da concha, reduzindo concomitantemente a impedância acústica fornecida pela redução da massa de ar, diminuindo a atenuação passiva especialmente nas baixas e médias frequências.

Dispositivos Digitais ANR

Com os avanços da velocidade, potência, confiabilidade, e a miniaturização dos componentes processantes do sinal, a tecnologia digital tem sido promissora para o aperfeiçoando potencial dos protetores baseados em ANR, particularmente no ajuste preciso do sistema de controle via software, para otimizar o cancelamento do som em frequências específicas. Geralmente comparam-se as vantagens de se usar tecnologia digital com a analógica, devido à sua ampla capacidade para realizar cálculos complexos, com alta precisão, sendo seus componentes eletrônicos menos afetados pelas variações da temperatura, permanecendo mais estáveis e desta forma as tolerâncias podem ser bastante estreitas. Alguns protetores ANR incorporam projetos híbridos analógico/digital.

A abordagem digital oferece considerável flexibilidade à ANR e diferentes técnicas têm sido desenvolvidas e implementadas. Está além do escopo deste artigo cobrir todas as técnicas digitais usadas até hoje, faltando na literatura aberta dados de desempenho dos dispositivos digitais; portanto, discutiremos somente um exemplo de sistema digital, com dados de atenuação. Uma visão geral de ou-



tras técnicas digitais podem ser vistas em Casali e Robinson [18]. A abordagem digital usada é um exemplo com controle realimentado instalado (sob a concha) e um microfone para captar o som, no ouvido. Ele é beneficiado particularmente quando o ruído é tipo tonal/banda estreita, tal como a sirene num veículo de emergência, quando necessita um ajuste preciso [19]. Neste caso foi usado com sucesso o protetores aberto atrás, para cancelar o ruído periódico, onde as repetições são idênticas ou quase idênticas e o ruído é altamente conhecido, como no caso da sirene em veículo. Um diagrama de blocos com a maioria dos componentes de um sistema digital ANR, mostrando o fone de ouvido, vê-se na Figura 4.

Um microfone residual capta o ruído no ouvido fornecendo o sinal de entrada para a controladora digital, que cria um sinal contínuo anti-ruído que é introduzido através do alto falante no fone, minimizando o ruído no ouvido. A operação interna da controladora pode ser descrita iniciando pela saída do filtro adaptativo. O filtro adaptativo gera o sinal anti-ruído, o qual passa através de um filtro equalizador (projetado para igualar os ruídos no fone), criando um sinal que se aproxima do anti-ruído como o captado pelo microfone residual. Subtraindo este sinal do ruído residual recria-se uma aproximação do sinal inicial como se o protetor ANR estivesse desligado. O novo sinal de referência, é a entrada para um filtro adaptativo clássico de menor média quadrática, o qual compara este sinal de referência com o sinal residual para determinar a atualização contí-

nua dos parâmetros internos minimizando a energia no sinal residual [19]. Sinais de sirene são tipicamente de frequência modulada sobre um ciclo, e através dos efeitos acústicos e da ressonância na cabine do veículo, produzem rapidamente amplitudes variáveis durante cada ciclo como a mudança de frequência. O cancelamento efetivo do sinal necessita de um sistema que se adapta com as variações do som e que seja mais rápido, do que aquelas variações que realmente ocorrem no campo sonoro. Recentes testes de atenuação com protetor digital, projetado para tratar do ruído de sirene de um veículo de emergência indicaram que nas frequências de pico, para um teste de determinada sirene, a atenuação ativa foi significativa, abrangendo de aproximadamente 8 até 20 dB em 800 Hz, e acima até 15 dB em 4000 Hz. (Estes resultados foram obtidos sob as condições controladas em laboratório, com a presença somente do ruído da sirene que pode alterar-se sob as condições no campo, com a concorrência das fontes de ruído ambientais, tal como o ruído do próprio motor do veículo de emergência).

Alguns fones de ouvido distorcem e reduzem a atenuação que ocorre no nível mais alto da sirene de Leq de 100 dB (linear), e no modo de sirene com altíssimas variações de frequências (180 ciclos/min). Exemplo dos dados de atenuação dos testes usando microfones em ouvido real (MIRE), em teste com manequim (KEMAR), para uma sirene estão traçados na Figura 5. Aparentemente a tecnologia digital ANR oferece subsí-

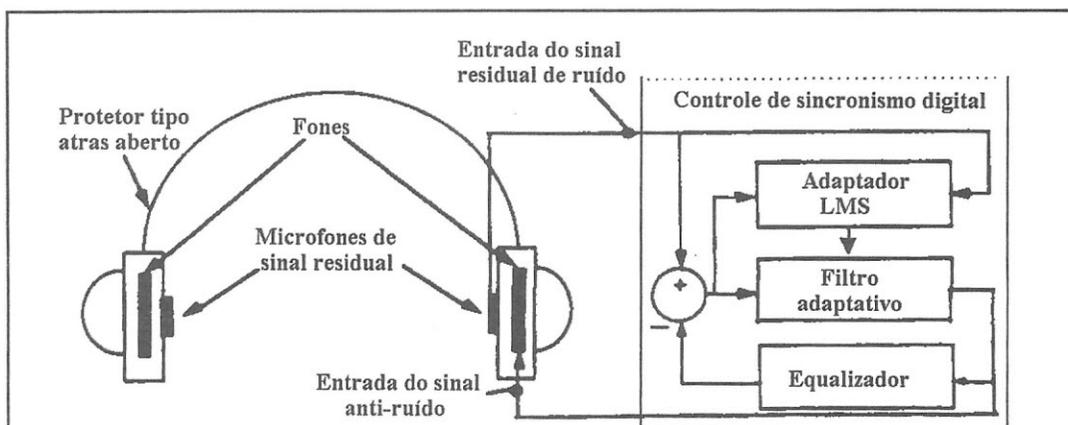


FIGURA 4. Diagrama de bloco mostrando os componentes típicos de um ANR baseado em protetor auditivo tipo aberto atrás e variedade assíncrona de retorno. (adaptado com modificações de Denenberg e Claybaugh.

dios para prover a proteção seletiva das frequências em certo ruído tonal danoso, concomitantemente com os benefícios potenciais de comunicação e conforto ao usuário de um fone leve supra aurál na cabeça.

Aplicações para Protetores Baseados em ANR.

Os benefícios sinérgicos atenuativos de ambos, ativo e passivo em um protetor ANR fechado atrás bem projetado, deveria ser inteiramente usado em certo ambiente ruidoso. O maior benefício da maioria dos dispositivos analógicos é evidente em áreas de ruído com forte predisposição para sons com espectro de baixa frequência. Se alguém assegurar que o espectro é exclusivo em baixa frequência, o dispositivo aberto atrás (supra aurál) ANR poderá ser suficiente, mas deve-se informar ao usuário de que aquela proteção não será fornecida se o circuito ANR falhar. Os dispositivos abertos atrás possuem alternativa atrativa particular, em ambientes quentes e quando sinais acústicos e/ou voz devem ser ouvidos do lado de fora do fone.

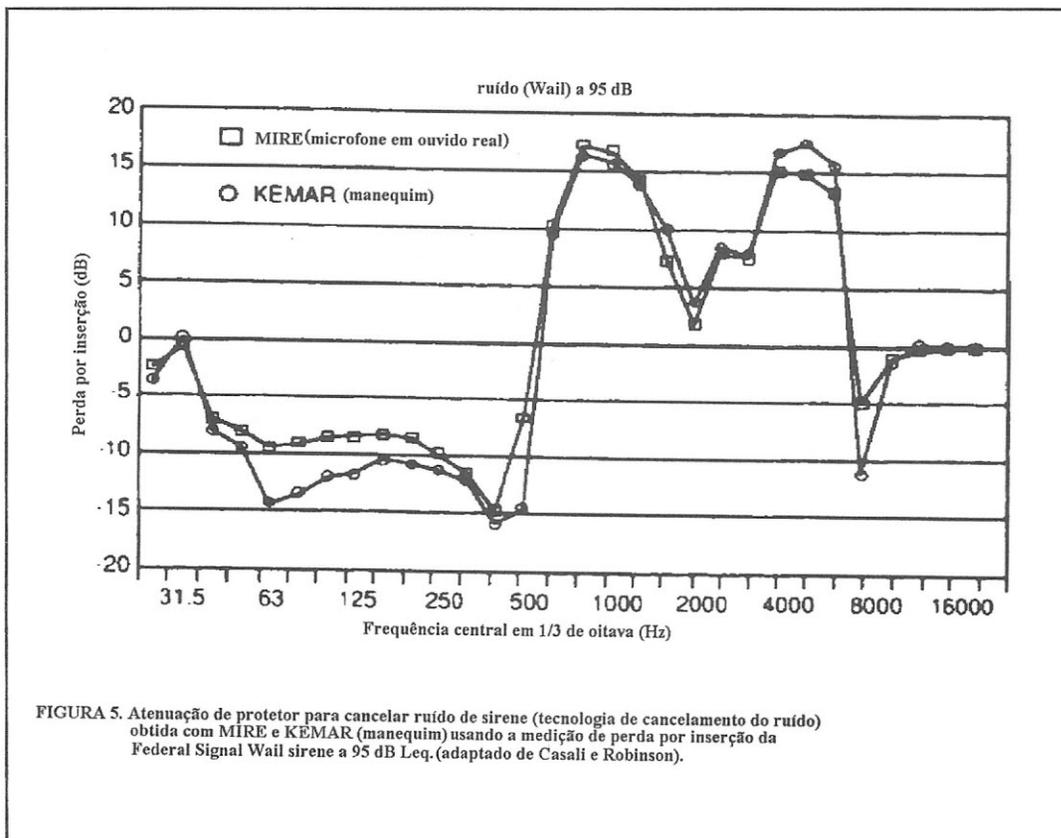
Uma área para a aplicação do protetor ANR é aquela com banda estreita ou perto da tonal, tais

como, ruído de máquinas nas indústrias. Na maioria das máquinas rotativas ou alternativas, a emissão do ruído consiste na energia primária fundamental harmônica da frequência do engrenamento ou velocidade de rotação; para estes tipos de fontes, o ruído é aproximadamente periódico, comumente acompanhado por uma energia aleatória de banda larga com baixa amplitude.

Se não forem significantes as reduções do ruído de banda larga para estas aplicações, o protetor baseado em ANR com abertura atrás pode ser projetado, com as devidas vantagens. Exemplos de equipamentos emissores de ruído com elevada concentração em banda estreita, incluem-se sirenes em veículo de emergência, motores de combustão interna, compressores de ar, válvulas de alívio de ar, freios de fricção, certas bombas a vácuo, grandes transformadores de potência, bombas, e alguns ventiladores.

Confiança /Manutenção e outras questões sobre protetores ANR

Especialmente em ambientes agressivos, a confiabilidade deve ser levada em consideração na seleção dos dispositivos ANR. Certamente não é



desastrosa a falha completa de um protetor tipo concha baseado no dispositivo ANR, porque a atenuação passiva do próprio protetor não é afetada, e o usuário recebe proteção parcial até que o dispositivo possa ser reparado. Entretanto, o mau funcionamento parcial da eletrônica pode ser pior do que a falha total, porque se há problemas no processamento o sinal de cancelamento encontrar-se presente, a exposição ao ruído pode ser amplificada. Uma outra consideração é com o uso da bateria que energiza o protetor ANR, merecendo atenção especial na manutenção, especialmente com a necessidade de recarga e substituição periódica. Isto não ocorre em cabines de veículo onde as unidades podem ser energizadas através de uma conexão com a energia DC disponível do veículo, apresentando desvantagens quando usados em ambientes industriais, ou ao ar livre.

Uma outra deficiência em certos projetos de ANR é a insuficiência de ganho do amplificador e/ou saída do som cancelador no fone do ouvido, com efeito suficiente para reduzir ativamente o ruído próximo ou excedente a 120 dB. Embora tal nível não seja comum em indústrias, eles estão presentes nas operações militares, e é justamente nestes níveis excessivos onde o usuário mais necessita de atenuação extra, e que pode ser fornecido por ANR.

A vantagem potencial do sistema ANR é exibido pelos usuários que descreveram que sentem-se mais "confortáveis" com a redução do ruído fornecido pelo ANR, particularmente quando associa barulhos altos e baixos em baixas frequências, ou ruído intruso intenso, como sirenes. A vantagem de conforto dos dispositivos ANR aberto atrás sobre o passivo tipo concha, é tanto em relação ao peso e à força no arco, quanto à completa falta de atenuação passiva, que deve ser considerada com cuidado, quando da opção por um dispositivo aberto atrás. Comparado com o protetor convencional passivo ou mesmo com o protetor sensibilidade/amplitude, o protetor baseado em ANR apresentam um preço relativamente alto de \$150 até \$1000 por unidade. Assim o custo inicial é muito superior ao convencional passivo, além dos custos de manutenção, incluindo a reposição de bateria, que é também maior. Entretanto, o alto custo inicial de um dispositivo ANR pode ser vantajoso se a atenuação produzida for suficiente para apresentar proteção, reduzindo a dose de exposição ao ruído, permitindo

maiores períodos no trabalho, e principalmente, reduzindo as reivindicações compensatórias por perdas auditivas. No atual estado da tecnologia as vantagens de ANR são pequenas e específicas para certos ambientes, especialmente aqueles com ruído em baixa frequência e com determinadas características de ruído tonal. Uma outra razão que atualmente inibe o uso dos protetores ANR é o padronizado e adotado nas legislações federais de rotulagem (selo ruído). Devido à natureza destes dispositivos eletrônicos, as exigências de testes são um desafio tanto para elaboração de normas quanto às técnicas e a instrumentação necessária para os ensaios.

Considerando o dispositivo ANR como alternativo para o convencional passivo, ele é avaliado pela perspectiva de ganho nos dados da Figura 2, que compara a atenuação obtida na combinação de um plug com o tipo concha convencional passivo usados simultaneamente, com um exemplo de desempenho do protetor tipo concha baseado em ANR. O custo inicial dos dois protetores passivos é menor, cerca de \$20, comparado com centenas de dólares para o sistema ativo.

A atenuação otimizada resultante da dupla proteção excedeu ao próprio dispositivo ANR em funcionamento. O que os diferencia é a adequação dos aspectos humanos, o uso, e o fato de manter o dispositivo nas especificações indicadas. Uma consideração é que, a dupla proteção requer mais atenção no ajuste e na guarda dos protetores, devido a presença de dois dispositivos separados. Por outro lado, o dispositivo ANR requer mais manutenção e cuidados na sua manipulação.

Um comentário final no que diz respeito ao protetor tipo concha envolve demonstrações subjetivas na sua eficiência. Como visto anteriormente, a atenuação passiva do um tipo concha geralmente atua na faixa de frequências entre 100-1000 Hz porque ele está preenchido pelos componentes eletroacústicos. Isto gera um engano no desempenho de ANR, na sua avaliação com base subjetiva, caracterizado pelo simples ligar e desligar do protetor, apesar da grande diferença na transmissão do som em baixa frequência, quando ouve-se o ligar e o desligar do sistema ANR. O maior benefício de um protetor ANR comparado a um tipo concha igual sem os componentes ativos é a possibilidade reduzir o ruído para o usuário. Tal efeito sempre será menor do que a diferença liga/desliga. Infelizmente, a comparação

direta do ANR ligado e nas condições de concha vazia, é normalmente difícil ou impossível na prática.

A continuação deste paper (PARTE II) será publicada na próxima edição da revista "Acústica & Vibrações".

REFERÊNCIAS:

1. "Occupational Noise Exposure." Code of Federal Regulations, Title 29, Chapter XVII, Part 1910, Subpart G, 1971.
2. "Occupational Noise Exposure; Hearing Conservation Amendment; Final Rule." Code of Federal Regulations, Title 29, Chapter XVII, Part 1910, Subpart G, 1983.
3. **Casali, J.G. and M. J. Horylew:** Speech discrimination in noise: The influence of hearing protection. In Proceedings of the Human Factors Society - 31st Annual Meeting. Santa Monica, CA: Human Factors Society, 1987. pp. 1246-1250.
4. **Howell, K. and A.M. Martin:** An investigation of the effects of hearing protectors on vocal communication in noise. *J. Sound Vib.* 41(2): 181-196 (1975).
5. **Hormann, H., G. Lazarus-Mainka, M. Schubeius, and H. Lazarus:** The effect of noise and the wearing of ear protectors on verbal communication. *Noise Control Eng. J.* 23(2): 69-77 (1984).
6. **U. S. Army Human Engineering Laboratory:** The Effects of Hearing Protectors on Speech Communication and the Perception of Warning Signals by A.H. Suter. [AMCMS Code 611102.74A0011] Aberdeen Proving Ground, MD: U.S. Army Human Engineering Laboratory, 1989.
7. **Wilkins, P. and A.M. Martin:** Hearing protection and warning sounds in industry - a review. *Appl. Acoustics* 21:267-293 (1987).
8. **Mershon, D.H. and L. J. Lin:** Directional localization in high ambient noise with and without the use of hearing protectors. *Ergonomics* 30(8): 1161-1173 (1987).
9. **MacMurtry, P.L. and D.H. Mershon:** Auditory distance judgments in noise, with and without hearing protection. In Proceeding of the Human Factors Society - 29 th Annual Meeting. Santa Monica, C.A.: Human Factors Society, 1985. pp. 811-813.
10. **Wright-Patterson Air Force Base:** Active Ear Defender Systems, Development of a Laboratory Model, Part II by W.F. Meeker. [WADC TR 57-368] Dayton, OH: Wright-Patterson Air Force Base, 1957.
11. **Casali, J.G. and D.W. Gower:** Communications headset augmentation via active noise cancellation: attenuation and speech intelligibility performance. In Proceeding of the 1993 Human Factors and Ergonomics Society 37th Annual Conference. Santa Monica, CA: Human Factors Society 1993. pp. 554-558.
12. **Buck, K. and R. Franke:** Active noise cancellation in an ear plug. *Scand. Audiol. (Suppl. 4, XXI Nordic Congress of Military Medicine):* 159 (1990).
13. **Nixon, C.W., R.L. McKinley, and J. W. Steuver:** Performance of active noise reduction headsets. In *Noise-Induced Hearing Loss*, A.L. Dancer, D. Henderson, R.J. Salvi, and R.P. Hamernik (eds). St. Louis, MO: Mosby Year Book, Inc., 1992. pp. 389-400.
14. **Rylands, J.M.:** Assessing the efficacy of active noise reduction. In Proceedings of the 23rd Annual Conference of the Human Factors Association of Canada. Ottawa, Ontario, Canada: Human Factors Association of Canada, 1990.
15. **Trinder, M.C.J. and O. Jones:** Active noise control at the ear. In Proceeding of NOISE-CON 87. State College, PA: June 8-10, 1987. pp. 393-399.
16. **McKinley, R.L. and C.W., Nixon:** "Estimated Reductions in Noise-Induced Hearing Loss by the Application of Active Noise reduction Headsets," Paper presented at Effects of Noise on Hearing, Fifth International Symposium, Gothenberg, Sweden, 1994.
17. **Berger, E.H.** Laboratory Attenuation of Earmuffs and Earplugs both singly and in combination. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 44:321-329 (1983).
18. **Casali J. G. and G.S. Robinson:** Narrow-band digital active noise reduction in a siren-cancelling headset: real ear and acoustic manikin insertion loss. *Noise Control Eng. J.* 42(3): 101-115 (1994).
19. **Denenberg, J. N. and D. J. Claybauth:** A selective noise canceling headset for use in emergency vehicles. *Inst. Noise Control Engin./ Japan J.* 17(2) (1993).

Congressos Nacionais

IV SIBRAV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ACÚSTICA VEICULAR

DATA: 18 e 19 de Agosto de 1997.

*LOCAL: Tetro Cacilda Becker
Paço Municipal - São Bernardo do Campo
Praça Samuel Sabatini, 50*

APRESENTAÇÃO

Com a finalidade de estimular o intercâmbio entre profissionais, empresas e entidades interessadas nos vários aspectos referentes a acústica e ciências das vibrações aplicadas à área automobilística, a SOBRAC - Sociedade Brasileira de Acústica, realizará nos dias 18 e 19 de agosto de 1997 o IV SIBRAV - Simpósio Brasileiro de Acústica Veicular. Este evento de caráter internacional contará com a presença de palestrantes da Alemanha, Argentina, Brasil, Dinamarca e EUA. Paralelamente, haverá uma Exposição Técnica de Equipamentos, Materiais e Serviços na Área de Ruído e Vibrações que terá visita aberta ao público em geral. Serão montados painéis para as Instituições ligadas à área de Acústica e Vibrações (Universidades, Institutos de Pesquisa, etc.), a fim de fazerem a divulgação de seu trabalho.

PÚBLICO ALVO

O evento estará congregando profissionais e técnicos ligados à acústica e ciências das vibrações, reunindo nomes do setor empresarial, tecnológico, científico e governamental, como:

- Técnicos e profissionais da Indústria Automobilística e Autopeças
- Técnicos e profissionais de Engenharia de Órgãos Públicos
- Pesquisadores
- Universidades e Escolas Técnicas
- Executivos

PROGRAMAÇÃO DO EVENTO

18/08/97

- 08:00h - Registro e Recepção
09:00h - Abertura: Presidente da SOBRAC e Membros da Comissão Organizadora
09:15h - Palestras de Abertura
Sr. Maurício Soares - Prefeito de S.B. do Campo
Sr. Fernando Longo - Secretário de Desenvolvimento Econômico e Turismo de S.B. do Campo
09:55h - Café
10:20h - Palestra: "Materials for Noise and Thermal Management" - Edward J. Vydra - MSC Laminates and Composites (USA)
11:00h - "Determinação dos Limites de Emissão para a Proposta de Regulamentação da Inspeção Obrigatória e Fiscalização do Ruído Emitido por Veículos Automotores em Circulação" - W.Costa, O.M.Alvares Jr., D.E.Schmidt - CETESB
11:20h - "Redução de Vibração de 2ª Ordem em Motores Diesel Rápido de 4 Cilindros através da Utilização de Contrapesos de Bielas" - J.L.L.Cavalcanti, M.P.Gomez e R.S.Neto - MWM
11:40h - "Ruído em Foguete - Resultados de Campo do VLS" - R.L.R.Carmona, R.Perk, G.C.N.Miranda e M.P.Brandão - IAE/CTA
12:00h - Palestra: "Airplane Noise - The State of the Art" - Emmanuel Basile Garakis, Carlos Moacir Grandi - EMBRAER e Maurício Pazini Brandão - IAE/CTA

- 12:40h - Almoço
- 14:10h - "O Transporte e sua Poluição Sonora" - Stelamaris R. Bertoli - C.E.L. de Paiva - FEC/ UNICAMP
- 14:30h - "Estudo dos Modos Acústicos no Compartimento de Passageiros de Veículos" - R.Pavanello - FEM/UNICAMP E A. Nunes - GM
- 14:50h - "Medição e Simulação Acústica de Silenciadores Veiculares" - M.R.M.Kimura e S.N.Y.Gerges - LVA/UFSC
- 15:10h - Café
- 15:35h - Palestras: "Combinando a Dinâmica de Múltiplos Corpos com Técnica de Simulação Numérica e Animação Gráfica para a Análise de Conforto Vibracional de Veículos" - Ilmar F. Santos - DPM/FEM/UNICAMP
- 16:15h - "Análise dos Procedimentos de Avaliação de Conforto Vibracional em Veículos Comerciais" - Vera LCP.Veissid, C.A.M. de Freitas, L.C.Ferraro, G.D'Agostini Fº e H.Onusic - Mercedes-Benz do Brasil
- 16:35h - "Reducción de Ruidos y Vibraciones Mediante el Empleo de Amortiguador Dinamico Pasivo" - D.Zambrano e A.Rinella - Mercedes-Benz (Argentina)
- 16:55h - Influência das Vibrações do Estator no Comportamento Acústico de um Alternador Automotivo" - P.A.G.Zavala, R.Pavanello e M.A.Melo - FEM/DMC/UNICAMP
- 17:15h - "Poluição Sonora no Trânsito e no Interior dos Ônibus na Cidade de Belo Horizonte" - M.J.M.Carvalho - PUC (MG)
- 11:50h - Palestra: "Development Stages for Reducing Noise Emissions of the New OM904 LA Commercial Vehicle Diesel Engine" - Frank Leipold and Horst Bergmann - Mercedes-Benz AG (Alemanha)
- 12:30h - Almoço
- 14:00h - Palestra: "Origination of Belt Noise on Front and Accessory Drives" - Ralf Mödder and Sandra Fredel - Gates (Alemanha)
- 14:40h - "Uma Abordagem sobre a Avaliação de Ruído Externo em Veículos Automotores" - E.L.Baptista, V.S.Mizutani, L.C.Ferraro, G.D'Agostini Fº e H.Onusic - Mercedes-Benz do Brasil
- 15:00h - Café
- 15:25h - Palestra: "Uma Proposta para Simulação de Ambientes de Vibração na Indústria Automobilística" - Paulo S. Varoto - DEM/ USP São Carlos
- 16:05h - "Microexcitador Eletromagnético de Alto Desempenho" - H.F.de Vasconcelos - CCEN/ Universidade Federal da Paraíba
- 16:25h - "Comportamento das Distribuições Estatísticas de Frequência Relativa do Ruído do Tráfego Veicular em Vias Arteriais em Belo Horizonte - MG" - V.M.Valadares - Escola de Arquitetura/UFMG e S.N.Y.Gerges - LVA/ UFSC
- 16:45h - "Modelagem de Ruído Veicular Interno" - N.M.Melo - Waytech e S.N.Y.Gerges - LVA/ UFSC
- 17:05h - Encerramento
- 17:30h - Assembléia Geral da SOBRAC

19/08/97

- 8:00h - Registro e Recepção
- 9:00h - Palestra: Tema Livre
- 9:40h - Café
- 10:05h - Palestra: "State of the Art and 40 years History of Acoustic Calibration" - Erling Frederiksen - Bruel & Kjaer (Dinamarca)
- 10:50h - "Inertância e Sensibilidade de Carrocceria" - M.Gross - Volkswagen do Brasil
- 11:10h - "Laboratório de Ensaio Acústicos" - G.C.N.Miranda - IAE/CTA
- 11:30h - "Um Estudo de Impacto entre dois Corpos Rígidos com um Filme de Lubrificante entre Eles, Aplicado ao Problema de Piston Slab" - J.C.de Luca, N.Labor - LVA/UFSC, ISVR/ University of Southampton e S.N.Y.Gerges -

COMISSÃO ORGANIZADORA

- Alexandre Nunes - General Motors
Carlos A. Kubota - Pref. Municipal de S.B. do Campo
Helcio Onusic - Mercedes-Benz/Instituto de Física USP
Honório Lucatto - Waytech
Luiz Carlos Ferraro - Mercedes-Benz
Marcos F. Piai - Brüel & Kjaer
Mario Pimentel - Vibranihil
Sadao Hayashi - S & V Consultoria

**I CONGRESSO IBEROAMERICANO DE ACÚSTICA
I SIMPÓSIO DE METROLOGIA E NORMALIZAÇÃO
EM ACÚSTICA E VIBRAÇÕES DO MERCOSUL
18º ENCONTRO DA SOBRAC**

*05 a 08 de Abril de 1998
Florianópolis - SC - Brasil*

SOBRE O EVENTO

A Federação Iberoamericana de Acústica (FIA) foi criada oficialmente em Valdivia/Chile em Outubro de 1995 e seu Estatuto foi aprovado em Buenos Aires/Argentina em Abril de 1996. A FIA é uma federação científica, sem fins lucrativos, cujas sócias são as Associações de Acústica dos países de língua portuguesa e espanhola. A FIA possui os seguintes sócios: Associação dos Acústicos Argentinos (AdAA), Sociedade Brasileira de Acústica (SOBRAC), Sociedade Chilena de Acústica (SCHA), Sociedade Espanhola de Acústica (SEA), Sociedade Peruana de Acústica e Sociedade Portuguesa de Acústica.

LOCAL DO EVENTO

O I Congresso Iberoamericano de Acústica acontecerá no HOTEL PRAIATUR. O Hotel localiza-se na Praia dos Ingleses, norte da Ilha, distante do centro da cidade de Florianópolis cerca de 30 Km. O hotel está a beira-mar, sendo que os Ingleses é uma praia de mar aberto e água cristalina, conveniente para a prática de esportes náuticos e situa-se cerca de 35 Km do Aeroporto Internacional Hercílio Luz de Florianópolis. Todas as sessões técnicas e eventos sociais acontecerão no hotel. Um conjunto de apartamentos e chalés foi reservado para os participantes com preço acessível e as reservas devem ser feitas diretamente no hotel o mais rápido possível para garantir sua vaga, Tel./fax 55-48-269-1292. O hotel possui restaurantes, lojas, piscina térmica fechada e outra natural aberta, dentre outras facilidades. O lugar é ideal para os acompanhantes e família com crianças.

CLIMA

O clima de Florianópolis no mês de abril é agradável, com temperatura entre 12 a 20 graus Celsius, propício a uma caminhada na praia, corrida, banho de mar, na piscina aberta do hotel ou até piscina térmica. Existe, ainda um programa social para acompanhantes oferecido pelo Hotel (ver a seguir).

Apresentações dos Trabalhos:

Os trabalhos a serem expostos no congresso devem ser enviados em forma de resumo, de 20 linhas, com título, nome(s) do(s) autor(es), endereço completo, telefone, fax, e-mail, até 15 de Setembro de 1997. Os autores receberão aceitação até 15 de Outubro de 1997 e os trabalhos completos devem ser recebidos até 15 de Dezembro de 1997.

Temas:

- Controle de Ruído e Vibrações Industriais
- Materiais e Dispositivos para Ruído e Vibrações
- Conforto Acústico
- Ruído Ambiental/Urbano
- Acústica de Edificações
- Ruído Veicular
- Programa de Conservação de Audição
- Protetores Auditivos
- Instrumentos para Medições e Análise de Ruído e Vibrações
- Controle Ativo de Ruído e Vibrações
- Vibrações de Máquinas e Equipamentos

- Acústica de Salas
- Modelagem Numérica
- Acústica Subaquática
- Eletroacústica
- Processamento de Sinais

IDIOMAS OFICIAIS

Português, Espanhol e Inglês

LISTA DE PALESTRANTES CONVIDADOS

- (P -1) **Título:** The vibra-acoustic reciprocity principal and application to noise control.
Prof. Frank Fahy, Engenharia de Acústica, Instituto de Som e Vibrações, Universidade de Southampton - Inglaterra
CONFIRMADO
- (P -2) **Título:** Recent Advances in Acoustics
Prof. Malcom J. Crocker, Distinguished Prof., Auburn University, EUA
CONFIRMADO
- (P -3) **Título:** Practical Implementation issues and future directions for active noise control
Prof. Dr. Colin Hansen, Mechanical Eng. University of Adelaide - South Australia
CONFIRMADO
- (P -4) **Título:** Improvement of Sound Barriers Using Headpieces with Acoustical Impedancia - Theory and Experimental Results
Prof. Dr. Ing. Michael Möser, Director of the Institute fuer Technisch Akustik - Berlim - Alemanha
CONFIRMADO
- (P -5) **Título:** Alto-falantes: Técnica de Ensaio dos Parâmetros do Projeto
Prof. Jorge Moreno Ruiz, Pontificia Universidad Catolica del Peru
CONFIRMADO

• Estamos ainda em contato com outros palestrantes técnicos para apresentação da atual tecnologia e estado de arte de outros assuntos.

MINI CURSOS

DIA 05/04/98 - 4 HORAS CADA

- C1:** Sound Intensity and Application
Frank Fahy
- C2:** Vehicle Noise, Vibration and Harshness
Prof.: M. J. Crocker, Ph.D.
- C3:** Activ Noise Control
Colin Hansen

MESAS REDONDAS

- M1:** Legislação de Ruído e Vibrações
- M2:** Normalização em Acústica e Vibrações no Mercosul
- M3:** Educação e Treinamento em Controle de Ruído e Vibrações
- M4:** Efeitos de Ruído e Vibração no Homem

EXPOSIÇÃO

Ao longo de todas as atividades do congresso estará permanentemente aberta uma área de exposição onde serão realizados os "coffee breaks". Nesta área serão expostas as últimas novidades dos materiais, dispositivos e equipamentos na área de acústica e vibrações.

TAXA DE INSCRIÇÃO

O Autor, Co-autor e participantes sócios de uma das associações integrantes da FIA, com pagamento da anuidade 98 em dia, terão taxa reduzida.

PROGRAMA SOCIAL

- Passeio para a cidade de Blumenau
- Tour Volta a Ilha de Santa Catarina
- Passeio de Scuna na Ilha de Santa Catarina
- City Tour a Lagoa da Conceição

ORGANIZAÇÃO

Este Congresso é organizado pela FIA/SOBRAC em colaboração com:

- Instituto Nacional de Metrologia, Normalização

- e Qualidade Industrial - INMETRO/Brasil
- Instituto Internacional de Acústica e Vibrações - IIAV
- Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

CORRESPONDÊNCIA PARA MAIORES INFORMAÇÕES

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
LABORATÓRIO DE VIBRAÇÕES E ACÚSTICA
CX.P. 476 - FLORIANÓPOLIS - SC - BRASIL.

CEP:88040-900

TEL: 55-48-234-4074 / 331-9227 / 331-7095

FAX: 55-48-331-9677 / 331-1519

E-MAIL: <sobrac@gva.ufsc.br>

ATT. PROF. SAMIR N. Y. GERGES, Ph.D.

III ETAS – ENCONTRO DE TECNOLOGIA EM ACÚSTICA SUBMARINA

23 e 24 de setembro IPqM - Rio de Janeiro

Tópicos Principais

- Engenharia de Equipamentos Acústicos Submarinos
- Oceanografia Acústica

- Propagação Acústica Submarina
- Processamento de Sinais Acústicos Submarinos
- Ruído Irrradiado Através de Estruturas
- Sistemas Sonar
- Trabalhos em toda a Área de Acústica Submarina serão bem-vindos

Instituto de Pesquisas da Marinha - Grupo Sonar
Rua Ipiru, s/n - Ilha do Governador - Rio de Janeiro
- RJ 21931-090

fone: (021) 396-2004 ramal 2074/2084

fax: (021) 396-2240 ramal 2084

eMail <etas3@inspeq.mar.br>

Os resumos devem ser enviados até o dia 1º de Agosto de 1997. (maiores informações no endereço acima). * As inscrições são gratuitas

XI ENCONTRO NACIONAL DE FONOAUDIOLOGIA, I FEIRA TECNOLÓGICA EM FONOAUDIOLOGIA

29 October - 01 November, Balneário Camboriú,
Santa Catarina, Brasil.

(Secretaria da SBFa. - TeleFAX (011) 873 4211,
ACATUR TURISMO - Tel. (047) 367 1613; Fax: (047)
367-8132; Instituto de Fonoaudiologia (047) 341 7659).

ACÚSTICA98

Congresso Ibérico de Acústica
XXIX Jornadas Nacionales de Acústica
TECNIACUSTICA 98
I Simpósio Iberoamericano de Acústica

14-16 de Setembro de 1998

Centro de Congressos - Instituto Superior Técnico
LISBOA - PORTUGAL

A Sociedade Portuguesa de Acústica (SPA), juntamente com a Sociedade Espanhola de Acústica (SEA) e a Federação Iberoamericana de Acústica (FIA), têm o prazer de anunciar a realização do Congresso ACUSTICA98 a ter lugar em Lisboa de 14 a 16 de Setembro de 1998.

Os tópicos principais serão Acústica Arquitetural, Acústica Musical, Acústica Subaquática, Bioacústica, Cartografia de Ruído, Efeitos do Ruído no Homem, Electroacústica, Materiais Acústicos, Processamento

de Sinais, Psicoacústica, Ruído Urbano, Ultrassons, Vibrações. Em simultâneo, terá lugar o I Simpósio da Federação Iberoamericana de Acústica sobre Ruído Industrial e Ruído Ambiente.

O Programa do Congresso incluirá Palestras de Conferencistas Convidados, Workshops, Apresentação de Trabalhos e Exposição Técnica. As línguas oficiais são o Português, o Espanhol e o Inglês.

Convida-se à apresentação de trabalhos em todos os tópicos. Em breve será divulgada a Primeira Circular.

Para mais informações contactar:

ACUSTICA98

CAPS - Instituto Superior Técnico

Av. Rovisco Pais

P-1096 LISBOA Codex - PORTUGAL

Tel. +351-1-8419393/39

Fax: +351-1-3523014

E-mail: <capsist@alfa.ist.utl.pt>

Congressos Internacionais

1997

VI COBRASEMT CONGRESSO BRASILEIRO DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO

27 a 29 de agosto de 1997 - São Paulo/SP

Informações e inscrições: PACIN - Eventos SC Ltda. Fone: (011) 558-91489 - Fax: (011) 577-4239.

- 01-05 August, Nottingham, UK. **11th International Symposium on Hearing.**
(A. Palmer, MRC Institute of Hearing Research, University Park, Nottingham NG7 2RD, UK; Fax: +44 115 951 8503)
- 14-18 August, Newark, NJ, USA. **3rd International Conference on Theoretical and Computational Acoustics.**
- 16-19 August, Poznan, Poland. **Fechner Day'97: 13th Meeting of the International Society for Psychophysics (ISP).**
(Anna Preis, Institute of Acoustics, Adam Mickiewicz University, Matejki 48/49, 60-769 Poznan, Poland; E-mail: fech_97@phys.amu.edu.pl ; Web: www.ia.amu.edu.pl/fd97)
- 18-22 August, Stockholm, Sweden. **3rd EUROMECH Solid Mechanics Conference.**
(B. Storåkers, Department of Mechanics, Royal Institute of Technology, 100 44 Stockholm, Sweden; E-mail: 3esmc@hallf.kth.se)
- 19-22 August, Edinburgh, Scotland. **International Symposium on Musical Acoustics.**
- 21-23 August, Budapest, Hungary. **International Symposium on Active Control of Sound and Vibration (Active 97).**
- 24-27 August, Yokohama, Japan. **World Congress on Ultrasonics.**
- 25-27 August, Budapest, Hungary. **Inter-Noise 97.**
- 29-31 August, Regensburg, Germany. **Pan-European Voice Conference.**
- 01-04 September, Tokyo, Japan. **Modal Analysis Conference - IMAC-XV Japan.**
- 09-12 September, High Tatras, Slovakia. **31st International Acoustical Conference "Acoustics97".**
- 10-12 September, Christchurch, New Zealand. **New Zealand Acoustical Society Biennial Conference. 5/96**
- 10-12 September, Stuttgart, Germany. **Biomechanics of Hearing.**
- 10-12 September, Cardiff, UK. **British Society of Audiology Annual Conference.**
(BSA, 80 Brighton Road, Reading RG6 1PS, UK; Fax: +44 118 936 1915)
- 12-13 September, Chicago, IL, USA. **Symposium on Sonoluminescence.**
- 15-18 September, Göttingen, Germany. **3rd Fluid Mechanics Conference.**
(G. E. A. Meier, DRL-Institute für Strömungsmechanik, Bundesstrasse 10, 37073 Göttingen, Germany; E-mail: efmc97@msfdl.gwdg.de)
- 16-19 September, Jastrzebia Gora, Poland. **44th Open Seminar on Acoustics.**
(E. Kozaczka, Akademia Marynarki Wojennej, ul. Smidowicza 71, 81-919 Gdynia, Poland; Fax: +48 58 25 48 46; E-mail: amw@beta.nask.gda.pl)
- 17-19 September, Hokkaido, Japan. **Autumn Meeting of the Acoustical Society of Japan.**
(Acoustical Society of Japan, Ikeda Building, 2-7-7, Yoyogi, Shibuya-ku, Tokyo, 151 Japan; Fax: +81 3 3379 1456)
- 17-19 September, Katholieke Universiteit Leuven, Belgium. **8th International Seminar on Applied Acoustics.**
(K.U.Leuven Department of Mechanical Engineering, Celestijnenlaan 300B, B-3001 Leuven, Belgium. Tel: (+32) 16 32 24 82; Fax: (+32) 16 32 29 87; E-mail: <lieve.notre@mech.kuleuven.ac.be>)
- 17-19 September, Katholieke Universiteit Leuven, Belgium. **22th International Seminar on Modal**

Analysis.

(K.U.Leuven Department of Mechanical Engineering, Celestijnenlaan 300B, B-3001 Leuven, Belgium. Tel: (+32) 16 32 24 82; Fax: (+32) 16 32 29 87; E-mail: <lieve.notre@mech.kuleuven.ac.be>

- 18-19 September, Guanajuato, Mexico. **4th Mexican Congress on Acoustics.**
- 18-20 September, Athens, Greece. **Intonation: Theory, Models and Application.**
- 21-23 September, Cape Cod, MA, USA. **Product Sound Quality 1997.**
- 22-24 September, Bethesda, MD, USA. **2nd Biennial Hearing Aid Research and Development Conference.**
- 22-25 September, Patras, Greece. **5th European Conference on Speech Communication and Technology (Eurospeech'97)**
- 23-26 September, Delft, The Netherlands. **Fluid-structure interaction in acoustics.**
- 27-28 September, Rhodes, Greece. **Audio-Visual Speech Processing.**
(ESCA, ICP-Université Stendhal, BP 25X, 38040 Grenoble Cedex, France; E-mail: esca@icp.grenet.fr)
- 07-10 October, Toronto, Canada. **1997 IEEE Ultrasonics Symposium.**
- 08-10 October, Windsor, Ont. Canada. **Acoustics Week in Canada 1997.**
- 23-26 October, Windermere, United Kingdom. **Reproduced Sound 13.**
- 30-31 October, Bern, Switzerland. **Swiss Acoustical Society Meeting.**
(Swiss Acoustical Society, P.O. Box 251, 8600 Dübendorf 1, Switzerland)
- 19-21 November, Hong Kong. **WESTPRAC'97.**
- 27-30 November [new date], Windermere, United Kingdom. **Autum Conference: Environmental Noise.**
- 01-05 December, San Diego, CA, USA. **134th Meeting of the Acoustical Society of America.**
- 15-18 December, Adelaide, Australia. **5th International Congress on Sound and Vibration.**

1998

- 02-06 February, Moscow, Russia. Ultrasonic Technological Processes - 98.
(Secretariat UsTP-98, 64 Leningradski prosp.,

MADI-TU, Moscow, Russia. Fax: +7 095 151 7911; E-mail: utp@madi.msk.su)

- 23-27 March, Zürich, Switzerland. **DAGA 98.**
- 05-08 April, Ypsilanti, MI, USA. NOISE-CON 98.
(INCE, P.O. Box 3206, Arlington Branch, Poughkeepsie, NY 12603, USA; Fax: +1 914 462 4006; E-mail: inceusa@aol.com)
- 12-15 May, Seattle, WA, USA. **1998 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing.**
- 18-22 May, Gdansk, Poland. 7th Spring School on Acoustooptics and Applications.
(B. Linde, Institute of Experimental Physics, University of Gdansk, ul. Wita Stwosza 57, 80-952 Gdansk, Poland; Fax: +48 58 41 31 75; E-mail: school@univ.gda.pl)
- 25-27 May, Naples, Italy. **Noise and Planning 98.**
- 08-10 June, Tallinn, Estonia. **EAA/EEAA Symposium Transport Noise and Vibration.**
- 09-12 June, Umeå, Sweden. 8th International Conference on Hand-Arm Vibration.
(National Institute for Working Life, Conference Secretariat HAV98, P.O. Box 7654, 90713 Umeå, Sweden; Fax: +46 90 16 50 27; E-mail: hav98@niwl.se)
- 20-28 June, Seattle, WA, USA. **Joint Meeting: 16th International Congress on Acoustics (ICA) and 135th Meeting of the Acoustical Society of American.**
- 21-26 June, Gainesville, FL, USA. **13th U.S. National Congress of Theoretical & Applied Mechanics.**
- 16-18 September, Leuven, Belgium. International Conference on Noise and Vibration Engineering.
(Ms. L. Notré, K.U. Leuven, Division PMA, Celestijnenlaan 300B, 3001 Leuven, Belgium; Fax: +32 16 32 29 87; E-mail: lieve.notre@mech.kuleuven.ac.be;
Web: <http://www.mech.kuleuven.ac.be/pma/events/isma/isma.html>)
- 12-16 October, Norfolk, VA, USA. **136th Meeting of the Acoustical Society of America.**
- 16-18 November, Christchurch, New Zealand. **Inter-Noise 98.**

- 22-27 November, Sydney, Australia. Noise Effects'98 - 7th International Congress on Noise as a Public Health Problem.

(The Congress Secretariat, Noise Effects'98, GPO Box 128, Sydney NSW 2001, Tel: 61 2 9262 2277; Fax: 61 2 9262 2323; E-mail: <tourhosts@tourhosts.com.au>).

- 30 November-04 December, Sydney, Australia. 5th International Conference on Spoken Language Processing.

(Tour Hosts, GPO Box 128, Sydney NSW 2001, Australia; Fax: +61 2.9262 3135; E-mail: tourhosts@tourhosts.com.au; Web: http://www.cslab.anu.edu.au/icslp98)

1999

- 15-19 March, Berlin, Germany. **Forum Acusticum and 137th Meeting of the Acoustical Society of America.**
- 01-05 November, Columbus, OH, USA. **138th Meeting of the Acoustical Society of America.**

Livros

(1) Active Control of Noise and Vibration
By Colin H. Hansen and Scott D. Snyder, both of the University of Adelaide, Australia
234 X 156 mm - 1300 pages - 520 line illustrations
- October 1996 - Hardback - 0-419-19390-1 - £ 195.00

(2) Engineering Noise Control Theory and Practice, 2nd Edition
D. A. Bies, Honorary Research Fellow, University of Adelaide, Australia
C. H. Hansen, Senior Lecturer, University of Adelaide, Australia
234 X 156 mm - 640 pages - 187 line illustrations
- Paperback - 0-419-20430-X - £ 35.00

(3) Sound Intensity, 2nd Edition
F. J. Fahy, Institute of Sound & Vibration Research, University of Southampton, UK
234 X 156 mm - 320 pages - 141 line illustrations, 4 halftone illustrations - Paperback - 0-419-19810-5 - £ 29.99

Como Adquirir Cópia dos 3 Livros ao lado

The Direct Response Team, E & FN Spon, Cheriton House, North Way, Andover, Hants SP10 5BE, UK

UK orders: *Tel: 01264 342923 - Fax: 01264 342787*

Overseas orders: *Tel: +44 1264 342830 - Fax: +44 1264 342761*

E-mail: *response@itps.co.uk (please quote ref: PRCACNV)*

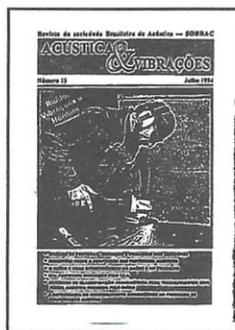
Encyclopedia of Acoustics - 4 volumes, 2000 páginas, 166 Editede by Malcolm J. Crocker John Wiley & Sons, Inc.

Concert and Opera Halls - How they Sound, Leo Beranek, 643 páginas, capa dura, 1996, Acoustical Society of Americas

Associe-se à SOBRAC e ganhe as edições anteriores

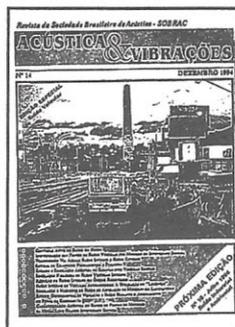
Para receber esta revista semestral e as edições anteriores gratuitamente, associe-se à Sociedade Brasileira de Acústica (SOBRAC), preenchendo a ficha de inscrição nas páginas amarelas. Temos exemplares limitados das revistas anteriores, os quais serão enviados para os sócios novos por ordem de solicitação.

Os artigos publicados nas edições anteriores:



Edição Número 13/Julho 1994

- Análise de Posturas, Esforços e Vibrações nos Lixadores
- Sugestões sobre Adaptação dos Protetores Auditivos
- O Ruído e suas Interferências na Saúde e no Trabalho
- EPI's Auditivos: Avaliação pelo T.T.S.
- Critérios de Classificação Adiométrica para Trabalhadores com Perda Auditiva Induzida pelo Ruído
- A Importância do Monitoramento Audiométrico no Programa de Conservação Auditiva



Edição Número 14/Dezembro 1994

- Controle Ativo de Ruído em Dutos
- Identificação das Fontes de Ruído Veicular por Medição de Intensidade Sonora
- Transmissão Via Aérea: Ruído Interno e Ruído Externo
- Sistema de Exaustão: Fundamentos e Projetos
- Ensaios e Simulação Acústica de Escapamentos Veicular Simples
- Simulação Numérica de Ruído Veicular Interno
- Redução de Ruído Interno em Ônibus Rodoviário
- Ruído Interno de Veículos Automotores: A Utilização dos "Luodness"
- Simulação e Medições de Ruído de Aspiração de Motores em Laboratório
- Estudo Experimental de Vibrações e Ruído Durante Acionamento do Pedal da Embreagem
- Caracterização Acústica do Banco de Provas de Motores da Metal Leve Usando Intensidade Sonora



Edição Número 15/Julho 1995

- Controle de Ruído Industrial
- Plano Diretor de Ruído na Indústria Multi-Tarefa
- Dicas para Controle de Ruído
- Notícias: Programa Silêncio - Selo Ruído



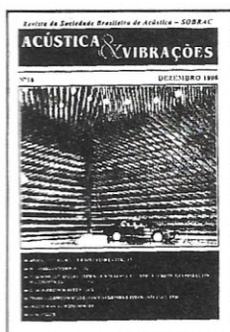
Edição Número 16/Dezembro 1995

- Respostas a Perguntas e Queixas com Relação a Audição e a Protetores Auditivos (Parte I, II e III)
- A Importância da Acústica e da Psicoacústica para a Audiologia: A influência da Acústica das Salas de Aula na Percepção da Fala
- Dicas para Controle de Ruído
- Controle de Ruído de Máquinas
- Cadastro dos Associados - 1995
- Notícias
- Reativação da Produção de Normas em Acústica Arquitetônica e Ambiental
- Recomendações da Organização Mundial da Saúde Sobre Ruído Industrial



Edição Número 17/Julho 96

- Progresso na Acústica de Edificações
- A Exigência de Repouso Auditivo Mínimo de 10 Minutos a cada 50 Minutos de Trabalho, Conforme a Norma Técnica do Estado de São Paulo
- O Uso de Materiais Absorventes no Controle de Ruído Industrial: Possibilidades e Limitações
- Dicas para Controle de Ruído
- I Simpósio Brasileiros de Metrologia em Acústica e Vibrações
- Participe da Confeção de Normas em Acústica
- Notícias



Edição Número 18/Dezembro 1996

- Aplicações do Controle Ativo do Som e Vibrações
- Ruído Ambiente em Portugal
- Comentários sobre la Determinación de la Rigidez Dinámica de Materiales para uso en Pisos Flotantes
- Dicas para Controle de Ruídos
- Trabalhos Apresentados Durante o I SIBRAMA & XVII Encontro da SOBRAC
- In Memoriam: Igor Sresnewsky
- Congressos

Anais do I SIBRAMA / XVII Encontro da SOBRAC
Dezembro 1996 – Petrópolis – 280 páginas