

Acústica & Vibrações

Revista Semestral da Sociedade Brasileira de Acústica - SOBRAC

Nº 25

Julho 2000

1st Joint Meeting of the

- Acoustical Society of America
- Iberoamerican Federation of Acoustics
- Mexican Institute of Acoustics

ACÚSTICA 2000

TECNIACÚSTICA MADRID • 2000

II CONGRESO IBEROAMERICANO DE ACÚSTICA
II CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE ACÚSTICA

XXXI CONGRESO NACIONAL DE ACÚSTICA
-TECNIACÚSTICA 2000-
XXXI CONGRESSO NACIONAL DE ACÚSTICA

II JORNADAS IBEROAMERICANAS DE ULTRASONIDOS
II JORNADAS IBERO-AMERICANAS DE ULTRA-SONS

II CONGRESO IBÉRICO DE ACÚSTICA
II CONGRESSO IBÉRICO DE ACÚSTICA

EAA SYMPOSIUM ON ARCHITECTURAL ACOUSTICS

MADRID Nesta Edição:
16 A 20 DE OCTUBRE DE 2000

30 November through 6 December, 2002
Cancun, Mexico

Congressos e Eventos Nacionais e Internacionais

Logos: CSIC, Comunidad de Madrid, Ministerio de Fomento, Universidad Politécnica de Madrid, IA, Instituto de Acústica CSIC, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid UPM, CYTED, RITUL, EAA Symposium, SPAA, Sociedade Portuguesa de Acústica, Sociedade Española de Acústica.

- ✓ Efeito do Ruído no Homem Dormindo e Acordado
- ✓ Total Loss Factor in Building Acoustics - Measurement and Application
- ✓ Room Noise Criteria: The State-of-the-art in the Year 2000
- ✓ Poluição Sonora: Um levantamento de dados da cidade de Fortaleza
- ✓ NBR-10151-2000: A Revisão da Norma

“INVESTIGATOR”

2260 - O NOVO ANALISADOR SONORO PORTÁTIL DA BRÜEL & KJÆR.

Depois do revolucionário medidor de nível de som 2236, nosso novo Analisador de Nível de Som 2260 traz até você, no mesmo formato ergonômico, um avançado projeto acústico de notável flexibilidade.

O “Investigator”, nome popular do 2260, possui módulos para qualquer tipo de avaliação acústica:

BZ 7201 - Análise de frequência em bandas de oitavas.

BZ 7202 - Análise em oitavas e 1/3 de oitava.

BZ 7203 - Análise de eventos

BZ 7204 - Análise de acústica em edificações.

É o primeiro analisador manual do mundo com tecnologia de PC usando os cartões PCMCIA, o que faz do 2260 uma poderosa ferramenta para qualquer aplicação que se possa imaginar. Portanto, com o 2260 em suas mãos, você estará completamente equipado e preparado para enfrentar qualquer desafio de medições acústicas.



Para maiores informações, contactar:

Brüel & Kjær 

R. José de Carvalho, 55
Chác. Sto. Antonio - São Paulo - SP
CEP 04714-020 - Brasil
Tel.: 55.11.5182.8166
Fax.: 55.11.5181.7400

Acústica & Vibrações

EXPEDIENTE

REVISTA SEMESTRAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA - SOBRAC

Departamento de Engenharia Mecânica - EMC
Campus Universitário
Cx. Postal 476 - CEP 88040-900
Florianópolis - SC - Brasil
<http://www.sobrac.ufsc.br>
e-mail: <sobrac@mbox1.ufsc.br>
Tel: (048) 234-4074 / 331-9227
Fax: (048) 331-9677 / 234-1519

DIRETORIA SOBRAC 2000/2001

Presidente: Samir N.Y. Gerges
Vice-presidente: José Augusto de Azevedo
1º Secretário: Carlos M. Grandi
2º Secretário: Newton S. Soeiro
1º Tesoureiro: Ulf H. Mondl
2º Tesoureiro: Alice Helena Botteon Rodrigues

CONSELHO SOBRAC 2000/2001

Fernando H. Aidar
Marco Vecci
Mario Pimentel
Mauricy Cesar Rodrigues de Souza
Moyses Zindeluk
Hugues Serres
Maria L. Belderrain
Ricardo E. Musafir
Samir N. Y. Gerges
Stelamaris Rolla Bertolli

CORPO EDITORIAL

Samir N. Y. Gerges
Mauricy C. R. de Souza
Gisele Vieira

EDITORIAÇÃO

Fábio F. Nunes

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 2000

ÍNDICE

ARTIGOS

<i>Efeito do Ruído no Homem</i>	
<i>Dormindo e Acordado</i>	02
<i>Total Loss Factor in Building Acoustics - Measurement and Application</i>	18
<i>Room Noise Criteria: The State-of-the-art in the Year 2000</i>	35
<i>Poluição Sonora: Um levantamento de dados da cidade de Fortaleza</i>	51
<i>NBR 10151-2000: A Revisão da Norma</i>	58

CONGRESSOS INTERNACIONAIS

<i>2000</i>	59
<i>2001</i>	62
<i>2002</i>	62
<i>II Congresso IberoAmericano de Acústica</i> ...	63
<i>ICSV8</i>	66
<i>Internoise 2001</i>	68
<i>17th ICA</i>	70
<i>IX Congresso Mexicano de Acústica</i>	73

CURSOS E LABORATÓRIOS DE ACÚSTICA

<i>Engenharia Acústica - UFRJ</i>	75
---	----

ACÚSTICA & VIBRAÇÕES

<i>Edições Anteriores</i>	78
---------------------------------	----

EFEITO DO RUÍDO NO HOMEM DORMINDO E ACORDADO

*Fernando Pimentel-Souza - Laboratório de Psicofisiologia ICB-UFMG(www.icb.ufmg.br/lpf)
Belo Horizonte, CP 486, 30.161-901, Brasil*

RESUMO

Este trabalho consta de duas partes:

Perturbação do ruído no homem dormindo

A maioria das pessoas dorme de olhos fechados e na penumbra. Em decorrência perde-se a percepção visual, suprimindo mais de 90% das informações recebidas e um sistema de segurança de prevenção de ataque de surpresa. No sono, a audição, o segundo sentido em quantidade de informação, assume o controle para detectar qualquer sinal de perigo, mantendo seus canais abertos numa abertura angular total de 360° em torno do nicho individual. A perturbação pelo ruído é uma das mais críticas, porque o silêncio se faz necessário para o sono ocorrer na melhor qualidade, que garante as mais nobres funções, a pouco tempo desconhecidas. Caso contrário, mesmo dormindo, o organismo começa reagir gradualmente com seu alerta, e o indivíduo tende a acordar. A partir do valor médio de 30 dB(A), aparecem reações perturbadoras das vísceras, no EEG e da estrutura do sono. O ruído aumenta a duração dos estágios superficiais do sono, quase inúteis, enquanto o tempo total e os estágios necessários, MOR e estágios 3 e 4, se reduzem consideravelmente. O despertar costuma ocorrer mais devido aos picos de ruído, de 8 a 19 dB(A) sobre o nível de fundo. Quando o ruído do fundo atinge 65 dB(A), os reflexos protetores do ouvido médio parecem funcionar, anulando em parte função da audição e introduzindo insegurança pela diminuição da vigília auditiva, evidenciada pela maior demora para se pegar no sono. A situação insalubre na cidade e em hospitais de Belo Horizonte é mostrada como exemplo corrente do 3° Mundo industrializado e urbanizado. A poluição sonora, consciente ou inconscientemente, piora significativamente a qualidade absoluta do sono, acarretando piores desempenhos físico, mental e psicológico.

Perturbação do ruído no homem acordado

Milhões de cidadãos passivos do 3° Mundo estão ficando perturbados física, mental e psicologicamente, além de surdos, perdendo a capacidade intelectual. Comprometem-se o raciocínio, a comunicação oral, a educação, o bem-estar e a sobrevivência, limitando as potencialidades humanas. O próprio desenvolvimento sócio-econômico da sociedade é afetado pela incapacidade de compreender e reagir contra seus acusticamente poluídos meios urbanos, industriais e de lazer, piorados pela alta densidade populacional. Durante duas revoluções industriais aceleraram-se a degradação dos ambientes sonoros nas áreas residenciais e no trabalho e a contaminação do ruído se propagou pelo mundo. Os países do 1° Mundo sofreram primeiro este impacto e perceberam pela queda na produtividade e pelo aumento de acidentes, e mudaram de rumo durante a terceira revolução industrial, quando houve a invasão mais profunda e difusa do meio urbano pelos veículos automotores. Hoje seus governos estão interessados em evitar maiores danos à saúde dos homens, adotando atitude a fim de prepará-los melhor, intelectual e psicologicamente, para competirem na ponta da globalização. Seus cidadãos se tornaram mais conscientes e exigem melhor qualidade de vida. No entanto, em grande parte do 3° Mundo, industrializado ou urbanizado mais tardiamente, o ruído ambiental continua excedendo, enquanto alguns países procuram ultrapassar atabalhoadamente as revoluções industriais perdidas, tornando seus ambientes sonoros insalubres pelo uso intensivo de equipamentos ultrapassados e barulhentos. Estes povos se mostram incapazes de queimar etapas com tecnologia limpa e mais moderna para ingressarem diretamente na nova era pós-industrial. Assim, continuam perdendo o “bonde da história”. Belo Horizonte é examinada como uma cidade do 3° mundo emergente, industrializada e urbanizada.

Palavras-chave: Sono, Poluição sonora, Desempenhos humanos, Conforto acústico, Saúde.

PERTURBAÇÃO DO RUÍDO NO HOMEM DORMINDO

A natureza e a função do sono e dos sonhos

Nos trabalhos pioneiros, em experiência de privação de sono com registro do eletroencefalograma (EEG), demonstrou-se a necessidade do sono de não movimentos oculares rápidos (NMOR) para recuperação física e dos sonos MOR para recuperação do humor e da capacidade intelectual. Nos primeiros dias da restauração do sono mostrou-se um efeito compensatório das perdas (Aserinsky & Kleitman, 1953; Kleitman, 1973). A privação total do sono por 40 horas sem dormir provocou distorções perceptivas, falta de perseverança e irritabilidade e por 100 horas sem dormir até desordens psicóticas, depois seguido de compensação com aumento do limiar do sono de até 15 dB(A) (Chapon et al, 1972). Privações parciais do sono grupado determinaram queda de desempenho em tarefas de vigilância e cálculo, perturbação da avaliação do tempo e degradação das relações humanas (Chapon et al, 1972).

Privações seletivas do sono MOR tiveram efeitos mais específicos nas perturbações psicológicas, memória, concentração mental e aprendizagem (Chapon et al, 1972). Já Fisher (1965) (citado por Chapon et al, 1972 (3)), numa abordagem psicanalítica, observou perturbações do EU e da personalidade, além de memória, concentração e avaliação do tempo. Confirmaram-se estes distúrbios mentais e psicológicos de uma forma ou de outra na privação do sono MOR (Chapon et al, 1972). Mais recentemente estudo com EEG durante meses confirmou a melhor aprendizagem de dormidores com maior duração de sono MOR, entre estudantes de língua inglesa estudando francês (De Koninck et al, 1989). Atual e extensa revisão sobre sonhos (Foulkes, 1996) deixa claro a natureza de "atividade mental alternativa" do sonho, cuja rede neural primária seria a mesma da atividade de vigília. Sabe-se que há "sonhos lúcidos", mais conscientes, que estão muito mais ligados à continuidade de nossa vida em vigília do que com qualquer outra coisa complementar. A não existência de "sonhos lúcidos" na primeira infância liga-se à escassez de imagens mentais mesmo acordado. No sono normal, as

percepções externas e a motricidade são mínimas e as atividades intrínsecas sobressaem dando um traço mais nítido à consciência do seu EU, no adulto dormindo.

Por outro lado, a privação parcial dos sonos de onda lenta, NMOR profundos, são acompanhadas de baixa de secreção de hormônios do crescimento e da tireóide, de seqüelas de insuficiência metabólica dos tecidos e depressivas do organismo, embora uma sensação de ligeira euforia e hiperatividade. Mas, a recuperação dos sonos NMOR profundos é imediata, em poucos dias, em detrimento mesmo do sono MOR (Chapon et al, 1972).

Conclusões

- 1º) A duração dos sonos NMOR profundos parece ser relativamente mais estável, e reagem logo de maneira compensatória. Ele varia positivamente com o exercício físico e estresse e negativamente com a idade, demonstrando relação direta com o nível de gasto energético (Chapon et al, 1972).
- 2º) O sono pode ser dividido em duas partes funcionalmente bem distintas. A primeira, onde predominam os sonos NMOR profundos é considerada obrigatória por ser necessária à saúde física, a sobrevivência. A segunda, onde predomina o sono MOR, é considerada menos obrigatória, por ser considerada facultativa a recuperação psicológica e mental, mas que compromete profundamente o desempenho do ser integral (Chapon et al, 1972),
- 3º) A classificação acima parece confirmada por Lukas (1971), onde os limiares de despertar pelo estímulo auditivo sobre o estágio IV é maior do que o do V, indicando a prioridade natural na preservação adaptativa do lado metabólico de recuperação e sobrevivência celular sobre o mental e psicológico. Os maiores limiares para acordar com ruídos estão nos estágios III, IV e V, considerados por isto profundos (Tabela 1).

Limiar de Despertar	Estágio relativo	Limiar (em dB)
Conforme o estímulo auditivo é aplicado em diferentes estágios do sono, acima do ruído de fundo, segundo Lukas (1971).	I	3
	II	5
	III	26
	IV	35
	V	31

Tabela 1: Limiar relativo (em dB) em diferentes estágios do sono

Comentários

A sensação de ter bem dormido e acordar motivado estão ligados positivamente com a duração do sono MOR, onde predominam os sonhos. Confirmou-se também em trabalhadores que se queixavam terem mal dormido, mas mostrando grande incidência de estágio 1 e nítida diminuição do sono MOR e em pacientes que passaram a primeira noite em laboratórios de sono, com perdas ligeiras do sono total e estágio 4 e severas no sono MOR (Chapon et al, 1972).

Observou-se também que a duração total do sono melhora a sensação de bem dormir só até um máximo de 9 horas, a partir do qual há uma piora, explicada pelo aumento de desgaste devido a maior atividade cerebral durante o sono, consumindo mais energia metabólica, hormônios e mediadores químicos (Chapon et al, 1972). “Dormir mais” pode ser uma inútil busca de compensação pela qualidade de sono perdida, mas que não é resgatada, como confirmado por Braz (1988) na cidade de São Paulo e Pimentel-Souza et al (1996) em pacientes em alta em hospital mais barulhento em Belo Horizonte.

Desde 1963 que Webb (citado por Chapon et al, 1972) constatou que as mulheres dormem pior do que os homens, confirmado na cidade de São Paulo por Braz (1988). As mulheres, em particular as donas de casa, são mais facilmente acordadas pelo barulho (Chapon et al, 1972). No cotidiano observa-se em geral como a mãe é mais sensível ao choro do bebê, desperta-se logo, apesar do pai continuar a dormir.

Com a idade constata-se uma diminuição do tempo total de sono, aumento dos estágios 1 e 2, quedas do estágio 4 e do sono MOR, só aparente após 60 anos (Chapon et al, 1972). Isto não significa um envelhecimento normal, mas efeitos de doenças, poluição sonora e maus hábitos. Relacionam-se a queda do estágio 4 com início da patologia cerebral, pela falta de regeneração orgânica, e a queda da duração do sono MOR com baixa da função intelectual. Lukas et al (1970; citado por Chapon et al, 1972) encontraram aumento das reações ao barulho de aviões subsônicos e supersônicos com a idade, sobretudo na duração do despertar que cresce mais de 30 vezes. Donde se pode prever envelhecimento insalubre, no sono e conseqüente perda de desempenho, induzido pela poluição sonora existente no mundo moderno, principalmente no 3º. Mundo industrializado e urbanizado, sujeito a maior poluição sonora do que o 1º. Mundo (Pimentel-Souza, submetido).

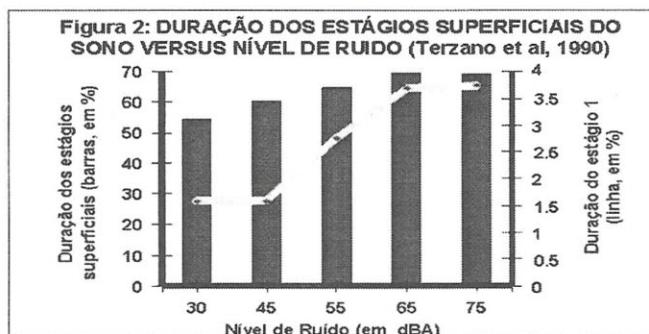
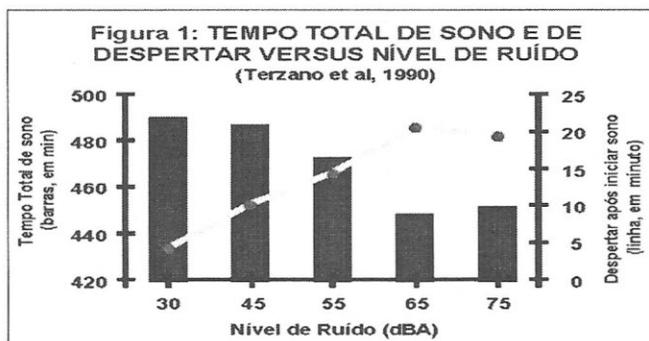
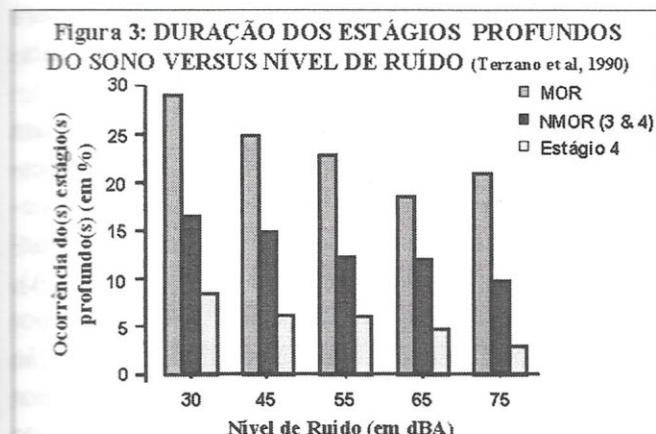
Os dados da duração do sono grupado apontam média de 7,5 horas, com 5% das pessoas dormindo mais de 9 horas e 5% menos de 6 horas (Chapon et al, 1972). Hartmann et al (citados por Chapon et al, 1972) constataram que os “grandes dormidores” despertavam mais e tinham mais estágios 1, 2 e MOR e os “pequenos dormidores” tinham mais estágios 3 e 4. Jones e Oswald (1966; citados por Chapon et al, 1972) estudaram 2 indivíduos excepcionais que dormiam menos de 3 horas que possuíam 49% de estágios 3 e 4, sendo seu valor absoluto igual à duração média dos indivíduos sem insônia dormindo 7,5 horas, o que explica o seu caráter metabólico adaptativo e menos despertares por estarem mais freqüentemente em estágios mais resistentes ao barulho. A ciência atual no entanto não sabe como se pode conseguir dormir mais apenas sons nobres e profundos.

Perturbação do ruído branco no sono

A mais completa experiência de laboratório foi realizada por Terzano et al (1990) em 6 jovens de 25,8 anos em média, saudáveis, 3 homens e 3 mulheres, sem queixa de insônia, submetidos a níveis diferentes de ruído branco. Este ruído é aquele que ocupa igualmente toda a faixa espectral de freqüência, para não ter influência de timbre, que cause identificação psicológica.

O tempo total de sono caiu 38,8 minutos, em valor relativo 8,2 %, e se correlacionou inversa e significativamente com o nível de ruído entre 30 decibéis Acústicos (dB(A)) e 75 dB(A) (Figura 1). Houve uma queda importante entre 45-55 dB(A) com elevado aumento do estágio 1, confirmando Vallet et al (1975). A 44 e 53 dB(A) de pico já se começam a despertar respectivamente em ambiente calmo, de 25 dB(A), e mais barulhento, 45 dB(A) (Tabela 2). Mais despertares ocorreram entre 55-65 dB(A) de fundo, correspondendo também ao máximo de sons superficiais, 69,4% do total (Figuras 1 e 2). Já entre 65-75 dB(A) ocorre um fenômeno paradoxal: o tempo total de sono aumenta de 2,8 minutos, caindo um pouco o percentual do estágio 2 e ganhando paradoxalmente em sono MOR, mostrando que em nível elevado de ruído o sono até recua em parte sua estrutura, mas continua perdendo em sons profundos NMOR, e a qualidade do sono

continua precária em relação ao silêncio. Isto pode significar que na audição, o reflexo protetor do ouvido médio vai provavelmente neutralizar a percepção do ruído crescente, perdendo também capacidade de vigilância do sono (Figuras 1, 2 e 3).



Reações	Meio Calmo	Meio Barulhento
a) Acordares	43,9 dB(A)	52,6 dB(A)
a) Mudanças de estágio	42,4 dB(A)	51,0 dB(A)
a) Efeitos transitórios	42,0 dB(A)	50,6 dB(A)
b) Duração estágios III e IV	18,0%	11,0%
b) Duração estágio V	21,7%	18,2%

Tabela 2: a) Limiares de ruído de pico em dB(A) para início de reações no EEG do sono e b) porcentagem de duração de estágios III, IV e V na duração do sono total, num meio calmo, 25 dB(A), e num meio barulhento, 45 dB(A), de uma população ribeirinha respectivamente antes e depois da abertura de uma autopista na França (Vallet, 1982).

Conclusão

Instalou-se gradualmente uma perda significativa da qualidade do sono, enquanto o ruído branco subiu de 30 dB(A) a 75 dB(A), mostrado por:

- 1º) queda significativa do sono MOR (Figura 3), cujo percentual passou de 29,0% para 20,8% do tempo total de sono, totalizando uma perda de 47,3 minutos no tempo absoluto,
- 2º) na queda significativa dos sonos profundos NMOR (Figura 3), que passaram de 16,5% a 8,6% do tempo total de sono, totalizando uma perda de 36,7 minutos no tempo absoluto. O efeito é particularmente válido para o estágio 4, que sofre perda relativa de 70% e mantém elevada correlação linear com o nível de ruído, correspondendo à queda de ocorrência das ondas delta.

Comentários

Há ação antagonista do ruído com os sonos mais profundos, que ocupavam quase metade do tempo total de sono, 45,5%, a 30 dB(A), e se limitando a menos da terça parte, 29,4%, a 75 dB(A). Naturalmente tudo isto ocorreu desequilibrando o sono para o lado mais superficial, estágios 1 e 2, que aumentaram 17% no valor relativo, passando de 54,5% a 69,2% do tempo total de sono (Figura 2). Paralelamente no adulto, há também aumentos significativos de micro-acordares, detectado por padrões de curtas oscilações denunciando despertar só eletroscilograficamente, descrito por Terzano et al (1990).

A duração dos períodos acordados conscientes após o primeiro sono subiu significativamente, acentuadamente até 65 dB(A). De 65 dB(A) a 75 dB(A) houve discreta reversão: queda dos despertares e aumento do tempo total do sono e sono MOR (Figuras 1 e 3).

Esta aparente melhora do sono a níveis elevados de ruído parece ser devida à grande perda de audição por ação do reflexo do ouvido médio, cuja função é proteger o ouvido do impacto do ruído, mas desguarnece o organismo do sistema alternativo de vigilância durante o sono. Conseqüência provável é que, entre 65-75 dB(A), o paciente tem dificuldades crescentes de conciliar o sono, pois o tempo para dormir subiu até 22 minutos, provavelmente devido à ansiedade da insegurança da falha na vigilância. Em níveis mais baixos de até 55 dB(A) o tempo para dormir quase não variou, não ultrapassando 10 minutos, não mostrando reações por pequenas perdas dos reflexos auditivos. Já o efeito do ruído branco de fundo, de cerca de apenas 40 dB(A) ao nível do ouvido dos neonatos, mostra eficácia de aumentar de 25% para 80% dos que dormem em apenas 5 minutos, para sons tipicamente medulares, não cerebrais (Spencer et al, 1970).

A baixa de qualidade do sono com o ruído pode ainda ser ligada com o seguinte:

- 1º) na forma de sensação subjetiva de ter mal dormido, fator que se correlaciona significativamente também com os micro-acordares e deve estar ligada também à perda dos sons profundos, especialmente MOR,
- 2º) no aumento da sonolência diurna. A escala de Stanford sinalizou uma variação significativa em todos os horários medidos, exceto às 14 horas, onde provavelmente já existia uma maior incidência circadiana do ritmo biológico para a de sonolência natural (Cipolla-Neto et al, 1988), além de outras prováveis seqüelas não mensuradas como o aumento de cansaço, perdas de concentração, de humor, de criatividade etc.

Perturbação do ruído "in situ" no sono

Nos arredores do aeroporto de Los Angeles nos EUA os moradores tiveram um ganho estabilizado depois de 1 mês de greve de 23% nos estágios III e IV de sons profundos. De 23 às 6 horas, o nível máximo de ruído externo caiu de 71 para 51 dB(A) e o interno de 52 para 39 dB(A) (Friedman & Globus, 1974). O impacto de ruído como o de aviões tem adaptação mais difícil, porque a 57 dB(A) de pico só 25% da população não tem

mudança no EEG, mas a 70 dB(A) de pico com 50 dB(A) na média 25% já acordam segundo Lukas (1973; citado por Vallet (1982). Mesmo a longo prazo após um ano, os moradores ribeirinhos do aeroporto Paris-Roissy não se adaptaram, acordando a partir do pico de 44 dB(A) no estágio II e do pico de 60 dB(A) nos sons NMOR e MOR, tendo 20% de superficialização de estágios para picos de 60 a 70 dB(A) segundo Vallet et al (1980; citado por Vallet, 1982).

Um nível de 60 dB(A) de ruído de trânsito causa impacto de 25% de probabilidade para acordar uma pessoa, mas há uma redução à metade depois de 2 semanas. Mudanças para estágios superficiais de sono começam a partir de 35 dB(A), atingem já 60% a 40 dB(A), com picos de 65 dB(A) (Thiessen, 1980; citado por Vallet, 1982). O aumento de despertares e de duração dos mesmos com nível de ruído foi confirmado por Muzet & Metz (1970; citados por Vallet, 1982). Este dado é corroborado por Vallet (1982) pela queda de 39% nestes estágios profundos de sono NMOR na população ribeirinha de uma autopista na França, com a variação dos ruídos internos máximos de cerca de 47,5 dB(A) para 57,5 dB(A) e médios de 25 para 45 dB(A). Perderam ainda 16% do estágio V do sono (Tabela 2). Estas constatações mostraram que não há habituação ao ruído mesmo em se tratando de indivíduos residentes no local há mais de 1 ano, resultando um envelhecimento em relação aos sons profundos de pessoas de em média de 35 anos para 50 anos. No meio calmo, de 25 dB(A), antes da inauguração da autopista havia menores efeitos no EEG (9 contra 21) do que depois, apesar dos valores dos picos para reação no meio calmo serem menores do que no barulhento (Tabela 2).

Griefahn (1977; citado por Vallet, 1982) concluiu que o impacto por unidade de ruído impulsional cresce quando a freqüência do ruído cai. Assim a partir 40 minutos de intervalo se atingiria o maior efeito individual, em um lugar silencioso, sendo então recomendado agrupar as poucas ocorrências de ruído do que separá-las. Quanto a vôos noturnos o número mínimo de reações aparecem para nível médio até 35 dB(A), que era o nível de bem-estar noturno recomendado pela Organização Mundial da Saúde (OMS, WHO, 1980), conjugado a um pico máximo de 50 dB(A), e para um número de vôos até 15 por noite. Por outro lado, mostrou-se também que um nível de ruído diurno elevado

provoca um sono noturno pior, com maiores períodos acordados, 11,9%, condizentes com baixa de serotonina, e compensatoriamente sofrendo aumento de sonos NMOR profundos para 29,3%, coerente com maior necessidade de recuperação física e queda de sono MOR para 22,6% (Vallet, 1982 et al, 1975; Vallet, 1982; Frustorfer et al, 1985). Por outro lado, noutra experiência os indivíduos submetidos a 5 anos de barulho de cerca de 47 dB(A) no sono e que depois se mudam para outro quarto de 36 dB(A) tiveram um aumento de 19% de sono MOR Vallet (1982).

Os níveis de ruído encontrados nos hospitais de Belo Horizonte em pacientes praticamente sãos, por estarem em alta, em trabalho de Pimentel-Souza et al (1996), foram comparados aos dados de diminuição de estágios profundos de sono em pesquisas em laboratório na Itália de Terzano et al (1990), onde constaram perdas de 28% e 12% dos estágios III e IV e de 21% e 14,1% do estágio V respectivamente ao nível de 55 e 45 dB(A) de média. Estas quedas dos estágios III e IV, por estarem ligados ao repouso físico, são confirmadas indiretamente pelos dados obtidos de maior cansaço ao acordar dos pacientes do Hospital das Clínicas de 30,8% contra 4,7% no da Baleia, significativamente diferentes, e do estágio V, por estar ligado à atividade intelectual, perdas de concentração de 23,1% e 13,6%, para níveis de ruído médio de 53,7 e 45,5 dB(A) respectivamente durante à noite (Tabela 3). Os números médios de despertares por noite de sono foram estatisticamente idênticos, 2,50 e 2,75 respectivamente no silencioso e no barulhento, sendo praticamente idêntico também o número de picos acima de 10 dB(A) sobre o ruído de fundo, 19 e 21, confirmando que o número de acordares se liga mais com a relação sinal/ruído do que com o nível médio (Carvalho, 1996). Os números de acordares nas cidades de baixa poluição sonora na Europa, cerca de 1,0 por noite, é significativamente menor do que encontramos em Belo Horizonte (Janson et al, 1993).

Um dos mais silenciosos hospitais na periferia de Belo Horizonte, dentro dum parque ecológico, recebendo exclusivamente a barulho de atividades internas e devido ao mau projeto arquitetônico, generalizado no país, está no mínimo 5,5 dB(A) acima do recomendado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1966) e 15,5 dB(A) pela nova re-

comendação da OMS (Bergland & Lindvall, 1995). Isto significa que provavelmente nenhum hospital de Belo Horizonte satisfaz as condições sonoras ideais. Os níveis sonoros noturnos dos dois hospitais nesta cidade são bem superiores aos de 3 de Rennes, na França, no mesmo período com 42, 32 e 32 dB(A) em média, lá considerados incômodos por 91% do pessoal, mostrando paradoxalmente enorme tolerância ao ruído da população de Belo Horizonte, como aliás no Brasil como um todo, apesar de acompanhadas de sérios comprometimentos físicos, mentais e psicológicos, que podem estar passando despercebidos por renunciarmos aos nossos direitos fundamentais do ser humano. Estamos sujeitando a ser cidadãos de segunda categoria, pois só 66,6 e 33,4% respectivamente dos pacientes em Belo Horizonte relatam incômodo com nível de ruído superior de cerca de 22 e 13 dB(A) respectivamente aos de Rennes (Soyer & Pichon, 1993).

As conseqüências da queda de estágio V, onde ocorre a maioria dos sonhos, poderiam ser melhor estudadas na pesquisa em hospitais em Belo Horizonte. Mas, já se pode perceber em parte o prejuízo, pois além de acordar sem concentração, ocorre também: menores: prazer em dormir, recordação de sonhos e pensamentos influenciados pelos sonhos. É difícil de se tirar maiores conclusões nesta amostra de pacientes de hospital por terem nível de escolaridade baixa, 80% só com primário completo ou incompleto, e não exercerem ocupação intelectual. Mas se for solicitado desempenho nesta área, certamente será insuficiente, pois as atividades cerebrais parecem não terem sido bem recuperadas pela queda de duração do estágio V. As funções psíquicas também devem ter sido afetadas e são ainda mais difíceis de avaliar (Tabela 3).

Nos hospitais em Belo Horizonte, constatamos ainda que o ruído perturbou diretamente o sono de 69,2% dos pacientes no Hospital das Clínicas contra 31,8% no da Baleia, sendo as porcentagens de 31% e 0% respectivamente relacionadas especificamente ao ruído de trânsito, significativamente diferentes. Nas Clínicas, 61,5% dos pacientes acordaram ainda não satisfeitos com o sono, querendo dormir mais, apesar de terem uma duração de sono 30 minutos maior do que na Baleia, onde cai para 27,3% os que queriam dormir mais, dados significativamente diferentes. Enfim, num total

Efeito do Ruído no Homem Dormindo e Acordado

Aspecto do sono	Silencioso	Barulhento
Acordar mais cedo	27,3	38,5
Acordar mais tarde	31,8	38,5
Acordar cansado	4,6	30,8*
Acordar sem concentração	13,6	23,1
Acordar precocemente s/ conseguir dormir	27,3	38,5
Acordar por ter sido perturbado	31,8	46,2
Distúrbio do sono p/ desadaptação às acomodações	9,1	15,4
Distúrbio do sono p/ cuidados médicos	36,4	53,9
Distúrbio do sono p/ barulho	31,8	69,2*
Distúrbio do sono p/ doenças orgânicas	18,2	46,2
Distúrbio do sono p/ presença ou atenção a outra pessoa	9,1	38,5
Distúrbio do sono p/ problemas psicológicos	9,1	30,8
Distúrbio do sono p/ dormir durante o dia	50,0	61,5
Existência de acordares noturnos	86,4	92,3
Falta de rotina p/ preparar p/ dormir	22,7	38,5
Latência maior do que 20 min p/ dormir	40,9	69,2
Necessidade de dormir mais	27,3	61,5*
Não estar calmo bastante na hora de dormir	19,1	30,8
Prazer em dormir	63,4	23,1
Recordação de sonhos	18,2	15,4
Pensamentos influenciados pelos sonhos	14,3	9,1

*Tabela 3: Aspectos do sono, direta ou indiretamente ligados ao ruído, em percentagem de pacientes em alta. Num hospital mais simples, porém silencioso, todos itens foram mais favoráveis do que num hospital de melhor infra-estrutura, porém barulhento, segundo Pimentel-Souza et al (1966). *diferente significativamente do hospital silencioso.*

de 21 aspectos dos distúrbios do sono, direta ou indiretamente afetados por barulho, todos foram piores nas Clínicas do que na Baleia, apesar de ser um hospital de instalações bem melhores, mostrando que o ruído neutraliza a melhor infra-estrutura e a mais qualificada equipe técnica. O prolongamento do sono nas Clínicas nada resolveu, pois o sono era comprometido pela pior qualidade, deixando o paciente com mais vontade de dormir, mais perturbação ao acordar, muito menos prazer em dormir, mais perturbado com outros incômodos (doença orgânica, cuidados médicos, presença ou atenção a outras pessoas, problemas psicológicos) e com menos desfrute dos sonhos, piorando para alguns com acordar mais precoce (Tabela 3). Os danos sutis da poluição sonora no sono devem atingir a maioria dos hospitais, residências e escolas da região metropolitana de Belo Horizonte, e se pode estimar a extensão do dano epidemiológico por estar a maioria dos níveis de ruído da cidade compreendidas entre os níveis desses dois hospitais e certamente valendo para a maioria das zonas urbanas do Brasil e provavelmente também em grande parte para o barulhento 3º Mundo industrializado e urbanizado.

Níveis recomendados de ruído para dormir

Já em 1981, Vallet (1982) demonstrou que um índice da qualidade fisiológica para o sono, combinando o tempo total de sono, duração de estágios profundos III, IV e V e tempo passado despertado, só era preservado abaixo de nível médio de 40 dB(A) para ruído de trânsito. Juntando-se ao incômodo e mudanças de estágios por ruído de vôos de aviões este valor caía para 35 dB(A). Vallet (1982), dando origem à primeira recomendação da OMS de que o nível médio (Leq) de ruído para sono de qualidade deveria ser no máximo de 35 dB(A) (WHO, 1980).

O ruído “in situ” é mais prejudicial à qualidade do sono por possuir, associado a um nível de fundo, valores impulsivos elevados. Estabeleceram então diferenciação dos índices de incômodo e de despertar, baseados na relação ruído de pico em relação ao de fundo. Em conclusão, o ruído em pico desperta e incomoda mais quando o ruído de fundo é menor, sendo abafado seu efeito quando o ruído de fundo é maior, mas aí já se nota uma perda de qualidade pela superficialização do sono sem despertar (WHO, 1980; Álvares & Pimentel-Souza, 1992).

Pesquisas mais recentes revistas para a OMS chegaram à conclusão que os níveis de ruído nos quartos de dormir deveriam ser ainda 5 dB(A) mais baixos em relação à recomendação anterior, portanto média de 30 dB(A), valor contínuo, e máximo de 45 dB(A) de pico (Bergland & Lindvall, 1995), baseados em trabalhos como de Terzano et al (1990). Estes são valores que deveriam servir de referência para a jurisprudência do código civil, direito de propriedade, das leis de contravenções penais e ambiental no Brasil, para garantir ao cidadão o direito à tranquilidade no lazer e no trabalho (Muller, 1956; Oliveira, 1995) e para estabelecimento de legislação municipal pertinente e normas expedidas pelo IBAMA, introduzindo conseqüências punitivas intermediárias, como multas crescentes, para garantir recuperação física, mental e psicológica, condições necessárias para potencial devidamente a capacidade do cidadão para o trabalho moderno.

PERTURBAÇÃO DO RUÍDO NO HOMEM ACORDADO

Alterações das funções mentais e psicológicas pela invasão do ruído

As condições da consciência humana do homem acordado são dependentes do ruído, retirando a concentração em si, a introspecção no EU, distanciando o homem de si mesmo. O ritmo frenético da vida moderna torna o homem cada vez mais agitado, levando-o à condição de não mais perceber a superficialidade em que ficou reduzido.

A principal razão dessa tendência de saturação do ruído nas cidades modernas deve-se ao principal vilão da poluição sonora: o tráfego de veículos automotivos. Cada carro de passeio é uma fonte emissora de cerca de 70-75 dB(A) a 7 metros. Na medida que o trânsito é baixo, a passagem de um carro dá um impulso transitório daquele nível, mas se o tráfego se torna contínuo e emprisado por paredes refletores, em que se converteram nossas vias públicas, o nível de ruído tende a ser quase estável em torno de 70-75 dB(A), tornando-se maior com o adensamento do trânsito. Por outro lado, os ruídos impulsivos dos aparelhos eletroacústicos e a

música ao vivo estão contaminando nossos habitats, sobressaindo mais no período noturno sobre um menor nível se ruído de fundo.

Danos à comunicação oral e à audição

Nesta era materialista, as informações tomam um caminho unidirecional: da Mídia para o cidadão em estado de consciência acordado, alimentado predominantemente pelo sentido visual. Esse detém 90% dos canais para o cérebro, carreando enorme quantidade de informação, multiplicada ao extremo pelas Mídias modernas, mas sendo demasiado inoperantes na interatividade entre os indivíduos, seu calcanhar de Aquiles, pois faz do homem um ser passivo, apenas receptáculo. A poluição sonora se torna um inimigo sutil ou quase imperceptível da comunicação oral, pois o som é visto por muitas pessoas apenas como uma onda que passa. Não se percebe como o ruído invade a audição, ocupa nosso cérebro, ativando e monopolizando-o, chegando a reduzir drasticamente o poder de comunicação oral e de reflexão das pessoas.

A intensidade de ruído acima do nível 60 dB(A) já ultrapassa 5 dB(A) a fala civilizada, começando a mergulhar a voz educada, no caos sonoro, e o ouvinte, em distúrbios de atenção e de concentração. A inteligibilidade de 100% de palavras fáceis exige excessiva intensidade da voz acima 10 dB do ruído de fundo, que em nossas cidades usualmente passam de 70 dB(A). Com isto podem ser estressadas as cordas vocais e incompatibilizar as boas condições de concentração, de introspecção, de serenidade etc para atividades mentais e psicológicas de quem conversa. Em um ambiente mais barulhento ainda, as pessoas devem se contentar em entender apenas 50% das mensagens nas conversas, cujo conteúdo passa a ser apenas uma mera formalidade vazia, chamada na gíria brasileira de "troca de figurinhas", necessitando ainda intensidade da voz superar no mínimo o ruído ambiente de 3 dB(A) (Moch, 1985; Lambert, 1992). Em resumo, o homem moderno urbanizado pode ficar insensível ao excesso de informação se perder a sensibilidade auditiva, temporariamente pelo reflexo protetor do ouvido ou definitivamente por lesão das células ciliadas, resultando em prejuízo da comunicação oral por tornar a fala ininteligível ou inacessível com graves repercussões cognitivas e psicomotoras.

Perda auditiva permanente, muitas vezes superior a 20 dB(A) sobre pelo menos uma frequência crítica, é observada definitivamente em aposentados até jovens, desde que passadas várias horas diárias por cerca de 15 anos vividos em ambientes de mais de 85 dB(A), mas às vezes ocorre pior em adolescentes pelo uso inadequado de “walkman”, participação em orquestras etc. Uma fonoaudióloga britânica relatou que mais de 1 hora de assistência à televisão por dia pode perturbar seriamente a aprendizagem de criança até 3 anos. A mensagem acústica em um ambiente barulhento deixa de ser um som distinto para se perder no caos sonoro. Desta forma generaliza-se à força a desatenção na comunicação oral individual em benefício da visual de massa, além da perda gradual ou súbita da audição (MRC, 1985; Thiery & Meyer-Bisch, 1988; Vacheron, 1993; Buffe, 1993).

O nível médio dos fones de ouvido encontrado na Inglaterra em 1984 foi de cerca de 83 dB(A) e de ruído das discotecas de 90 dB(A), este último acarretando 0,5% de perdas auditivas permanentes de 18 dB(A) nos ouvintes de somente 2,3 horas de duração. Isto aumenta o contingente de surdos na Inglaterra de 30 mil por ano. Entre os músicos de orquestra foi encontrado de 33% a 70% de perda da audição (MRC, 1985). Mas no Brasil, como não há controle para o consumidor, presume-se que estes níveis sejam bem maiores. Os níveis de ruído nas regiões residenciais, hospitalares ou escolares, vizinhas destas atividades barulhentas deveriam ser respeitadas nas suas prescrições por questões de saúde preventiva, a curto e a longo prazo. Por isto, aquelas atividades ocasionais deveriam ser obrigadas a se isolarem acusticamente, limitarem seus níveis internos ou serem desenvolvidas em lugares ermos como foi no concerto de rock Woodstock em New York.

Bontinck & Mark (1977) citam que “uma pessoa de 80 anos que viva na África Central tem a mesma capacidade auditiva de um nova-iorquino de 18 anos”, pois está mergulhada numa paisagem silenciosa mais natural ao homem, que predominou na Terra há milhões de anos até meados do século XIX, quando houve a erupção da era industrial nas cidades. O DNA do gene humano teve seu retoque final neste longo período e a inércia de sua transformação natural não permite mudanças súbitas para gerar insensibilidade seletiva ao som, a não ser pela engenharia genética, que não ousaria perpetrar esta ousadia sob pena de gerar monstros humanos. Por

isto que Glorig propõe a substituição do termo “*presbiacusia*” pelo de “*socioacusia*”, tendo em vista que a perda auditiva com a idade é típica da sociedade industrializada e urbanizada.

Os níveis de ruído diurno, igual ou acima de 65 dB(A), de alguns países da Europa são considerados mais críticas, e em média só afetavam menos de 5% da população, mas em Belo Horizonte, cidade medianamente barulhenta entre as metrópoles da maioria das cidades do 3º Mundo industrializado e urbanizado, atingem mais de 95% da população. Ora, considerando uma isolação acústica de 10 dB(A), este ruído ressoaria no interior das habitações no limiar do desconforto auditivo, 55 dB(A), (Álvares & Pimentel-Souza, 1992, Laboratório de Psicofisiologia, 1997; Pimentel-Souza, submetido).

Enquanto isto, no 3º Mundo industrializado continua-se a deterioração urbana pelo crescimento populacional, que em muitos casos ultrapassam as do 1º Mundo, sobretudo após a 2ª. Guerra Mundial, e perda acentuada da qualidade de vida. Oito das dez ou 27 das 40 maiores megalópolis do Mundo são terceiromundistas. A poluição sonora parece ser a mais sutil e traiçoeira, pois lembra Schafer (1977): “Espaço acústico não é espaço visual ou físico. Não se pode possuí-lo, ou demarcá-lo num mapa. É espaço compartilhado, possessão comum, de onde todos os habitantes recebem sinais vitais. Pode-se destruí-lo facilmente, produzindo ruídos irrefletidos ou imperialistas.” Mais adiante: “Um habitante das redondezas pode descobrir que está compartilhando seu quarto ou jardim com a indústria aeronáutica internacional...”. É evidente que um habitante dum país terceiromundista, industrializado e urbanizado por maiorias mudas, contaminadas por barulho, passam por sua vez a serem barulhentas, por se tornarem insensíveis também. E todos, independentes de suas necessidades ou desejos, vêm-se obrigados a compartilhar de todas as mazelas e maus gostos de seus vizinhos, ficando susceptível às perturbações de sua vida íntima e interioridade e sendo impedidos de crescerem e de amadurecerem mesmo nas horas de lazer. O problema é agravado nos edifícios de apartamentos, residências apinhadas e construídos sem a menor preocupação de isolação acústica e cujo ônus excessivo para isolação acústica torna impraticável a sua recuperação. Por outro lado, discotecas, salões de festas, “shopping centers”, restaurantes etc levam ao “inferno acústico”, de 80-90 dB(A) ou mais, as pessoas, embaladas vaidosamente

te no aspecto negativo do consumismo e boemia modernista terceirmundistas, prejudicando as transformações sociais (Tabela 4; Bontinck & Mark, 1977; Baring, 1988a,b,c,d; Girardet, 1992).

Distúrbios físicos e mentais, estresse, desequilíbrio hormonal e conseqüente violência

O barulho transitório a partir de 35 dB(A) já provoca reações vegetativas, que à longo prazo e em níveis mais elevados, a partir de 70 dB(A), se convertem permanentemente em hipertensão arterial, secreção elevada de catecolaminas e de hormônios corticosteróides

e adrenocorticotróficos, úlcera péptica, estresse, irritação, excitação maniaco-depressiva, arteriosclerose, infarto (Tabela 4; Cantrel, 1974; WHO, 1980; Rai et al, 1981; Vacheron, 1993; Babisch et al, 1993; Pimentel-Souza, submetido).

Nas fábricas misturam-se marteladas pneumáticas e mecânicas com rotação de peças; e no lazer de restaurantes e de casas noturnas expande-se o estardalhaço pela noite a dentro, agredindo violentamente o ambiente acústico das zonas residenciais. Inviabiliza o silêncio, criando um barulho de fundo sem trégua, agora invadindo o cérebro dia e noite. Tudo isto descontrola o ritmo biológico do homem, tornando-o excitado, agres-

Ruído dB(A)	Ambiente Acústico		
	Local	Reações Fisiológicas	
Saudável	20	Ambiente natural, sussurrar da brisa, canto suave de pássaros (Bontinck & Mark, 1977)	Indicado para meditação, intimidade, concentração mental e a vida saudável com tranqüilidade
	30	Ambiente de aldeias (Nava, 1958)	LIMITE DE SONO DE QUALIDADE (Terzano et al, 1990, Berglund & Lindvall, 1995)
	35		Início incômodo no sono (Berglund & Lindvall, 1995)
	40	Indicado para salas de aula e de hospitais (Berglund & Lindvall, 1995)	
	50	Ruas tranqüilas sem tráfego (Nava 1958), Limite para música de fundo	LIMITE DO CONFORTO AUDITIVO,
Tolerável	55	Limite indicado para pátios escolares (Berglund & Lindvall, 1995)	INÍCIO DO ESTRESSE LEVE, que excita o sistema nervoso autônomo simpático, produzindo desconforto auditivo, maior vigilância e agitação (WHO, 1980; MRC, 1985; Thiery & Meyer-Bisch, 1988, Lambert, 1992)
	65		Nível da fala de pessoa civilizada (Moch, 1985)
Insalubre	70	Ruas de tráfego bem intenso até cerca de 1000 veículos hora (vph) (Álvares & Pimentel-Souza, 1992; Gazolla DA et al, 1998 a e b)	INÍCIO DO ESTRESSE DEGENERATIVO, infarto e anestesia por morfina endógena (Selye, 1954; Moch, 1985, Babisch et al, 1993); nível de fala poluída por ruído e limite da inteligibilidade na conversa (Fantissini et al, 1985)
	75		LIMITE PARA INÍCIO DE DANOS AUDITIVOS (MRC, 1985; Thiery & Meyer-Bisch, 1988)
	80	Média impulsos em: corredores de trânsito intenso acima de 5000 vph, ambientes industriais, arredores de aeroportos, salões com música (Moch, 1985, Álvares & Pimentel-Souza, 1992; Gazolla DA et al, 1998 a e b) fone de walkman (MRC, 1985) e interior de ônibus silenciosos (Lambert, 1992)	
	85	limite do Ministério Trabalho para jornada 8 horas (Fantassini et al. 1985)	
	90	nível médio em discotecas (MRC, 1985)	
	100	média com impulsos: buzinas de carros e em músicos de orquestras. Interior: de ônibus barulhentos e oficinas de lanternagem (MRC, 1985)	
	120	interior de caldeiraria e martelo pneumático (MRC, 1985)	SURDEZ NEURAL, DOR LIMIAR NO OUVIDO, LESÃO DAS CÉLULAS CILIADAS (MRC, 1985)

Tabela 4: Reações fisiológicas correlacionadas com níveis de ruído ambientes

Fonte: Pimentel-Souza, Efeito do ruído no homem dormindo e acordado, SOBRAC-2000, Belo Horizonte – MG, 15-19 abril de 2000

sivo e maníaco, levando-o freqüentemente à depressão em caráter epidemiológico crescente, que já atingiu mais de 20% da população dos EUA e cujas conseqüências ainda hoje mal podemos avaliar (Bontinck & Mark, 1977; Brandão & Graeff, 1993; Ludermir, 1995; Goleman, 1995; Pimentel-Souza, submetido).

As informações externas entram no cérebro, se dirigindo para o polo frontal, da racionalidade, onde é processada. Aí está conectado a uma rede neuronal de retroalimentação, que controla o excesso, atuando como mecanismo de auto-proteção e salubridade, eliminando informações pouco assimiláveis, de pouco conteúdo, caotizadas, visuais, emocionais etc, sobretudo fora do contexto. A sobrecarga deste circuito pode levar a uma espécie de esquizofrenia, reduzindo drasticamente a capacidade interpretativa do cérebro (Floru et al, 1987; Brandão e Graeff, 1993; Goleman 1995; Pimentel-Souza, submetido).

Hoje nos países desenvolvidos, após uma euforia de crescimento, há uma tendência à diminuição da população urbana e controle mais rígido e programado da qualidade de vida, garantindo ao ser humano melhores rendimentos nos trabalhos físico, mental e psicológico (Floru et al, 1987). Um esforço para melhoria da qualidade de vida em toda a França fez cair o incômodo em geral na habitação, de 70% para 34% na década 1976-86, mantendo sempre o ruído como o principal agente agressor com 79% das queixas em 86, do qual a principal fonte era o trânsito com 55% (Maurin & Lambert, 1990). Mesmo assim os impactos no ritmo social e na estrutura da família estão ameaçando o bem-estar e levando a maioria das pessoas à conflitos crescentes nos EUA, onde mais de 25% já sofrem de ansiedade, exportando para o mundo globalizado. Por necessidade de desempenho para manter a saúde, o horário de ir para a cama à noite é quase sagrado no 1º Mundo, mas no 3º Mundo a situação se agrava pela mentalidade libertária e boêmia, condenando-nos ao subdesenvolvimento e à insalubridade (Ludermir, 1995; Pimentel-Souza, submetido).

Selye (1954), o descobridor do estresse, mostra sua múltipla origem, tendo em comum tudo que ameaça a vida. Henry (1993) revisou que a reação hormonal no seu primeiro nível começa com liberação de noradrenalina, num segundo estágio adrenalina, que são os hormônios da violência e do medo respectivamente. Em um 3º estágio liberam-se glicocorticóides, que levam à inibição das

gonadotrofinas e oxitocinas, afetando a persistência, comportamentos sociais e sexuais, ainda provocando a depressão psicológica, à deficiência imunológica, a desintegração orgânica, óssea, muscular etc (Cantrell, 1974; Pimentel-Souza, 1992; Stanfeld, 1993; Pimentel-Souza, submetido). Cantrell (1974) observou aumento de liberação de 25% de colesterol e 68% de cortisol em jovens submetidos a ruídos de fundo de 50 e 70 dB(A), respectivamente à noite e de dia, com picos de cerca de 85 dB(A) só a 3% do tempo. Já Rai et al (1981) observaram em trabalhadores submetidos a jornadas de trabalho de cerca de 7 horas em ambientes de cerca de 97 dB(A) aumentos de 46% no colesterol livre e 31% no cortisol. Isto significa que pelos níveis de ruídos urbanos do 3º Mundo seus cidadãos estão “ingerindo muita gordura e outros venenos pelo ouvido”, sujeitando-se a sérios distúrbios hormonais, que se operam na “surdina”, pois seus efeitos se revelam à médio e longo prazo e não são evidentes como um “raio da morte”, abatendo de imediato a vítima. Isto é confirmado por Babisch e cols (1993) ao detectarem aumento de 20% de infarto de miocárdio em regiões de Berlim com ruído acima de 70 dB(A) de média. A questão no 3º Mundo parece mais grave, pois, por exemplo, cerca de 80% da população de Belo Horizonte que habita provavelmente esta região de maior densidade habitacional, situada do amarelo ao vermelho no Mapa Acústico do Laboratório de Psicofisiologia, UFMG (1997) estão submetidos no período diário a ambientes acima de 70 dB(A). Daí pode-se estimar então 800 mortes silenciosas e graduais devem estar ocorrendo por ano só devido ao ruído dentre as 5000 constatadas pelo IBGE em 1990, devido a arteriosclerose em geral (Pimentel-Souza, submetido).

O mais traiçoeiro ocorre em níveis moderados de ruído, porque mansamente vão se instalando estresse, distúrbios físicos, mentais e psicológicos, insônia e problemas auditivos. Muitos sinais passam despercebidos do próprio paciente pela tolerância e aparente adaptação e são de difícil reversão. Muitas pessoas, perdidas no redemoinho das grandes cidades, não conseguem identificar o ruído como um dos principais agentes agressores e, cada vez mais, menos o sentem, ficando desorientados por não saber localizar a causa de tal mal. Por isso nada se faz e vive-se sob o impacto de uma abusiva, portanto ruidosa mecanização e sonorização eletrônica, de ambientes fechados e abertos.

Não se avaliam devidamente os efeitos somados pela poluição sonora por desconhecer os trabalhos científicos, por não arrolar provas suficientes de convencimento, por não se poder captar a causa pelos próprios olhos, nesta era considerada de predomínio visual, e por ter-se tornado insensível ao dano na comunicação verbal e na saúde. Está colocado o enigma da civilização moderna: ou se decifra ou se é devorado por ela (Pimentel-Souza, 1992).

Por outro lado, o estresse elevado chega até a liberação de endorfinas, propiciando prazer fácil e insensibilização das pessoas pelo efeito anestésico das próprias agressões orgânicas, a ponto de ficarem barulho-dependentes pela liberação no cérebro de drogas psicotrópicas. Tem-se o início a 55 dB(A) pelo efeito da noradrenalina, substância básica das anfetaminas, e alcança a 70 dB(A) a liberação de morfina endógena, criando situação precursora de uso externo de drogas psicotrópicas (Tabela 4; WHO, 1980; Graeff, 1984). Enquanto isto, o confuso e ignorante 3º Mundo industrializado, mergulhado em problemas de sobrevivência, não atina que o ponto estratégico para o melhor investimento é cultural-educativo, para o qual a qualidade de vida é essencial para preparar o recurso humano para a maior produtividade moderna. Ficamos embalados no espoucar do carnaval e futebol, que vão tomando o ano inteiro, e a boemia, que atrai nossos jovens e outros zumbis pela noite à dentro, alienando-os de encarar na vida a busca de uma alegria mais saudável, não se traduzindo em realização moderna (Pimentel-Souza, submetido).

O quê acontece com a pessoa que é constantemente excitada no seu sistema nervoso simpático? Primeiro, esta reação é um sintoma duma agressão do meio da qual o organismo se defende. Em se tratando de ruído ambiente, não se materializa a figura do agressor. Portanto, desenvolve-se, além do medo, a ansiedade. Isto é, ao mesmo tempo que a pessoa prepara-se para se defender ou atacar um inimigo virtual, ela sente-se desorientada para tomar iniciativa. As situações acima são características duma virtual tolerância, ao desconhecer todo o processo interno, mas apoiando pelo "Superego" do Senhor do Engenho, magistralmente descrito pelo sociólogo Gilberto Freire, em *Casa Grande e Senzala*, nos escravizam até hoje. Certamente isto são marcos da personalidade histórica do brasileiro, que levaram Mário de Andrade em 1926 a descrevê-lo como Macunaíma, herói sem caráter e surrealista, e Sérgio Buarque de

Holanda, como o "homem cordial" em 1946. De lá para cá as condições de qualidade de vida do brasileiro pioraram com as urbanizações maciças; mais de 70% da população vivem amontoadas em cidades; cercadas por uma industrialização selvagem e uma favelização desumana. Assim o que se pode esperar é o aumento da tensão física e psicológica, capaz de torná-la ainda mais ansiosa e fragmentada, esquizofrênica mesmo.

A impotência de agir diante duma agressão leva à neurose, conflitos retidos e prontos para desabar sobre o primeiro sinal que tenha aparecido, recebendo indevidamente no primeiro estímulo uma carga excessiva de reatividade, podendo se tornar completamente sem nexos. Está acesa a fagulha do conflito social, o mal humor, as agressões mútuas, a violência etc, que campeiam pelas nossas cidades inchadas, pois fomos embalados no mito idiota de que "Deus é brasileiro" (WHO, 1980; Kandel, 1985; Maurin & Lambert, 1990;).

Pesquisas constaram que pessoas que afirmaram não serem perturbadas pelo barulho perderam inconscientemente eficiência e inversamente as que se diziam perturbadas mantiveram seus rendimentos sofríveis. De fato, aumentando de 55 a 85 dB(A) o nível do ruído branco faz-se elevar a frequência cardíaca, a taxa de excreção de adrenalina, as perdas em desempenho em tarefas de cálculo, os aumentos de erros, os retardos nas repostas e nas conclusões, as restrições no campo visual, capacitando-nos apenas para tarefas mais simples (Floru et al, 1987).

Entretanto, o estresse, assim como o próprio ruído, não podem ser considerados simplesmente nocivos. Sabe-se que o estresse leve aumenta a atenção e vigília da pessoa acordada, sendo portanto útil na produtividade econômica e evita danos de desatenção, tão cara ao sistema econômico neoliberal em expansão no mundo (Selye, 1954; Floru et al, 1987; Rodrigues & Gasparini, 1992). O silêncio excessivo pode não contribuir para a produtividade econômica de uso intensivo da mão de obra, pois torna todo som mais perceptível, podendo mesmo dispersar atenção, fixando o interesse noutra fonte impulsional mais audível, ou precipitar depressão no indivíduo já viciado em barulho pela síndrome de abstinência, embora possa despertar o a criatividade e a percepção das coisas que entram em consideração para a solução de problemas.

Mas, o trabalho qualificado torna-se cada vez mais intelectual e dependente de silêncio para exercê-lo com proficiência e para preparar a concentração mental e

equilíbrio psicológico, inclusive pelo sono bem dormido (Pimentel-Souza, submetido). A música melódica, administrada adequadamente conforme a situação, ambiente e nível de intensidade pode levar pessoas a um êxtase salutar, em algumas horas em salas de concerto, devidamente separadas e isoladas ou em consultórios ou clínicas terapêuticas, ajudando na evocação de emoções sob controle, para serem usadas em processos terapêuticos e preventivos do estresse. É sabido que os monges budistas, que desenvolvem muito o auto-controle, procuram de preferência as montanhas por serem áreas de ambiente rural particularmente silenciosas (Guilhot et al, 1984; Halliday & Resnick, 1991).

É preciso também pôr um limite na incidência do estresse sem trégua, mesmo para o trabalhador braçal, sem o qual o homem é levado às fadigas física e mental, à falta de humor, à exaustão de suas forças até perder o sentido da vida. Eventualmente, numa intensidade fulgurante, uma ciclitimia enlouquecedora é capaz de abatê-lo subitamente com aumentos da agitação, erros, dificuldade de aprendizagem, acidentes, agressividade, assaltos, violência, assassinatos, falta de concentração mental etc (Pimentel-Souza, submetido). Rio de Janeiro e São Paulo, apesar do mito da bonomia brasileira, corroboradas pelo altíssimo nível de ruído, já ultrapassam em criminalidade New York, tradicionalmente conhecida pelos crimes nos sindicatos e da mafia.

O mesmo também pode-se dizer de outras cidades terceiro mundistas barulhentas, sem poder dizer exatamente qual é a causa e qual é o efeito, pois todos interagem positivamente nesta direção (Selye, 1954; Goleman, 1995; Pimentel-Souza, submetido). Neste cenário, embora empobrecedor da percepção, é compreensível o uso de música melódica de fundo com sinais pouco impulsivos, cujo nível não deve ultrapassar 50 dB(A), para otimizar a produção ou efeitos evocativos agradáveis sem desconcentrar (WHO, 1980; Schafer, 1977). Nesta linha deve-se evitar o nível de estresse leve permanente, que estimula o sistema nervoso simpático, acarretando sérios prejuízos já a médio prazo. Com a expansão da aparelhagem eletroacústica, a sonoridade das cidades transformou-se em um mundo inteiramente novo para as gerações de seres humanos contemporâneos, cujos malefícios o 1º Mundo consciente procura limitar e o 3º, ignorante e impotente, com sua sofreguidão agrava o sofrimento humano.

Níveis de ruído recomendados em vigília

“Saúde” tem sido definida pela OMS como “um estado de completo bem-estar físico, mental e social, e não somente a ausência de doença ou enfermidade” (Berglund, 1991). Enquanto isto os dados científicos são as referências mínimas mais seguras para o cumprimento de jurisprudência das leis de tranqüilidade na residência, de contravenções penais no Brasil, que visam assegurar ao cidadão o direito à tranqüilidade no lazer e no trabalho (Muller, 1956; Oliveira, 1995) e para o estabelecimento de legislação municipal, uma vez que outras pessoas mais sensíveis ou debilitadas estão em condições piores. Faz-se necessário conseqüências punitivas mais aplicáveis, como multas crescentes para viabilizar nossa liberação do caos e do mal-estar, diante do “jeitinho” brasileiro da irresponsabilidade da desconsideração e da ilegalidade.

Admite-se para o período diurno níveis mais elevados nas residências e escritórios, que não deveriam ultrapassar 50 dB(A). A partir de 55 dB(A) começa-se a ativação nervosa autônoma simpática, com todos os inconvenientes a partir da pressão do estresse leve, pela ativação permanente do sistema reticular ativador, mantendo-se o ser humano preocupado sem uma razão e com agitação motora estéril, afetando o sistema nervoso central como um todo. Mas, adotam-se utilitariamente níveis iguais ou acima de 55 dB(A) para pressionar o operário a produzir ou o cliente a comprar, o que de forma alguma deveria ser feito sem seu consentimento (WHO, 1980; Berglund & Lindvall, 1995).

Já nas atividades de lazer de concertos em salas ou ao ar livre e discotecas recomenda-se que o nível médio (Leq) não ultrapasse a média de 90 dB(A) por 4 horas de audiência ao nível do espectador. A descontração do ouvinte deve provocar menos malefícios do que num ambiente de trabalho. Para evitar lesões auditivas de ruído impulsivo com armas de fogo ou brinquedos, tanto os executores como os espectadores não devem ser expostos a mais de 140 dB(A) de pico, mesmo assim munidos de protetores auriculares.

A reverberação excessiva nas catedrais medievais, de 5 a 10 segundos, exigia que a comunicação fosse transmitida pelo canto lento, como o gregoriano, invés de melhor articulada, para não se atropelar os fonemas, dificultando o entendimento. As pequenas capelas encorajaram o aparecimento da

música barroca mais ágil e adaptada à reverberação de 1,5 segundos. As músicas sinfônicas já foram compostas para produzir um pequeno efeito de mistura de notas anteriores às que estavam sendo executadas, por isto que as salas de concertos optaram por um tempo de reverberação maior de 1,7 a 2 segundos. Nas salas de aula os níveis de ruído não deveriam exceder 35 dB(A) e prioridade deveria ser dada ao tempo de reverberação de 0,6 segundos para se obter maior inteligibilidade num fluxo rápido de comunicação. Já nas salas de reunião e cafeterias em prédios escolares o tempo de reverberação pode ser maior, mas abaixo de 1 segundo, para manter alguma inteligibilidade, obedecendo um nível de 50 dB(A) para não estressar, procurando manter o relaxamento. Nos playgrounds exteriores o nível médio (Leq) não deve exceder 55 dB(A) (Ridgen, 1991; Berglund & Lindvall, 1995).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- ABNT, NB-95, 1966. *ABNT*, Rio de Janeiro.
- Álvares PAS e Pimentel-Souza F, 1992. A Poluição Sonora em Belo Horizonte. *Revista de Acústica e Vibrações*, 10: 22-42.
- Aserinsky E, Kleitman N, 1953. Regularly occurring periods of eye motility, and concomitant phenomena, during sleep. *Science*, 118:273-274.
- Babisch W, Elwood PC & Ising H, 1993. *Road traffic noise and heart disease risk*. In Vallet, M. (ed), Proceedings of the 6th Int. Cong. on Noise as a Public Health Problem. Nice, France, vol.3: 260-267.
- Baring JGA, 1988a. *Desenvolvimento tecnológico em acústica das edificações*. In IPT (ed.), Tecnologia das Edificações. São Paulo: Pini, 415-424.
- Baring JGA, 1988b. *Isolação sonora das fachadas*. In IPT (ed.), Tecnologia das Edificações. São Paulo: Pini, 425-428.
- Baring JGA, 1988c. *Isolação sonora de paredes e divisórias*. In IPT (ed.), Tecnologia das Edificações. São Paulo: Pini, 429-434.
- Baring JGA, 1988d. *Acústica de escritórios*. In IPT (ed.), Tecnologia das Edificações. São Paulo: Pini, 439-446.
- Berglund B, Lindvall T, 1995. Community Noise. *Archives of the Center for Sensory Research*, Stockholm, 2(1):1-195.
- Berglund B, 1996. Health effects of community noise. *Acoustic Bulletin*, 21(4): 17-21.
- Bontinck I & Mark D, 1977. Rock...Pop...e decibéis. *O Correio (UNESCO)*, 4(1):9-13.
- Braz S, 1988. *O sono e seus distúrbios na cidade de São Paulo*. Tese de Doutorado. Escola Paulista de Medicina, São Paulo.
- Brandão ML & Graeff FG, 1993. *Esquizofrenia*. In Graeff e Brandão (ed), Neurobiologia das doenças mentais. São Paulo: Lemos, 51-78.
- Buffe P, 1993. Pollution par le bruit. *Echo-Bruit*, 59:19-22.
- Cantrell RW, 1974. Prolonged exposure to intermittent noise: audiometric, biochemical, motor, psychological and sleep effects. *The Laryngoscope*, supl. 1, 84(10/2):1-55.
- Carvalho JC, 1996. *A qualidade subjetiva do sono e atividades organo-cerebrais relacionadas com níveis sonoro e hormonal de cortisol em pacientes hospitalizados*. Tese de Mestrado, ICB-UFMG, p105.
- Chapon A, Pachiaudi G, Vallet M, 1972. *Perturbations du sommeil par le bruit chez l'habitant*. CERNE, BRON/France.
- Cipolla-Neto J et al, 1988. *Introdução ao estudo da cronobiologia*. Icone, São Paulo.
- De Koninck J, Lorrain D, Christ G, Proulx G, Coulombe D, 1989. Intensive language and increases in rapid eye movement sleep: evidence of a performance factor. *International Journal Psychophysiology*, 8:43-47.
- Fantassini ML et al, 1985. Norma para avaliação de exposição ocupacional ao ruído. *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional*, 13:50, 92-96.
- Floru R, Cnocksert IC, Damongot A, 1987. Vigilance et nuisances physiques. *Cahiers de notes documentaires*, 128: 331-355.
- Foulkes D, 1996. Sleep and dreams. *Sleep*, 19(8): 609-624.
- Friedman J; Globus A, 1974. G. *Effects of cessation of late night landing noise on sleep electrophysiology in the home*. Report NASA 132.543, USA.
- Frustrorfer B, Frustrorfer F, Grass P, Milerski HG, 1985. Daytime noise stress and subsequent night sleep: interference with sleep patterns, endocrine and neuroendocrine function. *International Journal Neuroscience*, 26: 301-310.
- Gazolla DA; Pavanello LG; Vecchi MAM, 1998a. Ruído em ambiente urbano do tráfego veicular. *Anais do XVIII Encontro da SOBRAC*, Florianópolis, 5-8 abril, pp 459-462.
- Gazolla DA; Pavanello LG; Vecchi MAM, 1998b. Impactos do tráfego veicular nos níveis de ruído urbano. *Anais de ACÚSTICA 98*, Lisboa, Portugal, 14-18 setembro.
- Girardet H, 1992. *The GAIA Atlas of cities*. Gaia Books:London.
- Graeff F, 1984. *Neurofisiologia da dor*. In: Graeff (ed), Drogas psicotrópicas e seu modo de ação. São Paulo: EPU-EDUSP.
- Goleman D, 1995. *A inteligência emocional*. Rio de Janeiro, Objetiva.
- Guilhot J e M, Jost J. *La musicothérapie et les méthodes d'association des techniques*. Paris:, ESF, 1984.
- Halliday D & Resnick R, 1991. *Fundamentos de Física*. São Paulo: LTC Editora, vol. 2, 131-135.
- Henry JP, 1993. *Biological basis of the stress response*. NIPS, 8: 69-73.
- Hughes A, 1996. *Traffic*. In: Morris & Therivel (ed.) Methods of environmental impact assesment. London, UCL, 64-77.
- Janson C et al, 1993. Prevalence of sleep disturbances among young adults in three european countries. *Sleep*, 18(7): 589-597.
- Kandel ER, 1985. *Processing of form and movement in the visual system*. In Kandel and Schwartz (ed), Principles of neural science. Elsevier. New York. 366-383.

Efeito do Ruído no Homem Dormindo e Acordado

- Kleitman N, 1973. *Padrões de sono*. In Scientific American (ed.), Psicobiologia. EDUSP-Polígono, São Paulo, 241-249.
- Laboratório de Psicofisiologia, UFMG, 1997. *Mapa Acústico*. Internet: www.icb.ufmg.br/lpf.
- Lambert J, 1992. -What policy to fight urban road traffic noise?, *Recherche Transport Sécurité (English issue)*, 8:25-32. Bron, France: INRETS-LEN.
- Ludermir AB, 1995. Urbanização e saúde mental: perspectivas para pesquisa. *Jornal Brasileiro de Psiquiatria*, 44(12):665-668.
- Lukas JS, 1971. Relative frequency of five sleep stages and the relative sensitivity to tones during the sleep stages. *American Industrial Hygiene Conference*, Toronto.
- Maurin M & Lambert J, 1990. Exposure of the French Population to transport noise. *Noise control engineering journal*, 35(1):5-18.
- Moch A, 1985. *La sourde oreille, grandir sans bruit*. Toulouse: Époque-Privat.
- Mouret J, 1982. Fondements biologiques de la privation de sommeil dans le traitement des dépressions. *L'Éncephale*, VIII: 229-250.
- MRC, 1985. *Damage to hearing arising from leisure noise*. University of Nottingham, England: MRC Institute of Hearing Research.
- Muller Y, 1956. *Código penal*. Pongetti - Rio de Janeiro.
- Nava J, 1958. *Psicologia prática: visão e audição*. Belo Horizonte, Itatiaia.
- Oliveira J, 1995. *Código Civil*. São Paulo, Saraiva.
- Pimentel-Souza F, 1992. Efeitos da poluição sonora no sono e na saúde em geral: ênfase urbana. *Revista de Acústica e Vibrações*, 10:12-22.
- Pimentel-Souza F; Carvalho JC; Siqueira AL, 1996. Noise and quality of sleep in two hospitals in the city of Belo Horizonte, Brazil. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 29:515-520.
- Pimentel-Souza F, submetido. *A sonoridade do "habitat" terceiro-mundista e a saúde*. In Dias JCP (ed.), "Habitação, cidade e Saúde". Editora Fiocruz, Rio de Janeiro.
- Rai RM; Singh AP; Upadhyay TN; Pantil SKB; Naysar HS, 1981. Biochemical effects of chronic exposure to noise in man. *International Archives Occupational Environment and Health*, 48:331-337.
- Ridgen JS, 1991. In Halliday D & Resnick (eds.). *Fundamentos de Física*. São Paulo, LTC Editora, 2:131-135.
- Rodrigues AL & Gasparini ACLF, 1992. *Uma perspectiva psicossocial em Psicossomática: via estresse e trabalho*. In Filho, J.M., e cols., *Psicossomática hoje*. Porto Alegre: Artes Médicas, 98-102.
- Selye H, 1954. *Stress, a tensão da vida*. São Paulo: Ibrasa.
- Schafer RM, 1977. O Mundo dos Sons. *O Correio (UNESCO)*, 4(1):4-8.
- Stansfeld SA, 1993. Sensibilité au bruit et santé. *Médecine et Hygiène*, 51: 1801-1805.
- Soyer M, Pichon JL, 1993. Acoustic annoyance in the hospital. *Proc. 6th.Int. Congress "Noise as a public health problem"*, Nice, France, 621-624.
- Spencer JAD, Moran DJ, Lee A, Talbert D, 1970. White noise and sleep induction. *Archives of Disease of Child*, 65(01): 135-137.
- Terzano MG; Parrino L; Fioriti G; Orofiamma B; Depoortere H, 1990. Modifications of sleep structure induced by increasing levels of acoustic perturbation in normal subjects. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 76:29-38.
- Thiery Y & Meyer-Bisch, 1988. C. *Journal of Acoustical Society of America*, 84(2): 651-659.
- Vacheron A, 1993. Les effets cardio-vasculaires du bruit. *Echo-Bruit*, 59:23-24.
- Vallet M; Blanchet V; Bruyere JC; Thalabard JC, 1975. *La perturbation du sommeil par le bruit de circulation routière. Bruit et Sommeil*, Recherche environment, no. 3, CERNE, Bron, France.
- Vallet M, 1982. La perturbation du sommeil par le bruit. *Médecine sociale et préventive*, 27:124-131.
- WHO, 1980. Noise. WHO, Genève.

ABSTRACT.

This work has two parts: 1) **Sleep disturbs by noise:** Most people sleep with closed eyes and at least in twilight, abolishing the visual perception, responsible for more than 90% of the received information, and the assurance of detection of sudden attack. In sleep, hearing, the second sense in quantity of information keeps its channels open in an angular opening of 360°, surrounding the individual niche, in order to detect any sign of danger. The disturb by noise is one of the most critical, because for people sleeping in silence, the sleep is free to install in its best quality, which guarantees the most noble functions, recently unknown. On the contrary, the organism even sleeping begins to show gradually its alarm with increasing noise, and individuals tend to wake up. Since mean levels of 30 dB(A), disturbed reactions appear in viscera, in EEG and in sleep structure. The noise increases the time of superficial, almost useless, stages, while the total time of sleep and the necessary stages, MOR and 4, decrease considerably. The arousal can be reached more due to peak levels from 8 to 19 dB(A) over surrounding levels. As noise background increases at 65 dB(A), the protector reflexes of medium ear seem work, abolishing partially the hearing and introducing insecurity in the auditory vigilance, showed by the reaction of increase of time to sleep. The noxious situations in the city and in hospitals in Belo Horizonte are shown as an example of the industrialized and urbanized 3rd. World. The noise pollution, conscious or

unconsciously, worsens significantly the absolute quality of sleep, enchaining worse physical, mental and psychological performances. 2) **Awaken disturbs by noise:** Millions of Third World citizens are passively becoming injured physical, mental and psychologically, besides deaf, having their intellectual capacity impaired. Intelligibility, oral communication, education, welfare and life span average are altogether compromised, yielding a limited human potentiality. Their social-economical and the lack of self reaction against its noise polluted urban environments, industries and amusements, worsen by a high population density. Following the two industrial revolutions there was an accelerated degradation of the acoustic environments of working and residential places, and the noise contamination became wide spread on the world. The First World Countries were primarily harmed by this impact and have realized by the worsening in the economy and the rising of accidents, they reacted by changing the pathway during the third industrial revolution, when there was a deep and diffused invasion

of automotive vehicles in the urban space. Today these countries are interested in avoiding further damages of the human health, adopting measures to prepare to better intellectual and psychological competition in an up-to-date globalization. Their citizens became more conscious and claim for better quality of life. But, many of the Third World countries are being industrialized or urbanized much later, so that the environmental noise is yet exceeding high, in an effort, attempting to overcome the lost industrial revolutions. As result, their acoustic environment turn out to be unhealthy, invaded by intensive use of noisy old-fashioned equipment. Their populations are shown unable to by-pass these hard developing frontiers by means of modern and clean technologies in order to introduce themselves directly into the new pos-industrial age. Therefore, they continue to lose the timing in history. Belo Horizonte is examined as a typical industrialized and urbanized Third World emergent city.

Key words: Sleep, Noise Pollution, Human Performances, Acoustic welfare, Health.

QUAL É SUA ESPECIALIDADE EM ACÚSTICA ?

Na última assembléia geral da SOBRAC, realizada em Belo Horizonte no dia 19 de abril de 2000, foi discutida a possibilidade de formarmos grupos nas diferentes áreas de acústica e vibrações. Para tanto, estamos fazendo agora a chamada para a formação desses grupos.

A SOBRAC já conta um grupo em Acústica Veicular, que organiza simpósios a cada dois anos, e um grupo em Ruído Industrial, ainda com poucas atividades.

Prendemos, agora, organizar grupos nas seguintes áreas: Acústica Geral (linear, não linear, aplicada, computacional e aeroacústica); Acústica arquitetônica e Conforto Acústico; Controle de Ruído e Vibrações Industriais; Acústica Veicular;

Acústica submarina; Acústica musical; Ultra-som; Vibrações Mecânicas; Medições, Instrumentação e Processamento de sinais; Psicoacústica (fisiológica, psicológica e Produção de fala)

Ao longo dos anos a SOBRAC veio crescendo e, no presente, já possui membros especialistas em vários desses temas.

Gostaríamos, portanto, de convidar todos a participarem em um ou mais dos grupos de trabalho.

A Prof. Elvira Viveiros, da UFSC, foi indicada pela diretoria da SOBRAC para coordenar a criação desses grupos. Informação com Elvira, por fax: 0**48.331.9550 ou e-mail <elvira@arq.ufsc.br>.

TOTAL LOSS FACTOR IN BUILDING ACOUSTICS

MEASUREMENT AND APPLICATION

A. Schmitz and A. Meier, Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Section 1.42 Applied Acoustics, Bundesallee 100, 38116 Braunschweig, Germany

INTRODUCTION

The intention of sound reduction index (SRI) measurements in transmission suites is to obtain more reliable values of the specific test element's sound insulation properties. Unfortunately, these values are influenced by the mounting of the test element itself and the construction design of the test facility. Both the mounting of the test element and, in part, the design of the test facility can effect the damping of the test element. In ISO 140 [1] a suggested solution has been to take into account the damping in terms of the test element's total loss factor (TLF).

The description of the measuring procedure in this standard is, however, difficult to understand and incomplete. Furthermore, only a minimum loss factor has been specified for heavy elements under test. This requirement is not sufficient for solving the problem of different R values of identical test elements, and it has been suggested that such discrepancies may be accounted for with the aid of the TLF [2].

To address these problems, PTB implemented a project of two steps. The first step was to develop a suitable measuring procedure [3] for TLF. In order to determine the variance of sound transmission measurements in test facilities, in the second step of the project an inter-laboratory test (ILT) was performed in twelve different institutes. Test object was a heavy single wall. This ILT study included the measurement of sound reduction index, velocity levels and damping. Principles of the measuring procedure and the experimental results of the ILT are reported here.

BASICS

It is well known that the sound reduction of building elements not only depends on the mass and the critical frequency of the material itself. Another important value for the calculation of the sound insulation is the TLF, η_{tot} , of the element under test. Above the critical frequency, f_c , the R value may be calculated from the following equation,

$$R = \left[10 \cdot \log \frac{\omega^2 m'^2}{4 \rho_0^2 c_0^2} + 10 \cdot \log \frac{2 \eta_{tot}}{\pi} + 10 \cdot \log \frac{f}{f_c} \right] \text{ dB} \quad (1)$$

for $f > f_c$

where ω is the angular frequency; m' is the surface mass per squaremeter; ρ_0 is the density of air and c_0 is the speed of sound in air. A derivation of Equation (1) may be found in [4].

The TLF is the sum of different loss mechanisms: internal, airborne and structural, and may be expressed as [2],

$$\eta_{tot} = \eta_i + \frac{\rho_0 c_0 \sigma}{\pi f m'} + \frac{c_0 \sum l_k \alpha_k}{\pi^2 S \sqrt{f f_c}} \quad (2)$$

where η_i are the internal losses; σ is the radiation efficiency; l_k is the common length of junction k ; α_k is the junction absorption coefficient of junction k and S is the surface area.

The internal losses η_i of an element (shown in Figure 1) are frequency independent. For heavy walls the airborne energy losses through radiation from the element are usually lower in value in comparison to the structural energy losses to the walls surrounding the test element. These losses can be affected by the type of connection and the test facility. The connection to the

test facility can also be affected, by small fissures at the junction to the facility due to the drying process of the element. These factors can lead to differences in structural energy flow and thus the TLF not only between different laboratories but also in the same laboratory.

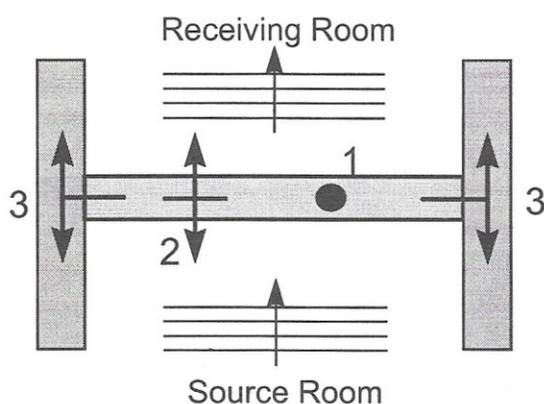


Figure 1. Different loss mechanisms of vibrational energy at building elements

- (1) internal losses η_i
- (2) losses due to radiation
- (3) flanking transmission

It can be seen from Equation (1) that above f_c a change in the TLF causes a change in R . As the critical frequency, f_c , normally occurs at low frequencies for heavy elements, a significant frequency range of the sound reduction index, R , will be affected by the TLF. As a result the element boundary conditions should be taken into account by using the TLF value. Using this value it is also possible to compare R values of the same test element for different boundary connection conditions, thus accounting for differences in the same laboratory or between different laboratories. The following formula allows comparison of R values by conversion using the TLF results,

$$R_B = R_A + 10 \log \left(\frac{\eta_B}{\eta_A} \right) \text{ for } f > f_c \quad (3)$$

The assumption for this equation is that in both situations the mass, thickness and critical frequency of the element under test are the same. Furthermore, the formula is valid only above the critical frequency.

DESCRIPTION OF THE MEASUREMENT METHOD

It is proposed in Annex E of ISO 140 part 3 [1] that the loss factor should be determined by measuring the structural reverberation time, as this method offers fundamental advantages over the energy balance method and the modal analysis which can be applied as well.

With the measured reverberation time, T and the third-octave band frequency f , the TLF, η_{tot} , can be calculated by,

$$\eta_{tot} = \frac{2.2}{f \cdot T} \quad (4)$$

Excitation

As is common practice also in room acoustics, the structure-borne decay curve can be obtained by Schroeder's backward integration of the impulse response of the system [5]. Impulses for exciting the building element can be generated either by a hammer or a shaker in conjunction with a maximum length sequence (MLS). In both cases, the response is picked up on the object tested with an acceleration transducer. A computer is used to calculate the decay curve from this response signal. In the measurement of structure-borne impulse responses, the well-known advantages of the MLS method, such as high measuring dynamics in spite of a low level, can also be incorporated. However, care should be taken that the system to be measured shows the linearity and time-invariance which is indispensable for this purpose (LTI-system). The excitation level of the vibration generator must therefore be so low that non-linear behaviour of the generator and non-linear deflection of the element under test has to be avoided. Only then will it be ensured that the signal level is distinctly higher than the noise level and that the impulse response can be evaluated.

A measurement method should be easy to apply. To generate an impulse on a building element, hammer hits could be a simple means when impulse responses are to be measured. Unfortunately, this method of excitation leads to problems when the impact reverberation time or total loss factor is to be determined.

Figure 2 shows the results of loss factor measurements on a brick wall with a surface mass of 440 kg/m^2 for the same measurement positions but with different excitation, i.e. in one case with different strength of hammer hits and in the other with the aid of a shaker (B&K 4809) and a maximum length sequence (MLS). The TLF is given in a logarithmic scale in which the reference loss factor is taken as the minimum loss factor in [3] (cf. Eq. 5).

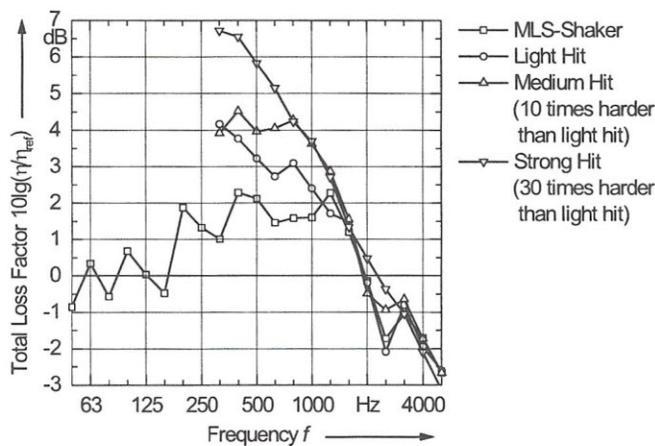


Figure 2. MLS and hammer excitation

For the hammer measurements a B&K Impact Hammer Type 8202 with a mass of 280 g has been used with a steel tip including a force transducer to check the strength of the hits. Below 250 Hz the hammer measurements were often influenced by background noise and could not be evaluated. As can be seen from the figure, the hammer measurements result in shorter structural reverberation times and thus higher loss factors. Increasingly stronger hammer hits lead to higher recorded values. It seems that the greater deflection of the component as a result of a hammer blow results in the linear range of Hook's law being left. This leads to increased losses which are reflected by a higher loss factor. Although everything seems to be an explanation of non-linearity no explicit evidence has been evaluated yet.

The effort needed for a measurement of a building element by means of a shaker is slightly greater than that for hammer excitation. Despite this, considering the results presented here it is not recommended to apply hammer excitation. Shaker excitation in

conjunction with the correlation analysis offers the advantage that the signal portions of the LTI system can be separated from the non-linear and time-invariant portions. These undesired portions are mostly assigned to the noise portion and thus separated from the useful signal. Moreover, there are clearly fewer non-linear portions in the case of shaker excitation since the energy is fed in over a prolonged period of time and the input power is thus low. Evaluation of the reverberation time, therefore, takes place only on the basis of the desired portions of the LTI system.

Measurement positions

The description of the TLF measurement in the present version of ISO 140-3 Annex E [1] does not specify the distances between the excitation point and the transducer positions. From theoretical calculations and measurements undertaken at PTB of the nearfield around the excitation point, and data given in [6], a minimum distance of 1 m between the exciter and transducer positions is required. The nearfield around the exciter position, leads to higher deflection of the component surface but does not transport energy. When this minimum distance is complied with, it also ensures that the points of measurement lie outside the reverberation radius for bending waves, which is max. 1 m for materials normally used in buildings. A derivation for the reverberation radius can be found in [7]. For measurements outside the reverberation radius, the dependence of the measured loss factor on the distance between transducer and exciter position is not significant. Furthermore, for practical measurements, the distance of the respective positions from the junctions should be at least 0.5 m.

In the low-frequency bands, due to the low-modal density, there is a stronger, non-systematic dependence of the reverberation curves on the location of the exciter and on the transducer position. As a consequence of the local interference phenomena between the few modes, the result varies as a function of the location so that a result is obtained only by sufficient spatial averaging of a corresponding number of measurement positions. In most cases, two points of excitation with three transducer positions each are sufficient for a standard deviation of the measuring procedure below 0.5 dB.

Filtering

To evaluate the frequency dependence of the structural reverberation time and, thus, of the loss factor, the impulse response of the element under test is to be filtered. The evaluation in third octaves is common practice in building acoustics. It is, however, a problem that the “virtual” reverberation times of the third-octave filters are of the same order of magnitude as the structural reverberation times. This means that the filters themselves distort the reverberation process to be measured so that the results of the evaluation are not meaningful.

Jacobsen [8] showed in 1987 that a maximum loss factor of 0.032 can be measured without error when analog third-octave filters are used. When this limit is exceeded, errors of measurement are reflected by an increasing high measured loss factor. But in most cases, the loss factors found for building components lie above this limit so that - according to present knowledge - standard third-octave filtering cannot be used for measuring these loss factors. Jacobsen also discussed the influence and limits of exponential averaging of the decay curve. The influence of exponential averaging can be avoided by using the method of integrated impulse responses (backward integration) [5]. Another advantage of applying this method is, that averaging of many decay curves due to random phases of the eigenmodes are not required.

According to ISO 140 part 1, for heavy walls, a minimum value of the loss factor should be complied with as otherwise a too small energy dissipation through the junctions leads to a lower R value. This minimum value depends on frequency and for low frequencies exceeds the limit of the maximum TLF measurable with normal third-octave filters (cf. Figure 3). For low frequencies it is therefore not possible to use normal third-octave filtering to prove a minimum loss factor according to ISO 140.

At least for digital IIR- and analog filter, a possibility of reducing the filter reverberation times and their influence on the structural reverberation time exists in the application of the time-reversed

filtering method [9]. It is independent of whether the transducer signal or the impulse response of the filter is time-reversed before convolution is applied to both signals. The distortion of the signal with normal analysis is due to the longer decay process of the filter impulse response, whereas the time-reversed technique makes use of the short rise time of the filter.

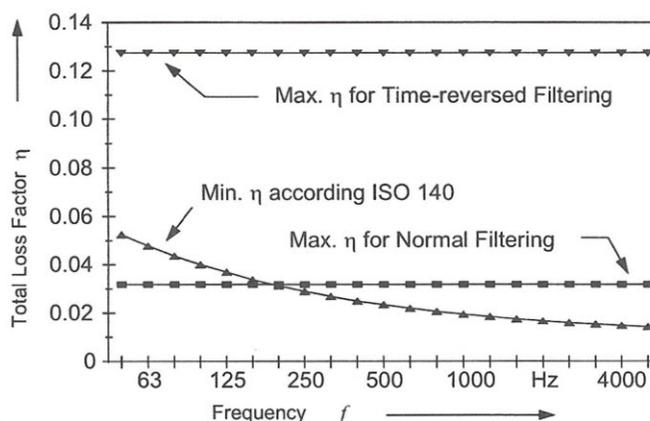


Figure 3. Limits of total loss factor measurement

Figure 4 gives an example of the distortion of a simulated decay. In 4a the original decay process is shown as an exponentially damped sine curve. Figure 4b shows the impulse response of a conventional 1000 Hz third-octave band filter. In 4c both curves are convoluted to simulate a filtering of the decay process in 4a. To derive the decay curve a backward integration of this ‘impulse response’ has to be applied [5], which is shown in 4d as a normal filtered curve. A comparison of this curve to the simulated unfiltered decay curve is also given to identify the distortion. If knowledge is only known of the first 30 or 40 dB of the diagram mistakes may be made in determining the correct reverberation time. Figure 4e shows the time-reversed filtered and its backward integrated curve is shown in 4f, which leads to a correct reverberation time, although the first 5 dB of the decay are still distorted. This range can be avoided by using T20 (-5dB to -25 dB) or other values that exclude the first range.

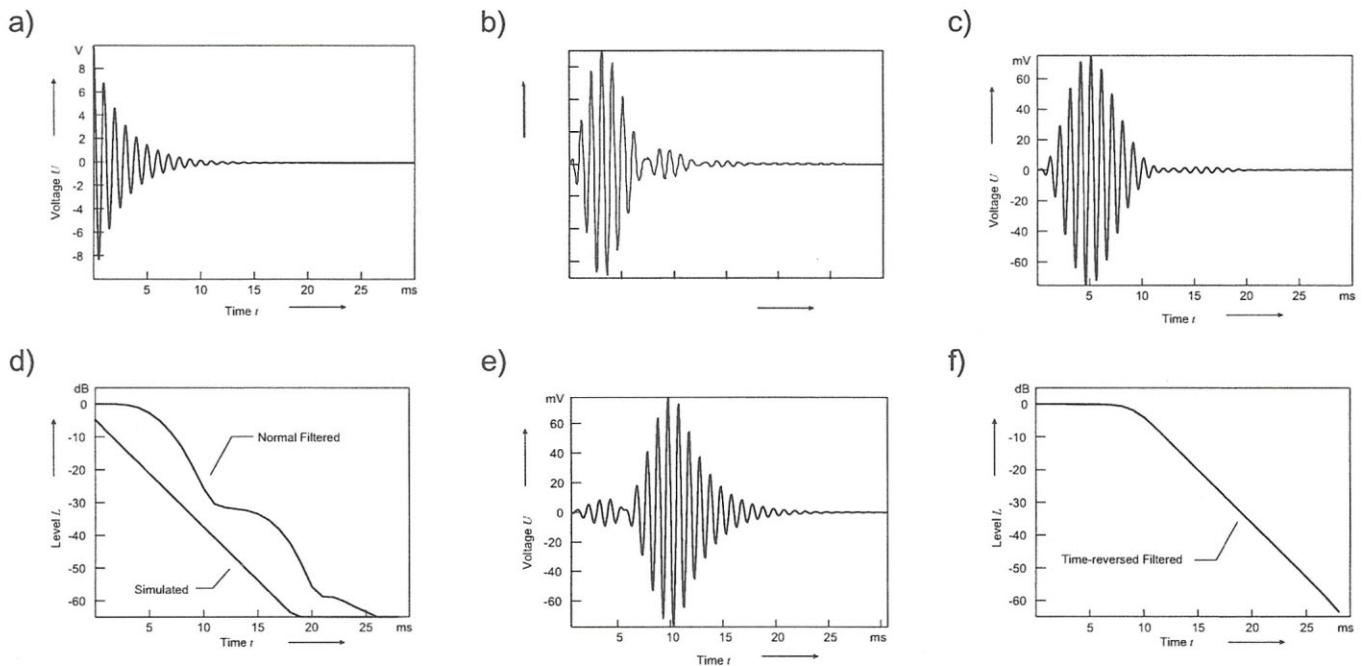


Figure 4. Normal and time-reversed filtering: Distortion of the decay process

- a) Simulated decay process: $f = 1000$ Hz; $T = 18.3$ ms; $h = 0.12$
- b) Impulse response of third-octave bandfilter: $f_m = 1000$ Hz; Norsonic 719
- c) Normal filtered decay process [convolution of a) and b)]
- d) Schroeder-backward-integration of curve a) and c)
- e) Time-reversed-filtered decay process
- f) Schroeder-backward-integration of curve e)

A comparison of Figure 4d and 4f clearly shows the approving influence of the time-reversed filtering to normal filtering. Normal filtering leads to distortion of short decay processes and mistakes of the reverberation time that can be avoided by time-reversed filtering as shown.

When the technique of time-reversed filtering is used, the limit of the maximum measurable loss factor increases by a factor of four to a value of about 0.125. This limit is sufficient for the measurements according to the minimum loss factor of ISO 140 [1] and for covering most of the practical loss factors of building elements. This technique has not yet been implemented in most analysers for building acoustics.

Detailed investigations into the filtering of short decay processes were carried out in 1997 in co-operation with RWTH Aachen [10]. This report also shows that time-inverse filtering always has to be applied to the measurement of reverberation times on building elements.

Evaluation

When the reverberation curves are evaluated and the reverberation time is determined, at higher third-octave bands in particular, the problem of multiple-sloped reverberation curves, as known from room acoustics, is encountered. This is due to the existence of different modes with different damping coefficients, which can in part be explained by the differences in the design of the junctions, because not all surrounding structures are made of the same material or are of the same thickness. It has been shown [11] that with multiple-sloped reverberation curves the early part of the curve should be used for calculating the damping behaviour because the early reverberation time describes the weighted arithmetic mean of all damping coefficients. An evaluation from T10 to T20 is therefore recommended for the evaluation of the structure-borne reverberation times. As already shown, a smaller evaluation range is not recommended as the first 5 dB of the reverberation curve can be distorted by time-reversed filtering.

APPLICATION OF THE MEASURING PROCEDURE BY TEST INSTITUTES

On the basis of the preliminary investigations described above, measurement instructions have been drawn up for the determination of the total loss factor of walls.

To check the measurement instructions for applicability and precision, the total loss factor of a gypsum wall 10 cm thick and installed in a test facility of the PTB was determined. Ten German test institutes were asked to measure the total loss factor of this building element by following the measurement instructions, developed according to the investigations described previously. The choice of the type of excitation (hammer or shaker) was at the discretion of the test institute so that the two methods of excitation could be compared with each other. To determine only the influence of the measurement equipment and the procedure, the institutes had to use their own equipment, but to measure the same object mounted in a PTB transmission suite.

Although the measuring instructions pointed out that time-reversal filtering technique has to be used, no institute was able to apply this technique together with the hammer excitation.

The results of the measurements performed by the test institutes using hammer blow excitation are represented in Figure 5 and those obtained using shaker and MLS signal in conjunction with time-reversal filtering technique in Figure 6. A reference measurement by the PTB at the beginning and the end of the whole test period serves for comparison.

A comparison of the two figures shows that much greater variations occur in the measurements with hammer excitation (Figure 5) than in the case of shaker excitation (Figure 6). Furthermore, each of the curves shown in the figures has been averaged from 12 individual measurements with the transmitter/receiver positions on the building element varied. The standard deviation of these 12 measurements related to the mean value is approx. 26% for hammer excitation, whereas the value of 16% was obtained for shaker excitation. This means that the individual measurements carried out by hammer excitation deviate much more around the mean value than those determined by shaker excitation.

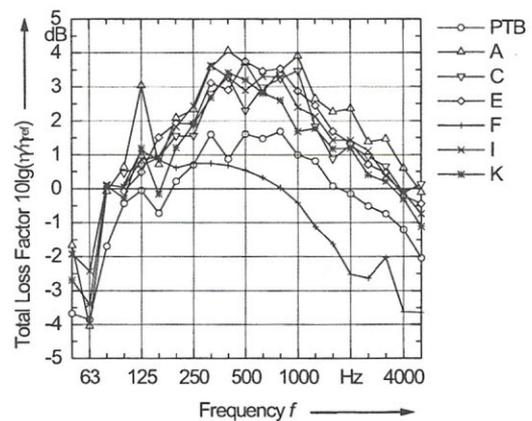


Figure 5. Loss factor obtained by measurement with hammer blow excitation

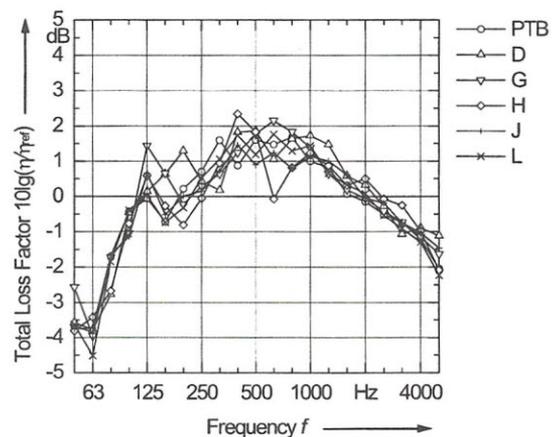


Figure 6. Loss factor obtained by measurement with shaker and MLS excitation

The values obtained from the measurements with hammer excitation tend to be higher than those obtained with MLS-Shaker measurements. On one hand this confirms the results of preliminary investigations which has shown that a high exciting force, for example, by stronger hammer blows leads to the building element being increasingly deflected nonlinearly so that the loss factors measured are too high. On the other hand due to normal filtering the structural reverberation times could be underestimated as mentioned in Clause 3.3, which leads to higher loss factors.

The determination of the total loss factor in the case of longer structural reverberation times generally is easier, as the problems of filtering and evaluation increase with decreasing reverberation time.

This tendency can also be seen in Figure 6. The variations around the reference value above approx. 1000 Hz and below 100 Hz are clearly smaller than in the range of higher loss factors between 100 Hz and 1000 Hz.

A significant problem encountered was that no institutes using hammer excitation were able to apply time-reversal filtering technique, although it was clearly mentioned in the measurement instructions. Furthermore, the structural reverberation time was only determined with two decimal places, which could be a problem for very small reverberation times at high frequencies of 0.050 s. Most institutes used the same type of acoustic analyser for hammer excitation, which determines the reverberation times to two decimal places. This is often a problem when averaging low values.

The results obtained from the reference measurements have revealed that loss factor measurements on building elements should not be carried out with hammer blow excitation because of problems with normal filtering and non-linearity. The shaker measurements in conjunction with the MLS technique clearly present better results. As ISO 140 specifies that the excitation of building elements should be realised with a hammer, it is absolutely necessary to improve this specification, as otherwise incorrect results may be obtained.

CONVERSION OF THE SOUND REDUCTION INDICES

The results obtained by the improved TLF measuring procedure, using a shaker, can also be used to convert R values of test elements where they are exposed to different element boundary conditions. Conversion can be carried out using Equation (3). This formula equals the in-situ correction given in [12], when the loss factor is replaced by the impact reverberation time.

In this equation, R_A and R_B give the different sound reduction indices of the same building element in two situations, with the total loss factors, η_A and η_B , of the element measured in each situation.

Another possibility consists in converting the sound reduction into a reference loss factor. Similar to a reference absorption area or a reference level, a reference value, η_{Ref} , can be used in Equation (3) instead of η_A . The minimum loss factor from [1] can be used for this purpose and η_{Ref} may be given by,

$$\eta_{Ref} = 0,01 + \frac{0,3}{\sqrt{f}} \quad (5)$$

The advantage of this reference value is to identify from positive or negative dB-values, if the TLF is above or below the minimum TLF given by the reference value. On the other hand the reference value is frequency dependent, which makes it difficult to interpret. If there is no need to compare the TLFs with the reference value of ISO then a frequency independent value like $\eta = 1E-12$ as a common value could be taken.

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF CONVERTING R VALUES

In a transmission suite at PTB a gypsum brick wall (100 mm thickness; 120 kg/m²) was mounted several times with different types of junctions to test the dependence on the junction conditions. In the first test three edges of the test wall were connected to the test facility with a layer of bitumen (Test A – rigid junction) and in a subsequent test the edges were filled with cork and sealed with silicon (Test B – elastic junction). The effect of these two different junction connections on sound reduction is shown in Figure 7. The weighted sound reduction index differs by 5 dB. In addition to measuring the sound reduction, the total loss factors of the two partitions were determined by the shaker measuring procedure described previously. The total loss factors are given in Figure 8 with the reference value from Equation (5).

The two figures clearly show the influence of the mounting conditions on the results. Below f_c , the rigid junction, Test A, has a lower R value than the elastic junction, Test B. This is due to increased radiation from

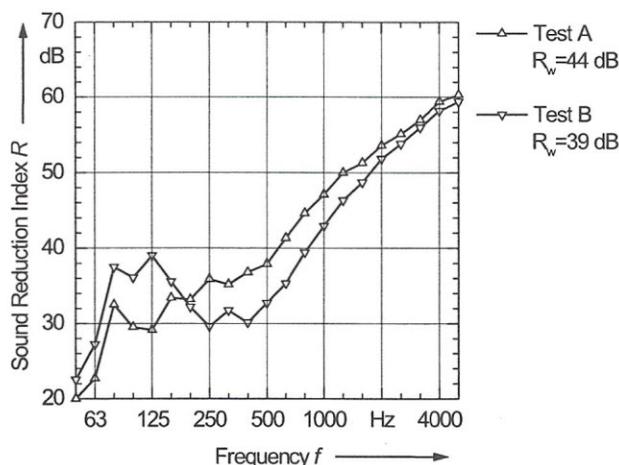


Figure 7. Sound reduction for different edge connections

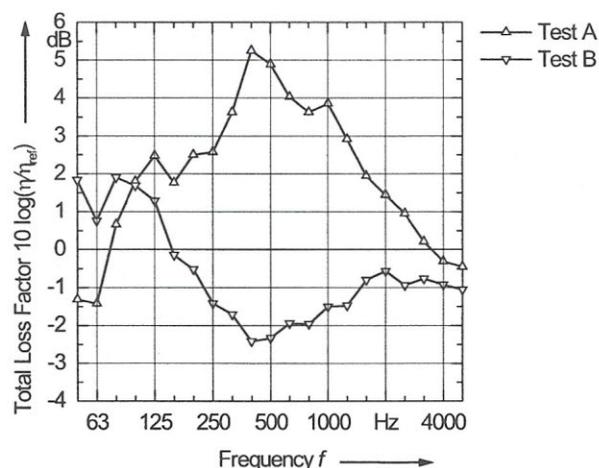


Figure 8. Loss factors of different junctions

the test wall edge modes at rigid junctions in comparison to elastic junctions [7,13]. Above f_c an inversion takes place in the R values as this frequency range is principally controlled by the TLF. Hence the rigid boundary, with higher total loss factor, has a higher R value. It can be seen that the connection with cork and silicon (Test B) implies a smaller dissipation of energy and thus a smaller loss factor which then leads to the R value being lower.

The different sound reduction indices can be converted using the measured TLF and a reference loss factor given in Equation (3). Figure 9 shows that the conversion is possible above the critical frequency of approx. 200 Hz. Below this frequency a difference is still remaining because of an increased radiation due to a free edge condition.

The investigations carried out have shown that the measurement of the loss factor of building elements can incorporate the effects of the mounting conditions and also allows the R values to be converted above the critical frequency. This conversion allows the measured results to be less dependent on the energy losses at the junction of the test facility for heavy walls above f_c .

This conversion process is now being investigated in an inter laboratory test whether the measuring procedure presented also allows the results of sound reduction measurements to be converted, which are performed in different test facilities.

INTERLABORATORY TEST

General aim of the ILT

One limitation of the previous study is, that the tests made were done only in one transmission suite.

Therefore the next step was to check in an ILT, whether the measurement of the damping in terms of a loss factor of the building element under test, explains possible differences of a similar test object in different transmission suites.

The basic construction of transmission suites for sound insulation measurements are similar: two rooms are connected by the element under test, which can be a wall or a slab. The main requirements on the test rooms are described in ISO 140 Part 1 [1], although variation

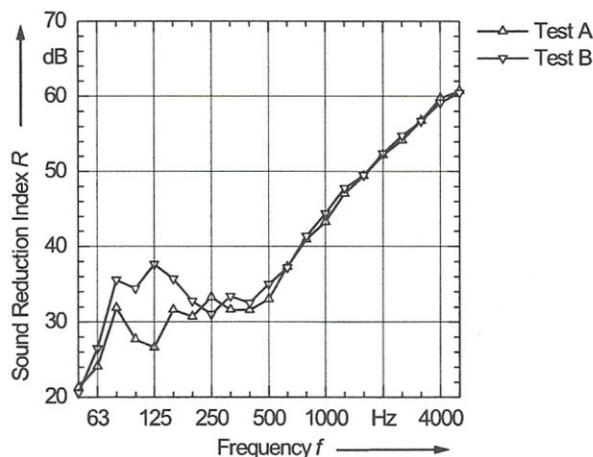


Figure 9. Conversion of sound reduction indices with the total loss factor

in construction is allowed. This standard has been approved with the intention to yield a international harmonised description of the measurement procedure to ensure comparative values of sound insulation. As a result, particularly for Germany, the old transmission suites were changed. The reason for this change was, that in former times the facilities were constructed with flanking present, via structural connections, between the source and receiving rooms. In the latest version of ISO 140 no influence of flanking transmission is permitted. Furthermore, a recommendation of a minimum total loss factor is included for heavy test elements.

To determine values for the accuracy and repeatability of measurements in different laboratories, an inter-laboratory test (ILT) was performed.

Hence, in 1998 an ILT with a heavy single leaf wall was performed. The aims of this study can be summarised as follows:

- Collection of geometrical data of German transmission suites
- Derivation of repeatability and reproducibility of SRI measurements
- Estimation of the influence of flanking transmission on the measurement of SRI
- Application of measurement method for loss factors in different facilities
- Conversion of different SRI results with the loss factor to improve comparability

Choice of the test element

To check the influence of the transmission suite and the damping it was decided to use a heavy wall with a critical frequency f_c at the lower end of the measurement range (approximately 160 Hz). By using an element with a low critical frequency this would allow a comparison between the measured SRI and loss factors for a larger frequency range. Above critical frequency for heavy walls, for every change in loss factor an equivalent change in the SRI will occur. Below f_c additional and more complex influences like size of the test wall, shape of the test aperture or volume of the test rooms have to be taken into account. Furthermore, a wall with a lower critical frequency corresponds to a more thick and heavy

wall. For this type of wall it could be expected to be sensitive on differences between the test facilities, which are often built with walls of similar material and weight.

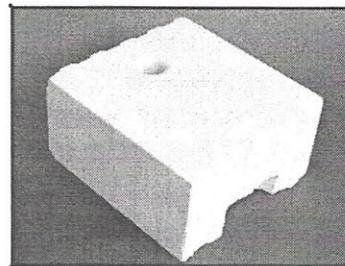


Figure 10. Brick of calcium-silicate used in the ILT with two grip-holes and groove-tongue system. Size: 250 mm × 240 mm × 124 mm (width, depth, height).

For the test wall dense calcium silicate dense blocks were selected with groove and tongue at the vertical joints. These joints were not mortared (normal method for these kind of blocks). The horizontal joints were connected by a thin layer of mortar about 1 mm thick. The blocks had no holes except two grip holes (cf. Figure 10). These blocks and thin mortar layer were selected to reduce the quantity of humidity in the test wall which would lead to a shorter test period.

This kind of wall construction is acoustically not sealed due to the non mortared vertical joints. Therefore, the wall surfaces were sealed by a plaster layer on both sides, about 5 mm thick, with a plaster of gypsum base. This gave a total surface density of the test wall of about 440 kg/m² with a total thickness of 250 mm. The critical frequency of the wall was therefore to be expected at 103 Hz

It is known that a normal mortared wall often shrinks with time due to the drying process. To avoid cracks at the junctions between the test wall and the test facility an expanding mortar on three sides of perimeter joints was used (rigid connection). The lower horizontal joint (floor mounting) was formed with normal mortar.

In five laboratories, before the measurements with the rigid connection, the wall was tested with the three perimeter joints filled with mineral wool and sealed with silicone (elastic connection). By carrying out this test it would be possible to analyse whether another type of mounting leads to different energy flow and therefore different results.

Preliminary test

Before the ILT started, preliminary checks were performed to determine if the test wall could be constructed in a reproducible manner [14]. The test wall was constructed three times in the test facility of PTB by the same brick laying team.

The first two walls were mounted with the rigid connection only. For about four weeks the sound insulation was measured three times a week and the total loss factor was measured twice a week to get additional information

about the stability of the wall. The third test wall was first built with the above mentioned elastic connection to the test facility and after two weeks the three perimeter joints were changed into a rigid connection.

Figures 11 and 12 show the results of sound insulation and total loss factor for the three walls. The total loss factor was measured using an advanced measuring method described in [3]. It was found that the wall could be rebuilt with a good reproducibility and therefore fulfilled a main condition to start the ILT.

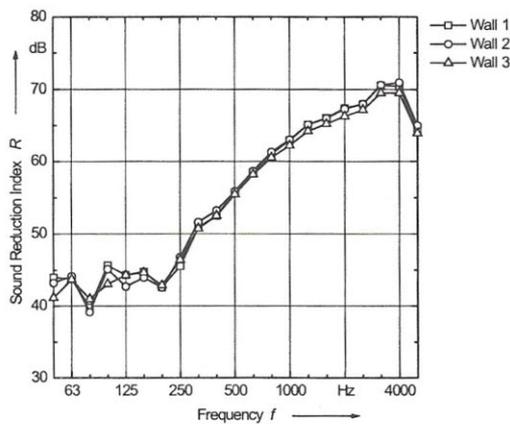


Figure 11. Comparison of the sound insulation of three similar walls in a preliminary test for the rigid connection.

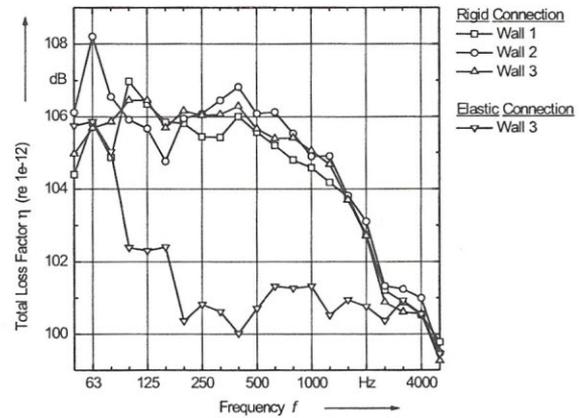


Figure 12. Comparison of the total loss factor of three similar walls in a preliminary test. Note: Wall no.3 was built with elastic and then with rigid connections to the surrounding elements of the transmission suite (see text for details).

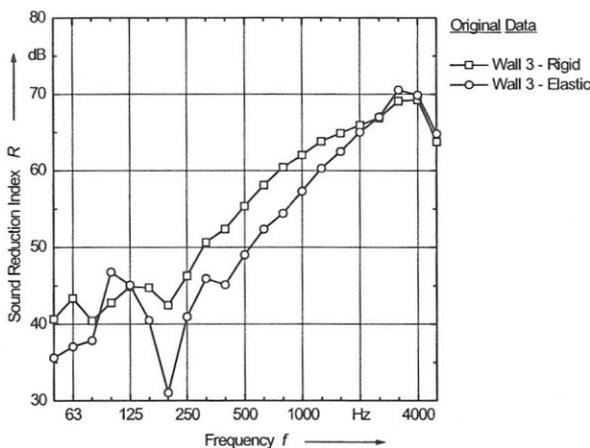


Figure 13. Sound reduction of the same wall with two types of connections to the facility; measured with standard method

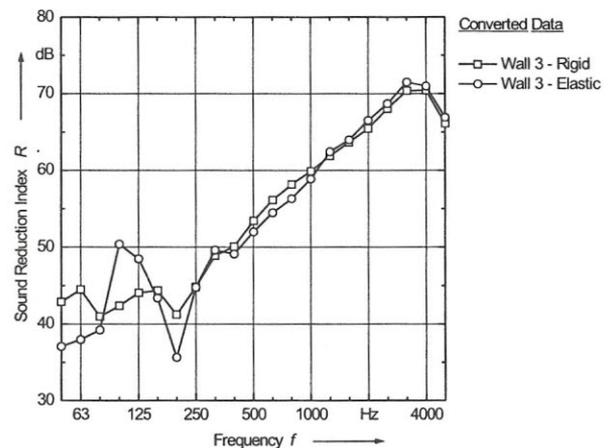


Figure 14. Sound reduction of the same wall with two types of connections to the facility; measured with standard method and conversion to the reference loss factor.

Figure 13 shows the results for the third wall for both mounting conditions, elastic and rigid. The results were $R_w = 59$ dB for the rigid connection and decreased to $R_w = 52$ dB for the elastic connection, due to the change in the total loss factor. Figure 6 shows the corrected SRI when the total loss factor is taken into account according to equation (2) and (5). After applying these equations the curves for both connections above the critical frequency are in good agreement (cf. Figure 14).

During the measurements it was noticed, that the wall under test has an orthotropic behaviour. From the material data f_c calculates to 103 Hz, whereas the measurement of SRI has a pronounced dip at 200 Hz which could be determined as critical frequency. Because of the discrepancy measurements of longitudinal and bending wavespeed were carried out. It was found that the vertical direction of the wall leads to values expected from material data ($c_L = 2500$ m/s). On the other hand the measurements in horizontal or diagonal directions lead to velocity values down to $c_L = 1500$ m/s. This difference especially in the horizontal direction seems to be due to the not mortared vertical joints of each brick.

The main results of the preliminary test are:

- the test element could be mounted with a sufficient accuracy,
- mounting with two different edge connections is possible,
- the differences in SRI evaluated within the different connections could be converted using the measured loss factor.

The results showed that the main conditions for the ILT were fulfilled. Therefore it was decided to proceed with the main part of the ILT.

Conditions of the main ILT

Eleven laboratories participated in this ILT in Germany, including PTB, and one institute in

Switzerland. The institutes are identified by letters (A – M) in this paper.

Most of the institutes changed their facilities with flanking transmission into facilities without flanking transmission according to ISO 140 in the last few years. Suppression of flanking transmission was achieved either by linings at the flanking walls or by disconnecting the chambers by a cut.

The overview (Figure 15) in the pictograms points out a complete suppression of flanking transmission in four institutes (A, B, F and K) while six institutes (C, D, H, I, L and M) still have a flanking transmission path Fd (excitation of the flanking walls in the source room and radiation by the test wall into the receiving room). The remaining two institutes (E and G) still have the path Df.

Some facilities were built on springs (cf. A) or elastic layers (cf. G) and others were built separate from or connected to the enclosing building. Also mixed designs were present (cf. K). Hence, it was expected that due to the variety in transmission suite construction the energy dissipation and transmission would vary.

The mounting of the test wall was done in all institutes by the same bricklaying team that mounted the wall at PTB. The dense calcium silicate dense blocks used were from the same production line as in the preliminary tests.

In the ILT, the participating laboratories were requested to measure the airborne sound insulation twice a week and a minimum of seven measurements had to be carried out, according to ISO 140. Two measurements of the total loss factor also had to be performed according to a guideline given by PTB. In addition to each laboratory's measurements of the test wall in their facility, comparable measurements were performed in all institutes by a PTB test team. In every institute PTB made additional measurements of the velocity values of the test wall and derived the sound insulation additionally from these values.

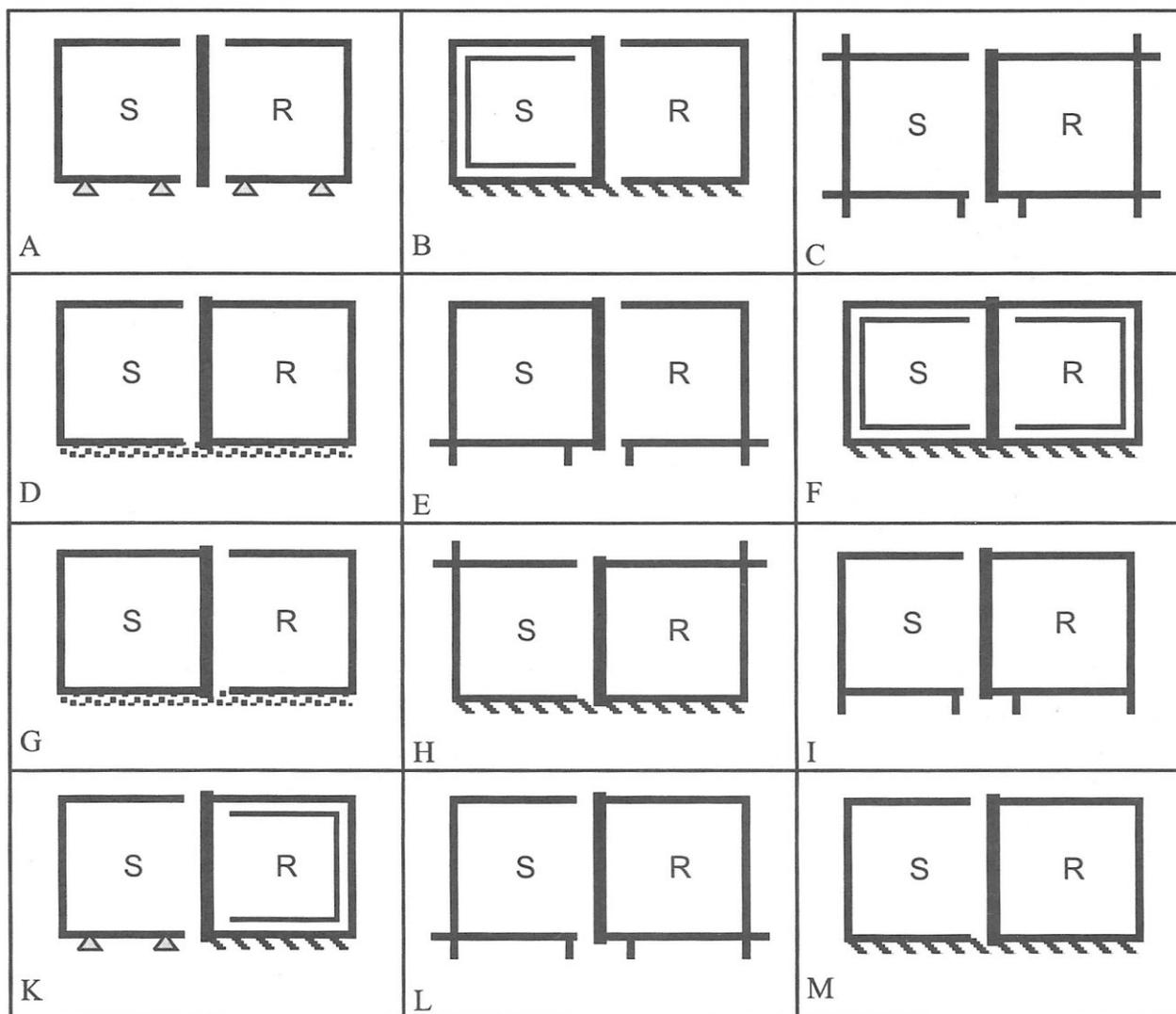


Figure 15. Schematic view of transmission suites of the ILT participants (S – Source room, R – Receiving room).

Results of the principal test

Figure 16 shows the measured SRI results for the test wall with a rigid connection to the supporting structure of the twelve laboratories, by the PTB measurement team. It might be expected as the number of variables in this study was purposefully kept to a minimum the SRI values of the ILT study would lead to similar results.

It can be seen that the SRI varies considerably. As a result the weighted sound reduction index varies between $R_w = 54$ dB to $R_w = 61$ dB. The increased spread below 200 Hz is caused in general by room and test wall dimensions. Additionally, the low modal density will

lead to higher uncertainties in low frequencies [15]. Near the critical frequency of the test element f_c , between 125 Hz to 200 Hz, it can be seen that there are no specific dips in the SRI curve which are common to all test walls. This may be due to the interaction between the test element and the connecting supporting walls. These supporting walls vary in material properties and can influence the SRI curve.

Above f_c a significant spread of up to 8 dB is observed. The spread decreases at higher frequencies. The frequency range, 125 Hz to 1000 Hz, with the highest deviation is mainly influencing the single number quantity R_w .

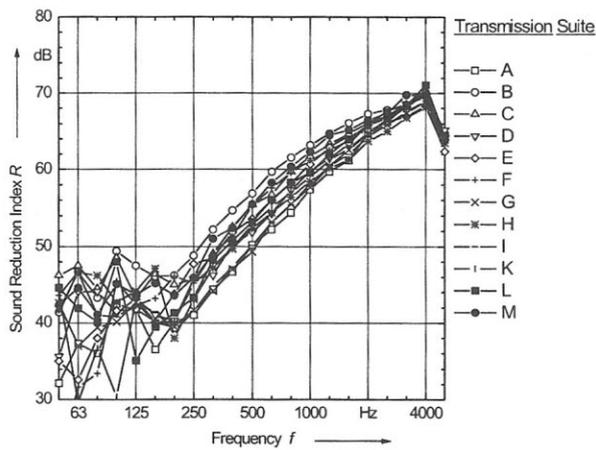


Figure 16. Sound reduction index of a similar wall in 12 different transmission suites Rigid connection, PTB comparison measurements.

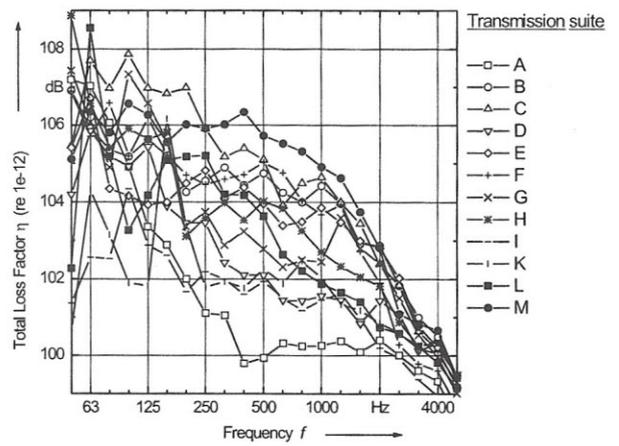


Figure 17. Damping of the test wall with rigid connections to the transmission suite.

At a frequency of 5000 Hz there is a pronounced dip in the SRI curve. This may be due to the first anti-resonance mode in the thickness of the wall [16]. The effect appears in all of the test walls of the ILT.

Additionally to the measurements of the SRI, the damping behaviour of the test element in terms of the total loss factor (TLF) was recorded several times. Due to the variations in transmission suite design as shown in Part I, differences in the TLF were expected. Figure 17 gives the TLF for the rigidly connected wall for all the test walls.

Differences up to 6 dB between different laboratories were found in the mid frequency range.

At higher frequencies the deviations decrease as the total loss factor tends towards the internal loss factor. Therefore it may be assumed that there is not a strong influence of the construction of the test facility at these high frequencies [17]. As a consequence the measured total loss factors are similar.

In five laboratories an elastic connection of the test wall to the transmission suite was applied before the rigid connection was installed [14]. A structural energy flow from the test wall into the transmission suite was only possible into the floor, where a normal mortar connection was used. Figure 18 shows the SRI results in these five labs.

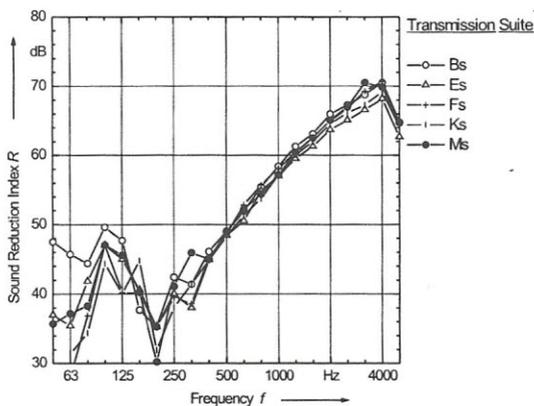


Figure 18. Sound reduction index of a similar wall in 5 different transmission suites Elastic connection

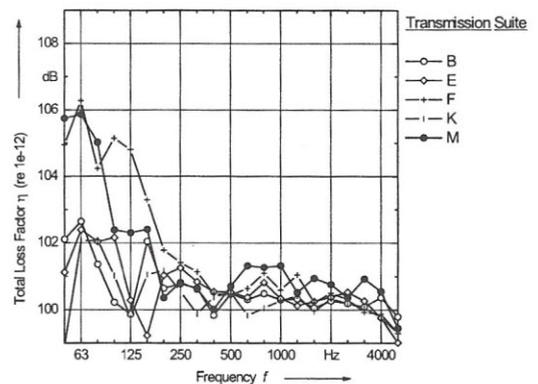


Figure 19. Damping of the test wall with elastic connections to the transmission suite

For frequencies between 100 Hz to 5000 Hz the SRI values are very similar and do not have the large variations as seen in Figure 16, for the rigid mounting. With the elastic type of mounting a pronounced dip at 200 Hz occurs for all test walls, which could be interpreted as the true critical frequency of the wall. Near 4000 Hz the deviations are slightly higher. This could be caused by the low mass of the elastic mounting in comparison to the bricks, but did not influence the single number rating R_w , which is dominated by the mid frequency range.

As for the rigidly connected test wall, TLF measurements were carried out for the five elastic connected walls. The TLF results are given in Figure 19. Above 200 Hz the results between the laboratories differ only by about 1 dB as maximum in comparison to 6 dB for the rigid connection. Furthermore, the results are nearly frequency independent at a value between 100 to 101 dB, which corresponds to a TLF around $\eta = 0.01$. This value can be interpreted as the material loss factor of the test element. Due to the elastic connection there is no significant influence of the structural coupling loss factor to the surrounding elements.

At frequencies below 200 Hz the deviation between the TLF measurements increases. This may be due to two reasons: the measurement technique itself and the construction of the test facility. Due to low modal density, the determination of TLF by measuring the structure-borne reverberation time leads to an uncertainty in the results [18]. A causal reason can be found in the construction of the test facility, which are given in Figure 15. The TLF measurements in Figure 5 can be divided into those facilities with higher values (lab F and M) and those with lower results (lab B, E, K). Lab F and M were both built directly on the ground, which leads to high loss of energy to the ground. The other labs mentioned were built with an additional structure beneath the facilities leading to lower losses.

In general the low energy coupling of the elastic mounting, from the test wall to the transmission suite, led to the internal losses mainly influencing the measurements. As a consequence, the results of the elastic connection in different laboratories becomes independent from the design of the transmission suite. Therefore the deviations between the SRI results are reduced.

Conversion with the loss factor

The differences in the measured SRI values for both types of test wall can be reduced by incorporation of the measured TLF. This was done by a recalculation involving a reference loss factor according to equation (2) and (5) as already described in chapter 6.

Figure 20 shows the converted SRI results for the rigid mounted wall according to the measured TLF used in the conversion. The measured TLF used in the conversion was taken from the data in Figure 16. Above 200 Hz, where the conversion is valid, the spread shown in Figure 1 decreased significantly. Although laboratory B still has the highest values and laboratories G and H tended to systematically low values.

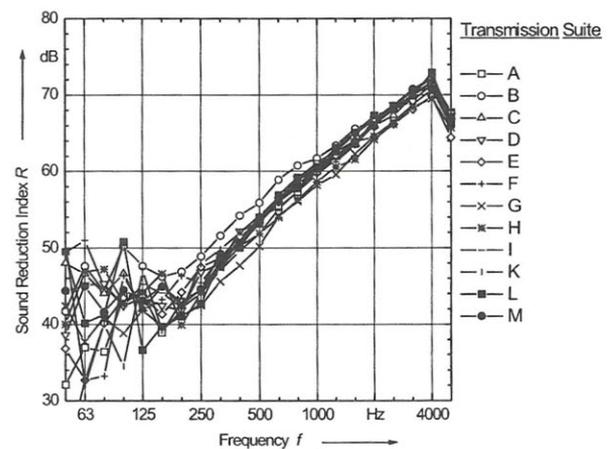


Figure 20. Sound reduction index of a similar wall in 12 different transmission suites, Rigid connection plus conversion to the reference loss factor.

The weighted SRI R_w calculated with an accuracy of 0.1 dB is given in Figure 21 with and without conversion. Although the conversion is valid only above f_c most of the R_w are within a range of 1 dB. Laboratory outliers include one lab with a higher number than the average (lab B) and two labs with a lower number (lab G and H). The reasons for the differences of these laboratories are still not clear and under investigation.

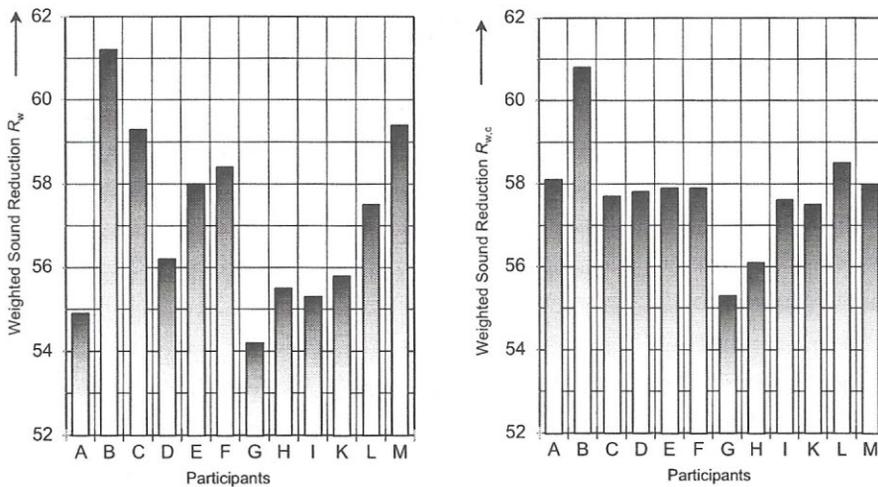


Figure 21. Weighted sound reduction index for rigid connection of the test wall without conversion (left) and with conversion (right) to the reference loss factor.

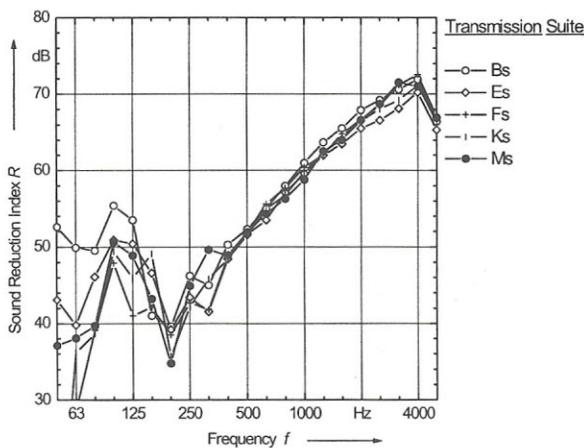


Figure 22. Sound reduction index of a similar wall in 5 different transmission suites Elastic connection plus conversion to the reference loss factor.

Although the differences in the results for the elastic mounting was sufficient, the loss factor conversion was also applied to these measurements, as shown in Figure 22. Comparing this graph with Figure 18 shows no additional advantage.

Accuracy

Values for the uncertainty of the measurement technique itself can be given in terms of repeatability r . This value includes variations due to calibration,

measurement equipment or the operator. The accuracy of test facility measurement is given in terms of reproducibility R which is a measure for the variance between values derived in different labs. The exact definition and equations are given in ISO 140 Part 2 [1] and its references. The reproducibility R is per definition greater than the repeatability r . Numbers for both quantities are suggested in the relevant part of ISO 140.

The calculated r and R values of the ILT are shown in Figure 23, for the non converted measurement results, in comparison to the values given in ISO 140. The repeatability r is in the expected range and good agreement with the tentative values of ISO 140. However, the reproducibility R is significantly higher than the tentative values. Therefore the derived R values are not satisfactory as the mid frequency range is an important factor for the single number weighting.

After conversion of the measurement results with the total loss factor, reproducibility R approaches the values of ISO 140 as shown in Figure 24. The repeatability r is naturally not effected. The decrease in the R values shows the important influence of the damping, that led to the deviations shown before. Therefore the damping in terms of the TLF should be taken into account. The evaluation of the ILT is still running. Further results and explanation are already published in [18].

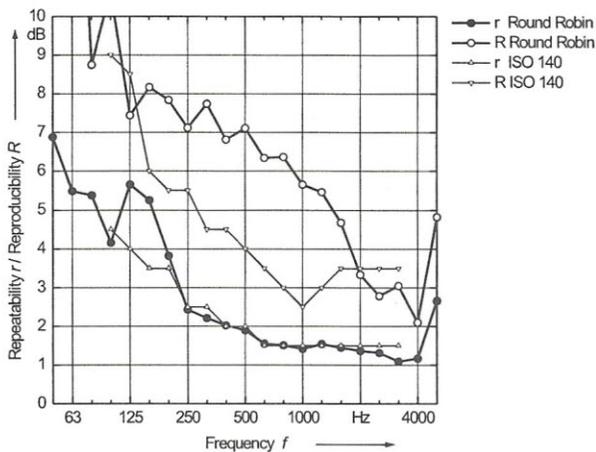


Figure 23. Repeatability r and reproducibility R for rigid connection of the test wall all 12 labs, uncorrected.

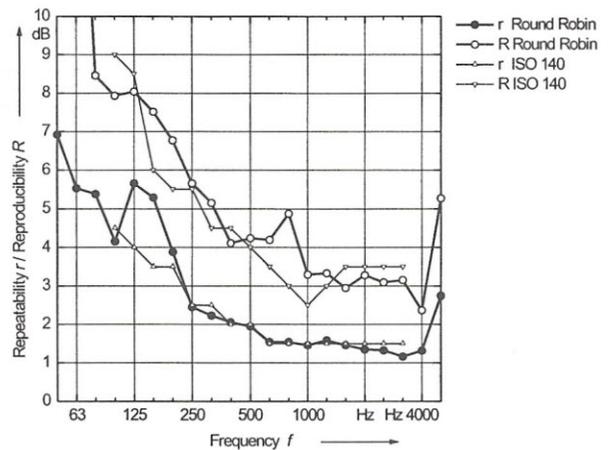


Figure 24. Repeatability r and reproducibility R for rigid connection of the test wall all 12 labs, corrected to the reference loss factor.

Meaning for standardisation

Two main reasons for the variance in the measured SRI values in this ILT are: differences of damping and effects of flanking transmission. Both topics are considered in the recent standard ISO 140 in different ways.

To measure flanking transmission influence a detailed description is given in ISO 140 together with criteria to decide whether the flanking is suppressed sufficiently. As a result from this ILT it is found that the flanking in some labs is not completely suppressed and hence leads to lower sound insulation values. Further suppression of flanking transmission is required for the Df and Fd paths. This can be done either by adding linings or by removing any structural connection to the test rooms. Therefore, at the moment there is no need for changing or improving those parts of ISO 140 dealing with flanking transmission.

The second reason for variations in the results is the difference in damping of the test wall in the different transmission suites. To consider this influence, ISO 140 recommends a minimum loss factor of a heavy element under test with a surface mass of approximately 400 kg/m². This reference object is similar to that used in this ILT. Unfortunately no institute fulfilled the requirement of the minimum loss factor. As a consequence additional experience should be gained in other institutes to deci-

de whether the related parts of the standard should be revised. To improve the accuracy of sound insulation following proposals could be derived:

- (a) Damping in terms of the elements loss factor should be measured additionally and be given in an annex of a measuring certificate for the sound insulation results
- (b) The sound insulation could be converted with the measured damping to a reference loss factor
- (c) Heavy elements could be mounted with an elastic connection as discussed above to reduce laboratory influence.

Each suggestion has disadvantages. To measure the element's loss factor increases the work effort in comparison to the standard measurement, particularly when care will be required to get precise results of the damping behaviour [3]. Alternatively the tests could be performed by the elastic connection of the test element which results in internal losses only. These material losses are independent of the losses of the transmission suite and lead therefore to a higher accuracy of the results in comparison to a rigid connection of the test element. Unfortunately, it could be expected that this is only valid for heavy single leaf wall. The influence on lightweight partitions is different because of their higher critical frequency. Suggestion (c) yields to lower values in comparison to the insulation derived later in the real building, because the overall damping of the building

element mounted in-situ is higher. The most accurate and therefore the suggestion with the most effort is (b). The advantage of this method, whilst obtaining increased accuracy, is the additional information available for prediction methods [12].

OUTLOOK

Further work will be done on the analysis of the ILT data. For this purpose Statistical Energy Analysis could be a useful tool to carry out detailed calculations of each lab that participates in this ILT. This calculation could lead to recommendations for the construction of transmission suites and more detailed explanation of the laboratory influences.

The damping measurement of building elements brought additional information to interpret the influence of the facilities. It is desirable, that this technique is used more often in the field of building acoustics to gain more experience.

Lower deviations were measured for the results of elastic mounting of the test element. These tests were carried out only in five labs. Additional tests in other transmission suites with different wall types should be made, especially to obtain knowledge about application of elastic mounting of test elements.

The results of the ILT carried out shows by measurement what has already been demonstrated in theory. If a higher level of accuracy is demanded, the responsibility rests on the decision of WG18 of ISO TC43 SC2 working on ISO 140 whether the mounting conditions should require a weak energy coupling by elastic mounting, or the TLF should additionally be measured to convert the results.

LITERATURE

- [1] ISO 140 (1997): Building acoustics - Measurement of sound insulation in buildings and of building elements
- [2] Gerretsen, E.; How indifferent is the Sound Reduction Index of Wall to its Boundary Conditions?, *Proceedings of the INTER-NOISE 90*, 47-50.
- [3] Meier, A.; Schmitz, A.; Application of Total Loss Factor Measurements for the Determination of Sound Insulation; *Journal of Building Acoustics* 6 (2) 1999, 71-84
- [4] Cremer, L.; Heckl, M.; Körperschall - Physikalische Grundlagen und technische Anwendungen; Springer-Verlag 1995, 532. alternative: Structure-Borne Sound; Second edition, Springer 1988.
- [5] Schroeder, M.R.; New Method of Measuring Reverberation Time; *Journal of the Acoustical Society America* 37 (1965), 409-412.
- [6] Nordtest Method NT ACOU 090 (1994); Building structures, Junctions: Transmission of Vibration - Field measurements. 4-5.
- [7] Craik, R.J.M.; Sound Transmission through Buildings using Statistical Energy Analysis; Gower Publishing Limited 1996.
- [8] Jacobsen, F.; A Note on Acoustic Decay Measurement; *Journal of Sound and Vibration* (1987) 115(3), 163-170.
- [9] Jacobsen, F.; Rindel, J.H.; Time Reversed Decay Measurements; *Journal of Sound and Vibration* 117(1) (1987), 187-190.
- [10] Kob, M.; Forschungsstudie zur Entwicklung einer Meßmethode für kurze Körperschall-Nachhallzeiten (Development of a measuring method of short structural reverberation times); *Institute of Technical Acoustics (September 1997), Technical University Aachen, Germany.*
- [11] Kuttruff, H. (1958); Eigenschaften und Auswertung von Nachhallkurven (Characteristics and evaluation of decay curves). *Acustica* 8 (1958); 273-280.
- [12] EN 12354: Building acoustics - Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of products.
- [13] Leppington, F.G.; Broadbent, E.G.; Heron, K.H.; Acoustic radiation from rectangular panels with constrained edges; *Proc. Royal Soc. London A* 393 (1984), 67-84.
- [14] Schmitz, A; Meier, A.; Raabe, G.; Inter-laboratory test of sound insulation measurements on heavy walls. Part I - Preliminary test; *Journal of Building Acoustics* 6, 1999, 159-169.
- [15] Osipov, A.; Mees, P.; Vermeir, G.; Low-frequency airborne sound transmission through single partitions in buildings; *Applied Acoustics* 52 3/4 (1997), 273-288.
- [16] Ljunggren, S.; Airborne sound insulation of thick walls; *J. Acoust. Soc. Am.* 86 (5), 1991, 2338-2345.
- [17] Craik, R.J.M.; The Influence of the laboratory on measurements of wall performance; *Applied Acoustics* 35 (1992), 25-46.
- [18] Meier, A.; Schmitz, A; Raabe, G.; Inter-laboratory test of sound insulation measurements on heavy walls. Part II - Results of Main Test; *Journal of Building Acoustics* 6, 1999, 171-186.

ROOM NOISE CRITERIA: THE STATE-OF-THE-ART IN THE YEAR 2000

Gregory C. Tocci, PE, INCE Bd. Cert., FASA, Cavanaugh Tocci Associates, Inc.
327 F Boston Post Road Sudbury, MA 01776 USA;
Telephone: +978-443-7871; Fax: +978-443-7873; e-Mail: gtocci@cavtocci.com

INTRODUCTION

Rating of noise in building spaces has a long history. To some extent, advances in methods for evaluating sound in buildings has paralleled the development of electronic sound measurement instrumentation. The first step in this evolution was simply to devise instruments that could repeatably measure sound. No sooner was this possible that electronic instrumentation advanced, further enabling the measurement of sound in frequency bands. The frequency discrimination of octave band sound measurements paved the way for advances in understanding the impact of noise on communication and hearing.

Though the ability to measure sound in frequency bands was a remarkable advance, it complicated the evaluation of the impact of noise on speech communication. However, researchers recognized an opportunity to combine methods for evaluating hearing acuity with methods for measuring background sound over the audible frequency range, in order to developed single-number ratings for noise, particularly as it relates to speech interference. The first section of this paper briefly summarizes the evolution of methods for evaluating noise and for evaluating the interference of noise with speech.

Of the evolving methods for evaluating sound in rooms, three are in current use by engineers involved with the design of building mechanical systems. All three methods involve the use of sets of curves explained in this paper. These are Noise Criteria (NC) curves, Balanced Noise Criteria (NCB) curves, and Room Criteria (RC) curves. In addition, a fourth method called RC Mark II (Blazier, 1997) uses curves nearly identical

to RC curves, but includes a different method for ascribing spectrum quality. Finally, a fifth set of curves, called RCN curves, to be published shortly in the *Noise Control Engineering Journal* (Schomer, 2000), attempts to address cyclic variation of low frequency sound produced by large air ventilation systems and sometimes described as "surging."

As we enter the 21st century, it is clear that the acoustical consulting profession will continue to develop criteria based on the experience of using these various methods. However, a single, simple, universal method for evaluating sound in buildings may remain elusive. Acoustical consultants, accustomed to using noise criteria (NC) curves, will likely continue to use them as appropriate, but will also explore the use of new rating methods for evaluating sound in buildings as they may be proposed. Mechanical engineers, architects, and building owners will continue to rely on acoustical consultants to implement these methods and to use them to achieve acceptably quiet buildings.

This paper, after briefly reviewing the history of room sound criteria, describes the use of these more recent criteria, i.e. NC, NCB, RC, RC Mark II, and RCN methods. The first four of these are compared using 238 measured spectra. As the RCN method is not yet published, it is only discussed in general and is not implemented with the measured spectra.

AN HISTORICAL PERSPECTIVE

The history of acoustics is replete with attempts to develop useful single-number rating methods for evaluating noise in buildings and in the environment. These methods are aimed at accommodating the

complexity of tonal and temporal characters of sound into a single-numbered descriptors. The following is a very brief synopsis of noise rating methods.

Equal loudness contours. The earliest reference to equal pure-tone loudness contours are those prepared by Churcher and King in 1937. Loudness levels were reported in phons, and the general shape and arrangement of the curves are similar to the latest equal loudness contours. (Beranek, 1954).

Speech interference levels. To evaluate the interference of noise on electronic communications, the concept of speech interference level was developed in about 1942. The SIL, using the then prevalent octave band definitions, is the arithmetic average of the sound pressure levels in the 600 to 1200, 1200 to 2400, and 2400 to 4800 Hz octave bands (Beranek, 1960). It served as a convenient single-number rating for evaluating the interference of noise on speech communication. The use of the SIL has continued through the years and has been modified to apply to the currently used "preferred" octave bands and is the arithmetic average of sound pressure levels in the 500, 1000, 2000, and 4000 Hz octave bands (Harris, 1991).

A, B, C-weighting networks. The first of the measured single-number ratings appears to be the now very familiar A- and C-weightings, and the less familiar B-weighting. These were first standardized in ASA Standard Z24.3-1944 (Beranek, 1960)

SC curves. Sound Communication (SC) curves were first introduced in 1953 (Beranek, 1954). They are curves similar to the later, and more widely used, NC curves. SC curves are also the first approximate equal loudness contours that were used by overlaying them with a measured or calculated sound pressure level spectrum. The SC curves were defined in 5 dB increments, with each curve having an accompanying alternate curve that permitted more low frequency sound. These alternate curves permitted higher sound levels in the 300 to 4800 Hz bands. SC curves were accompanied with criteria indicating maximum acceptable SC levels in spaces depending on space use. Although no method was given for evaluating sound level spectra, the description of the use of SC curves, and the method for

assigning an SC rating to a spectrum, closely matches what has subsequently become known as the tangency method (Beranek, 1954).

NC curves. Noise Criteria curves were first published in 1957 (Beranek, 1957), and like the SC curves that preceded them are curves of approximate equal loudness. They have become the most widely used set of curves for evaluating sound in building spaces. NC curves are customarily used with the tangency method for evaluating a sound pressure level spectrum. As further discussed below, the tangency method is a way to assign an NC rating to a spectrum. The NC rating of a spectrum is equal to the highest NC curve reached by the spectrum. Its wide use is largely attributed to its publication by the American Society of Heating, Ventilating, and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE) in their design handbooks used by most mechanical engineers in the United States.

NCA curves. Simultaneously published with the NC curves, were the NCA curves or alternate NC curves. These curves permit higher amounts of sound in low frequencies for less sensitive applications and are substantially the same as the NC curves at mid and high frequencies. NCA curves were devised as a less restrictive method for limiting noise in building spaces where background noise is more tolerable, particularly at low frequencies. NCA resemble SC curves in that they are alternate shapes to the NC curves and permit higher levels at low frequencies for less sensitive spaces. NCA curves, though published along side NC curves, never became widely used.

N, L, M, and H contours. The first method for evaluating the spectral balance between low, mid, and high frequency sound, and to ascribe a neutral spectrum shape appears to be by Cavanaugh *et al* (Cavanaugh, 1962). In this paper, four spectral shape contours were defined around the NC-30 curve. A spectrum that fairly well matched the shape of the NC-30 curve was defined as neutral in spectrum balance, i.e. having good relative proportions between low, mid, and high frequency sound. Such spectra are perceived as desirably innocuous, at least from the standpoint of background sound in buildings.

The L, M, and H contours were shaped in such a fashion as to permit predominance of noise in the low, mid, and high frequencies respectively. A measured spectrum shape that did not conform well to an NC contour, but conformed better to either of these three contours, would be denoted as an L, M, or H spectrum, depending on best, subjective fit of the octave band data. No procedure was established for using these spectral balance curves, but they represent the first introduction of the notion that ratings alone are not sufficient and that some descriptor indicating predominance of sound energy in one range or another was necessary for a more complete rating of sound in rooms.

PNC curves. Owing to observations that broad band sound electronically tailored to exactly match an NC curve tended to sound perceptibly “rumbly” and “hissy,” and to adapt the “old octave band” NC curves to the new preferred octave bands, Preferred Noise Criteria (PNC) curves were developed in 1971 that are less steep in the low frequencies and more steep in the high frequencies than the NC curves (Beranek, 1971). Although achieving a better balance between low, mid, and high frequency sound, the PNC curves were more stringent in the low frequencies. As a consequence, this required more extensive, and usually more costly, low frequency noise control in building mechanical systems than otherwise required using NC curves. Furthermore, experienced consultants found the more stringent low frequency limits of PNC curves to be unnecessary and impractical in most building applications. For these reasons, the PNC curves never became widely used.

RC curves. In an attempt to better understand the implication of spectrum shape on the suitability of background sound in buildings produced by building mechanical systems, ASHRAE undertook a survey of background sound in building spaces in the mid 1970s. Blazier used this survey to develop a method for evaluating the suitability of background sound in building spaces based on space use (Blazier, 1981). The result was a set of Room Criteria (RC) curves that are straight, parallel lines of constant -5 dB/octave slopes. This shape was described as being

perceptually neutral, i.e. not have tonal dominance in any one frequency range. As explained below, the RC method involves determining an RC rating and a spectrum quality descriptor that denotes any imbalances or predominance of sound in a particular frequency range and causes a sound spectrum to be perceived as either “rumbly” or “hissy.” RC curves and methods for rating room sound spectra are defined by American National Standard S12.2-1995 “Criteria for evaluating room noise.”

NCB curves. These are a refinement of NC curves. NCB curves have somewhat greater negative slopes in the high frequencies to overcome the hissy quality of NC curves, and extend down to the 16 Hz octave band (Beranek, 1989). Like the RC method, the NCB method has a rating procedure and a method for ascribing a spectrum quality descriptor indicating any spectrum imbalance. NCB curves are inherently different from RC curves. NCB curves are based on curves of equal loudness, whereas RC curves are of perceived optimum spectrum shape. NCB curves are also defined in ANSI S12.2.

RC Mark II. This method uses curves nearly identical to those of the RC method and its means for rating a spectrum is the same. The method differs, however, in the way a sound quality descriptor is determined for a spectrum. The RC Mark II method defines a quality assessment index (QAI) that is calculated using the differences between the spectrum values and the neutral RC curve corresponding to the spectrum. This method is the outgrowth of experience by Blazier and others and was published in 1997 (Blazier, 1997) and is expected to be published in the ASHRAE Fundamentals Handbook (ASHRAE, 2001).

RNC curves. Finally, in an attempt to reach a technical compromise between NC, NCB, and RC curves, RNC curves have been developed that can be used with a tangency method for determining an RNC rating of a room sound pressure level spectrum (Schomer, 2000). Unlike other spectrum evaluation methods, the RNC method can be used to evaluate temporal variations in low frequency sound often observed in large ventilation systems.

CURRENT RATING METHODS

NC Tangency Method. The tangency method is the simplest and most commonly used method for rating octave band sound pressure level spectra in rooms. Using the tangency method, the NC rating of a spectrum is designated as the value of the highest NC curve reached. Figure 1 contains a set of NC curves overlaid with a typical room sound pressure level spectrum. The rating of the spectrum shown is approximately NC-51. The tangency method does not attempt to evaluate the tonal character of an octave band spectrum.

NC curves were first described by Beranek (Beranek, 1957) and were developed on the basis of equal loudness contours. It was originally presumed that an octave band spectrum that generally follows an NC curve shape would be perceived as equally balanced in low, mid, and high frequency energy. Although this was shown not to be quite the case, leading to the development of other curve sets, NC curves have continued to be used as the chief means for evaluating background sound in buildings.

NC curves were originally defined in the old octave bands. The NC curves shown in Figure 1 are an interpolation of the original curves into the preferred octave bands, as published by Schultz (Schultz, 1968).

Noise Criteria (NC) Curves

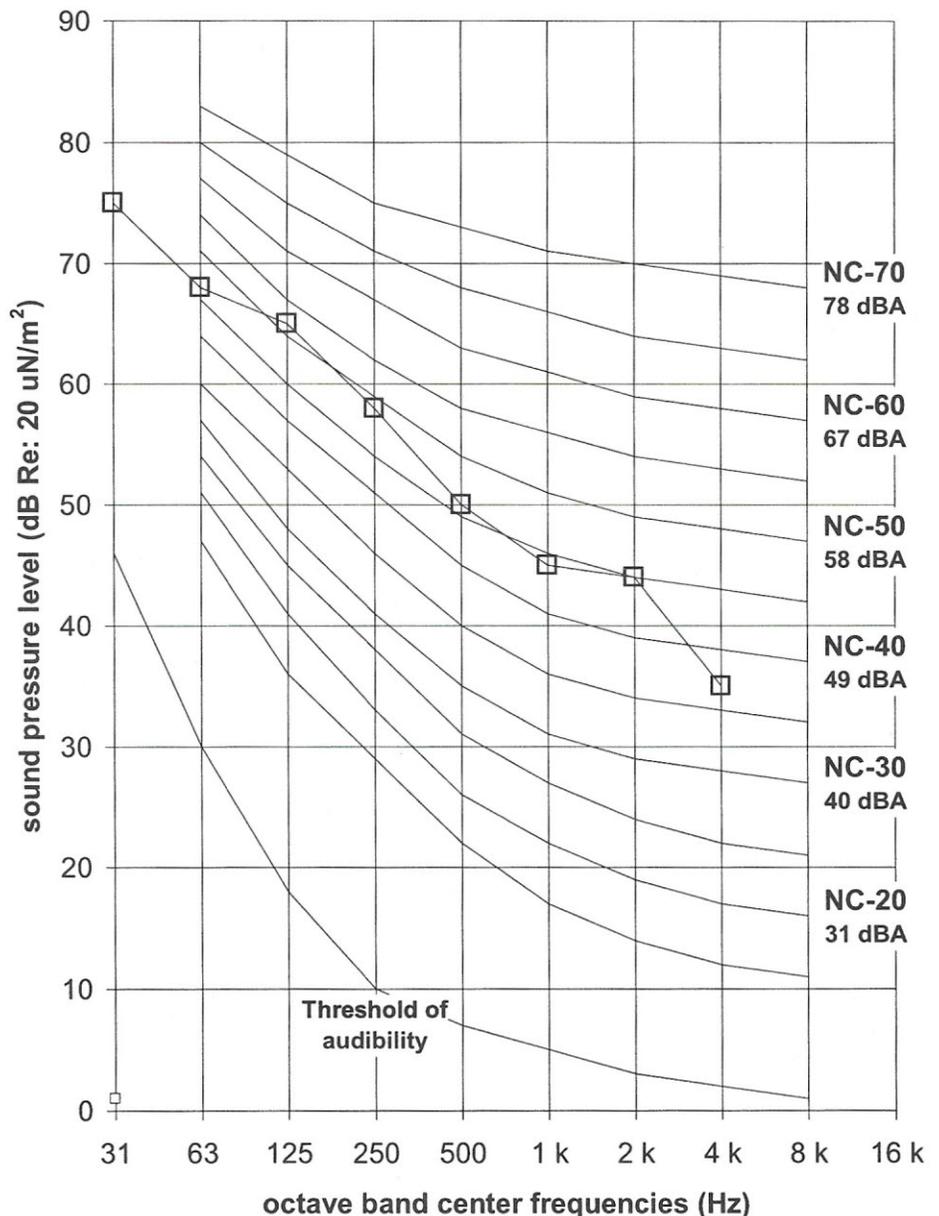


Figure 01: Noise Criteria (NC) Curves

RC Rating Method. The Room Criteria rating method was first proposed by Blazier (Blazier, 1981) and is now standardized in ANSI S12.2-1995 "Criteria for Evaluating Room Noise." Figure 2 presents a set of RC curves together with the typical sound pressure level spectrum shown in Figure 1. RC curves are defined from RC-25 to RC-50 and

are intended to cover the typical range of background sound in buildings over the frequency range 16 Hz to 4,000 Hz. RC curves are parallel lines of constant - 5 dB per octave slopes. They have been devised to define optimally neutral characteristics of background sound produced by building mechanical systems, and have been developed on the basis of perceived background spectrum "quality" rather than on equal loudness contours.

The rating of a sound pressure level spectrum follows the general from RC XX(YY), where XX is the RC rating and YY is one or more descriptors indicating spectral balance as discussed below.

Rating a sound pressure level spectrum using the RC method involves two steps. The first step is to determine the mid-frequency average level (L_{MF}) defined as follows:

$$L_{MF} = \frac{(L_{500} + L_{1000} + L_{2000})}{3}$$

The RC rating of a spectrum is equal to the mid-frequency average level: L_{MF} . For the spectrum shown in Figure 2, the RC rating is 46.

Room Criteria (RC) Curves
ANSI S12.2 Criteria for Evaluating Room Noise

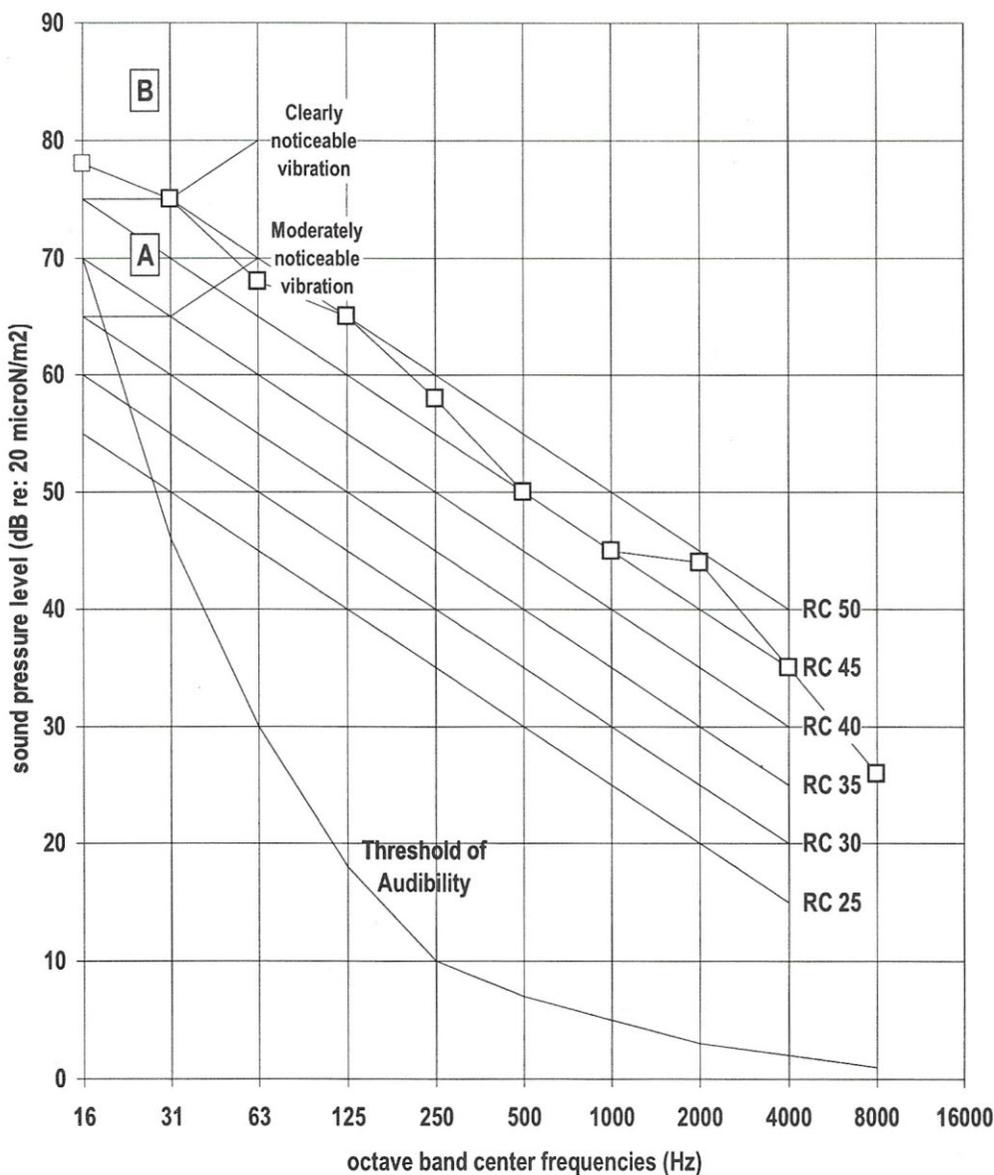


Figure 02: Room Criteria (RC) Curves

The second step involves determining the perceived balance between low and high frequency sound. A spectrum rich in low frequency sound (16 Hz to 500 Hz) is defined as “rumbly.” A spectrum rich in high frequency sound (1,000 Hz to 8,000 Hz) is defined as “hissy.”

The rumble criterion is defined as the RC curve that is 5 dB higher than the neutral curve determined from the L_{MF} and extends from 16 Hz to 500 Hz. If low frequency sound levels exceed the rumble criterion curve, the spectrum is judged to be rumbly.

The hiss criterion is the RC curve that is 3 dB higher than the neutral criterion and extends from 1,000 Hz to 4,000 Hz. Spectra that have values that exceed the hiss criterion would be perceived as hissy.

In addition, two criteria curves are also provided for determining the likelihood that low frequency sound would produce audible rattling in lightweight building elements such as suspended ceilings, light fixtures, doors, windows, ductwork, etc. These are shown in Figure 3: one for “moderately noticeable vibration” and a second for “clearly noticeable vibration.”

To express the balance of a spectrum, one of the following is used for the YY descriptor: (N), (R),

(RV), or (H). Spectra found not to exceed rumble, hiss, nor noticeable vibration criteria are considered to be “neutral”, i. e. having relatively good balance between low, mid, and high frequency sound energy. These spectra are followed by the quality descriptor (N). Since the spectrum in Figure 3 exceeds the “clearly noticeable vibration” criterion curve, it would be designated an RC 46(RV) spectrum.

**Room Criterion Curves (RC)
Example Spectrum Evaluation**

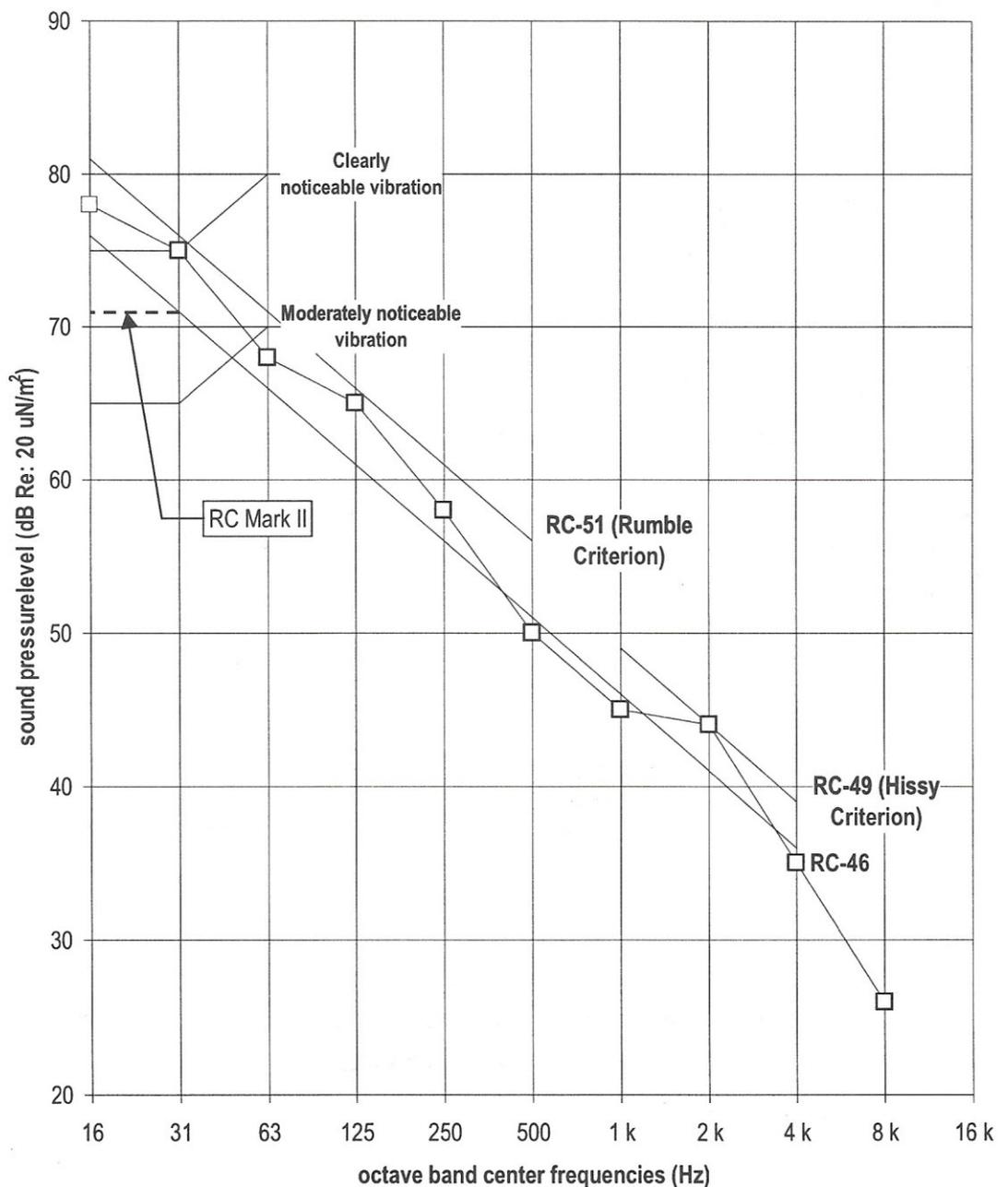
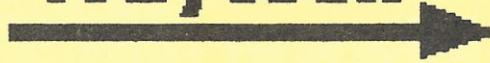


Figure 03: Room Criteria (RC) Curves

GUIA AMARELO DE ACÚSTICA E VIBRAÇÕES

NOVO ENDEREÇO E TELEFONE

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
- Comércio de Materiais

Laboratório Próprio com Câmara Reverberante.

RUA CINTRA, 262 - ESTORIL

CEP: 09831 - 040 - SÃO BERNARDO DO CAMPO - SP

Fone / FAX : (011) 4354-9639

A solução de problemas na indústria deve ter como parâmetros indispensáveis o conhecimento do processo, identificação do problema, a qualidade do produto e a prontidão no atendimento e prazo de fornecimento. Trabalhando exclusivamente em abatimento de ruído industrial somos, certamente, a melhor escolha para solucionar os problemas de ruído e vibrações de sua empresa, contando com equipe própria de projeto, fabricação e montagem

- **Laudos Técnicos**
- **Planos diretores de ruído e vibração**
- **Projetos Acústicos e de Isolamento de vibrações**
- **Controle ativo de ruído**
- **Silenciadores resistivos e reativos**
- **Enclausuramentos e barreiras acústicas**
- **Portas Acústicas**

DrM Consultoria e Acústica Industrial tel: (011) 4238-7219 / 7783

Av. Guido Aliberti, 3511 - CEP 09580-040 - S.Caetano do Sul - SP

SoundPLAN

PETROCHEMICAL PLANT NOISE MODELING SOFTWARE

Refinery Wide Noise Control Planning

- contour mapping – field measured data
- contour mapping – analytical models
- noise control planning – analytical/field data

– community noise impact, employee noise impact,
OSHA conformance, audible alarm system design...

– compressors, pumps,
motors, piping systems,
flarestacks...

Demo CD Available:

SoundPLAN LLC
80 East Aspley Lane; Shelton, WA 98584; USA

Tel: +1 360 432 9840 Fax: +1 360 432 9821

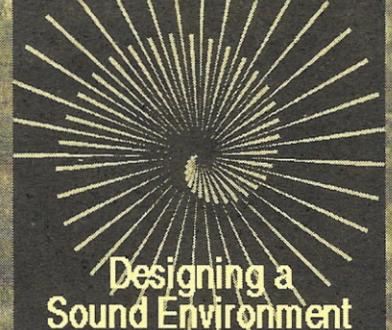
E-Mail: Marketing@SoundPLAN.com

www.SoundPLAN.com

www.navcon.com

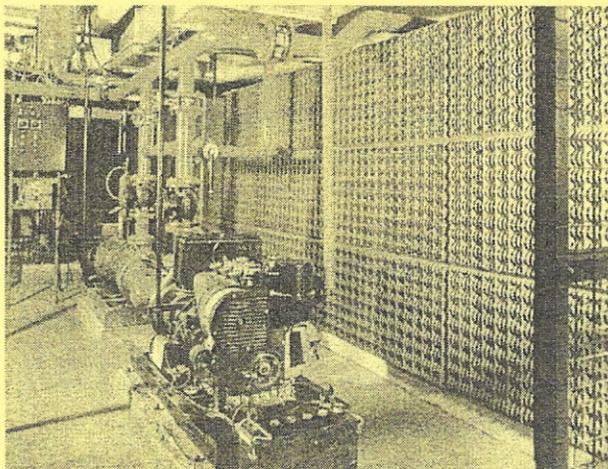
www.soundplan.webcentral.com.au

SoundPLAN



Designing a
Sound Environment

GUIA AMARELO DE ACÚSTICA E VIBRAÇÕES



Em um mundo de ruídos, Fonac assegura-lhe conforto acústico

O barulho e os desequilíbrios sonoros em indústrias, escritórios, lojas e residências podem ser reduzidos e controlados com painéis fonoabsorventes FONAC, de montagem simples, produzidos com espumas flexíveis com acabamento superficial em forma de cunhas.

O desenvolvimento científico e a sofisticada tecnologia na produção dos revestimentos FONAC garantem o mais alto nível de conforto acústico.



FONAC
REVESTIMENTOS ACÚSTICOS

**SONOFLEX
BRASIL**

(0xx11) 5061-0576

DISTRIBUIDORES

SP (0xx11) 6741-0654 / 536-4755 / 5062-7500 / 3865-5408 / (0xx17) 235-4048 / (0xx19) 242-0922
(0xx19) 243-1582 RJ (0xx21) 564-9684 / 605-1619 DF (0xx61) 361-8300 PR (0xx41) 223-1059
RS (0xx54) 223-6866 / (0xx51) 346-4159



VERMICULITA
ISOLANTES TÉRMO-ACÚSTICOS LTDA.
FRIO - CALOR - SOM

LINHA DE PRODUTOS:

IZO-FLOK - Vermiculita Expandida Pura

IZO-BETON - Concreto Isolante

IZO-REFRAK - Argamassa, blocos, placas, tijolos

IZO-ACOUSTICAL PLASTIC, - Argamassa isolante-acústica

AGROFORTE - Vermiculita Expandida Ativada Especial para uso agrícola/

REFRATÁRIOS: - Reciclagem e moagem de refratários. Chamotes

TELEFAX: (031) 288-1022 / 288-1031

RAZÃO SOCIAL: VERMICULITA ISOLANTES TERMO-ACÚSTICOS LTDA.

Rua José Lanna, 55 - Bairro Olhos D'Água - Cep 30390-010 - Belo Horizonte - MG

e-mail: vermic@digitus.com.br

HP: www.digitus.com.br/~vermic

GUIA AMARELO DE ACÚSTICA E VIBRAÇÕES



Isolantes Térmicos e Acústicos

THERMAX[®]

Isolantes em Lã de Rocha Basáltica

Solicite
Catálogos

Revestimentos acústicos decorativos e incombustíveis

- absorção sonora de 85% (espessura de 25 mm) e 100% (espessura de 50 mm), na frequência de 1.000 Hertz.
- diversas texturas, com comportamento ao fogo Classe A, segundo a NBR 9442.
- acabamento entre painéis com perfis exclusivos de PVC branco.
- fácil aplicação em tetos e paredes através de adesivo especial, ou através de fixação mecânica.
- os mais econômicos do mercado.
- assessoria técnica gratuita.

Vendas e Depto. Técnico: Rua Geraldo Flausino Gomes, 42- 7º andar

CEP 04575-060 - São Paulo - SP

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

www.rockfibras.com

Lançamento
Estamos selecionando
distribuidores / aplicadores

Por que os revestimentos acústicos

SONEX[®] da illbruck são os melhores que existem?

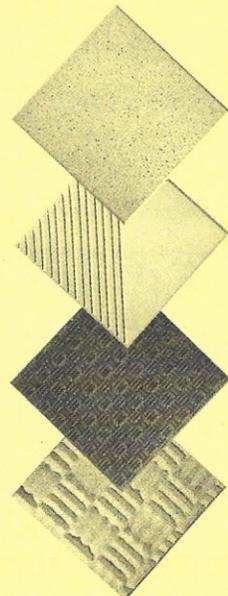
- tecnologia alemã em tratamento acústico reconhecida no mundo inteiro,
- os mais diversificados modelos, cores, texturas e preços que propiciam o melhor custo/benefício (soluções mais adequadas ao seu orçamento),
- não propagam a chama (auto-extinguíveis),
- rede de distribuição nacional com equipe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



illbruck[®]

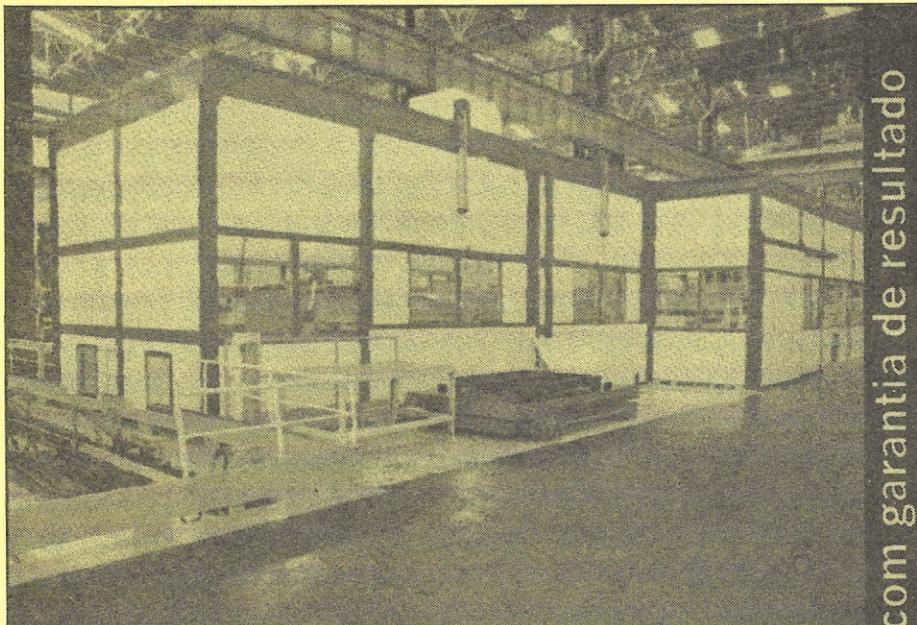
ESPECIALIZADA EM ACÚSTICA.

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



PATO

GUIA AMARELO DE ACÚSTICA E VIBRAÇÕES

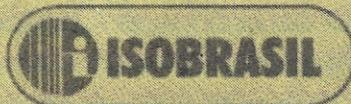


• Tratamento acústico é com a ISOBRASIL.

A Fiat, Petrobrás, Gillette, Telemig, CVRD, Polibrasil, Metalúrgica Atlas, Maquigeral, Mannesmann, TAM têm uma opção em comum: ISOBRASIL reúne a mais completa tecnologia de instalação para:

- isolamento térmico; • tratamento acústico;
- revestimento refratário; • proteção contra fogo.

Tudo isso, com os produtos dos melhores fornecedores do mundo. Faça uma consulta. Você vai entender porque cliente ISOBRASIL é cliente satisfeito.



ISOBRASIL ENGENHARIA E COMÉRCIO DE ISOLAMENTOS LTDA.

Matriz: R. Domingos Monteiro, 333 - Contagem/MG - Tel.: (031) 361-8777 - Fax: (031) 361-8889

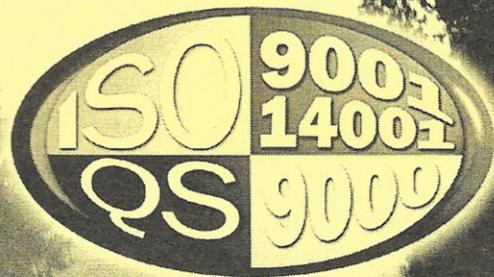
Escritório: R. Humberto I, 981 - São Paulo/SP - Tel.: (011) 570-2460 - Fax: (011) 539 2235

Home-page: <http://www.isobrasitengenharia.com.br> - e-mail: isobrasil@bhnet.com.br

Projeto e execução termoacústica com garantia de resultado

GUIA AMARELO DE ACÚSTICA E VIBRAÇÕES

**A vida tem
muitos caminhos.
A Fras-le está
em todos eles.**



Ao conquistar a ISO 14001, a Fras-le demonstra que reduzir impactos ambientais é respeitar as pessoas e o que elas têm de mais importante: a vida. Em todos os seus caminhos.



Fras-le S.A.
RS 122 - Km 66, nº 10945 - CEP 95115-970 - Caxias do Sul
Fone: (54) 209.1955 - Fax: (54) 209.1921
www.fras-le.com.br



**Equipamentos Para Audiologia
Manutenção e Vendas**

**J.A. Orlandi
&
André Luiz C. Lopes**

Rua Capitão Gomes Duarte, 20-07 - Vila Universitária - CEP: 17043-041 - Bauru - SP
Fone (14) 234-1503 - Fax (14) 227-8211
Visite nosso site: <http://www.acusticaorlandi.com.br>

GUIA AMARELO DE ACÚSTICA E VIBRAÇÕES

VIBRANIHIL

CONTROLE DE VIBRAÇÕES



IAC - 50 years, making
the world a quieter place

Industrial Acoustics Company

AMORTECEDORES DE VIBRAÇÃO
MEDIÇÕES DE RUÍDOS E VIBRAÇÕES

COXIM DE BORRACHA

BASES DE INÉRCIA

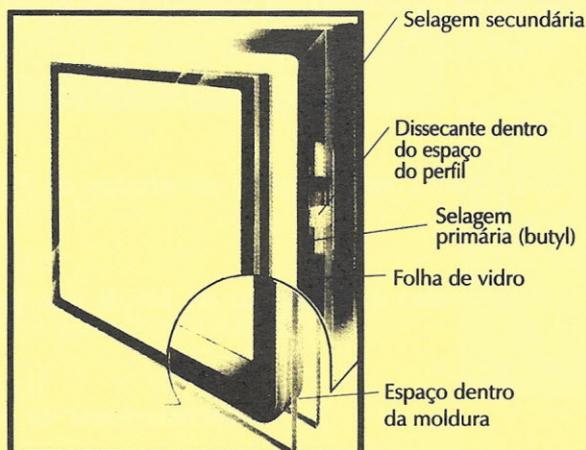
Produtos e
Sistemas
para Controle
de Ruído

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

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

Janela acústica TRISHOPPING

Sistema exclusivo de dupla selagem



O mais importante da selagem secundária (Barbante butyl) é que ela continua pelos cantos.

Melhor acabamento e qualidade no fechamento.

Maior isolamento acústico, maior durabilidade e maior eficiência.

Ideal para hotéis, escritórios, fábricas e residências

Tel: 543-5377



Atenua-Som

Show Room: Av. Ibirapuera, 3.458

GUIA AMARELO DE ACÚSTICA E VIBRAÇÕES

Caminhão Médio 1215 C



Para mais informações, visite o site www.mercedes-benz.com.br ou ligue 0800-11-4044.
Os veículos Mercedes-Benz estão em conformidade com o Proconve - Programa de Controle de Poluição do Ar por Veículos Automotores.

1215 C totalmente eletrônico.
O melhor caminhão
médio que você já viu.

► 1215 C. O caminhão que tem até 13% mais potência, até 40% mais torque e carrega meia tonelada a mais de carga que os outros da categoria. O motor totalmente eletrônico proporciona alta performance, maior durabilidade, menor consumo de combustível e, conseqüentemente, menor custo de manutenção.

► A sua cabina avançada tem amplo espaço e conforto, facilitando a movimentação interna e o acesso ao veículo. Proporciona também maior visibilidade e manobrabilidade para quem dirige. Tudo isso faz do 1215 C da Mercedes-Benz o caminhão médio com a mais alta rentabilidade que você já viu.



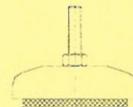
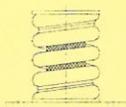
Mercedes-Benz

Vibtech

Pioneiro no controle de vibração
A solução estudada para seu problema



Amortecedores metálicos de almofadas de fio inoxidável



Amortecedores de molas e almofadas de fio de aço inoxidável

Amortecedores de elastômero



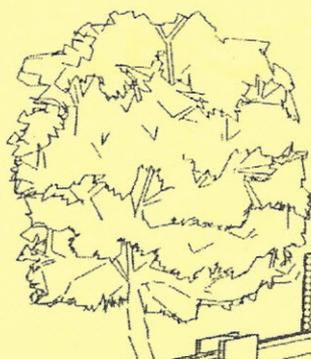
Amortecedores de molas com amortecimento hidráulico

Viste nosso Site: www.vibtech.com.br

Vib-tech Consultoria & Comercio Ltda.
Rua Afonso Celso Nº 594 Vila Mariana
04119-002 São Paulo SP Brasil

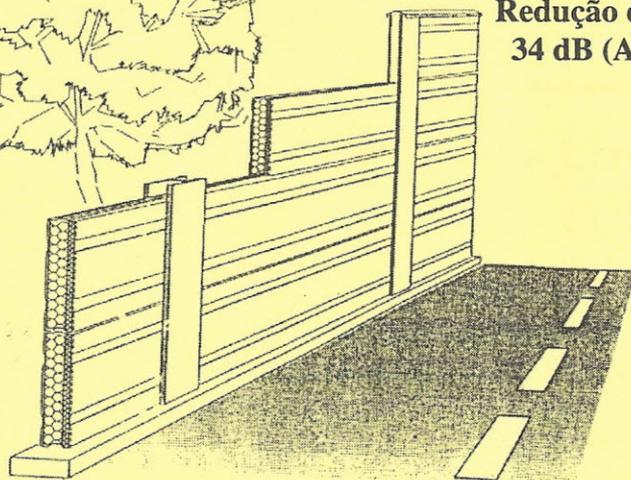
Tel.: (11) 5574 7800 (Novo)
Fax: (11) 5574 0370 "
Email: info@vibtech.com.br

GUIA AMARELO DE ACÚSTICA E VIBRAÇÕES



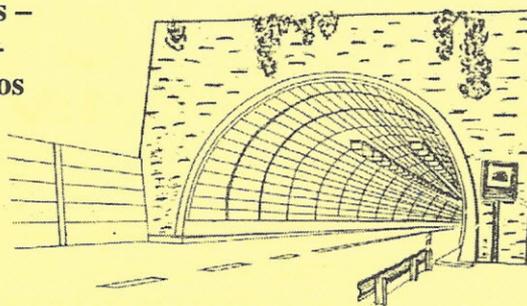
Barreira acústica para estradas –
Ferrovias – Elevados – Metro –
Condomínios – Requadramentos
de máquinas, etc.

Redução de
34 dB (A)

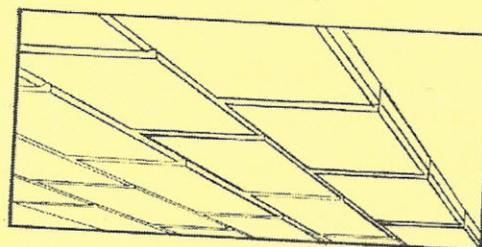


SONOTEC
Barreira Acústica

Produto Suíço – Fabricado no Brasil
Solicite maiores informações e prospectos pelo Fax
(011) 6412-6343 – Site: www.permetal.com.br ou
email: permetal@permetal.com.br



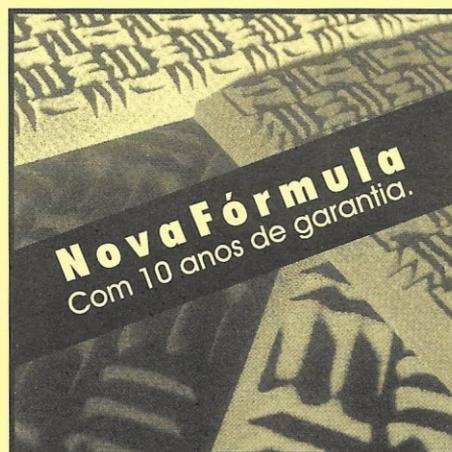
Painéis para revestimento de túneis –
Garagens – Casas de máquinas
Em chapas perfuradas
Alumínio ou aço



Painéis com perfuração ornamental Termo
acústicos para revestimento de forros e
paredes. Em alumínio ou chapa de aço com
efetiva resistência mecânica

REVESTIMENTOS ACÚSTICOS VOCÊ ENCONTRA AQUI.

- * *Tratamento Acústico*
- * *Assessoria Técnica*
- * *Acompanhamento da Instalação*
- * *Medição do Local*



RAMALHO

Av. Ricardo Jafet, 1429 - Ipiranga - SP
Fone: (11) 6160-0011 - Fax: (11) 6160-1211
www.ramalhocomercial.com.br
vendas@ramalhocomercial.com.br

SONEX[®]

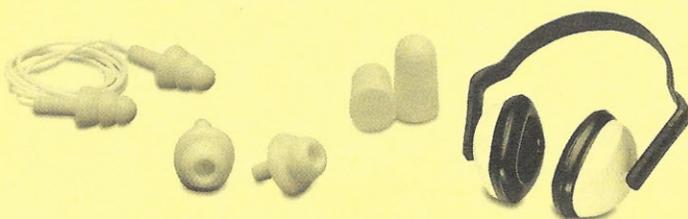
PLACAS ACÚSTICAS

GUIA AMARELO DE ACÚSTICA E VIBRAÇÕES

Dor de cabeça.

Efeito colateral de quem não usa Protetores Auditivos Duráveis.

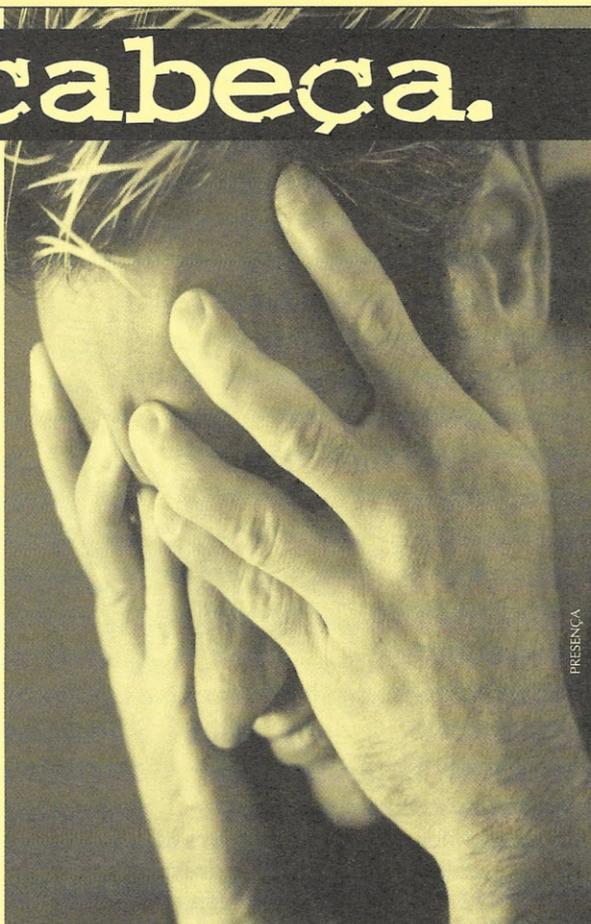
Fique tranqüilo em relação à proteção auditiva em sua empresa. Fique com a Duráveis. Especialista em EPIs, fornece **protetores tipo concha**, **espuma auto-moldável** ou **pré-moldado em plástico** ou **silicone**, além de **medidores auriculares**. Uma linha que protege perfeitamente a audição dos trabalhadores. E o seu bom humor.



DURÁVEIS

CRF: 015. Ao comprar EPIs exija o CRF e o C.A.

Duráveis Equipamentos de Segurança Ltda. - Via Anchieta, 474 - 04246-000
São Paulo - SP - Tel.: (011) 273-6700 - Fax: (011) 273-6053 - e-mail: duraveis@ibm.net



PRESENCIA

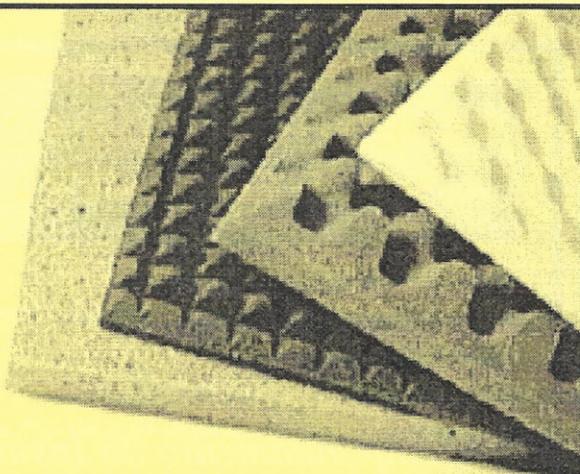


Art Técnica

Absorção Acústica

Características do material:

- Espuma de Poliuretano auto extingüível densidade 29 kg/m³.
- Cor cinza grafite "natural".
- Dimensão padronizada: Placas de 940 X 940 mm.
- Espessuras padronizadas: 25, 35, 50 mm.
- Excelente desempenho e performance acústica.
- Ótima estética e fácil aplicação.



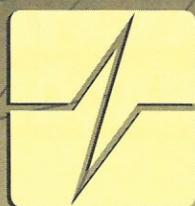
Isolação Acústica

Características do material:

- Espuma poliuretano auto extingüível.
- Cor cinza natural.
- Dimensão padronizada: 1000 X 500 mm.
- Lencol de chumbo espessura 0,3 e 0,5 mm.
- Outros dimensionais sob consulta.

**Art Técnica Peças em Espumas Ltda. Rua Dr. Francisco da Silva Prado, 140 - Vila Flórida
São Bernardo do Campo - SP Fone (11) 758-1345 e 418-9363 - Fax: (11) 758-2598
<http://www.arttecnica.com.br> - e-mail arttecnica@uol.com.br**

GUIA AMARELO DE ACÚSTICA E VIBRAÇÕES



GROM

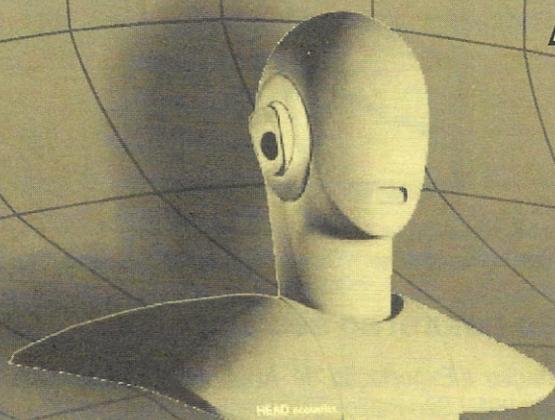
ACÚSTICA & AUTOMAÇÃO

Rua Pedro Alves, 47
Cep 20220-281
Rio de Janeiro

Tel: (21) 516-0077
fax: (21) 516-0308

www.gron.com.br
gron@gron.com.br

Linha completa de instrumentos para ACÚSTICA E VIBRAÇÃO



Produtos

Medidores de Pressão Sonora

Dosímetros

Analísadores de freqüência

Microfones

Software de análise ambiental

Acelerômetros

Gravadores digitais

Sistemas de gravação e reprodução binaurais

Serviços

NVH

Desenvolvimento de sistema de Medição

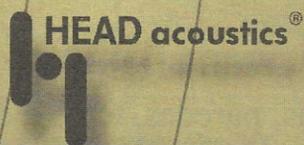
Consultoria especializada

Medição, avaliação e análise de ruídos
e vibrações

Psico acústica



REPRESENTAÇÕES



SONY



GUIA AMARELO DE ACÚSTICA E VIBRAÇÕES

CORTIÇA COM BORRACHA PARA CONTROLE DE RUÍDOS E VIBRAÇÕES



A Amorim Brasil desenvolve e fabrica produtos de Cortiça com Borracha para o controle de ruídos e vibrações. Atuando há vários anos nos mercados da Europa e EUA, a Amorim Brasil traz agora para o Brasil todo o know-kow adquirido no fornecimento deste material para diversas indústrias, como: Automobilística, Aeroespacial, Elétrica, Naval, Ferroviária, Civil, etc.

Cortiça com Borracha: A Solução natural ao seu alcance



AMORIM

Amorim Brasil Comércio Indústria Importação e Exportação de Artefatos de Cortiça Ltda
Av. Jandira, 257 - Cj. 63 - Indianópolis - 04080-001 São Paulo - SP - Brasil
Fone: (011) 533-9950 - 533-6653 - Fax: 531-0473 - Home page: www.amorimsolutions.com.br

CONAV

Isolação Acústica e Proteção Passiva Contra Fogo

- Projetos, laudos técnicos e avaliações de níveis de ruído;
- Isolamento acústico residencial, comercial e industrial;
- Portas e janelas acústicas;
- Paredes e divisórias acústicas;
- Forros acústicos;
- Piso acústico flutuante;
- Tratamento acústico em portas, janelas, paredes, tetos e divisórias;
- Proteção passiva contra-fogo em estruturas metálicas.

DISTRIBUIDOR
AUTORIZADO



CONAV ENGENHARIA E ISOLAMENTOS LTDA.

Rua Francisco Bicalho, 138-B - Padre Eustáquio - 30720-340 - Belo Horizonte - MG - Telefax: (31) 411-6347 / 412-4946 - e-mail: conav@gold.com.br

NCB Rating Method. ANSI S12.2 provides a table defining balanced noise criteria curves in 1-dB increments. These curves are shown graphically in Figure 4. These curves extend from the 16 Hz to the 8,000 Hz octave band. The standard defines the values for each individual curve from NCB-10 to NCB-65. In addition, the NCB-0 curve is defined as the threshold of audibility for continuous

sound in a diffuse field and is derived from the ANSI threshold of audibility for pure-tones.

As with the RC rating, the NCB rating takes the form of NCB XX(YY), where XX is the NCB rating and YY is a spectral balance descriptor.

Also as with the RC rating, the NCB method involves two steps. The first step is to compute the speech interference level (SIL) for the spectrum being evaluated. The SIL is defined as follows:

$$SIL = \frac{(L_{500} + L_{1000} + L_{2000} + L_{4000})}{4}$$

The NCB rating of a spectrum is equal to the SIL rounded to the nearest decibel. For example, the spectrum shown in Figure 4 has an SIL of 44 dB, and is therefore an NCB 44 spectrum.

The second step involves determining the perceived balance between low and high frequency sound. A spectrum rich in low frequency sound (16 Hz to 500 Hz) is defined as "rumbly." A spectrum rich in high frequency sound (1,000 Hz to 8,000 Hz) is defined as "hissy." The previously described criteria for moderately and clearly noticeable vibration are also used with the NCB rating method. As with the RC method, spectra found not to exceed rumble, hiss, nor noticeable vibration criteria are considered to be "neutral" spectra, i. e., having relatively good balance between low, mid, and high frequency sound energy.

Balanced Noise Criteria Curves (NCB)

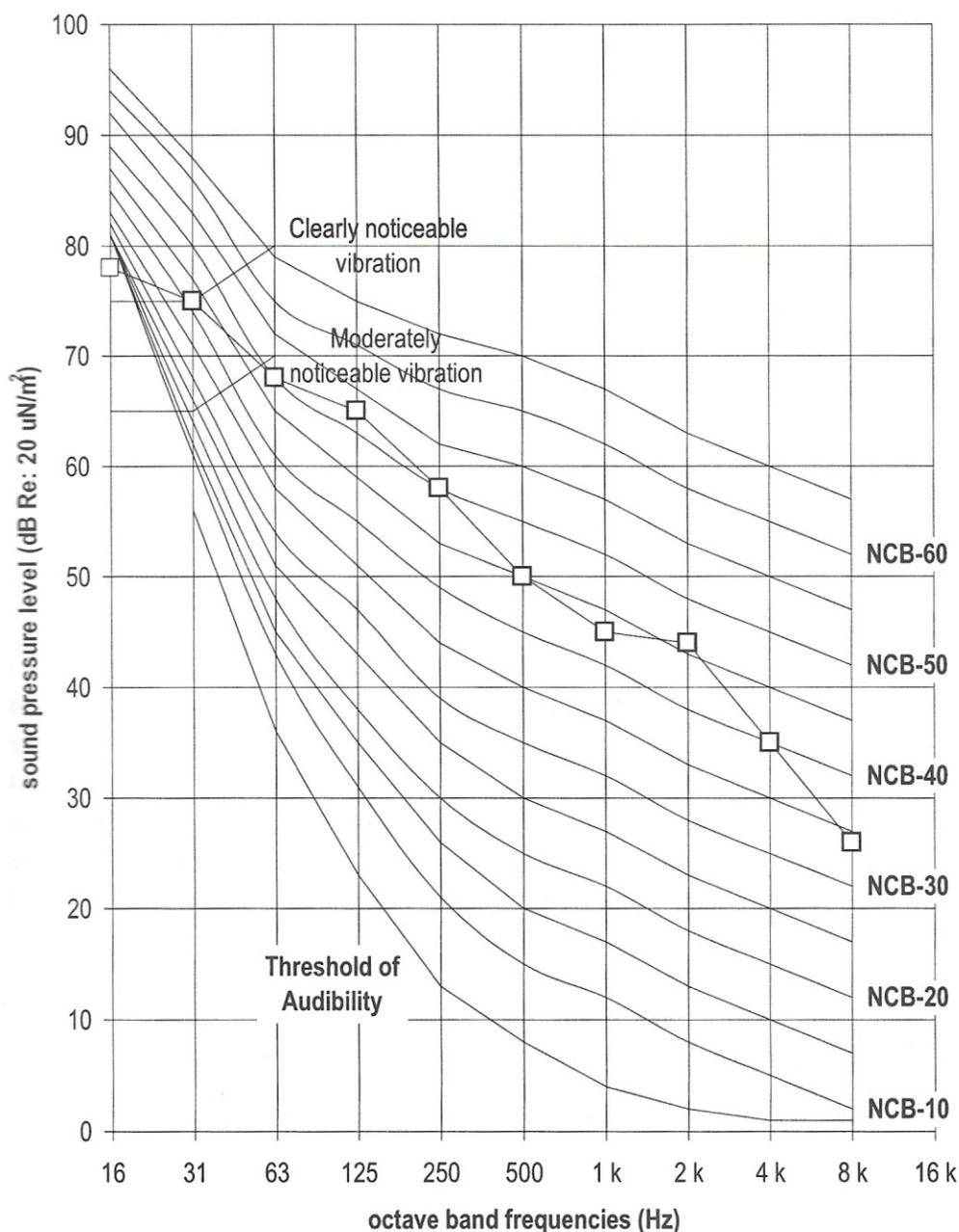
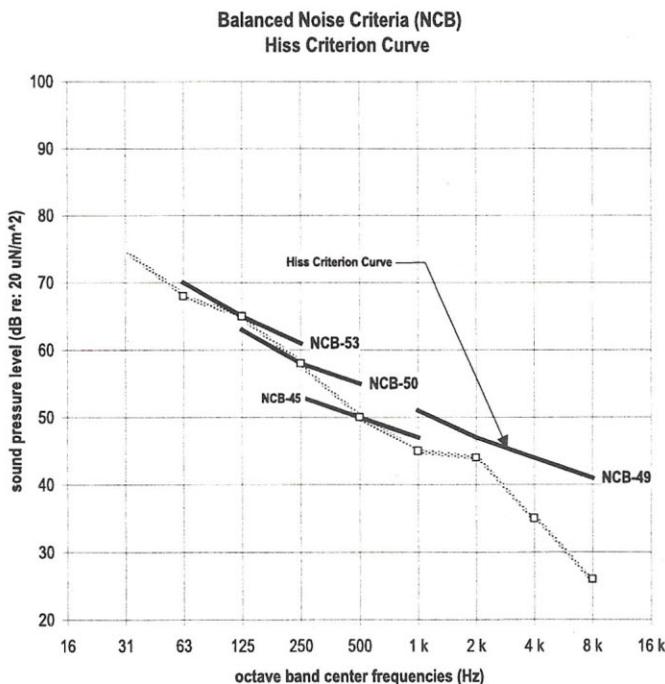
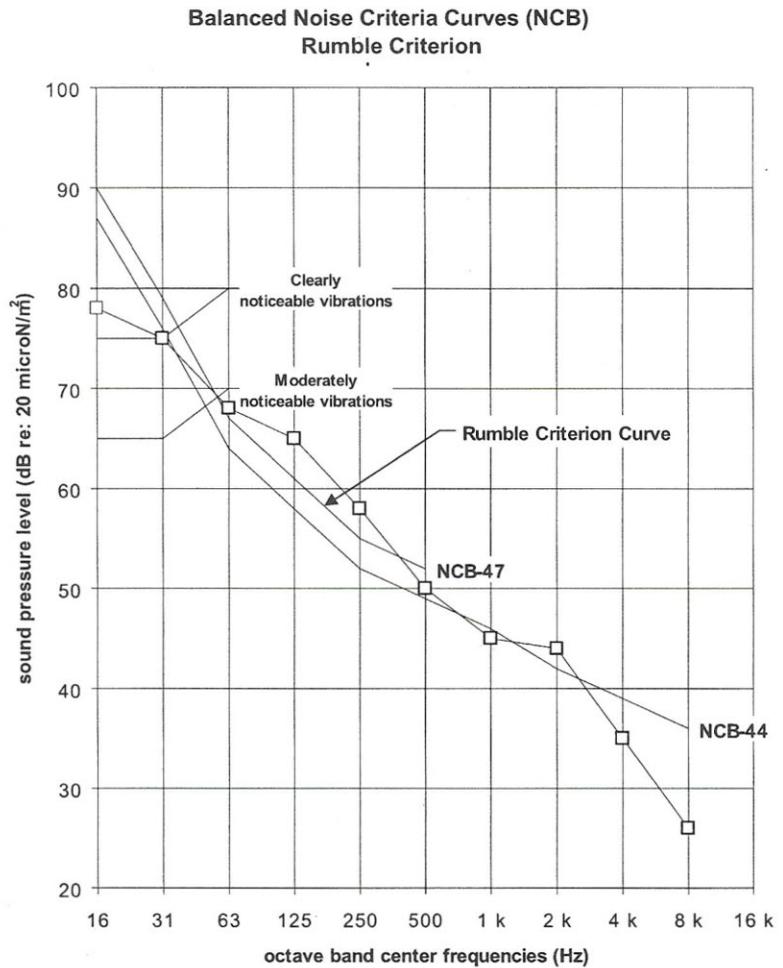


Figure 04: Balanced Noise Criteria Curves (NCB)

The rumble criterion is defined as the NCB curve with a value 3 dB higher than the curve determined on the basis of SIL. The rumble criterion curve extends only between 16 Hz and 500 Hz. Figure 5 presents the rumble criterion curve corresponding to the NCB-44 spectrum shown. Note that the spectrum exceeds the NCB-47 rumble criterion, therefore the spectrum shown would be characterized as “rumbly.” It also exceeds the “moderately noticeable vibration” criterion curve.

Figure 05: Balanced Noise Criteria Curves (NCB) Rumble Criterion.



The hiss criterion is somewhat more complicated to determine as illustrated in Figure 6. The hiss criterion curve is the arithmetic average of the three NCB curve values intersecting the spectrum at 125, 250, and 500 Hz, in this case NCB-49. Note that the spectrum does not fall above the NCB-49 hiss criterion curve, therefore the spectrum is not “hissy” according to ANSI S12.2.

Figure 06: Balanced Noise Criteria (NCB) Hiss Criterion Curve.

RC Mark II Rating Method.

This rating method is similar to the RC rating method in that the L_{MF} value is used as the rating value. It has been developed and published by Blazier (1997) and is expected to be included in the forthcoming ASHRAE 2001 *Fundamentals Handbook* (ASHRAE, 2001). The method differs from the RC rating method in principally in two respects. First, the RC curves used in the RC Mark II method differ slightly in that they are flat, rather than sloped, in the 16 to 31 Hz bands as noted in Figure 7 and as also shown for the RC 46 curve in Figure 3.

Second, the RC Mark II rating method differs in how qualitative characteristics of sound are computed. This new method uses two new quantities for computing qualitative characteristics of sound. These are the “energy-average spectral deviation factors” and the “quality assessment index.” As seen in Figure 7, the RC Mark II rating method divides the audible frequency range into three regions—low (16 to 63 Hz), middle (125 to 500 Hz), and high (1000 to 4000 Hz). Excess sound in these ranges are indicated as being perceived respectively as “rumble”, “roar”, and “hiss.” The RC Mark II qualitative rating method can be divided into three steps as follows:

Step 1 is to determine the RC rating using the L_{MF} as previously discussed. For convenience, this curve should be plotted together with the spectrum or listed in a table as discussed below.

Step 2 is to calculate the energy-average spectral deviations in each of the three previously mentioned frequency regions. These are as follows:

Room Criteria (RC) Mark II Curves
(Blazier, 1997)

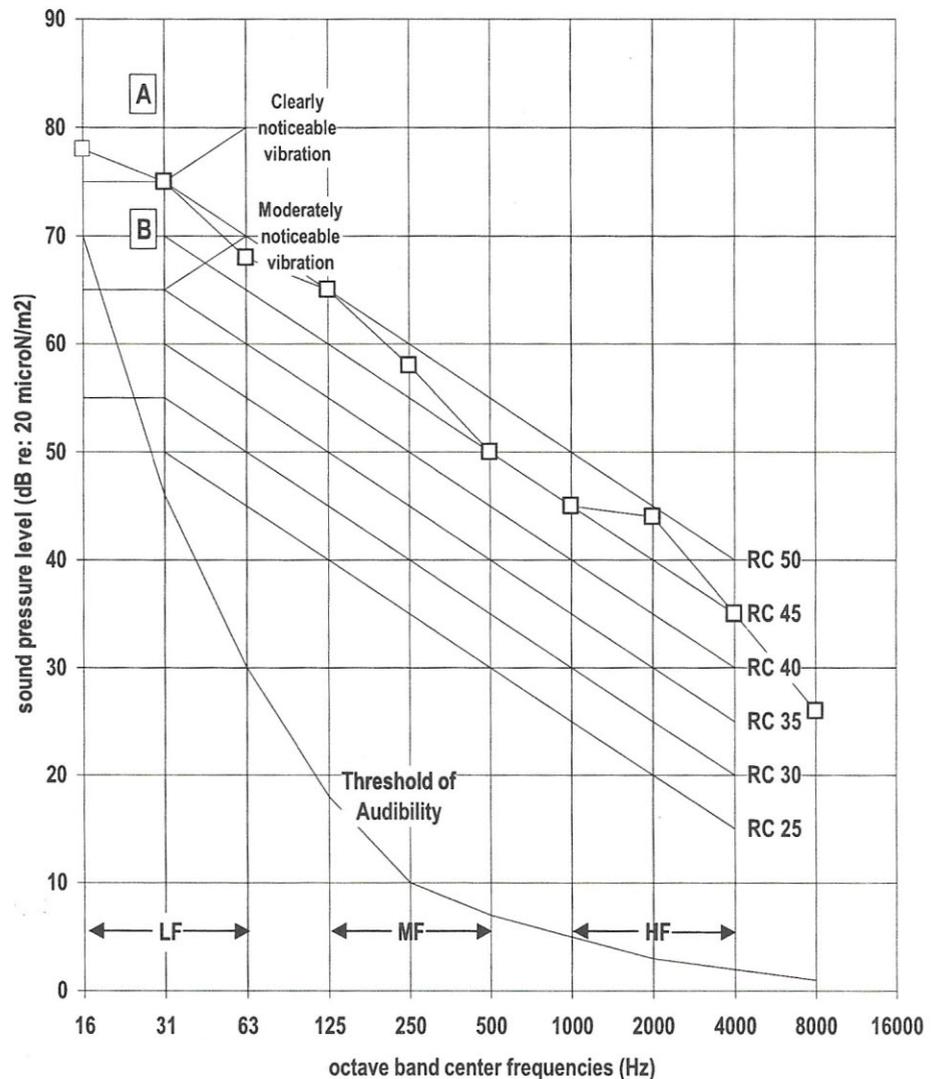


Figure 07: Room Criteria (RC) Mark II Curves

$$\Delta LF = 10 \log \left(\frac{10^{\Delta L_{16}/10} + 10^{\Delta L_{31}/10} + 10^{\Delta L_{63}/10}}{3} \right)$$

$$\Delta MF = 10 \log \left(\frac{10^{\Delta L_{125}/10} + 10^{\Delta L_{250}/10} + 10^{\Delta L_{500}/10}}{3} \right)$$

$$\Delta HF = 10 \log \left(\frac{10^{\Delta L_{1000}/10} + 10^{\Delta L_{2000}/10} + 10^{\Delta L_{4000}/10}}{3} \right)$$

Room Noise Criteria: The State-of-the-art in the Year 2000

In the above relationships, the DL_f values are the differences between the spectrum value and the RC curve value at that frequency.

The third step is to determine the quality assessment index (QAI). The QAI is the difference between the highest and lowest energy-average spectral deviations. If the QAI is less than or equal to 5 dB, then the spectrum is presumed to be neutral, i.e. exhibiting proper balance between low, mid, and high frequency ranges. Accordingly, the qualitative descriptor following the RC rating would be (N). If the QAI is greater than 5 dB, then the qualitative descriptor would be determined by the maximum energy-average spectral deviation and signified (LF), (MF), or (HF). If the spectrum exceeds the moderate or clearly noticeable criteria, the qualitative descriptors (LV_A) or (LV_B) would also be used. It is possible that two descriptors would be needed, i.e. one of (N), (LF), (MF), or (HF) and one of (LV_A) or (LV_B).

Figure 8 includes the previously considered spectrum and the neutral RC Mark II curve. The qualitative descriptor can be computed using the above

three-step process. Figure 8 contains a table presenting the qualitative descriptor computation method.

The following is a brief explanation of the worksheet in Figure 8.

Line 3 is the measured or calculated sound pressure level spectrum.

Line 4 is the L_{MF} , the arithmetic average of sound pressure levels at 500, 1000, and 2000 Hz and is also the RC Mark II rating of the spectrum.

Line 5 is the corresponding neutral RC curve.

Line 6 includes the three band groupings centered in each three-band set.

Line 7 lists the arithmetic differences between the spectrum and the RC curve values in each frequency.

Line 8 includes the energy-average spectral deviation factors.

Line 9 is the arithmetic difference between the highest and lowest energy-average spectral deviation factors.

Line 13 is the clearly noticeable vibration criterion

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Octave Band Frequencies (Hz)									
2		16	31	63	125	250	500	1000	2000	4000
3	L_p	78	75	68	65	58	50	45	44	35
4	L_{MF}							46		
5	RC curve	71	71	66	61	56	51	46	41	36
6		LF			MF			HF		
7	ΔL_f	7	4	2	4	2	-1	-1	3	-1
8	$\Delta LF, \Delta MF, \Delta HF$	4,8			2,1			0,8		
9	QAI	4,1								
10										
11		1/1 Freq. (Hz)								
12		16	31	63	Max					
13	LFV_A	75	75	80						
14	$L_p - LFV_A$	3	0	-12	3					
15										
16		1/1 Freq. (Hz)								
17		16	31	63	Max					
18	LFV_B	65	65	70						
19	$L_p - LFV_B$	13	10	-2	13					

Figure 8. RC Mark II Rating and QAI Worksheet.

Line 14 is the arithmetic difference between the measured spectrum levels of line 3 and the clearly noticeable vibration criterion of line 13.

Line 18 is the moderately noticeable vibration criterion

Line 19 is the arithmetic difference between the measured spectrum levels of line 3 and the clearly noticeable vibration criterion of line 18.

Figure 9 presents a summary of the RC Mark II rating for the spectrum shown in Figure 7 and entered into the table of Figure 8. A copy of a Microsoft Excel spreadsheet to perform the RC Mark II computations for a given spectrum is available from the ASHRAE technical committee on sound and vibration (TC 2.6) and from the author of this paper.

Having determined an RC Mark II rating, Blazier provides a means to determine how a room occupant might like respond to a given spectrum. Occupant subjective responses are indicated as: "acceptable", "marginal", and "objectionable". These responses presume that the RC rating

	1	2
2	RC MARK II EVALUATION SUMMARY	
3	RC Neutral Curve	46
4		
5	LFVA or LFVB or neither?	LFVA
6		
7	Energy-average spectral deviations	
8	LF	4,8
9	MF	2,1
10	HF	0,8
11	Quality Assessment Index	
12	QAI	4,1
13		
14	Qualitative descriptor	N
15		
16	Spectrum RC Mark II Rating	RC 46(N,LFVA)

Figure 9. Summary of Qualitative Descriptor Computation for Spectrum of Figure 7.

(which is the L_{MF}) is consistent with recommendations for such ratings on the basis of space use. The subjective responses are provide in Figure 10 (Blazier, 1997).

Sound-Quality Descriptor	Subjective Perception	QAI	Occupant Response
(N) Neutral	Balanced, no one frequency range dominates	QAI ≤ 5 dB ($L_{16}, L_{31.5} ≤ 65$ dB)	Acceptable
		≤ 5 dB ($L_{16}, L_{31.5} > 65$ dB)	Marginal
(LF) Rumble	Low-frequency range dominant (16-63 Hz)	5 dB < QAI ≤ 10 dB	Marginal
		QAI > 10 dB	Objectionable
(LFVA) Rumble, perceptible surface vibration	Low-frequency range dominant (16-63 Hz)	QAI ≤ 5 dB ($L_{16}, L_{31.5} > 75$ dB)	Marginal
		5 dB < QAI ≤ 10 dB	Marginal
(LFVB) Rumble, perceptible surface vibration	Low-frequency range dominant (16-63 Hz)	QAI > 10 dB	Objectionable
		QAI ≤ 5 dB ($L_{16}, L_{31.5} > 65$ dB)	Marginal
(MF) Roar	Mid-frequency range dominant (125-500 Hz)	5 dB < QAI ≤ 10 dB	Marginal
		QAI > 10 dB	Objectionable
(HF) Hiss	High-frequency range dominant (1000-4000 Hz)	5 dB < QAI ≤ 10 dB	Marginal
		QAI > 10 dB	Objectionable

Figure 10. Interpretation of RC Mark II Ratings Presuming Spectra Are Appropriate for Space Use.

PROPOSED RNC RATING METHOD

American National Standards Institute Working Group 18 is the technical entity charged with updating ANSI S12.2-1995 Criteria for Evaluating Room Noise. Currently, the standard is under the usual review process associated with periodic reaffirmation. During this review process, a new method for evaluating room noise has been submitted for working group consideration. The method known as the Room Noise Criteria (RNC) rating method is a consolidation of the NCB and RC methods. Besides spectral balance among frequency ranges, the method also considers the impact of variations in low frequency sound with time. Such variations are often described as a “surging” sound associated with variations in airflow in large duct systems. Along with a new set of curves, the new method includes a means to compute a qualitative descriptor for a measured or calculated room sound pressure level spectrum. A paper by Schomer (Schomer, 2000) is currently under peer review for publication in *Noise Control Engineering Journal*, the archival journal of the Institute of Noise Control Engineering/USA (INCE/USA). Initial review of the proposed RNC rating method has been favorable and would use a tangency method instead of an arithmetic band average such as used by the NCB, RC, and RC Mark II rating methods. Highlights of the proposed method are:

- A new set of curves representing an “averaging” of NCB and RC curves.
- Use of a tangency method for determining a spectrum RNC rating.
- Use of measured (or calculated) peak-to-peak variation and standard deviation of sound pressure level with time in the 16, 31, 63, and 125 Hz octave bands.
- Weighting and combining of the 16, 31, and 63 Hz octave band levels to determine a lowest frequency band closely matching the critical band of human hearing in the low frequencies.

CASE HISTORIES

In order to examine the differences between the use of NCB and RC rating methods, 238 measured sound pressure level spectra were obtained from consulting project files of Cavanaugh Tocci Associates, Inc. These represent a variety of spaces including offices, hotel guestrooms, hospital patient rooms, classrooms, laboratories, etc. Most represent at least minor problems to the users, either by sound levels being too high and/or containing pure-tone components.

Figures 11 through 14 present relationships between measured sound levels; and NC, NCB, and RC ratings for the 238 measured spectra. Figure 11 presents the relationship between linear (overall) and A-weighted sound pressure level. Also provided is the linear regression relating linear and A-weighted sound levels and the coefficient of determination. In Figure 11, A-weighted sound pressure levels are, as expected, consistently lower than unweighted levels, but not in a fashion that produces a regression line that has a slope of 1.0.

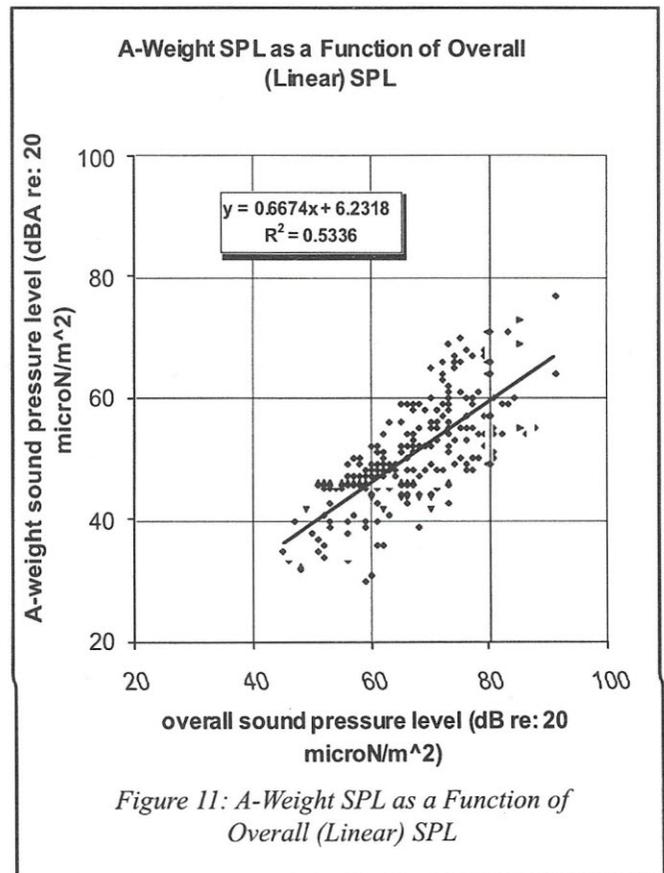


Figure 11: A-Weight SPL as a Function of Overall (Linear) SPL

Figure 12 presents the relationship between NC (tangency) and NCB ratings for the 238 spectra analyzed. It is seen in this figure that the NC (tangency) rating is consistently higher than the NCB rating. Again, this is as expected since the NC tangency method seeks the highest curve value reached by the spectrum. By the very nature of the NCB rating method, the NC tangency rating method will almost always produce higher values than will the NCB rating method.

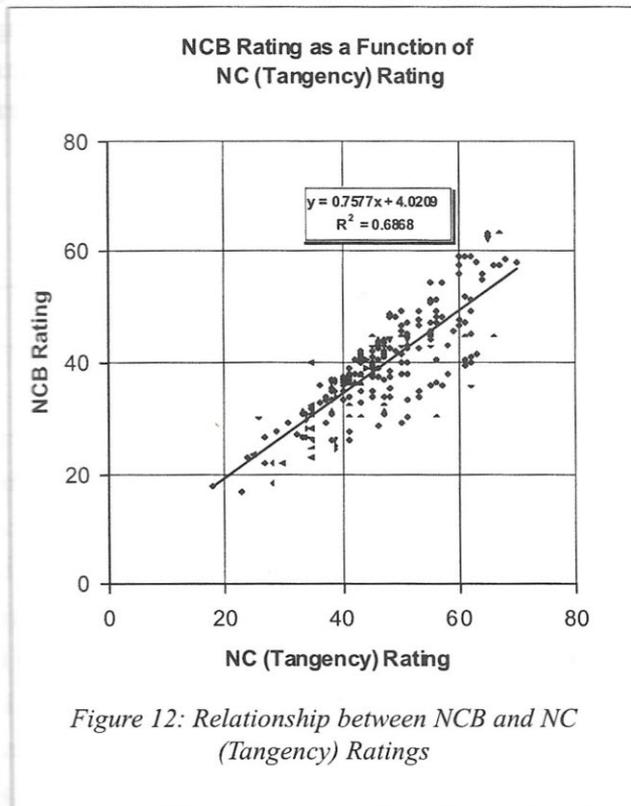


Figure 12: Relationship between NCB and NC (Tangency) Ratings

In Figure 13, the relationship between NCB and RC and RC Mark II ratings is shown to be very consistent, following a regression slope of approximately 1.0 and with only a small y-intercept. This suggests that statistically, the NCB and RC ratings of spectra will be very nearly the same. Hence, NCB and RC criteria values used to establish acceptable sound levels in building spaces should be very nearly the same as well, or at most RC ratings should be set about 2 dB higher than NCB ratings for identical spaces. This is as expected since RC and NCB ratings are based on averages of sound pressure levels over nearly identical frequency ranges.

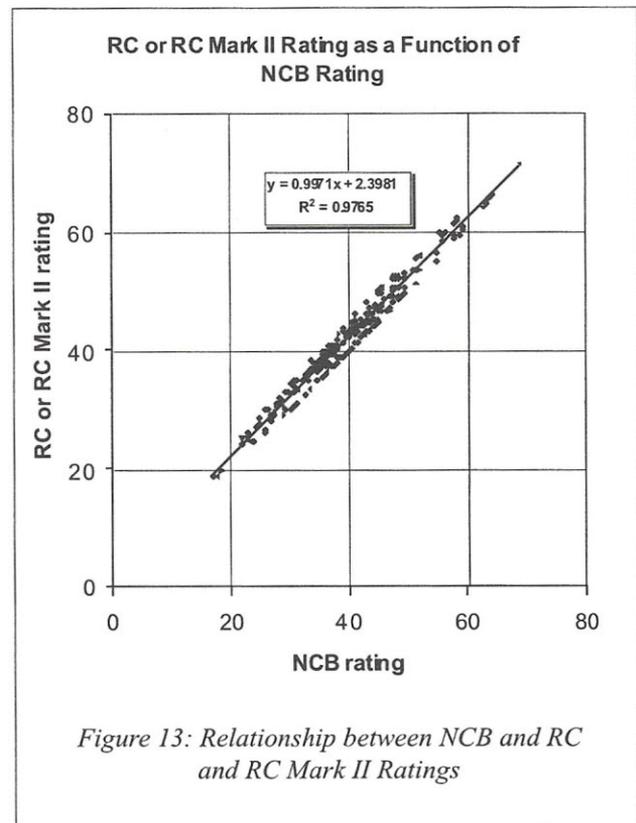


Figure 13: Relationship between NCB and RC and RC Mark II Ratings

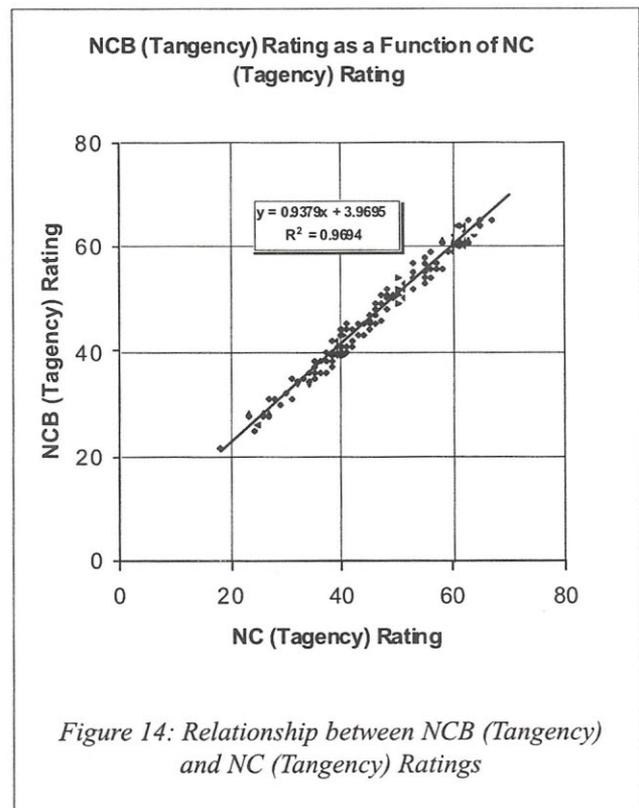


Figure 14: Relationship between NCB (Tangency) and NC (Tangency) Ratings

Room Noise Criteria: The State-of-the-art in the Year 2000

Figure 14 presents the relationship between NCB tangency and NC tangency ratings. As these sets of curves are very nearly identical, the corresponding ratings are also very nearly identical. Note that only spectra with tangency points falling within the frequency range covered by the NC curves (63 Hz to 8,000 Hz) have been included.

Figure 15 presents correlations between the determinations of rumble and hiss criteria using NCB and RC methods for the 238 spectra evaluated in this study. The figure presents four correlations covering combinations of agreement and disagreement between the two methods for ascribing rumble and hiss characteristics to measured criteria.

In Figure 15, "NCB only" means only the NCB rating determined the spectrum to be rumbly, but not the RC rating, etc.

Of the 238 spectra, all excluded data in the 16 Hz band. In addition, a few had no data in the 31 Hz band, and several had no data at high frequencies because levels were low and of little interest to the evaluation of the problem at hand. Missing data in the 31 Hz band were approximated by setting the 31 Hz band sound pressure level equal to the 63 Hz sound pressure level. The missing high frequency data were approximated by continuing the spectrum from the highest band for which data was report at a negative 5-dB slope. In addition, 42 spectra had L_{MF} values outside of the RC 25 to 50 range.

Rumble Correlation	Number of Spectra	Hiss Correlation	Number of Spectra
NCB only	73	NCB only	28
Both rumble	84	Both hiss	13
RC only	1	RC only	10
Neither rumble	38	Neither hiss	145
SUB TOTAL	196	SUB TOTAL	196
Spectra out of criteria range	42	Spectra out of criteria range	42
TOTAL	238	TOTAL	238

Figure 15. Correlation between NCB and RC: Determinations of Rumble and Hiss for Measured Spectra

Rumble Correlation	Number of Spectra	Hiss Correlation	Number of Spectra
RC only	26	RC only	20
Both rumble	59	Both hiss	3
RC Mark II only	68	RC Mark II only	41
Neither rumble	43	Neither hiss	132
SUB TOTAL	196	SUB TOTAL	196
Spectra out of criteria range	42	Spectra out of criteria range	42
TOTAL	238	TOTAL	238

Figure 16. Correlation between RC and RC Mark II: Determinations of Rumble and Hiss for Measured Spectra

Rumble Correlation	Number of Spectra	Hiss Correlation	Number of Spectra
NCB only	52	NCB only	29
Both rumble	105	Both hiss	12
RC Mark II only	22	RC Mark II only	32
Neither rumble	17	Neither hiss	123
SUB TOTAL	196	SUB TOTAL	196
Spectra out of criteria range	42	Spectra out of criteria range	42
TOTAL	238	TOTAL	238

Figure 17. Correlation between NCB and RC Mark II: Determinations of Rumble and Hiss for Measured Spectra

CONCLUSIONS

The approximate 70-year history of noise criteria has been briefly reviewed, with detailed descriptions provided for noise rating methods in current use. Currently used methods in the literature for rating room sound level spectra include the Noise Criteria (NC), Room Criteria (RC), Balanced Noise Criteria (NCB), and RC Mark II curves. Of these, only the RC and NCB curves are defined in standards, in this case ANSI S12.2 (ANSI, 1995). Both methods provide a means for rating spectra on the basis of an octave band arithmetic average of sound levels. As discussed these are the L_{MF} and the SIL, where the former is used with RC ratings and the later with NCB ratings. In addition, both methods have a quality descriptor that indicates perceived spectrum balance between low and high frequencies.

The older, more widely used NC curves are standardized through the technical literature and have no fixed method of use to determine the NC rating of a spectrum, except that the "tangency" method has come in to wide use for this purpose.

The RC Mark II method is a further development of the RC method and uses curves nearly identical to the RC curves defined in ANSI S12.2. The RC Mark II method differs from the RC method considerably in the way it ascribes a spectrum quality descriptor to a sound pressure level spectrum.

Finally, a new rating method, the Room Noise Criteria (RNC) method, has been briefly discussed in advance of its anticipated publication in the *Noise Control Engineering Journal*. The method attempts to combine the favored attributes of the NC, RC, and NCB rating methods by using curves that represent a compromise between RC and NCB shapes, and by using a tangency method for determining spectrum rating.

In order to investigate differences between NC, NCB, RC and RC Mark II rating methods, each method has been implemented on a series of 238 measured spectra. Resulting NC, NCB, RC, and RC Mark II ratings have been correlated using regression methods. General observations on the similarities and differences between these methods are as follows:

1. On the basis of the 238 spectra studied, the RC rating of a spectrum tends to be about 2 dB higher than NCB rating of the same spectrum. This is logical since the NCB method uses a four band (SIL) average and the RC method uses only the three lower (500, 1000, 2000 Hz) of the these four bands (L_{MF} , mid-frequency average). Since the sound level in the fourth band (4000 Hz band) is usually lower than the sound level in the three lower frequency bands (500, 1000, 2000 Hz), the four band average will usually be lower than the three band mid-frequency average.
2. Generally speaking, the NCB method tends to be more sensitive to evaluating rumble characteristics than the RC method, at least on the basis of the spectra evaluated. It is believed that this observation is a result of measured spectra having low frequency peaks at 63 Hz or higher. It is believed that the RC method is more sensitive than the NCB method to low frequency rumble sound at 16 and 31 Hz. Hence, it is believed that spectra having significant amounts of sound energy in these lowest bands, it would more likely be determined to be rumbly by the RC method than by the NCB method.
3. The RC method appears to be somewhat less sensitive to hiss than the NCB method. Of the 51 spectra identified as being hissy, only 13 of the spectra were determined to be hissy by both methods.
4. The RC and RC Mark II methods are identical in the way spectra are rated, but differ significantly in they way the spectrum balance quality is evaluated. It is apparent that the RC Mark II method is more sensitive to rumble and hiss than is the RC method. In addition, there is a wide disparity between spectra indicated as being hissy using the two methods.
5. There appears to be good agreement between the NCB and RC Mark II methods for determining the presence of rumble. However, this is not true for the evaluation of spectrum hiss.

ACKNOWLEDGEMENTS

The author wishes to thank his partner, William J. Cavanaugh, for his comments and suggestions, and the author's colleague Timothy J. Foulkes for a bulk of the measured data used in this analysis.

REFERENCES

- (Blazier, 1997) Blazier, Warren E.; RC Mark II: A refined procedure for rating the noise of heating, ventilating, and air-conditioning (HVAC) systems in buildings, *Noise Control Engineering Journal*, Vol. 45, No. 6, Nov-Dec 1997, pp. 243-250.
- (Beranek, 1957) Beranek, Leo L., Revised Criteria for Noise in Buildings, *Noise Control*, Vol. 3, No. 1, January 1957, pp. 19-27.
- (Schultz, 1968) Schultz, T. J.; "Noise-Criterion Curves for Use with the USASI Preferred Frequencies," *The Journal of the Acoustical Society of America*, V. 43, No. 3, 1968, pp. 637-638.
- (Blazier, 1981) Blazier, Jr., Warren E., "Revised Noise Criteria for Application in the Acoustical Design and Rating of HVAC Systems," *Noise Control Engineering Journal*, March-April 1981, pp. 64-73.
- (ANSI S12.2-1995) American National Standards Institute S12.2-1995, "Criteria for Evaluating Room Noise," (Acoustical Society of America standard 115-1995),
- (Cavanaugh, 1962) Cavanaugh, W. J.; Farrell, W. R.; Hirtle, P. W.; and Watters, B. G.; "Speech Privacy in Buildings," *JASA*, Vol. 34, No. 4, April 1962, pp. 475-492.
- (Harris, 1991) Harris, Cyril M., ed.; *Handbook of Acoustical Measurements and Noise Control*, Third Edition, McGraw-Hill, Inc., New York, 1991, Chapter 16 by Levitt and Webster, p. 16.12.
- (Beranek, 1989) Beranek, Leo L.; "Balanced noise-criterion (NCB) curves," *JASA*, Nov. 86 No. 2, August 1989, pp. 650-664.
- (ASHRAE, 2001) Draft, *Fundamentals Handbook*, American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, to be published in 2001.
- (Schomer, 2000) Schomer, Paul D., Draft 5 – Proposed Revisions to Room Noise Criteria Curves, submitted to *Noise Control Engineering Journal* for publication in 2000.

POLUIÇÃO SONORA: UM LEVANTAMENTO DE DADOS DA CIDADE DE FORTALEZA NO PERÍODO DE 1988 A 1998

*Francisco Alexandre Rocha Pinto - Químico Industrial, Especialista em Saneamento e Controle Ambiental ambos pela Universidade Federal do Ceará - U.F.C., Técnico da Superintendência Estadual do Meio Ambiente - SEMACE desenvolvendo atividades na Divisão de Controle da Poluição Industrial - DICOP.
Rua Jaime Vasconcelos, 457 Apº 104, bairro Varjota, Fortaleza, Ceará, CEP: 60165-260, Brasil,
Tel: (0xx85) 267-1095, e-mail: alexpin@zaz.com.br*

RESUMO

Esse trabalho consiste num levantamento de dados sobre poluição sonora realizado no período de 1988 a 1998 na cidade de Fortaleza, pela Divisão de Controle da Poluição Industrial – DICOP da Superintendência Estadual do Meio Ambiente – SEMACE. E está fundamentado nos relatórios expedidos pelos técnicos da DICOP, após procederem inspeções, que tiveram como causa denúncias de poluição sonora chegadas à SEMACE.

Foram coletadas no total 243 (duzentos e quarenta e três) fontes fixas de poluição sonora, excetuando-se um evento de fonte móvel, o FORTAL (carnaval fora de época), assim distribuídos: atividades industriais (serrarias, metalúrgicas, panificadoras, sorveterias, premoldados, renovadoras de pneumáticos, confecções, lavanderias, fundições, rações, reciclagens de P.V.C., beneficiamento de castanhas-de-caju, marmorarias, fabricação de gelo, artefatos de fibra, unidades de engarrafamento, fiações e tecelagens, calçados, beneficiamento de papel, industrialização de pescados, etc.), no total de 123 (cento e vinte e três); diversões (bares, restaurantes e casas de show), no total de 66 (sessenta e seis); prestadoras de serviços (hotéis, oficinas mecânicas, montagens de som, gráficas, postos de gasolina, supermercados, bancos, academias de ginástica, buffet, colégios, rádios comunitárias, empresas de telecomunicações, armazéns frigoríficos, etc.), no total de 35 (trinta e cinco); eventos (FORTAL – carnaval fora de época), no total de 13 (treze); cultos religiosos, no total de 04 (quatro) e diversos (loja comercial, ensaio de banda musical), no total de 02 (dois).

Em várias dessas fontes poluidoras foram realizadas seguidas inspeções, até a solução definitiva do problema da poluição sonora, sendo que tomamos como referência para estudo do nosso trabalho a primeira inspeção com o maior valor medido.

PALAVRAS-CHAVE: Poluição Sonora, Conforto Acústico, Níveis de Ruído.

INTRODUÇÃO

O presente trabalho versa sobre Poluição Sonora: Um Levantamento de Dados da Cidade de Fortaleza no Período de 1988 a 1998 e consideramos relevante discorrermos sobre os termos que norteiam a nossa pesquisa: o som e o ruído. Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, o som é definido como toda e qualquer vibração ou onda mecânica em um meio elástico, dentro da faixa de áudio-frequência; simplificada, o som é entendido como qualquer variação de pressão (na água, no ar ou outro meio qualquer) que o ouvido humano possa detectar. O ruído é caracterizado como um conjunto de sons indesejáveis ou que provoquem uma sensação desagradável. Entretanto, os sons são polissêmicos, ou seja, possuem significados diferentes para pessoas diferentes. Muitas vezes um som agradável para uns pode ser um ruído para outros.

O rápido crescimento das cidades brasileiras, e em particular das capitais, Fortaleza não fugindo à regra, é um fato incontestável e não existem indicações de que taxas de crescimento hoje ocorrentes venham a decrescer em um futuro próximo. Tal crescimento é acompanhado por vários problemas, muitos deles afetando diretamente a qualidade de vida dos habitantes. Um desses problemas é o ruído.

Poluição Sonora: Um levantamento de dados da cidade de Fortaleza

ído urbano ou comunitário, que pode ser originado principalmente por: fontes fixas (indústrias, casas de diversões, bares, restaurantes, templos religiosos, construção civil, prestadoras de serviços, aeroportos, etc.) e fontes móveis (veículos automotores, aviões, navios, trens, etc.).

A poluição química do ar, da água e da terra deixa muitos traços visíveis de contaminação, muitas doenças e até mortes, devido às alterações do meio e pode ser identificada por qualquer pessoa. Mas, a poluição sonora, mesmo em níveis exagerados, produz efeitos imediatos moderados. Seus efeitos mais graves vão se implantando com o tempo, como a surdez, que não demora a se acompanhar às vezes de desesperadores desequilíbrios psíquicos e de doenças físicas degenerativas.

A preocupação com o crescimento da poluição sonora e seus efeitos na população tem sido alvo de pesquisas e os estudos mais aprofundados sobre o tema acentuaram-se a partir da década de 70. No Brasil foram realizadas pesquisas e trabalhos sobre o assunto,

dentre eles o relativo à cidade de Belo Horizonte, dos autores Pimentel-Souza e Alvarez [12] e que teve grande repercussão na mídia a nível nacional.

Como trabalhamos num órgão que trata da Política Ambiental no estado do Ceará, e tendo como atribuições a fiscalização e o controle da poluição atmosférica, hídrica, sonora e de resíduos sólidos, principalmente de fontes industriais, preocupa-nos sobremaneira o problema relativo à poluição sonora, que se configura através da acentuada elevação da quantidades de denúncias chegadas ao órgão SEMACE e em outros órgãos que atuam na política e controle das questões ambientais, tais como: Prefeitura Municipal de Fortaleza através de suas Secretarias Executivas Regionais, Ouvidoria Geral do Estado do Ceará - Ouvidoria Ambiental, Secretaria da Segurança Pública e Defesa da Cidadania - Comando de Policiamento da Capital - P.M.C. - COPOM e Procuradoria Geral da Justiça do Estado do Ceará - Centro de Apoio Operacional do Meio Ambiente, conforme tabelas abaixo:

Ano	Poluição Atmosférica	%	Poluição Hídrica	%	Poluição Sonora	%	Degradação Ambiental	%
1996	263	53,6	19	3,9	35	7,1	174	35,4
1997	235	38,7	29	4,8	129	21,2	214	35,3
1998	249	40,1	28	4,5	78	12,6	266	42,8

Tabela 1: Quantidade de Denúncias Recebidas pela SEMACE

Ano	Poluição Atmosférica	%	Poluição Hídrica	%	Poluição Sonora	%
1992	191	68	26	9,2	64	22,8
1993	199	62	80	24,9	42	13,1
1994	192	69,4	55	19,8	30	10,8
1995	325	69,9	101	21,7	39	8,4
1996	361	71,9	91	18,1	50	10
1997	493	63,9	148	19,2	130	16,9
1998	479	68,5	100	14,3	120	17,2

Tabela 2: Quantidade de Inspeções Realizadas pela SEMACE-DICOP

Ano	Poluição Atmosférica	%	Poluição Hídrica	%	Poluição Sonora	%
1997	114	17,8	380	59,6	144	22,6
1998	247	28,1	327	37,1	307	34,8

Tabela 3: Quantidade de Denúncias Recebidas pela Prefeitura Municipal de Fortaleza - P.M.F. Através de suas 06 (seis) Secretarias Executivas Regionais - SER

Total de Denúncias	Poluição Sonora	%	Outros Tipos de Poluição	%
1370	101	7,4	27	2

Tabela 4: Quantidade de Denúncias Recebidas pela Ouvidoria Geral do Estado do Ceará – Ouvidoria Ambiental/Ano de 1998

Ano	Total de Denúncias	Perturbação do Sossego Público	Poluição Sonora	%
1993	74.438	46		0,06
1994	86.846	115		0,1
1995	88.620	146		0,2
1996	130.925	170		0,1
1997	136.106	102		0,07
1998	133.824	316		0,2
1998	133.824	316		0,2

Tabela 5: Quantidade de Atendimentos pela Secretaria da Segurança Pública e Defesa da Cidadania – Comando de Policiamento da Capital – P.M.C. – COPOM

Ano	Poluição Atmosférica	%	Poluição Hídrica	%	Poluição Sonora	%	Degradação Ambiental	%
1998	17	17,7	18	18,7	37	38,5	24	25,1

Tabela 6: Quantidade de denúncias recebidas pela Procuradoria Geral de Justiça do Estado do Ceará – Centro de Apoio Operacional do Meio Ambiente.

METODOLOGIA E EQUIPAMENTOS

Para o estudo em questão vamos utilizar critérios diferentes de legislações e equipamentos, atendendo às prerrogativas legais:

Período compreendido entre janeiro de 1988 e abril de 1992.

Como legislação, para os ruídos externos, utilizamos a Portaria de nº 092 de 19 de junho de 1980 do Ministério do Interior, a qual estabelece que a emissão de sons e ruídos, em decorrência de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda, obedecerá, no interesse da saúde, da segurança e do sossego público, aos padrões, critérios e diretrizes estabelecidos nesta Portaria. Considerando-se prejudiciais à saúde, à segurança e ao sos-

sego público, os sons e ruídos que atinjam, no ambiente externo do recinto em que tem origem nível de som de mais de 10 dB(A), acima do ruído de fundo existente no local, sem tráfego; e independentemente do ruído de fundo, atinjam no ambiente exterior do recinto em que tem origem, mais de 70 dB(A), durante o dia e 60 dB(A) durante a noite.

Para os ruídos internos, utilizamos a Norma NB-95 - Níveis de Ruídos Aceitáveis da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, a qual estabelece que os níveis de ruídos aceitáveis em ambientes internos onde se realizam atividades de comércio, indústrias, arte, ensino, esporte e outros. Para efeito dessa Norma, o nível de ruído aceitável é o valor máximo do nível de som, dado em decibéis, que permite o mínimo de conforto à maioria dos ocupantes de um determinado ambiente, que para residências é de 40 dB(A).

Poluição Sonora: Um levantamento de dados da cidade de Fortaleza

Legislações	Período	
	Diurno	Noturno
Ministério do Interior (Ruído Externo)	70 db(A)	60 db(A)
NB - 95 (Ruído Interno)	40 db(A)	40 db(A)

Tabela 7: Padrões de Emissões Sonoras do Ministério do Interior e NB - 95

Para a medição dos níveis de ruídos considerados na presente Portaria, o aparelho medidor de nível de pressão sonora, conectado à resposta lenta, deverá estar com o microfone afastado no mínimo de 1,50m (um metro e cinquenta centímetros) da divisa do imóvel que contém a fonte de som e ruído, e à altura de 1,20m (um metro de vinte centímetros) do solo. O microfone do aparelho medidor do nível de pressão sonora deverá estar sempre afastado, no mínimo, de 1,20m (um metro e vinte centímetros) de quaisquer obstáculos, bem como, guarnecido de tela de vento. Todos os níveis de som são referidos à curva de ponderação (A) dos aparelhos medidores.

Equipamentos utilizados:

- Medidor de nível de pressão sonora classe tipo II, que atenda às recomendações da EB 386/74 da ABNT, de marca Entelbra Indústria Eletrônica Ltda. Modelo ETB- 142.A, série AN 26, com precisão de mais ou menos 0,3 dB, referência 100 dB a 1000 Hz, microfone: A condensador tipo “L” (ANSI- S1 12 – 1976); e áudio-calibrador ETB – 135.A nº 50, que fornece um sinal senoidal estável na frequência de 1000 Hz com 94 dB de pressão sonora.
- Medidor de nível de pressão sonora, que atenda às recomendações da EB 386/74 da ABNT, de marca Entelbra Indústria Eletrônica Ltda. Modelo ETB- 142.A, série AN 141, com precisão de mais ou menos 0,3 dB, referência 100 dB a 1000 Hz, microfone: A condensador tipo “L” (ANSI- S1 12 – 1976); e áudio-calibrador ETB – 135.A nº 276, que fornece um sinal senoidal estável na frequência de 1000 Hz com 94 dB de pressão sonora.

Os dados obtidos na curva de ponderação (A) — a resposta dessa curva é a que mais se aproxima das características de resposta do ouvido humano para níveis de som de baixa intensidade — foram convertidos para nível de pressão sonora equivalente $Leq(A)$ por meio de um microcomputador, usando-se uma planilha do programa Excel.

Período compreendido entre maio de 1992 à dezembro de 1998.

Como legislação, utilizamos a Resolução CONAMA/nº 001 de 08 de março de 1990, a qual estabelece que a emissão de ruídos, em decorrência de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais, ou recreativas, inclusive as de propaganda política, obedecerá, no interesse da saúde e do sossego público, aos padrões, critérios e diretrizes estabelecidos nessa Resolução. São prejudiciais à saúde e ao sossego público, para fins do item anterior, os ruídos com níveis superiores aos aceitáveis pelas normas NBR 10.151 – Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas, e NBR 10.152 – Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas, da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, visando o conforto acústico da comunidade. As medições deverão ser efetuadas de acordo com a NBR 10.151 da ABNT.

Para encontrarmos os níveis considerados nas legislações acima, utilizaremos o nível-critério que é expresso pela adição das parcelas: $45 + C_p + C_z$, onde:

- 45 é o critério básico de ruído externo para áreas residenciais (expresso em dB(A));
- C_p é a correção do critério básico para diferentes períodos. Para o diurno (+ 0) soma-se mais 0 dB(A), que compreende o período de 06 horas às 20 horas, e para o noturno (– 5) diminui-se 5 dB(A), que compreende o período de 20 horas às 06 horas;
- C_z é a correção do critério básico para uso residencial em diferentes zonas.

De acordo com a Lei de Uso e Ocupação do Solo, Lei nº 7987, de 23 de dezembro de 1996 – Consolidada, a cidade de Fortaleza tem predominância de zonas mistas (negócios, comércio, administração), em detrimento a zonas estritamente residenciais urbanas. Na prática, contudo, encontramos atividades (industriais, diversões, prestadoras de serviços, eventos, cultos religiosos, etc.) localizadas em zonas estritamente residenciais urbanas.

Limites máximos de pressão sonora:

- Para os ruídos externos às residências em áreas de tipo Residencial Urbana:

Período diurno: $45 + 0 \text{ dB(A)} + 10 \text{ dB(A)} = 55 \text{ dB(A)}$

Período noturno: $45 - 5 \text{ dB(A)} + 10 \text{ dB(A)} = 50 \text{ dB(A)}$

- Para os ruídos internos nas residências (- 10) 10 dB(A) fator de correção:

Período diurno: $45 + 0 \text{ dB(A)} + 10 \text{ dB(A)} - 10 \text{ dB(A)} = 45 \text{ dB(A)}$

Período noturno: $45 - 5 \text{ dB(A)} + 10 \text{ dB(A)} - 10 \text{ dB(A)} = 40 \text{ dB(A)}$

- Para os ruídos externos às residências em áreas de Centro de Cidade ou Zona Mista (negócios, comércio, administração):

Período diurno: $45 + 0 \text{ dB(A)} + 20 \text{ dB(A)} = 65 \text{ dB(A)}$

Período noturno: $45 - 5 \text{ dB(A)} + 20 \text{ dB(A)} = 60 \text{ dB(A)}$

- Para os ruídos internos nas residências (- 10) 10 dB(A) fator de correção:

Período diurno: $45 + 0 \text{ dB(A)} + 20 \text{ dB(A)} - 10 \text{ dB(A)} = 55 \text{ dB(A)}$

Período noturno: $45 - 5 \text{ dB(A)} + 20 \text{ dB(A)} - 10 \text{ dB(A)} = 50 \text{ dB(A)}$

Legislações - NBR 10151	Período	
	Diurno	Noturno
Zona Residencial Urbana (Ruído Externo)	55 dB(A)	50 dB(A)
Zona Residencial Urbana (Ruído Interno)	45 dB(A)	40 dB(A)
Zona Centro da Cidade (Ruído Externo)	65 dB(A)	60 dB(A)
Zona Centro da Cidade (Ruído Interno)	55 dB(A)	50 dB(A)

Tabela 8: Padrões de Emissões Sonoras da NBR - 10151

Equipamento utilizado:

- Medidor de nível de pressão sonora de precisão de marca Bruel & Kjaer tipo 2221, série nº 1597160 de acordo com as normas da IEC 651 tipo 1, DIN IEC 651, classe 1 e ANSI S1.4-1971 tipo1, com Certificado de Calibração de nº 0124/1999 em 10 de março de 1999 certificado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – INMETRO; microfone capacitivo de marca Bruel & Kjaer tipo 4176, série nº 1604593, guarnecido com tela de vento, com Certificado de Calibração de nº 125/1999 em 16 de março de 1999 certificado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – INMETRO; e áudio-calibrador de marca Bruel & Kjaer tipo 4231, série nº 2095307, que fornece um sinal senoidal estável na frequência de 1000 Hz com 94 dB de pressão sonora de acordo com as normas IEC 942 de 1988 classe 1, ANSI S1.40-1984 e IEC 942/1988 classe 1, com Certificado de Calibração de nº CA 980438 em 18 de maio de 1998 certificado pela Bruel & Kjaer.

Os dados obtidos na curva de ponderação (A) foram medidos diretamente na função Leq(A) - nível de pressão sonora equivalente ou convertidos para Leq(A) por meio de um microcomputador usando-se uma planilha do programa Excel.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS:

Utilizamos no presente trabalho as fontes fixas de poluição sonora e, em maior número, as de atividades industriais, pois de acordo com as atribuições, existe um acordo tácito entre os órgãos – chamado de “Quem é Quem no Controle Ambiental” – que trata das questões ambientais determinando as competências de cada um. Isto não impede o fato de que, quando solicitado, um órgão atue em área que implicitamente é competência de outro. Por esse acordo, a Superintendência Estadual do Meio Ambiente - SEMACE trata, principalmente das questões, em termos de poluição sonora, de atividades industriais. Na Tabela 9, encontramos as quantidades

Poluição Sonora: Um levantamento de dados da cidade de Fortaleza

de inspeções realizadas pela SEMACE – DICOP, dividida por atividades. Nos gráficos abaixo, temos cada atividade especificada com as quantidades de inspeções realizadas e os valores obtidos por medição, através de medidores de pressão sonora em Leq(A).

Típos	Quantidade	%
Industriais	123	50,6
Casa de Diversões	66	27,2
Prestadora de Serviços	35	14,4
Eventos	13	5,3
Cultos Religiosos	4	1,6
Diversos	2	0,9

Tabela 9: Quantidades de Inspeções por Atividades Realizadas pela SEMACE - DICOP

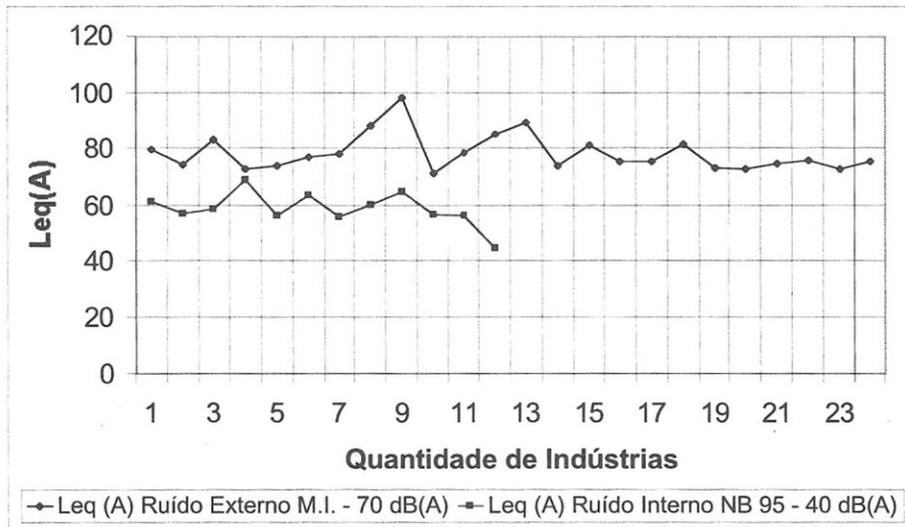


Gráfico 1: Atividade - Industriais com relação à Legislação do Ministério do Interior e NB 95

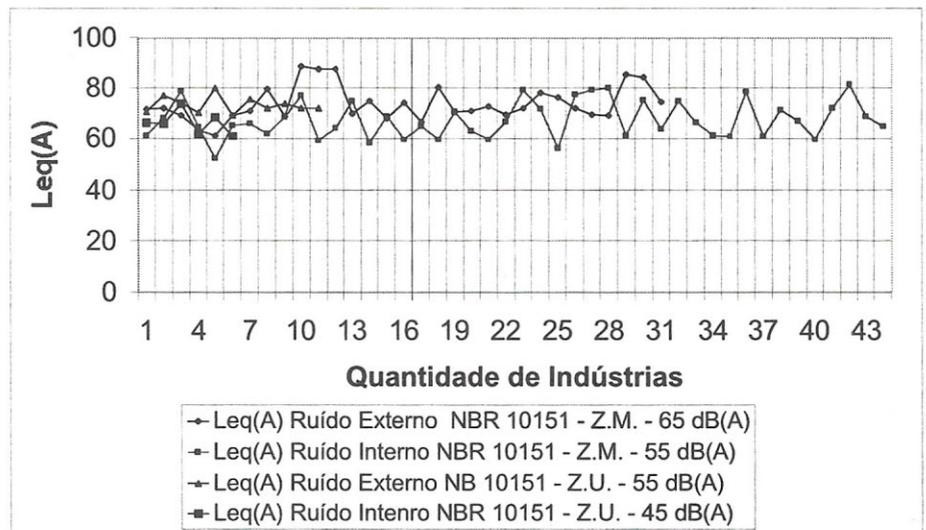


Gráfico 2: Atividade - Industriais com relação à Legislação NBR 10151

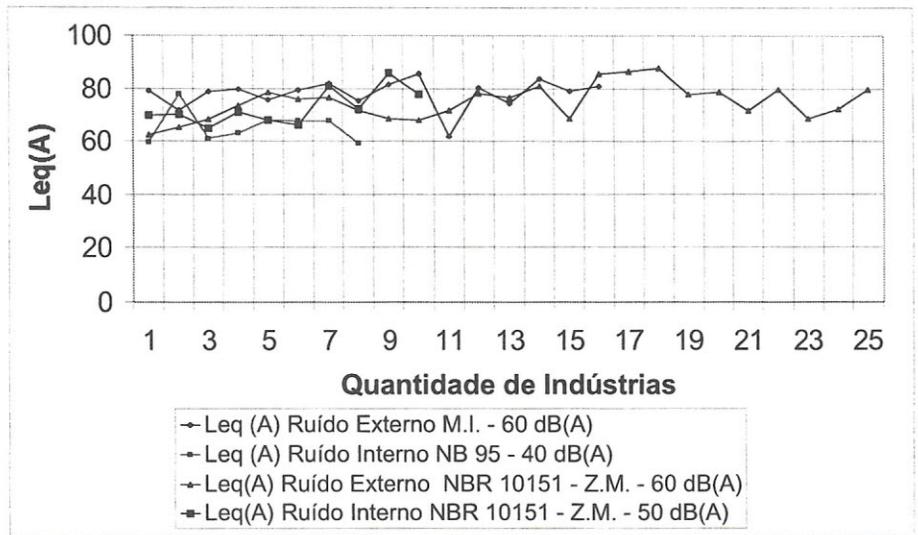


Gráfico 3: Atividade - Casas de Diversões

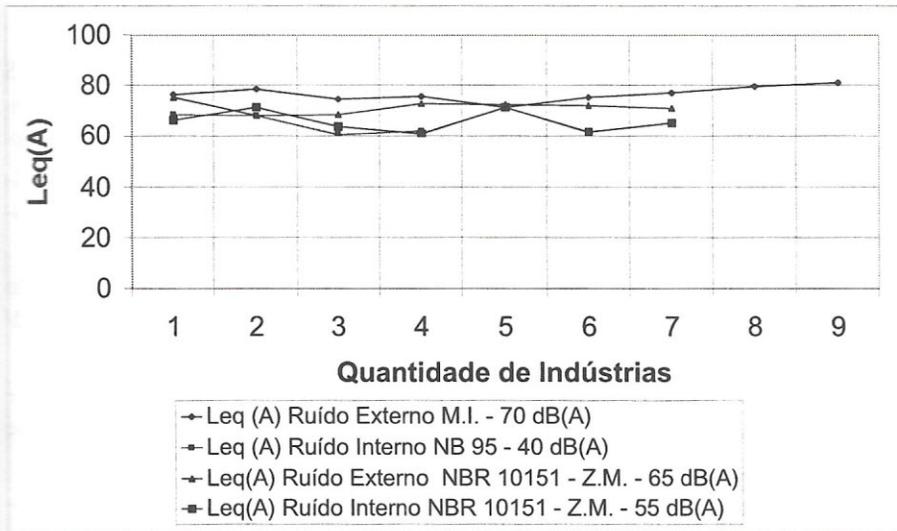


Gráfico 4: Atividade - Prestadora de Serviços

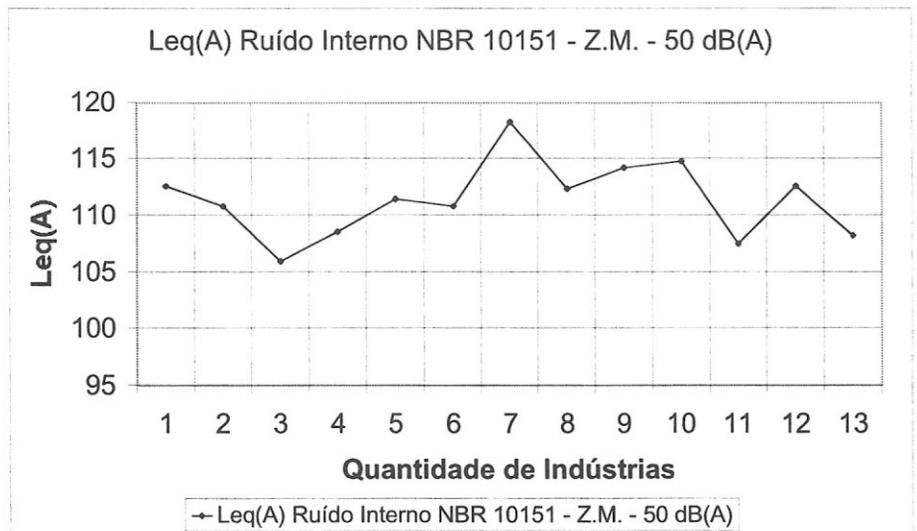


Gráfico 5: Atividade - Eventos - FORTAL

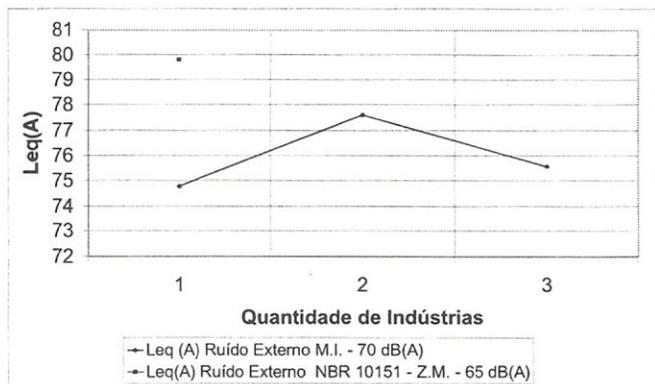
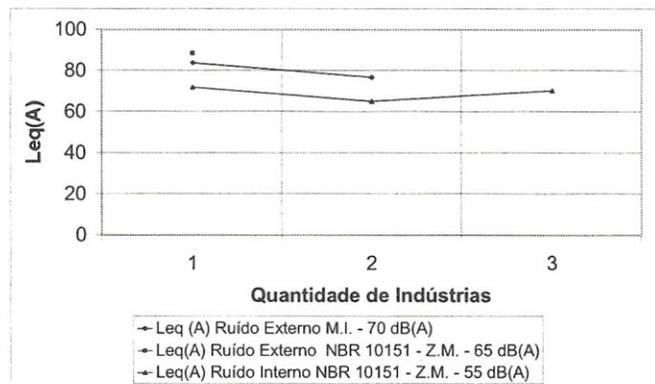


Gráfico 6: Atividade - Cultos Religiosos

Gráfico 7: Atividade - Diversas



CONCLUSÃO:

De acordo com os resultados obtidos concluímos que os níveis de ruídos a que a população de Fortaleza está exposta, em termos de fontes fixas, estão acima dos padrões ambientais vigentes, causando enormes transtornos, em termos de poluição sonora, aos moradores que residem nas circunvizinhanças dos empreendimentos fiscalizados.

O nosso trabalho está baseado somente nas fontes fixas de poluição sonora, representando apenas um percentual do total das emissões de ruídos aos quais uma cidade como Fortaleza está exposta.

Faz-se necessário, portanto, um levantamento completo de fontes de poluição sonora da cidade de Fortaleza e de outras cidades do Estado do Ceará, dado o grande número de denúncias em termos de poluição sonora das fontes fixas e principalmente das móveis que não foram contempladas nesse trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NB 95 - Níveis de ruídos aceitáveis. - s.l.: ABNT, 1966.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 10.151 - Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade. - s.l.: ABNT, 1987.11p.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 10.152 - Níveis de ruído para o conforto acústico. - s.l.: ABNT, 1987.7p.
4. AZEVEDO, Alberto Vieira de. Avaliação e controle do ruído industrial. - Rio de Janeiro: CNI - SESI/DN/SENAI/DN, 1984.118p: il, tabs (Manuais CNI).
5. CEARÁ. Prefeitura Municipal de Fortaleza. Lei de uso e ocupação do solo: Lei nº 7987, de 23 de dezembro de 1996-Consolidada.-Fortaleza:IPLAM,s.d.
6. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE-CONAMA. Resolução CONAMA/ nº 001 de 08 de março de 1990. - s.l.:CONAMA,1990.p.195 e 196.
7. DIÁRIO OFICIAL DO MUNICÍPIO-DOM. Lei nº 8097 de 02 de dezembro de 1977. (Dispõe sobre medidas de combate a poluição sonora e dá outras providências).
8. FERREIRA, Luiz Gonzaga Rebouças. Redação científica: como escrever artigos, monografias, dissertações e teses. - Fortaleza: Edições UFC,1994.82p.
9. GERGES, Samir N.Y. Ruído: fundamentos e controle. - Florianópolis: S.N.Y, 1992. 600p: il,grafs,tabs.
10. GIL, Antônio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa.3 ed. - São Paulo: Atlas S.A, 1991.159p.
11. MINISTÉRIO DO INTERIOR. Portaria nº 092 de 19 de junho de 1980.
12. PIMENTEL SOUZA, F. e ALVARES, P.A.S. Urban noise pollution in Belo Horizonte city: In: Internacional Seminar on Noise Control. - Rio de Janeiro. s.d, 1992.p. 185 à 188.

NBR 10151-2000

A REVISÃO DA NORMA

O boletim de 30 de junho da ABNT anunciou a publicação da revisão da norma NBR 10151 "Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade – Procedimento" que passa a vigorar a partir de 1º de agosto.

Esta revisão contempla uma antiga ansiedade dos acústicos em geral em ver a norma com um texto mais claro e atualizado, embora saibamos que, em função da complexidade do assunto, novas pesquisas e proposições estejam continuamente se desenvolvendo.

O objetivo desta Norma permanece, ou seja, ela "fixa as condições exigíveis para avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidades" agora incluindo "independente da existência de reclamações". A norma ainda "especifica um método para a medição de ruído, a aplicação de correções nos níveis medidos se o ruído apresentar características especiais e uma comparação dos níveis corrigidos com um critério que leva em conta vários fatores". E mais, "o método de avaliação envolve as medições do nível de pressão sonora equivalente" em dBA(A), salvo alguns casos particulares.

Um importante acréscimo à Norma se refere ao fato de que "O medidor de nível de pressão sonora e o calibrador acústico devem ter certificado de calibração da Rede Brasileira de Calibração (RBC) ou do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), renovado no mínimo a cada dois anos". E também que "Todos os valores medidos do nível de pressão sonora devem ser aproximados ao valor inteiro mais próximo."

Outra questão que surge com bastante frequência quando da utilização da Norma é quanto ao tempo de medição que "deve ser escolhido de forma a permitir a caracterização do ruído em questão", e ainda, "A medição pode envolver uma única amostra ou uma seqüência delas".

O nível critério de avaliação para ambientes externos depende de cada tipo de área, sendo agora seis o número de tipos de áreas, cada uma com níveis para os períodos diurno/noturno. A saber: Áreas de sítios e fazendas (40/35); Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas (50/45); Área mista, predominantemente residencial (55/50); Área mista, com vocação comercial e administrativa (60/55); Área mista, com vocação recreacional (65/55) e Área predominantemente industrial (70/60).

Se o nível de ruído ambiente, antes chamado de ruído de fundo, for superior a esses valores para a área e o horário em questão, o nível critério de avaliação assume o valor do nível de ruído ambiente.

Para ambientes internos o nível critério de avaliação é o nível indicado acima com a correção de -10 dBA para janela aberta e -15 dBA para janela fechada.

Acreditamos que a leitura completa da Norma consiga dirimir a maior parte das dúvidas existentes sobre a sua aplicação. Para quem vai utilizá-la, bom trabalho!

Mauricy Cesar Rodrigues de Souza

Coordenador da Comissão de Estudos de Desempenho Acústico nas Edificações (CE-02:135.01) ABNT/CB-02
Comitê Brasileiro da Construção Civil – COBRACON

22-23 August, Happy Valley-Goose Bay, Labrador, Canada. **Effects of Noise on Wildlife**. Institute for Environmental Monitoring and Research. Contact: Rondine Cabot. e-mail: iemrhvgb@cancom.net. <http://www.mun.ca/iemr>.

27 august- 02 september de 2000, Chicago, Illinois – USA. **ICTAM 2000**. Information: <http://hshemp.tam.uiuc.edu/ICTAM2000/>

The Congress, ICTAM 2000, was invited by the U.S. National Academy of Sciences upon the recommendation of the U.S. National Committee on Theoretical and Applied Mechanics. A consortium of universities will host the meeting. The International Union of Theoretical and Applied Mechanics is an international non-governmental scientific organization belonging to the International Council of Scientific Unions (ICSU). The International Congress of Theoretical and Applied Mechanics (ICTAM) is held every four years. It provides an important means of meeting the objectives of IUTAM through the gathering of the mechanics community. A list of ICTAM Congresses and their locations is available. Congress participants are encouraged to submit a paper. Papers are sought for all Pre-Nominated Session topics, the Mini-Symposium topics, and related areas. If none of the Pre-Nominated or Mini-Symposium topics seem suitable, the prospective author is encouraged to state a new topic name or provide relevant keywords. The paper must be in English, and should present material that is novel and preferably unpublished at the time of the Congress. All papers presented at the Congress are by invitation based on the recommendation of the International Papers Committee, which is appointed by the Executive Committee of the Congress Committee of IUTAM. No author will be invited to present more than one paper. Prospective authors are asked to submit only one paper for consideration. Submission of a paper requires two steps: Electronic submission of a brief Abstract and Mailed submission of an Extended Summary. Deadlines: January 17, 2000 - Abstract and the Extended Summary (The World Wide Web form is not yet available. Please do not submit an Abstract by any means before July 1, 1999), Extended Summary.

28 – 30 August, Nice, France. **INTER-NOISE 2000**. (SFA, 23 avenue Brunetière, 75017 Paris, France; Fax: +33 1 47 88 90 60; <http://internoise2000.loa.espci.fr>)

29 August – 01 September, Quesnel, BC, Canada. **Tone Wood Forum**, (J. Griffin, Island Mountain Arts, P.O. Box 65, Wells, BC VOK 2R0, Canada; Fax: + 1 250 994 3433; <http://www.imarts.com>)

31 August – 02 September, Lyon, France. **International Conference on Noise and Vibration Pre-Design and Characterization Using Energy Methods (NOVEM)**. (Fax: +33 4 7243 8712; lva@insa.insa-lyon.fr <http://www.insa-lyon.fr/laboratoires/lva.html>)

Noise & Vibration Pre-Design and Characterization Using Energy Methods a developing solution for industrial products is a follow-up of 4 international congresses on acoustic intensity organized by CETIM. It will cover all the energy-related methods which have industrial potential and applicability. The aim is to present the state-of-the-art and perspectives of these methods when used for either early design or characterization of noise and vibration of industrial products. NOVEM will be held at the new Lyon Convention Centre just after InterNoise 2000 - Nice. Lyon is linked to Nice and Paris by TGV train and to major cities by air via Satolas international airport. Welcome.

03 – 06 September, Lausanne, Switzerland. **5th French Congress on Acoustics – Joint Meeting of the Swiss and French Acoustical Societies**. (Fax: +41 21693 26 73)

07 – 08 September, Wellington, New Zealand. **The biennial conference of the New Zealand Acoustical Society**. Contact: Technical Programme Manager, PO Box 11-294 Wellington, tel 644 472 5689, fax 644 473 0456. e-mail: info@noise.co.nz

13 – 15 September, Leuven, Belgium. **ISMA 25 - International Conference on Noise and Vibration Engineering**. Contact: L. Notré K.U. Leuven, PMA Division, Celestijnenlaan 300B, 3001 Leuven, Belgium. FAX: +32 16 32 29 87. <http://www.mech.kuleuven.ac.be/pma/events/isma/isma.html>.

17 – 21 September, Vilnius, Lithuania. **First International Conference (10th Anniversary)**.

- Acoustical Society Lithuania, Kriviu 15-2, 2005 Vilnius, Lithuania. (Fax: +370 2 223451; e-mail: daumantas.ciblys@ff.vu.lt)
- 18 – 22 September, Zalew Solinski, Poland. **47th Seminar on Acoustics (OSA2000)**. (E-mail: osa@atena.univ.rzeszow.pl)
- 21 – 22 September, Portorz, Slovenia. **2nd Congress of the Slovenian Acoustical Society**, Contact: Mirko Cudina, University of Ljubljana, Faculty of Mechanical Engineering, Askerceva, 1000 Ljubljana, Slovenia. (Fax: +386 61 218 567. e-mail: mirko.cudina@fs.uni-lj.si. <http://www2.arnes.si/~uljfskes/kongresi/sda-sl.html>)
- 03 – 05 October, Kumamoto, Japan. **7th WESTPRAC, Western Pacific Regional Acoustics Conference**. Contact: The WESTPRAC VII Secretary, Department of Computer Science, Kumamoto University, 1-39-1 Kurukami, Kumamoto, 860-8555, Japan. (Telephone: +81 96 342 3622. Fax: +81 96 342 3630; e-mail: westprac7@cogni.eecs.kumamoto-u.ac.jp; <http://www.cogni.eecs.kumamoto-u.ac.jp/others/westprac7>)
- 03 – 06 October, Prague. **EUROMECH Colloquium on Elastic Waves in NDT**, Prague. (Fax: +420 2 858 4695; E-mail: ok@bivoj.it.cas.cz)
- 12 – 14 October, Milan, Italy. **International Conference on Newborn Hearing Screening**. (Fax: +39 2 23993367/.60; <http://www.biomed.polimi.it/nh2000>)
- 16 – 20 October, Madrid, Spain. **EAA Symposium on Architectural Acoustics**. Integrated with the meeting directly below. Includes sessions on noise in buildings. Contact: Sociedad Española de Acústica (SEA), C/Serrano 144, E-28006 Madrid, Spain. (Fax: +34 91 561 88 06. e-mail: sea@fresno.csic.es. <http://www.ia.csic.es/sea/index.html>)
- 16 – 18 Octubre, Madrid, España. **2º Congreso Iberoamericano de Acústica; ACUSTICA 2000; XXXI Jornadas Nacionales de Acústica; TECNIACUSTICA 2000, II Congreso Ibérico de Acústica y Symposium EAA**. (Languages: Spanish, Portuguese) (Sociedad Española de Acústica. Serrano 144, 28006 Madrid, España. Fax: +34 91 411 7651; e-mail: sea@fresno.csic.es; <http://www.ia.csic.es/sea/index.html>)
- 16 – 20 October, Beijing, China. **6th International Conference on Spoken Language Processing**. ICSLP 2000 Secretariat, Institute of Acoustics, P.O. Box 2712, 17 Zhong Guan Cun Road, Beijing 100 080, China; (Fax: +86 10 6256 9079; e-mail: mchu@plum.ioa.ac.cn; <http://www.icslp2000.org>)
- 22 – 25 Octubre, San Juan, Puerto Rico. **IEEE Ultrasonic Symposium**. (Fax: +1 407 290 5181; <http://www.uffcsymp2000.org>)
- 26 – 27 Octubre, Veracruz, Ver., Mexico. **7º Congreso Mexicano de Acústica (com participación Internacional)**. Información: M. en C. Sergio Beristáin; Apartado Postal 75805, Col. Lindavista 07300, Mexico D.F. (Tel: (525) ó (01) 5682-2830 / (525) ó (01) 5682-5525. Fax: (525) ó (01) 5523-4742. E-mail: sberista@maya.esimez.ipn.mx / sberista@hotmail.com)
- 24 – 27 November, Hannover, Germany. **21st Tonmeistertagung (VDT International Audio Convention)**. (Convention Office VDT, Am Zaarshäuschen 9, 51427 Bergisch-Gladbach, Germany; Fax: +49 2204 21584; <http://www.tonmeister.de>)
- 03 – 05 December, Newport Beach, California, USA. **NOISE-CON 2000, the 2000 National Conference on Noise Control Engineering**. Held as a joint meeting with the 140th meeting of the Acoustical Society of America. Contact: Institute of Noise Control Engineering, P.O. Box 3206 Arlington Branch, Poughkeepsie, NY 12603, USA. (Telephone: +1 914 462 4006; FAX: +1 914 463 0201. e-mail: hq@ince.org)
- 04 – 08 December, Newport Beach, CA, USA. **140th Meeting of the Acoustical Society of America**. Contact: Elaine Moran. Acoustical Society of America, 500 Sunnyside Blvd., Woodbury, NY 11797, USA. (Telephone: +1 516 576 2360; FAX: +1 516 576 2377. e-mail: asa@aip.org; <http://www.asa.aip.org>)

Congressos e Eventos Nacionais e Internacionais

04 – 08 December, Newport Beach, CA, USA. **140th Meeting of the Acoustical Society of America**. (Fax: +1 516 576 2377; <http://www.asa.aip.org>)

12 – 14 December, Bangalore, India. **IUTAM**

International Symposium on Designing for Quietness. Contact: Professor M.L. Munjal. (Telephone: +91 80 3600411 X 2303; FAX: +91 80 3600648. e-mail: [munjal@mecheng.iisc.ernet.in](mailto:munj@mecheng.iisc.ernet.in))

2001

02 – 05 January, Temuco – Chile. **PACAM VII - Seventh Pan American Congress of Applied Mechanics**. Information: Prof. G. Diaz, gediaz@tanimgo.ccc.uchile.ce and Prof. Dean T. Mook, sally@vtvml.cc.vt.edu

05 – 09 March, Praia Mole Park Hotel, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil. **IX DINAME - IX International Symposium on Dynamic Problems of Mechanics**. (e-mail: diname@mbox1.ufsc.br; <http://www.diname.ufsc.br>)

04 – 08 June, Chicago, III, USA. **141th Meeting of the Acoustical Society of America**. ASA, 500 Sunnyside Blvd, Woodbury, NY 11 797 - 2999, USA (Fax: +1 516 576 2377; e-mail: asa@aip.org; <http://www.asa.aip.org>)

14 – 17 June, Patras, Grecia. **Euronoise 2001**. Tel: +30 61 99 63 43. (Fax . +30 61 99 63 44. e-mail: euronoise2001@upatras.gr; <http://www.euronoise2001.upatras.gr>)

28 – 30 August, The Hague, The Netherlands. **INTER-NOISE 2001 - The 2001 International Congress**

on Noise Control Engineering. (e-mail: secretary@internoise2001.tudelft.nl; <http://www.internoise2001.tudelft.nl>)

02 – 07 September, Rome, Italy. **17th International Congress on Acoustics**. Contact: 17th ICA Secretariat, Dipartimento de Energetica, Universita de Roma “La Sapienza,” Via A. Scarpa, 14, 00161 Rome, Italy. (Fax: +39 6 4424 0183; <http://www.uniroma1.it/energ/ica.html>)

10 – 13 September, Perugia, Italia. **International Symposium on Musical Acoustics, ISMA 2001**. (Fax: +39 75 577 2255. e-mail: perusia@classico.it)

07 – 10 October, Atlanta, GA, USA. **2001 IEEE International Ultrasonics Symposium joint with World Congress Ultrasonic**. (Fax: +1 217 244 0105; <http://www.ieee-uffc.org/2001>)

17 – 19 Octubre, La Rioja, Spain. **XXXII Congreso Nacional de Acústica - Tecniacústica 2001**. Sociedad Española de Acústica 144, 28006 Madrid, España. (Fax: +34 91 411 76 51 e-mail: sea@fresno.csic.es. <http://www.ia.csic.es/sea/index.html>)

2002

19 – 21 August, Dearborn, Michigan, USA. **INTER-NOISE 2002, The 2002 International Congress and Exposition on Noise Control Engineering**. Contact: Institute of Noise Control Engineering, P.O. Box 3206 Arlington Branch, Poughkeepsie, NY 12603, USA. (Telephone: +1 914 462-4006; FAX: +1 914 462 4006)

18 – 21 Septiembre, Sevilla, España. **Forum Acusticum Sevilla 2002 - Tecniacústica 2002; EAA-SEA-ASJ Symposium**. Sociedad Española de Acústica, c/Serrano 144, 28006 Madrid España. (Fax: + 34 91 411 76

51; e-mail: sea@fresno.csic.es; <http://www.cica.es/aliens/forum2002>)

02 – 06 Diciembre, Cancún, Mexico. **9º Congreso Mexicano de Acústica; 144th Meeting of the Acoustical Society of America (ASA) y 3º Congreso Iberoamericano de Acústica (FLA)**. Información: M. en C. Sergio Beristáin; Apartado Postal 75805, Col. Lindavista 07300, Mexico D.F. (Tel: (525) ó (01) 5682-2830 / (525) ó (01) 5682-5525. Fax: (525) ó (01) 5523-4742. E-mail: sberista@maya.esimez.ipn.mx / sberista@hotmail.com)



ACÚSTICA 2000



Sociedad Española
de Acústica



Sociedade Portuguesa
de Acústica



Instituto de Acústica
CSIC



Escuela Técnica Superior
de Arquitectura de Madrid
UPM



II CONGRESO IBEROAMERICANO DE ACÚSTICA II CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE ACÚSTICA

XXXI CONGRESO NACIONAL DE ACÚSTICA -TECNIACÚSTICA 2000-

XXXI CONGRESSO NACIONAL DE ACÚSTICA

II JORNADAS IBEROAMERICANAS DE ULTRASONIDOS II JORNADAS IBERO-AMERICANAS DE ULTRA-SONS

II CONGRESO IBÉRICO DE ACÚSTICA II CONGRESSO IBÉRICO DE ACÚSTICA

EAA SYMPOSIUM ON ARCHITECTURAL ACOUSTICS



MADRID

16 A 20 DE OCTUBRE DE 2000

16 A 20 DE OUTUBRO DE 2000



Ayuntamiento de Madrid



Comunidad de Madrid



Ministerio de Fomento



Universidad Politécnica
de Madrid

Información del Congreso:

SECRETARIA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE ACÚSTICA

Serrano 144, 28006 Madrid

Tel: 34 - 91 - 561 88 06 . Fax: 34 - 91 - 411 76 51

DESENVOLVIMENTO DO CONGRESSO

Programa Provisório do Congresso

Dia 16 de Outubro, Segunda-Feira

- 16,00 a 19,00 h. Recepção, registo dos assistentes e entrega de documentação
19,00 h. Acto de abertura e Conferência Inaugural
21,15 h. Inauguração da Exposição Técnica
21,30 h. Cóctel de benvinda

Dia 17 de Outubro, Terça-Feira

- 9,30 h. Sessões Técnicas em paralelo
10,30 h. Conferência plenária
11,30 h. Café
12,00 h. Demonstrações Técnicas plenárias
13,00 h. Conferência plenária
14,00 h. Almoço
16,00 h. Deslocação à Sede Central do Conselho Superior de Investigações Científicas
17,00 h. Acto Académico comemorativo do XXV Aniversário do Instituto de Acústica, C.S.I.C.
20,30 h. Cóctel

Dia 18 de Outubro, Quarta-Feira

- 9,30 h. Sessões Técnicas em paralelo
11,30 h. Café
12,00 h. Sessões Técnicas em paralelo
13,00 h. Conferência plenária
14,00 h. Almoço
16,00 h. Conferência plenária
17,00 h. Café
17,30 h. Demonstrações Técnicas plenárias
18,30 h. Fim da Sessão.
20,30 h. Recepção oferecida pela Exma. Câmara Municipal de Madrid

Dia 19 de Outubro, Quinta-Feira

- 9,30 h. Sessões Técnicas em paralelo
11,30 h. Café
12,00 h. Sessões Técnicas em paralelo
13,00 h. Conferência plenária
14,00 h. Almoço
16,00 h. Conferência plenária
17,00 h. Café
17,30 h. Demonstrações Técnicas plenárias
18,30 h. Fim da Sessão
21,00 h. Jantar do Congresso

Dia 20 de Outubro, Sexta-Feira

- 9,30 h. Sessões Técnicas em paralelo
11,30 h. Café
12,00 h. Sessões Técnicas em paralelo
13,00 h. Conferência de clausura
14,00 h. Acto de clausura
14,30 h. Cóctel de despedida

Palestrantes Convidados

- The current state of acoustic design of concerts halls and opera houses.
Michel Barron, University of Bath (UK); Fleming & Barron
- Ruido en Centrales de Transporte de Pasajeros.
Sergio Beristain, Instituto Mexicano de Acústica, México
- Transmissao sonora en fluido.
Luis Braga Campos, Sociedad Portuguesa de Acústica, Portugal
- Costo Social del Ruido Urbano en Santiago de Chile.
Eugenio Collados, Universidad de Santiago de Chile, Chile
- The use of High Intensity Focused Ultrasound for bloodless surgery.
Larry Crum, University of Washington, Seattle; ICA President
- Estado de Arte para solucao das problemas vibroacusticos por metodos numericos.
Samir N.Y. Gerges, SOBRAC, Universidad Federal de Santa Catarina, Brasil
- Influencia de impedancia en el patrón de radiación de bocinas.
Rafael Piscocoy Rodriguez, Perú, Universidad Tecnica de Berlin
- La aportación de la Acústica al conocimiento de las lenguas naturales.
Antonio Quilis, Laboratorio de Fonética, Consejo Superior de Investigaciones Científicas -C.S.I.C.- Universidad Nacional de Educación a Distancia -UNED-, España.
- Diseño de la Sala de Opera del Teatro Argentino de la Plata.
Rafael Sánchez Quintana, Pontificia Universidad Católica Argentina "Santa Maria de los Buenos Aires", Argentina

Areas Temáticas

- AAQ - Acústica Arquitectónica
ARV - Acústica Ambiental, Ruído e Vibrações
AFP - Acústica Fisiológica e Psicológica
AFS - Acústica Física e Processamento de Sinais
AMS- Acústica Musical
ASB - Acústica Sub-aquática
BAC - Bio-acústica
ELI - Electro-acústica e Instrumentalização
ESI - Ensino e Investigação
NOR - Normativa
PAC - Processamento de Palavra e Acústica da Comunicação
ULT- Ultra-Sons

Exposição Técnica

Exposição Técnica e Atividades Anexas

Durante os dias do Congresso estará instalada uma Exposição Técnica de Produtos e Serviços, na qual se espera a participação das mais prestigiosas marcas do sector, que terão a oportunidade de apresentar as suas últimas novidades.

Além da referida Exposição Técnica programaram-se outras actividades anexas que consistem em:

- Demonstrações Técnicas de Produtos e Serviços.
- Exibição de Painéis Informativos de Produtos e Serviços.
- Entrega de Documentação Técnica aos assistentes.

Estas actividades constituem uma excelente oportunidade para que as empresas do sector possam mostrar aos profissionais dos distintos campos da Acústica, participantes no Congresso, as novidades existentes nos produtos, equipamentos, materiais e serviços relacionados com a sua actividade.

As organizações e empresas interessadas em participar nestas actividades, deverão solicitar a informação correspondente e a normativa de participação à:

Comissão da Exposição
Sociedade Espanhola de Acústica - SEA -
Calle Serrano 144, 28006 MADRID
Fax: 34 914 117 651E-Mail: sea@fresno.csic.es

Atividades Sociais

A Organização do Congresso previu o desenvolvimento de um programa de actos sociais em conjunto para congressistas e acompanhantes, com o propósito de que a estância em Madrid de todos os assistentes seja o mais agradável possível.

O programa de actos sociais é o seguinte:

- 16 de Outubro, 19,00 h.: Acto Inaugural do Congresso e Cóctel de Benvinda.
- 17 de Outubro, 20,30 h.: Cóctel comemorativo do XXV Aniversário do Instituto de Acústica.
- 18 de Outubro, 20,30 h.: Recepção oferecida pela Exma. Câmara Municipal de Madrid.
- 19 de Outubro, 21,00 h.: Jantar oficial do Congresso e Espetáculo.
- 20 de Outubro, 14,00 h.: Acto de Cláusura e Cóctel de Despedida.

Programa de Acompanhantes

Com o fim de fazer agradável a estância em Madrid dos acompanhantes, aproveitando as horas em que os participantes no Congresso estão ocupados com as sessões do mesmo, a Organização previu a realização de visitas turísticas para companhantes com o seguinte programa:

- Dia 17 de Outubro: Manhã: Visita com guia a Madrid e almoço em um restaurante típico. Tarde: Visita com guia ao Museu do "Prado".
- Dia 18 de Outubro: Visita com guia ao Mosteiro do "Escorial" e ao "Valle dos Caídos" com almoço incluído.
- Dia 19 de Outubro: Visita com guia a Ávila e Segóvia ou a Toledo, com almoço incluído.

Inscrições - Condições De Assistência

Inscrição

As inscrições deverão formalizar-se através do formulário que se anexa, o qual deverá ser devidamente preenchido e enviado à Secretaria da Sociedade Espanhola de Acústica junto com o correspondente resguardo de transferência bancária.

As inscrições que sejam recebidas sem o correspondente resguardo de transferência, não terão qualquer valor.

Forma de Pagamento

O pagamento da inscrição efectua-se através de Transferência Bancária, livre de custos, a favor da Sociedade Espanhola de Acústica para a conta 0030 1405 69 0865193273. Uma cópia da ordem de transferência deverá ser enviada junto com o Boletim de Inscrição.

Direitos de Inscrição

Congressistas:

Quota de inscrição: 75.000 Pts (450 Euros).

Membros de SEA, SPA e RITUL e as Sociedades pertencentes a FIA e EAA: 65.000 Pts (390 Euros).

A quota de Congressista inclui:

- Documentação do Congresso.
- Assistência às sessões técnicas.
- Almoços de trabalho.
- Serviços de café durante as pausas.
- Visita à Exposição Técnica.
- Assistência às Visitas Técnicas.
- Assistência aos actos sociais.

Acompanhantes:

Quota de Acompanhante: 45.000 Pts (270 Euros).

A quota de Acompanhante inclui:

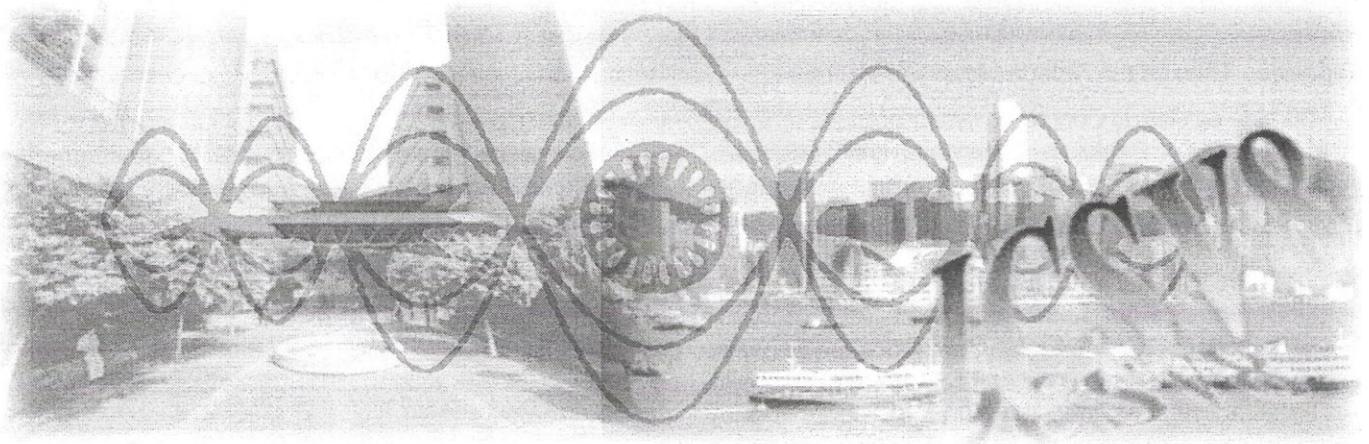
- Assistência aos actos de inauguração e cláusura.
- Assistência aos actos sociais.
- Assistência ao programa turístico de acompanhantes.

Viagens e Alojamento

Com o fim de fazer mais atractiva a assistência ao Congresso, a Organização estabeleceu um acordo com IBERIA, Linhas Aéreas de Espanha, através do qual os interessados poderão beneficiar de uma condições especiais que dita Companhia estabeleceu para os assistentes ao Congresso. As ofertas aplicam-se exclusivamente em vôos encerrados de IBERIA. A validade dos bilhetes será desde o dia 11 de Outubro ao dia 22 de Outubro, e a sua emissão faz-se nos Escritórios de IBERIA.

Para poder beneficiar-se destes descontos, o interessado deverá acreditar a sua assistência ao Congresso. Para isso, uma vez recebido o boletim de inscrição e o justificante de pagamento, será enviado ao participante um recibo com o qual poderá acreditar a sua assistência ao Congresso.

Para a obtenção destas tarifas especiais terá que dirigir-se aos escritórios que IBERIA têm nas cidades mais importantes.



EIGHT INTERNATIONAL CONGRESS ON SOUND AND VIBRATION

02 - 06 JULY 2001

HONG KONG, CHINA

The Eighth International Congress on Acoustics and Vibration sponsored by IIAV, the International Institute of Acoustics and Vibration, will be held in The Hong Kong Special Administrative Region, China. IIAV is an international non-profit scientific society affiliated to the International Union of Theoretical and Applied Mechanics (IUTAM). IIAV is currently supported by 30 national and international scientific societies and organizations. The Hong Kong Polytechnic University and the Hong Kong Institute of Acoustics are the organizers of the Congress.

The Eighth International Congress is part of a sequence of congresses held in the USA (1990 and 1992), Russia (1993 and 1996), Canada (1994), Australia (1997), Denmark (1999) and Germany (2000), each attended by several hundred participants worldwide.

Conference Venue

Hong Kong is located on the southeastern coast of China, with a population of 7 million and an area of 1,100 square kilometers. Located in the heart of South East Asia, the Hong Kong International Airport is served by most international airlines, which ensures regular connections with hundreds of cities around the world. While most of the population is Chinese, English is the commonly spoken language and the medium of instruction for local universities and schools. The city has a culture enriched by a mixture of Chinese tradition and Western customs. It embraces a beautiful harbor which is an excellent tourist attraction that makes Hong Kong an ideal venue for international conferences.

The Congress will be held at The Hong Kong Polytechnic University, which is a young university but with a proud history. During the past 27 years, more than 172,000 young men and women have graduated from the University and our predecessor, the Hong Kong Polytechnic. They have found their places in various sectors of society, dedicating their knowledge and expertise to the building and development of Hong Kong's thriving economy. We are resolutely committed to fulfilling our distinct mission of providing application-oriented education in meeting the community's need for skilled and professional manpower.

All lecture rooms and theatres in the University campus are equipped with the latest technical, visual and communication facilities.

International Organizing Committee

Malcolm J. Crocker (Co-Chairman, USA)
Ronald M. C. So (Co-Chairman, Hong Kong)
Colin Hansen (Australia)
Hanno Heller (Germany)
Finn Jacobsen (Denmark)
David Newland (England)
J. Tian (China)

Local Organizing Committee

R. M. C. So (Chairman, ME, PolyU)
K. M. Li (Vice Chairman, ME, PolyU)
M. K. L. Yeung (Vice Chairman, MMC, HKIE)
Vikie Chan (Secretary, ME, PolyU)

Congress Program

The Congress program will include plenary keynote addresses. There will be invited and contributed papers and workshops on special topics as well as structured sessions in the areas of sound and vibration.

A tentative list of technical areas is listed below but technical papers in all areas of acoustics and vibration are welcome for inclusion in the technical programme.

Contributed Papers

Theoretical and experimental research papers in the following subject areas are solicited:

- ◆ Active vibration control
- ◆ Active noise control
- ◆ Aerodynamic noise for high speed transport systems
- ◆ Aeroacoustics and aviation noise
- ◆ Architectural acoustics
- ◆ Condition monitoring and diagnostics
- ◆ Computational acoustics
- ◆ Damping - passive and active
- ◆ Environmental/Community noise
- ◆ Finite element/Boundary element methods
- ◆ Human response to sound and vibration
- ◆ Inverse methods
- ◆ Low frequency noise and vibration
- ◆ Machinery noise and vibration control
- ◆ Materials for noise and vibration control
- ◆ Measurement techniques
- ◆ Mechanisms of human hearing
- ◆ Modal analysis
- ◆ Musical acoustics
- ◆ Noise control elements
- ◆ Non-destructive testing
- ◆ Non-linear acoustics and vibration
- ◆ Occupational noise exposure and control
- ◆ Outdoor sound propagation
- ◆ Scattering of sound
- ◆ Signal processing
- ◆ Sound intensity and sound transmission
- ◆ Sound sources
- ◆ Statistical energy analysis
- ◆ Structural acoustics and vibration
- ◆ Transportation vibration and noise
- ◆ Underwater acoustics
- ◆ Urban noise environment
- ◆ Vibration and shock
- ◆ Vibration sources
- ◆ Wavelet analysis

Key Dates

- √ Submission (to the Congress Secretariat) of 200 word abstract no later than 1 December 2000
- √ Notification of acceptance 15 January 2001
- √ Manuscripts (8 printed pages) due 15 April 2001

All correspondence, including submission of abstracts and papers, as well as enquiries about exhibition arrangements to be addressed by mail, fax or e-mail to

The Congress Secretariat ICSV8

c/o Dr. K. M. Li

Department of Mechanical Engineering

The Hong Kong Polytechnic University

Hunghom, Hong Kong, China

Tel: +852-2766-7992

Fax: +852-2365-4703

e-mail: mmicsv8@polyu.edu.hk

Registration Information

The congress registration fee is US\$510 for members of the International Institute of Acoustics and Vibration and US\$590 for others or payment before 1 March, 2001 a discount of US\$50 will be given and for payment between 1 March, and 1 June, 2001 a discount of US\$25 will be given.

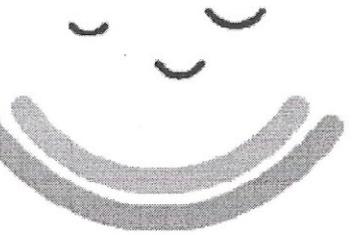
Social Program and Technical Tours

We hope that spouses and other accompanying persons will come to Hong Kong because we have exciting programs planned for you. Information will be available on Hong Kong and its environs, such as restaurants, shopping, sports, museums, nightlife, historical attractions and other cultural events. It can also be obtained from the web site <http://www.hkta.org>.

For all congress participants, there will be a get-together reception, a conference banquet and a harbor cruise in the evening. Technical tours will be arranged to visit noise barrier sites and other constructions that are aimed to reduce the noise levels in a densely populated city. Also, tours will be arranged to visit a newly constructed concert hall in Hong Kong. Post-congress tours to Mainland China and Macau may be arranged upon request.

inter·noise 2001

The Hague, Holland



THE 2001 INTERNATIONAL CONGRESS AND EXHIBITION ON
NOISE CONTROL ENGINEERING

27 - 30 AUGUST 2001

THE HAGUE, THE NETHERLANDS

Internoise 2001, the 30th International Congress on Noise Control Engineering to be sponsored by I-INCE, the International Institute of Noise Control Engineering, will be held in The Hague, The Netherlands (or Holland), on 2001 August 27 - 30.

The congress is organised by the Acoustical Society of the Netherlands (NAG) and the Bond van Materialenkennis.

The theme of internoise 2001 will be *Costs & Benefits of Noise Control*.

Technical papers in all areas of noise control engineering are welcome.

A technical exhibition will be held in conjunction with internoise 2001. The exhibition will include acoustic materials, passive and active devices for noise control, software for acoustical instruments and analyses, noise measurement instruments such as sound level meters, sound intensity analysers, sound and vibration spectrum analysers and noise monitoring equipment.

The Hague is served by the International Amsterdam Airport Schiphol and can be reached from the airport within 30 minutes by taxi or by train.

The Congress will be held at the Netherlands Congress Centre which is situated close to some of the town's largest hotels. The Hague has excellent public transport.

Internoise 2001 will take place in conjunction with the 17th International Congress on Acoustics, ICA, to be held in Rome, Italy, on 2001 September 2

Topics of Special Interest

Special attention will be paid to the following topics, for which a series of structured sessions will be organised:

- Costs and benefits of noise control
- Active noise and vibration control
- Tyre/road noise
- Effects of noise on humans

Other topics for which structured sessions will be organised are the following:

- Aerodynamic noise
- Aircraft noise
- Array technology
- Building noise control
- Car interior noise
- EU policy on noise
- Legislation on environmental noise
- Machinery noise
- Noise control in urban areas
- Noise mapping
- Noise at working stations
- Noise from domestic appliances
- Outdoor noise prediction
- Railway noise
- Road traffic noise
- Simulation techniques
- Sound quality
- Transducers
- Vibration isolators

Venue

Internoise 2001 will be held at The Netherlands Congress Centre in The Hague, The Netherlands, on 2001, August 28 - 30, 2001.

The city of The Hague is the residence of the Dutch Royal family, the Dutch government, and leading international organisations (a.o. the International Court of Justice). The Hague offers a multifaced range of culture on architecture, museums, dance and music. The west part of The Hague (Scheveningen) is situated along the beautiful North Sea sand beach, an ideal place to get a breath of fresh air and take a stroll on the promenade.

East of The Hague you will find the beautiful historic city of Delft, only 15 kilometres away.

The Netherlands Congress Centre is situated close to hotels, next to parks and only two kilometres from the beach. The Hague is easy to reach by plane (Amsterdam Airport Schiphol and Rotterdam Airport Zestienhoven are both 25 kilometres from The Hague), by car and by train.

See also the web site of:

"images/logovcb2.gif">http://www.denhaag.com/ <http://www.denhaag.com/>

Organization Committee

Congress Secretariat

P.O. Box 1067

NL-2600 BB Delft

The Netherlands

tel.: +31 15-2692428; fax.: +31 15-2625403

General Chairman

Tjeert ten Wolde

TNO-TPD and European Commission

chairman@internoise2001.tudelft.nl

Technical Program Chairman

Rinus Boone

University of Technology, Delft

technical.chairman@internoise2001.tudelft.nl

Exhibition manager

Rob Hoffman

Gerber Nederland

igbleerdam@wxs.nl

Information

We keep a listserv service to inform you about the congress by e-mail.

To subscribe send an e-mail to
listserv@dto.tudelft.nl
with the following text in the body of the e-mail:
subscribe internoise

If you want information about the Exhibition, contact Rob Hoffman at igbleerdam@wxs.nl

Other contact information can be found on the Organization section of this web-site.

Call for Technical Contributions

Papers related to the technical areas listed on the next page are especially welcome, but technical papers in all areas of noise control may be submitted for inclusion in the technical programme. Abstracts should be submitted in the format enclosed with this announcement. The deadline for receipt of abstract is 2000 December 01. Manuscripts for publication in the conference proceedings are due on 2001 May 1.

Format for Submission of Abstracts

The abstract should consist of the following items:

1. Paper title (20 words maximum)
2. I-INCE subject Classification (see reverse side)
3. First author's name, address, telephone, fax and e-mail for correspondence
4. Additional author's names and addresses (if any)
5. Text of the abstract, not exceeding 250 words.

The text should include:

- a brief description of the problem being addressed and a short bibliography
- experimental or technical developments
- results and
- relevant discussion and conclusions

To send your abstract, we highly prefer that you use this web site and follow the instructions.

These instructions are in preparation and will be published on this web site in the near future.

For any technical questions please contact Rinus Boone
e-mail: technical.chairman@internoise2001.tudelft.nl

**THE DEADLINE FOR RECEIPT OF
ABSTRACTS IS DECEMBER 1, 2000**

17th International Congress on Acoustics

ROME, September 2-7, 2001

CHAIRMAN

A. Alippi

TECHNICAL CHAIRMEN

G. Brambilla - A. Paoloni

LOCAL ORGANIZING COMMITTEE

A. Bettucci - M. Germano - G. Ibba - M. Rossi

INTERNATIONAL SCIENTIFIC ADVISORY COMMITTEE

S.S. Agrawal, India
A. Alippi, Italy
J. Blauert, Germany
G. Brambilla, Italy
P. Bury, Slovakia
S.H. Crandall, USA
L.A. Crum, USA
G.A. Daigle, Canada
C.G. Don, Australia
J.A. Gallego-Juarez, Spain
S.N.Y. Gerges, Brazil
T. Kihlman, Sweden

A. Krokstad, Norway
C. Legros, France
L.M. Lyamshev, Russia
V. Mellert, Germany
P.A. Nelson, UK
A.S. Nikiforov, Russia
G.J. Quentin, France
G. Rasmussen, Denmark
A.S. Sliwinski, Poland
H. Tachibana, Japan
S.W. Yoon, Korea
R.H. Zhang, China



*Under the aegis of the
International Commission for Acoustics*



*Organized by
Associazione Italiana di Acustica*

Important Dates for Authors

Year 2001

- February 15: Deadline for receipt of abstracts
Deadline for hotel early booking
- April 15: Acceptance notices mailed to authors
- May 30: Deadline for receipt of manuscripts
Deadline for advanced registration
Deadline for hotel confirmation at discounted rates

General Schedule

- August 31- September 2: Pre meeting excursions
- September 2: Opening ceremony
- September 3 - 7: Technical programs
- September 8 - 10: Post meeting excursions

More updated details will be progressively given on the 17 th ICA homepage: www.ica2001.it

The Congress will be coordinated with *Internoise 2001*, to be held in The Hague, The Netherlands, 28-30 August 2001.

17 Th ICA Secretariat

Dipartimento di Energetica
University of Rome "La Sapienza"
Via A. Scarpa 14 - 00161 Rome - ITALY
Tel: +39.06.4976.6988 - Fax: +39.06.4976.6932
e-mail: ica2001@uniroma1.it
homepage: www.ica2001.it

Topics

The Congress will cover all aspects of acoustics:

- musical acoustics
- noise control
- physical acoustics
- physiological acoustics
- psychological acoustics
- speech
- underwater acoustics
- vibrations and structural acoustics
- acoustical oceanography
- acoustic signal processing
- animal bioacoustics
- architectural acoustics
- biomedical ultrasound
- computational acoustics
- electroacoustics
- engineering acoustics
- measurements and standards

Congress Venue

The Congress will take place at the campus of Rome University "La Sapienza", in the Departments of Engineering, next to San Pietro in Vincoli. The place is just where the *Domus aurea* was built by the emperor Nero as his luxurious home, few hundred meters from the Colosseum and the Roman Forum, in the middle of the archeological part of Rome.

At a walking distance from the main railway station, the place is served by many bus lines and by the subway, which may lead you to suburb quarters where large comfortable hotels are located.

Abstract Submission

Abstracts must be received by the Secretariat before February 15, 2001.

Abstracts should include the following information:

- Title of contribution
- Authors' names and affiliations (full address, phone and fax numbers, e-mail); the presenting author should be indicated
- Keywords (up to 3).

The length of each abstract should not exceed 200 words. It must be written in English and should appear in a plane style with no figures.

References (up to 3) should be numbered consecutively as they appear in the text within square brackets and listed at the end.

The abstracts must be sent to the 17 th ICA Secretariat by fax, e-mail, or web-forms (being these latter available on the Congress homepage from September 1, 2000).

Technical Exhibition

During the Congress there will be a permanent exhibition of books, technical instruments, equipments and materials from interested firms; stands will be placed at the Congress venue, and efforts will be made to enlarge the participation from international exhibitors. Companies active in the various fields of acoustics and related topics will have a unique opportunity of exhibiting their products and services to the international audience of the Congress participants.

For exhibit information and to receive the "Exhibitor Information Kit", please, contact the 17 th ICA Secretariat.

Registration Fees

- Full participant
 - advanced registration before May 30, 2001
350 Euros
 - participants to Internoise 2001
350 Euros
 - registration after May 30, 2001
400 Euros
- Students 50% reduction

Hotel Reservation

Although Rome is well equipped with many hotels of any class and location, September is high season for tourism, so that options for best and most convenient lodging may soon reduce. Participants are, therefore, suggested to make their reservation as soon as possible. Hotel reservation service is offered by the Congress Secretariat; web-forms will be available on the Congress homepage in due time.

Hotel early booking is recommended for getting discounted rates.

Indicative discounted rates per day:

- 4-5 stars hotels from 190 Euros
- 2-3 stars hotels 80 190 Euros

Low-cost accomodation and last-minute service will also be provided.

Please, keep in mind that central hotels, the closest to the Congress venue, are highly requested and need timely reservation.

Before And After Congress Tours

The Organization is planning a few two/three days alternative tours at week-ends both soon after or before the Congress: Tuscany, with its historical and artistic cities (Florence, Pisa, Siena, etc.), and Naples, with its surroundings (Pompei, Capri, Sorrento), are ideal targets for such programs. Many other short tours can be organised on request.

Social And Partner Program

The Congress program will include a large variety of social events and tours that will give the participants and the accompanying partners the possibility to discover the blend of cultures and historical periods, that make the uniqueness of Rome and its people.



17th International Congress on Acoustics
Rome, September 2-7, 2001

NOTICE OF INTEREST

I am interested in attending the 17th ICA in Rome, September 2-7, 2001.

Please add my name to the mailing list for further information.

Data can be submitted either by ordinary mail, fax (+39.06.49766932), or e-mail (ica2001@uniroma1.it)

Name Title

Affiliation

Address

Telephone Fax

e-mail

On signing this form I authorize the Association "17th ICA", accordingly to the Italian law n. 675, Dec. 31, 1996 (see the whole text on www.ica2001.it) concerning "personal data processing" - particularly on the articles 10, 20, 24 e 28 - until written revocation, to process and divulge my personal data within the limits of the above mentioned law and in accordance with the procedure laid down by the law. I give my assent provided that the above cited Association complies with the regulations in force.

I do not want that my personal data are divulged to third parties

Date

Signature

Organized by Associazione Italiana di Acustica

1st Announcement

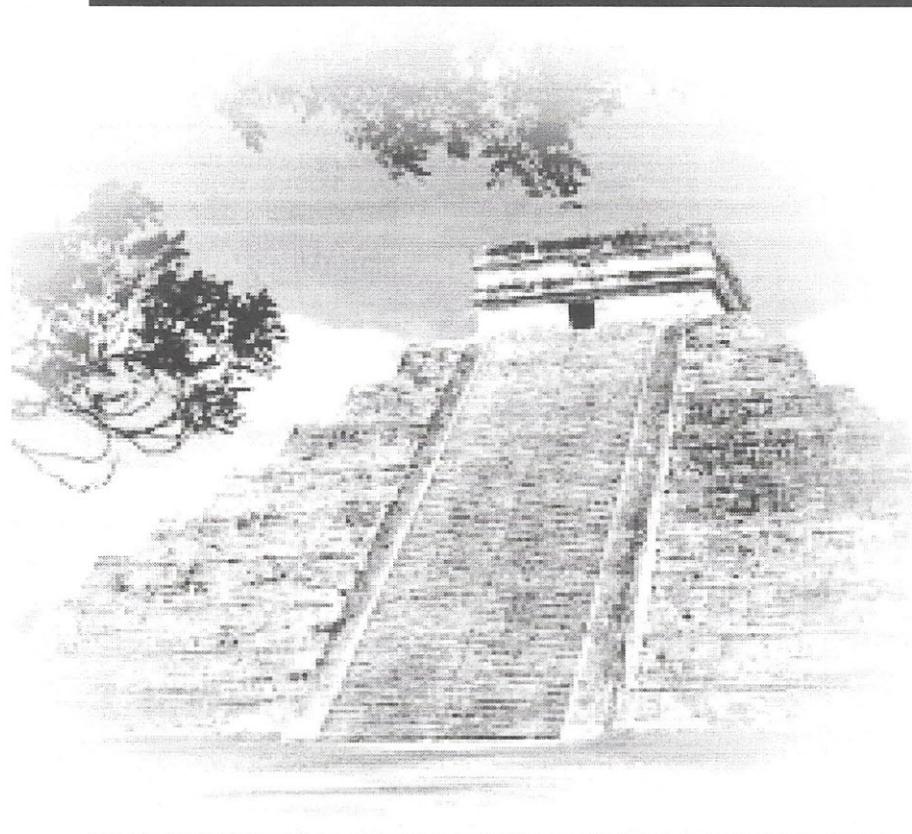
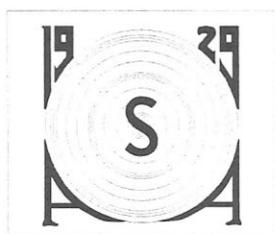
1st Joint Meeting of the

Acoustical Society of America

Iberoamerican Federation of Acoustics

Mexican Institute of Acoustics

This special meeting will bring together acousticians from around the world in all fields of acoustics.



**30 November through
6 December, 2002**

Cancun, Mexico

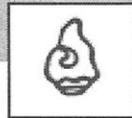
<http://asa.aip.org/cancun.html>



144th Meeting of the Acoustical Society of America

3rd Iberoamerican Congress of Acoustics

9th Mexican Congress on Acoustics



144^a Reunião da Sociedade Americana de Acústica

III Congresso Iberoamericano de Acústica

9^o Congresso Mexicano de Acústica



The first joint meeting of the Acoustical Society of America (ASA), the Iberoamerican Federation of Acoustics (FIA) and the Mexican Institute of Acoustics (IMA) will be held along the beautiful coastline of Cancun, Mexico at the Hotel Fiesta Americana Coral Beach. This premier hotel is located on a lovely beach, and also is near the main shopping mall. Cancun is located on the Yucatán Peninsula and lies in the heart of the Mexican Caribbean Sea. It is the gateway to the ancient Mayan sacred cities of Chichén-Itzá, Tulum, Uxmal and Cobá, and to the marvelous natural sites of Mujeres Isle, Cozumel and Xel-há (www.yucatan.gob.mx) Tours of the Yucatán Peninsula will occur after the conference. The Hotel is about 30 minutes from the Cancun airport which is served by direct flights on many major airlines.

JOINT MEETING

As a joint meeting of the ASA, FIA and IMA, this conference will bring together experts from all fields of acoustics, including topics and short courses of special importance to Mexico, South America, Spain and Portugal.

TECHNICAL PRESENTATIONS

The meeting will consist of plenary lectures, invited and contributed papers, poster sessions, exhibits, tutorials and short courses. The official language will be English, although there will be short courses and sessions in Spanish and Portuguese at the beginning of the meeting. There will also be numerous meetings on standards.

A primeira reunião conjunta da Sociedade Americana de Acústica, da Federação Iberoamericana de Acústica e do Instituto Mexicano de Acústica será realizada na belíssima costa de Cancún - México, no Hotel Fiesta Americana Coral Beach. Este hotel é 5 estrelas e está localizado numa bela praia em frente ao principal shopping center. A cidade mexicana de Cancún está localizada na Península de Yucatán, no coração do Mar do Caribe. Ela é a porta das cidades sagradas Mayas de Chichén-Itzá, Tulum, Uxmal, Cobá e das maravilhosas ilhas naturais de Mujeres, Cozumel, Xel-há, Xcaret e ilha de Contay (www.yucatan.gob.mx) Após o evento Haverá tours para a Península de Yucatán. O hotel está cerca de 30 minutos do aeroporto de Cancún, que tem vôos diretos das maiores cidades no mundo.

REUNIÃO CONJUNTA

Por se tratar de uma reunião conjunta da ASA, da FIA e da IMA, esta conferência reunirá especialistas de todas as áreas de acústica, incluindo temas e cursos intensivos especiais para o México, América do Sul, Espanha e Portugal.

APRESENTAÇÕES TÉCNICAS

A reunião é composta de sessões plenárias, palestrantes convidados, sessões temáticas, posters, cursos, tutoriais e exposição. O idioma oficial do evento é o Inglês, porém serão organizadas cursos intensivos e sessões em Espanhol e Português. Também serão realizadas reuniões sobre normas técnicas.

Technical Fields

1. Acoustical Oceanography
2. Animal Bioacoustics
3. Architectural Acoustics
4. Biomedical Ultrasound / Bioresponse to Vibration
5. Engineering Acoustics
6. Musical Acoustics
7. Noise
8. Physical Acoustics
9. Psychological and Physiological Acoustics
10. Speech Communication
11. Structural Acoustics and Vibration
12. Underwater Acoustics
13. Signal Processing in Acoustics
14. Education in Acoustics

To be placed on the mailing list for the 2nd announcement of the Joint Meeting, please mail in the attached form.

Organizing Committee

James West (ASA), Co Chair
Sergio Baristain (IMA), Co-Chair
Samir Gerges (FIA), Co-Chair
Kevin Shepherd, Technical Program Chair
Charles Schmid, Vice Chair

Acoustical Society of America

Suite 1NO1, 2 Huntington Quadrangle
Melville, NY 11747-4502, USA
Phone: 516-576-2360 • Fax: 516-576-2377
E-mail asa@aip.org
web page <http://asa.aip.org>

Iberoamerican Federation of Acoustics

Federal Univ. of Santa Catarina
Dept. of Mech. Eng., Lab. of Vibration & Acoustics
Cx. Postal 476
Florianópolis, SC 88040900 Brazil
Phone: 55-48-234-4074 • Fax: 55-48-331-9677
E-mail fia@mbx1.ufsc.br
web page <http://www.fia.ufsc.br/>

Institute Mexicano de Acustica AC

P.O. Box 75805, Mexico City 07300
Phone: 52-5-682-5525 • Fax: 52-5-523-4742
E-mail: sberista@hotmail.com
web page: <http://gama.fime.uanl.mx/acustica/ima.html>



Please add my name to the mailing list for the 2002 Cancun meeting



Por favor incluyan mi nombre para envío de información de la reunión de Cancún 2002



Favor colocar meu nome na lista da reunião 2002 Cancún

Name _____ Title _____

Organization/Institution _____

Address Street/PO _____

City/State, Province/Country _____

E-Mail address _____ Phone _____ Fax _____

Send this form to: Acoustical Society of America • Suite 1NO1, 2 Huntington Quadrangle • Melville NY 11747-4502, USA
—OR— E-mail this same information to asa@aip.org

CURSOS E LABORATÓRIOS DE ACÚSTICA



ENGENHARIA ACÚSTICA DA COPPE

UMA NOVA ÊNFASE DO CURSO DE GRADUAÇÃO EM

ENGENHARIA MECÂNICA DA UFRJ

Apresentação

A Engenharia Acústica é uma área de atuação que tem, no Brasil, poucos profissionais e um mercado em grande expansão. A UFRJ possui um dos núcleos de pós-graduação e pesquisa mais avançados do País nessa área e agora oferece uma formação profissional adequada na forma de uma nova ênfase do curso de graduação em Engenharia Mecânica.

São objeto de estudo para projeto e solução de problemas de Engenharia Acústica temas como: poluição sonora, projeto acústico de ambientes, audição e percepção, controle de ruído e vibrações de máquinas e equipamentos, música e sonorização de salas de espetáculos, materiais e dispositivos especiais para tratamento acústico, qualidade acústica do ambiente construído, acústica de salas, simulação numérica de campo acústico, instrumentação e metrologia em acústica, entre outros. Aliada às modernas técnicas de processamento digital de sinais, a Engenharia Acústica atinge também aplicações como: controle ativo de ruído e vibrações; monitoração e diagnóstico de falhas em equipamentos; avaliação de incômodo auditivo; prospeção em medicina, ciência dos materiais e geologia; comunicação submarina; aperfeiçoamento no projeto e fabricação de instrumentos musicais, entre muitas outras.

A demanda por esses projetos e soluções vem crescendo, à medida que o mercado nacional e internacional se torna mais exigente em relação à qualidade ambiental. Isso se reflete na legislação, nas exigências técnicas para exportação e na crescente pressão da sociedade. Veículos e máquinas mais silenciosos, espaços de moradia com maior conforto acústico, trabalho e lazer mais adequados, ambiente urbano mais tranquilo, são algumas das demandas que requerem a atuação do Engenheiro Acústico.

O ingresso em uma área multidisciplinar fascinante, plena de desafios e oportunidades em vários campos, torna-se, com a implantação desta ênfase, acessível aos estudantes.

Histórico

A acústica sempre foi uma área de ensino e pesquisa multidisciplinar por natureza, atraindo profissionais dos mais diversos ramos do conhecimento, tais como engenheiros, físicos, arquitetos, médicos, fonoaudiólogos, biólogos, músicos, lingüistas e psicólogos.

A UFRJ possui um núcleo de competência em acústica, majoritariamente atuante na COPPE e na Escola de Engenharia e mais especificamente nos Programas e Departamentos de Engenharia Naval e Oceânica, de Engenharia Metalúrgica, de Engenharia Biomédica, de Engenharia Civil e, naturalmente, no de Engenharia Mecânica, onde está sediado o Grupo de Acústica e Vibrações – GAVI. Além da COPPE e da Escola de Engenharia, há profissionais trabalhando em Acústica na Escola de Música e na Faculdade de Letras, dentre outros centros da UFRJ.

Por iniciativa dos membros do GAVI, um grupo de docentes desses diversos departamentos reuniu-se para estruturar uma formação em Engenharia Acústica, pioneira no Brasil, criando a ênfase dentro da habilitação em Engenharia Mecânica.

Suporte Laboratorial

Para que o aluno possa se familiarizar com os princípios e aplicações da Acústica, é necessário um adequado suporte laboratorial. A convivência continuada com atividades de laboratório dá aos estudantes uma vivência dos fenômenos acústicos e sua observação experimental, indispensável à sua formação. A ênfase em Engenharia Acústica terá o suporte do Laboratório de Acústica e Vibrações (LAVI) da UFRJ. Trata-se de um laboratório com mais de vinte e cinco anos de atuação em ensino, pesquisa e prestação de serviços na área, dispondo dos equipamentos adequados para medição e análise em acústica e vibrações.

Em suas novas instalações, no bloco I-2000, o LAVI dispõe de espaço suficiente para abrigar alunos em trabalho de tese de mestrado e doutorado juntamente com estudantes de graduação que desejem atuar no ambiente laboratorial para adquirir maior experiência na área.

Estrutura Curricular

São oferecidas ao aluno um conjunto de 2 disciplinas obrigatórias e 24 complementares nas áreas de Acústica, Vibrações, Processamento de Sinais e tópicos correlatos, num total de 83 créditos. É mantido, para a ênfase em Engenharia Acústica, o elenco de disciplinas obrigatórias do curso de Engenharia Mecânica. Alunos de outras habilitações poderão

cursar disciplinas da ênfase em Engenharia Acústica. Sugere-se, nesse caso, que procurem o coordenador da ênfase. Os requisitos para a ênfase são:

1. Cursar, obrigatoriamente, duas disciplinas fundamentais para a ênfase: *Acústica Básica* e *Processamento de Sinais*, correspondendo a um total de 8 créditos.
2. Cursar um mínimo de 24 créditos em disciplinas complementares da ênfase em Engenharia Acústica.
3. Escolher um orientador acadêmico dentre os docentes da área.
4. Elaborar e defender um Projeto de Final de Curso em tema da Engenharia Acústica, sob orientação de docente da área.

É fortemente recomendado, ainda, que o aluno tenha cursado com bom aproveitamento 6 disciplinas obrigatórias do curso de Engenharia Mecânica essenciais à formação básica na área: Cálculo IV, Dinâmica I, Dinâmica II, Termodinâmica, Vibrações Mecânicas e Mecânica dos Fluidos I.

Cumpra observar que, dos 36 créditos (540 horas) exigidos em disciplinas complementares para o curso de Engenharia Mecânica, 32 créditos são requeridos para atender a Ênfase em Engenharia Acústica. Os créditos restantes podem ser cumpridos pelo aluno tanto com disciplinas da Ênfase como com outras cadeiras complementares do Curso de Engenharia Mecânica.

Perfis de Atuação

Diversos perfis de atuação profissional podem ser estruturados a partir das disciplinas oferecidas na área de Acústica e Vibrações. Atendidas as exigências da estrutura curricular, o aluno e seu orientador acadêmico poderão compor um conjunto coerente de disciplinas complementares que melhor atendam ao perfil almejado, como nos exemplos abaixo.

1. **Controle de Ruído:** Acústica Subjetiva, Monitoração e Diagnóstico, Fundamentos e Técnicas de Medição, Métodos Numéricos em Acústica, Transmissão e Controle de Ruído e Vibração, Fontes Acústicas, Acústica Ambiental.
2. **Monitoração e Diagnóstico:** Monitoração e Diagnóstico, Fundamentos e Técnicas de Medição, Ensaios Não-Destrutivos, Transmissão e Controle de Ruído e Vibração, Introdução ao Ultra-som, Técnicas de Inteligência Artificial, Técnicas de Medição, Processamento e Diagnose.

3. **Conforto Acústico:** Acústica Subjetiva, Fundamentos e Técnicas de Medição, Acústica de Salas, Métodos Numéricos em Acústica, Transmissão e Controle de Ruído e Vibração, Acústica Ambiental, Acústica da Linguagem Humana.
4. **Áudio:** Circuitos Elétricos em Corrente Contínua, Acústica Subjetiva, Eletrônica IC, Acústica de Salas, Acústica da Linguagem Humana, Eletrônica IIC, Técnicas de Inteligência Artificial, Mecânica e Música, Áudio.
5. **Acústica Musical:** Acústica Subjetiva, Harmonia Funcional, Acústica de Salas, Acústica da Linguagem Humana, Fontes Acústicas, Mecânica e Música, Técnicas de Inteligência Artificial.
6. **Metrologia em Acústica e Vibrações:** Métodos Experimentais em A&V, Monitoração e Diagnóstico, Fundamentos e Técnicas de Medição, Acústica de Salas, Introdução ao Ultra-som, Transmissão e Controle de Ruído e Vibrações, Técnicas de Medição, Processamento e Diagnose.

Corpo Docente

Arthur P. Ripper Neto, Ph.D. (DEM/EE e PEM/COPPE)
Jules G. Slama, D.Sc., (DEM/EE, PEM/COPPE e FAU)
Moisés Zindeluk, D.Sc., (DEM/EE e PEM/COPPE)
Ricardo E. Musafir, D.Sc., (DHS/EE e PEM/COPPE)
Roberto A. Tenenbaum, D.Sc., (DEM/EE e PEM/COPPE)
Severino F. da Silva Neto, D.Sc., (DEN/EE e PENO/COPPE)
Tiago A. P. Lopes, D.Sc., (DEN/EE e PENO/COPPE)
João M. A. Rebello, D.Sc., (DEMM/EE e PEMM/COPPE)
João C. Machado, Ph.D., (PEB/COPPE)
Marcio N. de Souza, D.Sc., (DEL/EE e PEB/COPPE)
Antônio C. M. Alvim, Ph.D., (DNC/EE e PEN/COPPE)
Luis A. V. Carvalho, D.Sc., (PESC/EE)
José P. S. Azevedo, Ph.D. (PEC/COPPE)
Leonardo Fuks, D.Sc., (Esc. de Música)
João Moraes, D.Sc., (Fac. de Letras)

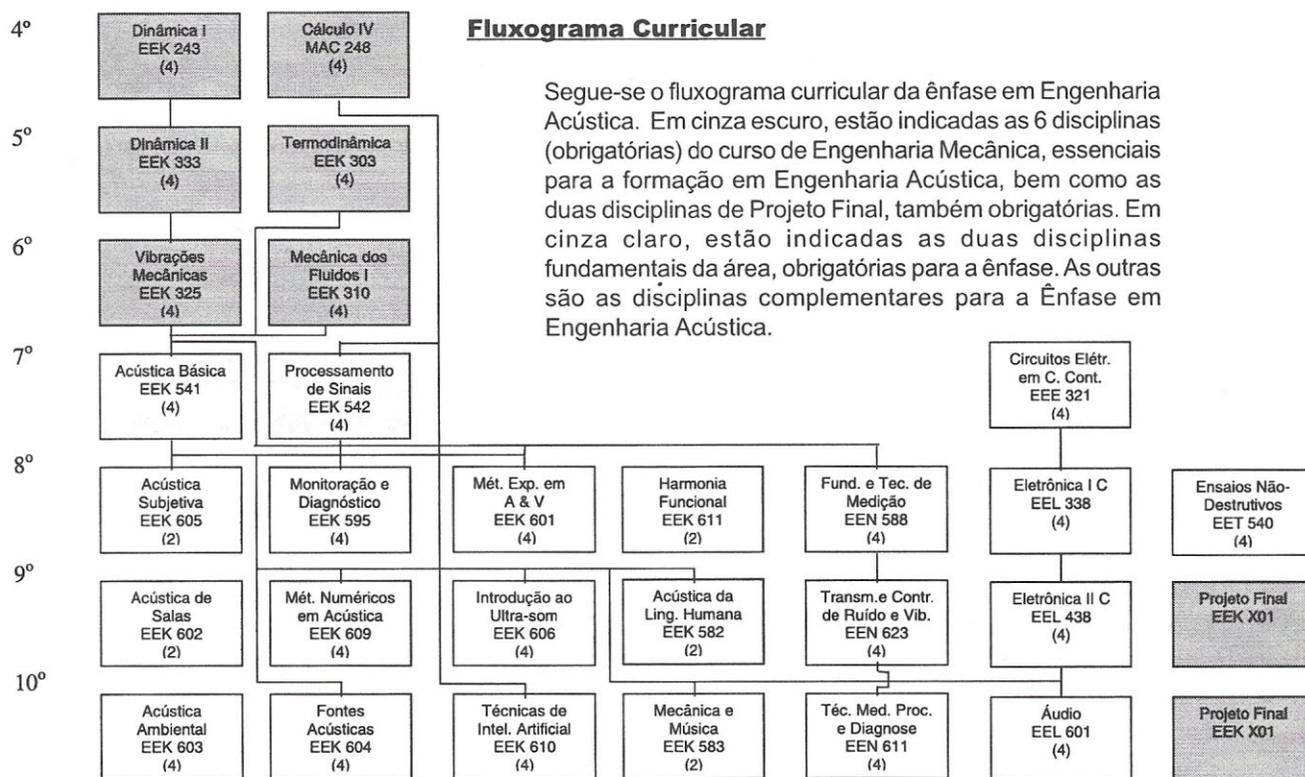
A Coordenação do Curso está a cargo do Prof.

Roberto A. Tenenbaum

e-mail: roberto@serv.com.ufjf.br

Informações adicionais:

Departamento de Engenharia Mecânica
Escola de Engenharia
Universidade Federal do Rio de Janeiro
Caixa Postal 68503, CEP 21945-970
Centro de Tecnologia, bloco G, sala G 203



Quadro de disciplinas da Ênfase em Engenharia Acústica

Nome da disciplina	Código	Créditos	Pré-requisitos	Docente(s)	Observações
Acústica Básica	EEK541	4	EEA212 (Mecânica I)	Roberto/Ricardo	Obrigatória (1)
Processamento de Sinais	EEK542	4	MAC248	Moysés/Roberto	Obrigatória (1)
Monitoração e Diagnóstico de Máquinas	EEK595	3	EEK325	Ripper/Moysés	Complementar (1)
Mét. Experim. em Acústica e Vibrações	EEK601	4	EEK541/EEK325	Roberto	Complementar (1)
Acústica de Salas	EEK602	2	EEK541/EEK542	Roberto	Complementar (1)
Acústica Ambiental	EEK603	4	-	Jules	Complementar (1)
Fontes Acústicas	EEK604	4	EEK541	Ricardo	Complementar (1)
Acústica Subjetiva	EEK605	2	EEK541	Márcio Nogueira	Complementar (1)
Introdução ao Ultra-som	EEK606	4	EEK541	João Carlos	Complementar (1)
Mecânica e Música	EEK607	2	EEK541	Leonardo	Complementar (1)
Acústica da Linguagem Humana	EEK608	2	EEK541	João Moraes	Complementar (1)
Métodos Numéricos em Acústica	EEK609	4	EEK541	José Paulo	Complementar (1)
Técnicas de Inteligência Artificial	EEK610	4	FIM230/MAC248	Luis Alfredo	Complementar (1)
Harmonia Funcional	EEK611	2	-	Alvim	Complementar (1)
Tópicos Especiais em Acústica	EEK612	4	EEK541	Variável	Complementar (1)
Tópicos Especiais em Vibrações	EEK613	4	EEK325	Variável	Complementar (1)
Tópicos Especiais em Process. de Sinais	EEK614	4	EEK542	Variável	Complementar (1)
Tópicos Especiais em Acústica e Vibrações	EEK615	2	-	Variável	Complementar (1)
Circuitos Elétricos em Corrente Contínua	EEE321	4	FIM230/MAC248		Complementar (2)
Eletrônica IC	EEL338	4	EEE321		Complementar (2)
Eletrônica IIC	EEL438	4	EEL338		Complementar (2)
Áudio	EEL601	4	EEL438	Márcio Nogueira	Complementar (2)
Fundamentos e Técnicas de Medição	EEN588	4	EEK325	Severino/Tiago	Complementar (2)
Transm. e Contr. De Ruído e Vibrações	EEN623	4	EEK325	Severino/Tiago	Complementar (2)
Técnicas de Medição, Process. e Diagnose	EEN611	4	EEK325	Severino/Tiago	Complementar (2)
Ensaaios Não-destrutivos	EET540	4	-	João Marcos	Complementar (2)
Pré-Requisitos e Disciplinas Fundamentais Para a Ênfase					
Cálculo IV	MAC248	4	MAC128		Obrigatória
Dinâmica I	EEK243	4	EEA212/FIT112/MAE125/MAC/238	Roberto/Ripper	Obrigatória
Dinâmica II	EEK333	4	EEK243	Roberto/Ripper	Obrigatória
Termodinâmica Clássica	EEK303	4	-	Figueiredo	Obrigatória
Vibrações Mecânicas	EEK325	4	EEA212/MAC128/MAE125	Moysés/Ripper	Obrigatória
Mecânica dos Fluidos I	EEK310	4	MAC238/FIM230	Átila/Gustavo	Obrigatória

(1) Disciplina complementar para o Curso de Engenharia Mecânica.

(2) Disciplina complementar para a Ênfase em Engenharia Acústica mas não para o Curso de Engenharia Mecânica.

Associe-se à SOBRAC e ganhe as edições anteriores da

Acústica & Vibrações

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 94

- Análise de Posturas, Esforços e Vibrações nos Lixadores.
- O Ruído e suas Interferências na Saúde e no Trabalho.
- EPIs Auditivos: Avaliação pelo T.T.S. - Parte 1
- EPIs Auditivos: Avaliação pelo T.T.S. - Parte 2
- Critérios de Classificação Audiométrica para Trabalhadores com Perda Auditiva Induzida pelo Ruído.
- A Importância do Monitoramento Audiométrico no Programa de Conservação Auditiva.
- Sugestões sobre Adaptação dos Protetores Auditivos.



EDIÇÃO NÚMERO 14/DEZEMBRO 94

- 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.
- Simulação e Medições de Ruído de Aspiração de Motores em Laboratório.
- Estudo Experimental de Vibração e Ruído Durante o Acionamento do Pedal da Embreagem.
- Caracterização Acústica do Banco de Provas de Motores da Metal Leve Usando Intensidade Sonora.
- Sistema de Exaustão: Fundamentos e Projetos.
- Ensaio e Simulação Acústica de Escapamento Veicular Simples.
- Simulação Numérica de Ruído Veicular Interno.
- Redução de Ruído Interno em Ônibus Rodoviário.
- Ruído Interno de Veículos Automotores: A Utilização do "Loudness".



EDIÇÃO NÚMERO 15/JULHO 95

- 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 95

- Dicas para Controle de Ruído.
- Controle de Ruído de Máquinas.
- Reativação da Produção de Normas em Acústica Arquitetônica e Ambiental.
- Recomendações da Organização Mundial da Saúde sobre Ruído Industrial.
- A Importância da Acústica e da Psicoacústica para a Audiologia: A Influência da Acústica das Salas de Aula na Percepção da Fala.
- Resposta a Perguntas e Queixas com Relação a Audição e a Protetores Auditivos (Parte I, II e III).



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.



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 Ruído

EDIÇÃO NÚMERO 19/JULHO 97

- Efeitos do Ruído no Homem
- Avanços tecnológicos em protetores auditivos até 1995: Redução ativa de ruído, frequência/amplitude-sensibilidade e atenuação uniforme. (Parte I)



EDIÇÃO NÚMERO 20/DEZEMBRO 97

- Novos Desenvolvimentos em Normalização Internacional
- 2ª Chamada: I Congresso Iberoamericano de Acústica, I Simpósio de Metrologia e Normalização em Acústica e Vibrações do Mercosul e 18º Encontro da SOBRAC



EDIÇÃO NÚMERO 21/JULHO 1998

- Avanços Tecnológicos em Protetores Auditivos até 1995
- Qualidade Acústica em Escritórios Panorâmicos
- Aposentadoria Especial por Ruído



EDIÇÃO NÚMERO 22/DEZEMBRO 1998

- Comparação Laboratorial em medição de Absorção Sonora em Câmaras Reverberantes
- O Ruído Incômodo Gerado nas Instalações Hidráulicas Prediais
- As Políticas Europeias sobre Ruído Ambiente e o Espaço Ibérico
- Medição e Avaliação de Ruído em Ambiente de Trabalho



EDIÇÃO NÚMERO 23/JULHO 1999

- Comparando Bananas com Laranjas
- Protetores Auditivos: Um Novo NRRsf
- Um Caso Prático: Silenciador para Roots
- Diagnósticos de PAIRO (Perda Auditiva Induzida pelo Ruído Ocupacional) pela nva NR-7 (Portaria 19 MTb. de 09/04/98)



EDIÇÃO NÚMERO 24/DEZEMBRO 1999

- Definição de metas de ruído para componentes veiculares via análise de qualidade acústica do veículo
- Estudo da Técnica de Intensidade Sonora: Procedimentos, Erros e Aplicações
- O Ruído na Indústria - Como Controlar
- Geração de Ruído em Válvulas de Controle

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.

Nas suas atividades, a instituição conta com 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.



sobrac@mbox1.ufsc.br

Diretoria - Revista Acústica & Vibrações - Congressos - Novidades - Guia de Acústica - Publique seu Artigo
Anuncie na A&V - Associados - Associe-se

Sociedade Brasileira de Acústica (SOBRAC) - Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) - Centro Tecnológico (CTC)
Departamento de Engenharia Mecânica (EMC) - Laboratório de Vibrações e Acústica (LVA) - Campus Universitário
Cx. Postal 476 - CEP 88040-900 - Trindade - Florianópolis - SC - Brasil
Tel: (048) 234-4074 / 231-9227 - Fax: (048) 231-9677 / 234-1519

ANALISADORES DE ESPECTRO

A **01dB**, referência mundial na fabricação de Sistemas de Medição baseados em Computador, apresenta a sua linha de Analisadores de Espectro, composta de:

- **JAZZ** – Cartão Multimídia Profissional para PC
- **SYMPHONIE** – Analisador de 2 canais
- **HARMONIE** – Analisador Multicanal (sendo 4 canais dinâmicos, 4 canais de baixa freqüência, e 1 canal de tacho/auxiliar).



MEDIDORES DE NÍVEL SONORO

A linha de **Medidores de Nível Sonoro de Integração da 01dB**, cobre todas as aplicações conhecidas (Segurança do Trabalho, Consultores, Fiscalização de Ruído em Comunidades, etc.), e representam a última palavra em tecnologia aplicada a este tipo de instrumento. São os tipos **SdB**, **SLS95** e **SIP95**, apresentados a seguir:



SdB, SdB+, SLS95S, SIP95

SEGURANÇA DO TRABALHO

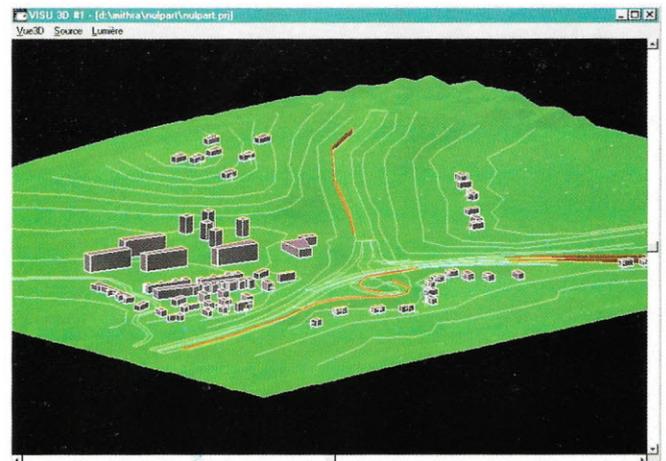


Medidor de Exposição Sonora SIE95

Atendendo à área de Segurança do Trabalho, a **01dB** possui dois instrumentos específicos: o **SIE95** (Medidor de Exposição Sonora), e o **MAESTRO** (Medidor de Vibração para o Corpo Humano), sendo este último lançamento recente. O **MAESTRO** foi desenvolvido com 4 canais, sendo uma opção extremamente versátil para um instrumento de seu porte.

MITHRA

O Software de Predição de Ruído em Ambientes Externos, **MITHRA**, representa a culminância de mais de 20 anos de experiência da CSTB – França – tendo se tornado referência na área desde 1987, ano de sua apresentação ao mercado mundial pela **01dB**.



MITHRA

Software de Predição de Ruído em Ambientes Externos

01dB do Brasil Ltda.

Rua Afonso Celso, 594 – São Paulo – 04119-020

Tel.: (11)4655-4650 – Fax: (11)4655-2608

E-mail: mvi01db@netaruja.com.br

Web site: www.01db.com



01dB

MVI technologies group