

ACÚSTICA & VIBRAÇÕES

Número 10

Fevereiro 1992



**IV Seminário Internacional de Controle de Ruído
XIII Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica
5 a 8 de maio de 1992 — Rio Othon Hotel — Rio de Janeiro**

SOBRAC - Sociedade Brasileira de Acústica

DIRETORIA

Presidente.....Mário C. Pimentel - (SP)
V.Presidente.....Eduardo Giampaoli - (SP)
1º Secretário....Roberto A. Tenenbaum - (RJ)
2º Secretário....Elizabeth R.C. Marques - (SC)
1º Tesoureiro....Benedito de Oliveira - (SP)
2º Tesoureiro....Elvira B. Viveiros - (SC)

Endereço: Rua Das Alfazemas, 31 - Vila Alpina
03204 - São Paulo - SP
Fone: (011)9180066 / Fax:2165810 / Telex:62013

CONSELHO

Honório Cavicchioli Lucatto, Jules G. Slama, Moysés Zindeluk,
Samir N.Y. Gerges, Sylvio R. Bistafa, Ulf H. Mondl, Manoel
Marteleto, Carlos Moacir Grandi e Paulo Dias de Campos.

COORDENADORIA REGIONAL-SUL

Samir N.Y. Gerges.....(SC)
Jorge L.P. dos Santos....(RS)
Miriam J. Barbosa.....(PR)
Roberto M. Heidrich.....(SC)
Ulf H. Mondl.....(SC)

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
Depto Eng. Mecânica / Lab. Vibrações e Acústica
C.P.476 - cep.88049 - Florianópolis - SC
Fone: (0482) 31-9227 ou 34-4074 / Fax: 341519

COORDENADORIA do RIO DE JANEIRO

Manoel Marteleto(RJ)

Instituto de Pesquisa da Marinha
Rua Ipira, S/No.
Ilha do Governador
21931 - Rio de Janeiro - RJ

Í N D I C E

- *Diferença das Perdas Auditivas Induzidas pelo Ruído de Trabalhadores de Atividades Distintas em uma mesma Indústria Petroquímica.*
Raul N. Ibañes, Otorin, Iseu Milman, Médicos Trabalho, Maria A.R. da Costa e Miriam G. da Silva, Fonoaudiólogos.
- *Validação Diagnóstica de Audiometrias Industriais.*
Raul N. Ibañes, Otorin, Loremar E. Agne, Catherine Matte, Francisco A.Z. Paz, Médicos do Trab. e Vladia Hass, Fonoaud.
- *Efeitos da Poluição Sonora no Sono e na Saúde Geral-Ênfase Urbana.*
Fernando Pimentel de Souza, Prof. UFMG
- *A Poluição Sonora em Belo Horizonte.*
Fernando P.de Souza, Prof.UFMG e Pedro A.de S.Alvarez, Eng.
- *Simulação Acústica por Computador.*
Carlos Lineu de Faria e Alves, Dr.
- *O Poder da Energia Sônica.*
Samir N.Y. Gerges, Ph.D. e Roberto M. Heidrich, M.Sc.
- *Acustica Y Arquitectura. Una Metodologia para su Integracion.*
Jorge Hakas, Arq.
- *Avaliação dos Níveis de Ruído em Tratores Agrícolas, e seus Efeitos sobre o Operador.* - João Candido Fernandes, Prof. UNESP
- IV SICOR e XII Encontro da SOBRAC
- Livros, Cursos e Eventos.

Revista da SOBRAC - ACÚSTICA & VIBRAÇÕES

Publicada pela

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA

Jornalista Responsável:

José A. de Souza - Reg.Prof.814-DRT/SC.

Comitê Editorial:

Samir N.Y. Gerges, Roberto M. Heidrich,
Elizabeth R.C. Marques, Elvira B. Viveiros e Ulf H. Mondl

Planejamento Gráfico:

Sineide S. Steinbach e Zuleide Lanzendorf

Apenas matérias não assinadas, são de responsabilidade da Diretoria.

Matérias, notícias e informações para publicação na Revista da Sobrac, podem ser enviadas para Prof. Samir N.Y. Gerges, no endereço da Regional-Sul da SOBRAC.

Diferenças das Perdas Auditivas Induzidas pelo Ruído de Trabalhadores de Atividades Distintas em uma mesma Indústria Petroquímica.

Raul N. Ibañez, Otorrinolaringologista e Médico do Trabalho *
Iseu Milman, Médico do Trabalho
Luiz Lavinsky, Otorrinolaringologista
Maria A.R. da Costa, Fonoaudióloga
Miriam G. da Silva, Fonoaudióloga

* Travessa Francisco Leonardo Truda, 40 21 andar s:19
90009 - Porto Alegre RS

Fone: (0512) 28-3044 r: 2107 ou 2139

Trabalho desenvolvido no Pólo Petroquímico de Triunfo, RS e Clínica
Lavinsky, Porto Alegre, RS.

1 Resumo

As perdas auditivas podem ser ocasionadas por exposição a ruído de diversas características, de acordo com a atividade do trabalhador e as peculiaridades do processo de trabalho. Neste estudo compararam-se a presença e a intensidade das perdas auditivas induzidas pelo ruído de dois grupos de funcionários de uma mesma indústria petroquímica, através da análise de seus exames audiométricos. Um grupo é composto de 65 operadores de processo, com exposição ao ruído contínuo de maior intensidade da empresa. O outro grupo é composto de 40 funcionários da área de manutenção, com exposição ao ruído intermitente e de impacto da oficina, e eventualmente exposição ao ruído contínuo. Os achados demonstraram maior número de perdas auditivas induzidas pelo ruído e maior severidade das perdas entre os trabalhadores da manutenção, com diferença estatisticamente significativa. Este fato deve ser levado em consideração ao se planejar um programa de conservação auditiva, sem se deixar influenciar apenas pela intensidade do ruído no momento de traçar prioridades na proteção coletiva.

2 Introdução

Os danos auditivos provocados pelo ruído são conhecidos há diversos séculos, e inicialmente eram associados a grupos profissionais isolados. Com a crescente complexidade dos processos industriais, tornou-se freqüente encontrarem-se reunidos em uma mesma empresa trabalhadores de diferentes atividades expostos a ruído de características variadas. Os profissionais envolvidos na conservação auditiva destes trabalhadores precisam conhecer estas peculiaridades a fim de individualizar as medidas preventivas a adotar e estabelecer as prioridades do programa elaborado [4,5].

Neste estudo foram analisados os exames audiométricos mais recentes de dois grupos de trabalhadores em atividade em uma indústria petroquímica. O primeiro grupo, de 65 operadores, é exposto a ruído contínuo. O segundo grupo, de 40 trabalhadores da área de manutenção, é exposto ao ruído intermitente e de impacto da oficina, e eventualmente, mas por muito menos tempo, ao mesmo ruído contínuo da área de operação. A presença e o grau das perdas auditivas induzidas pelo ruído foi comparada entre os dois grupos e encontraram-se significativamente mais lesões, e com maior gravidade, entre os trabalhadores das atividades de manutenção.

Os resultados encontrados devem ser levados em consideração ao serem planejadas as medidas de proteção coletiva e individual destes trabalhadores [1]. Não é incomum que projetos de redução de níveis de ruído e de educação quanto à proteção individual utilizem apenas a intensidade do ruído como indicador do local prioritário de atuação, sem levar em consideração outros fatores que um estudo epidemiológico pode revelar.

3 Métodos

Os trabalhadores avaliados foram divididos em dois grupos de atividade. O maior deles, com 65 funcionários, é composto de operadores de processo petroquímico. Sua exposição é exclusivamente ao ruído contínuo, de no máximo 104 dB(A) e variável na intensidade e no número de horas diárias de acordo com a escala de trabalho. O outro grupo, de 40 funcionários, é composto por mecânicos, soldadores, torneiros e encanadores. Sua exposição é predominantemente na oficina de manutenção, ao ruído intermitente (máximo de 101 dB(A), em apenas um posto de trabalho) e de impacto. Eventualmente desempenham tarefas na área de operação, o que os leva também a exporem-se ao máximo de 104 dB(A) de ruído contínuo.

Os exames audiométricos analisados pertencem à rotina normal do programa de conservação auditiva implantado nesta empresa há 7 anos. São audiometrias tonais realizadas em repouso auditivo, por fonoaudiólogas, em cabine audiométrica, com a avaliação por vias aéreas e óssea das freqüências de 0,25, 0,5, 1, 2, 3 e 4 kHz, e avaliação por via aérea também de 6 e 8 kHz. A

interpretação dos exames considerou perda auditiva induzida pelo ruído a presença, em um ou ambos os ouvidos, de hipoacusia neurosensorial com traçado característico mostrando a perda em altas frequências mais acentuada na faixa de 3 a 6 kHz [9]. Para análise estatística os exames foram classificados entre duas opções, que indicavam ou não a influência do ruído nos limiares auditivos observados. Para que as perdas auditivas induzidas pelo ruído pudessem ser comparadas quanto à sua gravidade, nos trabalhadores em que esta foi diagnosticada o pior ouvido foi classificado de acordo com o método proposto por Pereira [6,7]. Este método, fundamentalmente, permite diferenciar as perdas auditivas que não interferem na capacidade de compreensão da fala humana (Grau I) daquelas que interferem nesta capacidade (Graus II ou III), ou seja, afetam as frequências da área da palavra, situadas na faixa de 0,5 a 3 kHz [2,3].

4 Resultados

Atividade	Diagnóstico		Total
	PAIR	NÃO PAIR	
Operação	20	45	65
Manutenção	26	14	40
Total	46	59	105

Tabela 1: Presença de perdas auditivas induzidas pelo ruído (PAIR) nos grupos estudados.

A tabela 1 apresenta a divisão dos resultados dos exames audiométricos em duas categorias, quanto à presença ou não de perdas auditivas induzidas pelo ruído (PAIR) entre os trabalhadores avaliados nos dois grupos. Enquanto no grupo de operação observaram-se PAIR entre 30,8% dos trabalhadores, no grupo de manutenção a presença de PAIR ocorreu em 65,0% dos avaliados. Ao teste qui-quadrado com correção de Yates [8] (qui-calculado = 10,45, $p < 0,01$) constatou-se diferença significativa, o que indica que a surdez profissional está mais presente entre o grupo de manutenção.

Atividade	Grau da Perda Auditiva		Total
	I	II ou III	
Operação	18	02	20
Manutenção	14	12	26
Total	32	14	46

Tabela 2: Graus das perdas auditivas induzidas pelo ruído no grupo estudado, classificadas pelo método de Pereira.

A tabela 2 apresenta as PAIR dos dois grupos classificadas de acordo com o

método proposto por Pereira. O Grau I de Pereira destina-se a perdas iniciais. Já do grau II em diante estão classificadas as perdas auditivas que começam a afetar também pelo menos a frequência de 3 kHz. Para possibilitar a análise estatística, uma vez que entre os operadores não se encontraram perdas mais graves do que as de Grau II, os exames com perdas de Graus II e III foram classificados em um único bloco. Enquanto que no grupo de operadores observaram-se perdas leves (Grau I) em 90% dos casos de PAIR, no grupo de manutenção o mesmo ocorreu em 53,8% dos trabalhadores com a doença. Ao teste qui-quadrado (qui-calculado = 5,38, $p < 0,05$) constatou-se diferença significativa, demonstrando que a perda auditiva induzida pelo ruído é mais acentuada entre os trabalhadores da manutenção desta empresa. A hipótese de que a idade dos funcionários, relacionável aos anos de exposição e à presbiacusia, pudesse estar influenciando este achado foi descartada, uma vez que entre os trabalhadores com PAIR dos dois grupos a idade não diferiu estatisticamente (t -calculado = 1,439).

5 Conclusões

A prática diária da conservação auditiva revela uma dificuldade que pode explicar por que o ruído intermitente e o desempenho de tarefas variadas durante uma jornada de trabalho podem tornar os efeitos do ruído mais danosos do que a exposição a um ruído de maior intensidade: é a tendência que tem o trabalhador, em última análise o responsável por uma efetiva proteção individual, de retirar o protetor nos momentos de ausência de ruído. Esta tendência é plenamente justificável, uma vez que parece não haver sentido em manter posicionado um equipamento incômodo quando o barulho não está sendo percebido. Os achados deste estudo associados à observação prática reforçam a necessidade de medidas de proteção coletiva em situações deste tipo. Os profissionais encarregados da conservação auditiva em qualquer ambiente de trabalho devem sempre fazer uma avaliação completa das tarefas e peculiaridades de cada trabalhador exposto, bem como dos dados epidemiológicos disponíveis relativos aos danos já causados por este ambiente, para não se deixar iludir pelo fator intensidade do ruído, nem sempre o responsável pelos maiores danos auditivos.

6 Referências Bibliográficas

- [1] ALBERTI, P.W. & RIKO, K. - The Otolaryngologist and Hearing Protectors. *The Otolaryngologic Clinics of North America*. 17(4):633-40, 1984.
- [2] ANIANSAN, G. - Binaural discrimination of everyday speech. *Acta Otolaryngol.* 75:334-6, 1973.

- [3] HARRIS, J.D. et al. - The importance of hearing at 3 kc for understanding speeded speech. *Laryngoscope*. 70:131-46, 1960.
- [4] MELNICK, W. - Evaluation of industrial hearing conservation programs: A review and analysis. *American Industrial Hygiene Association Journal*. 45(7):459-67, 1984.
- [5] NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH - A practical guide to effective hearing conservation programs in the workplace. U.S. Government Printing Office, U.S.A., 1990, 56p.
- [6] PEREIRA, C.A. - Surdez profissional em trabalhadores metalúrgicos: estudo epidemiológico em uma indústria da grande São Paulo. São Paulo, 1978. Dissertação de Mestrado, Depto. de Saúde Ambiental, Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo.
- [7] ————— Surdez profissional: caracterização e encaminhamento. *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional*. 17(65):43-45, 1989.
- [8] VIEIRA, S. - Introdução à Bioestatística. 5ª ed., Editora Campus, Rio de Janeiro, 1988, 294p.
- [9] WORLD HEALTH ORGANIZATION - Noise: Environmental Health Criteria nº 12. WHO, Geneva, 1980, 103p.
-

O Analizador FFT - 2 canais de 3,2 Kg

Segundo a Edisa - Hewlett Packard o analisador FFT HP 3560 A é considerado um dos mais potentes de tamanho compacto para medições de níveis de vibração e pressão sonora, função de transferência e até para análise modal em campo; com tamanho de 300 x 210 x 95 mm e peso 3,2 kg. Saída RS-232 para impressora, faixa dinâmica 60 dB e banda de frequência de até 40 KHz. Telefone: (011) 709-1444.



Validação Diagnóstica de Audiometrias Industriais

Raul N. Ibañez, Otorrinolaringologista e Médico do Trabalho *
Loremar E. Agne, Médico do Trabalho
Catherine Matte, Médico do Trabalho
Francisco A.Z. Paz, Médico do Trabalho
Vlândia Hass, Fonoaudióloga

* Travesa Francisco Leonardo Truda, 40 / 21 andar s:19
90009 - Porto Alegre - RS

Fone: (0512) 28-3044 r.2139 ou 2104

Trabalho Desenvolvido no Serviço Social da Indústria do Rio Grande do Sul.

1 Resumo

O exame audiométrico é uma forma reconhecida de monitorar os limiares auditivos de trabalhadores expostos ao ruído. Uma vez que os exames devem ser repetidos periodicamente, aceita-se que sejam realizados de uma forma simplificada, apenas por via aérea, usualmente conhecida por audiometria industrial. Este estudo realiza um teste de validação diagnóstica de uma amostra de 148 audiometrias industriais, em relação a audiometrias convencionais realizadas em ambiente acústico. Os resultados demonstraram acurácia para perdas auditivas em 84,5% das audiometrias industriais, falsos negativos em 10,1% dos exames e falsos positivos em 5,4%. A sensibilidade encontrada é de 81,01% e a especificidade é de 88,41%.

2 Introdução

O exame audiométrico é uma forma conhecida de avaliar e monitorar os limiares auditivos de trabalhadores expostos ao ruído [1,2,5,9,10]. Sua realização periódica oferece uma idéia bastante precisa do potencial nocivo do ruído existente nos diversos ambientes de trabalho, dos danos causados ao ser humano, bem como da eficácia das medidas preventivas adotadas.

A audiometria industrial, forma simplificada de exame audiométrico no qual apenas a via aérea é avaliada, tem sido utilizada para essa monitorização, tanto no Brasil quanto no exterior, com resultados satisfatórios [4,8]. Sua realização

em larga escala justifica-se pelo menor custo individual de cada exame e pelo seu reduzido tempo de aplicação . Estes dois fatores crescem em importância se for considerado o grande contingente de trabalhadores expostos ao ruído, principalmente industrial, e a necessidade de repetição periódica semestral da avaliação , o que significa aproximadamente 50 exames por trabalhador nos seus 25 anos de atividade [3].

A confiabilidade das audiometrias industriais deve ser alvo de constante preocupação por parte de quem as utiliza. Além da limitação imposta pela ausência de avaliação da via óssea, fato que ocasionalmente dificulta um topodiagnóstico preciso da perda auditiva detectada, outros fatores concorrem para prejudicar a validade do exame. São comuns: ruído no local do exame, ausência do repouso auditivo mínimo de 14 horas por parte do trabalhador avaliado, despreparo técnico ou inexperiência do avaliador, dificuldades na detecção de simuladores e dissimuladores de perdas auditivas, audiômetro descalibrado e sem mascarador [7].

Este estudo descreve um teste de validação diagnóstica de uma amostra de 148 audiometrias industriais. Observou-se que as falhas, quando ocorridas, foram predominantemente em frequências altas e isoladas. Uma vez que os resultados, como um todo, encorajam a utilização desta forma de exame, sugere-se que não se poupem esforços no sentido de identificar e solucionar os defeitos existentes.

3 Etapas Metodológicas

O estudo consistiu, basicamente, em realizar dois exames audiométricos tonais, um industrial e outro convencional, em 148 trabalhadores expostos ao ruído de uma indústria com atividades metalúrgicas.

Em um primeiro momento, os trabalhadores foram todos submetidos a uma audiometria industrial nas dependências da empresa na qual trabalham. Os trabalhadores foram previamente orientados a utilizar rigorosa proteção auricular individual no dia da realização do exame, sendo este realizado no máximo 4 horas após o início da jornada de trabalho. A sala de sua aplicação , sem cabine audiométrica, não apresentou ruído de fundo que excedesse a 45 dB(A). Foram avaliadas, por via aérea, as frequências de 250, 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 6000 e 8000 Hz, em ambos os ouvidos.

Na segunda etapa do estudo, os 148 trabalhadores foram novamente submetidos a um exame audiométrico, desta vez nos moldes convencionais, em um serviço de audiologia. Os trabalhadores realizaram repouso auditivo do ruído ocupacional por no mínimo 14 horas. Os exames foram realizados em ambiente acústico, em cabine audiométrica, por fonoaudiólogos. Foram avaliadas, por via aérea, as frequências de 250, 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 6000 e 8000 Hz, e, por via óssea, as mesmas frequências, com exceção de 6000 e 8000 Hz.

Para a análise epidemiológica dos resultados, os exames audiométricos con-

vencionais foram arbitrariamente considerados 100% confiáveis. As audiometrias industriais foram testadas em relação a este padrão. A cada perda auditiva detectada na audiometria industrial e não confirmada na convencional, denominou-se *falso positivo*. Por outro lado, sempre que a audiometria industrial apresentou limiares normais e a convencional detectou uma perda auditiva, denominou-se *falso negativo* [6].

4 Resultados

As audiometrias industriais demonstraram, do total de 148 trabalhadores avaliados, 76 (51,4%) com limiares auditivos normais e 72 (48,6%) com perdas auditivas. Por sua vez, as audiometrias convencionais demonstraram 69 (46,6%) trabalhadores com limiares auditivos normais e 79 (53,4%) com perdas auditivas. A comparação entre os trabalhadores nas duas modalidades de exame pode ser visualizada na tabela 1.

Os resultados das audiometrias industriais foram os mesmos das convencionais em 125 (84,5%) trabalhadores. Em 15 (10,1%) trabalhadores os limiares normais da audiometria industrial não se confirmaram (falsos negativos) e em 8 (5,4%) trabalhadores as perdas auditivas detectadas não se confirmaram (falsos positivos).

Foram aplicadas as fórmulas que determinam a sensibilidade - $S_e = VP/(VP + FN)$ e a especificidade - $S_p = VN/(VN + FP)$ das audiometrias industriais em relação às audiometrias convencionais. A sensibilidade encontrada foi de 81,01% e a especificidade foi de 88,41%. Isto significa que a proporção de trabalhadores com perda auditiva que apresentou uma audiometria industrial alterada é de 81,01% e que a proporção de trabalhadores com audição normal que apresentou uma audiometria industrial normal é de 88,41%.

Industrial	Convencional		Total
	Alterada	Normal	
Alterada	64 (VP)	08 (FP)	72
Normal	15 (FN)	61 (VN)	76
Total	79	69	148

VP - Verdadeiro Positivo

FP - Falso Positivo

FN - Falso Negativo

VN - Verdadeiro Negativo

Tabela 1: Comparação dos resultados das audiometrias industriais (testadas) e convencionais (padrão)

A observação detalhada das audiometrias industriais dos 15 trabalhado-

res considerados falsos negativos, uma falha de exame que suscita mais preocupações em termos de saúde pública, demonstra que o erro ocorreu em oito deles em frequências isoladas, na faixa de 4000 a 8000 Hz, em um único ouvido. Em outros quatro trabalhadores o erro ocorreu em duas frequências desta mesma faixa, uma frequência em cada ouvido. Nos restantes três trabalhadores, o erro ocorreu em mais de duas frequências. Nos 15 trabalhadores foram detectadas, à audiometria convencional, perdas iguais ou menores do que 40 decibéis.

5 Conclusões

A situação de saúde do país, com um grande número de prioridades e considerável carência de recursos, não recomenda que se preconizem atitudes elitizantes. Assim, o exame audiométrico industrial é uma possibilidade que não deve, em absoluto, ser descartada ao se implantar um programa de conservação auditiva entre qualquer grupo de trabalhadores expostos ao ruído. Entretanto, tanto do ponto de vista puramente clínico, quanto do ponto de vista legal, o resultado do exame audiométrico realizado deve ser o mais aproximado possível da realidade auditiva do trabalhador avaliado.

Na amostra testada neste estudo, as falhas encontradas estimulam a realização deste tipo de audiometria industrial, desde que adotadas medidas que visem corrigir a forma predominante de erro descrito, o prejuízo à sensibilidade do exame às perdas auditivas leves em frequências altas e isoladas. Essas medidas podem ser simplesmente mais atenção por parte do examinador ao avaliar as altas frequências de trabalhadores com limiares aparentemente normais, com o emprego de mais tempo na realização do exame. Em uma projeção da amostra testada, a sensibilidade encontrada seria de 96% se o erro pudesse ser corrigido nas perdas auditivas que ocorrem em uma ou duas frequências.

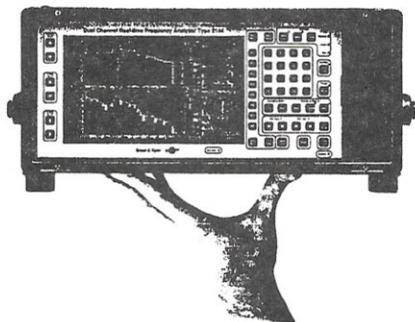
6 Referências Bibliográficas

- [1] AMERICAN INDUSTRIAL HYGIENE ASSOCIATION. Hearing measurement. In: Industrial noise Manual, 3ª ed. AIHA, Ohio, 1975, p.45-53.
- [2] AZEVEDO, A.P. et al. Considerações sobre ruído: riscos, patologia e prevenção. In: COSTA, D.F, et al. Programa de Saúde dos Trabalhadores. HUCITEC, São Paulo, 1989.
- [3] BRASIL. Leis, decretos e portarias - Portaria nº 3.214 do Ministério do Trabalho, de 08/06/78, modificada pela Portaria SSMT nº 12, de 06/06/83. In: CAMPANHOLE, A & CAMPANHOLE, H.L. Consolidação das Leis do Trabalho e Legislação Complementar. 62ª ed. Editora Atlas, São Paulo, 1983, p.720-3.

- [4] DOBIE, R.A. Industrial audiometry and the otologist. *Laryngoscope*. 95:382-5, 1985.
- [5] DOUGLAS, D.B. Audiometry. In: International Labour Office, *Encyclopedia of Occupational Health and Safety*, ILO, Geneva, 1983, p.205-6.
- [6] FLETCHER, R.H. et al. Diagnóstico. In: *Epidemiologia Clínica*. Editora Artes Médicas Sul Ltda., Porto Alegre, 1989, p.68-107.
- [7] KATZ, J. *Tratado de Audiologia Clínica*. 3ª ed. Editora Manoele Ltda, São Paulo, 1989.
- [8] MELNICK, W. Conservação auditiva industrial. In: KATZ, J. *Tratado de Audiometria Clínica*. 3ª ed. Editora Manoele Ltda, São Paulo, 1989, p.731-751.
- [9] RUTH, R.A. Audiometric evaluation of noise induced hearing loss. *The Otolaryngologic Clinics of North America*. 12(3):639-53, 1979.
- [10] WORLD HEALTH ORGANIZATION. Hearing impairment caused by noise. In: WHO. *Early Detection of Occupational Diseases*. WHO, Geneva, 1986, p.165-9.

O Laboratório Que Pode Ser Levado Para Campo

Segundo a Brüel & Kjaer, o Analizador de Tempo Real (RTA) B & K 2144, fornece grande potencialidade para medições em campo por ser um aparelho portátil, de dois canais e de precisão para medições de níveis de vibração e pressão sonora, intensidade e potência sonora. Opera em bandas de 1/1 até 1/24 de oitava, com memória para 500 espectros, 10 kg com bateria. Telefone: (011) 246-8166.



Efeitos da Poluição Sonora no Sono e na Saúde em Geral - Ênfase Urbana

Fernando Pimentel-Souza

Prof. Titular de Neurofisiologia da UFMG

Membro Pleno do Instituto de Pesquisa sobre o Cérebro,

UNESCO / PARIS

Eng. pelo ITA e MS Eletrônica ENSA-PARIS.

C.P. 2486 - Depto. de Fisiologia e Biofísica

ICB - UFMG - 30261 - Belo Horizonte - MG / Fax:(031)441-0835

SUMMARY

Effects of Noisy Pollution on the Sleep and on the Healthy Status - Urban Emphasis :

Disturbs of sleep and health status in the urban citizen, direct or indirectly due to noise by means of stress or perturbation of the biologic rhythm, were reviewed in the scientific literature of the last twenty years. During vigil, noise up to 50 dB(A) (Leq) may cause discomfort, but one adapt to it. Over 55 dB(A) elicits slight stress, excitement, bearing to initial stages of dependence and initializing lasting discomfort. Up to 65 dB(A) organic degenerative stress initiates with biochemical unbalance, increasing the risk of infartation, stroke, infection, osteoporosis etc. Probably at 80 dB(A) biological morphines are already released, inducing satisfaction and completing the dependence panel. Near 100 dB(A) can have immediate loss of audition. On the other hand, the sleep up to 35 dB(A) becomes more superficial, at 75 dB(A) reaches loss of 70 % in the duration of the deepest stages, essential to recovering of the organism and the brain. Main factors of urban noise in Brazil, with some data of Belo Horizonte, were discussed and some measures to reduce it were suggested.

RESUMO

Distúrbios do sono e da saúde em geral no cidadão urbano, devidos direta ou indiretamente ao ruído, através do estresse ou perturbação do ritmo biológico, foram revistos na literatura científica dos últimos 20 anos. Em vigília, o ruído de até 50 dB(A) (Leq) pode perturbar, mas é adaptável. A partir de 55 dB(A) provoca estresse leve, excitante, causando dependencia, e levando a durável desconforto. O estresse degradativo do organismo começa a cerca de 65 dB(A) com desequilíbrio bioquímico, aumentando o risco de infarte, derrame cerebral, infecções, osteoporose etc. Provavelmente a 80 dB(A) já libera morfina biológicas

no corpo, provocando prazer e completando o quadro de dependência. Em torno de 100 dB(A) pode haver perda imediata da audição. Por outro lado, o sono, a partir de 35 dB(A), vai ficando superficial, à 75 dB(A) atinge uma perda de 70 % dos estágios profundos, restauradores orgânicos e cerebrais. Principais fatores do ruído urbano no Brasil, com alguns dados de Belo Horizonte, foram discutidos e algumas medidas para reduzi-los foram sugeridas.

1 Efeitos Sincronizadores e Perturbadores do Ruído e de outros Fatores no Sono

A ciência tem desvendado nobres funções do sono como as psicológicas, as intelectuais, as da memória, as do humor e as da aprendizagem. O sono parece ser o período mais fecundo para consolidar os traços mnemônicos e geradores de criatividade. Prejuízos causados a ele diminuem a capacidade das funções superiores do cérebro, condenando suas vítimas a cidadãos de segunda classe (Jouvet, 1977; De Koninck et al, 1989; Pimentel-Souza, 1990). A sensibilidade de Schopenhauer já o permitia antecipar de mais de um século as provas científicas de hoje ao afirmar: "O barulho é a tortura do homem de pensamento".

Mostraram-se no sono ritmos circadianos e os ultradianos de seus estágios, daí a necessidade da regularidade através dos dias. Assim, o aumento do período de vigília tende a reduzir o período de sono no mesmo dia, para manter o ritmo circadiano, mas no período seguinte o sono tende a recuperar sua duração. Quanto ao sonho, há compensações da sua duração também, quando pára a sua privação (Cipolla-Neto et al, 1989; Pimentel-Souza, 1989). Quando se dorme menos do que sua média, ou poupando mediadores químicos do sonho no cérebro ao privá-lo, ocorre curiosa compensação por ficar fisicamente mais ativo durante o dia, mas reagindo menos intelectual e criativamente, e vice-versa (Jouvet, 1977; Carlini, 1983; Santos e Carlini, 1983; Calil, 1983). Estas variações podem ser confundidas com aspectos das personalidades individuais e até serem usadas na terapia de certo tipo de depressão, quando é acompanhada de hipersonia.

O ruído é um dos sincronizadores ou perturbadores do ritmo do sono mais importantes. Distúrbios do ritmo do sono produzem sérios efeitos na saúde mental. Na síndrome de fusos horários das viagens internacionais, sob "jet lag effect", recomenda-se não tomar alguma decisão importante, até recuperar o humor e a capacidade mental ou não competir antes da readaptação fisiológica, que permita readquirir a plena forma física. Os operários de turnos e noturnos geralmente possuem um sono de má qualidade no período diurno, devido aos conflitos sociais e excesso de ruído diurno, provocando aumento da sonolência no período de trabalho noturno, muitas vezes

incontroláveis e responsáveis pelo maior número de acidentes entre 3 e 5 horas da manhã (Cipolla-Neto, 1989; Fischer et al, 1989a e b). O contínuo atraso do sono pelos horários de trabalho e variações do ritmo das atividades sociais, facilitadas pelo uso da luz elétrica e atrações noturnas, pode levar à constante insônia. É mais fácil atrasar a fase do sono que avançá-la, o que complica a regularização (Czeiler et al, 1981). Por outro lado, latências encurtadas do sono, do despertar, do pico de temperatura, do pico de cortisol, aparecem na depressão ou podem causá-la. No caso maníaco ou depressivo há respectivamente atraso ou avanço desses ritmos citados acima. Um efeito terapêutico do lítio, usado na estabilização da depressão, pode ser atribuído ao atraso de fases daqueles ritmos biológicos mencionados (Mouret, 1982; Cipolla-Neto, 1989; Reimão, 1990).

O sono de todos os indivíduos é sensível ao ruído, havendo perdas proporcionais às perturbações nas suas nobres funções. Vallet et al (1975a e b), Friedmann e Chapon et al (1972) encontraram, num raio de 2 km de auto-pistas e aeroportos, em pessoas há vários anos "adaptadas", uma redução média de 35 % na parte mais nobre do sono, os estágios profundos e paradoxal, quando o ruído médio aumentou de 43 a 55 dB(A) (Acústicos) no interior da residência, quando se atingia em torno de 77 dB(A) externos. Nesse nível o EEG já mostrava perturbações em 52 % das pessoas, apesar de despertar a consciência só em 3 % e de mudar para estágio mais superficial em 17 %. Já o aumento de mais 20 dB(A) externos provocou 100% de perturbações no EEG. Terzano et al (1990) notaram que há uma queda linear no sono profundo na variação de 35 a 75 dB(A), chegando a 70 % de perda, usando ruído branco num laboratório de sono. Segundo as Associações Internacionais de Distúrbios de Sono (ASDA, 1990) cerca de 5 % das insônias são causadas por fatores externos ao organismo, principalmente pelo ruído, 10% são devidas a má higiene do sono, isto é, comportamento inadequado para o sono sobretudo nas duas horas que o procedem, e 15 % são resultantes de internalização no cérebro dos fatores perturbadores externos através do mecanismo de condicionamento aprendido involuntariamente. Um dos indicadores da má qualidade de vida ambiental nas nossas cidades no Brasil foi revelado por pesquisa de Braz (1988) na cidade de São Paulo, onde 14 % das pessoas atribuem suas insônias a fatores externos, das quais 9,5 % exclusivamente ao ruído. Além disso, o ruído deve ter uma importante contribuição indireta, através do estresse diurno e noturno, causando também má higiene do sono, cujos efeitos são traiçoeiramente despercebidos das pessoas por não terem efeitos imediatos e não deixarem rastro visível, num mundo moderno predominantemente visual, cujas informações são estimadas em 90 % do nosso universo atual. Enfim, o ruído torna o sono mais leve, causando profundos danos fisiológico, psicológico e intelectual.

O Centro de Estudos de Perturbações e de Energia (CERNE, 1979) na França reconheceu que o ruído de baixos níveis permite adaptação. Mas, após vários anos, os déficits no sono, sob níveis de até 55 dB(A) internos, são cumulativos, mudando a estrutura do sono como se fossem de pessoas

envelhecidas precocemente. Pessoas de 35 anos, estudadas, estavam dormindo como se fossem de 55-60 anos não expostas a barulho. Enfim, dormir e desempenhar mal não é necessariamente causado pela idade.

2 Efeitos do Ruído nas Atividades de Vigília

Em qualquer horário o ruído elevado é perturbador. Um pulso de som de 90 dB de apenas 20s desenvolve 80s de constrição periférica nos vasos sanguíneos. Dr. Guilherme (1991), otorrinolaringologista da Escola Paulista de Medicina (EPM), estima em 30 % de perda da audição nos jovens que usam "walkmen", toca-fita ou toca-disco duas horas por dia a níveis próximos de 100 dB. Já outro especialista, Dr. Cataldo, Diretor da Escola de Fonoaudiologia Izabela Hendrix de Belo Horizonte, tem constatado surdez súbita e irreversível em pessoas que assistem concertos de rock a mais de 100 dB, por efeito de vaso-espasmos no ouvido interno.

64 % das pessoas tinham queixas de ruído ou vibrações na França em 1976-1977 (CERNE, 1979), época em que Paris já obtinha valores pelos menos cerca de 10 dB(A) menores do que em Belo Horizonte de hoje, sobretudo no período noturno (Fallot e Stein, 1979). Esse percentual é da ordem dos encontrados pela maioria das reclamações atuais na Secretaria Municipal do Meio Ambiente (SMMA) em Belo Horizonte, onde o nível médio de ruído diurno foi 70 dB(A) em 1988 (Alvares, 1982; Alvares et al, 1988), e também previstas em pessoas submetidas a nível semelhante de ruído que relataram profundos incômodos (Schutz et al, 1976). Entretanto, a França depois disso tem adotado medidas rigorosas para combater o ruído, tornando seus veículos automotores mais silenciosos e outras, inclusive como resultado das pesquisas de um órgão, o CERNE, criado no Ministério de Transportes, e que dedica parte substancial de seu trabalho aos efeitos da poluição sonora.

Cantrell (1974) mostrou que descargas sonoras de 85 sobre 70 dB de fundo, nos períodos diurnos em forma de pulsos durante somente 3 % do tempo, e só 50 dB de fundo no período noturno, desencadearam, durante os 40 dias de experimento, um aumento do colesterol de 25 % e do cortisol plasmático de 68%. Os pacientes eram jovens saudáveis de 20 anos. Portanto, os menos susceptíveis aos efeitos nocivos. Alguns efeitos do hipercortisolismo são diminuição dos linfócitos, do tecido linfático e da antitrombina e alta de trombócitos. Pelas reações fisiológicas conhecidas, a Organização Mundial da Saúde considerada então a 55 dB(A) (Leq) o início do estresse auditivo (WHO, 1980). O estresse em estágios iniciais pode até ser usado benéficamente na medida em que funciona como excitante ocasional (Tufik, 1991). Mas, quando se torna crônico, ele começa a degradar o corpo e o cérebro, conduzindo à exaustão rapidamente (Bonamin, 1990). Nos trabalhadores tem sido constatado nesses últimos casos: efeitos psicológicos, distúrbios neuro-vegetativos, náuseas, cefaléias, irri-

tabilidade, instabilidade emocional, redução da libido, ansiedade, nervosismo, perda de apetite, sonolência, insônia, aumento da prevalência de úlcera, hipertensão, distúrbios visuais, consumo de tranquilizantes, perturbações labirínticas, fadiga, redução da produtividade, aumentos do número de acidentes, de consultas médicas, do absenteísmo etc (OIT, 1980; WHO, 1980; Quick e Lapertosa, 1983; Gomes, 1989).

O excesso de colesterol liberado pelo ruído justifica resultados como os do recente Congresso na Alemanha em que populações, submetidas a níveis entre 65 e 70 dB(A), tiveram 10 % a mais de infarte e entre 70 e 80 dB(A), 20 % (Babisch, 1991). De fato, Jansen e Andriukin mostraram nas fábricas mais barulhentas da Alemanha maior incidência de hipertensão, de distúrbios, circulação periférica e de equilíbrio, agravando-se com a idade (Cantrell, 1974).

A poluição sonora é a perturbação, que envolve maior número de incomodados, e diante dos danos dramáticos causados já ocupa a terceira prioridade entre as doenças ocupacionais, só ficando após das provocadas por agro-tóxicos e as osteo-articulares no Estado de São Paulo (Gomes, 1989). Infelizmente, este é mais um fator de risco da maioria das pessoas desse país, agravando doenças cárdio-vasculares e infecciosas, a recuperação dos enfermos em geral, e tornando mais fácil o adoecer dos sãos. O estresse crônico e distúrbios do sono, provocados pela poluição sonora, se realimentam mutuamente, aumentando a nocividade de ambos.

- Até que ponto parte dos 68 % das infecções hospitalares em BH em 1989, considerados irredutíveis devido à queda da resistência imunológica, segundo Grupo Técnico de Infecções Hospitalares da Secretaria de Estado de Saúde de MG, podem ser atribuídos à poluição sonora ? Há maior susceptibilidade a gripes e dores de garganta sob estresse psicológico (Cohen et al, 1991). Mas há casos dramáticos, que nem podem mais esperar. Dentro de um Centro de Tratamento Intensivo (CTI) com janelas fechadas de um famoso hospital, verifiquei em dezembro de 1990, um nível de ruído de 60 dB(A) às 17 h. pouco antes do máximo de poluição sonora. Até os médicos residentes do turno se queixavam. Esta é a condição de muitos CTIs da capital. Haveria necessidade de baixar pelo menos 20 dB(A) para se chegar próximo aos 40 dB(A) recomendados. A mais eficiente solução seria reduzir as fontes sonoras de 120 vêzes.

- Mas, como ?

3 Análise dos Fatores de Ruído Urbano e Algumas Sugestões para Evitá-lo

Ao contrário, criar barulho aqui é muito fácil. Os nossos veículos automotores são a maior causa de poluição sonora. O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) deveria adotar urgentemente normas internacionais avançadas na produção automobilística para ganhar cerca de 12 dB(A) nos

veículos novos. O Departamento de Trânsito-MG, assim como os seus sucessores e correspondentes nos outros estados, de maneira complementar, teriam um dia que mostrar sua competência em inspecionar eficazmente os escapamentos dos veículos usados, sua fluidez e congestionamento no trânsito. Centrais de carga deveriam ser criadas na periferia das metrópoles. Na Cidade só circulariam caminhões leves e mais silenciosos.

São também excessivamente ruidosos nossos aparelhos elétricos e mecânicos e não basta o "Selo de Ruído" do INMETRO. Alguns setores industriais e boêmios estão mal localizados nas zonas residenciais. As atividades de algumas pessoas desconsideram a questão, promovendo eventos ruidosos pela noite. Alguns pais de nossa geração, na opinião do psicólogo Gykovate, ainda estão perdidos nos complexos e tornaram-se libertários, deixando também seus filhos desorientados e ambos desrespeitosos dos direitos alheios. É comum achar subjacente uma rude idéia, de que teria o homem de adaptar-se às mudanças hostis do meio em nome do progresso. É uma ingenuidade, digna da famosa sátira de Voltaire (1949), voltar a pensar em solução mágica, contra milhões de anos da evolução biológica.

- Não seria outro o diagnóstico, senão a precária saúde do brasileiro, inclusive das classes mais abastadas? Como consequência, as cidades mais barulhentas do mundo são Rio, São Paulo (Azevedo, 1982, 1990) e, numa projeção o hipercentro Belo Horizonte ficaria em quinto (Junqueira, 1990). Nessas cidades as medições de ruas e nas casas freqüentemente ultrapassam 85 dB(A), levando provavelmente, a maioria de seus habitantes à níveis de estresse avançados.

Ao nível de distúrbio de sono as consequências parecem comprovar a má qualidade ambiental sonora. Recente pesquisa epidemiológica de Braz (1988) da E.P.M. mostrou 51 % da população de São Paulo com persistente insônia e 74 % com pelo menos alguma perturbação no sono contra cerca de 33 % dos americanos.

O Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT, 1988) de São Paulo atesta também os atrasos dos nossos urbanismo, construção civil e o ônus, muitas vezes excessivo, ou a impossibilidade de remanejar prédios e cidades para se defender do ruído. É uma das razões dos países desenvolvidos terem resistido do crescimento das grandes cidades, fixando rígido controle de seus equipamentos e aumentado a fiscalização das atividades públicas e privadas. Gerges (1991) salientou que paredes paralelas de residências e prédios, muito comuns em nossas cidades, aprisiona-se o ruído e constituem verdadeiras caixas de ressonância. Silva (1991) recomenda pisos flutuantes nos prédios para evitar a propagação do som para outros andares devido a regidez da estrutura. Não conseguimos ainda um plano diretor no Brasil, para ordenar o futuro crescimento urbano e arquitetônico, preventivo e eficaz na prática para não piorar o que já existe nas cidades e nas residências, cujos erros não se consertam facilmente.

Apesar da crise econômica, para os empresários vale a pena investir contra

a poluição sonora na sua empresa e na cidade, onde moram seus empregados e eles próprios. Seus quadros pouparão imediatamente desde energia física e mental, acidentes no trabalho e na cidade, desperdícios etc e poderão ganhar em produtividade, humor, criatividade, melhor relacionamento etc, pois tudo começa no sono bem dormido e no conforto ambiental em todo espaço, onde vivem.

A Câmara Municipal e a Prefeitura de BH já reconheceram parcialmente a necessidade de limitar o ruído através da Lei no. 4034/1985, regulamentada por decreto municipal no. 5893/88, que estabelece limites máximos para todos os períodos do dia e zonas da cidade (Alvares e Pimentel-Souza 1991, em impressão), mas que ainda não são satisfatórios, por exemplo, a zona residencial segunda mais beneficiada, que congrega bairros nobres da zona sul, só tem teoricamente a garantia do conforto auditivo, o máximo de 50 dB(A), entre 22 às 7 h, no interior das residências, quando a ABNT recomenda o máximo de 45 dB(A) nos dormitórios de qualquer zona residencial. A situação torna-se grave porque, aqui ainda não se obteve a cooperação de muitos cidadãos na auto-disciplina, das indústrias na produção, dos comerciantes nas suas atividades, das autoridades na fiscalização, dos políticos e sindicalistas nas suas campanhas, etc.

É indispensável a participação e conscientização da classe médica como vanguardeira na campanha para melhorar a qualidade da vida e do sono, através da redução da poluição sonora, sobretudo em nossas cidades, ajudando a denunciar os danos físicos e cerebrais. É importante mostrar que a medicina científica, que somos capazes de praticar aqui, não é de melhor qualidade pelas deficiências, que transcendem em muito a esfera específica de atuação da categoria. O problema tornou-se também de saúde pública, por atingir a maioria da população brasileira, hoje 80 % concentrada nas cidades (Smith, 1983; Gomes, 1989, Pimentel-Souza, 1990), e possuir o direito até constitucional de tranquilidade para usufruir uma vida orgânicamente saudável, intelectualmente fecunda e emocionalmente equilibrada. A questão pode também ser assumida pessoalmente por cada um que tenha vontade de se tornar um cidadão de fato.

A sociedade civil poderia participar da campanha educativa. As emissoras de TV e rádio dariam flashes a partir das 22 horas, solicitando para reduzirem os sons nas suas residências e a elas competia também não aumentar o som dos "bips" e comerciais e passar seus melhores programas mais cedo, como se faz no Japão e Suécia. As entidades patronais poderiam apoiar melhor a organização da vida urbana dos cidadãos, por exemplo, ajudando a limitar o horário dos estabelecimentos e ônibus urbanos para que a maioria dos cidadãos trabalhadores não percam segurança, pontualidade, produtividade e criatividade no dia seguinte. Nas grandes cidades organizadas dos países civilizados há uma noção de limite. "O homem é um ser essencialmente diurno", diz Ferreira (1989). Em Paris, o metrô, a condução mais importante, praticamente deixa de circular à meia noite e os trabalhadores e funcionários encerram antes

o trabalho, mesmo nos bairros mais boêmios.

O estudo epidemiológico do sono na cidade de São Paulo, assim como as medições de poluição sonora amostradas nas metrópoles brasileiras, principalmente nos pontos mais críticos, podem servir de base para construir hipóteses científicas de que os dois problemas já atingem proporções de saúde pública, ao envolver a maioria da população urbana. Além dos próprios leitores, são suas famílias e amigos, majoritariamente desapercibidos, que estão degradando e adoecendo. São os brasileiros que não terão condição de modernizar, mesmo se atingirem outras condições básicas de saúde e educação, pois a aprendizagem, criatividade e competitividade estão profundamente comprometidas. Cabe a uma categoria de técnicos e administradores, não só planejar avaliações e campanhas, como também assessorar-se de cientistas, juristas etc, para criarem e fazerem cumprir a lei, que no espírito venha garantir o direito mais sagrado do cidadão, que é a sua qualidade de vida.

4 Bibliografia

- [01] Jouvét, M. (1977): *Le reve*. In: *La Recherche en Neurobiologie*. Seuil; Paris, 125-164.
- [02] 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. *Int. J. Psychophysiol.* 8:43-47.
- [03] Pimentel-Souza, F. (1990): *Cidadão de segunda classe*. *Jornal "Estado de Minas"*, BH, 9 maio.
- [04] Pimentel-Souza, F. (1991): *Dormir (bem) é preciso*. Entrevista para o *Jornal "Estado de Minas"* BH, 10 fevereiro.
- [05] Cipolla-Neto, J.; Marques, N; Menna-Barreto, LS (Eds) (1989): *Cronobiologia*. Edusp, São Paulo, 270 p.
- [06] Pimentel-Souza, F. (1989): *Relógio biológico*. *Jornal "Hoje em dia"*, BH, 28 fevereiro.
- [07] Carlini, EA (1983): REM sleep deprivation and dopamine in the CNS. *Reviews in pure and applied pharmacological sciences* 4, 1-25.
- [08] Santos, R; Carlini, EA (1983): Serotonin receptor activation in rats previously deprived of REM sleep. *Biochem. Behav.* 18, 501-507.
- [09] Calil, MH (1983): *A bioquímica da Loucura*. *Ciência Hoje* 1(6), 23-29.

- [10] Fischer, FM et al (1989a): Biological aspects and self-evaluation of shift-work adaptation. **Occupational Environmental Health** 61, 379-384.
- [11] Fischer, FM; Gomes, Jr; Colacioppo, S (Eds) (1989b): **Tópicos de saúde do trabalhador**. Hucitec, São Paulo, 239 p.
- [12] Czeiler, CA et al (1981): Chronotherapy: resetting the circadian clocks of patients with delayed sleep phase insomnia. **Sleep** 4:1-22.
- [13] Mouret, J. (1982): Fondements biologiques de la privation de sommeil dans le traitement des dépressions. **L'Éncephale**, VIII, 229-250.
- [14] Reimão, R. (Ed.) (1990): **Sono**. Atheneu, Rio. 299 p.
- [15] Vallet, M et al (1975a): **La perturbation du sommeil par le bruit de circulation routière**. CERNE-Institut de Recherche de Nuissances et de l'Énergie, Bron.
- [16] Vallet, M et al (1975b): **Effets psychophysiologiques des bruits d'avions sur le sommeil**. CERNE-Institut de Recherche de Nuissances et de l'Énergie, Bron.
- [17] Chapon, A; Pachiardi, G; Vallet, M (1972): **Perturbations du sommeil par le bruit chez l'habitant**. CERNE, Bron.
- [18] Terzano, MG; Parrino, L; Fioriti, G; Orofiamma, B; Depootere, H (1990): Modifications of sleep structure induced by increasing levels of acoustic perturbation in normal subjects. **Eletroenceph. clin. Neurophysiol.** 76, 29-38.
- [19] ASDA (Eds) (1990): **The international classification of sleep disorders**. Allen Press, Lawrence, 396 p.
- [20] Braz, S (1988): **Estudo do sono e seus distúrbios numa amostra probabilística da cidade de São Paulo**. Tese de Doutorado, Escola Paulista de Medicina, 150 p.
- [21] Guilherme, A (1991): **Ruído ensurdecador**. Revista "Veja" (14 agosto), 60-61.
- [22] CERNE (Eds.) (1979): **Missions, moyens et résultats d'activité**. Institut de Recherche des Transports, Bron, 99 p.
- [23] Fallot, E & Stein, SL (1979): **Ce bruit qui nous ronge**. L'Express, Paris 12 mai, 63-66.
- [24] Alvares, PAS (1982): **Relatório técnico de avaliação preliminar dos níveis de som e ruído de alguns logradouros de Belo Horizonte**. CETEC-COPAM-FEAM. Belo Horizonte, 54 p.

- [25] Alvares, PAS et al (1988): **Diagnóstico de ruído urbano de Belo Horizonte**. SMMA, Belo Horizonte, 52 p.
- [26] Schultz, TJ; Galloway, W; Beland D; Hirthe, PW (1976): **Recommendations for changes in HUD's noise policy standards**, quoted from WHO (1980)
- [27] Cantrell, RW (1974): Noise, biochemical and sleep effects. **The Laryngoscope**, LXXXIV(10/2 suppl), 1-55.
- [28] World Health Organization (1980): **Noise**. WHO, Geneve, 103 p.
- [29] Tufik, S (1991): **De bem com o stress**, Revista "Veja" 6 novembro, p. 7-10.
- [30] Bonamim, LV (1990): **Stress e Cancer**. MS Thesis, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia-USP, 65 p.
- [31] OIT (1980): **Informe**. Organización Internacional del Trabajo, Genebra quoted from Fischer et al (1989b).
- [32] Quick, TC; Lapertosa, JB (1983): Contribuição ao estudo das alterações auditivas e de ordem neuro-vegetativas atribuíveis ao ruído. **Rev. Bras. Saúde Ocup.**, 9(36), 50-56.
- [33] Gomes, JR. (1989): **Saúde de trabalhadores expostos ao ruído**. In: **Topicos de saúde do trabalhador**, Fischer, FM et al (Eds) Hucitec, São Paulo, 157-180.
- [34] Babtisch, W (1991): **Traffic Noise as a Risk Factor for Myocardial Infarction**. Symposium on "Noise and Disease", Berlin.
- [35] Cohen, S; Tyrrel, DAJ; Smith, AP (1991): Psychological stress and susceptibility to the common cold. **New England J. Med.**, 325: 606-612.
- [36] Voltaire, A (1949): **Candide**. Jan Forlag, Stockholm, 65 p.
- [37] Azevedo, AV (1982): **O país do barulho**. Revista "Veja" (23 junho), P. 99.
- [38] Azevedo, AV (1990): **Durma-se com um barulho desses !** **Jornal "O Globo"**, Rio 13 maio.
- [39] Junqueira, JC (1990): Participante na Mesa Redonda "Legislação e Ambiente" no Seminário "Meio Ambiente e Legislação", Belo Horizonte 24 maio, Câmara Municipal.
- [40] IPT (Ed.) (1988): **Tecnologia de Edificações**. PINI, São Paulo, 415-460.

- [41] Gerges, S. (1991): **Tecnologia de minimização e medição da poluição sonora no meio urbano**. Seminário "Silêncio e Saúde". SMMA-ABES, Belo Horizonte, 25 junho.
- [42] Silva, P (1991): **Debatedor no Seminário "Silêncio e Saúde"**. SMMA-ABES, Belo Horizonte, 25 junho.
- [43] Alvares PAS e Pimentel-Souza F, (1991 em impressão): "A Poluição Sonora em Belo Horizonte". Revista "Brasileira de Acústica & Vibrações
- [44] Smith, AP (1983): **The effects of noise on strategies of human performance**. Proceedings of the 4th. International Congress on Noise as a Public Health Problem, Milano, 797-807.
- [45] Pimentel-Souza, F (1990): **Distúrbios de sono é problema de Saúde Pública**. Jornal "Estado de Minas", BH 10 junho.
- [46] Ferreira, LL (1989): **Aplicação da cronobiologia na organização do trabalho humano**. In Cronobiologia, Cipolla-Neto et al (Eds.), Edusp, São Paulo, 233-252.

A V I S O

O professor Fernando Pimentel-Souza, autor e co-autor de dois (2) artigos nessa revista, gostaria de contar com a colaboração dos sócios da Sociedade Brasileira de Acústica - SOBRAC, para enviar sugestões a um ante-projeto de lei sobre Poluição Sonora Urbana, a ser apresentado à Câmara Federal pelo Deputado Elias Murad, presidente da Comissão de Meio Ambiente e Relator da matéria, que me solicitou assessoria nesse assunto.

A Poluição Sonora em Belo Horizonte

Pedro Alcântara de Souza Alvares
Engenheiro Mecânico - UFMG
Responsável pelo Laboratório de Acústica, CETEC/MG, 1979-89
Técnico da Brandt-Meio Ambiente

Fernando Pimentel-Souza
Professor Titular de Neurofisiologia-UFMG
Membro Pleno do Instituto de Pesquisa sobre o Cérebro, UNESCO-Paris
Engenheiro-ITA, MS-Eletrônica-ENSA-Paris
Cx. Postal 2486 - Depto. de Fisiologia e Biofísica - ICB - UFMG
30261 - Belo Horizonte - MG / Fax: (031)441-0835.

SUMMARY

NOISY POLLUTION IN BELO HORIZONTE CITY: The urban noise, specially indoors in schools and in a hospital, were recorded in Belo Horizonte city between 1988 and 1991. They transgressed the city law 4034/85, edict 5893/88, and were away from ABNT recommendations and auditive wellbeing, invading the dangerous band of noisy stress (Cantrell, 1974; WHO, 1980; Sapolsky et al, 1986). The measures of external noise from each zone in the city, usually taking on account only the aspect of normal traffic, give an indirect idea of noise impact in citizens and were scored. Crash of external noise of explosions from surrounding ore mining were registered in some dwelling region. Internal measures in a home, from a lesser noisy region than mean, were showed, detecting occasional noises, which normally were not considered, in spite not focused any exceptional event. Population claims increase, following Militar Police and Ambiental City Secretary surveys. Similar noise pollution are probably occurring in many towns in Brazil. Peoples suffer and wait urgently from authorities and polititians actions and laws more effective to guard at least their remaining healths, to stop a worse tendency.

RESUMO

Os valores de ruídos urbanos, especialmente os internos de escolas e hospital, foram registrados em Belo Horizonte entre 1988 e 1991. Eles já estavam fora-da-lei, infringindo a prescrição municipal 4034/85, decreto 5893/88, estavam longe de seguir as recomendações da ABNT e de proporcionar o conforto auditivo, entrando numa faixa perigosa de estresse sonoro (Cantrell, 1974; Organização Mundial da Saúde, 1980; Sapolsky et al, 1986). As medidas de ruídos

externos de todas as zonas da cidade, usualmente só avaliando o aspecto normal do tráfego, dão uma idéia indireta do impacto do ruído no cidadão e foram registradas. Ruídos externos de explosão de mineradoras da periferia da cidade foram medidos em alguns bairros residenciais. Medidas de ruído interno de uma residência, numa região menos barulhenta que a média, é mostrada, detectando ruídos ocasionais, que normalmente não são considerados, apesar de não ter focalizado algum evento excepcional. Reclamações da população aumentam, segundo dados da Polícia Militar e Secretaria Municipal do Meio Ambiente. Poluição sonora semelhante deve estar ocorrendo em muitas cidades no Brasil. Pessoas sofrem e esperam urgentemente das autoridades e políticos atitudes e leis mais efetivas para resguardar ao menos o restante da saúde deles, pois a tendência é piorar.

1 Metodologia

Um amplo diagnóstico de todas as zonas da cidade foi realizado em 1988 (Alvares et al), usando a classificação da Lei do Uso e Ocupação do Solo, em pontos determinados pelos técnicos da Secretaria Municipal do Meio Ambiente (SMMA).

Foram usados aparelhos Bruel & Kjaer, analisador de nível sonoro 2230, microfone e condensador 4155, calibrador 4230 e protetor de vento e tripé. Os dados foram processados num PC-Microtec, usando planilha Lotus 1.2.3 e um gerador de gráficos Chart.

O L_{eq} foi escolhido por representar melhor a exposição sonora em cada região, uma vez que leva em consideração a média das ocorrências sonoras num certo ponto (WHO, 1980). Também foram medidos L_{90} , L_{10} , L_{max} e L_{min} , usados segundo a necessidade.

Nas medições observou-se uma distância mínima de 2 metros das fachadas, o afastamento de 20 metros do cruzamento e de semáforos, ausência de fontes de emissão sonoras atípicas, chuvas e ventos fortes. O horário da medição foi das 8 às 18 horas de segunda a sexta-feiras, nas principais praças, proximidades de escolas, igrejas e casas de saúde. Nas diversas zonas foram escolhidos também pontos em vias expressas, artérias coletoras, locais e de pedestres segundo recomendação da ABES (1985). Em cada ponto foram realizadas 90 medições em intervalos de 10 segundos, durante 15 minutos, perfazendo um total de 153 pontos na cidade. Esse diagnóstico levou em consideração quase só o tráfego de veículos, sem interferência industrial, da comunidade em geral ou de outro ruído acidental.

Caso não mencionada, essa metodologia foi aplicada totalmente ou parcialmente em todos resultados de medições de ruído apresentado a seguir.

2 Resultados e Discussões

2.1 A Situação Externa nas Vias Urbanas

O nível médio dos L_{eq} de todas as zonas da cidade de Belo Horizonte foi de 69,5 dB(A) (Figura 1).

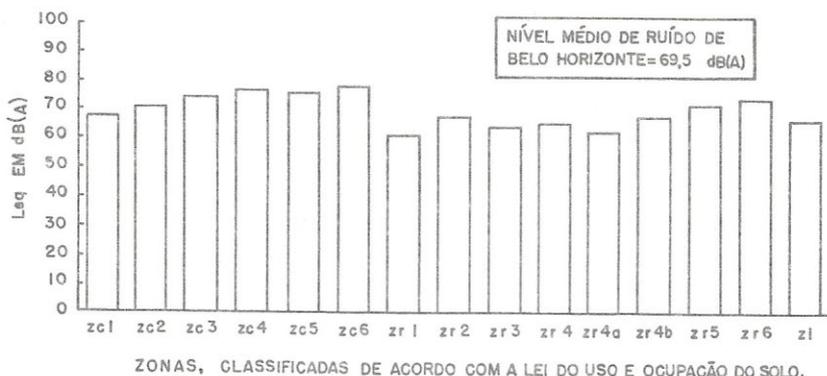


Figura 1: Nível médio de ruído em cada zona de Belo Horizonte, onde: zc-zona comercial, zr-zona residencial e zi-zona industrial e L_{eq} , uma média dos níveis de pressão sonora (WHO, 1980).

A zona ZI (industrial) possuía um $L_{eq} = 66,7$ dB(A), no período diurno, surpreendentemente quase 3 dB(A) menor do que a média de toda a cidade, talvez por se encontrar em fase de implantação e mal aproveitada. Por ser o local, onde não se perturba quase nada os cidadãos, pois lá não se fixam residentes, seria a região ideal para localizar as atividades mais barulhentas, como se faz em certos países avançados.

A média das 8 zonas residenciais tradicionais, previstas no Plano Diretor original de Aarão Reis, à qual se incorporaram mais alguns bairros da zona sul, considerados nobres, foi de $L_{eq} = 66,7$ dB(A), exatamente igual a ZI, mostrando uma grande indefinição no planejamento atual da cidade.

A ZR5, incluindo tradicionais bairros residenciais nobres da região centro-sul como Savassi, Funcionários, Lourdes e Santo Agostinho, possuía $L_{eq}=71,7$ dB(A), portanto mais de 2 dB(A) acima da média. Entre as zonas exclusivamente residenciais a ZR1, incluindo bairros "nobres" da região norte, próximo ao Lago da Pampulha, acrescida à cidade há cerca de 50 anos, aparecia em melhor situação absoluta com nível de 61,0 dB(A) (L_{eq}), para o período diurno,

portanto 8,5 dB(A) menos do que a média.

As 6 zonas comerciais, incluindo os bairros Renascença, Floresta, Santa Inês, Cruzeiro, Grajaú, Padre Eustáquio, Santa Branca, Santa América, Venda Nova e Aeroporto da Pampulha, e partes de: Savassi, Funcionários, São Lucas, sem falar o centrinho propriamente dito, mostraram um Leq médio de 73,8 dB(A), portanto mais de 4 dB(A) acima da média. No entanto, apesar de classificadas como comerciais, muitas dessas regiões são tipicamente residenciais e mereceriam melhor proteção e consideração.

Os pontos mais graves da cidade foram encontradas nas Avenidas Amazonas, Antonio Carlos, Pedro II, Cristiano Machado, Augusto da Lima, Paraná e Afonso Pena e Praças Sete e da Rodoviária, sem falar da BR-262 (Tabela 1). Alinham-se entre os mais poluídos do mundo, pois o Leq está acima de 79 dB(A), valor até o qual se incluem 21 pontos, correspondendo a 13,7 % da amostra e se encontravam dispersos por toda a cidade, não respeitando mesmo Hospitais ou Escolas, mostrados entre parêntesis.

Independentemente desta amostragem, que pretendeu cobrir toda a cidade, em 1982 já se mostravam outros pontos de Leq. acima de 79 dB(A), que não foram estudados dessa vez, como o Viaduto Santa Tereza, 85 dB(A), e Av. Antônio Carlos em frente ao Hospital Belo Horizonte, 88,6 dB(A). Na Savassi houve até melhoria de 79 para 73 dB(A), devido a provável interdição de serviços locais de alto-falantes, cuja proibição de alvarás, deveria se estender também aos bairros (Alvares, 1982). Mas, a Praça Hugo Werneck, por exemplo é um ponto curioso, que resiste à queda da poluição sonora, onde se concentram 80 % dos equipamentos hospitalares de Belo Horizonte, e mantém desde 1982 até hoje um nível de cerca de 73 dB(A), confirmado ainda em 1991, apesar do desvio considerável do trânsito local.

O ruído de trânsito de veículos automotores é o que mais contribue na poluição sonora. A engenharia de trânsito já possui fórmulas matemáticas e ábacos, que prevêm o nível de ruído em propagação livre em função do fluxo de carros, que não param de crescer numericamente nas cidades, portanto tendendo a agravar a situação (CERNE, 1979). Pode-se esperar cerca de 78 dB(A) a 15 m, quando há um fluxo de 1.000 veículos/horas com carros tão barulhentos como os brasileiros. Os níveis sonoros tendem a se aproximar, quando o trânsito se equivale, por exemplo, quando se comparam vias de grande trânsito em São Paulo, Rio ou Belo Horizonte (ABES, 1985). Outras grandes cidades Brasileiras como Salvador, Recife, Porto Alegre etc. e até mesmo Curitiba, que apesar de algumas medidas urbanísticas, possui ainda pelo menos 4 pontos com mais de 90 dB (?) (Santana, 1991), tendem também a apresentar regiões que se igualam aos pontos críticos das três maiores metrópoles. Nessas metrópoles se encontram artérias despreparadas, cercadas com paredões arquitetônicos, trepidando de veículos automotores ultrapassados e pessoas inconscientes dos malefícios. Azevedo (1984) previa uma piora de 2 dB(A) por ano no Rio. Se por um lado a topografia acidentada de Belo Horizonte agrava o ruído do

ORDEM	L_{eq} dB(A)	LOCALIZAÇÃO
1o. (N=1)	88	Av. Amazonas c/ BR-262
2o. (N=2)	82	Av. Antônio Carlos c/ BR-262 BR-262, California.
3o. (N=3)	81	Av. Pedro II c/ Av. Carlos Luz Av. Cristiano Machado, saída do tunel BR-262, Via do Minério.
4o. (N=6)	80	Pça Sete e Pça da Rodoviária Av. Afonso Pena c/ Carandaí Av. Paraná c/ Tamoios Av. Cristiano Machado c/ BR-262 Av. Augusto de Lima (C. Saúde S. Sebastião)
5o. (N=9)	79	Av. Amazonas c/ Espírito Santo Av. Amazonas c/ Martin de Carvalho Av. Getúlio Vargas (E. Bueno Brandão) Av. Bias Fortes c/ Curitiba Av. Antônio Carlos c/ Formiga R: Jacui (Hospital S. Francisco) R: Pe. Eustáquio, Igreja S. Fco. Chagas. BR-262, Av. D. João VI. Barreiro, Visc. Ibituruna.

Tabela 1: Número de pontos (N=21) sobre 153, amostrados em Belo Horizonte, nas diferentes zonas de acordo com a Lei de Uso e Ocupação do Solo, que revelaram um nível de ruído (L_{eq}) mínimo de 79 dB(A) em 1988.

trânsito, Rio e São Paulo continuam mais aglomeradas, empriionando o ruído, e possuem um trânsito mais denso.

Por outro lado, o Índice de Ruído de Trânsito (TNI, Griffiths & Langdon, 1968) foi calculado. Segundo seus criadores, o TNI tem a ver com valores medianos (L_{50}), como também L_{90} e L_{10} e é o mais adequado para a avaliação subjetiva do incômodo. Em Belo Horizonte os resultados obtidos são mostrados na Figura 2.

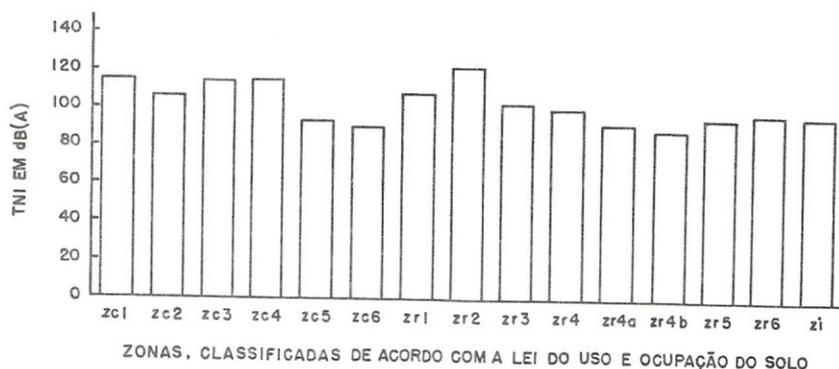


Figura 2: Incômodo medido pelo índice de ruído de tráfego, TNI (Griffiths and Langdon, 1968), onde: zc-zona comercial, zr-zona residencial e zi-zona industrial.

Alguns moradores da ZR1 (bairros nobres da Pampulha), embora convivendo com os valores mais baixos de ruído médio (L_{eq}), tem potencialidades de ser mais incomodados com a variação do ruído, pois o valor TNI é o segundo mais alto, 108 dB(A). A deve-se também incluir as regiões afetadas pela rota aérea do Aeroporto da Pampulha, onde esses ruídos acidentais ficam fora das avaliações correntes. No entanto, as zonas ZR3, ZR4, ZR4A, ZR4B, ZR5 e ZR6 que possuem um (L_{eq}) maior, tem um TNI menor, cerca de 95 dB(A), devido a um trânsito permanentemente mais intenso, possuindo valores de L_{90} e L_{10} mais próximos. Há portanto uma maior "adaptação" ao ruído, mas sem evitar seus lentos danos à saúde.

Para reduzir o incômodo, segundo previsão usando o TNI, não basta limitar o valor médio absoluto do L_{eq} , mas reduzir também a oscilação entre os

valores L_{90} e L_{10} . Paradoxalmente, o ruído de pequenas cidades no Brasil, na medida em que o ruído médio de fundo cai, pode incomodar mais do que os de maiores cidades, devido aos aparelhos e veículos, originários das mesmas fábricas, constituírem fontes emissoras da mesma potência.

Para melhoria da poluição sonora de no mínimo de mais de 5 dB(A) em média por toda a cidade se deveria fazer competente repressão aos infratores de carros e motos usados, condutores e vândalos excessivamente barulhentos, atividades boêmias e semi-industriais nas zonas residenciais e insonorizar todos os ônibus (CERNE, 1979). A médio prazo se poderia ganhar mais 10 dB(A) adotando-se normas europeias ou australianas com a fabricação de veículos automotores ou perdê-los se não adotarmos normas mais severas quanto ao urbanismo e arquitetura. Nossas ruas estão se transformando em verdadeiras caixas acústicas e nossos prédios excelentes fontes e meios de transmissores de ruído (IPT, 1988, Gerges, 1991; Silva, 1991). Por isso, é urgente adoção de Planos Diretor e de Uso e Ocupação do Solo para as grandes cidades, que contemplem todos esses aspectos. É incrível que não se entenda ainda no Brasil que é mais barato e saudável descentralizar, construir e apoiar o desenvolvimento de pequenas cidades do que destruir e reparar mal os centros implodidos das grandes cidades, às vezes com perdas históricas.

Já não se pode confundir a cidade de hoje com a decantada Belo Horizonte dos anos 40-50, merecidamente chamada de "Cidade Jardim", com seus sóbrios 400 mil habitantes, que conviviam nas praças e ruas com um conforto auditível de 20 a 30 decibéis. Podia-se ouvir a natureza, se perceber, fazer suas próprias terapias de sons curtidors, dedicar-se bem à atividade intelectual e desenvolver a reflexão. Naquela época reportava-se um nível máximo de 70 dB, contra 107 de hoje (Tabela 2). São 37 dB de diferença, que perfazem um aumento de mais de 4.000 vezes de pressão sonora e algo semelhante em número de veículos, para somente um aumento de 5 vezes da população (Nava, 1958). A recuperação da qualidade de vida só será efetiva se for profunda, sem se perder em superficialidades, encarando os erros da nova realidade e resgatando o possível uma vez que a vida se degrada com mais facilidade do que se pode imaginar.

2.2 Ruídos de Explosões na Região Sul (Nobre)

Além da metodologia anterior, cumpriram-se normas especiais da ABNT sobre explosões para efetuar medidas, provenientes de mineradores situadas na vizinhança da região sul da cidade, bairros considerados nobres, Belvedere, Mangabeiras e Sion em 1990 (Tabela 2). Em algumas residências do primeiro bairro é comum haver estilhaçamento de vidraças de janelas, pois o fogo primário as atinge com mais de 100 dB(A) e o secundário com quase esse valor.

TIPO DE DETONAÇÃO	NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA em dB(C)
Fogo Primário	107
	106
Fogo Secundário	98
	96
	89
	98
	96
	85

Tabela 2: Níveis de pressão sonora das detonações de bananas de dinamite medidas em áreas residenciais da região sul, onde: o fogo primário é usado no desmonte e o secundário para implodir blocos, que são previstos em duas séries por dia em cada mina, sendo permitido até um máximo de seis por dia, segundo a ABNT.

2.3 Ruído Interno em Algumas Escolas da Universidade Federal de Minas Gerais-UFMG.

Lei Municipal Ambiental, que rege o controle da poluição sonora em Belo Horizonte, é a de número 4034/85, decreto 5893/88, que estabelece, entre outras coisas, níveis máximo de ruído internos para cada um dos 3 períodos: diurno (das 07 às 19 horas), vespertino (19-22h.) e noturno (22-07h), de acordo com a Lei do Uso e Ocupação do Solo (Tabela 3).

Uma medição de ruído interno em algumas Escolas da UFMG, localizadas na zona central da cidade, com metodologia semelhante à anterior, aplicada a anteriores, foi realizada em setembro de 1988 (Alvares, 1988).

As medições internas realizadas nas Bibliotecas mostraram um L_{eq} variando de 53,4 a 68,2 dB(A) (Figura 3) e nos Auditórios, L_{eq} entre 51,1 e 66,5 dB(A) (Figura 4). Somente quando o barulho ambiente se aproximava do nível de ruído mínimo era obedecida a Lei Ambiental, que no caso prescreve para Escolas valores iguais à ZR1. Poucas vezes o nível sonoro permitia conforto auditível, 50 dB(A), para seus usuários e quase sempre estavam bem acima do início do estresse, já em estado avançado (Cantrell, 1974; WHO, 1980; Sapolsky et al, 1986). Nos interiores da Biblioteca da Escola de Engenharia e do Auditório da Escola de Música os níveis de ruído chegavam a ultrapassar 80 dB(A) (L_{max}), mostrando-se como lugares impróprios à reflexão, ao estudo, à pesquisa e à criação intelectual como se destinam, assim como os demais das outras escolas.

Conclue-se então que o nível de ruído nessas escolas é crítico, pois além de não se seguir a Lei Ambiental, que está ainda aquém do ideal para a saúde,

Zona de uso e ocupação do solo da propriedade	Horários		
	Diurno	Vespertino	Noturno
ZR1, ZR2	55	50	45
ZR3, ZR4 ZR4A, ZR4B, ZR5,	60	55	50
ZR6, ZC1	65	60	55
ZC2, ZC3 ZC4, ZC5, ZC6, ZI,	70	60	60

Tabela 3: Níveis máximos de pressão sonora, dentro dos limites reais da propriedade, em dB(A), onde: zc-zona comercial, zr-zona residencial e zi-zona industrial. Obs: Essa tabela complementa o art. 13 da lei No. 4034/85, decreto 5893/88, que além disso dispõe que nenhuma fonte de ruído pode exceder de 10 dB(A) o nível de ruído de fundo existente no local.

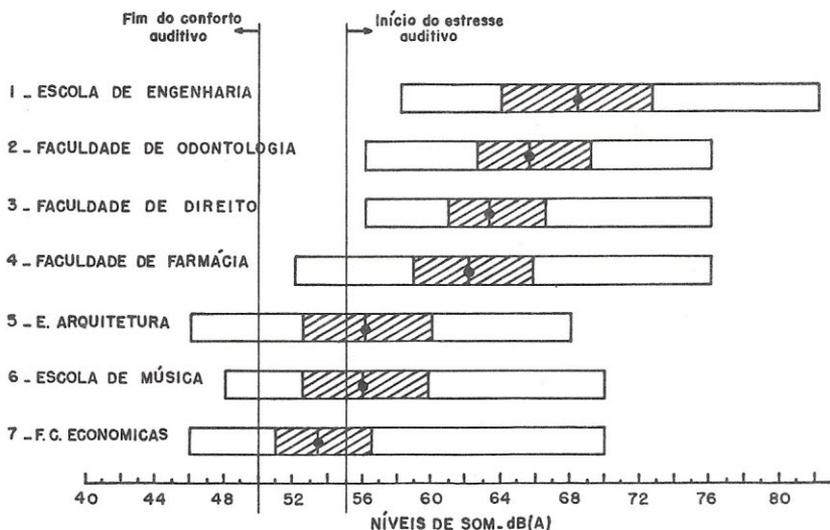


Figura 3: Nível de som contínuo equivalente nas Bibliotecas de algumas Escolas da UFMG, onde: círculos cheios indicam valor de L_{eq} ; L_{90} e L_{10} estão limitados pelas linhas hachuradas e L_{max} e L_{min} pelo retângulo.

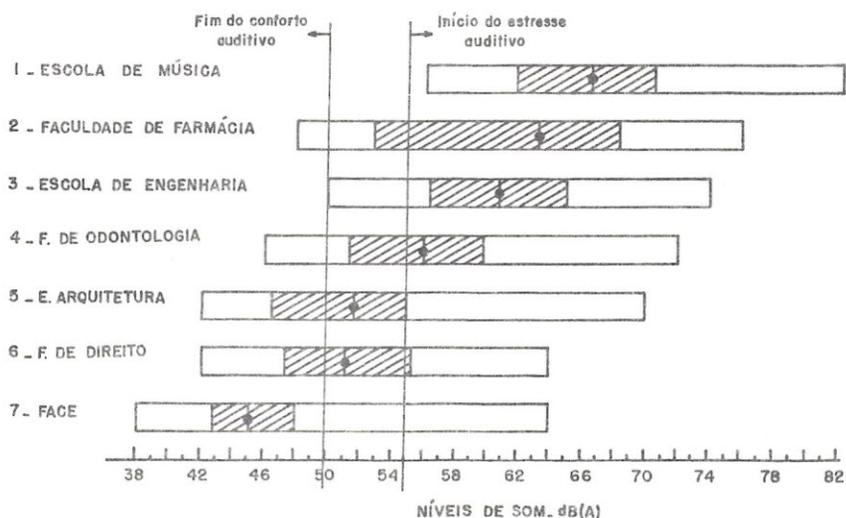


Figura 4: Nível de som contínuo equivalente nos Auditórios de algumas Escolas da UFMG, onde: círculos cheios indicam valor de L_{eq} ; L_{90} e L_{10} estão limitados pelas linhas hachuradas e L_{max} e L_{min} pelo retângulo.

afasta-se muito dos valores recomendados pela ABNT (1987), que é de 35 a 45 dB(A) para esses locais. O infrator principal é o tráfego, aliado à permissividade dos órgãos ambientais e a falta de planejamento ecológico.

2.4 Ruído Interno no Hospital das Clínicas da UFMG

Foi realizada em setembro de 1991 uma medição do ruído interno em diferentes andares do Hospital das Clínicas da UFMG, blocos recém-construídos e só habitados logo depois, localizados em zona central da cidade, com metodologia semelhante à aplicada anteriormente nas Escolas da UFMG no horário das 9 as 11 horas, fora do pico do trânsito (Alvares, 1988).

As medições internas realizadas no Hospital das Clínicas mostrou L_{eq} variando de 63,2 a 68,4(A), atingindo picos (L_{max}) de 79,7 dB(A). Nos Centros de Tratamentos Intensivos (CTIs), o ruído, embora menor, somente por alguns momentos, poderia seguir a Lei Ambiental, que em Hospitais é igual a ZR1, a notar pelos valores mínimos de ruído (L_{min}) (Tabela 4). Não se proporcionará em algum momento o conforto auditível, abaixo de 50 dB(A), para seus futuros pacientes traumatizados ou em risco de vida. Pelo contrário, ficarão quase sempre em estado de estresse bem avançado (Cantrell, 1974; WHO, 1980; Sapolsky et al, 1986).

LOCAL	L_{max}	L_{min}	$L_{eq}(30 \text{ min.})$
Pediatria II (8o. andar-extremo do bloco)	78,2	58,5	68,4
Pediatria I (8o. andar-meio do bloco)	77,3	59,3	67,6
Pediatria III (8o. andar-centro do bloco)	77,0	56,5	66,6
Enfermaria I (4o. andar)	78,7	57,5	65,0
CTI I (2o. andar-extremo do bloco)	79,7	54,5	65,8
CTI II (2o. andar-centro do bloco)	75,5	53,7	63,2

Tabela 4: Níveis de som em dB(A), medidos no interior da parte nova do Hospital das Clínicas da UFMG, quando ainda não ocupadas por pacientes.

O ruído nesse hospital vai continuar crítico, inclusive na ala nova, pois além de não se seguir a Lei Ambiental, que está aquém do ideal para a saúde, afasta-se muito dos valores recomendados pela ABNT(1987), que é de 35 a 45 dB(A) para esses locais. Apesar de já ter havido algum desvio de trânsito na

vizinhança, essa região ainda concentra cerca de 20 % do movimento de ônibus da cidade e que poderá vir a crescer após a abertura de trânsito sobre extenso viaduto na região. Certamente o Relatório de Impacto Ambiental não deve ter considerado tal aspecto.

O nível de ruído é crescente à medida que se sobe os andares do prédio, na parte extrema dos blocos mais perto das pistas de rolamento (Tabela 4). Seria de se esperar o contrário considerando o distanciamento maior da principal fonte emissora, o trânsito local. Nossa explicação seria devido ao efeito de "cortinas acústicas" de compactas árvores, em princípio colocadas ao redor do Hospital mais por efeitos estéticos em décadas anteriores, e de tapumes de obras. Outra intensa fonte de ruído, a avenida dos Andradas, situada a algumas centenas de metros com um fluxo de veículos de alguns milhares por hora, é interceptada nos andares inferiores pela topografia e outras construções mais baixas. E finalmente, os CTIs são ambientes mais isolados do exterior. Na verdade as isolações e cortinas acústicas poderiam ser mais eficientemente projetadas, se fossem planejadas dentro de critérios técnicos de controle acústico (CERNE, 1979; Silva 1991).

2.5 Ruído Interno numa Residência de Zona Sul (Nobre)

METODOLOGIA

Numa residência localizada na zona 4B, onde $L_{eq}=67,6$ dB(A), cerca de 2 dB(A) abaixo da média da cidade (Figura 1), a segunda mais protegida pela Lei Ambiental (Tabela 3), e com o menor TNI=89 dB(A) (Figura 2), indicando menores variações sobre o nível de ruído contínuo de fundo, os valores internos foram registrados. Sua localização é fora dos eixos movimentados de trânsito, sem passagem de linhas de ônibus, sem passagem para outros bairros e só com trânsito local. A residência fica a mais de 20 metros do cruzamento. Portanto, pode ser considerada mais privilegiada que a maioria das residências da cidade.

O medidor de pressão sonora usado era da marca Realistic, Tandy Co. Co-rea, na escala A. O ruído foi medido do final do período diurno (17 h) até início do período noturno (23 h), domingo, 2a. e 3a. feiras, dos dias 19 a 22 maio de 1990, sem haver alguma atividade excepcionalmente barulhenta no prédio (festas, obras, "bricolagens", aparelho de som ou TV abusivamente ligados, como eventualmente pode ocorrer), na vizinhança ou no tempo meteorológico. As medições após as 22 horas foram apenas ocasionais. Usava-se uma técnica semelhante a anterior, nos quartos de frente para a rua. Não foram registrados todos os ruídos ocasionais, mas aqueles que ocorriam no período de amostragem de cerca de 10 minutos ou aqueles de intermitência persistentes, que se repetiam por alguns minutos.

RESULTADOS

Até 18 horas e 30 minutos o ruído de trânsito repercutia muito no interior da residência, apresentando uma forte oscilação entre 55-81 dB(A) de acordo com o fluxo de carros (Figura 5). A partir daí, no período vespertino e início do período da noite, a diferença do máximo a partir do ruído de fundo (40 dB(A) às 23 horas), crescia em função da queda da frequência do trânsito, mas se mantendo naqueles dois limites, pois as fontes emissoras continuavam as mesmas. Isto significa um aumento na oscilação, na queda de L_{eq} e aumento no TNI. Observe que num caso se atingiu 95 dB(A) pela passagem de um carro com escapamento aberto. A relação sinal/ruído de fundo atinge mais de 50 dB(A) naquela hora da noite. Está muito acima do limiar auditivo, que acorda as pessoas mesmo no sono profundo, estágios IV e paradoxal, que são respectivamente de 35 e 31 dB(A) (Lukas, 1971). Os ruídos internos, no período vespertino e início do noturno, estavam mais abusivos do que os diurnos, em infração à Lei Ambiental, porque seu limite cai respectivamente de 5 a 10 dB(A), incomodando certamente muito mais devido à queda do ruído de fundo, ultrapassando o limite do saudável (Cantrell, 1974; WHO, 1980; Sapolsky et al, 1986) e afastando-se consideravelmente dos valores recomendados pela ABNT (1987), que estão entre 35 e 45 dB(A).

Noutra análise das fontes de ruído máximo instantâneo, num domingo e 2ª. feira, nos dias 26 e 27 de maio de 1990; que foram relativamente mais tranquilos do que a maioria, sem algum evento excepcional. Os ruídos, medidos ao longo do dia, voltaram a se mostrar excessivos, sendo provenientes ou de atividades diversas dos moradores, de hábitos noturnos com poucos cuidados com o conforto ambiental dos vizinhos, ou do uso dos equipamentos do prédio e ou do trânsito noturno (Figura 6). Desde o levantar até a hora de dormir, incluindo o período de higiene do sono, pode-se estimar que a maioria das pessoas de hábitos diurnos estão sendo provavelmente agredidas no seu domicílio, pelo desrespeito ao nível de ruído saudável e legal.

2.6 Reclamações dos Cidadãos

A perturbação pelo ruído constitui a maioria das queixas junto à SMMA (53 % do total) e Polícia Militar (PM). O cidadão está baseado na lei municipal 4034/85, decreto 5893/88 e artigo 42 do código penal. O nível absoluto excessivo de ruído é prejudicial, mas a variação sobre o ruído de fundo às vezes incomoda mais (Griffith & Langdon, 1968). As reclamações em BH cresceram tanto que acionar a PM (telefone 190) se tornou quase inútil (Figura 7). Recebem dezenas de chamadas diárias, só atendem algumas, quando se resumem a lavrar um ato de ocorrência para posterior ação da SMMA ou da Polícia Civil. Mas, essa última não está equipada com medidores de pressão sonora. Espera-se que depois a SMMA possa designar um fiscal para medir o ruído,

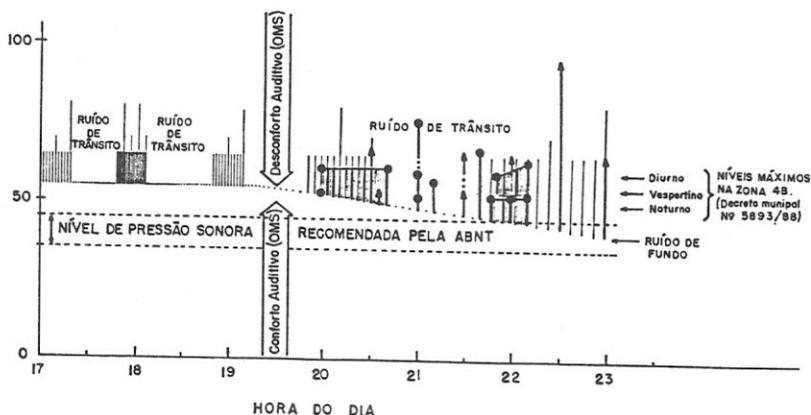


Figura 5: Nível de pressão sonora, medida em dB(A), obtidos dentro de uma residência de zona sul em Belo Horizonte. As barras verticais indicam ruídos instantâneos pela passagem de veículos automotores, as mais altas referem-se a ônibus e caminhões pesados e as médias carros mais barulhentos (fusão, kombi etc). Barras grossas: com seta, indicam buzinas ou barulhos de carros ou motos com escapamentos adulterados e, com círculos cheios, ruídos provenientes do prédio. Aquelas, interligadas e com intervalos preenchidos com finas barras verticais, indicam repiques intermitentes de bolas nos andares superiores. O fluxo de trânsito foi estimado em 30 carros/h (17h), 60 (18h), 30 (19h), 15 (20h) e 7 (22h)).

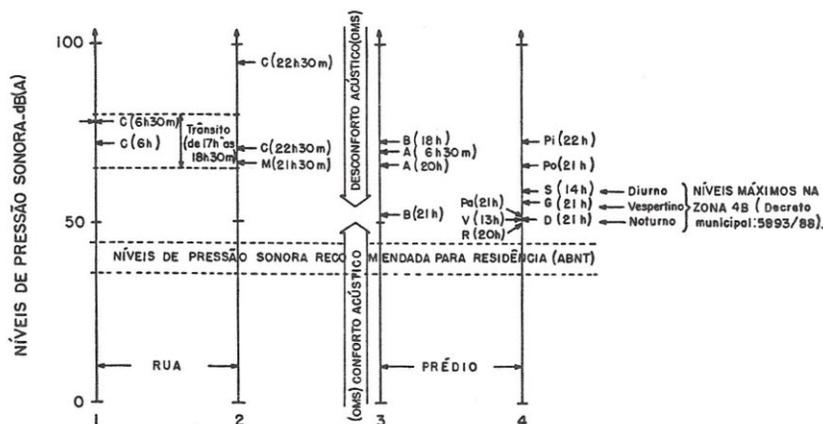
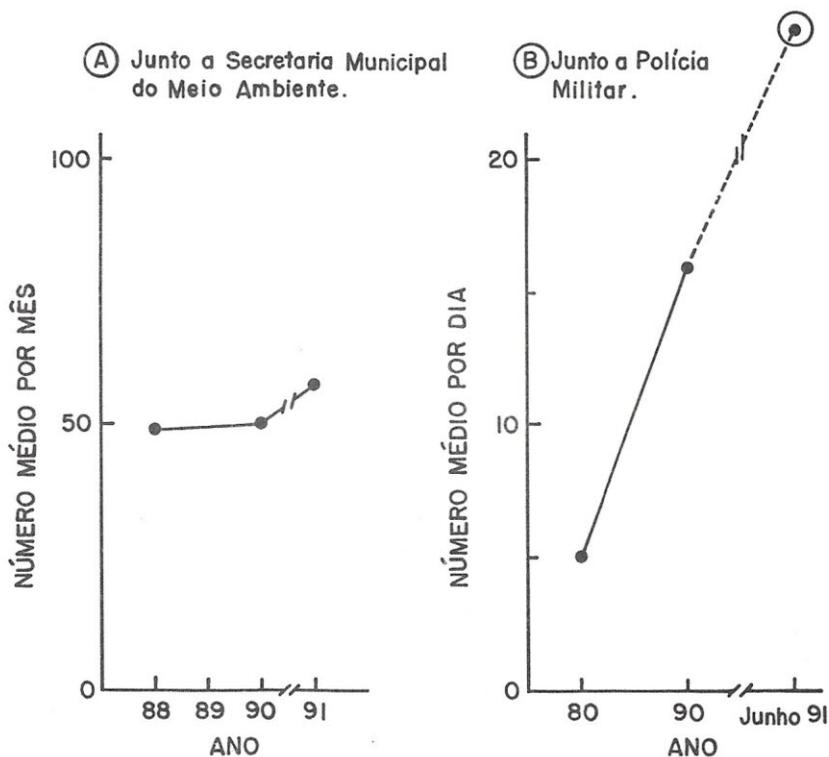


Figura 6: Análise das fontes de ruído máximo instantâneo, no interior de um apartamento do primeiro piso sobre o térreo, de frente para uma rua estreita durante dois dias. Nas colunas 1 (período da manhã) e 2 (períodos vespertino e noturno), ruídos do trânsito: carro (C) e moto (M). Na coluna 3, ruídos de aceleração de motor (A) ou buzina de carros (B) no portão da garagem do prédio. Na coluna 4, ruídos de vizinhos como Pisotear (Pi), batida de Porta (Po), Som (S), Grito (G), Porta de armário batendo (Pa), Golpe de Descarga Hidráulica (D), Vozerio (V) e Repique de bola no piso (R). Entre parênteses consta o horário da ocorrência.

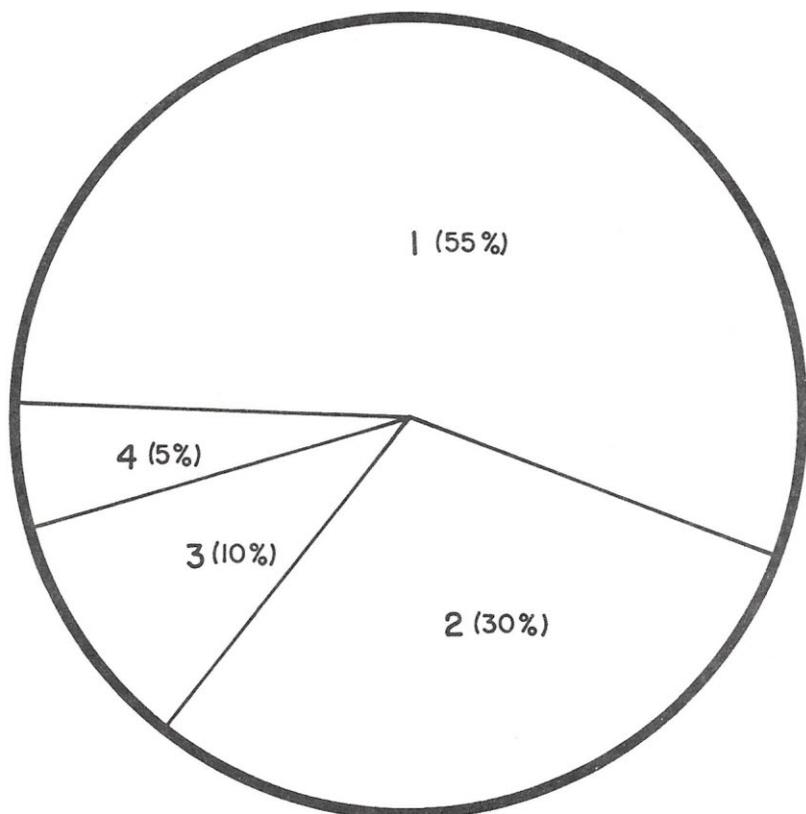
mas que já não existe mais. A maioria dos processos judiciais nem sequer começam. As reclamações diretas à SMMA estavam sendo bem menores, porque concentram-se no expediente diurno de dias úteis e era desconhecida sua forma de ação. Mas, dados recentes parecem indicar também uma tendência elevada de aumento nas reclamações na SMMA, 300 por mês (EM, 1991) ou mais de 10 por dia útil (dado pessoal da SMMA), na medida que as pessoas fiquem sabendo que é mais eficaz. Os danos à saúde e ao trabalho não são acionados pela procuradoria e sua gravidade é subestimada pelos juizes, que estão desatualizados, assim como os próprios médicos, por ser um assunto de novidades científicas e ainda mal divulgados.



DADOS FORNECIDOS EM (A) POR QUEIROZ (1991), EM (B) POR DIAS (1991).

Figura 7: Número de reclamações de Poluição Sonora

Como a PM não está equipada com os medidores de pressão sonora, sua atuação costuma ser contestada pelos infratores, apesar de toda evidência. As-



1 - Bares
 Restaurantes
 Locais de emissão de música

3 - Templos /Academias

2 - Oficinas mecânicas
 Serrarias
 Serralherias
 Padarias

4 - Cons. civil
 Aeroporto
 Trânsito
 Mineradoras
 Pedreiras

Figura 8: Fontes originárias das reclamações de Poluição Sonora em Belo Horizonte, durante o ano de 1990 e parte de 1991, em porcento entre parêntesis.

sim a PM limita-se a solicitar a colaboração, apesar de poder inclusive fazer prisão por contravenção penal, por constituir perturbação do trabalho e sossego alheios, desde que apareça testemunha, o que é raro diante da omissão do cidadão brasileiro. Partindo a PM, os agressores geralmente voltam cinicamente aos seus níveis de emissão de ruídos. Por se ver ineficaz a PM prefere geralmente se omitir, não atendendo a maioria desses chamados e limitando-se a outros flagrantes materiais, como crime, roubo etc. Devido a impunidade a infração à poluição sonora tende a aumentar. O trabalho insatisfatório realizado até o momento, deteriora a imagem das instituições e categorias profissionais envolvidas. Mas, a PM é o único órgão que mantém regularmente plantão para reprimir a poluição sonora nas horas mais ativas de repouso, à noite e fins-de-semana, quando ocorrem a maioria das transgressões.

Os incômodos registrados pela SMMA podem ser distribuídos segundo a origem da fonte emissora (Figura 8), notando-se a predominância de perturbações de bares, restaurantes e locais de música ao vivo e de atividades semi-industriais, localizadas nas áreas industriais. Cerca de 50 % das reclamações são provenientes de moradores da Administração Regional Centro-Sul (Queiroz, 1991), que possui um nível externo de mais de 2 dB(A) do que a média da cidade. No mínimo essa região deveria ser melhor atendida, contrariando a política atual de descentralização equitativa, que já deu mostra de não funcionar bem em outras cidades como São Paulo.

Pelos níveis médios de ruído medidos em Belo Horizonte os incômodos, só devido ao trânsito, TNI, devem estar provocando incômodo em cerca de 100% da população segundo estimativa de Ollerhead (1973) e chegariam a classificação de "elevado", em cerca de 50 % da população segundo Schultz et al (1976). Por isso o nível de reclamações junto a SMMA e PM, embora crescentes, estão ainda sub-avaliados e não indicam o verdadeiro grau de incômodo e danos causados à população.

3 Bibliografia

- [01] Cantrell, RW (1974). Noise, biochemical and sleep effects. *The Laryngoscope*, LXXXIV, 10(2 supl), 1-55.
- [02] WHO (1980): Noise. World Health Organization, Geneve, 103 p.
- [03] Sapolsky, RM; Krey, LC, McEwen, BS (1986). The Neuroendocrinology of stress and aging: The glucocorticoid cascade hypothesis. *Endocrine Reviews*, 7(3), 284-301.
- [04] Alvares, PAS et al (1988): Diagnóstico de ruído urbano de Belo Horizonte. SMMA, Belo Horizonte, 52 p.

- [05] ABES (Eds)(1985). **Implantação de sistema de controle de ruído urbano**. XIIIo. Congresso da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, Maceió, 31 p.
- [06] Alvares, PAS (1982). **Relatório técnico de avaliação preliminar dos níveis de som e ruído de alguns logradouros de B.H. CETEC-COPAM-FEAM, B.H.**, 54 p.
- [07] CERNE (Eds.) (1979). **Bruit dû aux moyens de transports**. Centre d' Evaluation et de Recherches des Nuisances et de l' Energie, BRON, 61 p.
- [08] Santana, M (1991). **Áreas com terminais de ônibus preocupam técnicos em Curitiba**. Jornal "Folha de Londrina", 27 julho.
- [09] Azevedo, AV (1984): **Avaliação e controle do ruído industrial**. Confederação Nacional da Indústria, Rio, citado em Fischer, FM et al (1989). **Tópicos da Saúde do Trabalhador**. Hucitec, São Paulo, 239 p.
- [10] Griffiths, ID & Langdon, FJ (1968). **Subjective response to road traffic noise**. J. Sound Vib. 8(1), 16-32, quoted from WHO (1980).
- [11] IPT (Ed.) (1988): **Tecnologia de Edificações**. PINI, São Paulo. 415-460 p.
- [12] Gerges, S. (1991). **Tecnologias de minimização e medição da poluição sonora no meio urbano**. Seminário "Silêncio e Saúde". SMMA-ABES, Belo Horizonte, 25 junho.
- [13] Silva, P. (1991). **Participação no Seminário "Silêncio e Saúde"**. SMMA-ABES, Belo Horizonte, 25 junho.
- [14] Nava, J. (1958). **Psicologia Prática: Visão e Audição**. Itatiaia, Belo Horizonte, 108 p.
- [15] Alvares, PAS (1988): **Níveis de Som em Unidades Educacionais da UFMG**. CETEC, Belo Horizonte, 42 p.
- [16] ABNT (1987). **Recomendações número NBR/10152**. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro.
- [17] Lukas, JS (1971). **Relative frequency of five sleep stages and the relative sensitivity to tones during the sleep stages**. American Industrial Hygiene Conference, Toronto, quoted from Chapon, A; Pachandi, G; Vallet, M (1972). **Perturbations du sommeil por le bruit chez éhahitant**. CERNE, Bron, 64 p.
- [18] Queiroz, S. (1991). **Participação no Seminário "Silêncio e Saúde"**. SMMA-ABES, B.H., 26 junho.

- [19] Dias, Cel. ou Sobrinho, SJD (1991). Representante do Estado Maior da Polícia Militar no Seminário "Silêncio e Saúde". SMMA-ABES, B.H. 26 junho.
- [20] EM (Ed.) (1991). Regionais não controlam a poluição em Belo Horizonte. Entrevista com Dr. S. Queiroz, Diretor de Controle Ambiental da SMMA. Jornal "Estado de Minas", 28 novembro.
- [21] Ollerhead, JB (1973). Noise: how can the nuisance be controlled ? Appl. Ergon. 4(3), 130-138, quoted from WHO (1980).
- [22] Schultz, TJ; Galloway, WJ; Beland, D & Hirtle, PW (1976). Recommendations for changes in HUD's noise policy standards. Washington, DC, Department of Housing and Urban Development, quoted from WHO (1980).
-

PARTICIPE NA REVISTA DA SOBRAC

A Comissão Editorial da Revista da SOBRAC vem, desde 1988, elaborando a revista até sua forma final com trabalhos voluntários de seus membros, usando microcomputador-PC particular.

A cada edição da revista procuramos atender aos sócios com informações e artigos que são mais utilizados em prática, através de pesquisas feitas por Fichas de Avaliação da Revista, tentando transferir as últimas novidades na área, a nível nacional e internacional. A Comissão Editorial está sempre procurando e convidando os sócios para enviar : artigos, informações , notícias, etc, para serem publicados. E, nesta décima edição , com o aumento do número de páginas da revista, estamos continuando a convidar sua participação, enviando-nos materiais em forma de artigos técnicos, casos particulares, notícias, mini-aula, enfim, informações voltadas à área de Acústica e Vibrações.

A participação efetiva dos sócios na revista é essencial, especialmente aqueles sócios que trabalham em centros de pesquisas, consultorias e outros. Estamos com poucos artigos dos sócios ! ! Contamos com sua participação.

Simulação Acústica por Computador

Carlos Lineu de Faria e Alves, Dr. - Gte. Div. Engenharia

TORO - Indústria e Comércio Ltda.

Av.: Toro, 66 - Cxa. Postal 395

09980 - Diadema - SP / FONE: (011)445-4622

RESUMO

A simulação de problemas acústicos por computador é proposta usando o método estatístico de Monte-Carlo.

Os conceitos básicos de acústica são descritos e a sua representação pelo método, desenvolvida. São desenvolvidos os modelos de fonte considerando seu aspecto com a frequência e sua direção predominante de emissão. O modelo para o meio permite considerá-lo absorvedor e os materiais participantes são considerados como refletores, absorvedores e transmissores. Um exemplo simples é formulado e um fluxograma de programa desenvolvido.

1 Introdução

Em todas as áreas da Engenharia, a simulação por computador tem auxiliado o projeto e desenvolvimento de produtos. Estas simulações são conhecidas genericamente como "Computer Aided Engineering (CAE)".

Dentro deste esforço, pretende-se desenvolver um programa de Engenharia de Simulação de Acústica (PESA), usando o método numérico estatístico de Monte-Carlo. [1]

Os conceitos básicos de acústica serão descritos [2 e 3] e a adaptação do método de Monte-Carlo à acústica, desenvolvida.

O Método de Monte-Carlo é muito utilizado na simulação de problemas de transmissão de radiação. A radiação é transmitida na forma de ondas eletromagnéticas. Na acústica estuda-se a transmissão de som na forma de ondas mecânicas. O aspecto fundamental na transmissão por ondas, é que ela fornece um mecanismo de transferência de energia e momentum sem transporte de matéria.

No processo de propagação de ondas, vários fenômenos ocorrem; contudo os de maior interesse são: a Reflexão, a Absorção e a Transmissão.

As ondas ao se deslocarem, transmitem Energia (E) na direção de propagação, cuja unidade é Joule(J). A energia por unidade de tempo é a Potência (P), cuja unidade é Watt.

$$[W] = [J]/[s]. \quad (1)$$

A potência por unidade de área de uma esfera de raio (r) é a Intensidade (I), isto é,

$$I = \frac{P}{4\pi r^2} \quad [W/m^2] \quad (2)$$

A potência por unidade de área de uma onda sonora é igual ao excesso de pressão pela velocidade de propagação. Fazendo a média deste produto em um ciclo, resulta a Intensidade sonora,

$$I = \frac{P^2_{rms}}{\rho C} \quad [W/m^2] \quad (3)$$

onde:

P_{rms} = Pressão sonora efetiva [N/m^2]

ρ = Densidade do meio [Kg/m^3]

C = Velocidade de propagação do ar no meio [m/s]

Neste trabalho, pretende-se discutir como modelar estatisticamente os fenômenos de reflexão, absorção e de transmissão de um som emitido por uma fonte (F), com espectro conhecido de energia, isto é: energia emitida versus frequência.

Os fenômenos de transmissão ocorrem dependendo do ambiente de transmissão e são detectados por um receptor (R).

O modelo desenvolvido pode ser usado para qualquer ambiente, e os fenômenos, modelados de acordo com as necessidades apresentadas.

2 Desenvolvimento do Modelo

2.1 Desenvolvimento da Fonte

Supondo uma fonte emissora (F) emitindo uma energia E , conforme o espectro da figura 1, com a frequência,

deve, se inicialmente discretizar o campo da frequência como mostrado na figura 2, sendo que não é necessário que esta discretização seja uniforme, mas caso seja, o problema é simplificado.

Suponha uma discretização tal que;

$$\delta_j = f_j - f_i \quad (4)$$

uma quantidade de energia E_j , emitida entre as frequências $f_i; e f_j$, figura 3, tal que:

$$E = \sum_j E_j \quad (5)$$

e defina uma quantidade de energia (e), que seja:

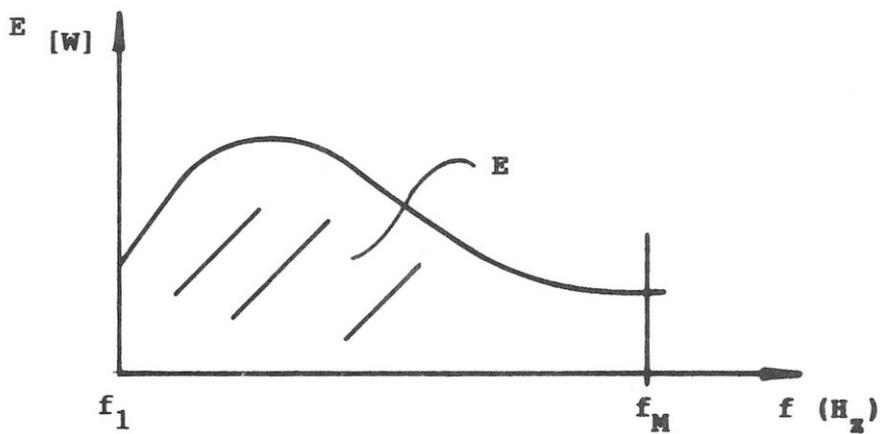


Figura 1:

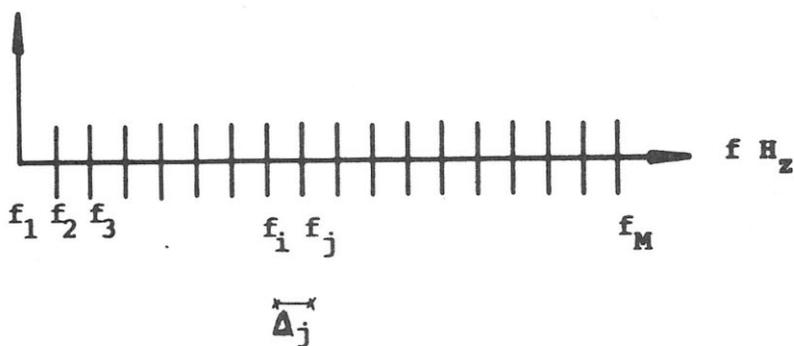


Figura 2:

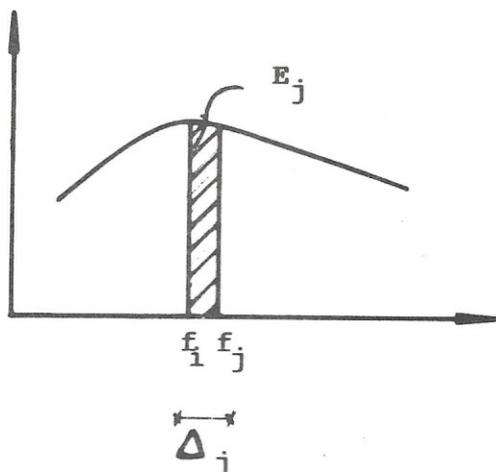


Figura 3:

$$e = \frac{E}{N} \quad (6)$$

onde $N \gg 1$.

Para simular a fonte, se emitirão pacotes de energia (e) nas várias faixas de frequência Δ_j , tal que:

$$E = \sum_J E_j = \sum_j e N_j \quad (7)$$

Isto é, em cada faixa de frequência Δ_j , têm-se uma energia E_j composta de N_j pacotinhos e , que se somados leva-se a energia total emitida pela fonte E .

Usualmente, as fontes de emissão sonoras, tem uma direção espacial predominante. Para simplificar, vamos supor que exista uma simetria no eixo z e que portanto, podemos tratar o sinal como bidimensional (figura 4).

Para que esse comportamento direcional seja considerado, os pacotinhos de energia devem ser emitidos aleatoriamente, em uma direção θ dentro da distribuição da fonte. Caso não exista simetria em z , o mesmo procedimento deve ser adotado para o outro ângulo que define a direção .

2.2 Desenvolvimento do Meio

Normalmente considera-se o meio não participante, contudo, ele usualmente é absorvedor. Para considerarmos o efeito absorvedor, deve-se supor



Figura 4:

uma absorvidade do ar que é proporcional a distância percorrida pelo pacotinho.

Supondo uma absorvidade α_l por metro percorrido, tem-se que após uma distância l percorrida a energia de cada pacotinho é e_l , tal que:

$$e_l = e \alpha l \quad (8)$$

onde, $\alpha \leq 1$

2.3 Desenvolvimento de uma Superfície

Um material real se comporta combinando os efeitos de reflexão, de absorção e de transmissão. Esses efeitos estão relacionados como mostrados na figura 5.

$$E_i = E_r + E_a + E_t \quad (9)$$

A absorvidade do material α é definida como:

$$\alpha = \frac{E_a}{E_i} \quad (10)$$

A transmissividade τ é definida como:

$$\tau = \frac{E_t}{E_i} \quad (11)$$

A refletividade σ é definida como:

$$\sigma = \frac{E_r}{E_i} \quad (12)$$

Normalmente as superfícies dos meios são consideradas especulares, ou seja;

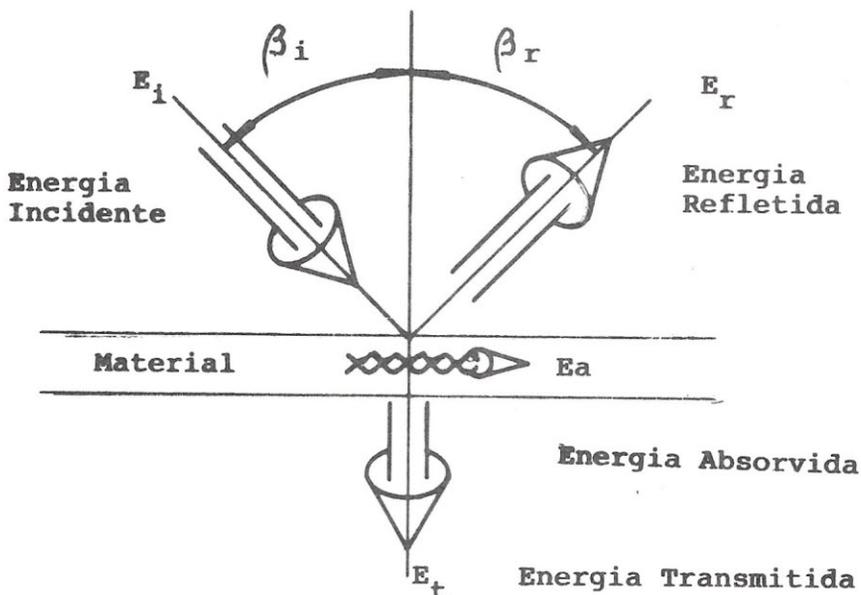


Figura 5:

$$\beta_r = \beta_i \quad (13)$$

Caso deseje-se considerar em efeito não especular na superfície, pode-se a cada pacotinho incidente, gerar um ângulo de reflexão dentro de uma distribuição determinada.

Todas as propriedades descritas acima são, na realidade, funções da frequência, do ângulo de incidência e do ângulo de reflexão. Usualmente, trabalha-se com valores médios angulares.

3 Formulação do Problema

Seja uma fonte F com espectro de energia com a frequência mostrada na figura 6.

A pergunta que se quer responder é: Quanto da energia sonora emitida por F chega a R?

A energia que chega a R vem diretamente de F e refletida em S_1, S_2 .

Deve-se então, ao emitir em pacotinho de energia e em uma dada direção, verificar se a reta de sua trajetória intercede S_1, S_2 ou atinge R diretamente.

Por exemplo figura 9:

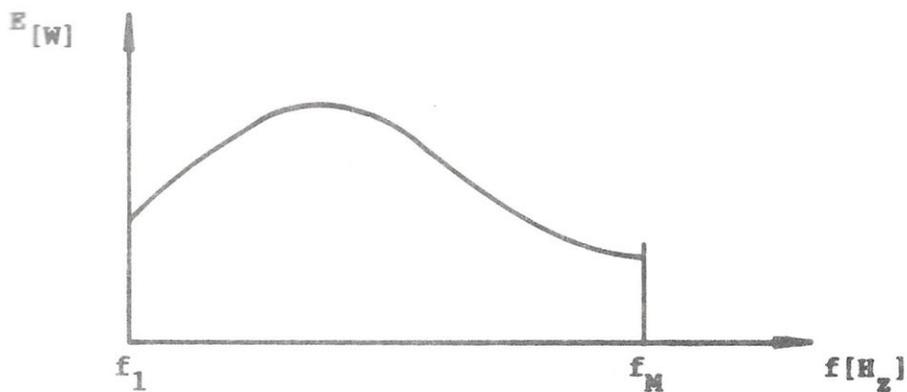


Figura 6: e distribuição espacial conforme figura 7

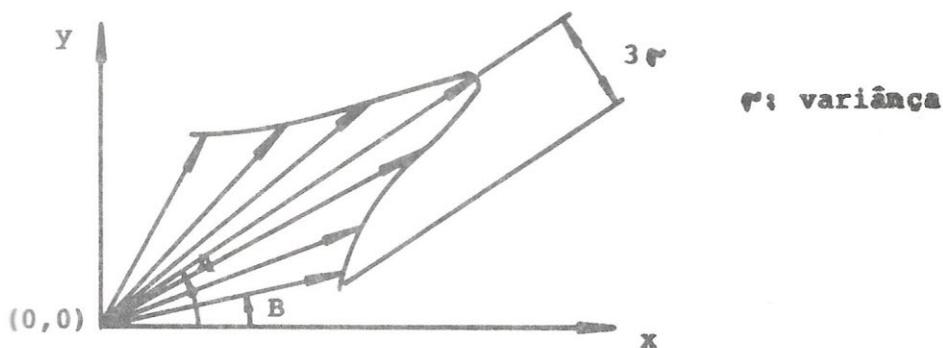


Figura 7: o domínio do problema é mostrado conforme figura 8

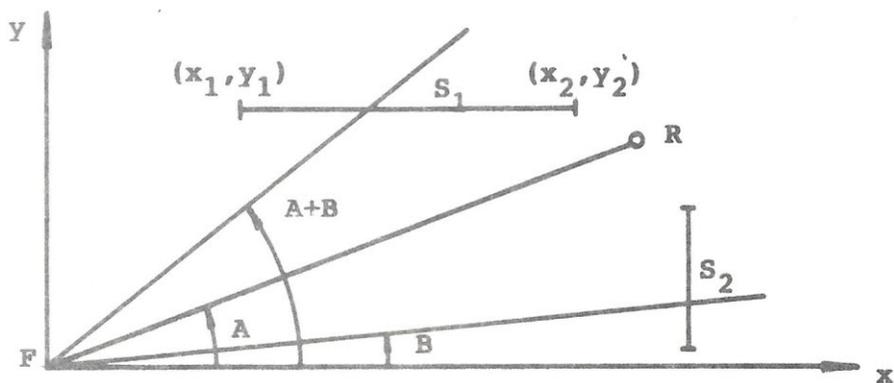


Figura 8:

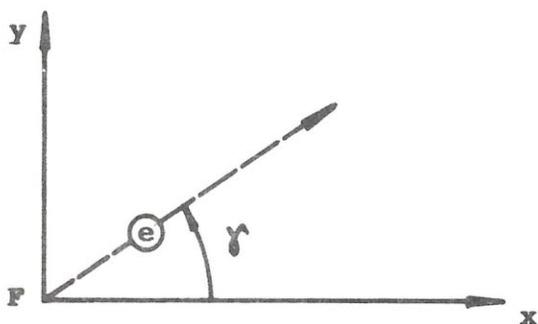


Figura 9:

Caso o pacotinho fosse emitido na direção que forma com x ângulo γ a equação de sua trajetória seria:

$$Y = tg \gamma x \quad (14)$$

Para verificarmos se há intersecção desta trajetória com a superfície S_1 , faz-se a solução do sistema composto pela equação acima e a equação de S_1 .

$$Y = tg \gamma x$$

$$Y = y_1, \quad x_1 \leq x \leq x_2$$

caso haja intersecção em (x,y) figura 10.

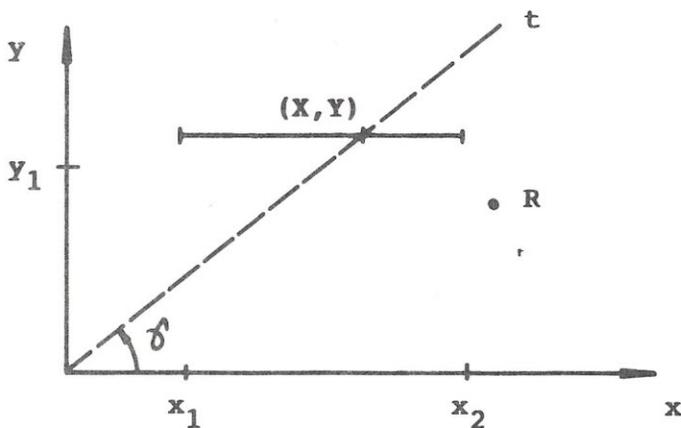


Figura 10: deve-se achar o ângulo de reflexão especular

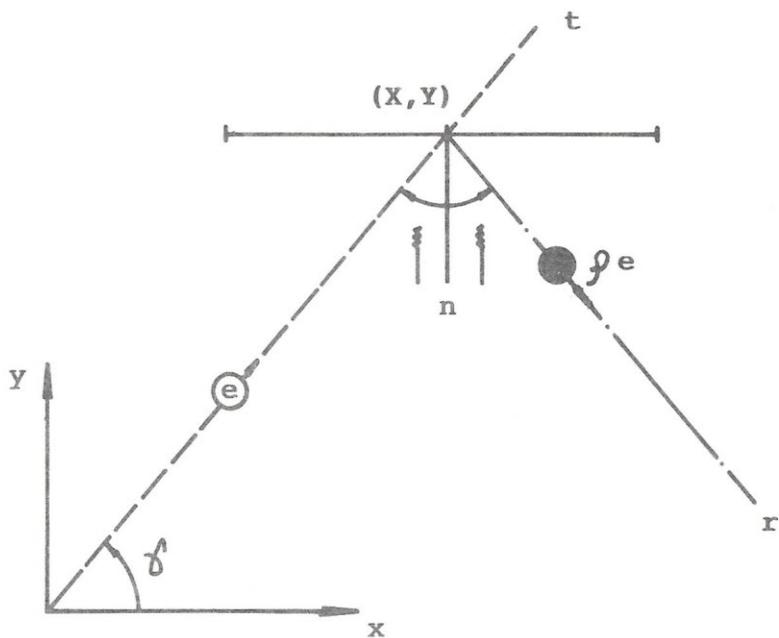


Figura 11:

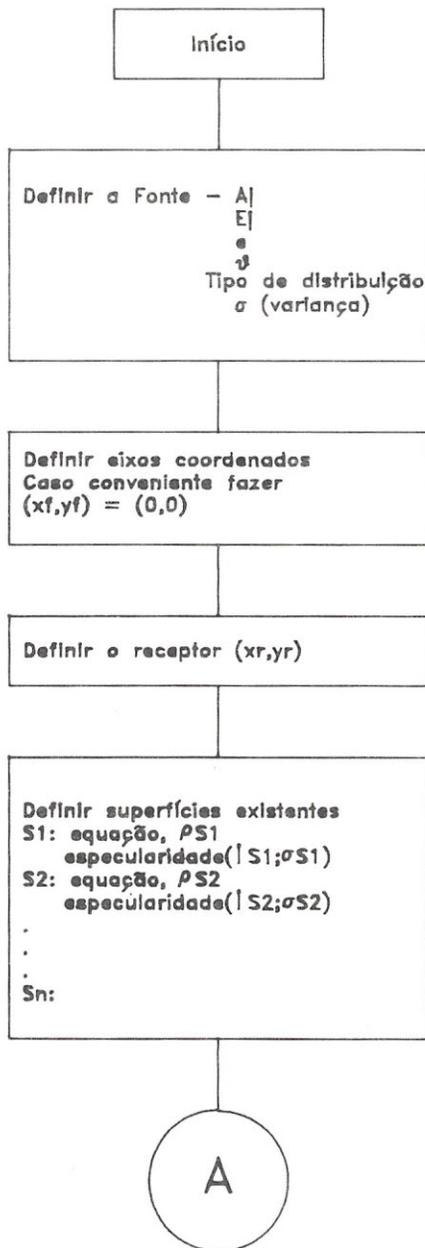


Figura 12: Fluxograma do Programa (Caso Bidimensional)

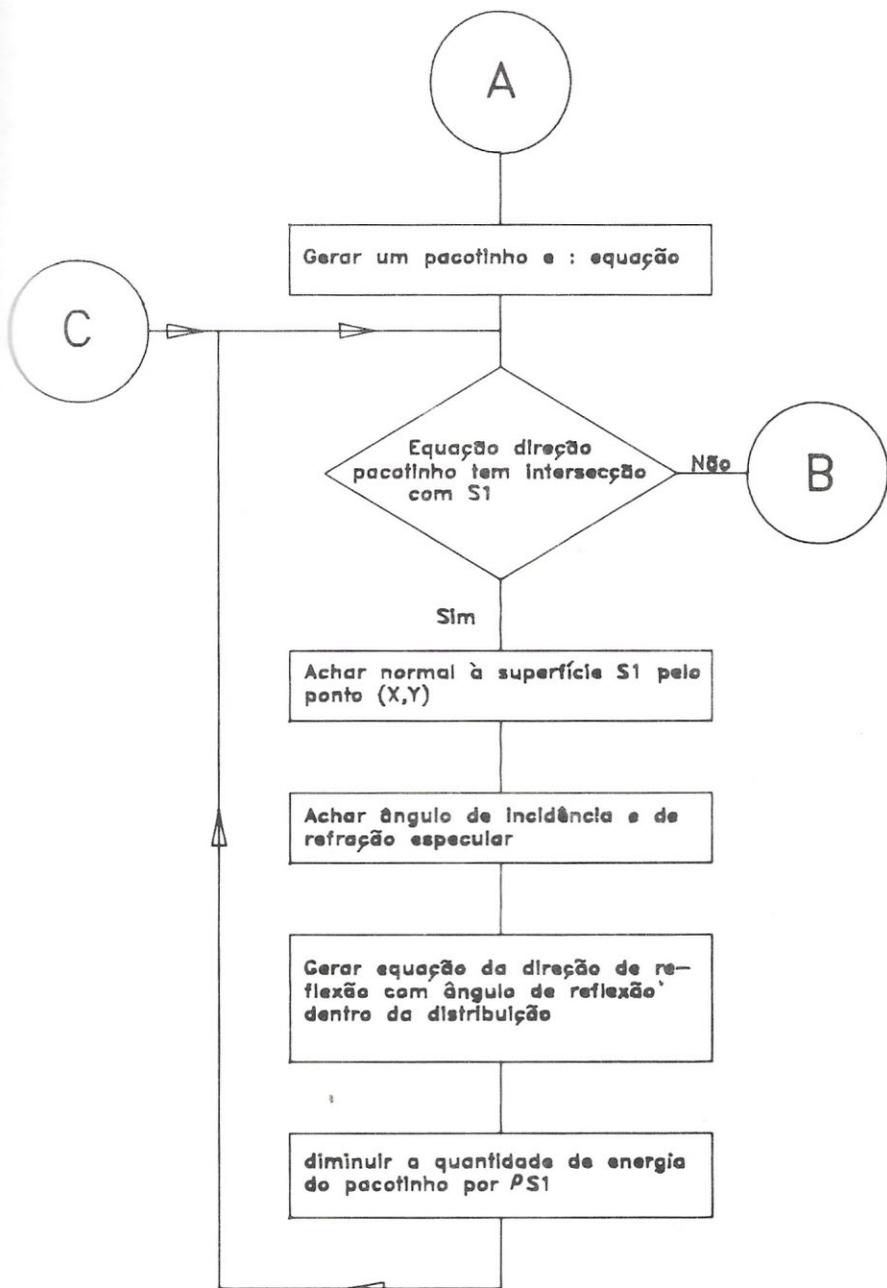


Figura 13: A

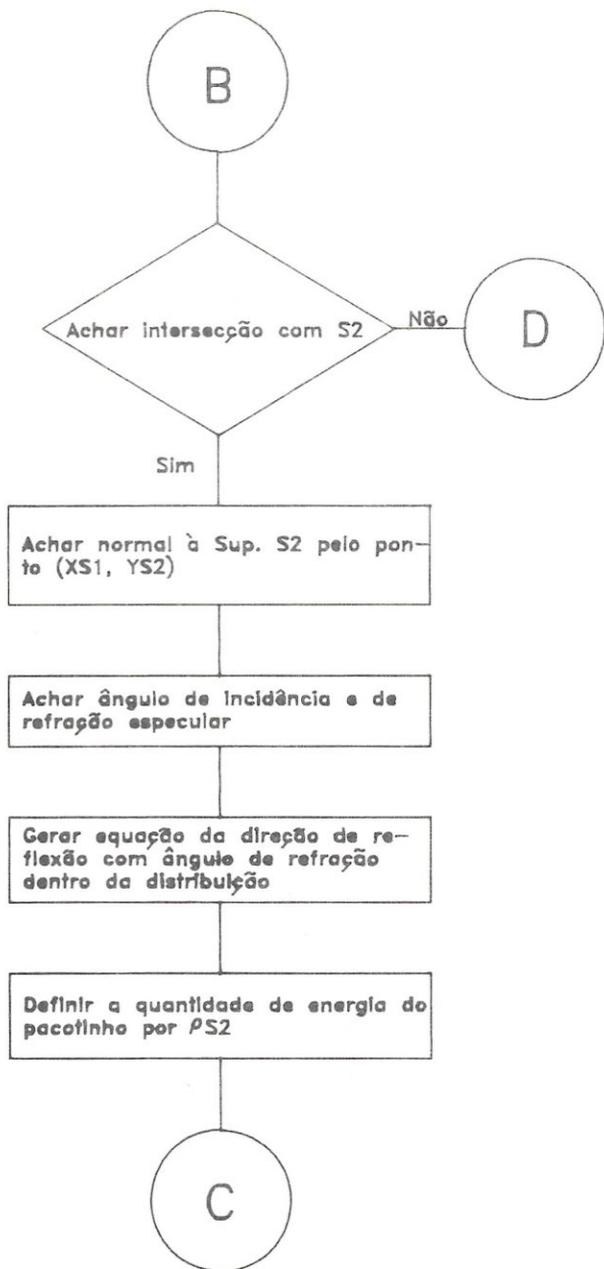


Figura 14: B

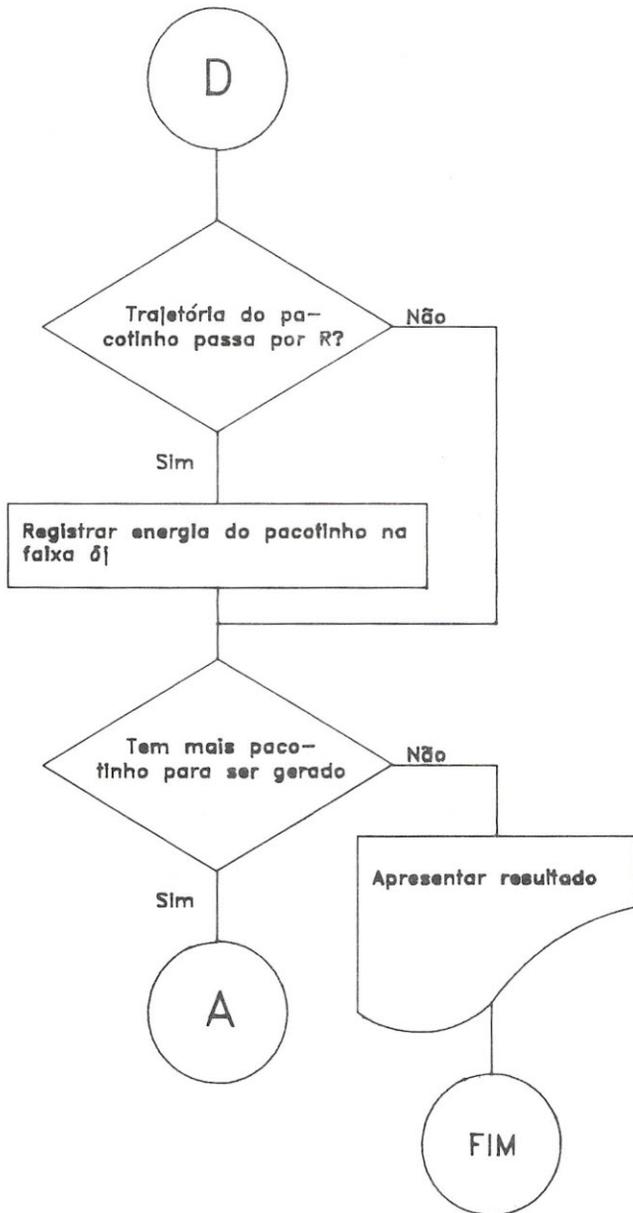


Figura 15: D

O pacotinho de energia e atinge S_1 em (x,y) e é atenuado para o valor de ρ e que é refletido na trajetória r , ou em uma direção tal que esteja dentro de uma distribuição de valor provável r e uma variância σ

A equação de r será resolvida com a equação de S_2 para ver se existe intersecção. Caso haja, repete-se o processo. Assim vai-se seguindo o pacotinho até que ele atinja R .

4 Comentários

Caso o receptor ficasse atrás de uma superfície poderia-se obter a energia que chega até ele através da transmissibilidade desta superfície.

Muitas combinações das variáveis envolvidas são possíveis e o que se pretendeu neste trabalho é apresentar um caminho para equacioná-los.

A utilização do método de Monte-Carlo em problemas envolvendo troca de energia na forma de radiação pode ser analisada na referência [4].

5 Referências

- (1) Siegel, R and Howell, J.R. - "Thermal Radiation Heat Transfer" McGraw-Hill - Tokyo - 1972 - pp 343, 373.
 - (2) Lipscomb, D.M. and Taylor, A.C. - "Noise Control - Handbook of Principles and Practices" - Van Nostrand Reinhold Company - New York - 1978.
 - (3) Gonzales, M.F. - Acústica - Rhodia.
 - (4) Macedo, I.C. and Alves, CLF - "Studies on Radiation Intensity Distribution in the Focus of Compound Parabolic Concentrations" - Solar Energy, v.30 no.1, pp 79-83 - 1983.
-

O Poder da Energia Sônica

Samir N.Y.Gerges, Ph.D. e Roberto M. Heidrich, M.Sc.
UFSC - Depto. Eng. Mecânica / Lab. Acústica e Vibrações
Cxa. Postal 476, Florianópolis - SC
Telefone: (0482) 31-9227 ou 34-4074 / Fax: (0482) 34-1519

R e s u m o

Neste artigo informativo, uma revisão bibliográfica é apresentada mostrando as vantagens da Limpeza Sônica e suas aplicações industriais. Dados e informações foram extraídos de catálogos e artigos técnicos de usuários e fabricantes de emissores sônicos.

1 Introdução

Há muito tempo que o homem compreendeu como fazer uso da energia que está inerente nas propagações das ondas sonoras.

Um interessante uso do som é sua aplicação em limpezas. Até 1918, os Suecos usavam estampido do tiro de espingarda para remover fuligem das chaminés industriais; o mesmo método era utilizado na Inglaterra, durante a Segunda Guerra Mundial, para limpar chaminés em casos particulares. Tais fatos tinham fundamento, mas o som pode ser usado de um modo muito mais científico.

2 Um Problema Antigo

A dificuldade em conservar as superfícies de transmissão de calor limpas de fuligem e cinza é tão antiga como os métodos de conservação de calor por meio de permutadores. O elevado teor de cinzas nos combustíveis e a considerável quantidade de sódio, potássio e outras substâncias, dão origem a difíceis problemas.

Há uma grande diversidade de caldeiras a óleo em uso. A quantidade dos combustíveis utilizados dá origem a uma considerável quantidade de resíduos tanto nas caldeiras de vapor como nas de água quente. Estes resíduos não só dificultam a transferência de calor como causam corrosão nas superfícies de aquecimento.

Outros combustíveis como madeira, carvão, resíduos domésticos e de madeira, estilha, turfa, etc., dão origem à formação de enormes quantidades de cinzas, as quais tem, geralmente, um baixo ponto de fusão.

As celuloses utilizam soluções de lixívia, que também produzem grandes quantidades de depósitos nas superfícies de aquecimento.

A consistência destes depósitos pode variar de caso para caso, dependendo do ponto da caldeira onde se acumulam. Podem apresentar-se sob a forma líquida, semi-líquida, sólida seca ou pastosa, dependendo do grau de condensação reinante.

É preferível, naturalmente, que os depósitos se apresentem sólidos e secos, embora frequentemente são encontrados nas outras formas referidas, particularmente se o combustível utilizado for de pobre qualidade.

Na generalidade dos casos, os combustíveis que hoje em dia se queimam em caldeiras, dão origem a grandes problemas de limpeza.

3 Nova Forma de Resolver Antigos Problemas de Limpeza

A forma convencional de limpar caldeiras e mantê-las livres de depósitos, baseia-se nos sopradores de fuligem, com utilização de vapor de água, ar comprimido, ou com auxílio da queda de grenalha de aço através dos tubos (shot cleaning). Estes métodos podem ser utilizados tanto por acionamento manual como mecanicamente.

Há ainda um novo método de limpeza, realizado através de energia sonora, conhecido como soprador de fuligem sônico. Baseia-se no aproveitamento da energia acústica que é transportada pelas ondas sonoras audíveis, com frequências normalmente situadas entre 20 e 400 Hz, com níveis de pressão sonora entre 130 a 145 dB. Estas frequências são veiculadas com grande eficácia pelas ondas sonoras até locais de difícil acesso ou a espaços, confinados.

Estas ondas sonoras são geradas por emissores sônicos especiais construídos em aço inoxidável capazes de suportar temperaturas ambiente de 1000^o C e em ferro modular que podem suportar temperaturas de até 350^o C.

Estes emissores enviam poderosas ondas sonoras, com intervalos convenientes, para o interior das caldeiras, trocadores de calor, filtros manga, etc., provocando a desagregação e queda nos depósitos das superfícies. Deste modo, os depósitos são facilmente retirados a partir dos colectores de cinzas, tremo-nhas e outros, ou então são transportados no fluxo de gases de saída.

O principal resultado colhido com a limpeza sônica é que as caldeiras e outros equipamentos podem manter-se permanentemente limpos e com alto rendimento.

Não é essencial que a limpeza sônica seja obtida apenas com som audível. Em grandes caldeiras ou em situações particulares, frequências menores do que 20 Hz (infra-som) podem ser usadas com sucesso. O infra-som, de maior amplitude que o som audível, atua com eficácia e o efeito de limpeza é o mesmo.

4 Limpeza Sônica

Atualmente, há milhares de sistemas instalados em todo o mundo, cada um deles comprovando a sua qualidade, simplicidade, rentabilidade, economia e excepcional eficácia.

A emissão do som é veiculada por ar comprimido (ver fig.1), que é comandado eletricamente por meio de válvula solenóide. Os emissores sônicos têm apenas uma peça móvel, o diafragma, o que proporciona grande segurança em operação. Quando instalados em geradores de vapor a emissão é orientada para o interior da caldeira, através de orifícios de inspeção, portas de visita ou outros, similarmente como os sopradores de fuligem. No caso das caldeiras, os emissores são instalados na câmara de inversão dos gases e são posicionados diretamente à saída dos tubos. Uma unidade completa de limpeza sônica pode consistir em um ou vários emissores, com uma só unidade de controle automático. Esta unidade de controle pode ser programada independentemente do distanciamento dos emissores sônicos a serem ativados, controlando a duração do sinal e o intervalo entre eles. A seqüência dos intervalos é adaptada conforme cada caso específico ou tipo de equipamento (caldeira, filtro manga, precipitadores eletrostáticos ou outros).

O som dá excelente uniformidade de distribuição dos efeitos de limpeza devido ao seu efeito nas superfícies contra as quais é refletido, e mesmo em pequenas aberturas e condutores de gases. Os depósitos de cinzas são abalados, perdem a aderência, soltam-se e se desfazem.

5 Há um Emissor Sônico para cada Tipo de Instalação

Milhares destes sistemas estão em uso em todo o mundo. Tais sistemas tem-se mantido em operação, ano após ano, sem problemas. Eles tem demonstrado o seu real valor econômico assim como a sua alta qualidade. Os seus resultados na limpeza são verdadeiramente excepcionais. Tão bons que, de fato, em alguns casos pagam o investimento em curto espaço de tempo. Há sistemas instalados em caldeiras de vapor, caldeiras de água quente, pré-aquecedores, precipitadores eletrostáticos, multi-ciclones e filtros industriais (ver fig. 2,3 e 4).

Há também sistemas que atuam na limpeza de curvas de tubulações industriais, incluindo centrais de lavagem de poeiras, silos de leite em pó, etc. Tem também freqüente aplicação na limpeza das pás dos exaustores de gás de caldeiras das fábricas de cimento e outras.

Os equipamentos sônicos são sempre necessários onde há possibilidade de acumulação de depósitos secos.

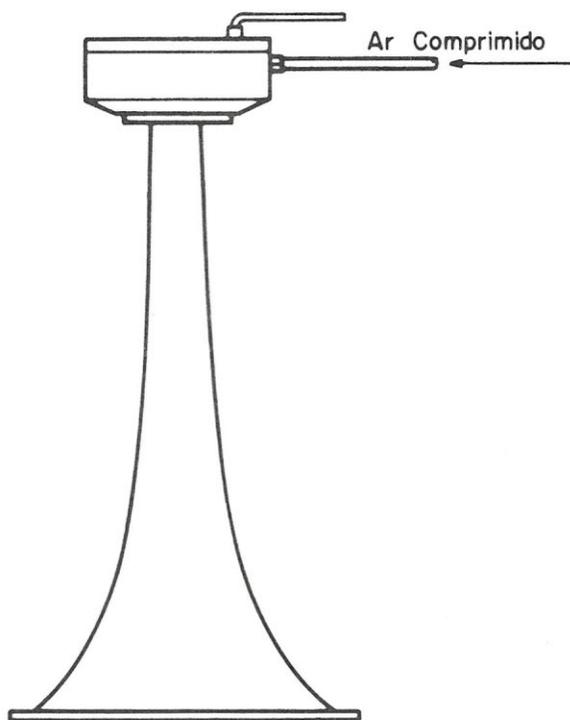


Figura 1: Cornetas de limpeza sônica

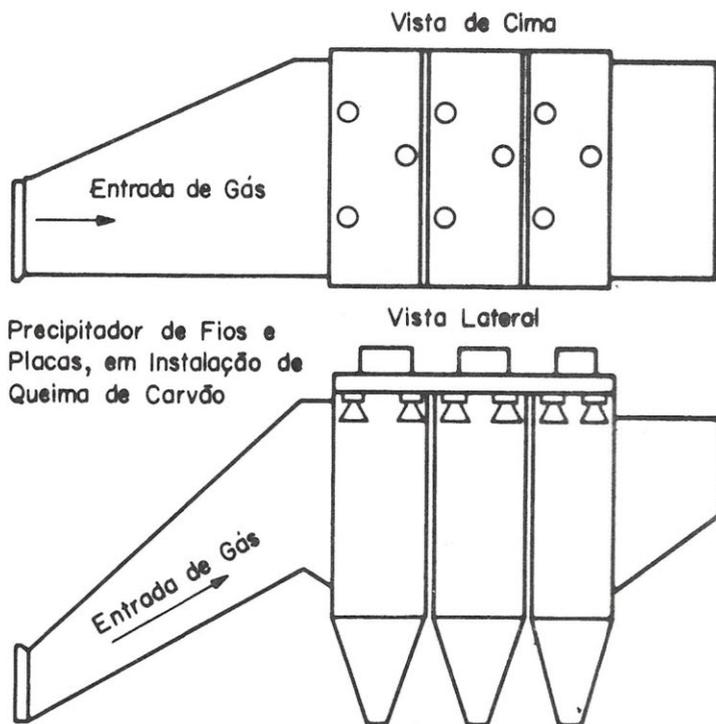


Figura 2: Precipitador de fios e placas em instalação de queima de carvão.

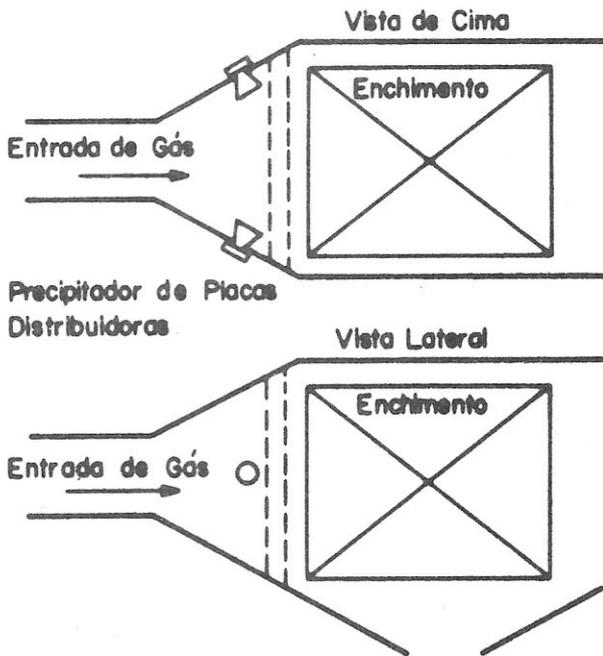
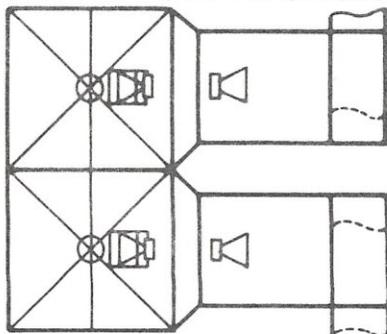
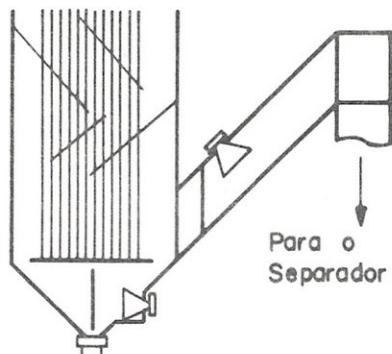


Figura 3: Precipitador de placas distribuidoras

Vista de Cima do Economizador,
Tremontas e Saída das Condutas



Vista Lateral do Economizador e
Saída das Condutas



Caldeiras de Recuperação,
Tremontas e Condutas

Figura 4: Caldeiras de recuperação , tremontas e condutas.

Os combustíveis usados nas instalações podem ser: carvão, nafta, óleo, piritas sulfúricas, resíduos de madeira, resíduos domésticos, lixívia negra, magnésio e também licor de sulfito de cálcio.

6 Sistema Emissor de Infra-Som

Como mencionado anteriormente, o som utilizado na limpeza sônica pode ser audível. Em caldeiras de grandes dimensões ou em situações especiais, o infra-som pode ser uma alternativa. Com uma frequência inferior a 20 Hz, o som não é audível e assim, em instalações onde o ruído não é permitido, é aconselhável o emprego deste sistema.

O grande comprimento das ondas dos infra-sons, torna possível preencher um largo espaço com considerável energia sonora, apenas com 2 a 4 emissores infra-sônicos. Deste modo, não haverá possibilidade de, em qualquer zona remota das caldeiras de difícil acesso, o infra-som não atingir, o que garante a sua integral limpeza.

As vantagens da limpeza infra-sônica resumem-se a:

- As superfícies de transferência de calor são mantidas permanentemente limpas.
- Baixo consumo de energia.
- Auto-pagamento, inferior a um ano de serviço.
- Aumento de rendimento das caldeiras.
- Desgaste nulo na superfície dos tubos.
- Menos corrosão nas zonas de transferência de calor.
- Reduzido custo de manutenção.
- Fácil instalação.

7 Referências Bibliográficas

- [1] Spirax Sarco; Emissores sônicos para limpeza industrial.
- [2] Tom Steger; Acoustical Cleaning of High Performance Fans, Iron and Steel Engineering, September 1981.
- [3] Jeff Shelton; Successful Applications of Acoustic Sootblowers in Electrostatic Precipitators, Presented to Black Liquor Recovery Boiler Advisory Committee, Atlanta, Georgia 1987.

Acustica y Arquitectura. Una Metodologia para su Integracion

Arq. Jorge Hakas Jablonka
Facultad de Arquitectura
Universidad de la República Uruguay
Rua - Rbla M. Gandhi, 669/402
11300 - Montevideo - URUGUAY
Fone: (00 598 2) 90-3074 r. Fax: (00 598 2) 70-8288.

En la práctica profesional, frecuentemente nos enfrentamos a problemas acústicos - principalmente de control de ruido - que podrian haberse resuelto mucho más sencilla y económicamente en ocasión de la concepción arquitectónica del edificio.

A menudo estos problemas se originan en la inadvertencia de los aspectos acústicos involucrados en el proyecto y en la ignorancia de los requerimientos que, en esta materia, presentaba el programa arquitectónico.

Consideramos que es necesario promover la integración de las exigencias acústicas desde las primeras etapas de elaboración del proyecto arquitectónico y con este propósito hemos desarrollado una metodología de análisis acústico referido específicamente al proyecto de un edificio, metodología que venimos aplicando en la actividad docente en la Facultad de Arquitectura de Montevideo.

Esta metodología reconoce además que el arquitecto tiene un enfoque primordialmente visual en su actividad: se maneja más con el croquis, el plano, el esquema o el diagrama que con el discurso o el escrito.

1 Objetivos

- [a)] Visualizar las características y exigencias acústicas que se presentan en un edificio en proyecto.
- [b)] Promover cambios y ajustes del anteproyecto en atención a los requerimientos acústicos.
- [c)] Identificar aquellas áreas y problemas que requieren un estudio acústico particular y afinado.

2 Análisis acústico preliminar

En una primeira etapa, se requiere una valoración primaria y cualitativa, que apela a la experiencia auditiva, al sentido común aplicado al análisis y a la

apreciación directa in situ en cuanto sea posible.

El análisis preliminar se refiere a cada una de las actividades y espacios que tendrán lugar en el proyecto, en relación a 3 características acústicas cardinales:

I) **Su ruidosidad:** analizando cada local o actividad en cuanto productor de ruidos, que pueden propagarse a locales vecinos interfiriendo con sus actividades.

II) **Su intolerancia:** valorando la inaceptabilidad de la intrusión de los ruidos generados por otras actividades, debido a la interferencia o incomodidad que producirán.

III) Su necesidad de condiciones especiales de **audibilidad o privacidad;** sea porque se requieren condiciones satisfactorias para la comunicación mediante sonidos, tanto de palabra como musicales; o porque no se desea que esa comunicación trascienda los límites del local.

En esta primera instancia - que conduce a tomar conciencia de la problemática acústica - la ruidosidad y la intolerancia se valorarán cualitativamente en 3 grados: máxima, media y mínima; y se reconocerá si existe o no necesidad de condiciones especiales de audibilidad o privacidad.

3 Simbología para la expresión gráfica

El análisis preliminar se sintetiza en un símbolo que consiste en 2 círculos concéntricos: el central se atribuye al grado de intolerancia; el anillo circular al grado de ruidosidad; y la línea que los separa a la audibilidad o privacidad requeridas especialmente.

El cuadro I desarrolla la simbología, tanto en blanco y negro - apropiado para su reproducción por los medios usuales - como en color - de mayor visualización.

4 La Graficación y su consideración

El paso siguiente consiste en dibujar los símbolos correspondientes en las plantas y cortes de mayor interés, para ubicar las determinantes acústicas en el espacio a construirse. Es de sumo interés evaluar y graficar también la ruidosidad de los espacios exteriores al edificio.

A partir de la graficación se procede a la consideración de la incidencia de los requerimientos acústicos en el proyecto examinando la interacción de los caracteres acústicos simbolizados, estudiando como la ruidosidad de una actividad o un espacio afecta a sus vecinos según su respectiva intolerancia a la intrusión de ruidos.

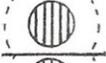
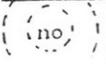
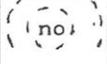
Característica Acústica	Zona Simbólica	Grados		Expresión de grados				
				branco y negro		color		
Ruidosidad	anillo	máxima	1	rayado		rojo	intenso	
	circular	media	2	horizontal			medio	
		mínima	3				tenué	
Intolerancia	núcleo	máxima	A	rayado		azul	intenso	
	circular	media	B	vertical			médico	
		mínima	C				tenué	
Audibilidad o privacidad	Límite	requiere	si	línea		línea negra gruesa		
	entre ambos	no requiere	no	negra			negra	
	círculos			gruesa				

Tabela 1: Cuadro 1

Así pueden observarse:

- * Una **localización** inconveniente en el entorno urbano al examinar la interacción acústica con los espacios exteriores;
- * La inadecuada **disposición de locales** de máxima intolerancia cuando se orientan hacia la calle más ruidosa;
- * La contigüidad o cercanía de locales o actividades que se muestran acústicamente interferentes planteando la conveniencia de su **alejamiento** o la necesidad de disponer cerramientos separativos suficientemente **aislantes**;
- * Si se debe atenuar la transmisión por vía aérea, se necesitará una pantalla de **masa superficial** considerable (con dimensión y peso que repercutirá en la estructura resistente) y de una adecuada **hermeticidad**;
- * Si se debe atenuar el ruido que se transmitirá por vía sólida - caso de entrepisos, - se deberá prever la necesidad de interponer una **capa resiliente** sea como un alfombramiento o incorporada a un sistema de losa flotante;
- * Existen locales acústicamente **neutros-mínima** ruidosidad y mínima intolerancia-, por ejemplo un depósito, que pueden ser utilizadas como separadores y aislantes de otros;
- * Los **cerramientos móviles**, son problemáticos por su masa limitada y dificultosa hermeticidad. Niveles elevados de aislación requieren duplicación de los dispositivos y consecuentes ajustes en el proyecto.

Entre locales contiguos, el **nomograma II** permite estimar de manera preliminar la **aislación** requerida en la **separatriz** a partir de la intolerancia y ruidosidad asignadas, o del destino de los locales; a partir de este valor se puede seleccionar de una tabla el sistema constructivo que se empleará.

Cuando se proyecten espacios que deben albergar diversas actividades ruidosas, resulta recomendable un **tratamiento absorbente** de los cerramientos para reducir el nivel sonoro reverberado combinado con **pantallas parciales**.

La necesidad de **privacidad** se traduce en un requerimiento de aislación correlacionado con el nivel de ruido de fondo en el local receptor.

El **tiempo** plantea en ciertos casos la necesidad de un estudio diferenciado; por ejemplo, de la situación acústica durante el día y la noche; o de las horas de clase y de recreo en una escuela.

Finalmente, la demanda de condiciones especiales de **audibilidad** conduce a explorar la incidencia de las consideraciones acústicas en el volumen, la forma, la disposición interna y los dispositivos reflejantes, difusivos y absorbentes del sonido que se utilizarán.

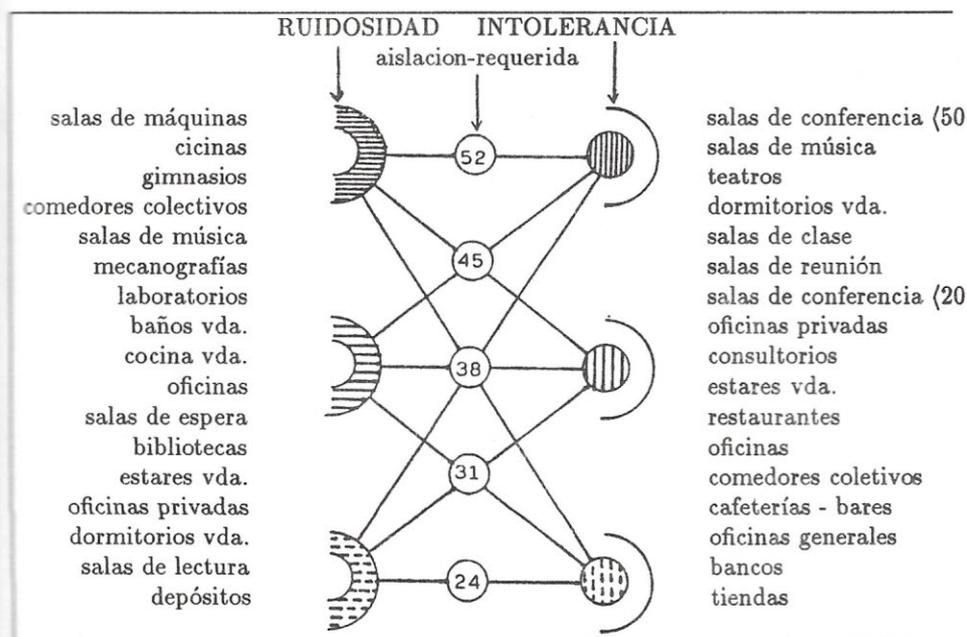


Tabela 2: Nomograma II

5 Estudios subsiguientes

El análisis preliminar permite identificar las situaciones que ameritan un estudio detallado, sea de la acústica de locales para audición, sea de exigencias de control de ruido en determinados sectores.

La valoración cualitativa empleada hasta esta etapa es ya insuficiente, y se requiere utilizar la precisión cuantitativa.

La ruidosidad debe medirse o estimarse en niveles globales ponderados (dB(A)), o en otro de los varios parámetros e índices que se utilizan en la técnica.

La intolerancia debe expresarse en un valor aceptable de nivel en dB(A) o de nivel de ruidosidad NR (ISO TC/43).

El estudio de la transmisión sonora concluirá con la determinación del índice de reducción IR necesario para que un cerramiento cumpla con las exigencias de aislación de ruidos. Con este valor se seleccionará, de las tablas correspondientes, el material que se utilizará en su construcción.

Cuando se trate de cerramientos que contengan aberturas, dado que la aislación total resulta determinada mayormente por el elemento más transmisor, el estudio se dirigirá a la elección del tipo de aberturas a emplear y al diseño de los detalles de la solución.

El diseño de salas y locales para audición requerirá un estudio pormenorizado del campo sonoro, del recorrido de las ondas directa y reflejadas, de la reverberación.

En la vida profesional, es el momento de reconocer si se requiere la colaboración de un asesor especializado en acondicionamiento acústico, y en ese caso, de integrar al asesor en acústica al equipo proyectista.

6 Recapitulación

El procedimiento reseñado constituye un método para promover la integración del acondicionamiento acústico al proceso de creación arquitectónica, intentando salvar las actuales deficiencias en este rubro.

La experiencia de su aplicación nos ha mostrado que posibilita una "lectura acústica" del proyecto arquitectónico, visualizando sus principales características acústicas y los problemas que en esta materia se plantean.

Se abre así el camino a la integración de acústica y arquitectura, a la comprensión de la problemática acústica de un proyecto, a su adecuación a los requerimientos acústicos, al reconocimiento de la necesaria y oportuna presencia del asesor especializado.

Avaliação dos Níveis de Ruído em Tratores Agrícolas, e seus Efeitos sobre o Operador

Prof. João Candido Fernandes
UNESP - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Eng. e Tecnologia - Depto. Eng. Mecânica
Campus Universitário de Bauru
Av.: Luiz E. Coube, s/n.
17033 - Bauru - SP

1 Resumo

O presente trabalho analisa o nível de ruído em operações agrícolas com tratores, comparando-se com a legislação da CLT. Analisa também a perda de audição em tratoristas, classificando-as como normais ou anormais.

2 Introdução

Nas últimas décadas, os tratores e implementos agrícolas fabricados no Brasil, tiveram um significativo aumento em suas dimensões e potências, visando um maior rendimento operacional. Esse aumento no porte das máquinas agrícolas, não teve a devida correspondência nas condições de segurança do operador, podendo se afirmar, hoje, que o tratorista é um dos profissionais mais expostos a fatores insalubres (MADUREIRA et alii, 1990). Os principais riscos são: sol, chuva, frio, poeira, gases do motor, ruído, deriva de defensivos agrícolas, vibrações calor do motor, etc. (FERNANDES et alii, 1990).

Neste trabalho, apresenta-se a análise de um dos riscos de uma operação agrícola: o ruído, que coloca os tratoristas entre os profissionais de maior porcentagem de perda de audição.

3 Histórico

Desde a invenção do motor a combustão interna, os veículos auto-propelidos sempre foram criticados pelo ruído que emitem. Os primeiros ensaios que apontavam para a problemática do ruído em máquinas agrícolas, ocorreram

na Alemanha, em 1953, com o ensaio de um trator diesel de 30 cv que acusou entre 90 e 109 dB(B) (BURK, 1969). Em 1958 LIERLE & REGER estudaram os níveis de ruído em tratores e encontraram valores de 108 dB(C), e entre 80 tratoristas avaliados 56 apresentaram audição anormal. WESTON, em 1963, avaliou 12 tratores e 53 tratoristas, obtendo níveis de ruído entre 92 e 106 dB, e uma perda de audição média de 42 dB, para 4KHz. Em 1988 a " Société des Ingénieurs et Techiciens du Machinisme Agricole ", da França, organizou dois congressos com o tema " O Ruído na Agricultura ". Entre os trabalhos apresentados, destaca-se o de BERDUCAT(1988) que faz uma análise da influência do implemento no ruído de uma operação agrícola; e de ROBERT(1988), que mostrou o isolamento acústico de cabines.

No Brasil, CAMPANA(1984), estudou os níveis de ruído de tratores com cabines, e concluiu que 94,5 % deles estavam acima de 85 dB. ZAMBERLAN et alii (1988), realizaram medições de ruído em tratores nacionais, concluindo que a grande maioria apresentava níveis muito acima de 85 dB. O CENEA (Centro Nacional de Engenharia Agrícola), realizou 13 ensaios de ruído com tratores, e obteve níveis entre 91 e 102 dB(A). O DEA (Divisão de Engenharia Agrícola), realizou 10 avaliações com valores entre 91,6 e 100,1 dB(A).

4 Metodologia

A metodologia empregada em medições de máquinas agrícolas, é bastante conhecida, e está totalmente delineada nas normas ISO 5131 e NBR 9999. Para este trabalho, como se pretende avaliar as condições reais de ruído a que está submetido o tratorista, utilizou-se todos os procedimentos de medida fixados nas normas, porém aplicados às condições reais de trabalho no campo (as normas estipulam que as medidas devem ser realizadas em pista de concreto). Utilizou-se uma amostragem de 198 tratores (com 6 medições em cada), trabalhando com diversos implementos agrícolas, em variadas condições de operação. A figura 1 mostra a comparação entre a frota nacional e a amostragem. Os níveis de ruído encontrados foram comparados com os limites fixados pela Portaria 3.214 da CLT. Foi realizada também uma análise comparativa entre 4 tratores e 4 implementos, onde os parâmetros responsáveis pelo ruído puderam ser avaliados.

Na avaliação audiométrica, foram analisados 111 tratoristas, através de uma consulta médica em um otorrinolaringologista e um audiograma realizado por uma fonoaudióloga. Para classificação das audiometrias, utilizou-se a metodologia proposta por MERLUZZI(1979), da Clínica del Lavoro, da Universidade de Milão.

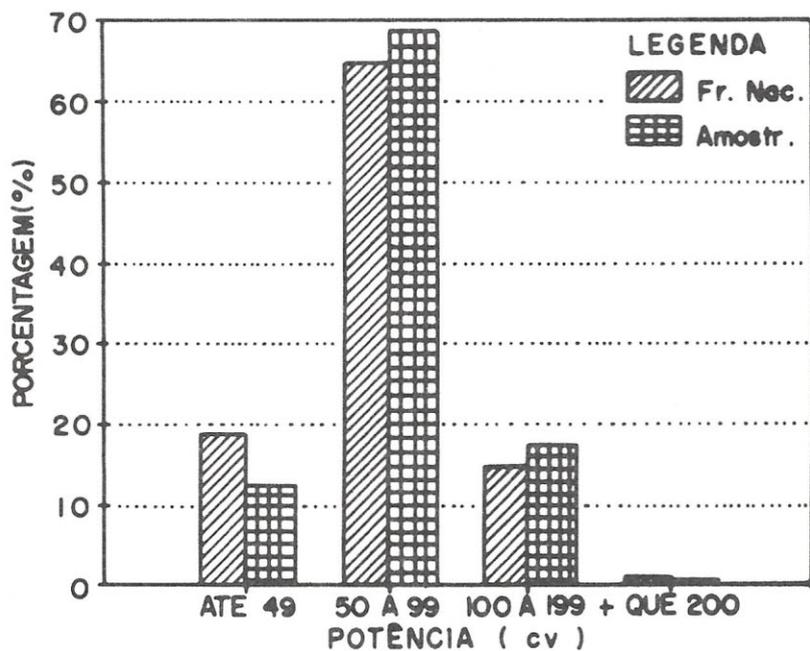


Figura 1: Comparação entre a frota nacional e a amostragem

5 Resultados

Basicamente, as fontes de ruído em um trator agrícola, em ordem decrescente em função do ruído gerado, são:

- exaustão dos gases pelo escapamento
- radiação acústica das superfícies do motor e acessórios
- aspiração de ar
- ventilador
- bomba hidráulica
- transmissão
- pneus

Na análise do ruído total de uma operação agrícola, deve-se somar a essas fontes, o ruído do implemento. Os implementos podem influenciar o ruído da operação agrícola, de duas formas: quando ele próprio é uma fonte de ruído (como a roçadora, a enxada rotativa, a colhedora de milho, etc.); ou quando ele exige grandes forças de tração do trator, aumentando o ruído gerado pelo motor (como o subsolador, o arado, as operações conjugadas, etc).

A figura 2 mostra o espectro de frequências do ruído do motor de alguns tratores.

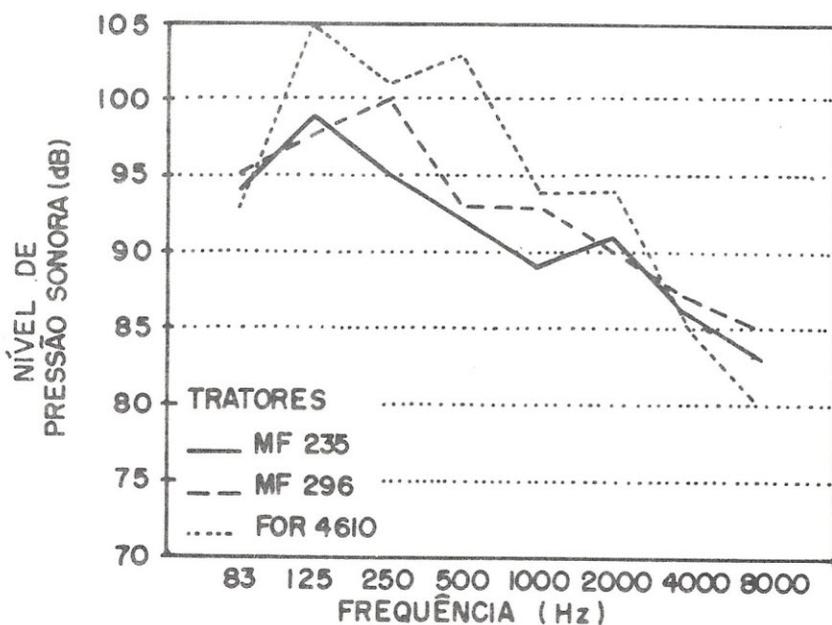


Figura 2: Espectro de frequências de ruído do motor de tratores.

A tabela 1 mostra a comparação entre os níveis médios de ruído para tra-

tores divididos por potência.

Grupo	NPS M dB(A)	Coef.Var. %	Nº Tratores
até 49 cv	97,0	0,64	20
50 a 99 cv	96,9	0,74	137
100 a 199 cv	98,1	1,42	29
+ 200 cv	87,2 *	-	01
esteiras	102,3	1,49	11
Média	97,06	-	198
NPS M = Nível de Pressão Sonora Médio			
Coef.Var. = Coeficiente de variação			
* = trator com cabine			

Tabela 1: Níveis de ruído para tratores em função da potência.

A tabela 2 mostra a comparação entre os níveis de ruído de tratores em 4 operações agrícolas. Os tratores tem potências entre 81 e 84 cv, sendo os ensaios realizados com o mesmo implemento, com o motor na rotação de máximo torque, em solo arenoso úmido.

A tabela 3 mostra o tempo máximo de exposição diária permitido pela CLT, para algumas operações agrícolas com tratores nacionais.

Tratores	Aração	Gradagem	Subsolag	Escarific	Média
Mas Fer 290	97,3	96,5	99,7	96,3	97,5
Ford 6610	100,0	97,7	102,0	97,7	99,4
Valmet 880	97,7	96,3	100,2	97,7	98,0
CBT 8240	98,2	98,0	103,2	98,2	99,4
Média	98,3	97,1	101,3	97,5	98,6
Subsolag = operação de subsoldagem					
Escarif = operação de escarificação					

Tabela 2: Comparação entre os níveis de ruído de diversos tratores e implementos - dB(A)

Quanto aos exames audiométricos nos 111 tratoristas da amostragem, a figura 3 apresenta as patologias encontradas. A figura 4 mostra o número de trabalhadores com audição normal, em função do tempo de exposição ao ruído.

6 Conclusões

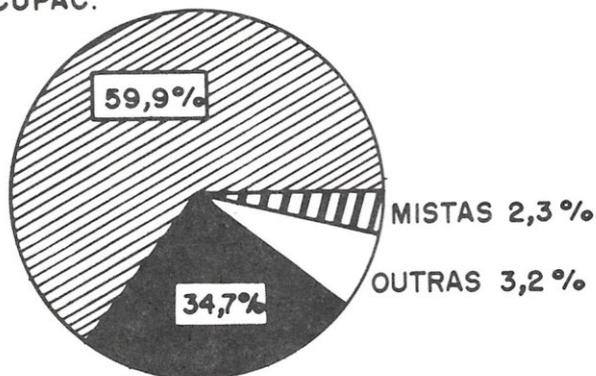
Em função dos resultados obtidos, pode-se concluir que:

- os níveis de ruído em operações agrícolas com tratores nacionais estão bastante acima dos níveis considerados salubres, proporcionando um risco de

Trator	Operação	NPS dB(A)	Exp.Máx.Perm
Vamet 880	aração	97,7	1:15 horas
Mas Ferg. 290	escarif.	96,3	1:15 horas
Ford 6610	subsol.	102,0	:-45 min.
CBT 8240	aração	98,2	1:00 horas
Mas Ferg. 290	subsol.	99,7	1:00 horas
CBT 8240	subsol.	103,2	:-35 min

Tabela 3: Exposições máximas permissíveis

DISACUSIAS OCUPAC.



NORMAL

TOTAL DE OPERADORES : III

Figura 3: Número de trabalhadores x patologia.

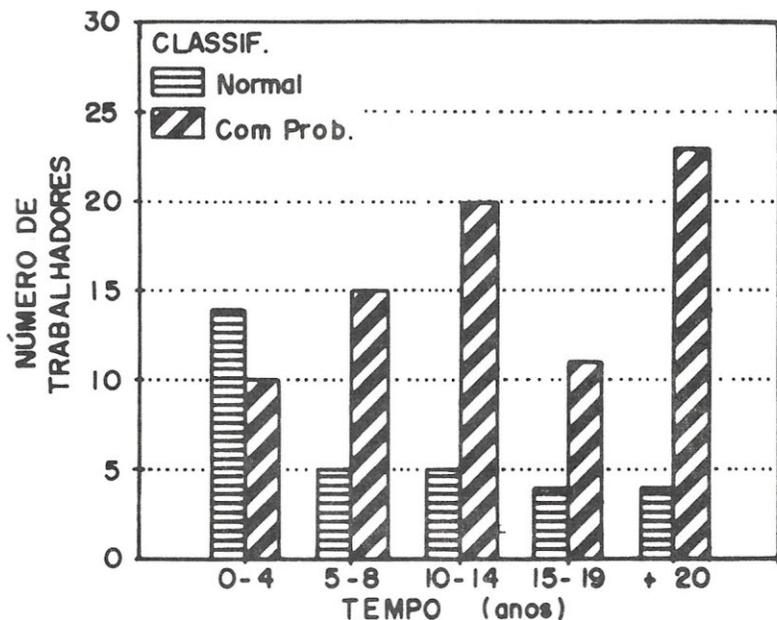


Figura 4: Tempo total de exposição ao ruído.

perda auditiva aos tratoristas.

- os níveis de ruído, apenas do motor dos tratores nacionais, já ultrapassam os limites salubres.

- nas operações agrícolas que exigem esforços do trator, o ruído total ultrapassa o dobro (+ 3dB) do ruído do motor sem carga.

- entre as operações agrícolas ensaiadas, a subsolagem gerou um maior nível de ruído.

- o índice de 59,9 % de incidência de perdas auditivas induzidas por ruído em tratoristas é muito elevado, superando a maioria dos índices de outros profissionais.

- verifica-se que há um aumento do número de perdas auditivas, diretamente proporcional ao tempo de exposição do tratorista ao ruído.

- pode-se afirmar que a operação de tratores agrícolas (8h/dia) é um trabalho insalubre, pois, em menos de 5 anos de atividades, a hipoacusia já é registrada.

7 Referências Bibliográficas

- [1] BERDUCAT, M. "Influence l'outil sur le niveau sonore à l'intérieur des cabines de trateur" - Trabalho apresentado no Congresso "Le Bruit en Agriculture", de 16 fev. a 14 de jun. de 1988 em Paris.
- [2] BURK, W. "Manual de medidas acusticas para el control del ruido" Editorial Blume, 3ª Edição 1969, Barcelona.
- [3] CAMPANA, C.L. "Insalubridade residual do ruído em tratores cabinados" - Revista Brasileira de Saúde Ocupacional: 12(47): 50-53, 1984.
- [4] FERNANDES, J.C. & VALARELLI, I.D. "Avaliação do nível de ruído em tratores agrícolas" XIX Congresso Brasileiro de Eng. Agrícola, Piracicaba, 1990.
- [5] FERNANDES, J.C. "Avaliação dos níveis de ruído em tratores agrícolas e seus efeitos sobre o operador". Botucatu, 1991, 194 páginas. Tese de Doutorado. UNESP 191 Referências Bibliográficas.
- [6] ISO 5131 - "Tractors and machinery for agriculture and forestry - Measurement of at the operator's position" - International Standard, 1982.
- [7] LIERLE, D.M. & REGER, S.N. "The Effect of Tractor Noise onthe Auditory Sensitivity of Tractor Operators" - The Annals of Otology Rhinology & Laryngology, vol.62, n.2 p.372-388,1958
- [8] MADUREIRA, T.C. & FERNANDES, J.C. & ANDREATTA, J.A. "Avaliação dos efeitos do ruído de tratores sobre o operador" - XIX Congresso Brasileiro em Eng. Agrícola, Piracicaba, 1990.

- [9] MERLUZZI, F. & CORNACCHIA, L. & PARIGI, G. & TERRANA, T. "Metodologia di Esecuzione del controllo dell'uidito dei Lavoratori Espositia Rumore" - Nuovo Archivio Italiano di Otologia, vol 7 n.4 p.695-714, 1979.
- [10] NBR 9999 - Norma Brasileira - "Medição do nível de ruído, no posto de operação de tratores e máquinas agrícolas. ABNT - 1987.
- [11] ROBERT, B. "Insonorisation d'une cabine de tracteur agricole" - Trabalho apresentado no congresso "Le Bruit en Agriculture" de 16 fev. a 14 de 1988, Paris.
- [12] WESTON, H.R. "A Survey of tractor Noise and the Effects on Hearing" - The Journal of the Australian Institute of Agricultural Science, vol. 29, n.1 march, p.15-22, 1963.
- [13] ZAMBERLAN, M.C.P.L. et alii - "Avaliação Ergonômica de Tratores Agrícolas" - Unidade de Programas de Desenho Industrial - out. 1988 - Rio de Janeiro.
-

Simpósio Brasileiro de Acústica Veicular

A SOBRAC, dentro de suas prerrogativas de estimular e difundir a acústica e a ciência das vibrações, realizou nos dias 26 e 27 de agosto p.p. o I Simpósio de Acústica Veicular (I SIBRAV).

Estiveram presentes ao evento mais de 150 profissionais da área, representando diversas e importantes empresas do ramo automobilístico e instituições universitárias, os quais tiveram oportunidade de realizar intercâmbio profissional, através de contatos efetuados, das palestras proferidas, ou mesmo conhecendo equipamentos e materiais na mini-exposição, onde as empresas Edisa Informática, Brüel & Kjaer, Santa Marina, Illbruck e Vibranihil expuseram seus produtos.

Neste primeiro SIBRAV, tivemos a honra da presença de dois convidados especiais, Eng. Maurício C. Damasio-Diretor da Eng. Experimental da Mercedes-Benz do Brasil e o Eng. Luc de Ferran-Diretor de Operações de Caminhões da Autolatina S/A, que explanaram a respeito das atividades que suas empresas vem desempenhando nas áreas correlatas ao tema do evento.

A comissão organizadora considera esta realização um grande sucesso, sucesso este atribuído aos excelentes trabalhos técnicos apresentados e aos profissionais e empresas que prestigiaram-nos com sua presença, o que nos estimula à realização do II SIBRAV em 1993, cujos preparativos já estão em curso, para o que, desde já, convidamos todos interessados a colaborar conosco com patrocínio, exposição de produtos, sugestões e preparação de artigos técnicos para palestras. Endereço para correspondência:

Secretaria Geral da SOBRAC

Rua das Alfazemas, 31 - Vila Alpina

03204 - São Paulo - SP

HONORIO C. LUCATTO - Com. Organizadora

LIVROS

- [1] "El Hombre Y las Vibraciones"-Aspectos físicos, jurídicos de la acción de las vibraciones en el ser humano.
Autores: Antonio M. Méndez, Antonio F. Werner.
AD-HOC S.R.L. - Av.Córdoba, 1377 Tel.42-3092
1055-Buenos Aires - Argentina.
- [2] "El Ruido Y la Audición"
Autores: Méndez, Werner e Zalazar.
AD-HOC S.R.L. - Av.Córdoba, 1377 Tel.42-3092
1055-Buenos Aires - Argentina.
- [3] "Ruído: Fundamentos e Controle "
ISBN 85-900046-01-X /1a. Edição - 92
Autor: Prof. Samir N.Y. Gerges, Ph.D.
Centro Brasileiro de Segurança e Saúde Ocupacional
Rua Santo Antonio, 104 - Campinas-SP
Fone: (0192) 51-5194 Fax: (0192) 52-7297.

CURSOS E EVENTOS

- Jul/92 - S.PAULO - Modelagem de Sistemas Dinâmicos.
Set/92 - S.PAULO - Técnicas de Instrumentação em Veículos, Vibração e Dinâmica de Sistemas.
Out/92 - B.HORIZONTE - Análise de Tensões e Extensometria Aplicada.
Contato: AEA R: Cubatão, 608 Vila Mariana-04013-São Paulo-SP.
Fones: (011)549-0281/571-4927 - Fax: 571-4590 - Telex: 11 35592 AEAE BR
- 30 Março-3 Abril - Clinical Audiology.
6-8 Abril - Instrumentation and Measurement Technique for Noise Control (conduzido em conjunto com Brüel & Kjaer).
13-15 Abril - Active Control of Sound and Vibration.
07-11 Setembro - Technical Audiology.
14-18 Setembro - 21st Advanced Course in Noise and Vibration.
Setembro - 11th Annual Engine Noise & Vibration Control Course.
Informações adicionais relativas aos cursos acima podem ser obtidas de:
ISVR Conference Secretary. Institute of Sound and Vibration Research
The university, SOUTHAMPTON, SO 9 5NH - Inglaterra.
Tel: 0703 592310 Fax: 0703 593033

1992 Maio 11-15 - Acoustical Soc. of America Meeting. Salt Lake City, UT
Contact: Elaine Moran. Acoustical Society of America
Woodbury, NY 11797, USA 500 Sunnyside Blvd.

1992 Maio 17-21 - Acoustical Society of America Meeting. Ottawa, Canada.
Contact: Elaine Moran. Acoustical Society of America
Woodbury, NY 11797, USA 500 Sunnyside Blvd.

1992 Julho 18-19 - INTER-NOISE 92 Seminar, Toronto, Canada
Contact: Institute of Noise Control Engineering, P.O. Box 3206 Arlington
Branch, Pough-Keepsie, NY 12603, USA.

1992 Julho 20 - INCE Fundamentals and Professional examinations.
Contact: Institute of Noise Control Eng., P.O. Box 3206 Arlington Branch,
Pough-Keepsie, NY 12603, USA.

1992 Julho 20-22 - INTER-NOISE 92, the 1992 International Congress on Noise
Control engineering, Toronto, Canada.
Contact: Institute of Noise Control Eng., P.O. Box 3206 Arlington Branch,
Pough-Keepsie, NY 12603, USA.

1992 Outubro 19-23 - Acoustical Society of America Meeting. Memphis, TN
Contact: Elaine Moran. Acoustical Society of America
Woodbury, NY 11797, USA 500 Sunnyside Blvd.

1992 Outubro 14-16 - Bologna (Italy) Vehicle Comfort
Ergonomic, Vibration, Noise and Thermal Aspects
Fax: + 39 11 638278

1993 Mar./Abr. - XIV Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica
Florianópolis, SC

1993 Mar./Abr. - II Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído
Florianópolis, SC

1993 Maio 31-Junho 3 - Noise 93 - S. Petersburg, Russia
Contact: Prof. M.J. Crocker. Conference Co-chairman Noise 93
Depto. of Mechanical Engineering - 201 Ross Hall
Auburn University, AL 36849-5341 - USA.