

Ruído ocupacional e a inteligibilidade em salas de aula

Valéria de Sá Barreto Gonçalves (PPGEP/ UFPB) lelajp@terra.com.br

Liliane Sena (UFPB) lilianesena@yahoo.com.br

Márcio Carvalho (UFPB) mkarvalho2005@yahoo.com.br

Luiz Bueno da Silva (PPGEP/ UFPB) bueno@producao.ct.ufpb.br

Resumo

No ambiente escolar, o ruído não é apenas um incômodo, mas interfere no rendimento das atividades de ensino. O objetivo desta pesquisa foi verificar o nível de pressão sonora existente no interior das salas de aula de escola pública municipal da cidade de João Pessoa (PB), comparar com o permitido pela legislação verificando o grau do conforto/desconforto e a quanto pode interferir no nível de inteligibilidade de fala. A metodologia utilizada foi à coleta de dados sendo elaborada em etapas. Os resultados indicam que o nível médio de ruído encontrado é de 77,7dB (A), o que comprova que está acima do estabelecido como aceitável para salas de aula segundo Associação Brasileira de Normas e Técnicas (ABNT), que no máximo é 50dB (A). Conclui-se que a escola avaliada não está preparada acusticamente para minimizar os efeitos negativos que o ruído provoca, causando desconforto e interferindo na inteligibilidade de fala dos professores.

Palavras Chave: Escolas, Ruído ocupacional, Inteligibilidade de fala.

1. Introdução

A preocupação com o meio ambiente e sua relação com a saúde não é recente. A poluição sonora vem se tornando um problema cada vez maior, exigindo ações e formas de controle para minimizar seus efeitos nocivos. A exposição ao ruído ocupacional em sala de aula pode trazer prejuízos à saúde auditiva e interferir diretamente no rendimento físico e mental do profissional diminuindo o rendimento de trabalho e conseqüentemente, baixando a produtividade.

Celani et al (1999) aborda que no ambiente escolar o ruído não é apenas um incômodo, mas interfere no rendimento das atividades de ensino. Gerges (2000) refere que as medições de ruído e vibrações permitem quantificações e análises precisas de condições ambientais incômodas. É necessário que o ruído seja aferido e que as influências das condições acústicas e o desempenho vocal desses profissionais também sejam avaliados.

O ruído é, na maioria dos países, o agente nocivo mais prevalente no ambiente de trabalho. Moraes e Regazzi (2002) relatam que nenhum dos riscos existentes no ambiente de trabalho se faz tão presente como o ruído. Os autores relatam ainda que um trabalhador gasta em média 20% a mais de energia em ambientes ruidosos. As estatísticas do INSS comprovam que o ruído tem sido um agente causador de doenças, estresse ocupacional e acidentes. Assim, é fundamental que o ruído esteja controlado no ambiente de trabalho.

Em acústica de salas de aula é importante conhecer o comportamento dos sons para eliminar os ruídos que interferem na percepção da fala, promovendo um ambiente apropriado para o aprendizado. As recomendações da ISO R 14002:1996, NBR 10151 estabeleceram para conforto acústico em comunidade o nível critério básico de 45 dB (A) de ruído externo. Pesquisas sobre os efeitos do ruído em crianças da pré-escola têm mostrado uma conexão da exposição do barulho crônico e a alfabetização. Projetos de escolas que dão maior atenção para características acústicas têm como consequência melhor aproveitamento escolar (MAXWELL e EVANS, 2000).

O objetivo desta pesquisa foi verificar o nível de pressão sonora existente no interior das salas de aula de escola pública municipal da cidade de João Pessoa (PB), comparar com o permitido pela legislação verificando o grau do conforto/desconforto e a quanto pode interferir no nível de inteligibilidade de fala.

2. Revisão da Literatura

Com relação a nível sonoro, o ruído deve ser tão baixo quanto possível. Para conseguir isto se devem utilizar equipamentos com uma mínima emissão sonora, assim como melhoria contínua a acústica da sala de trabalho.

Os níveis de ruído devem ser entendidos aqui não como aqueles passíveis de provocar lesões ao aparelho auditivo, mas como a perturbação que podem causar ao bom desempenho da tarefa. Muitas vezes, equipamentos ruidosos são colocados em ambientes onde são necessariamente obrigatórios. Apenas isolando as impressoras em locais outros que não as salas de digitação, temos conseguido melhorar as condições acústicas destes ambientes (IIDA, 1990).

A acústica é uma área de relevância para estudo, principalmente por caracterizar o ruído quanto ao nível de pressão sonora, por determinar a faixa de frequência percebida pela orelha humana, por realizar a classificação dos tipos de ruído, e por permitir acesso aos conhecimentos úteis relativos aos efeitos dos fenômenos sonoros sobre a audição.

2.1 Acústica e Psicoacústica

Segundo Santos e Russo (1999), a Acústica é a parte da física que se preocupa com o estudo do som, tanto em sua produção e transmissão, quanto na sua detecção pelo ouvido humano. E divide-se em Acústica Física, quando se tratam do estudo puro das vibrações, ondas mecânicas e tem como principal objeto o som; e Acústica Fisiológica ou Psicoacústica, que é a parte da acústica relacionada à sensação que o som produz nos indivíduos, os

juíamentos e impressões que eles emitem ao receberem uma estimulaçãõ sonora em seus ouvidos.

O som é a modificaçãõ de pressãõ que se propaga em meios elásticos, não sendo, portanto, transmitido no vácuo. É o resultado do movimento ordenado e vibratório das partículas materiais que se propagam em oscilaçãõ em torno de uma posiçãõ de equilíbrio. Moraes e Regazzi (2002) relatam que o som consiste em um fenômeno físico causado por qualquer vibraçãõ ou onda mecânica que se propague em meio elástico, capaz de produzir excitações auditivas ao homem. Ruído é uma mistura de sons cujas frequências não seguem qualquer lei precisa e que diferem entre si por valores imperceptíveis ao ouvido humano, considerando como um som indesejado.

Segundo Iida (1999), fisicamente, o ruído é uma mistura complexa de diversas vibrações, medido em uma escala logarítima em uma unidade chamada de decibel (dB). Pode se destacar três características principais, frequência, intensidade e duraçãõ. Frequência de um som é o número de flutuações ou vibrações por segundo e é expressa em hertz (Hz), subjetivamente percebida como altura do som. A intensidade do som depende da energia das oscilações, é definida em termos de potência por unidade de área. A duraçãõ do som é medida em segundos. Esses três fatores influem diretamente nas condições de trabalho e podem afetar a inteligibilidade de fala dificultando a comunicaçãõ e o aprendizado.

Como os níveis de ruído podem variar de maneira aleatória, utiliza-se frequentemente medir o Nível de Pressãõ Sonora (NPS) contínua equivalente (L_{eq}), expresso em dB, que é uma integral de toda energia sonora durante um tempo "T" do som flutuante, equivalente a um valor de som constante possuindo a mesma energia total ou dose (OMS, 1980; OPAS, 1983).

Os aparelhos utilizados para medir o nível de pressãõ sonora são dotados de filtros de ponderaçãõ para aproximarem as medições das características de respostas do ouvido humano. Existem quatro tipos de filtros: A, B, C e D. Habitualmente utiliza-se o filtro A que apresenta respostas mais próximas daquelas do ouvido humano. Os níveis da escala A se medem em deciBeis e são expressos como dB (A) (OPAS, 1983).

2.2 Inteligibilidade de fala

A inteligibilidade de fala em salas é influenciada segundo Nábělek e Nábělek (1999) por três fatores: o nível da fala, a reverberaçãõ da sala e o ruído de fundo. A importânciade cada um destes, depende da distância do ouvinte da fonte sonora, porque os níveis dos sons diretos e refletido e o ruído de fundo variam ao longo da sala. Para uma boa inteligibilidade, a

intensidade de fala diminui de acordo com a distância da fonte, a modificação da fala freqüentemente pode ser necessária, especialmente em salas amplas.

Ambos os autores supra citados referem que o som da fala propaga-se a partir da fonte. Parte do som, chamado de som direto, viaja diretamente às orelhas do ouvinte. Quando a fonte sonora deixa de produzir som, a energia sonora na sala não desaparece instantaneamente. A energia diminui gradativamente sempre que o som bater nas superfícies e, além disso, é absorvido pelo ar, esse processo é denominado de reverberação. A medida da quantidade de declínio, ou da reverberação, é denominada tempo de reverberação (T); a inteligibilidade da fala depende do tempo de reverberação e da relação entre as energias direta e refletida.

O nível de ruído dentro de uma sala, proveniente de fontes de ruído externo, depende da intensidade desses ruídos, das propriedades de isolamento sonoro das divisórias que cercam a sala e da absorção sonora da sala. Os materiais de absorção servem para dois propósitos: reduzem o tempo de reverberação e reduzem o nível de ruído de fundo. Em uma sala de aula, o som da fala direta está misturado com o som de reverberação e com o ruído de fundo.

Se o ruído estiver misturado com a fala, então algumas partes da fala encobertas pelo ruído se tornarão inaudíveis, ou mascaradas. Os efeitos globais do ruído na percepção da fala-ruído (F/R) expressa em dB. As pontuações de reconhecimento da fala são geralmente altas quando a relação F/R é alta e baixa quando a relação F/R é baixa.

Pearsons et al. (1977) informaram que a média ponderada A dos níveis de ruído de fundo em escolas e em casas estava entre 45 dB e 55 dB. Com o nível médio de fala aproximadamente 65 dB medindo a uma distância de 1m da boca do falante, em relação F/R nas escolas e casa é por volta de + 10 a + 20 dB, isto é, o nível de fala é 10-20 dB mais alto do que o nível de ruído.

Considerando que o nível de ruído nas salas de aula faz com que a relação sinal/ruído esteja bem abaixo do desejado para o ambiente de aprendizagem, supões que a habilidade de reconhecimento de fala poderá sofrer prejuízos (DANIEL et al, 2003).

Em salas silenciosas, a inteligibilidade da fala diminui com o aumento do tempo de reverberação, que, até certo ponto é semelhante ao ruído e afeta a identificação das consoantes mais do que as vogais. Os sons da fala recebidos a uma distância da fonte sonora diferem dos sons recebidos próximos à fonte. Os seguintes aspectos do som dependem da distância: o NPS, a relação F/R e a relação entre energia das fala direta refletida. Todos os três aspectos podem influenciar na percepção da fala.

Quando o ruído é combinado com a reverberação, o entendimento da fala torna-se difícil. Pode-se concluir que, para manter alta inteligibilidade de fala o tempo de reverberação em salas com níveis consideráveis de ruído deveria ser menor do que o tempo de reverberação em lugares silenciosos.

A presença de ruído durante o processo de comunicação diário causa, muitas vezes, dificuldades na percepção da fala e grandes níveis de estresse, até mesmo em pessoas com audição normal (SOCINI et. al, 2003).

Gerges (2002) relata que um sistema básico para medição de ruído consiste de um microfone de alta qualidade para converter a grandeza física pressão acústica em sinal elétrico. Este sinal de pequena amplitude deve passar por pré-amplificadores lineares e circuitos de compensação (A, B, C) e/ou filtro de passa banda. Depois o sinal passa a uma outra amplificação variável e detector RMS com várias constantes de tempo médio. O sinal é indicado em dB, dB (A), dB pico ou dB impulso. Este estudo propõe verificar a relação do ruído com a inteligibilidade de fala.

Silva et. al (2003) relatam que por ter atingido um estágio superior de evolução em relação às demais espécies animais, o homem desenvolveu uma forma de comunicação – a linguagem falada – que lhe é característica e que lhe permite transmitir e receber informações de forma requisitada. O próprio estágio de evolução levou o homem ao desenvolvimento tecnológico, com o invento e fabricação de engenhos que lhe proporcionam comodidade e prazer nas mais diversas situações da vida diária.

Desta forma, hoje o ser humano já não está exposto pelos fenômenos naturais como o som dos ventos, dos trovões e das águas. Paralelo ao desenvolvimento tecnológico, surgiu o ruído, fenômeno a que estamos expostos e com o qual temos de aprender a conviver, pois não se vislumbra a possibilidade de nossas vidas (Silva et. al, 2003).

Considerando a constante presença de ruído em nossas vidas, vários estudos têm sido realizados, objetivando avaliar a interferência do ruído na compreensão da fala. Entre estes destacam-se os de Kalikow et al. (1997); Nilsson et al. (1994); Costa. (1997); Pagnossim. (1999) esse último estudo, a autora sugeriu que fossem realizadas pesquisas quanto à influência do nível de escolaridade no reconhecimento de sentenças na presença de ruído competitivo, que é a proposta neste trabalho.

Watson (1991) e Pereira (1993) destacaram que o nível intelectual, social, cultural e de escolaridade, além da motivação, interesse e nível de estresse do paciente, no momento do teste, podem interferir nos resultados de uma avaliação de reconhecimento de sentenças. Porém, nenhum estudo refere a real interferência decorrente destes fatores.

3. Metodologia

Esta pesquisa é um teste piloto realizado em escola pública municipal de João Pessoa (PB). No que se refere à caracterização da pesquisa, o estudo é quantitativo de caráter exploratório, com base nos procedimentos técnicos de coleta e análises de dados, classifica-se como pesquisa prática e de levantamento de dados. É um projeto piloto apenas uma escola foi avaliada, escolhida pela localização; está situada em um cruzamento, um de ponto de ônibus, um semáforo, e próxima à via principal do bairro. Foram avaliadas sete salas de aula em uso e em momento de silêncio.

A legislação utilizada como base para avaliação da exposição do ruído ocupacional no interior das salas de aula foi fundamentada na resolução CONAMA nº 001 – Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente que visa controlar a poluição sonora e cita a norma regulamentadora NBR 10.151 e NBR 10.152.

A norma NBR 10.151 fixa as condições exigíveis para avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidades. A norma NBR 10.152 estabelece como nível de conforto acústico as salas de aula valores entre 40 e 50 dB (A).

Para a coleta de dados foi utilizado como instrumento medidor de níveis de pressão sonora o tipo decibelímetro. Marca: *Instrutherm*. Modelo: *Sound Level Meter* (SL – 4011). Fabricante: *Instrutherm* instrumentos de medição LTDA.

Para esta pesquisa foi utilizado o circuito de ponderação – “A”; Circuito de resposta – “lenta – *SLOW*”; Faixa de medição entre 50 a 100 dB (A). Devidamente calibrado. A análise de sinais dos fenômenos físicos desenvolvidos nesta pesquisa foi descrita através da expressão matemática $NPS = 10 \log$.

$$L_{eq} = 10 \cdot \log \left[\frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N 10^{0,1 \cdot L_i} \right]$$

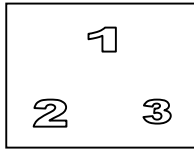
Onde:

L_{eq} – nível de pressão sonora equivalente, em dB (A)

L_i – nível de pressão sonora medido a cada instante “i”, em dB (A)

N – número total de medições

Foram realizadas duas avaliações em cada um dos três pontos específicos selecionados no local, totalizando seis medições em cada sala, em um número de sete salas de aula, totalizando quatorze medições sendo sete em pleno funcionamento e sete em silêncio.



Após a aplicação do decibelímetro, registraram-se os resultados e o que os mesmos significam para verificar o nível sonoro existente em sala de aula na cidade de João Pessoa e comparar com o permitido pela legislação.

4. Resultados

O nível de pressão sonora coletado no interior das salas de aula da escola pesquisada variou entre *Leq* 67,1 a *Leq* 87,5 dB (A). A figura 1 descreve esses valores distribuídos por salas separadamente. Esses valores servem para verificar os níveis de pressão sonora no interior das salas, constatando que todos estão acima do limite ideal estabelecido como aceitável pela NBR 10152 da ABNT, como nível de conforto acústico para salas de aula, valores entre 40 e 50 dB (A). E com relação a inteligibilidade de fala o limite ideal para comunicação humana que deve ser em - 10dB abaixo dos NPS que é de 60dB o que também não acontece dificultando o processo de comunicação entre professor e aluno.

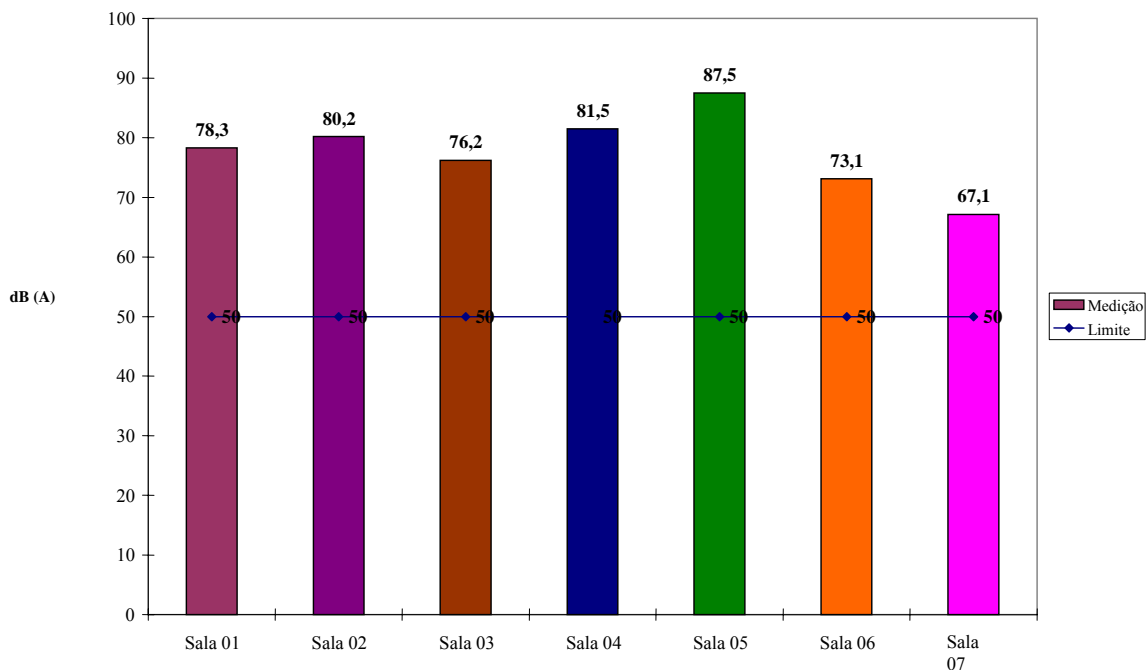


Figura 1: Média da pressão sonora no interior das salas de aula em atividade

A figura 2 apresenta informações sobre o nível sonoro em medição das sete salas de aula em silêncio onde se confirma que mesmo as salas apresentando-se sem desenvolvimento das atividades escolares, ainda assim, apresentam índices acima dos limites permitidos pela

legislação em vigor, demonstrando a necessidade de alerta as pessoas que ali trabalham, e dos alunos que ali estudam, pois os professores, certamente, estão sendo prejudicados com relação ao esforço vocal que têm que fazer para que os alunos compreendam e, os alunos pelo nível de ruído ser elevado podem está sendo prejudicados com relação a aprendizagem. Da análise, conclui-se que os valores apresentados nas salas avaliadas em silêncio variam entre *Leq* 55,8 dB (A) e o máximo de *Leq* de 71,1 dB (A).

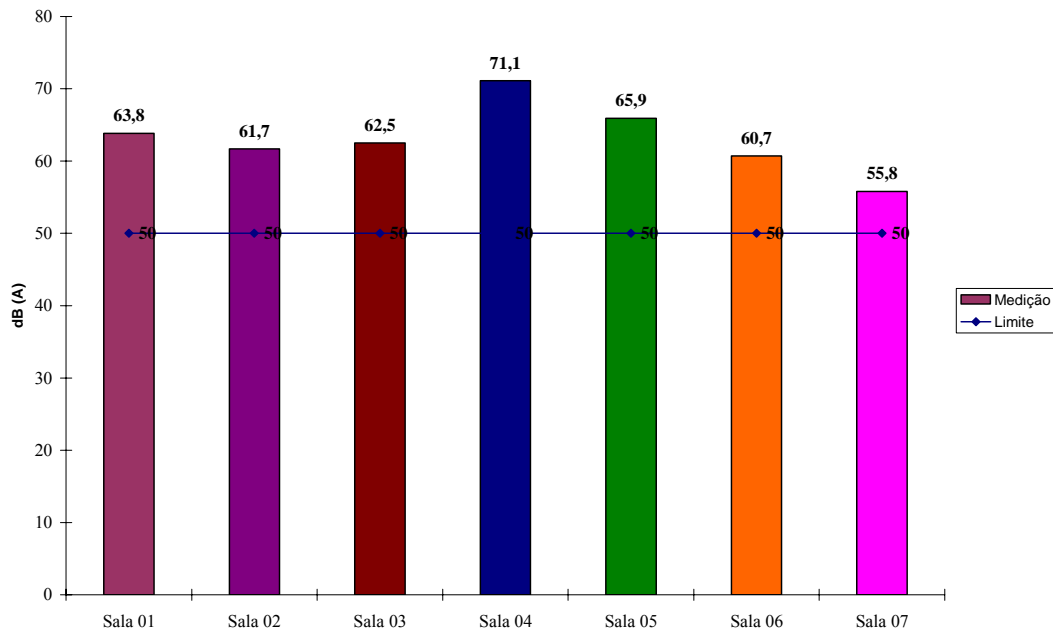


Figura 2: Média da Pressão sonora no interior das salas de aula em silêncio

5. Discussão

Após a verificação dos níveis de pressão sonora no interior das salas de aula de escola pública municipal de João Pessoa pôde-se verificar que as salas 01, 02, 03 e 04 apresentam telhado com sustentação de madeira, enquanto as salas 05, 06 e 07 são de laje, onde se verifica uma reverberação considerável. Constatando que a interferência do ruído nos espaços escolares e as condições acústicas das salas de aula precisam ser consideradas e analisadas por profissionais como Arquitetos, Engenheiros, Educadores e fonoaudiólogos, uma vez que se reconhece a influência rela destes fatores no processo de ensino-aprendizagem e na qualidade de vida das pessoas (GUERRA e MENEZES, 2005).

A reverberação é um fenômeno que mascara a inteligibilidade do som através da absorção do mesmo pelo ar ou através de reflexos em estruturas físicas do ambiente. Na escola visitada fez-se um levantamento analítico das salas de aula e foi observado que três dessas salas possuíam teto relativamente baixo, de laje, o que impede a saída de ar e som,

tornando o ambiente propício às reflexões sonoras. As demais salas apresentavam uma estrutura física um pouco mais favorável ao combate aos fatores reverberantes, pois possuíam materiais acusticamente absorventes (com aspecto poroso e pouco reflexivo) no teto, como a madeira e a telha. Observou-se também que em todas as salas possuíam no mínimo duas janelas de madeira, o que facilitava a absorção sonora.

De acordo com a NBR 12179 que se refere ao tratamento acústico em recintos fechados, algum dos materiais citados a seguir são recomendados em ambientes suscetíveis aos fatores reverberantes, pois com o aumento da frequência do ruído verifica-se uma compensação do coeficiente de absorção acústica, são eles: carpetes, cortinas, madeira, materiais recicláveis, papelão, tecidos de algodão, etc. Dependendo do estilo de local que se deseja projetar, é necessário fazer um levantamento dessas peculiaridades que viabilizam um ambiente bem estruturado, não apenas com relação ao ruído, mas também quanto à temperatura, luminosidade e ventilação.

O nível médio de pressão sonora no interior das salas de aula foi de aproximadamente 77,7dB(A), o que faz o professor ministrar a aula com um volume de voz acima em torno de + 10dB(A), ou seja, por volta de 87,7dB(A) que segundo Pearsons (1977) torna a prática do aprendizado prejudicada e desconfortável para professores.

6. Conclusões

A partir dos resultados encontrados, foi possível verificar que a escola avaliada possui índices elevados de ruído, não apresentando boa adequação acústica para que o professor obtenha um bom desempenho e sinta-se confortável com relação a intensidade de sua voz, como também em relação ao ensino aprendizagem dos alunos que lá estudam. Isso, para que a inteligibilidade de fala dos professores não seja prejudicada.

Verificou-se, após o término desta pesquisa, que para se obter um bom desempenho vocal e melhores índices de aprendizagem, se faz necessário que os aspectos como o ruído e a acústica das salas de aula sejam observadas e levadas em consideração pelos responsáveis do projeto desde o momento elaboração, construção e implantação dessas edificações escolares.

7. Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10151: avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade. Rio de Janeiro; 1987.

BRASIL, Ministério do Trabalho. Portaria nº 3214/78, NR – 15. Disponível em: <<http://www.portal.saude.gov.br>> . Acessado em 10 de fevereiro de 2005.

CELANI, A. C.; BEVILACQUA, M. C.; RAMOS, C. R. Ruído em escolas. Pró-fono, 1994; 6:1-4.

- DANIEL, R. C.; COSTA, M. J.; OLIVEIRA, T. M. T. Reconhecimento de fala no silêncio e no ruído em crianças com e sem histórico de repetência escolar. São Paulo: Pancast; Fono atual, Ano 6 nº 26 ISSN 1517-0632, 2003.35-41.
- GUERRA, J.; MENEZES, P. L. O ruído em ambiente escolar: estudo das interferências na relação entre ensino e a aprendizagem. Curitiba: BIO editora. Jornal Brasileiro de Fonoaudiologia V.5, n.21 ISSN 1517-5308. 2005. 253-7.
- GEREGES, S. N. Y. Ruído: fundamentos e controle. 2ª ed. Florianópolis: 2000.
- IIDA, I. (1990) - Ergonomia - Projeto e Produção. Ed. Edgard Blucher LTDA, São Paulo.
- NÁBĚLEK, A.; NÁBĚLEK, I. Acústica da sala e a percepção da fala. In : Kartz J. Tratado de audiologia clínica. São Paulo: Manole: Manole; 1997. p.617-30.
- MAXWELL, L. E.; EVANS G. W. The effects of noise on pre-school children's pre-reading skill. J Environ Psychol 2000; 20(1):91-7. 2000).
- MORAES, A. G.; REGAZZONI, R. D. Perícia e avaliação de ruído e calor passo a passo – Teoria e prática. Rio de Janeiro: 2002.
- OPAS - ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD. Critérios de salud ambiental 12: el ruído. Washington, E.U.A, 1983.
- PEARSONS, K. S. Speech levels in varions noise environments. Springfield: National Information Service PB-270 053; 1997.
- PEREIRA, L. D. Audiometria verbal: teste discriminação vocal com ruído. Tese Doutorado. Universidade de São Paulo, 1993.
- PIMENTEL-SOUZA, F. Efeitos da poluição sonora no sono e na saúde em geral - ênfase urbana. Revista Brasileira de Acústica e Vibrações, v.10, 1992. Disponível em: <http://www.ufmg.br/lpf/2-1>: Acessado em 21 de agosto de 2005.
- SANTOS, T. M. M., RUSSO, I. P. A Prática da Audiologia Clínica. São Paulo: Cortez, 1993.
- SILVA, S.; NASCIMENTO, R. B.; PAGNOSSIM. Reconhecimento de sentenças no ruído em indivíduos normo-ouvintes com diferentes níveis de escolaridade. São Paulo: Pancast; Fono atual, Ano 6 nº 26 ISSN 1517-0632, 2003.12-20.
- SOCINI, F; COSTA, M. J.; OLIVEIRA, T. M. T. Queixa de dificuldade para reconhecer a fala X limiares de reconhecimento de sentenças no ruído em normo-ouvintes com mais de 50 anos. São Paulo: Pancast; Fono atual, Ano 6 nº 26 ISSN 1517-0632, 2003.04-11.
- WATSON, B.U. Some relationships between intelligence and auditory discrimination. J Speech Hear. Res., v. 34 p. 621-627, 1991.