

AValiação DO CONFORTO ACÚSTICO DE PRÉDIO ESCOLAR DA REDE PÚBLICA: O CASO DE CAMPINAS

Stelamaris Rolla Bertoli

(1) Faculdade de Engenharia Civil - UNICAMP
C.P. 6021 – CEP 13.083-970 – Campinas - SP
e-mail:rolla@fec.unicamp.br

RESUMO

Este trabalho apresenta os resultados da avaliação acústica de prédios escolares da rede pública da cidade de Campinas. Essa avaliação e análise fazem parte de um projeto de pesquisa mais amplo, financiado pela FAPESP, que avaliou as melhorias de conforto ambiental das escolas da rede pública de Campinas. Foram avaliadas 15 escolas escolhidas estatisticamente. Parte do processo de avaliação constou de observação da edificação, aplicação de questionários para alunos (alfabetizados e não alfabetizados), professores, funcionários e diretores. Medidas de níveis de pressão sonora foram realizadas dentro e fora da edificação escolar. Internamente essas medidas foram realizadas em salas, corredores e pátio e externamente no limite do terreno e na rua. O tempo de reverberação das salas foi estimado. Os resultados indicam a inadequação dos espaços sob o ponto de vista acústico.

ABSTRACT

This paper presents the results of acoustical evaluations conducted in school buildings belonging to the state school system in the city of Campinas. This is part of a complete research, supported by FAPESP, to improve the environmental comfort in local school buildings. Fifteen schools were chosen statically. The environment was observed, forms were applied to students, teachers and staff. Sound pressure levels were measured inside and outside the building. Inside measurements were taken in classrooms, corridors and schoolyards and outside measurements were taken near site limits. The results show acoustical discomfort in most school buildings.

1. INTRODUÇÃO

A educação, a sala de aula e o ambiente escolar merecem estudos pormenorizados, atentos, críticos e permanentes. As condições acústicas das salas de aula precisam ser consideradas com responsabilidade, reconhecendo-se a sua influencia real no processo de ensino aprendizagem, na educação e conseqüentemente na vida das pessoas. A dissociação entre profissionais da Educação e técnicos (engenheiros e arquitetos) responsáveis pela definição dos espaços físicos nas escolas pode causar múltiplos problemas, resultando em salas de aula que não apresentam um desempenho adequado a sua finalidade. A propriedade essencial de uma sala de aula é a comunicação entre alunos e professores. É necessário que o aluno ouça e entenda o que está sendo falado. Níveis de ruído elevado prejudicam o desempenho do aluno e aumenta o desgaste dos professores

Para avaliar as condições de conforto acústico de um ambiente é necessário ter em mente duas frentes de atuação: a qualidade interna do ambiente e a influência do meio externo. A qualidade interna do ambiente refere-se em geral à geometria do espaço, à absorção sonora devida aos objetos e superfícies, a potência e localização da fonte das fontes sonoras. A influência do meio externo está associada a existência de fontes de ruído externas e a qualidade do isolamento das superfícies frente a esse ruído.

Estudos sobre acústicas de salas de aula apontam duas classes de problemas mais comuns: os devido aos ruídos internos e os devido aos ruídos externos. Os internos referem-se a impactos, vozes e reverberação. Os externos provem de trânsito, atividades industriais, atividades comerciais e atividades de lazer. Ambos porém resultam na falta de privacidade e na dificuldade de comunicação verbal em sala de aula.

A avaliação acústica de ambientes pode ser feita considerando vários enfoques como por exemplo medidas de níveis de pressão sonora internos e externos a edificação, levantamento de fontes de ruído e suas características (níveis, espectro, localização tempo de duração), medidas de tempo de reverberação, isolamento aéreo entre ambientes. No entanto a avaliação do conforto acústico depende da comparação dos parâmetros avaliados com valores recomendados. As soluções para correção e adequação acústica dos ambientes em alguns casos geram incompatibilidades entre as condições ideais de conforto térmico e acústico.

2. O CONFORTO ACÚSTICO DE SALAS DE AULA E ESCOLAS.

Existe um número razoável de pesquisas sobre avaliação acústica de salas de aulas no âmbito nacional. Esses trabalhos contribuem para comprovar os vários problemas relacionados ao desempenho acústico das edificações escolares e o processo ensino-aprendizagem. Alguns distúrbios de aprendizagem podem ser associados à dificuldade do aluno ouvir e entender o que o professor fala. Existem estímulos sonoros inadequados que podem originar dificuldades no ensino/aprendizado, principalmente em relação à inteligibilidade do som ambiente. A dificuldade na criação de condições acústicas adequadas está principalmente ligada à localização das escolas, em geral próximas a vias movimentadas, à falta de recuo, à localização e tamanho de janelas das salas de aula e à localização das quadras de esporte. Problemas de reverberação interna das salas também aparecem em grande número de escolas. Estas falhas apontam para algumas medidas simples que amenizem as condições desfavoráveis, como por exemplo a introdução de revestimento interno adequado nas salas de aulas para diminuir a reverberação. A mudança da localização da quadra de esporte é recomendada em outros casos. Apesar de ser uma medida complexa, é possível durante obras de ampliação ou reformas extensivas de uma escola. A interferência de ruído externo nas atividades escolares está intimamente ligada ao planejamento da rede escolar, com a definição da localização do patrimônio público. Este problema é de difícil solução. O que se recomenda é uma divulgação de subsídios que possam orientar o projetista de edificações escolares nas tarefas de projeto, como a adoção de recuos mínimos para condições acústicas adequadas, orientação apropriada das aberturas em relação às fontes de ruído, tipo de esquadrias com possibilidade de fechamento adequado e escolha de materiais de acabamento que amenizam as múltiplas reflexões com baixa absorção. (Ura e Bertoli, 1998, Paixão, 1997, Santos, 1995, Santos e Slama, 1993 e Serra e Biassoni, 1994). Em termos de legislação e norma sobre conforto em escolas encontra-se apenas indicação de níveis de conforto na norma NBR10152, que estabelece o intervalo de 40 a 50 dB(A) com valores confortáveis, mas não existe nenhuma indicação quanto a tempo de reverberação ideal

Em termos internacionais um breve levantamento bibliográfico indicou a existência de fórum específicos para a discussão de temas relativos a relação “ensino-problemas de acústica” como o workshop organizado pela a Acoustical Society of América onde foram apresentados e discutidos vários trabalhos sobre a relação ensino e conforto acústico. O evento “133rd Meeting Lay Language Papers” aconteceu em Nova York em fevereiro de 1999. As discussões fortalecem pontos observados na nossa realidade e indica a generalização do problema.

Segundo Picard e Bradley (1999), referindo-se à pesquisa realizada nos EUA, atualmente, as salas de aula são locais extremamente barulhentos. Na realidade são tão barulhentos que a maioria dos estudantes apresentam problemas em escutar a voz dos professores. Em particular, os níveis de pressão sonora durante as atividades escolares estão aproximadamente 4 a 38 decibels acima dos valores ideais, onde crianças normais (que possuem audição normal) possam entender otimamente o que está sendo falado. Assim, nestas condições, significa que estudantes com audição normal são capazes de entender apenas 66% das palavras pronunciadas pelos professores. Esta é uma situação alarmante somando-se à fadiga vocal dos professores que precisam se esforçar para elevar o tom da voz (Bradley,1986).

Vários relatos daquele evento indicam os mesmos problemas detectados nessa pesquisa. Ruídos externos à escola e de classes adjacentes, assim como ruídos gerados (ou transmitidos) por aparelhos de ventilação são parte do problema. Ruídos internos gerados pelos estudantes representam uma contribuição significativa. As soluções arquitetônicas e a aplicação da engenharia podem ajudar a reduzir a penetração de ruídos externos, das classes adjacentes ou dos corredores. Observou-se também que, aparentemente, não existem soluções simples para reduzir o ruído nas salas de aula e cada vez mais é necessário explorar soluções inovadoras. Fica claro também que a solução para o problema do ruído nas salas de aula depende do esforço coletivo de arquitetos, engenheiros, educadores e fonoaudiólogos para libertar os estudantes dos problemas acústicos.

Também nos EUA, de acordo com Erdreich e Moran (1999), muitas crianças, especialmente aquelas com problemas de audição ou aprendizado, estão enfrentando dificuldades para ouvir seus professores devido às más condições acústicas das salas de aula. Uma proporção alarmante destas salas de aula apresenta valores elevados de tempo de reverberação e ruído de fundo, tornando difícil, até mesmo para os alunos que possuem audição normal, entender o que está sendo falado. E geralmente, os problemas são causados por paredes impróprias, acabamento do piso, equipamento de ventilação ruidoso, propagação do som em geral, como vento ou tráfego de veículos.

O pesquisador americano Lubman (1999) afirma que a falta de uma boa acústica na sala de aula pode ser a razão da incapacidade do estudante não poder ler ou fazer a lição de casa. As condições acústicas em muitas salas de aula são inadequadas para algumas atividades, como aprender a ler, ouvir ou entender uma matéria nova. Nível de ruído elevado ou reverberação excessiva pode frustrar e desencorajar estudantes e professores. Normalmente, os professores colocam nível de ruído elevados em sua lista de reclamações. Os estudantes, em contraposição, não notam que as condições acústicas contribuem na dificuldade de seu aprendizado.

Parece haver um amplo consenso de que a comunicação oral mais satisfatória ocorre quando o nível da fala está 15 dB(A) acima dos ruídos de fundo. Já que a elevação da voz é limitada, as condições ideais para ouvir são conseguidas reduzindo-se os níveis de ruído de fundo local.

De acordo com propostas suíças, uma sala de aula com condições acústicas satisfatórias, deve apresentar níveis de pressão sonora menores que 30 dB(A). Muitas salas de aula americanas no entanto, apresentam níveis de ruído altos e inaceitáveis da ordem de 50dB(A) ou mais.

De acordo com especialistas em audição da ASHA (American Speech and Hearing Association), uma sala de aula acusticamente satisfatória deve apresentar um tempo de reverberação (TR) que não ultrapasse 0,4 segundos. Muitas salas excedem este valor em duas ou três vezes mais. A reverberação reduz a inteligibilidade da fala e a capacidade de ouvir afetando mais os que têm problemas de audição que os que ouvem normalmente. O tempo de reverberação pode ser medido ou estimado.

Numerosas pesquisas têm demonstrado que a condição acústica de uma sala de aula é uma variável importante que contribui para as atividades escolares das crianças, tanto das que possuem audição normal, quanto das que apresentam algum problema de audição. Por exemplo, a condição acústica de uma sala de aula foi identificada como um fator crítico nos desenvolvimentos psicoeducacional e psicossocial das crianças com problemas de audição. Especificamente, níveis impróprios de ruídos nas salas de aula e/ou a reverberação têm mostrado o efeito nocivo não só na percepção oral, como também na leitura, pronúncia, conduta, atenção e concentração das crianças (ASHA, 1995; Crandell,

1991; Crandell & Bess, 1986; Crandell, Smaldinho & Flexer, 1995; Finitzo-Hveber & Tillman, 1978; Ross, 1978).

3. OBJETIVO

O objetivo desse trabalho é avaliar o conforto ambiental, sob o ponto de vista acústico, de prédios escolares da rede pública estadual na cidade de Campinas. Através de parâmetros acústicos como nível de pressão sonora e tempo de reverberação obtidos nos diversos ambientes da escola o conforto acústico é caracterizado e analisado.

4. METODOLOGIA

A metodologia baseia-se no universo pesquisado de 15 escolas da rede pública estadual, escolhidas aleatoriamente com base estatística entre as 150 escolas localizadas na região de Campinas, São Paulo. Na pesquisa de campo, foram efetuadas observações e medições técnicas em relação ao conforto ambiental (térmico, visual e acústico). Foram aplicados questionários para diretores, funcionários, professores e alunos alfabetizados e não alfabetizados. Nestes questionários foram levantados os níveis de satisfação, preferências e desejos dos usuários e em especial duas questões sobre a acústica foram abordadas. Foram analisados 43 ambientes (salas de aula e pátio) nas 15 escolas em três horários específicos (8h00, 12h00 e 16h00). Foram aplicados 1891 questionários (15 diretores, 48 funcionários, 56 professores, 1414 alunos alfabetizados e 358 alunos em alfabetização). Quanto aos aspectos acústicos foram medidos os níveis de pressão sonora (NPS) e estimados os tempos de reverberação. Nas salas de aula, corredores e pátios, as medidas de NPS foram realizadas com o medidor de nível de pressão sonora da Robotron nos horários acima especificados e em três situações: sala de aula e escola vazias, sala de aula vazia em horário de recreio e salas de aula cheias. Nos casos em que nas salas existiam equipamentos ruidosos (por exemplo, ventilador) as medidas eram repetidas com e sem o equipamento funcionando.

5. RESULTADOS E ANÁLISE

Os resultados e a análise das medidas de nível de pressão sonora, da estimativa dos tempos de reverberação e da avaliação de satisfação dos usuários são apresentadas nas próximas sessões.

5.1 Nível de pressão sonora

Na tabela 1 são apresentados de forma resumida os dados de nível de pressão sonora (NPS) coletados nas salas de aula, corredores e pátio das 15 escolas escolhidas para estudo.

Para efeito de avaliação de conforto acústico de ambientes tomamos como base a norma NBR10152 que estabelece como nível de conforto em escolas valores entre 40 e 50 dB(A), lembrando que o limite inferior é o valor confortável e o limite superior é o aceitável.

A grande maioria das salas de aulas analisadas apresentaram valores superiores a 50 dB(A), portanto fora da condição de conforto.. Nas situações onde os ventiladores estão em funcionamento os níveis sofrem um aumento significativo (10 dB(A) em vários casos) agravando ainda mais a condição de conforto acústico.

Comparando os resultados das medições de nível de pressão sonora (NPS) com as características construtivas e de distribuição espacial das salas e do pátio destas 15 escolas estaduais, é possível notar que há influência da orientação das janelas das salas de aula, do ruído do pátio e do corredor, e também da disposição destas salas no corredor.

Salas de aula que apresentam as janelas voltadas para ruas ruidosas apresentaram NPS elevado. Ao estudar duas salas em uma mesma escola, verificou-se que há grandes diferenças nas condições acústicas de cada uma devido à localização destas em relação à rua. Salas de aula próximas ao pátio ou

localizadas em corredores largos e extensos também apresentaram níveis de pressão sonora mais elevados.

Tabela 1 – Níveis de pressão sonora dos diversos ambientes das edificações escolares estudadas.

Es-co-la	Nível de pressão sonora (dB(A))							
	Escola Vazia				Escola funcionando			
No.	Sala c/vent.	Sala s/vent	Corredor	Pátio	Sala c/vent.	Sala s/vent	Pátio	Ruído externo
1	61,7-65,2	51,2-58,2	57,9-66,1	60,5	-	59,0-83,3	88,4	35,0-58,1
2	57,1-73,4	37,2-66,8	-	57,1	62,7-72,8	64,8-78,7	78,7	30,2-51,4
3	-	49,4-57,3	50,2-62,1	56,7	-	58,0-75,1	58,0	40,7-60,6
4	57,9-62,1	47,4-57,3	49,1-63,7	51,1	61,9-81,7	63,7-82,3	78,8	54,4-65,8
5	-	39,2-50,5	48,4-54,1	44,4	-	47,1-68,5	86,7	46,4-50,1
6	59,5-62,6	47,0-52,3	49,7-53,8	56,6	63,8-77,2	59,5-62,6	72,6	-
7	50,0-60,3	39,7-47,9	45,2-55,0	53,1	60,0-71,6	61,6-69,6	75,6	-
8	64,0-69,5	61,2-66,3	63,0-70,1	68,0	64,1-71,2	64,3-72,2	79,8	68,3-75,2
9	65,3-72,7	63,7-68,9	68,9-74,5	68,4	62,5-84,4	59,9-81,6	82,5	61,6-67,0
10	67,8-69,5	63,6-65,5	65,8-69,2	64,8	66,2-71,9	60,3-68,5	67,8	-
11	61,0-71,7	43,7-58,2	53,6-80,1	60,8	65,4-76,9	62,4-76,9	81,2	-
12	-	40,0-45,8	47,0-48,9	46,5	-	54,4-65,9	76,4	46,0-46,7
13	-	51,4-63,3	54,3-57,3	57,6	-	58,3-83,0	73,3	61,1-70,6
14	58,6-73,9	54,7-63,6	55,0-59,9	70,7	59,9-91,2	48,0-83,8	90,0	63,2-67,3
15	66,5-69,0	65,4-71,6	66,6-83,2	68,1	73,1-78,1	48,9-77,7	83,1	73,5-82,2

Notou-se também que as fontes de ruído interno (próprios alunos, aparelho de ventilação) e as fontes de ruído externo (ruas ruidosas, pátio, corredores) são semelhantes em todas as escolas e a influência que elas exercem no aumento do NPS tem valores aproximadamente iguais.

A diferença entre as medições de salas vazias com ventilador ligado e sem ventilador ligado é muito grande. Contudo esta diferença sofre um “efeito de mascaramento” quando a sala está cheia ou no horário do recreio. Os maiores níveis de pressão sonora foram obtidos quando as salas estavam cheias, observou-se também que, na maioria das vezes, o uso do ventilador gera um aumento no tom da voz do professor e dos alunos.

Existe na literatura uma tabela que indica para diferentes distâncias entre a fonte e o receptor para um determinado nível de pressão sonora (NPS) como deve ser usada a voz. Por exemplo, se a distância entre a pessoa que fala e a pessoa que ouve for de 30cm e o nível de ruído de fundo for de 65 dB(A) a pessoa que fala pode fazê-lo de forma normal, mas se a distância entre eles é de 1,2m a pessoa precisa falar muito alto. Se considerarmos a situação de uma sala de aula cujo distância entre professor e aluno seja de aproximadamente 3,6m e se o nível de ruído de fundo for de 61 dB(A), segundo essa tabela a pessoa que fala para ser entendida precisa gritar.

Analisando as medidas de NPS obtidas nas 15 escolas e comparando-se com esta tabela, pode-se afirmar que é necessário que o professor “grite” para ser entendido pelos seus alunos na maioria destas escolas. Pois as salas de aula estudadas possuem dimensões bem maiores que 3,6m e níveis de ruído de fundo destas salas em geral bem maiores que 61 dB(A).

Das quinze escolas estudadas, apenas duas apresentaram valores de NPS dentro do recomendado pela norma quando as salas estavam cheias. Esta escola estão localizadas em bairros cujas quadras são bastante arborizadas e com razoável tráfego de veículos, porém as salas não ficam muito próximas à rua. Nas outras escolas, o NPS ficou bem acima do valor recomendado por norma.

5.2 Tempo de reverberação

Os resultados dos tempos de reverberação estimados para as salas de aula das escolas estudadas são apresentados na tabela 2, onde Tr_{min} e Tr_{max} representam os limites inferiores e superiores, respectivamente, das faixas de tempos de reverberação encontrados.

Tabela 2 – Tempos de reverberação (Tr) estimados para as salas de aulas das escolas estudadas

Escola	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$Tr_{min}(s)$	1,86	1,10	1,52	1,30	1,92	1,25	1,15	1,09	1,14	1,15	1,24	0,95	1,32	0,91	0,94
$Tr_{max}(s)$	1,93	1,41	1,61	1,32	1,95	1,51	1,26	1,34	1,15	1,87	1,27	1,00	1,34	1,21	1,38

No Brasil não existe recomendação sobre tempo de reverberação ideal para salas de aula. Para efeito de análise, vamos considerar como valor ideal de tempo de reverberação para escolas seja de 0,4 s, conforme recomendação da ASHA (American Speech and Hearing Association), De acordo com especialistas em audição da ASHA (American Speech and Hearing Association), uma sala de aula acusticamente satisfatória deve apresentar um tempo de reverberação (TR) que não ultrapasse 0,4 segundos.

Dos resultados encontrados para os Tempos de Reverberação destas salas, nota-se que todas elas apresentam TR maior que o recomendado. O pior resultado encontrado foi 1,95s e o melhor 0,91s, ambos bem acima do valor recomendado.

A grande dificuldade na estimativa do Tempo de Reverberação é encontrar o coeficiente de absorção correto para os diferentes materiais utilizados como revestimento das salas. Neste trabalho, utilizamos os coeficientes de absorção das referências: Egan (1978), Knudsen (1988) e Miñana (1969).

5.3 Análise dos questionários

A tabela 3 traz os resultados da análise dos questionários para avaliar o nível de satisfação do usuário em relação a acústica das salas de aula. O valor apresentado corresponde ao resultado da ponderação dos conceitos ótimo, bom, ruim e péssimo (4, 3, 2 e 1) com o número de respostas. O “score” médio das escolas é 3,26 que corresponde a uma faixa do conceito “bom”.

Tabela 3 – Classificação das salas segundo os alunos.

Escola	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Score	3,61	3,56	2,62	3,58	3,37	2,54	3,6	3,37	2,92	3,37	3,44	3,56	3,00	3,07	3,29

Sob o ponto de vista dos alunos a grande maioria das salas tem uma acústica boa, raras exceções indicaram os limites superior ou inferior (ótimo ou péssimo). Porém é interessante notar que algumas salas consideradas pelos alunos como ótimas são avaliadas pelos professores como ruim e algumas situações até como péssima. Isso é um indicativo de que essa questão é altamente subjetiva. Indica também que o incomodo depende da atividade do receptor, lembrando que para o professor a sala de aula é uma questão de condição de trabalho inadequada.

Vale ressaltar também que não existe uma relação biunívoca entre o nível de pressão sonora e o score. Isto é, nem sempre o melhor índice corresponde a valores de NPS mais baixos.

6. CONCLUSÕES

Das quinze escolas estudadas, apenas duas apresentaram valores de NPS dentro do recomendado pela norma. Estas escolas estão localizadas em bairros cujas quadras são bastante arborizadas e com razoável tráfego de veículos, porém as salas ficam afastada da rua. Os valores elevados de Tempo de Reverberação (TR) encontrados nas salas de aula estudadas indicam mais uma vez que existem sérios problemas de conforto acústico no ambiente escolar na cidade de Campinas.

Um fato interessante a relatar neste trabalho é que foi possível detectar problemas nas adaptações dos ambientes escolares. Na maioria das vezes, estas adaptações são realizadas por necessidade, mas sem planejamento adequado, o que acarreta em problemas sérios de conforto. Por exemplo, foi o que ocorreu numa das escolas onde uma das salas avaliadas apresentou o maior TR, que foi planejada para ser um salão de festas, mas por motivo de aumento da demanda escolar na região, foi adaptada. Assim, verifica-se a importância do planejamento na adaptação, na realização de um projeto adequado e na implantação adequada. Como as cidades da região vêm crescendo rapidamente a cada dia, também é importante que sejam previstas adaptações nas escolas devido a esse crescimento e conseqüentes mudanças.

Quanto à avaliação da satisfação a característica é estimada pelos alunos como boa, embora os professores indiquem uma insatisfação quanto ao desempenho acústico das salas de aula. Esse resultado indica que as medidas físicas nem sempre refletem a subjetividade do problema.

Após a realização desta pesquisa, pode-se observar que há necessidade de maior conscientização por parte dos órgãos responsáveis pelo projeto, construção e implantação das edificações escolares quanto aos problemas acústicos desse tipo de edificação.

7. AGRADECIMENTOS

Agradecemos a FAPESP pelo suporte financeiro dado ao Projeto Melhoria do Conforto Ambiental das Escolas Públicas de Campinas que possibilitou o desenvolvimento dessa pesquisa.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (RJ)., Avaliação de ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade. NBR 10151. Rio de Janeiro, 1987. 4 p.
- ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (RJ)., Níveis de Ruído para conforto acústico: NBR 10152. Rio de Janeiro, 1987. 4 p.
- ASHA., *Guidelines for Acoustics in Educational Environments*. American Speech-Language and Hearing Association, 37, Suppl., 1995. 14,15-19.

- BRADLEY, J. S., Speech Intelligibility Studies in classrooms, *Journal of the Acoustical Society of America*, 80 (3) 1986. p. 846-854.
- BRADLEY, W.S., The Evolving Role of American Schoolhouse. Educational Facility Planner. CEFPI (The Educational Facility Planners International) vol 34, num 02, marc-apr.1996
- CRANDELL, C. & BESS, F., *Speech recognition of children in a typical classroom setting*. American Speech-Language and Hearing Association, 1986. 29, p. 87.
- CRANDELL, C. & SMALDINO, J. & FLEXER, C., Sound Field FM amplification: Theory and Practical Applications. Singular Press: Los Angeles, CA, 1995.
- EGAN, M. D. *Architectural acoustics*. New York. Mc-Graw-Hill Inc., 1978.
- ERDREICH, J., MORAN, E, Why do we make it difficult for students to hear in class? Scientists and engineers to discuss problems and practical solutions
(http://www.acoustics.org/133r/class_release.html) (8/4/99)
- FINITZO-HIEBER, & TILLMAN, T., Room Acoustics effects on monosyllabic word discrimination ability for normal and hearing-impaired children. *Journal of Speech and Hearing Research*, 1978. 21, p. 440-458.
- KNUDSEN, Vern O., HARRIS, Cyril M., "Acoustical Designing in Architecture", Acoustical Society of América, United States of America, 1988.
- LUBMAN, D, America's need for standards and guidelines to ensure satisfactory classroom acoustics, (<http://www.acoustics.org/133r/2paaa1.html>) (8/4/99)
- MIÑANA, José Pérez, "Compendio Práctico de Acústica", Ed. Labor, Calábria, Barcelona, 1969.
- PAIXÃO, D. X., Análise das Condições Acústicas em Sala de Aula, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, 1997.
- PICARD, M., BRADLEY, J. S. *Revising speech interference by noise in classroom and considering some possible solution*. <http://www.acoustics.org/133r/2paaa3.html>. 08/04/1999.
- SANTOS, Jorge.; PAIXÃO, Dinara. Avaliação Acústica de salas de aula, visando a melhoria no processo ensino - aprendizagem. IN: III ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. *Anais...* Gramado/RS/ p. 791. 1995.
- SANTOS, M. J. & SLAMA, J. G. O. Ruído no ambiente escolar: causa e conseqüência. In: II ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. *Anais...* Florianópolis, /SC/ p. 301. 1993.
- SERRA, M. R. & BIASSONI, E, C. Influência de los parâmetros acústicos de recintos escolares em los procesos de compresion y mamorizacion. In: VIII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. *Anais...* Florianópolis, /CE/ p. 361. 1993.
- URA, A.,M. e Bertoli, S.R., A Acústica das Salas de Aula das Escolas da Rede Estadual de Campinas-SP, anais do VII ENTAC, Florianópolis, pp. 333-337, 1998.