



## AVALIAÇÃO DO CONFORTO ACÚSTICO EM SALAS DE AULA – ESTUDO DE CASO NO ESTADO DO PARANÁ

**Daniele Petri Zanardo Zwirtes (1); Paulo Henrique Trombetta Zannin (2)**

(1) Laboratório de Acústica Ambiental, Industrial e Conforto Acústico - Departamento de Engenharia Civil - Universidade Federal do Paraná, Centro Politécnico, Curitiba, Brasil – e-mail:  
dzwirtes@yahoo.com.br

(2) Laboratório de Acústica Ambiental, Industrial e Conforto Acústico - Departamento de Engenharia Mecânica - Universidade Federal do Paraná, Centro Politécnico, Curitiba, Brasil – e-mail:  
zannin@demec.ufpr.br

### RESUMO

Este trabalho apresenta os resultados qualitativos da avaliação do conforto acústico em salas de aula construídas segundo um projeto padrão. Foram avaliados três padrões construtivos localizados na região metropolitana de Curitiba. A análise da qualidade acústica das salas de aula baseou-se em: 1) medição do tempo de reverberação, 2) medição dos níveis de pressão sonora dentro e fora das salas de aula, 3) medição do isolamento acústico. As medições seguiram prescrições internacionais segundo as normas ISO 140-4, ISO 140-5 e ISO 717-1. Os tempos de reverberação encontrados estão acima de 0,6s, recomendado pela norma ANSI S12.60. Os níveis de pressão sonora obtidos indicam a inadequação dos espaços sob o ponto de vista acústico e demonstram que as próprias escolas são as fontes geradoras de ruído.

Palavras-chave: conforto acústico, salas de aula, reverberação, isolamento acústico

### ABSTRACT

This paper shows the qualitative results of the evaluation of acoustic comfort of classrooms built according to a standard project. Three standard projects were evaluated, located in the metropolitan area of Curitiba. The analysis of the classroom's acoustic quality was based on the measured: 1) reverberation time, 2) sound pressure level in and outside the classrooms, 3) acoustic insulation. The measurements followed the international standards ISO 140-4, ISO 140-5, and ISO 717-1. The reverberation times measured are above 0.6 seconds, as recommended by the standard ANSI S12.60. The sound pressure levels obtained indicate that the classrooms do not have good acoustic quality. The results also show that the source of noise inside the classroom comes from school building itself, not from outside.

Keywords: acoustic comfort, classrooms, reverberation, insulation

### 1 INTRODUÇÃO

Muitos dos aspectos que apareceram com a evolução da era moderna serviram para deteriorar o ambiente acústico da sala de aula. No passado, eram criadas salas silenciosas e agradáveis. Hoje, são relativamente mais ruidosas e reverberantes (LORO, 2003).

O aprendizado está ligado ao intercâmbio da linguagem falada. Altos níveis de ruído em sala de aula fazem com que os alunos sintam-se exaustos precocemente, consumindo suas habilidades cognitivas,

as quais poderiam ser melhor empregadas na atenção e compreensão do conteúdo das aulas (HAGEN et al.; 2002).

A presença ou ausência do ruído no ambiente escolar é decorrente de diversos fatores, entre eles: a escolha do terreno, o desenvolvimento do projeto arquitetônico e o comportamento de seus usuários.

Segundo SEEP et al. (2002) a principal razão para a existência de problemas acústicos em sala de aula não é a falta de recursos, e sim, a falta de percepção do problema por parte dos profissionais envolvidos e de suas soluções. Ainda segundo o autor, o melhor modo de resolver problemas acústicos é evitá-los na fase de projeto.

HAGEN et al. (2002) comenta que a habilidade de ouvir é conhecida como um dever do aluno e não como uma atividade pedagógica ou um desafio arquitetônico. Segundo o autor, o ambiente escolar deve promover uma atmosfera que desenvolva o interesse de todos em ouvir e se envolver na comunicação. O benefício social resultante da redução do ruído é um ambiente com níveis sonoros agradáveis ou no mínimo aceitáveis, possibilitando conservar a saúde de seus usuários como um todo e melhorar o desempenho escolar dos alunos (LORO, 2003).

## 2 OBJETIVO

O objetivo do presente trabalho é verificar a qualidade acústica apresentada em salas de aula construídas segundo projeto padrão de escolas. Para a realização da pesquisa optou-se em avaliar os modelos padrão 010, 022 e 023 de escolas modulares implementadas pelo Governo Estadual do Paraná.

Os resultados deste trabalho foram obtidos através de medições *in situ* do tempo de reverberação (TR), coeficientes de isolamento acústico (isolamento acústico de fachadas e isolamento acústico entre sala de aula e corredor) e dos níveis sonoros equivalentes (Leq). A avaliação qualitativa apresentada neste trabalho faz parte de um estudo mais abrangente sobre o conforto acústico nas escolas estaduais do Paraná.

## 3 MÉTODO

Os projetos de Escolas Públicas, no Estado do Paraná, são elaborados em módulos padrão que se ajustam conforme a necessidade de novas escolas, dependendo da previsão do número de alunos e da configuração do terreno onde serão implantadas.

Os modelos adotados são descritos da seguinte forma: 1) O Padrão 023 consiste em uma proposta de blocos independentes com circulação central e salas de aula dispostas dos dois lados do corredor, 2) O Padrão 022 é composto por salas de aula dispostas lado a lado, sem corredor entre elas e 3) O Padrão 010, semelhante ao 023, é formado por blocos independentes de salas dispostas nas laterais do corredor central. Os padrões 010 e 023 são similares quanto à composição dos blocos, entretanto possuem diferenças importantes quanto aos materiais construtivos e a detalhes do projeto arquitetônico.

O número de escolas avaliadas totalizou 6, sendo duas de cada padrão construtivo. Padrão 023: 1) Colégio Estadual Walde Rosi Galvão; 2) Escola Estadual Luarlindo dos Reis Borges. Padrão 022: 1) Colégio Paulo Freire e 2) Colégio Aníbal Khury Neto. Padrão construtivo 010: 1) Colégio Estadual Professor Alfredo Parodi e 2) Colégio Estadual Professora Luiza Ross.

### 3.1 Tempo de reverberação

Para medir-se o tempo de reverberação de um ambiente é necessário a presença de uma fonte sonora e de um sistema para medição do decaimento nos níveis de pressão sonora assim que a fonte for

desligada. Utilizou-se um analisador em tempo real de dois canais BK 2260, o qual emite um sinal sonoro para o amplificador de potência BK 2716 conectado à fonte sonora. Nesta situação utilizou-se uma fonte sonora dodecaédrica omnidirecional BK 4296. O som gerado é, então, captado por um microfone ligado ao analisador que calcula automaticamente o tempo de reverberação (TR) para cada freqüência do espectro de interesse, conforme uma programação prévia.

As medições seguiram especificações da norma ISO 3382 (ISO, 1997). Em cada sala foram realizadas medições em cinco pontos distintos. Em cada um foram feitas três leituras e, em seguida, o analisador BK 2260 calculou o TR médio de cada ponto. Posteriormente, no laboratório, as medições foram passadas para o computador usando-se o *software Qualifier* (7830 – Brüel & Kjaer). Dessa forma obteve-se o valor médio do tempo de reverberação para cada sala de aula.

### **3.2 Isolamento acústico**

Os procedimentos para as medições em campo dos coeficientes de isolamento acústico entre cômodos de uma edificação são especificados pela ISO 140-4 (ISO, 1998). O isolamento acústico de fachadas é descrito pela norma ISO 140-5 (ISO, 1998).

Para as medições do isolamento acústico entre as salas de aula e o corredor gerou-se um sinal do tipo ruído rosa, através do analisador acústico BK 2260, amplificado através do amplificador de potência BK 2716 e, então, distribuído pela sala com o uso da fonte sonora dodecaédrica omnidirecional BK 4296. Dois microfones (modelo BK 4190) instalados no corredor e na sala de aula captaram o som simultaneamente.

A fim de obter-se o isolamento acústico de fachadas utilizou-se o gerador de ruído BK 1405 (Brüel & Kjaer). O sinal gerado (ruído rosa) foi distribuído ao longo da fachada através de uma caixa de som amplificada de 900 Watts (Mark Áudio), inclinada a 45° e distante da fachada, pelo menos, 3,5 m. Dois microfones modelo BK 4190, instalados um em frente à fachada com afastamento de 2 m e outro, dentro da sala de aula, captaram o som simultaneamente conforme recomenda a norma.

Em ambos os procedimentos, seguindo a norma ISO 3382 (1997), foram obtidos o nível de ruído de fundo e os tempos de reverberação na sala de recepção para efetuar as correções devido às áreas de absorção. O número de pontos avaliados em cada sala foi determinado em função das dimensões desses ambientes, sempre respeitando a distância mínima de 0,5 m entre a parede e o microfone.

Deve-se destacar a utilização do cabo plano AR 0014, tanto nas medições de isolamento acústico de fachadas, quanto no isolamento acústico entre salas e corredor. O cabo plano tem a função de conectar o microfone externo ao analisador BK 2260, sem necessidade de deixar frestas nas portas ou janelas. Esse equipamento contribui para a confiabilidade dos valores medidos.

Para o processamento dos dados medidos foi utilizado o *software Qualifier* (BK 7830) que fornece, de forma precisa, o valor único de isolamento acústico ( $R'_w$  – isolamento entre sala e corredor;  $R'_{45^\circ w}$  – isolamento fachada). O processamento dos dados pelo *software Qualifier* segue as normas ISO 140-4, ISO 140-5 e ISO 717-1.

### **3.3 Medição do Nível de Pressão Sonora Equivalente (Leq)**

Os níveis de pressão sonora foram obtidos através de medições *in situ* no interior das escolas e também no seu entorno. As medições no entorno foram conduzidas de acordo com a norma NBR 10151 (ABNT, 2000). A avaliação dos níveis sonoros no interior das escolas seguiu as orientações prescritas na norma NBR 10152 (ABNT, 1987).

Para a realização das medições dos níveis de pressão sonora foram utilizados os medidores sonoros BK 2238 e BK 2237 fabricados pela empresa *Briuel & Kjaer* (Dinamarca). O programa computacional *Evaluator Type* (BK 7820) foi utilizado na avaliação dos valores medidos.

Segundo as recomendações da Norma Brasileira NBR 10151 (ABNT, 2000), as medições dos níveis sonoros externos foram feitas com ausência de fontes sonoras atípicas, tais como chuva e vento forte. As avaliações ocorreram em período diurno, nos turnos da manhã e tarde, considerando o período normal de aulas (meses de março a julho de 2005 e agosto a novembro do mesmo ano).

O número de amostras em cada escola e o tempo de medição em cada ponto foi selecionado de forma a permitir a caracterização dos ruídos de interesse, como sugere a norma NBR 10151 (ABNT, 2000). Em geral, para cada avaliação mediram-se três pontos que resultaram em um valor médio.

## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

As escolas selecionadas para a pesquisa foram construídas em três períodos distintos. O padrão 010 foi entregue nos anos de 1977 (Alfredo Parodi) e 1978 (Luiza Ross). As duas escolas do padrão 022 foram concluídas no ano de 1998 e o padrão 023 foi entregue nos anos de 2001 (Walde Rosi Galvão) e 2005 (Luarlindo).

### 4.1 Níveis de ruído

Visando avaliar a composição acústica do ambiente escolar foram realizadas medições dos níveis sonoros equivalentes. Primeiramente, verificou-se o ambiente externo efetuando-se medições nas calçadas ao redor das escolas. Para esse procedimento as distâncias determinadas pela norma NBR 10151 (2000) foram respeitadas. A avaliação do ambiente externo tem por objetivo verificar se há influência do ruído de tráfego sobre as salas de aula.

Segundo a norma NBR 10151 (2000), que estabelece os níveis sonoros para ambientes externos, o  $L_{Aeq}$  máximo admitido para áreas de escolas no período diurno é de 50 dB(A). A lei municipal No. 10.625/02 que rege as emissões sonoras em Curitiba estabelece o nível sonoro de 60 dB(A) para a zona especial educacional no período diurno. A tabela 1 apresenta o resultado dos valores médios dos níveis sonoros obtidos no entorno das escolas. Além do  $L_{Aeq}$  são apresentados os níveis sonoros máximos e mínimos.

Ruído de tráfego no entorno das escolas				
Escola	Padrão	Leq [dB(A)]	Lmáx [dB(A)]	Lmín [dB(A)]
Alfredo Parodi	010	66,3	80,1	45,7
Luiza Ross	010	66,2	91,2	41,7
Anibal Khury Neto	022	68,4	87,6	44,0
Paulo Freire	022	60,5	75,1	38,3
Luarlindo dos Reis Borges	023	51,8	73,9	39,5
Walde Rosi. Galvão	023	59,2	76,8	38,5

Tabela 1 – Ruído de tráfego no entorno das escolas

Os valores apresentados na tabela 1 indicam que as escolas do padrão 023 e a escola Paulo Freire (022) estão implantadas em regiões mais tranquilas que as demais. Os valores medidos no entorno de todas as escolas, são superiores ao estabelecido pela norma NBR 10151 (2000). Com relação à lei No. 10625/02, as escolas do padrão 023 apresentaram valores condizentes ao estabelecido. O ruído externo na escola Paulo Freire também está próximo do recomendado.

Apesar do ruído no entorno estar acima do estabelecido pela NBR 10151 (2000), observou-se, na medição em campo, que o ruído de tráfego não contribui de forma significativa para a composição do

ruído de fundo presente em sala de aula. Observação confirmada pelas demais medições realizadas no interior das escolas e pela avaliação subjetiva realizada junto a alunos e professores.

Tendo em vista que o ruído proveniente do tráfego de veículos não exerce influência significativa nas salas, verificaram-se os níveis de ruído em sala vazia, enquanto as demais estavam em atividades normais.

Para caracterizar a realidade diária, todas as medições foram feitas com as janelas abertas por ser a condição mais usual. Procurou-se interferir o mínimo possível no cotidiano das escolas. Em consequência, algumas situações não puderam ser avaliadas da mesma forma. Esse é o caso da escola Anibal Khury Neto, onde a avaliação da influência exercida pelas salas de aula, umas sobre as outras, não pode ser realizada, pois os ruídos provenientes do pátio superavam os das salas adjacentes.

A tabela 2 apresenta os níveis de ruído medidos em sala de aula vazia com as salas adjacentes em atividades normais.

Níveis de ruído em sala de aula vazia com as demais em aula				
Escola	Padrão	Leq [dB(A)]	Lmáx [dB(A)]	Lmín [dB(A)]
Alfredo Parodi	10	59,4	76,1	46,4
Luiza Ross	10	63,2	76,0	51,9
Paulo Freire	22	51,1	71,1	40,2
Luarlindo R. Borges	23	60,7	75,1	47,9
Walde R. Galvão	23	59,1	70,3	52,1

**Tabela 2 – Níveis de ruído em sala de aula vazia com as demais em aula**

A norma NBR 10152 (1987), estabelece em 40 dB(A) o nível sonoro para conforto em salas de aula, sendo 50 dB(A) o valor aceitável para a função do ambiente. Segundo a norma ANSI S12.60 (2002) o nível de ruído de fundo em sala de aula não deve ser superior a 35 dB(A).

Conforme se observa na tabela 2, os níveis de ruído estão muito acima do que determina a norma ANSI S12.60 (2002). O mesmo é verificado com relação à norma NBR 10152 (1987), ainda que os valores por ela recomendados sejam mais tolerantes que os estabelecidos pela norma americana.

Segundo a WHO (2001), níveis sonoros excessivos, além de afetar a qualidade da comunicação verbal, acarretam uma série de problemas no desenvolvimento intelectual dos alunos como: demora na aquisição da linguagem, dificuldades com a linguagem escrita e falada, limitações na habilidade de leitura e na composição do vocabulário.

Nas escolas dos padrões 010 e 022 constatou-se, além dos ruídos provenientes das salas adjacentes, outro fator de grande influência. A proximidade entre as salas e os pátios de recreação e educação física contribui para um aumento significativo nos níveis de ruído dentro das salas. A tabela 3 apresenta os valores medidos para essa situação.

<b>Níveis de ruído em sala de aula vazia ao lado do pátio de educação física (janelas abertas)</b>				
<b>Escola</b>	<b>Padrão</b>	<b>Leq [dB(A)]</b>	<b>Lmáx [dB(A)]</b>	<b>Lmín [dB(A)]</b>
Alfredo Parodi	10	66,7	81,3	54,4
Luiza Ross	10	66,0	80,5	54,8
Aníbal Khury Neto	22	74,6	88,7	52,6
Paulo Freire	22	62,5	73,5	50,6

**Tabela 3 – Níveis de ruído em sala de aula vazia ao lado do pátio de educação física**

Os níveis de ruídos produzidos durante as aulas de educação física são elevados. A proximidade entre as salas e o pátio onde ocorrem tais atividades é extremamente prejudicial ao processo de ensino-aprendizagem, não somente pelos níveis de ruído que atrapalham a compreensão da fala, mas também pela diminuição da concentração decorrente dos estímulos visuais provenientes das atividades de educação física ao lado das salas de aula.

A figura 1 apresenta a proximidade entre esses dois ambientes, onde as janelas das salas de aula estão voltadas para o pátio.



(a) Escola Luiza Ross – padrão 010



(b) Escola Aníbal Khury Neto – padrão 022

**Figura 1 - Proximidade entre salas de aula e ambientes de recreação**

Os níveis de ruído apresentados na tabela 3 e as fotos da figura 1 apontam para um erro grave na concepção do projeto arquitetônico com relação ao posicionamento dos pátios e quadras de esporte.

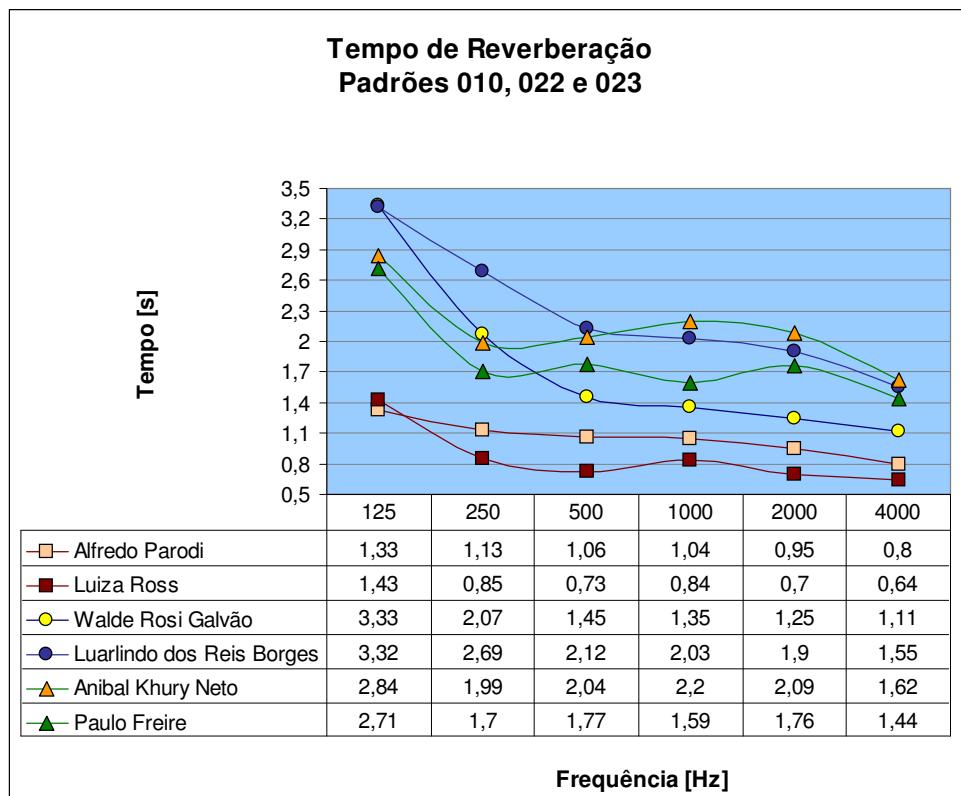
#### **4.2 Tempo de reverberação**

BRADLEY et al. (2002) sugere que o reconhecimento da fala é prejudicado pelos efeitos combinados de ruído excessivo e reverberação em sala de aula e isto tende a interferir no processo de aprendizagem.

No Brasil a norma que estabelece tempos de reverberação para recintos fechados é a NBR 12179 (1992), entretanto não menciona salas de aula. Dessa forma, para análise e comparação dos resultados obtidos na presente pesquisa, fez-se uso da norma americana ANSI S12.60 (2002).

A ANSI S12.60 (2002) estabelece para sala de aula vazia com volume inferior a  $283\text{m}^3$  TR de 0,6s e, para sala de aula com volume entre  $283$  e  $566\text{m}^3$ , TR de 0,7s. Os tempos de reverberação ditados pela norma referem-se às freqüências de 500, 1000 e 2000 Hz.

As salas de aula avaliadas possuem volume inferior a 238 m<sup>3</sup>, portanto o tempo de reverberação adequado é de 0,6s. Conforme se observa na figura 1, os tempos de reverberação medidos são superiores ao estabelecido pela ANSI S12.60 (2002) em todas esas escolas.



**Figura 2 – Comparação entre os tempos de reverberação**

Comparando os TRs obtidos para o padrão 010 com os padrões 022 e 023, percebe-se que as salas de aula do padrão 010 (Alfredo Parodi e Luiza Ross) são menos reverberantes que as demais. Os valores encontrados nas escolas do padrão 022 e 023 são superiores, até mesmo, ao que recomenda a norma NBR 12179 (1992) para igrejas católicas, onde longos tempos de reverberação são desejáveis.

A diferença nos tempos de reverberação entre os padrões construtivos está relacionada aos materiais de revestimento utilizados. Nas salas do padrão 010 o piso é em *parquet* e o teto possui forro em madeira.

O padrão 022 tem o mesmo piso em *parquet*, enquanto o padrão 023 possui piso cerâmico. O teto dos padrões 022 e 023 não possui forro, seu acabamento é composto de reboco e pintura. O acabamento das paredes de todos os padrões é composto de reboco e pintura, entretanto, na escola Luarlindo dos Reis Borges, as paredes recebem revestimento cerâmico até metade de sua altura.

Sabendo-se que o padrão 010 foi construído, pelo menos, 20 anos antes das escolas do padrão 022 e 023 e, observado os materiais de revestimento e os tempos de reverberação de cada sala de aula, constata-se que as salas mais antigas possuem melhores condições acústicas que as modernas, pois os materiais de revestimento atualmente utilizados são mais duros e rígidos.

### **4.3 Isolamento acústico**

Diversos autores afirmam que os níveis de ruído ambiente e o tempo de reverberação são os parâmetros mais importantes que afetam a qualidade acústica das salas de aula (SEEP et al., 2002; SHIELD e JEFFREY, 2003; KARABIBER e VALLET, 2003), contudo, o isolamento acústico não deve ser negligenciado.

O isolamento acústico merece destaque em ambientes escolares onde as fontes de ruído externo não podem ser alteradas, principalmente em escolas afetadas por altos níveis de ruído proveniente do tráfego viário, de aeronaves e trens. Outro fator importante é o isolamento acústico entre ambientes silenciosos e muito ruidosos, como é o caso das escolas do padrão 010 e 022, onde o pátio de educação física e recreação está posicionado muito próximo às salas de aula.

Devido à complexidade do processo de medição, considerando a quantidade de equipamentos e pessoal envolvido, as medições de isolamento acústico foram realizadas em apenas uma escola de cada padrão. A tabela 4 apresenta os valores obtidos para o isolamento acústico de fachada.

<b>Isolamento acústico de fachada</b>		
<b>Escola</b>	<b>Padrão</b>	<b>R'₄₅°,w [dB]</b>
Alfredo Parodi	10	15
Anibal Khury Neto	22	26
Luarlindo dos Reis Borges	23	20

**Tabela 4 – Isolamento acústico de fachada**

O valor recomendado para o isolamento acústico de fachadas, segundo a ANSI S12.60 (2002), é de 50 dB. Conforme apresentado na tabela 4, os valores obtidos para o  $R'_{45^\circ,w}$  estão muito abaixo do desejável. As fachadas dos padrões 010 e 023, possuem uma grande área de janelas, o que contribui para a redução do isolamento acústico.

As salas de aula do padrão 022 possuem duas fachadas distintas, uma composta por janelas e outra por portas. O valor do isolamento acústico para esse padrão é superior aos demais, pois a medição foi realizada para a fachada das portas. Esse fato revela que o isolamento máximo para as fachadas desse padrão é 26 dB.

Quanto ao isolamento acústico entre salas de aula e corredor, o valor recomendado pela norma ANSI S12.60 (2002) é de 45 dB. A tabela 5 apresenta os valores obtidos para os padrões 010 e 023.

<b>Isolamento acústico entre salas de aula e corredor</b>		
<b>Escola</b>	<b>Padrão</b>	<b>R'ₚ [dB]</b>
Alfredo Parodi	10	22
Luarlindo dos Reis Borges	23	13

**Tabela 5 – Isolamento acústico entre sala de aula e corredor**

Os valores de isolamento acústico entre salas de aula e corredor, apresentados na tabela 5, estão muito abaixo do que determina a norma. A diferença entre os valores obtidos para os dois padrões está relacionada com o tipo de abertura existente no topo das paredes que separam os dois ambientes. No padrão 010, as aberturas são compostas de esquadrias de ferro do tipo basculante, enquanto no padrão 023 por blocos de vidro vazados, que permitem a passagem direta do som para as salas de aula.

## 5 CONCLUSÕES

Por meio das medições e do levantamento físico-construtivo, pode-se perceber erros de projeto em todas as escolas avaliadas. Os erros estão relacionados tanto à concepção do projeto arquitetônico, quanto à escolha dos materiais construtivos.

Nas escolas do padrão 010 e 022, o principal erro diz respeito ao posicionamento das áreas de recreação. No padrão 023, a adoção dos blocos de vidro vazados nas paredes que separam as salas de aula do corredor, permitem os ruídos provenientes das salas adjacentes e do próprio corredor terem livre acesso as salas de aula, o que contribui para o aumento do ruído de fundo.

Com relação aos tempos de reverberação, constatou-se que as salas de aula antigas (padrão 010) possuem melhores condições acústicas que as modernas (padrões 022 e 023). Essa condição está relacionada aos materiais construtivos empregados.

Também foi constatado que os ruídos que perturbam as atividades de ensino-aprendizagem em sala de aula são oriundos da própria escola. De forma alguma estão relacionados aos ruídos provenientes do tráfego de veículos ou da vizinhança.

Com base nos resultados apresentados, pode-se afirmar que as salas de aula avaliadas não possuem condições de conforto acústico e necessitam de intervenções que contribuam para a composição de um ambiente acústico favorável ao processo de ensino-aprendizagem.

A renovação das escolas, sugerida acima, não diz respeito apenas às escolas avaliadas na presente pesquisa, pois fazem parte de projetos padrão, os quais são igualmente construídos em todas as regiões do estado. Os erros ou deficiências acústicas presentes em uma escola, muito provavelmente, irão se propagar por todas as outras, prejudicando a aprendizagem de centenas de alunos em todo estado.

## 6 REFERÊNCIAS

- AMERICAN NATIONAL STANDARD. **ANSI S12.60**: acoustical performance criteria, design requirements, and guidelines for schools. Melville, 2002.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10151**: acústica – avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade. Rio de Janeiro, 2000.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10152**: níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro, 1987.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12179**: tratamento acústico em recintos fechados. Rio de Janeiro, 1992.
- BRADLEY, J. S. **Optimising Sound Quality for Classrooms**. In: XX Encontro da SOBRAC, II Simpósio Brasileiro de Metrologia em Acústica e Vibrações – SIBRAMA. Rio de Janeiro. 2002
- BRASIL. Lei nº 10.625 , de 19 de dezembro de 2002. **Dispõe sobre a política nacional do meio ambiente**, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.
- HAGEN, M.; HUBER, L.; KAHLERT, J. **Acoustic school desing**. In: Forum Acusticum Sevilha 2002. Sevilha, 2002.
- INTERNATIONAL STANDARDS ORGANIZATION – ISO. **ISO 140-4**: Acoustic – Measurement of sound insulation in building and of building elements – Part 4: Field measurements of airborne sound insulation between rooms. Geneva, 1998.
- INTERNATIONAL STANDARDS ORGANIZATION – ISO. **ISO 140-5**: Acoustic – Measurement of sound insulation in building and of building elements – Part 4: Field measurements of airborne sound of façade elements and façades. Geneva, 1998.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 3382**: Acoustics – measurement of the reverberation time of rooms with reference to other acoustical parameters, 1997.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 717-1**: Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of building elements – Part 1: Airborne sound insulation. Geneva, 1996.

KARABIBER, Z.; VALLET, M. **Classroom acoustics policies – an overview**. In: Euronoise Naples 2003. Itália. 2003.

LORO, C. L. P. **Avaliação acústica de salas de aula – Estudo de caso em salas de aula Padrão – 023 da rede pública**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2003.

SEEP, B.; GLOSEMEYER, R.; HULCE, E.; LINN, M.; AYTAR, P. **Acústica de salas de aula**. Revista de Acústica e Vibrações, nº 29, 2002.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. **Noise in schools** – Local authorities, health and environment briefing pamphlet series, 38. Geneva, 2001.

## 7 AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao CNPq pelos recursos financeiros disponibilizados através de bolsa de mestrado. Aos diretores, professores e alunos das escolas estaduais, nas cidades de Curitiba e Pinhais, pela colaboração e participação na pesquisa. Aos mestres, alunos de mestrado e bolsistas de iniciação científica do Laboratório de Acústica Ambiental, Industrial e Conforto Acústico da UFPR pela colaboração em todas as etapas da pesquisa.