

AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS ACÚSTICAS DE ESPAÇOS EXISTENTES PARA ENSINO E APRENDIZAGEM DE MÚSICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA

Paixão, D. X.¹, Gaida Viero, C.², Brum, C. M.³

¹Universidade Federal de Santa Maria (dinaraxp@yahoo.com.br); ²Universidade Federal de Santa Maria (claudiagaida@hotmail.com); ³Universidade Federal de Santa Maria (crmrbr@gmail.com)

Resumo

Este estudo integra o Projeto ABRAMUS (Acústica para um Brasil Musical). Estudou as características acústicas de salas que estão recebendo as aulas decorrentes da Lei nº 11.769/2008, que estabeleceu a obrigatoriedade da música nos currículos da educação básica, a partir de 2012. Informações sobre dimensões, geometria e materiais foram coletadas para avaliar as condições acústicas das salas. Ensaios em câmaras reverberantes determinaram o coeficiente de absorção sonora de classes, cadeiras, mochilas e outros objetos comuns em salas de aula. Avaliaram-se as características acústicas das salas, com e sem mobília, utilizando-se a resposta impulso na determinação dos parâmetros e verificando-se a clareza dos sons musicais e a inteligibilidade da fala. Os resultados mostraram tempos de reverberação e parâmetros acústicos inadequados, bem como a influência do mobiliário nos resultados. O trabalho serve de orientação para adequação das salas.

Palavras-chave: acústica de salas, educação musical, parâmetros acústicos.

Abstract

This study integrates the project ABRAMUS (Acoustic for a Musical Brazil). It studied the acoustic characteristics of rooms that are receiving lessons arising from 11.769/2008 Law, which established the obligatory at music in the basic education, from 2012. Information on dimensions, geometry and materials were collected to assess the acoustic conditions of the rooms. Laboratory measurements in reverberant chambers determined the sound absorption coefficient of classes, chairs, backpacks and other common objects in classrooms. Were evaluated the acoustic characteristics of the room, with and without furniture and, using the impulse-response parameters in determining and verifying the clarity of musical sounds and speech intelligibility. The results showed reverberation time and the acoustic parameters inadequate and the influence of furniture results. This research serves as a guideline for adequacy of classrooms.

Keywords: room acoustics, music education, the acoustic parameters.

PACS no 43.55.Br

1 Introdução

A Lei nº 11.769, de agosto de 2008, implantou a obrigatoriedade do ensino de música na educação básica brasileira, incluindo-o nos currículos escolares a partir de 2012. [1].

O Projeto ABRAMUS (Acústica para um Brasil Musical) é resultado de uma rede de instituições formada pela Universidade Federal do Paraná (UFPR), a Escola de Música e Belas Artes do Paraná (EMBAP), a Universidade Federal do Pará (UFPA) e a Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Apoiado pelo Programa Pró-Cultura, vinculado à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pesquisadores de Ensino Superior do Ministério da Cultura (CAPES/MINC), ele busca contribuir para melhorar a qualidade acústica dos ambientes de ensino e aprendizagem para a música.

A tarefa de adequar o espaço físico das escolas à inserção da música é uma atividade multidisciplinar que envolve educadores, gestores, engenheiros, arquitetos e outros profissionais. Para buscar soluções práticas, é necessária a análise das construções existentes, a fim de minimizar os problemas acústicos desses espaços, os quais terão seu uso considerado para a música, para a fala, ou para os dois simultaneamente.

A inadequação acústica desses ambientes pode desencadear problemas no processo de aprendizagem musical, pois os conteúdos musicais ou a própria fala, podem ser assimilados de forma equivocada, desencadeando problemas futuros.

A qualidade acústica de um ambiente é definida por distintos parâmetros, segundo o tipo de excitação sonora. As exigências na percepção de uma mensagem oral (palavra falada) ou musical variam de acordo com a diversidade das fontes sonoras. Outras considerações fundamentais para o controle e a otimização das condições acústicas de salas de aula são: a intensidade da fonte, o controle do ruído de fundo e a otimização da reverberação [2]. Do ponto de vista da audição musical, a qualidade acústica de uma sala tem como parâmetros fundamentais: a clareza e a reverberação [3].

As reflexões laterais contribuem para que a imagem sonora formada no ouvinte melhore a qualidade de percepção espacial, que é uma importante característica utilizada nos critérios de avaliação da estereofonia. Já as reflexões posteriores, estão em campo difuso e são menos claras ao ouvinte, ou seja, mais embrulhadas e homogêneas, caracterizando a reverberação [4].

O presente estudo traz uma descrição das características arquitetônicas de salas de aula existentes e que estão sendo destinadas ao ensino da música em escolas de educação básica da rede estadual de Santa Maria/RS/Brasil. Além disso, apresenta o resultado da determinação do coeficiente de absorção sonora, em câmara reverberante, segundo a norma ISO 354 [5], de classes, cadeiras, mochilas e outros objetos comuns em salas de aula. Mostra, ainda, as características acústicas das salas analisadas, com e sem mobília, avaliando os parâmetros acústicos derivados da medição da resposta impulso, de acordo com recomendações da norma ISO 3382 [6] e [7], tais como: Tempo de Reverberação (TR), Tempo de Decaimento Inicial (EDT), Clareza (C_{80}), Definição (D_{50}) e Índice de Transmissão da Fala (STI). Os resultados dessa avaliação possibilitarão, no futuro, a proposta de adequações de projetos arquitetônicos e a aplicação de materiais para esse tipo de espaço físico, visando à melhoria de sua qualidade acústica.

2 Caracterização arquitetônica das salas de aula

Foram escolhidas cinco tipologias arquitetônicas significativas, pois caracterizam as edificações escolares executadas nos anos 70, 80 e 90 no estado do Rio Grande do Sul. Os projetos denominados *Polivalente* e *Industrial*, disseminados prioritariamente nos anos 70, caracterizam-se pela ênfase ao ensino profissionalizante, por isso os prédios são amplos e construídos em um único pavimento executado em alvenaria. Na década seguinte, a maioria das edificações escolares foi construída segundo o projeto *Nova Escola*, com tijolos sem revestimento, grandes áreas envidraçadas,

pé direito duplo em algumas áreas e dois pavimentos em outras. Posteriormente, popularizaram-se os *Centros Integrados de Educação Pública* (CIEPs), complexos escolares de dois pavimentos, com pátio interno e ginásio de esportes integrado. Ao longo de todos os períodos, no entanto, escolas com *projetos próprios* foram implantadas pelo governo.

A amostra foi escolhida de forma não probabilística, utilizando-se como critério de seleção a tipologia do espaço físico da escola, que havia sido desenvolvida para uma Dissertação de Mestrado, na década de 90. [8].

As cinco salas estudadas foram indicadas pelas direções das respectivas escolas, como sendo aquelas que estão sendo destinadas para as aulas de música, atendendo a Lei nº 11.769/08, pois foram construídas para receber os eventos escolares como, por exemplo, as palestras e as apresentações artístico-musicais.

O estudo foi desenvolvido em dois espaços chamados *sala de eventos* e três locais conhecidos como de *salas de vídeo*. Na Escola Estadual de Ensino Médio Dr. Walter Jobim (projeto denominado *Polivalente*) e no Colégio Estadual Padre Romulo Zanchi (projeto *Industrial*) utilizaram-se as salas de eventos, enquanto que as três salas de vídeo foram: na Escola Estadual de Educação Básica Professora Margarida Lopes (projeto *Próprio*), no Colégio Estadual Professora Edna May Cardoso (projeto *Nova Escola*) e na Escola Básica Estadual Dr. Paulo Devanier Lauda (projeto *CIEP – Centro Integrado de Educação Pública*). Na Tabela 1 são descritas informações de dimensionamento, volume de ar interior, área total das superfícies internas (paredes, piso e teto) das salas estudadas.

Tabela 1 – Dimensionamento, volume, área total das superfícies das cinco salas estudadas.

Tipologia	Local	Dimensões LxCxA(m ²)	Volume (m ³)	Área Total (m ²) Parede+piso+teto
Polivalente	Sala de Eventos (S1)	7,4x11,2x3,6	297,0	266,8
Industrial	Sala de Eventos (S2)	8,8x10,6x2,8	264,6	293,5
Projeto Próprio	Sala de Vídeo (S3)	7,6x9,0x2,5	171,0	220,1
Nova Escola	Sala de Vídeo (S4)	4,5x6,7x2,8	81,4	120,5
CIEP	Sala de Vídeo (S5)	5,9x7,5x3,1	137,7	151,7

Na Tabela 2 estão descritos os materiais, as superfícies associadas e os coeficientes de absorção sonora das superfícies internas de cada sala para a frequência de 500 Hz, os quais estão expressos na Norma Brasileira NBR12.179. [9]. Os materiais encontrados foram: tijolo rebocado (Treb) e tijolo sem reboco e pintado (Tsreb) nas paredes; piso vinílico (Pv) e em madeira do tipo parquet (Mp); laje rebocada (Lreb) e lambri de madeira (Lm) no teto.

Tabela 2 – área (m²) dos materiais e seus coeficientes de absorção sonora (α , em 500 Hz).

Tipologia	Local	Parede			Piso			Teto		
		Material	Área	α	Material	Área	α	Material	Área	α
Polivalente	S1	Treb	66,41	0,017	Mp	82,51	0,080	Lreb	82,51	0,014
Industrial	S2	Tsreb	60,50	0,020	Mp	91,25	0,080	Lm	91,25	0,060
Projeto Próprio	S3	Treb	54,87	0,017	Mp	68,40	0,080	Lreb	68,40	0,014
Nova Escola	S4	Treb	49,00	0,017	Mp	29,59	0,080	Lreb	29,59	0,014
CIEP	S5	Treb	48,78	0,017	Pv	44,25	0,080	Lreb	44,25	0,014

Nos ensaios experimentais, as salas foram analisadas segundo a sua situação de ocupação, caracterizadas como salas com mobília (com objetos comuns às salas de aula) e salas sem mobília (vazias). As mobílias catalogadas foram: 77 cadeiras estofadas em tecido, 3 mesas, 1 quadro negro, 1 lousa branca, 2 poltronas estofadas em tecido e cortina de algodão (na S1); 24 cadeiras de madeira e pés de metal, 2 mesas de madeira, 1 mesa de fórmica e 1 de aglomerado, 1 armário em madeira e vidro, 1 quadro negro, grade para televisão e 1 lavatório (na S2); 46 cadeiras de plástico branco, 4 classes de fórmica, 1 mesa de madeira e 1 de fórmica, 1 quadro negro, grade com televisão, cortinas tipo persiana de juta (na S3); 15 cadeiras estofadas em tecido e braço em fórmica, 17 cadeiras estofadas em couro sintético, 2 balcões de madeira, 1 lousa branca, equipamentos de áudio e vídeo e cortina plástica (na S4) e 36 cadeiras estofadas em couro sintético, 7 cadeiras em madeira, 3 mesas, 1 quadro negro, 1 lousa branca, 1 armário de madeira, 3 armários de fórmica, 1 armário de fórmica com pia (na S5).

A figura 1 mostra as salas das tipologia Polivalente, Industrial, Projeto Próprio, Nova Escola e CIEP que foram estudadas.



Figura 1 – Detalhes do interior das salas estudadas.

As observações realizadas nas cinco salas apontaram inadequações quanto às condições acústicas das salas para o ensino de música, não apenas no seu condicionamento interno, mas até em sua implantação no projeto arquitetônico do espaço físico escolar. A S1 apresenta janelas em toda a extensão da parede lateral e está ligada ao pátio interno da escola. A sala S2 está localizada no prédio anexo, afastada do núcleo administrativo, salas de aula e pátios, porém faz divisa com o local onde ocorrem as atividades de educação física. As janelas da S3, uma está voltada para a rua e a outra para o pátio interno, como na sala S5. A sala de vídeo S4 localiza-se no hall de entrada, junto ao setor de alimentação com mesas para a merenda escolar e, também, ao lado da secretaria da escola.

3 Determinação do coeficiente de absorção sonora de objetos das salas

Nessa etapa, executaram-se as medições em câmara reverberante dos tempos de reverberação de objetos comuns em salas de aula, especificadas na norma ISO 354 [5], com o objetivo de

determinar os coeficientes de absorção de cada um desses elementos, contribuindo para a identificação das condições acústicas desses espaços destinados ao ensino de música.

As medições acústicas foram realizadas através do método da resposta impulsiva, utilizando-se para tal os equipamentos: fonte sonora dodecaédrica omnidirecional, amplificador de potência, medidor de NPS, microfone de precisão de incidência aleatória, calibrador acústico, placa de som e Programa Computacional Dirac (para aquisição e análise de dados).

Os procedimentos para a realização das medições iniciaram com a geração de um campo sonoro difuso, a configuração do sistema considerou frequências centrais de 100 Hz a 5000 Hz das bandas de 1/3 de oitava, com três decaimentos e tempo de decaimento de 20 segundos. Foram definidas duas posições de fonte (não simultâneas) e três posições de microfone (não simultâneos) e em cada ponto de recepção foram realizadas três medições, considerando os afastamentos recomendados pela norma.

A amostra utilizada no ensaio foi composta por absorvedores isolados e cortinas (consideradas absorvedores planos), conforme descrito nos itens subsequentes do presente texto.

3.1 Absorvedores sonoros isolados

Os absorvedores sonoros isolados foram considerados sob três opções de amostra: o objeto individual, o arranjo de objetos e um único objeto no ambiente.

Na amostra considerada como *objeto individual*, os objetos dispostos de maneira aleatória foram divididos em: cadeiras estofadas com pano, cadeiras de fórmica, cadeiras de plástico e classes de fórmica, conforme apresenta a Figura 2.



Figura 2 – Cadeira de pano (9), cadeira de fórmica (9), cadeira de plástico (9) e classe de fórmica (6).

Para a amostra considerada como *arranjo de objetos* dispostos na câmara como usados na prática foi escolhido um elemento muito comum em sala de aula, que é a mochila, como mostra a Figura 3. E para a amostra composta por *apenas um objeto*, o quadro negro foi o elemento escolhido para a experimentação realizada em três posições diferentes, como se fossem objetos diferenciados (figura 3).



Figura 3 – Amostra composta de mochilas (12) e quadro negro.

3.2 Cortina

A amostra de cortina de tecido retangular tinha 11,76m² (4,20 x 2,80), atendendo a exigência da norma de ser maior do que 10m² e menor que 12m². Foi considerada como *absorvedor plano*, medida na situação fechada, distante das paredes da câmara reverberante mais de 1 m e pendurada na mesma disposição da sala, conforme mostra a Figura 4.



Figura 4 – Cortina de pano usada como amostra nas medições.

Este absorvedor mostrou os valores da absorção sonora em bandas de oitava variando de forma acentuada, partindo do valor 0,087 em 125 Hz e chegando a 0,664 em 4000 Hz.

Na Tabela 3 estão apresentados os valores dos coeficientes de absorção sonora dos objetos comuns em salas de aula, considerados como amostra desta pesquisa determinado experimentalmente em câmara reverberante.

Tabela 3 – Coeficiente de absorção sonora dos objetos comuns em salas de aula, experimentados em banda de oitava, nas frequência de 125 a 4000 Hz.

Coeficiente Absorção Sonora (α)	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Cadeira de Fórmica	0,027	0,014	0,031	0,024	0,028	0,004
Cadeira de Pano	0,078	0,109	0,252	0,295	0,332	0,342
Cadeira de Plástico	0,098	0,160	0,216	0,180	0,157	0,123
Classe de Fórmica	0,016	0,018	0,034	0,042	0,055	0,053
Mochila	0,110	0,202	0,203	0,239	0,211	0,173
Quadro Negro	0,075	0,058	0,064	0,100	0,149	0,160
Cortina	0,087	0,137	0,253	0,459	0,590	0,644

Conforme a Tabela 3, que apresenta os valores dos coeficientes resultantes dos ensaios em câmara reverberante, em bandas de oitava de 125 até 4000 Hz, a cadeira de fórmica e a classe de fórmica apresentam coeficientes de absorção sonora menor em relação a outros de mesma utilidade.

A substituição das cadeiras de fórmica da rede pública de ensino, por cadeiras de outro material mais absorvente, por exemplo, auxiliaria na adequação do TR da sala, melhorando a qualidade acústica. Uma substituição como essa pode ser viável, desde que haja o comprometimento e conscientização dos integrantes da comunidade escolar.

4 Determinação dos parâmetros acústicos das salas de aula

Os parâmetros acústicos, obtidos a partir da medição da resposta impulso em cada sala estudada, foram realizados sem e com a presença do mobiliário. São eles: o Tempo de Reverberação (TR), Tempo de Decaimento Inicial (EDT), Clareza (C_{80}) e Definição (D_{50}), todos para as bandas de frequência em oitavas entre 125 e 4.000 Hz. Também estão incluídos os correspondentes valores do Índice de Transmissão da Fala (STI). Os procedimentos atenderam às especificações constantes na ISO 3382 [6] e [7].

Foram consideradas para a medição, duas posições de fonte sonora e cinco posições de microfones. Os equipamentos usados nessa medição acústica foram referidos na seção 3: *Determinação do coeficiente de absorção sonora de objetos das salas*.

Avaliaram-se duas situações distintas para cada sala pesquisada, sendo a primeira, a sala sem mobiliário e a segunda, a sala com mobiliário. Para atender a condição de salas sem mobiliário, foram retirados todos os móveis e objetos do interior das salas.

Além dos elementos que normalmente estão presentes nas salas de aula, as salas de vídeo das tipologias Nova Escola e CIEP dispunham de equipamentos completos e fixos na sala para uso em áudio e vídeo. A sala de vídeo do CIEP se diferenciou das outras por possuir balcões de fórmica e tampo de pia inoxidável.

Os valores médios dos parâmetros acústicos obtidos a partir da medição da resposta impulso nas salas são apresentados e analisados, respectivamente, sem mobiliário (SM) e com a presença do mobiliário (CM). São mostrados na Tabela 4, os valores para o Tempo de Reverberação (TR), Tempo de Decaimento Inicial (EDT), Clareza (C_{80}) e Definição (D_{50}), para as bandas de frequência de oitava entre 125 e 4.000 Hz. Também estão incluídos os correspondentes valores do Índice de Transmissão da Fala (STI), segundo a norma ANSI S12.60. [10].

Tabela 4 – Parâmetros Acústicos (PA) de S1, S2, S3, S4 e S5, na situação sem mobília (SM) e na situação com mobília (CM), experimentados em banda de oitava, nas frequências de 125 a 4000 Hz.

PA	Sala	Frequência [Hz]						Sala	Frequência [Hz]					
		125	250	500	1.000	2.000	4.000		125	250	500	1000	2000	4000
TR [s]	S1SM	2,43	2,56	2,27	2,22	2,38	2,22	S1CM	1,97	1,65	1,30	1,10	1,13	1,10
	S2SM	1,47	1,43	1,81	1,85	1,67	1,31	S2CM	1,11	1,40	1,76	1,79	1,64	1,29
	S3SM	2,61	1,97	1,98	2,01	1,96	1,65	S3CM	2,51	1,84	1,85	1,98	1,78	1,51
	S4SM	1,60	1,44	1,31	1,37	1,50	1,42	S4CM	1,27	1,06	0,84	0,82	0,91	0,91
	S5SM	2,01	1,99	2,24	2,39	2,23	1,83	S5CM	1,77	1,53	1,34	1,46	1,52	1,45
EDT [s]	S1SM	2,47	2,49	2,27	2,21	2,40	2,20	S1CM	2,03	1,76	1,28	1,13	1,14	1,06
	S2SM	0,92	1,21	1,77	1,84	1,64	1,31	S2CM	0,83	1,25	1,76	1,88	1,62	1,27
	S3SM	2,31	1,93	1,95	2,23	1,97	1,65	S3CM	2,30	1,81	1,80	1,93	1,76	1,50
	S4SM	1,30	1,32	1,27	1,40	1,53	1,39	S4SM	1,09	1,05	0,83	0,87	0,92	0,91
	S5SM	1,52	1,89	2,28	2,40	2,24	1,80	S5CM	1,49	1,46	1,36	1,47	1,53	1,45
C80 [dB]	S1SM	-2,18	-2,79	-2,83	-2,51	-2,56	-1,89	S1CM	-0,45	-0,32	0,54	1,65	2,05	2,15
	S2SM	4,97	1,61	-1,28	-1,93	-1,13	1,50	S2CM	5,30	1,76	-0,87	-1,10	0,15	1,56
	S3SM	-3,37	-1,61	-1,28	-1,93	-1,13	-0,03	S3CM	-3,21	-1,32	-0,62	-1,37	-0,64	0,58
	S4SM	1,91	0,79	1,60	0,80	0,49	1,09	S4CM	2,33	2,96	4,99	4,46	3,74	3,71
	S5SM	-0,83	-1,12	-2,10	-2,64	-1,99	-0,81	S5CM	-0,61	-0,04	0,78	0,31	-0,27	0,04
D50	S1SM	0,24	0,21	0,22	0,24	0,25	0,27	S1SM	0,30	0,30	0,34	0,42	0,44	0,44
	S2SM	0,60	0,42	0,32	0,31	0,37	0,35	S2CM	0,65	0,44	0,31	0,31	0,37	0,43
	S3SM	0,20	0,30	0,30	0,27	0,30	0,35	S3CM	0,22	0,31	0,33	0,29	0,33	0,38
	S4SM	0,42	0,36	0,43	0,37	0,40	0,41	S4CM	0,47	0,31	0,58	0,88	0,53	0,54
	S5SM	0,29	0,26	0,25	0,24	0,26	0,31	S5CM	0,30	0,35	0,37	0,35	0,33	0,34
STI [%]	S1SM	0,41 (pobre)						S1CM	0,55 (razoável)					
	S2SM	0,47 (razoável)						S2CM	0,47 (razoável)					
	S3SM	0,43 (pobre)						S3CM	0,45 (razoável)					
	S4SM	0,51(razoável)						S4CM	0,62 (bom)					
	S5SM	0,42 (pobre)						S5CM	0,50 (razoável)					

O TR detectado experimentalmente nas salas estudadas, em geral se apresentou acima dos valores indicados na literatura para salas dedicadas ao ensino da música. Considerando a situação de ocupação das salas, como era esperado, a presença do mobiliário contribuiu para diminuir o TR em todas as salas. As maiores das diferenças nos valores de TR calculadas nas frequências 500 e 1000 Hz, entre as salas sem e com mobília ocorreram em S1 (0,97 e 1,12) e S5 (0,90 e 0,93), podendo ser atribuída esta diferença ao tipo de objeto comum no mobiliário da sala, conforme verificado anteriormente na análise dos coeficientes de absorção dos objetos. As salas S1 e S5, quando ocupadas, são preenchidas entre outros objetos, respectivamente, por 79 cadeiras estofadas em tecido e 36 cadeiras de couro sintético.

Pode-se destacar as menores diferenças nos valores de TR, em 500 e 1000 Hz, para salas não ocupadas, S2 (0,05 e 0,06) e S3 (0,13 e 0,03). Nessas salas, os materiais e os objetos pertencentes à mobília possuem coeficientes de absorção sonora menores, S1 com grande quantidade de vidros e S3 com grande quantidade de cadeiras em plástico rígido.

O Tempo de Decaimento Inicial (EDT), que descreve a reverberação percebida pelo ouvinte, apresenta, em todas as salas, um comportamento muito similar ao do TR, sem e com a presença de mobília na sala, mostrando coerência entre a reverberação e o efeito desta no ouvido do ouvinte, ou seja, a sensação sonora e o comportamento real de reverberação da sala são coincidentes.

O parâmetro acústico Clareza (C_{80}) mostrou em todas as medições valores dentro das recomendações da ISO3382-1/2009, apresentando somente na frequência 125 Hz da S4 sem mobília um valor fora do recomendado (-5,22) e com mobília (5,49). O parâmetro C_{80} é a clareza musical de salas dedicadas à música e define a inteligibilidade das articulações sonoras. A percepção de uma sala clara, significa que as articulações sonoras da música tocada nela ficam bem definidas. Quando os objetos ocupam a sala, os valores do C_{80} aumentam de forma que a execução musical na sala se torna mais nítida e definida.

A Definição (D_{50}), clareza da fala, apresentou valores muitas vezes fora do que é recomendado nas normas, isso quando a sala estava sem mobília. O fato é que na totalidade das salas, com a presença da mobília houve uma correção desse parâmetro, melhorando a definição da palavra. A única exceção é a sala S4 com o mobiliário de fórmica, que apresentou um comportamento inverso quando avaliada com mobília.

O parâmetro STI, que representa a inteligibilidade da fala apresentou valores que classificaram como “pobres” e “razoáveis” as salas sem mobília, conforme a norma IEC60268-16 [11]. Quando analisadas com mobília, as salas qualificaram-se como “razoáveis” para o entendimento da fala. Salienta-se que a S4 melhora as articulações das palavras, passando a ser considerada “boa”.

5 Conclusões

O estudo das características acústicas das salas das escolas estaduais de educação básica buscou contribuir com a nova realidade que a educação brasileira está vivendo, a partir da inserção do ensino de música nos currículos escolares. Essa alteração curricular, além da capacitação profissional, exige que os espaços físicos destinados a essa modalidade de ensino tenham condições adequadas para uma educação musical de qualidade.

Os espaços físicos analisados já estão construídos há muitas décadas. Constatou-se que as formas arquitetônicas e construtivas, que atendiam às necessidades da época em que os projetos foram implantados, hoje, quando novamente avaliados, retratam as dificuldades de atendimento às novas exigências acústicas.

A caracterização geométrica desses espaços físicos viabilizou, além do conhecimento de dimensões, materiais e outros condicionantes, a identificação das condições de manutenção da edificação e a paisagem sonora de seu entorno, mostrando que há realidades que não podem ser reconstruídas, mas podem ser adequadamente adaptadas.

As verificações feitas nas salas destinadas ao ensino de música na educação básica (Lei nº 11.769 de 2008) apontaram para a necessidade de melhoria na qualidade acústica dos ambientes escolares e mostraram um conjunto de inadequações construtivas, relacionadas, em especial, à localização das salas, com destaque para a S2, que faz divisa com uma sala de educação física.

A avaliação dos parâmetros acústicos das salas estudadas mostrou que as mesmas não são apropriadas para o desenvolvimento de atividades escolares que envolvam a música e a fala, mesmo considerando que durante o período letivo, as salas serão ocupadas pelos alunos, mochilas e objetos pessoais, o que agrega um aumento na absorção sonora do recinto.

O Tempo de Reverberação das salas não se mostrou adequado e, como era esperado, modificou-se favoravelmente com a colocação dos objetos de mobília. Isso demonstra a possibilidade de uma melhor adaptação das salas com a substituição planejada e gradual do mobiliário, por exemplo, com a inserção de cadeiras estofadas, cortinas e outros elementos decorativos projetados a partir de um estudo individualizado, que busque contribuir para o alcance da qualidade acústica procurada.

Os dados coletados, experimentalmente em Câmara Reverberante, disponibilizam para os projetistas valores de coeficientes de absorção sonora das principais peças do mobiliário encontrados nas salas de aula em geral no Brasil, além de especificar a contribuição de um elemento de uso corrente entre os estudantes – a mochila. Isso se constitui numa contribuição que extrapola os objetivos específicos desse trabalho, pois pode auxiliar aos profissionais que planejam muitos outros espaços escolares e não apenas uma sala para aulas de Música.

O projeto ABRAMUS (Acústica para um Brasil Musical) possibilitou a criação de uma rede de universidades, permitindo a realização de estudos específicos e complementares direcionados, por exemplo, à caracterização dos espaços físicos e do ambiente, à qualificação acústica e ao isolamento sonoro de salas. Proporcionou o desenvolvimento de cinco dissertações de Mestrado optando ora por pesquisas experimentais, ora por análises numéricas ou qualitativas. O presente trabalho, portanto, restringiu-se aos aspectos de levantamento de características físicas, parâmetros acústicos e ensaios laboratoriais para determinação de coeficientes de absorção sonora de objetos comumente presentes nas salas de aula.

Este estudo poderá contribuir para que as escolas, neste momento inicial de implantação da nova legislação, possam realizar um levantamento das condições físicas desses espaços destinados às aulas de música, buscando sua manutenção e até a reforma, adequando materiais e mobiliários. A grande relevância dessa análise, porém, está em alertar aos dirigentes para o caso de novas construções, onde o planejamento do local e o projeto acústico devem estar lado a lado, constituindo-se em itens fundamentais, capazes de propiciar a qualidade acústica, que contribui para o melhor desempenho no ensino/aprendizado.

Agradecimentos

Esta pesquisa é resultado de uma etapa do Projeto ABRAMUS, que tem como coordenador geral o Prof. Dr. Aloísio Schmid. O patrocínio é decorrente de um convênio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pesquisadores de Ensino Superior com o Ministério da Cultura (CAPES/Minc), que disponibilizou bolsas para alunos de Pós-Graduação.

Referências

- [1] Brasil, Lei nº. 11.769, de 18 de agosto de 2008. Altera a Lei n.º 9.394, 20 de dezembro de 1996. *Lei de Diretrizes e Bases da Educação, para dispor sobre a obrigatoriedade do ensino da música na educação básica*. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2008.

- [2] Beranek, L.; Vér, I. *Noise and vibration control engineering: principles and applications*. John Wiley & Sons, New Jersey, 2006.
- [3] Llinares, J.; Llopis, A., Sancho, J. *Acustica Arquitectonica y urbanística*. Universidad Politecnica de Valencia, Espanha, 1996.
- [4] Mannis, J. A. *Designer de Difusores Sonoros a partir de processo Serial: Adequação acústica de pequenas salas à performance e audição musical*. Tese (Doutorado em Música) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Artes, Campinas, 2008.
- [5] Internacional Standard Organization - ISO 354 – *Acoustics - Measurement of sound absorption in a reverberation room*, 2003.
- [6] Internacional Standard Organization – ISO 3382 – *Acoustics – Measurement of room acoustic parameters – Parte 1: Performance spaces*, 2009.
- [7] _____ *Measurement of room acoustic parameters – Parte 2: Reverberation time in ordinary rooms*, 2009.
- [8] Paixão, D. X. da. *Análise das condições acústicas em sala de aula*. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1997.
- [9] Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR – 12179 – *Tratamento acústico em recintos fechados*, 1992.
- [10] American National Standard - ANSI S12.60 - *Acoustical performance criteria, design requirements, and guidelines for schools – Parte 1: Permanent School*, 2010.
- [11] International Standard. IEC 60268-16: *sound system equipment, part 16: objective rating of speech intelligibility by speech transmission index*. Suíça, 2003.