

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO ACÚSTICO DE UMA ESCOLA DE ENSINO FUNDAMENTAL

**Fábio MAUBER (1); Vinícius SOBRAL (2); Homero CARVALHO (3);
Coordenação de Design de Interiores/IFPB**

(1) IFPB, e-mail: fbmauber@hotmail.com

(2) IFPB, e-mail: viniciussv88@yahoo.com.br

(3) IFPB, e-mail: homerojmc@hotmail.com

RESUMO

Este trabalho tem por objetivo a avaliação acústica de uma escola localizada na cidade de João Pessoa – PB, levando em consideração atividades como ensino e convivência dos usuários. Desenvolvido através de etapas como levantamento físico do ambiente, identificação das atividades desenvolvidas, identificação das fontes externas e internas de ruídos, da medição dos níveis de ruído e análise de isolamento e tempo de reverberação atual. Os dados foram comparados às normas vigentes de conforto acústico para identificação de três ambientes em situação crítica e sugestão de soluções corretivas.

Palavras-chave: acústico, escola, aprendizagem, isolamento acústico, reverberação.

1 INTRODUÇÃO

Segundo Almeida, Bragança & Souza (2006), a acústica é um elemento de grande importância na utilização dos espaços e deve ser entendida como parte integrante do projeto arquitetônico, seja ele para construção ou reforma de um local. O comportamento acústico de um ambiente influencia diretamente na sua eficiência enquanto espaço arquitetônico, pois age sobre um dos sistemas mais sensíveis do homem: o ouvido. E considerar esse componente do ambiente é, acima de tudo, desenvolver uma sensibilidade ao som e perceber-lo um como fenômeno físico qualificador do espaço. Níveis de ruído acima do recomendado podem causar desconforto, cansaço, irritabilidade, distúrbios digestivos e até surdez aos usuários. Porém estes efeitos não são de caráter imediato e sim cumulativo.

Em uma escola o isolamento acústico é fundamental, devendo bloquear os ruídos externos a patamares compatíveis com a atividade desenvolvida no seu interior. De acordo com a NBR 95 e a NBR-10152/1987, o nível máximo de ruído aceitável em uma sala de aula deve ser de 40dB(A) a 50dB(A), sendo o nível mais baixo ideal para o conforto.

Outro aspecto importante a ser considerado em uma avaliação acústica de uma escola é a absorvância dos materiais que compõe cada ambiente. Essa absorvância influencia diretamente na reverberação, que é o intervalo de tempo necessário para que o nível de intensidade de um determinado som decresça 60dB(A) após o término da emissão de sua fonte. Por entender que há uma grande necessidade de comunicação verbal, considerar-se-á neste trabalho, que a recepção e as salas de aula devam ser compostos por materiais que absorvam os ruídos produzidos internamente e os que, por ventura, venham do exterior. Sendo assim, considerou-se neste trabalho o Tempo Ótimo de Reverberação (tor) igual ou menor a 0,45s para a frequência de 500Hz na recepção e de 0,55s para a frequência de 500Hz nas salas de aula como referência. No cálculo de tempo de reverberação deve-se considerar uma diferença percentual satisfatória de -10% a +10% entre o Tempo Ótimo de Reverberação (tor) e o tempo de reverberação calculado para o ambiente (tr/tor).

O objetivo deste estudo é avaliar as condições de conforto acústico de uma sala de aula em uma escola pública, investigando os motivos relacionados ao isolamento acústico que possam estar contribuindo para elevados níveis de ruído.

Para o desenvolvimento desta pesquisa foi levantamento físico do ambiente, identificação das atividades desenvolvidas, identificação das fontes de ruídos de fundo, definição dos pontos, condições e horários das medições, verificação dos níveis de ruídos da situação atual, classificação do tipo de ruído (de impacto ou aéreo) e identificação da capacidade de absorvância dos materiais componentes do espaço (paredes, piso, teto e mobiliário).

Os resultados obtidos indicaram que o nível de ruído no caso em estudo está acima do recomendado cerca de 36,9dB(A), problema motivado principalmente pelo ruído proveniente do exterior do ambiente.

2 DESCRIÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

Uma sala de aula que fica na Escola Estadual de Ensino Fundamental Anita Trigueiro do Vale localizada no bairro do Altiplano, em João Pessoa e ocupa uma área de 48,60 m² (Fig.01, sala em destaque).

A escola funciona em dois expedientes: das 7h às 12h e das 13h às 18h. As salas de aula são ocupadas por até 28 alunos sentados além do professor.

A área interna da escola é formada por 04 blocos cobertos e ligados entre si através de um corredor. O primeiro bloco é composto por 01 área de recreação, refeitório, pátio interno, área administrativa (diretoria, sala dos professores, sala do psicólogo, arquivos, recepção, banheiro dos funcionários, despensa). O segundo bloco é composto por 05 salas de aula e 01 biblioteca. O terceiro bloco é composto por 02 banheiros (masculino e feminino) para os alunos. O quarto e último bloco é composto por 06 salas de aula, 01 laboratório de informática, 01 banheiro infantil e 01 sala de vídeo.

O teto da sala é composto por laje de concreto armado revestido com argamassa, totalizando 15 cm de espessura, as paredes são em alvenaria de tijolos cerâmicos revestidos com emboço e pastilhas cerâmicas de 10x10x0,05 cm até a altura de 1,60 do piso e espessura de 16 cm, o piso é de granilite, as portas e janelas são de madeira envernizada.

O mobiliário da sala de aula é composto por 30 cadeiras de madeira e estrutura de ferro, 01 birô de madeira com estrutura de ferro, 01 quadro negro de madeira e outro revestido com fórmica para pincel atômico.

As vozes de alunos e professores dentro de outras salas de aula, transeuntes pelos corredores, somando-se à materiais construtivos e mobiliários de pouca absorvância, propagam os ruídos em várias intensidades que desconcentra e prejudica o aprendizado dos alunos, gerando desconforto acústico.

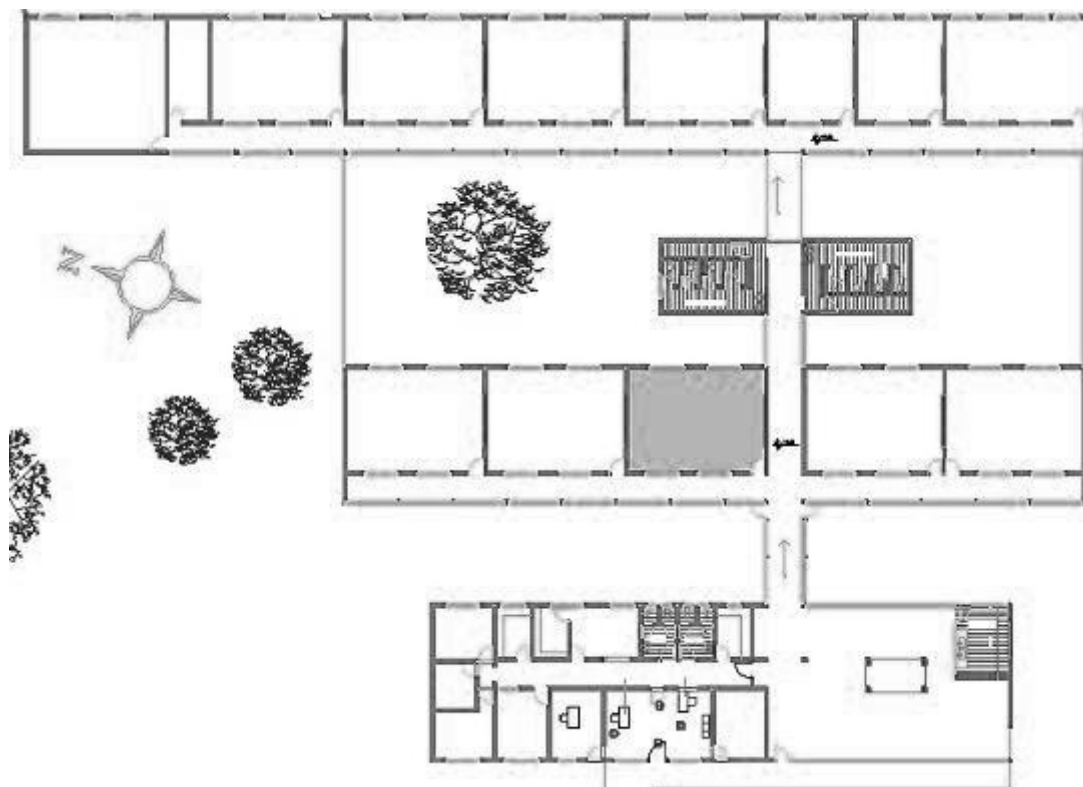


Fig. 01 – Escola Estadual de Ensino Fundamental Anita Trigueiro do Vale

3 METODOLOGIA

O estudo partiu com levantamento físico do ambiente e do mobiliário (Fig. 02), com identificação dos materiais componentes. Definição dos pontos para medição dos níveis de ruídos com o objetivo de identificar a localização e tipo das fontes sonoras, foram feitas medições externas no corredor de acesso a sala de aula e no interior da sala de aula, a uma altura de 01 m do piso e com um raio de 01 m de distância de qualquer forma física. Para isso foram utilizados dois decibelímetros da marca Instrutherm, operando no circuito de compensação “A” e circuito de resposta lenta (SLOW).

As medições foram realizadas em uma manhã das 7h às 12h. Um aparelho foi posicionado no pátio, onde se concentra a fonte sonora e outro no interior da sala, com dia ensolarado e sem incidência de chuvas.

O tempo de medição foi de 01 minuto, registrando-se o maior valor acusado pelo aparelho. As medições para verificação dos índices de ruídos, foram feitas com ventiladores ligados, porta fechada, janelas abertas, com usuários e sem ruído interno na sala, como fonte de ruído foi considerado o corredor externo.

Em seguida realizou-se uma simulação de desempenho acústico do ambiente estudado através de cálculo de isolamento acústico e do tempo de reverberação, usando como referência ao método proposto por Sabine, considerando as características dos materiais existentes nas frequências de 125Hz, 500Hz e 2000Hz. Com os dados podemos analisar as condições de níveis de ruídos e tempo de reverberação e propor mudanças de intervenção para o caso em estudo.

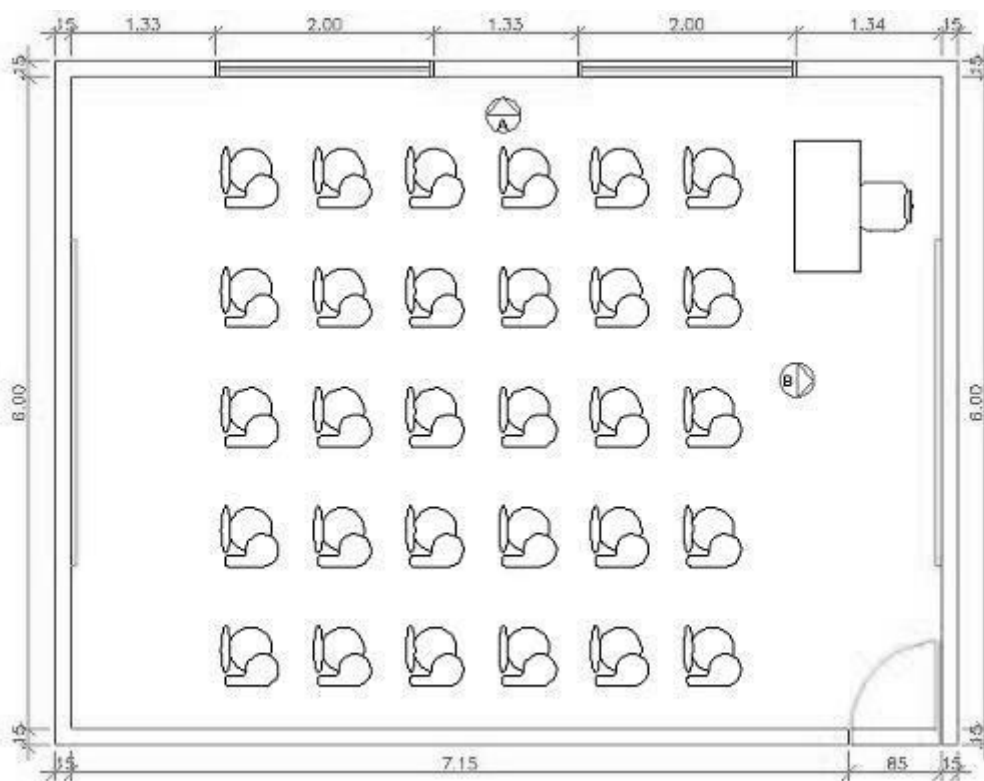


Fig. 02 – Planta Baixa

4 RESULTADOS

4.1 Níveis de ruídos medidos em campo

O ruído detectado na escola é do tipo aéreo, identificado em duas fontes, ambas externas, promovidas pelas vozes dos alunos que se espalham pelo corredor e dos alunos nas salas vizinhas. Esses ruídos são facilmente percebidos, internamente, devido ao atual baixo isolamento acústico das salas e corredores.

Na primeira situação observada na sala de aula (Tab. 1) com ventiladores ligados, portas fechadas, janelas abertas, com usuários em silêncio na sala, o ruído atingiu 83dB(A) na fonte (Fig. 4) e 68dB(A) próximo aos alunos que são o ponto de interesse. Com esses resultados, constatou-se que o nível de ruído no interior da sala

de se manteve acima do recomendado pelas normas NBR-95 e NBR-10152/1987 (40dB a 50dB), em média 30dB(A) sendo pior a situação quando a sala de aula está sendo utilizada e há ruídos externos. Esses ruídos penetram, em maior parte, através das aberturas (combogós) na parede que dá acesso do corredor à sala de aula.

Tabela 1 – Medições *in loco*

FONTE		INTERESSE	
LOCAL	RUÍDO (dB)	LOCAL	RUÍDO (dB)
Corredor	83	Sala de aula	68

5 CÁLCULO, ANÁLISE E CORREÇÃO DO ÍNDICE DE ISOLAMENTO ACÚSTICO

O cálculo de isolamento acústico foi realizado considerando os índices de isolamento acústico (IA) dos componentes da envoltória dos dois casos (Eq. 01), em particular da porta e das aberturas que as limitam em relação ao corredor e ao pátio, onde se encontram as fontes sonoras externas de ruído, que afetam negativamente a qualidade acústica dos ambientes.

$$\tau = \sum (S_i \times t_i) / \sum S_i \quad [\text{Eq. 01}]$$

Onde suas variáveis são:

S_i é a área de utilização do material i .

t_i é a transmissividade do material i .

Sabendo-se que o maior valor de ruído externo medido foi de 83dB, através dos cálculos de isolamento observou-se que a envoltória da sala reduz o ruído em apenas 15,91dB para 125Hz, 16,01dB para 500Hz e 16,02dB para 2000Hz (Tab. 2). Esses resultados (guardando aí os limites de uma simulação matemática) confirmam a deficiência de isolamento verificada nas medições para sons de todas as frequências.

Tabela 2 – Desempenho acústico atual da sala – em dB(A)

Frequência	125Hz	500Hz	2000Hz
Situação	Antes	Antes	Antes
Redução de ruído (RR)	15,91	16,01	16,02
Nível de ruído máximo aceitável internamente	45,00	45,00	45,00
Nível de ruído máximo aceitável externamente	60,91	61,01	61,02

Propõe-se fazer o fechamento da área livre (combogós) (Fig. 03) com argamassa de cimento e areia, relocando a área livre à uma altura de 2,70m do piso, também isolando o corredor com a colocação de um forró de gesso (Forro Thermatex Star) com desempenho suficiente para manter a sala em conforto acústico (Tab. 3, 4 e 5), fazendo assim uma ventilação cruzada das janelas para as aberturas na parede com acesso ao forro do corredor que por sua vez teria aberturas para a área externa da escola, não perdendo as características da sala no tangente ao conforto térmico inicial do ambiente.

Tabela 3 – Desempenho acústico da circulação para o forro da mesma – em dB(A)

Frequência	125Hz	500Hz	2000Hz
Situação	Depois	Depois	Depois
Redução de ruído (RR)	23,00	35,00	47,00
Nível de ruído máximo aceitável internamente	45,00	45,00	45,00
Nível de ruído máximo aceitável externamente	68,00	80,00	92,00

Tabela 4 – Desempenho acústico da envoltória do forro da circulação para a sala de aula-em dB(A)

Frequência	125Hz	500Hz	2000Hz
Situação	Depois	Depois	Depois
Redução de ruído (RR)	3,13	3,13	3,13
Nível de ruído máximo aceitável internamente	45,00	45,00	45,00
Nível de ruído máximo aceitável externamente	48,13	48,13	48,13

Tabela 5 – Desempenho acústico da envoltória da sala de aula – em dB(A)

Frequência	125Hz	500Hz	2000Hz
Situação	Depois	Depois	Depois
Redução de ruído (RR)	31,81	43,81	55,81
Nível de ruído máximo aceitável internamente	45,00	45,00	45,00
Nível de ruído máximo aceitável externamente	76,81	88,81	100,81

Assim, a redução do ambiente aumentou para 31,81dB na frequência de 125Hz, de 43,81dB na frequência de 500Hz e 55,81dB na frequência de 2000Hz, desempenho suficiente para isolar o nível médio do ruído externo.

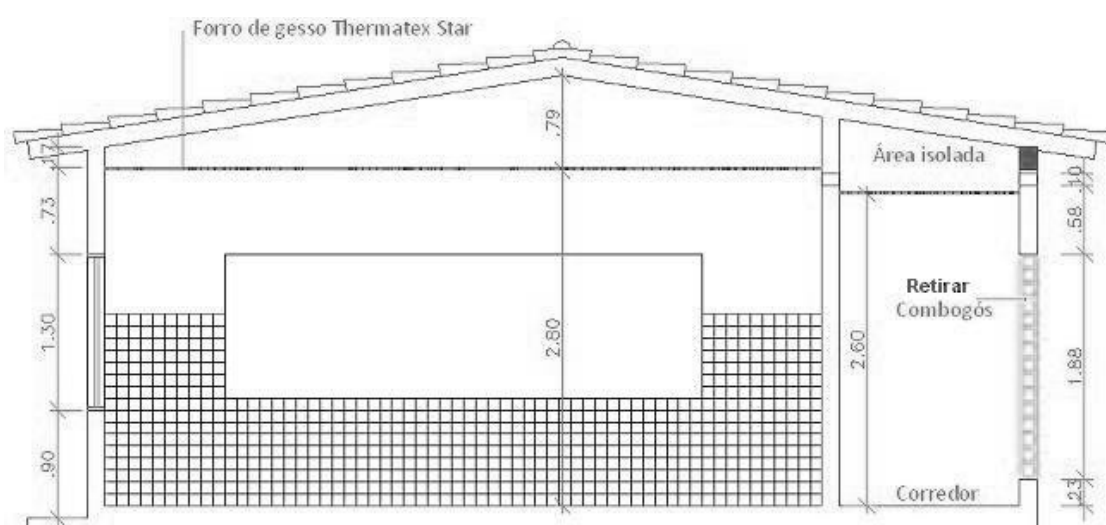


Fig. 03 – Corte da Proposta de Reforma – Sala de aula e corredor de acesso

6 CÁLCULO, ANÁLISE E CORREÇÃO DA REVERBERAÇÃO

O tempo de reverberação (Tr) depende do som produzido internamente, dos coeficientes de absorção dos materiais que o compõem, do volume do ambiente, número de pessoas que o ocupam e, obviamente, da atividade desenvolvida.

Para fazer o cálculo do tempo de reverberação foi utilizado o método de Wallace Sabine (Eq. 02); que elaborou o conceito de absorção total. Utilizando o gráfico de tempo ótimo de reverberação (TOR), elaborado por Bolt Beranek and Newman (CARVALHO, 2006). Adotou-se o valor de 0,81s para a frequência de 125Hz e de 0,55s para a frequência de 500Hz e 2000Hz.

$$\alpha = \sum (S_i \times \alpha_i) / \sum S_i \quad [\text{Eq. 02}]$$

Onde:

α é o coeficiente médio ponderado de todas as superfícies componentes do recinto e demais elementos contidos.

S_i é o somatório de todas as superfícies internas do recinto

α_i é o coeficiente de absorção acústica.

Na sala de aula analisada, com os cálculos verificou-se que o tempo de reverberação foi de 1,83s para 125Hz, 1,39s para 500Hz e 1,31s para 2000Hz valores muito superiores ao tempo ótimo de reverberação, favorecendo a permanência da propagação do som por muito tempo no ambiente, principalmente na frequência de 125Hz.

Propõe-se a diminuição da sala com a colocação de um forro de gesso (Forro Thermax Star, com características absorventes) que é de 159,60m³ para 134,40m³ (Fig. 03 e 04), diminuindo o volume per capita da sala de 5,15m³ para 4,34m³, chegando assim a um aceitável tempo de reverberação (Tab. 6). Com a absorção corrigida a atenuação dos sons no ambiente teve uma melhoria de 3,35dB na frequência de 500Hz.

Tabela 6 – Tempo de reverberação antes e depois da modificação

Frequência	125Hz		500Hz		2000Hz	
Situação	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
Absorção Calculada	6,82	18,59	7,52	22,87	7,90	25,27
Absorção Ideal	19,98	17,06	29,37	25,08	29,37	25,08
Tempo de Reverberação Calculado (s)	1,94	0,61	1,76	0,49	1,67	0,45
Diferença percentual tr/tor (%)	193,12	-8,19	290,46	9,68	271,84	-0,73

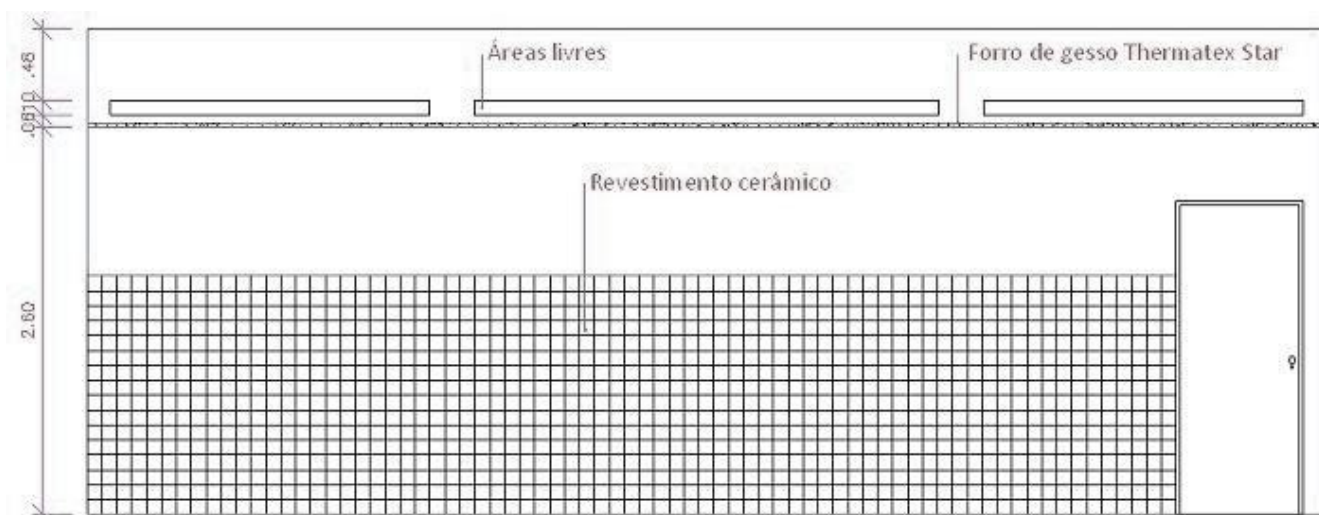


Figura 03 – Vista A

7 CONCLUSÃO

Após a medição e análise do prédio os resultados obtidos de isolamento acústico e de reverberação mostram que a Escola Estadual de Ensino Fundamental Anita Trigueiro do Vale em seu estado atual apresenta problemas acústicos. Sugere-se mudança no seu uso dos materiais que compõem forro e estrutura.

Os resultados obtidos neste trabalho, além de indicarem o baixo desempenho acústico da sala analisada e a conseqüente situação de desconforto em que se encontram seus usuários, revelam a importância do tratamento acústico ainda na etapa de concepção dos edifícios, incluindo-se a escolha do local para a sua construção. A desconsideração dos princípios de qualidade ambiental na concepção do projeto pode trazer conseqüências negativas e até nocivas à saúde das pessoas repercutindo na sua produtividade e qualidade de vida.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, Régio Panagaio. Acústica Arquitetônica. Ed. Thesaurus. Brasília, 2006

DE MARCO, Conrado Silva. Elementos da Acústica Arquitetônica. Nobel. Ed. Nobel. São Paulo, 1982.

SOUZA, Lea Cristina Lucas de; ALMEIDA, Manuela Guedes de; BRAGANÇA, Luís. Bê-a-Bá da Acústica Arquitetônica. Ed. EdUSSCar. 2006.

COSTA, Ennio Cruz da. Acústica técnica. São Paulo. Edgard Blücher, 2003.