



Programa de Recuperação de Espaços Didáticos • Pró-Reitoria de Graduação

1. INTRODUÇÃO

Adotou-se um processo de trabalho convencional, de desenvolvimento de um Estudo Preliminar para apreciação e aprovação das Unidades e Departamentos, o que permitiu inclusive a deliberação de algumas Unidades de aporte de recursos próprios. A partir da aprovação desses estudos, são desenvolvidos Projetos Executivos de Arquitetura para cada uma das futuras obras.

Esses estudos são desenvolvidos a partir de aferições das reais condições das salas de aula por meio da realização de aferições acústicas, luminícas e térmicas, visando a avaliação das alterações necessárias a uma efetiva melhoria do espaço físico destinado ao desenvolvimento de atividades didáticas.

As aferições acústicas são efetuadas de acordo com a **NBR 10151**, **NBR 10152** e conforme metodologia da **CETESB**, por meio de medidor de nível sonoro (decibelímetro).

2. MEDIÇÃO ACÚSTICA

As aferições acústicas realizam-se de acordo com a **NBR 10151**, entendido que as condições ideais de ruído de fundo e reverberação exigidas são variáveis em função da atividade realizada.

2.1 – Condições Gerais de Levantamento

- Certificar – se de que o medidor esteja calibrado de acordo com as recomendações do fabricante.
- Ajustar o medidor para que opere no circuito de ponderação A, na condição de resposta rápida.
- Colocar o dispositivo de proteção contra o vento.
- Deverá ser evitada a medição de fontes de ruído alheias que possam interferir na medição.
- Realizar 30 medições espaçadas de 10 segundos cada no interior e exterior. As janelas deverão estar na posição de funcionamento mais usual.

2.2 – Metodologia e Procedimentos

Os Relatórios de Medição Acústica produzidos incluem os seguintes dados:

- croqui do local, mostrando as dimensões e a localização dos pontos de medição;
- tipo e número de série do instrumento;
- dados do objeto da medição - decibelímetro (tipo de máquina, carga, velocidade, etc.);
- Especificações dos materiais empregados no ambiente, tanto de construção – pisos, paredes, forro, etc – quanto de utilização – mesas, cadeiras, cortinas, etc.

A análise desses resultados, associada ao conhecimento das condições locais em função do conjunto de condições do recinto, permitem ao grupo definir o tratamento acústico adequado, isolamento ou condicionamento. Para tanto é efetuado o estudo geométrico-acústico do recinto e calculado o tempo de reverberação, para a frequência de 500hz, por meio da equação de Sabine.

2.2.1– Levantamento do Nível do Ruído de Fundo

Proceder às medições dos níveis de ruído, registrando o valor do nível lido a cada 10 segundos, até completar as 30 leituras. Posicionar o microfone entre 1.20 – 1.50 m do solo e 3.50 m de qualquer superfície refletora (medição externa) ou 0.50 m em frente de uma janela aberta.

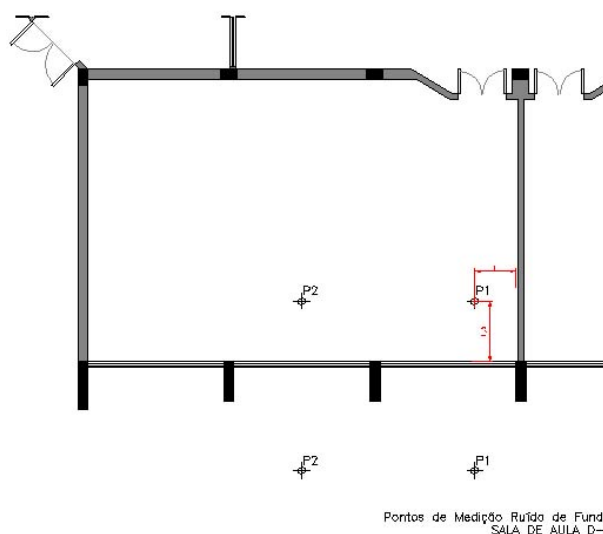
2.2.1.1 – Ambientes externos

As medições devem ser efetuadas a 1.2m acima do solo e, no mínimo, a 1.5m de paredes, edifícios e outras superfícies refletoras; evitando influência, no resultado, de sons não desejados (ex: ruído de vento no microfone). Quando as circunstâncias exigirem, as medições podem ser efetuadas a diferentes alturas e próximo a paredes.

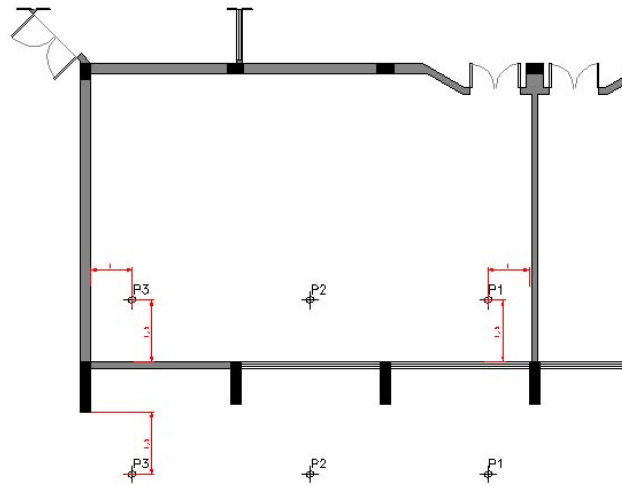
2.2.1.2 – Ambientes internos

Essas medições são realizadas com o equipamento voltado para a parede onde estão as janelas. Elas devem ser efetuadas a uma distância de no mínimo 1.00 m das paredes, 1.20 m acima do piso e a 1.50 m de janelas. Os níveis sonoros em interiores devem ser medidos em pelo menos três posições: a 1.0 m das paredes laterais a 1.50 m da janela, se elas possuírem materiais e revestimentos diferentes, e uma no centro do ambiente a 1.50 m da janela. Se as paredes laterais forem feitas e revestidas do mesmo material, não é necessário fazer três medições, basta medir no centro do ambiente e medir em uma das paredes laterais. As medições devem ser efetuadas, em geral, com as janelas abertas. Se a sala é regularmente utilizada com as janelas fechadas, as medições devem ser efetuadas nessas condições.

Exemplos:



Ambiente simétrico



Pontos de Medição Ruído de Fundo
SALA DE AULA D-1

Ambiente assimétrico

2.2.1.3 – Cálculo da Média Aritmética e dos Índices Estatísticos (L_{10} , L_{90} e L_{eq})

- Preencher a coluna L com os níveis de ruído aferidos em campo em ordem decrescente.
- Preencher a coluna FO, com as frequências absolutas de cada nível da coluna L (número de vezes que cada valor aferido se repete).
- Preencher a coluna FA, acumulando as frequências absolutas em ordem decrescente (a somatória deverá ser igual a 30).
- Preencher a coluna FA %, com os valores do produto da razão entre o valor da frequência acumulada sobre 30 vezes 100.

•

$$FA\% = \frac{FA}{30} \cdot 100$$

- Procurar na coluna FA % o valor de 10% e 90% ou os que mais se aproximem e verificar na coluna L, qual é o nível de ruído a que pertencem estes valores. Os valores assim encontrados correspondem aos L_{10} e L_{90} , respectivamente.
- Efetuar o cálculo de L_{eq} a partir da seguinte com a fórmula

$$L_{eq} = 0,01 \cdot (L_{90} - L_{10})^2 + 0,5 \cdot (L_{90} + L_{10})$$

Exemplo:



LEVANTAMENTO DE CONFORTO ACUSTICO

Aferição dos níveis de Ruído de Fundo

nome do Instituto

L0 CAL: nome do projeto

DATA: xx/xx/2003

Portas e Janelas abertas

	P 1	PO	FA	FA%	P 2	PO	FA	FA%	P 3	PO	FA	FA%
1	60,3	1	1	3,3%	56,9	1	1	3,3%	55,4	1	1	3,3%
2	58,4	1	2	6,6%	55,8	1	2	6,6%	55,1	1	2	6,6%
3	57,7	1	3	9,9%	54,3				54,3			
4	57,3				54,3				54,3	2	4	13,3%
5	57,3	2	5	16,6%	54,3	3	5	16,6%	53,9			
6	56,9	1	6	20,0%	53,9	1	6	20,0%	53,9			
7	56,2	1	7	23,3%	53,8				53,9			
8	55,4				53,8				53,9			
9	55,4	2	9	30,0%	53,8				53,9	5	9	30,0%
10	55,1	1	10	33,3%	53,8				53,8			
11	54,7	1	11	36,6%	53,8				53,8			
12	54,5	1	12	40,0%	53,8				53,8			
13	54,3				53,8				53,8			
14	54,3				53,8	8	14	46,6%	53,8			
15	54,3	3	15	50,0%	53,2				53,8			
16	53,9				53,2				53,8			
17	53,9				53,2				53,8			
18	53,9				53,2				53,8			
19	53,9	4	19	63,3%	53,2				53,8	10	19	63,3%
20	53,8				53,2				53,2			
21	53,8	2	21		53,2				53,2			
22	53,2				53,2				53,2			
23	53,2				53,2	9		30,0%	53,2			
24	53,2				52,8				53,2			
25	53,2				52,8				53,2			
26	53,2	5	26	86,6%	52,8				53,2			
27	53,1				52,8				53,2	8	27	90,0%
28	53,1	2	28	93,3%	52,8				52,8			
29	52,8				52,8				52,8			
30	52,8	2	30	100,0%	52,8	7	30	100,0%	52,8	3	30	100,0%

L10=	57,7
L90=	53,1
	55,61

L10=	54,3
L90=	52,8
	53,57

L10=	54,3
L90=	53,2
	53,76

Considera-se o nível de ruído de fundo adequado para salas de aula, entre 40 dB (A) e 50dB(A)
 Portanto, conduziu-se a partir dos presentes cálculos que as salas de aula **XX** possuem
 nível de ruído **inadequado**

2.2.2 – Cálculo do Tempo de Reverberação

2.2.2.1 – Equação de Sabine

Ambientes	Níveis Sonoros Adequados (dB)	
	Nível de Conforto	Nível Aceitável
Hospitais		
Apartamentos, Enfermarias, Berçários, Centros Cirúrgicos	35	45
Laboratórios, Áreas para uso do público	40	50
Serviços	45	55
Escolas		
Bibliotecas, Salas de música, Salas de desenho	35	45
Salas de aula, Laboratórios	40	50
Circulação	45	55
Auditórios		
Salas de concerto, Teatros	30	40
Salas de conferências, Cinemas, Salas de uso múltiplo	35	45
Escritórios		
Salas de reunião	30	40
Salas de gerência, Salas de projetos e de administração	35	45
Salas de computadores	45	65
Locais para esporte		
Pavilhões fechados para espetáculos e atividades esportivas	45	60

$$t_r = \frac{0,161V}{S_1\alpha_1 + S_2\alpha_2 + \dots}$$

Onde: t_r – tempo de reverberação do recinto em segundos

V – volume do recinto (comprimento x largura x pé-direito da sala)

S_1, S_2, \dots, S_n – área das superfícies interiores do recinto em m^2 , afetadas pelos coeficientes de absorção $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ respectivamente

$\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ – coeficientes de absorção sonora das várias superfícies interiores e demais elementos absorventes do recinto, como mesas e cadeiras, por exemplo. Estes valores são encontrados nas tabelas de coeficientes de absorção acústica (Tabela de Hans W. Bobran) NBR – 101 (anexo 2) ou tabela anexada a este manual (**anexo 3**)

Determinado o tempo de reverberação (t_r), compara-se este valor com o tempo de reverberação ótimo (t_o). A diferença ($t_o - t_r$) deve ser, no máximo, cerca de 10 % do t_o . O tempo de reverberação ótimo é função do volume do ambiente e do tipo de atividade. Ver curvas **anexo 6**.

Exemplo:



LEVANTAMENTO DE CONFORTO ACÚSTICO

Cálculo do tempo de Reverberação (Equação Sabine)

Bloco D

PROJETO: Salas de Aula D-8, D-16

DATA: 27/01/2008

Tipo de Superfície/Interior/Objetos	Área (m ²)	Coef. Abs (500 Hz)	S _n x α
Parede de alvenaria pintada (laterais)	S1= 85,20	a1= 0,02	1,704
Parede de alvenaria pintada (parede do fundo)	S2= 24,75	a2= 0,02	0,495
Parte em concreto das paredes laterais (colunas e vigas)	S2= 2,25	a3= 0,03	0,068
Parte em concreto da parede do fundo (viga)	S4= 4,20	a4= 0,03	0,126
Parede da frente - lousa - fórmica	S5= 8,75	a5= 0,08	0,700
Parte em concreto da parede da frente (viga)	S6= 4,20	a6= 0,03	0,126
Janelas - metal e vidro	S7= 22,73	a7= 0,03	0,682
Porta madeira	S9= 2,52	a9= 0,60	1,512
Piso em granito	S10= 118,67	a10= 0,03	3,560
Vigas centrais em concreto	S11= 62,89	a11= 0,03	1,887
Mesa da frente - revestida em fórmica	S12= 0,70	a12= 0,08	0,056
Pessoas com cadeiras	S14= 69,00	a14= 0,44	30,360
Revestimento acústico aplicado sob a laje	S15= 113,31	a15= 0,65	73,652
Mesas em fórmica	S16= 25,5	a16= 0,08	2,04
Cortina comum opaca	S17= 19,58	a17= 0,2	3,916
TOTAL			120,8827

índice fixo

0,161

volumetria da sala

432,9864 69,7108104

altura da sala =	3,6	Tempo de Reverberação
comprimento da sala =	14,2	
largura da sala =	8,47	

0,57668145

Considera-se o tempo de reverberação adequado [a 500Hz] para salas de aula, entre **0,55 e 0,6 segundos**.

Portanto, conclui-se a partir dos presentes cálculos que as Salas de Aula D-8, D-16

Possuem tempo de reverberação: **adequado**

2.2.2.2 - Definições

- **Tempo de reverberação:** Tempo necessário para que um som deixe de ser ouvido, após a extinção da fonte sonora, e expressão em segundos. O tempo de reverberação é medido como o tempo necessário para que o som sofra um decréscimo de 60 dB.
- **Tempo de reverberação ótimo:** Tempo de reverberação considerado ótimo para um determinado recinto e determinada atividade, e expresso em segundos.