

## ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO CORPO DO OPERADOR NAS MEDIÇÕES DE RUÍDO NO INTERIOR DE UMA SALA

Mateus, Mário L. O. S.<sup>1</sup>; Fradique, Jorge<sup>2</sup>; Gameiro da Silva, Manuel C.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ADAI – Departamento de Engenharia Mecânica, Faculdade de Ciências e Tecnologia  
Universidade de Coimbra – Pólo II, 3030-201 Coimbra, PORTUGAL  
Tel. (351) 239 708 580 Fax: (351) 239 708 589  
[mario.mateus@adai.pt](mailto:mario.mateus@adai.pt), [manuel.gameiro@dem.uc.pt](mailto:manuel.gameiro@dem.uc.pt)

<sup>2</sup>Direcção Regional da Economia de Lisboa e Vale do Tejo, Estrada da Portela – Zambujal  
Apartado 7546 – Alfragide, 2611-858 Amadora, Portugal  
Tel. (351) 214 729 500 Fax: (351) 214 714 080  
[jorge.fradique@dre-lvt.min-economia.pt](mailto:jorge.fradique@dre-lvt.min-economia.pt)

### Resumo

O presente artigo apresenta os resultados obtidos nas medições efectuadas no interior de uma sala, considerando a presença e a ausência do corpo do operador. A sala em referência, corresponde àquela onde decorreram os Ensaio de Comparação Interlaboratorial (ECI) de Acústica – Critério de Incomodidade sonora, entre Novembro de 2007 e Janeiro de 2008, NO Laboratório de Aerodinâmica Industrial da Universidade de Coimbra.

Foram testadas duas configurações básicas: sala sem absorção e sala com absorção. Em cada uma destas configurações foram utilizados dois sinais sonoros com espectros de emissão distintos, sendo um composto exclusivamente por ruído branco e outro por ruído branco adicionado a uma forte componente tonal com a frequência de 1250 Hz.

As medições correspondentes às possíveis combinações de tipo de sala e de tipo de ruído foram efectuadas em três localizações dentro da sala e, em cada ponto, foram efectuadas quatro amostragens, com uma duração de dez minutos cada.

Apresentam-se assim os resultados obtidos e analisa-se a influência do corpo do operador nos resultados, para as combinações estudadas.

**Palavras-chave:** influência do operador, comparação interlaboratorial, absorção, componente tonal.

### Abstract

The present paper presents the results of a series of tests carried out inside a room, with and without the presence of the operator. The room is the same where it took place the interlaboratory comparison in acoustics, from November 2007 to January 2008.

The tests were carried out in two basic configurations: room with and without absorption. In each configuration two different sound spectra were used: one consisted of white noise, while the other one had a strong tonal component superimposed at 1250 Hz.

The measurements corresponding to the different combinations of room and signal were made in three different locations inside the room, with four sampling periods with a duration of ten minutes each one. The paper presents the results and discusses the influence of the operator's presence in the measurements, for the analyzed conditions.

**Keywords:** operator influence, interlaboratory comparison, absorption, tonal component.

## 1 Introdução

A caracterização dos níveis de campos sonoros estabelecidos no interior de salas é muitas vezes efectuada com o objectivo de verificar o cumprimento de determinados requisitos legais, nomeadamente o critério de incomodidade.

Para a sua verificação, efectuam-se várias medições no interior desses compartimentos, em duas situações distintas: uma com a fonte sonora em funcionamento e outra com a fonte sonora parada. É pois com base na diferença das medições efectuadas nas condições indicadas que se faz a verificação deste critério.

Durante as medições, são vários os factores que podem influenciar o valor dos níveis sonoros medidos no interior da sala, como por exemplo: a selecção dos pontos de medição, o número de medições, a sua duração, a natureza da fonte, a presença do técnico ou de outras pessoas no interior da sala, etc...

No estudo efectuado, pretendeu-se quantificar a influência que poderá ter a presença do corpo do técnico (operador do sonómetro) nos valores medidos que servem posteriormente para a verificação do critério de incomodidade.

Foram, assim, efectuadas medições em situações distintas, tendo sido possível testar várias configurações a que correspondem fontes com características espectrais diferentes, numa sala com tempos de reverberação ajustáveis e simulando a presença/ausência do técnico.

## 2 Fonte emissora

A fonte emissora, utilizada para a geração do campo sonoro, consistiu num leitor de CD, ligado a um amplificador de potência e respectivos altifalantes.

Os dois sinais pré-gravados no CD reproduzido pela fonte sonora correspondiam um a ruído branco e outro a ruído branco adicionado a uma forte componente tonal com a frequência de 1250 Hz. A instalação encontrava-se monitorizada, directamente na saída do amplificador, através de um voltímetro de banda larga, de forma a garantir a regulação da amplitude para o mesmo valor em todos os ensaios. Toda a instalação se encontrava montada numa sala adjacente, lateralmente, à sala onde viriam a ser efectuadas as medições, que adiante será denominada de sala receptora. Dadas as dimensões desta sala, os altifalantes encontravam-se direccionados para a parede comum de separação, a uma distância aproximada de 2 m desta.

Foram tomadas as precauções devidas para minimizar a transmissão de energia através das frestas existentes nas portas das salas emissora e receptora. Desta forma, pretendia-se que o maior fluxo de energia atravessasse o elemento de separação vertical existente, sendo este constituído por uma parede de alvenaria de tijolo furado e rebocada com argamassa de cimento, com uma espessura total de 15 cm.



Figura 1 – Sistema de reprodução sonora instalado na sala emissora

Nos gráficos das figuras 2 e 3, apresenta-se a análise espectral, por bandas de terço de oitava dos dois tipos de sinais recebidos na sala receptora.

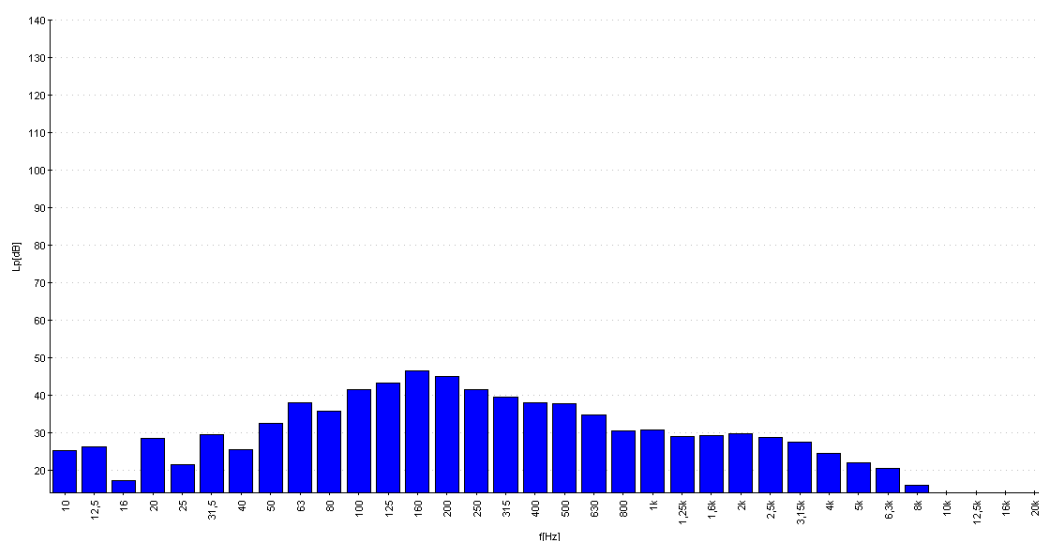


Figura 2 – Análise espectral, por bandas de  $\frac{1}{3}$  de oitava, com ponderação A, no interior da sala receptora com a fonte a emitir ruído branco.

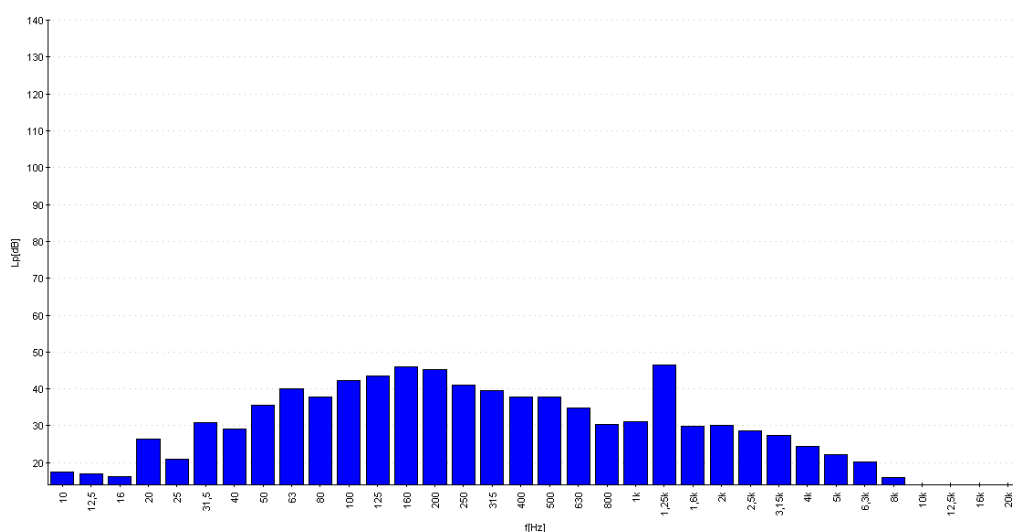


Figura 3 – Análise espectral, por bandas de  $\frac{1}{3}$  de oitava, com ponderação A, no interior da sala receptora com a fonte a emitir ruído branco e uma componente tonal em 1250 Hz, sobreposta.

### 3 Características da sala receptora

A sala receptora possui um volume de  $69,3 \text{ m}^3$  e dimensões de  $6 \times 3,5 \times 3,3 \text{ m}^3$ , respectivamente, de comprimento, altura e largura.

Na sua configuração base a sala revelava a existência de tempos de reverberação elevados em particular nas gamas baixa e média baixa de frequências.

De forma a ser possível condicionar o tempo de reverberação no seu interior, foram utilizados elementos fibros que, em determinados ensaios, foram colocados na sala, com orientações diversas, mas em posições que permitissem sempre deixar a zona de ensaio completamente livre de obstáculos.



Figura 4 – Sala receptora – com condicionamento do tempo de reverberação.

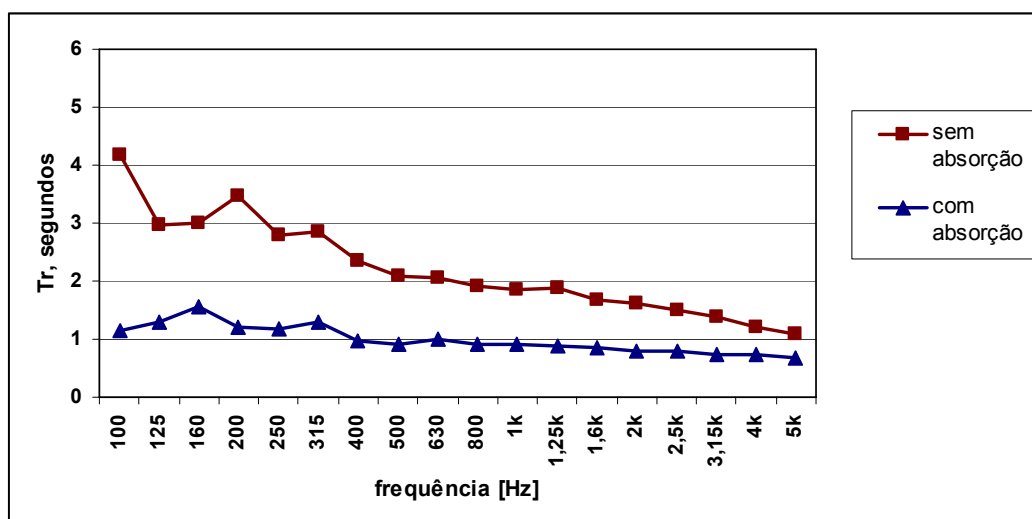


Figura 5 – Tempos de reverberação da sala nas duas configurações testadas

#### 4 Metodologia e tipologias testadas

Durante as medições, foram testadas as combinações possíveis de fonte, reverberação da sala e presença/ausência do operador, encontrando-se esquematizadas na figura 6 as diversas situações.

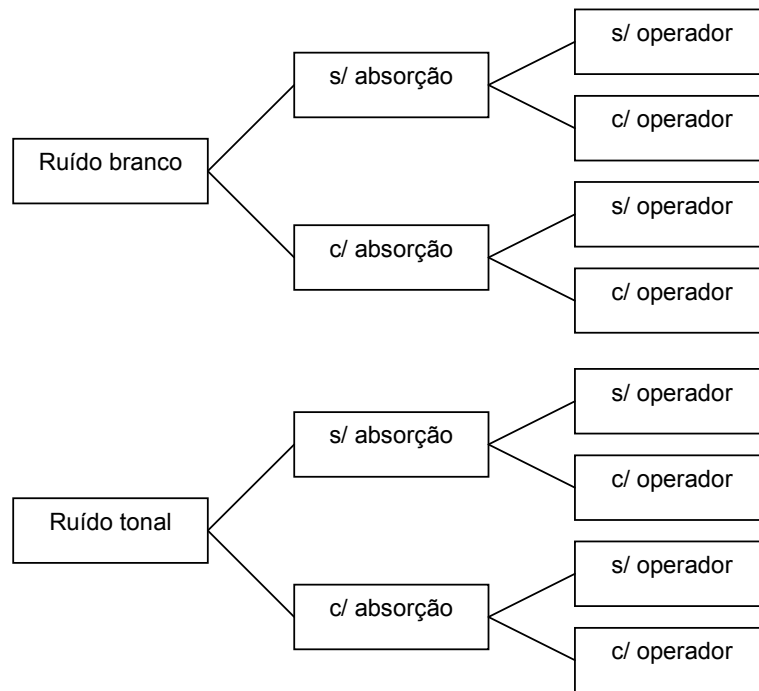


Figura 6 – Tipologias testadas considerando a existência ou não do operador, para as duas situações de sala e de ruído

Para a medição dos níveis sonoros, foi utilizado um analisador CESVA, modelo SC310 que cumpre as especificações exigidas para analisadores da classe I.

Seleccionaram-se três pontos numa diagonal da sala receptora e em cada ponto, para cada combinação estudada, efectuaram-se quatro medições com uma duração de 10 minutos cada. Assim, cada ponto foi caracterizado durante 40 minutos em condições de idêntica repetibilidade.

Para simular a presença do corpo do operador utilizou-se um manequim completamente vestido, que se mantinha numa posição correspondente àquela que seria ocupada na realidade por um operador.



Figura 7 – Manequim “operador” no interior da sala receptora durante a medição

## 5 Resultados obtidos

Nas tabelas seguintes, apresentam-se os valores correspondentes à média aritmética das quatro medições em cada ponto de medição e a respectiva dispersão das leituras. Numa coluna independente apresenta-se ainda a dispersão espacial dos valores médios dos três pontos para cada uma das tipologias estudadas.

Tabela 1 – Tipologias testadas considerando a existência ou não do operador, para as duas situações de sala e com uma fonte que gera ruído branco.

			Ponto 1 [dB(A)]	Ponto 2 [dB(A)]	Ponto 3 [dB(A)]	Dispersão espacial
Ruído branco	Sem absorção	Sem operador	43,6	43,6	43,7	<b>0,06</b>
			0,06	0,06	0,17	
		Com operador	43,4	43,5	43,5	<b>0,06</b>
			0,15	0,06	0,08	
	Com absorção	Sem operador	40,8	40,7	40,9	<b>0,10</b>
			0,05	0,00	0,05	
		Com operador	40,7	40,4	40,6	<b>0,15</b>
			0,06	0,10	0,05	

Tabela 2 – Tipologias testadas considerando a existência ou não do operador, para as duas situações de sala e com uma fonte que gera ruído com uma componente tonal.

			Ponto 1 [dB(A)]	Ponto 2 [dB(A)]	Ponto 3 [dB(A)]	Dispersão espacial
Ruído tonal	Sem absorção	Sem operador	48,8	49,0	49,0	<b>0,12</b>
			1,29	0,73	1,09	
		Com operador	50,4	50,3	48,0	<b>1,36</b>
			2,58	0,66	0,42	
	Com absorção	Sem operador	46,4	46,6	46,5	<b>0,10</b>
			0,87	1,33	1,12	
		Com operador	45,1	47,5	47,0	<b>1,27</b>
			0,36	0,53	1,02	

## 6 Resultados obtidos

Da análise das tabelas anteriores, percebe-se que em cada ponto, individualmente, a dispersão das leituras – aqui quantificada pelo desvio padrão das quatro leituras – é maior quando o campo apresenta características tonais.

Também a dispersão espacial, para os três pontos, apresenta sempre valores maiores na situação de ruído tonal e dá-se aqui especial destaque à situação em que o operador está presente. Este facto estará associado à existência do campo de pressão sonora, estacionário, que se estabelece aquando da excitação da sala com uma fonte de características tonais. Nestas circunstâncias, a presença de

qualquer obstáculo, neste caso o corpo do operador, pode fazer alterar localmente, de forma significativa, os gradientes de pressão sonora, seja pela reflexão ou pela absorção introduzidas.

Para se poder ter a percepção da influência destes fenómenos nos valores dos níveis de avaliação que são utilizados no critério de incomodidade, efectuou-se uma estimativa para a incerteza da distribuição espacial dentro da sala receptora para todas as tipologias estudadas, sendo os valores apresentados na figura 8.

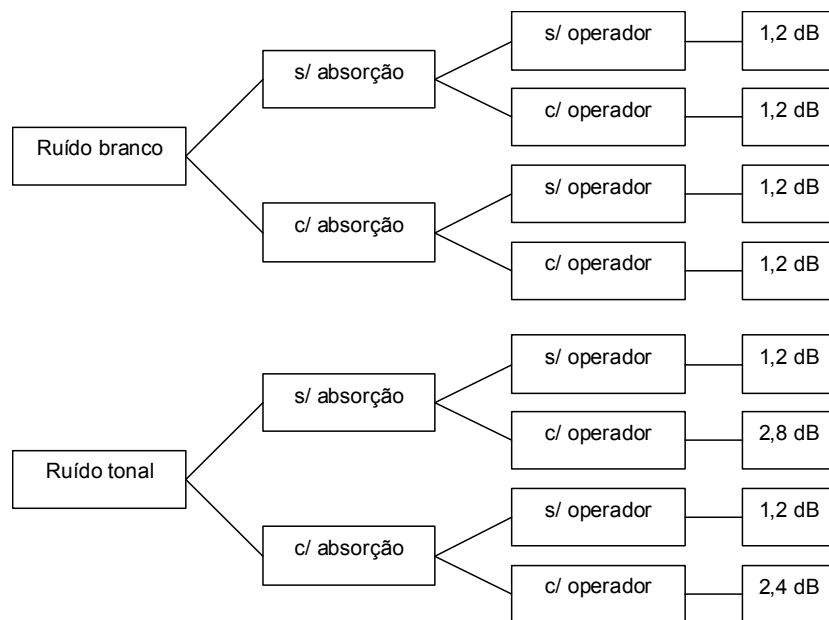


Figura 8 – Valor da incerteza expandida para a distribuição espacial do nível de avaliação.

Para a obtenção dos valores da incerteza expandida, contabilizou-se, para além da componente devida à dispersão espacial das leituras, a incerteza devida à classe do equipamento igual a 1dB, o erro devido ao arredondamento, e um factor de expansão,  $k$ , igual a 2.

## 7 Conclusão

A análise dos resultados obtidos pelas medições efectuadas, nas condições anteriormente descritas, permite concluir que a presença do corpo do operador, ainda que imóvel, junto ao sonómetro, pode em determinados campos sonoros introduzir grandes perturbações no valor medido.

Este efeito é notado, em particular, em campos sonoros no interior de espaços fechados que possuam componentes tonais. Com base nestas constatações, será importante ter especial atenção às situações reais de medição.

Neste trabalho não foi contabilizado o efeito da movimentação do operador durante as medições, mas esse será certamente um factor perturbador que deve merecer especial atenção. Finalizando, o operador deve estar sensibilizado para a necessidade de adaptar o seu procedimento em função do campo que encontra no interior de uma sala fechada. Nomeadamente, deve proceder à recolha de níveis sonoros num número maior de pontos e assim obter uma melhor caracterização espacial dos níveis sonoros dentro da sala.

## **Referências**

- [1] Decreto-Lei nº 9/2007, de 17 de Janeiro – *Regulamento Geral do Ruído*, INCM, Lisboa, 2007.
- [2] Norma NP 1730-1:1996 – *Acústica – Descrição e medição do ruído ambiente – Parte 1: Grandezas fundamentais e procedimentos*, IPQ, Monte da Caparica, 1996.