

ENSAIO DE APTIDÃO – ACÚSTICA DE EDIFÍCIOS: RUÍDO PARTICULAR DE EQUIPAMENTOS COLETIVOS EM EDIFÍCIOS

PACS: 43.15.+s

Jorge Fradique¹; Isabel Leal¹; Mário Mateus²; Fátima Inglês³

1 Direcção Regional da Economia de Lisboa e Vale do Tejo
Amadora, Portugal

jorge.fradique@dre-lvt.min-economia.pt

isabel.leal@dre-lvt.min-economia.pt

2 ADAI - Associação para o Desenvolvimento da Aerodinâmica Industrial
Coimbra, Portugal

mario.mateus@adai.pt

3 Arsenal do Alfeite, S.A.

Almada, Portugal

fatima.ingles@arsenal-alfeite.pt

ABSTRACT

This paper presents the results of a Proficiency Test in Building Acoustics, which focused on the sound pressure level from service equipment in buildings.

This proficiency test aimed to analyze the performance of the participating laboratories in characterizing the specific sound of service equipment in buildings, in accordance with the criteria set out in the Portuguese ordinance 96/2008, the Portuguese Regulation on Acoustic Requirements of Buildings, and the applicable standard, namely the NP EN ISO 16032:2009.

For this purpose we used two rooms in the building of the Regional Direction of Economy, where tests were also made by members of the Technical Committee. Each participating laboratory was asked to characterize the specific sound of service equipment.

This article discusses the difficulties encountered in the preparation and essay development, presents the methodologies used in analyzing the results of the participating laboratories, the results and the main conclusions.

RESUMO

Esta comunicação apresenta os resultados de um Ensaio de Aptidão em Acústica de Edifícios, que incidu sobre a medição do ruído particular de equipamentos coletivos em edifícios.

Este Ensaio de Aptidão teve por objetivo analisar o desempenho dos laboratórios participantes na caracterização do ruído particular de equipamentos coletivos em edifícios, de acordo com os critérios definidos no Decreto-Lei 96/2008, de 9 de Junho, que alterou e republicou o Regulamento Português dos Requisitos Acústicos dos Edifícios, e com a norma aplicável, nomeadamente a NP EN ISO 16032:2009.

Para o efeito foram utilizadas duas salas do edifício da Direcção Regional da Economia de Lisboa e Vale do Tejo, onde foram também efetuados ensaios pelos elementos da Comissão Técnica. Foi solicitado a cada laboratório participante que caracterizasse o ruído particular de um equipamento. O presente artigo discute as dificuldades encontradas na preparação e desenvolvimento do ensaio, apresenta as metodologias utilizadas na análise dos resultados dos laboratórios participantes, os resultados obtidos e as principais conclusões.

INTRODUÇÃO

Os Ensaio de Aptidão, também designados como Ensaio de Comparação Interlaboratorial, são uma ferramenta de controlo da qualidade externo, permitindo avaliar o desempenho dos laboratórios participantes através da comparação dos seus resultados e, caso necessário, implementar ações preventivas ou corretivas. De acordo com o Instituto Português de Acreditação (IPAC), a participação nestes ensaios de aptidão é obrigatória para os laboratórios acreditados segundo a NP EN ISO/IEC 17025.

Este ensaio de aptidão foi promovido pela Relacre - Associação de Laboratórios Acreditados de Portugal, tendo integrado a sua comissão técnica as seguintes entidades:

- ADAI
- ARSENAL DO ALFEITE
- DRE-LVT

Participaram neste ensaio de aptidão 66 laboratórios de acústica de todo o país, dos quais 51 eram laboratórios acreditados para este tipo de ensaios.

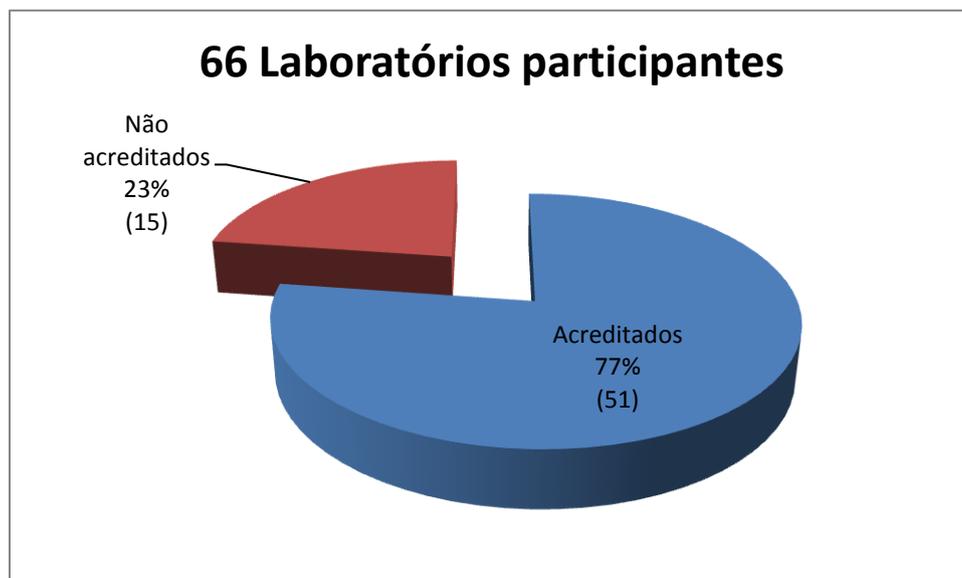


Figura 1 – Laboratórios participantes

ENQUADRAMENTO NORMATIVO E LEGISLATIVO

A Legislação Nacional atualmente em vigor e aplicável ao tipo de ensaios em questão encontra-se publicada no Decreto-lei 96/2008 de 9 de Junho – Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE). Este regulamento estabelece os requisitos a cumprir, para o ruído particular de equipamentos coletivos de edifícios, como ascensores, grupos hidropressores, sistemas centralizados de ventilação mecânica, automatismos de portas de garagem, postos de transformação de corrente elétrica e instalações de escoamento de águas, quando instalados em edifícios habitacionais ou mistos, comerciais ou de serviços, escolares ou hospitalares. De acordo com o mesmo regulamento, o parâmetro a utilizar na caracterização do nível sonoro do ruído particular deste tipo de equipamentos é o nível de avaliação padronizado, isto é, o nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A, durante um intervalo de tempo especificado, adicionado da correção devida às características tonais do ruído, K , e

corrigido da influência das condições de reverberação do compartimento recetor, segundo a expressão:

$$L_{Ar,nT} = L_A + K - 10 \lg \left(\frac{T}{T_0} \right) \quad (1)$$

No que respeita à definição dos métodos de ensaio são aplicáveis as seguintes normas, que correspondem à edição Portuguesa das normas ISO:

- NP EN ISO 16032:2009
Acústica. Medição do nível de pressão sonora de equipamentos de serviço em edifícios.
- NP EN ISO 3382-2:2011
Acústica. Medição de parâmetros de acústica de salas. Parte 2: Tempo de reverberação em salas correntes.

CONDIÇÕES DOS ENSAIOS

Os ensaios decorreram de julho de 2012 a fevereiro de 2013, entre duas salas do edifício da Direção Regional da Economia de Lisboa e Vale do Tejo.

A comissão técnica efetuou uma caracterização prévia do local de ensaio. Face ao previsível elevado número de laboratórios participantes, como na prática se veio a verificar, tornou-se necessário optar por uma fonte sonora adequada a esta utilização intensiva. De facto, embora fosse possível utilizar para o efeito um elevador existente no edifício, a sua utilização intensiva poderia levar à ocorrência de problemas técnicos no próprio elevador, prejudicando a sua utilização necessária pelos serviços da DRE, e o próprio desenrolar dos ensaios de aptidão, pois uma avaria, para além de impedir a realização dos ensaios em curso no próprio dia, poderia ainda levar a uma reparação demorada, atrasando de forma significativa o desenvolvimento dos ensaios. Assim, foi utilizada uma alternativa que consistiu na reprodução do ruído de um elevador real, gravado em áudio e reproduzido através de uma fonte sonora adequada para ensaios acústicos. O funcionamento do elevador foi gravado num edifício de sete pisos, incluído um percurso direto entre os pisos mais afastados, e um outro percurso com paragem e abertura de porta em todos os pisos. Esta gravação foi depois copiada digitalmente e gravada em sequência diversas vezes, de modo a permitir efetuar um conjunto completo de ensaios.

Para tentar minimizar a influência de ruídos espúrios, decorrentes da normal utilização do edifício, foram utilizadas duas opções: por um lado, na escolha das salas para a realização dos ensaios, foi selecionada uma zona do edifício com menor utilização e logo menos sujeita a ruídos de passagem de pessoas ou outros; por outro lado, foi também utilizado um ruído de fundo artificial, a partir de uma gravação de ruído branco, reproduzido através do mesmo sistema utilizado para a reprodução do ruído do elevador.



Figura 2 – Sistema de reprodução utilizado

PROCEDIMENTO DE ENSAIO

De acordo com a legislação Portuguesa aplicável, com a norma NP EN ISO 16032:2009, e com a interpretação dada pelo documento LNEC sobre critérios de amostragem, a determinação do ruído particular de equipamentos passa pela medição dos níveis sonoros, em bandas de frequências de oitavas ou terços de oitavas, em três posições na sala, sendo uma delas uma posição de canto, a 0,5 m de todas as superfícies e do solo. Estes valores são posteriormente corrigidos em função do ruído de fundo, medido nos mesmos pontos. O valor global, em dB(A) é obtido a partir dos valores assim calculados por bandas de frequências, após aplicação das ponderações correspondentes à curva A.

O nível de avaliação padronizado é calculado a partir deste resultado, adicionado da correção devida às eventuais características tonais do ruído, K , e corrigido da influência das condições de reverberação do compartimento recetor, de acordo com a expressão (1).

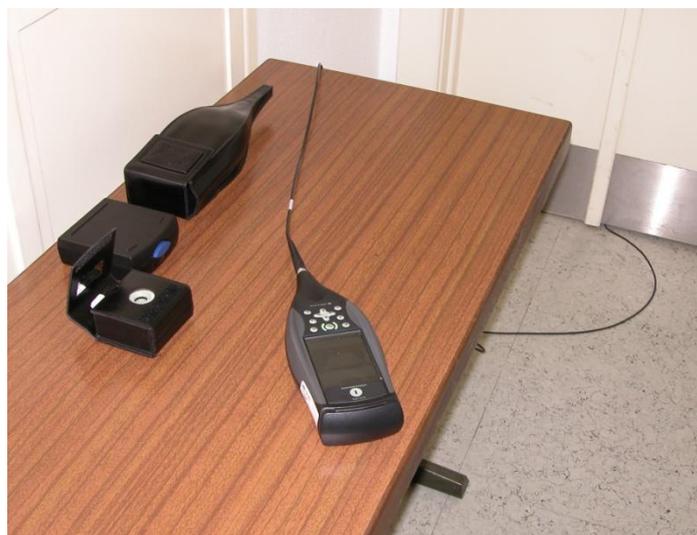


Figura 3 – Medição com sonómetro e operador fora da sala

De acordo com a norma referida, as medições devem ser preferencialmente efetuadas sem a presença dos técnicos no interior da sala, o que pode ser conseguido, por exemplo, com a utilização de um cabo de extensão para o microfone.



Figura 4 – Colocação do microfone numa posição de canto

A colocação do microfone nas posições de canto e a escolha do canto a utilizar deve ser cuidadosamente efetuada, pois esta escolha pode influenciar de forma significativa o resultado final.

As outras duas posições de medição devem situar-se no campo reverberante da sala.



Figura 5 – Colocação do microfone numa posição de campo reverberante

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os valores de referência para este ensaio foram calculados como os valores de consenso entre os participantes, a partir de uma análise estatística robusta. Estes valores foram usados como valores de referência para os níveis sonoros do ruído particular do equipamento, por bandas de frequência, para o valor global ponderado A, para o tempo de reverberação e para o nível de avaliação padronizado. Para estes valores de referência foram também calculados valores de desvio padrão, utilizando também aqui uma análise estatística robusta.

A obtenção dos valores de consenso através da utilização de estimadores robustos, de acordo com a norma ISO 13528:2005, não exige a eliminação inicial de valores aberrantes, permitindo contabilizar nos cálculos todos os resultados dos laboratórios participantes e calcular os respetivos indicadores de desempenho.

Foi utilizado como indicador de desempenho o parâmetro Z-score, calculado a partir da expressão:

$$Z = \frac{(V_{Lab} - V_{Ref})}{S} \quad (2)$$

Onde,

V_{Lab} – Valor do laboratório;

V_{Ref} – Valor de referência;

S – Unidade de desvio admissível (desvio padrão).

O desempenho do Laboratório é avaliado, por cada parâmetro ensaiado, de acordo com os seguintes critérios do valor numérico do parâmetro Z-score:

Avaliação	Z-score	Cor
Desempenho Satisfatório	$ Z \leq 2$	Verde
Desempenho Questionável	$2 < Z < 3$	Amarelo
Desempenho Insatisfatório	$ Z \geq 3$	Vermelho

Tabela 1 – Avaliação do parâmetro Z-score

A avaliação dos resultados foi efetuada para os valores finais do nível de avaliação padronizado, para o tempo de reverberação, para o valor global ponderado A, e ainda para os níveis sonoros do ruído particular do equipamento, por bandas de frequência.

RESULTADOS OBTIDOS E CONCLUSÕES

No quadro seguinte apresentam-se os valores de referência e dos respetivos desvios padrão para os valores de L_A em cada banda de terço de oitava. Apresentam-se também os valores de incerteza máximos e mínimos, obtidos nos ensaios da comissão técnica, para estes parâmetros.

Freq. (Hz)	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630
Referência dB(A)	-2,4	-1,5	3,1	11,6	14,6	20,5	14,3	13,0	20,3	25,4	30,9	31,2
Desvio padrão dB	4,00	2,75	3,48	4,41	2,04	3,18	2,39	1,90	1,14	0,90	1,12	0,84
Incerteza CT (min)	2,1	1,2	1,6	2,4	1,0	0,7	3,0	0,8	0,8	0,6	0,6	0,6
Incerteza CT (max)	11	6,1	4,8	15	2,1	3,5	6,7	4,0	2,8	1,5	1,8	1,4

Freq. (Hz)	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000
Referência dB(A)	26,2	29,3	28,7	30,9	30,2	27,3	21,9	11,2	8,7	8,2	7,3	6,0
Desvio padrão dB	0,75	1,06	0,74	0,68	0,90	0,97	1,04	1,79	2,04	2,06	1,88	2,59
Incerteza CT (min)	0,6	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5	1,0	2,4	3,6	5,7	2,9
Incerteza CT (max)	1,9	2,1	1,9	1,8	1,6	1,7	1,9	2,6	39	26	50	44

Tabela 2 – Resultados obtidos por bandas de frequências

Nas bandas de frequências mais baixas verificaram-se maiores valores de dispersão, situação normal dados os valores medidos na sala. Para as frequências médias, o desvio padrão tende a aproximar-se de 1 dB, valor muito bom para este tipo de ensaio.

Os valores obtidos para os parâmetros, nível global do ruído particular, ponderado A, L_A , tempo de reverberação, T , e nível de avaliação padronizado, $L_{Ar,nT}$, apresentam-se na tabela seguinte. Também aqui se apresentam os valores de incerteza máximos e mínimos, calculados a partir dos ensaios da comissão técnica, para estes mesmos parâmetros.

	L_A dB(A)	T s	$L_{Ar,nT}$ dB(A)
Referência	39,1	1,19	36,8
Desvio padrão	0,83	0,077	1,71
Incerteza Comissão Técnica (mínimo)	0,20	0,01	0,70
Incerteza Comissão Técnica (máximo)	0,57	0,05	1,3

Tabela 3 – Resultados obtidos para os valores globais

Para o nível global do ruído particular, ponderado A, L_A , a dispersão obtida é muito boa, cerca de 0,8 dB, o que condiz com o valor previsto na norma para situações de referência. Também para o tempo de reverberação se obtiveram valores baixos de dispersão, o que indica uma boa concordância dos resultados dos vários laboratórios.

Para o parâmetro final, nível de avaliação padronizado, $L_{Ar,nT}$, verificaram-se valores de dispersão mais elevados, cerca do dobro do verificado para o nível global do ruído particular, ponderado A. Este resultado deve-se essencialmente ao facto de diversos laboratórios terem identificado situações de tonalidade, que de facto podiam ser identificadas em alguns pontos da sala, e que provinham do ruído do elevador. A identificação da tonalidade no valor final de L_A , dependia dos pontos escolhidos, particularmente da escolha das posições de campo reverberante.

A avaliação final global dos resultados dos laboratórios participantes pode ser resumida no quadro seguinte.

Os piores resultados verificaram-se para o laboratório L10, com desempenho insatisfatório em todas as bandas de frequências e nos valores globais de L_A e de $L_{Ar,nT}$. Este laboratório não possuía acreditação para este tipo de ensaio.

Para os restantes laboratórios, os resultados podem considerar-se globalmente positivos. De facto, analisando os resultados em termos de valores globais, verifica-se que, para o nível global do ruído particular, ponderado A, L_A , ocorreram 3% de resultados questionáveis, correspondendo a 2 laboratórios, e 8% de resultados inaceitáveis, correspondendo a 5 laboratórios.

Para o tempo de reverberação, T , ocorreram 5% de resultados questionáveis, correspondendo a 3 laboratórios, e 3% de resultados inaceitáveis, correspondendo a 2 laboratórios.

Já para do nível de avaliação padronizado, $L_{Ar,nT}$, que no fundo corresponde ao resultado final do ensaio e que deve ser comparado com o valor limite legal, verificaram-se 3% de resultados questionáveis, correspondendo a 2 laboratórios, e 2% de resultados inaceitáveis, correspondendo a 1 laboratório.

