

# Avaliação de um sistema alternativo de medição do nível de pressão sonora em câmara reverberante para a calibração de fontes sonoras de referência

**D F P Pazos<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Laboratório de Ensaio Acústicos, Diavi, Inmetro, D. Caxias, 25250-020, Brasil

dfpazos@inmetro.gov.br

**Resumo.** É apresentado um estudo sobre a viabilidade de um sistema alternativo de medição do nível de pressão sonora para a calibração de fontes sonoras de referência em câmara reverberante, serviço realizado no Laboratório de Ensaio Acústicos (Laena) do Inmetro, no intuito de otimizar tal procedimento. Atualmente, no Laena a medição de nível de pressão sonora ( $L_p$ ) para essa aplicação é realizada com um sistema que atende às normas de medidores sonoros (IEC 61672), sendo periodicamente calibrado. Entretanto, esse sistema dispõe de apenas dois canais de medição, o que torna a medição um tanto morosa. Já o sistema alternativo proposto não é homologado como medidor conforme as normas IEC, porém dispõe de mais canais de entrada, o que tornaria a medição mais simples e rápida, além disso, tal sistema já é utilizado na medição de tempo de reverberação, grandeza também medida na dita calibração. Através de medições realizadas por ambos os sistemas, é verificada uma boa qualidade dos resultados do sistema alternativo, o que é comprovado pelo pequeno desvio entre os resultados de ambos os sistemas estar dentro do valor de incerteza de medição expandida. Isso mostra a viabilidade de futura aplicação do sistema alternativo, necessitando, entretanto, de testes adicionais nesse sentido.

## 1. Introdução

A medição do nível de pressão sonora ( $L_p$ ) em câmara reverberante faz parte da calibração de fontes sonoras de referência (FSR), ou seja, da medição do nível de potência sonora ( $L_W$ ) de tais equipamentos através de métodos diretos. As FSR são equipamentos que emitem ruído de banda larga estável e servem como referência para a determinação do nível de potência sonora de equipamentos ruidosos (por exemplo, eletrodomésticos como aspiradores de pó, secadores de cabelo e liquidificadores), através de métodos comparativos.

O serviço de calibração de fontes sonoras de referência (FSR) é realizado no Laboratório de Ensaio Acústicos do Inmetro (Laena) em câmara reverberante seguindo as normas ISO 6926 [1] e ISO 3741 [2], sendo necessário para a determinação do respectivo nível de potência sonora ( $L_W$ ) medir o nível de pressão sonora ( $L_p$ ) e o tempo de reverberação ( $T_R$ ) dentro do recinto. Atualmente no Laena, cada uma dessas grandezas é medida sequencialmente com um subsistema de medição: para o  $L_p$  é empregado o sistema Soundbook (SB) e para o  $T_R$  o sistema Monkey Forest (MF). Segundo as normas ISO, são necessários pelo menos 6 canais de entrada com microfones em posições distintas que medem a pressão sonora na câmara reverberante com a FSR em funcionamento, para a medição de  $L_p$ ,

e com ela desligada, pelas curvas de decaimento do nível sonoro de uma fonte secundária, para a medição de  $T_R$ .

Um único sistema alternativo de medição poderia ser muito útil para a calibração de FSR, integrando num só equipamento medições de nível de pressão sonora e de tempo de reverberação, tornando a calibração mais simples e rápida. O sistema Monkey Forest, que já é empregado pelo Laena na medição de  $T_R$ , poderia ser utilizado para esse propósito. Para a medição de  $T_R$ , o referido sistema pode ser empregado sem rastreabilidade sobre o nível sonoro, já que através da diferença entre os níveis sonoros é determinado o  $T_R$ , eliminando, assim qualquer erro sistemático inerente nesse sentido. Entretanto, para a medição do nível de pressão sonora propriamente dito, ele não é um sistema homologado nem calibrado segundo as normas IEC 61672: Eletroacústica – Sonômetros, partes 1, 2 e 3 [3-5], que tratam das especificações, proficiência e testes periódicos desse tipo de medidor. Assim, para a medição de  $L_p$ , a avaliação dos erros sistemáticos do referido sistema MF é essencial para a obtenção de resultados confiáveis, mesmo que ele não seja homologado como um medidor sonoro, já que certas exigências das normas IEC para medidores podem ser dispensadas para tal aplicação.

Por outro lado, o sistema SB, atualmente utilizado no laboratório é homologado e calibrado periodicamente pelas ditas normas IEC, entretanto, por razões técnicas da instrumentação, apenas dois canais de entrada são utilizados. Isso obriga que a medição do nível de pressão sonora seja realizada por 3 pares, já que são necessárias 6 posições diferentes de microfones, tornando, assim, mais morosa e complexa a medição.

No intuito de propor uma otimização ao procedimento de calibração de FSR no Laena, neste trabalho foi realizado um estudo sobre a avaliação dos resultados fornecidos pelo sistema MF para a medição de nível de pressão sonora em câmara reverberante. Através de medições sequenciais de  $L_p$  em câmara reverberante com uma mesma FSR, utilizando o sistema atual SoundBook (SB) e o sistema alternativo Monkey Forest (MF), confronta-se os resultados obtidos por eles. O sistema atual SB é tido como uma referência, validado por calibrações intermediárias, e, portanto, seus resultados são utilizados como o padrão a ser seguido. Os desvios dos resultados obtidos entre ambos os sistemas são avaliados e comparados com a incerteza de medição expandida de  $L_p$ , para fornecer um parecer quanto à qualidade dos resultados obtidos com o sistema alternativo MF.

## 2. Potência sonora, fontes sonoras de referência e calibração de FSR

A potência sonora ( $P_w$ ) é uma grandeza acústica que é expressa pela razão entre a energia sonora ( $E$ ) emitida por uma fonte sonora e o tempo de emissão do som ( $\Delta t$ ), sendo dada em watt (W):

$$P_w = \frac{E}{\Delta t} \text{ [W]} \quad (1)$$

Em campo sonoro livre, a potência sonora de uma fonte acústica relaciona-se com a pressão sonora ( $p$ ) ao redor dela, assim como seus respectivos níveis ( $L_w$  e  $L_p$ ), em decibels (dB):

$$P_w = \frac{p^2}{\rho c} S \text{ [W]} \quad (2)$$

$$L_w = L_p - 10 \log(S) \text{ [dB]} \quad (3)$$

onde  $\rho c$  é a impedância característica do meio acústico de propagação e  $S$  é a área da superfície esférica imaginária em volta da fonte a uma certa distância, na qual é obtido o nível pressão sonora.

Para a determinação do nível de potência sonora de uma fonte sonora qualquer, através do chamado método da comparação, podem ser utilizadas fontes sonoras de referência FSR, cujo nível de potência sonora é previamente conhecido ( $L_{WR}$ ) a partir de uma calibração em laboratório. As FSR são em geral máquinas rotativas que produzem ruído de banda larga estável e intenso, com uma potência sonora da ordem de 95 dB(A) (ref. 1 pW), e possuem direcionalidade sonora adequada para a faixa de frequências de interesse (figura 1).

Assim, pelo método da comparação são medidos sequencialmente no mesmo local os níveis de pressão sonora ( $L_p$ ) ao redor da fonte sonora qualquer cujo  $L_w$  deseja-se determinar e também ao redor de uma FSR ( $L_{pR}$ ) em funcionamento, localizada próxima à fonte em questão desligada. Da diferença entre os níveis de pressão sonora medidos com a fonte em questão ( $L_p$ ) e com a FSR ( $L_{pR}$ ), somado ao nível de potência sonora da FSR ( $L_{wR}$ ), que é conhecido, é determinado o nível de potência sonora da fonte em questão ( $L_w$ ):

$$L_w = L_{wR} + (L_p - L_{pR}) \quad [\text{dB}] \quad (4)$$



**Figura 1.** Fontes sonoras de referência.

Para determinados produtos comercializados no Brasil está em vigor o chamado Selo Ruído do Ibama/Inmetro, que faz parte do Programa Brasileiro de Etiquetagem, que visa a avaliação da conformidade. Através desse selo, o consumidor é informado sobre o nível de potência sonora de eletrodomésticos como aspiradores de pó, secadores de cabelo e liquidificadores [6,7].

Portanto, a determinação do nível de potência sonora de FSR é essencial para a manutenção do Selo Ruído em território nacional. Tal característica é determinada, por exemplo, através da calibração de FSR em câmara reverberante, serviço realizado pelo Laboratório de Ensaios Acústicos (Laena) do Inmetro. Os laboratórios de ensaios acreditados pelo Inmetro demandam a calibração de FSR para determinar o  $L_w$  de eletrodomésticos a serem comercializados no mercado.

A calibração é realizada no Laena pelo método direto em câmara reverberante, seguindo as normas ISO 6926 e ISO 3741 [1-2]. A câmara reverberante é uma sala com dimensões adequadas (a câmara do Laena possui volume de 226 m<sup>3</sup>) e paredes rígidas, reflexivas e não paralelas, possuindo ainda painéis difusores pendurados, tudo a promover um campo sonoro difuso em seu interior na faixa de frequências de interesse. Para as medições são utilizados 6 microfones de campo difuso de ¼ de polegada, espalhados aleatoriamente pela sala, obedecendo distâncias da fonte e das superfícies refletoras da câmara (figura 2).



**Figura 2.** Câmara reverberante: FSR, microfones, painéis difusores e fonte secundária.

Em câmara reverberante, o nível de potência sonora  $L_w$  de uma fonte está também relacionado, além ao nível de pressão sonora ao redor dela, às características da sala. Assim, a calibração é feita em duas etapas: 1) medição de nível de pressão sonora ( $L_p$ ) com a FSR ligada e 2) medição do tempo de reverberação ( $T_R$ ) com uma fonte secundária do tipo dodecaedro (figura 2).

Para a primeira etapa, é medido o nível de pressão sonora médio  $L_p$  na câmara reverberante com a FSR em funcionamento, posicionada sequencialmente em 4 posições distintas dentro da câmara:

$$\overline{L_p} = 10 \log \left[ \frac{1}{24} \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^4 10^{0,1L_{p,i,j}} \right] \quad [\text{dB}] \quad (5)$$

onde  $L_{p,i,j}$  é o nível de pressão sonora na  $i$ -ésima posição de microfone para a  $j$ -ésima posição da fonte.

Na segunda etapa, é medido o tempo de reverberação  $T_R$  com a FSR desligada, a partir de uma resposta ao impulso de uma fonte sonora secundária do tipo dodecaedro + subwoofer (método da resposta impulsiva integrada a partir de um sinal sweep, i.e. varredura de senos, um método para obtenção das curvas de decaimento pela integração reversa no tempo de respostas impulsivas quadráticas [7,8]).

Assim, o nível de potência sonora  $L_{wR}$  de uma FSR é determinado em terços de oitava de 100 Hz a 10.000 Hz, levando em consideração o nível de pressão sonora na sala, o tempo de reverberação e as condições ambientais dentro da câmara reverberante:

$$L_w = \overline{L_p} + \text{contribuições do campo reverberante } (T_R) + \text{correções atmosféricas} \quad [\text{dB}] \quad (6)$$

### 3. Sistemas de medição de nível de pressão sonora: atual e alternativo

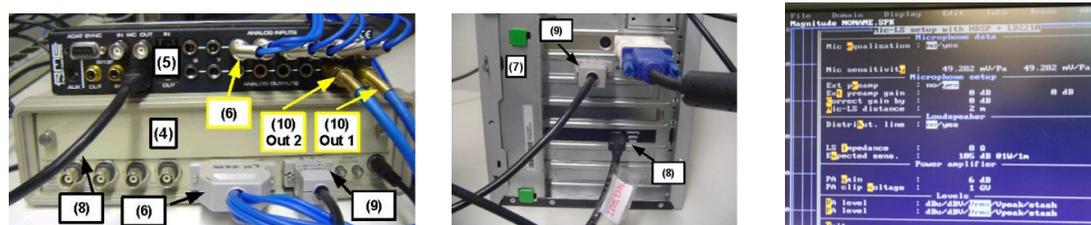
No Laena, atualmente cada uma das etapas da calibração de FSR é feita com um subsistema diferente. Para a medição de  $L_p$ , é utilizado o sistema SoundBook (SB) e, para a medição de  $T_R$ , o sistema Monkey Forest (MF). A razão dessa divisão em dois subsistemas de medição, é que no SB, que é homologado e calibrado pelas normas IEC 61672, apenas dois canais de entrada são utilizados, obrigando que a medição de  $L_p$  seja feita em 3 pares para cada uma das 4 posições da fonte sonora. Já o sistema MF, embora disponha de 6 canais, o que permitiria uma única medição simultânea para cada posição de fonte, não é homologado nem calibrado pelas normas IEC 61672, já que a medição de  $T_R$  se dá através da diferença de níveis referentes ao um decaimento sonoro da fonte secundária, não havendo, portanto, a necessidade de tal rigor. Todos os microfones são devidamente calibrados.

O SoundBook, o sistema atual (figura 3), é formado por um medidor sonoro da Sinus Messtechnik GmbH, que também é um notebook com um programa de controle chamado Samurai. Ele atende às normas IEC 61672 e é calibrado periodicamente, possuindo rastreabilidade metrológica. Compõe o sistema ainda um multiplexador Larson Davis modelo 2210, um dispositivo que condiciona os sinais dos microfones, fornecendo as tensões de alimentação, delimitando faixas de frequência e ganhos adicionais. O multiplexador tem seis canais de entrada, cada um conectado a um dos microfones na câmara. O medidor dispõe de até 4 canais de entrada, porém apenas 2 são utilizados, já que o multiplexador possui apenas 2 canais de saída BNC-LEMO, que se conectam ao SB. Portanto, por razões práticas e técnicas, no sistema SB os 6 sinais de microfones para cada posição da FSR são obtidos de medições efetuadas em 3 pares de canais, alternando-se o chaveamento de saída do multiplexador.

O Monkey Forest, sistema alternativo a ser avaliado (figura 4), é um sistema de medição, análise e processamento de sinais em ambiente DOS instalado num PC. Este computador é conectado ao mesmo multiplexador Larson Davis modelo 2210 via um adaptador AD/DA, através da interface de conexão de 25 pinos-BNC do multiplexador. Isso permite a medição simultânea dos 6 canais de microfones para cada posição da fonte sonora dentro da câmara reverberante, não havendo, assim, a necessidade de chaveamento por pares, tal como no sistema atual SB.



**Figura 3.** Sistema SB: multiplexador, conexões Lemo traseiras do SB e aspecto frontal.



**Figura 4.** Sistema MF: conexão multiplexador-conversor AD/DA, conexões traseiras do PC e aspecto do sistema DOS.

Para os ajustes dos sinais de cada canal antes das medições, é utilizado um calibrador de nível sonoro acoplado aos microfones. No SB o ajuste é feito automaticamente para cada microfone ao se fornecer o valor de referência do certificado do calibrador ao sistema. Já no MF, devido ao sistema só permitir o ajuste em apenas um canal, este é feito “manualmente” após cada medição da seguinte forma: é fornecido o valor de referência do certificado do calibrador, efetuando o ajuste em apenas um microfone; para os demais canais, acopla-se o calibrador e determina-se a diferença  $\Delta_i$  entre o valor medido com calibrador acoplado ( $L_{p,i,cal}$ ) e o valor de referência do certificado do calibrador ( $L_{ref}$ ), ou seja,  $\Delta_i = L_{ref} - L_{p,i,cal}$ . Posteriormente ajusta-se manualmente os valores de  $L_{p,i,j}$  medidos com a FSR em funcionamento ( $L_{p,i,j,medido}$ ), adicionando-se a esses valores medidos a diferença  $\Delta_i$ , previamente determinada, tal que os níveis sonoros são calculados por  $L_{p,i,j} = L_{p,i,j,medido} + \Delta_i$ . A tabela 1 mostra as diferenças  $\Delta_i$  obtidas num processo de ajuste dos microfones com o sistema MF.

**Tabela 1.** Níveis com calibrador  $L_{p,i,j,cal}$  e diferenças  $\Delta$  referentes a processo de ajuste de microfones com o sistema MF .

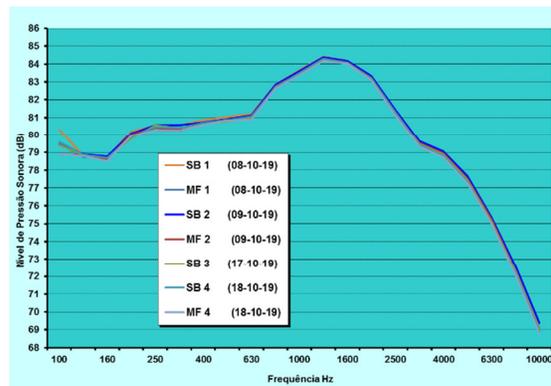
Microfone $i = 1, \dots, 6$	$L_{p,i,cal}$ [dB]	$\Delta_i$ [dB]
1	93,91	0,02
2	93,32	0,61
3	94,04	-0,16
4	94,24	0,31
5	93,92	0,01
6	94,09	-0,16

#### 4. Resultados das medições testes

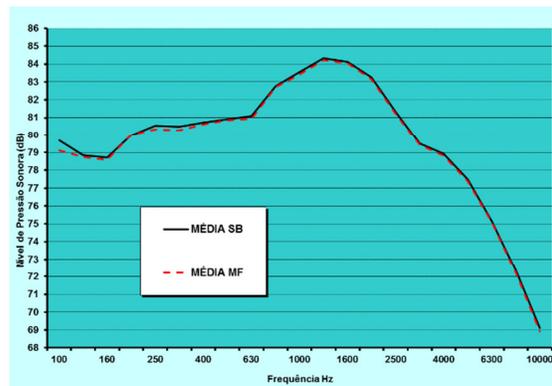
No intuito de avaliar a viabilidade do sistema MF para a medição do nível de pressão sonora em câmara reverberante, ambos os sistemas foram empregados em medições teste com um mesmo objeto de ensaio, uma fonte sonora de referência de propriedade do Laena, modelo B&K 4204, NS. 2036600 (figura 1). As medições de  $L_p$  são sequenciais utilizando ambos os sistemas, isto é, uma vez realizada uma medição completa com um sistema com os 6 microfones e as 4 posições de FSR, é imediatamente

efetuada a medição com o outro sistema. Essas medições sequenciais são realizadas em 4 dias diferentes, para considerar possíveis influências de condições ambientais sobre os resultados.

A seguir, são apresentadas as curvas dos níveis de pressão sonora em bandas de terço de oitava de 100 a 10.000 Hz, obtidos com ambos os sistemas em dias diferentes (figura 5), bem como a média de cada um deles ao longo desses dias de medição (figura 6). Observa-se em princípio boa concordância entre os resultados obtidos por ambos os sistemas ao longo da frequência.

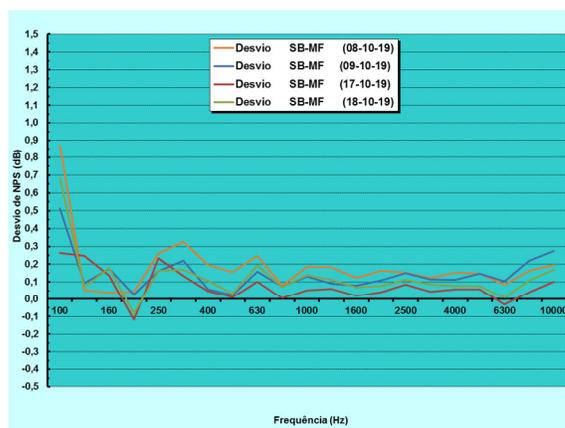


**Figura 5.** Resultados em terços de oitava com ambos os sistemas (SB e MF): em dias diferentes.



**Figura 6.** Resultados em terços de oitava com ambos os sistemas (SB e MF): médias ao longo dos dias de medição.

A seguir, na figura 7 são apresentados os desvios entre os níveis de pressão sonora obtidos com o SB ( $L_{p,SB}$ ) e o MF ( $L_{p,MF}$ ). O sistema SB é considerado a referência, já que segue todo o rigor das normas IEC, portanto o desvio entre os resultados com ambos os sistemas é calculado por:  $D = \overline{L_{p,SB}} - \overline{L_{p,MF}}$  [dB]. Em geral, tem-se que os valores obtidos com o SB são maiores que os com o MF ( $L_{p,SB} > L_{p,MF}$ ), ou seja, os desvios são geralmente positivos ( $D > 0$ ). Ao longo da frequência, os desvios médios entre os resultados são bem pequenos, menores que 0,3 dB ( $|D_m| \leq 0,3$  dB). Exceto em baixas frequências são encontrados valores maiores do desvio entre os resultados, porém limitados e menores que 0,9 dB ( $D_{m,100\text{ Hz}} \leq 0,9$  dB), devido à maior variância entre resultados, em vista do campo ser menos difuso nessa faixa. É ainda observado que no primeiro dia (08/10) os valores dos desvios são maiores, o que pode ser acreditado ao fato de que as medições foram realizadas em apenas 2 posições de FSR, ocasionando uma maior variância entre os resultados, obtidos por médias.



**Figura 7.** Desvio entre os níveis de pressão sonora obtidos com o SB ( $L_{p,SB}$ ) e o MF ( $L_{p,MF}$ ):  $D = \overline{L_{p,SB}} - \overline{L_{p,MF}}$

Para avaliar a qualidade dos resultados do MF em relação aos do SB, o desvio entre os resultados obtidos por ambos os sistemas pode ser comparado a um valor critério, como por exemplo, a incerteza de medição expandida referente ao nível de pressão sonora. A incerteza de medição expandida  $U$  é dada por  $U = k_p u_c$  [dB], considerando uma distribuição normal com fator de abrangência  $k_p = 2$  para probabilidade de 95,45%. Simplificadamente, segundo o relatório técnico do próprio laboratório [8], a incerteza de medição padrão combinada  $u_c$  da medição de  $L_p$ , pode ser expressa por  $u_c = \sqrt{u_r^2 + u_m^2}$  [dB], sendo  $u_r$  a incerteza de medição de repetição (tipo A), englobando o desvio amostral das 24 medições de  $L_{p,ij}$  em 6 posições de microfones e 4 posições de FSR em relação ao valor médio  $\bar{L}_p$ , dada por

$$u_r = \frac{1}{\sqrt{24}} \sqrt{\sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^4 \frac{[L_{p,ij} - \bar{L}_p]^2}{24-1}} \text{ [dB]} \quad (7)$$

e  $u_m$  a incerteza de medição do medidor (tipo B), sendo estimada segundo a norma ISO 3741 [2] por  $u_m = 0,3$  dB.

Então na tabela 2 abaixo, tem-se tabelados os desvios entre os resultados dos dois sistemas para as bandas de terço de oitava de 100 a 10.000 Hz e para o valor global ponderado em A ((dB(A)): 1) média ao longo de todos os dias; 2) média excluindo o dia 8/10, em que houve maior variância dos resultados e 3) para cada um dos 4 dias de medição. Todos esses valores estão em geral bem abaixo da incerteza de medição expandida  $U$ , calculada para cada terço de oitava, além da do nível global, o que resulta em aceitabilidade dos resultados do sistema MF, segundo o critério adotado.

**Tabela 2.** Desvios entre os resultados de ambos os sistemas: 1) média de todos os dias; 2) média sem o dia 8/10 e 3) para cada um dos 4 dias de medição. Incerteza de medição expandida declarada.

Banda de terço de oitava [Hz]	$D_{m,SB-MF}$ [dB]	$D_{m,SB-MF}$ (s/ 08/10) [dB]	$D_{SB-MF}$ (08/10) [dB]	$D_{SB-MF}$ (09-10) [dB]	$D_{SB-MF}$ (17-10) [dB]	$D_{SB-MF}$ (18-10) [dB]	$U$ [dB]	Critério de aceitabilidade ( $D_{SB-MF} \leq U$ )
100	0,6	0,5	0,9	0,5	0,3	0,7	0,9	ok
125	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,8	ok
160	0,1	0,2	0,0	0,2	0,1	0,2	0,8	ok
200	0,0	-0,1	0,0	0,0	-0,1	-0,1	0,7	ok
250	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,6	ok
315	0,2	0,2	0,3	0,2	0,1	0,2	0,6	ok
400	0,1	0,1	0,2	0,1	0,0	0,1	0,6	ok
500	0,1	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,6	ok
630	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,6	ok
800	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,6	ok
1000	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,6	ok
1250	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,6	ok
1600	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,6	ok
2000	0,1	0,1	0,2	0,1	0,0	0,1	0,6	ok
2500	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,6	ok
3150	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,6	ok
4000	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,6	ok
5000	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,6	ok
6300	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,6	ok
8000	0,1	0,1	0,2	0,2	0,0	0,1	0,6	ok
10000	0,2	0,2	0,2	0,3	0,1	0,2	0,6	ok
dB(A)	0,1	0,1	0,2	0,1	0,0	0,1	0,2	ok

## 5. Conclusões

Os resultados obtidos pelos dois sistemas SB e MF mostraram-se muito próximos entre si em terços de oitava de 100 a 10.000 Hz. Os desvios entre os resultados foram em geral de até 0,3 dB, (salvo no terço de 100 Hz, em que houve desvios de até 0,9 dB, devido a menor difusão do campo).

Na média, os desvios são de 0,1 dB ( $|D_m| \approx 0,1$  dB), o que indica uma pequena diferença sistemática entre os resultados, sendo que os do SB tendem a ser ligeiramente maiores do que o do MF ( $\overline{L_{p,SB}} > \overline{L_{p,MF}}$ ). Para todas as bandas de terços de oitava entre 100 e 10.000 Hz, os desvios entre os resultados obtidos por ambos os sistemas não ultrapassaram a incerteza de medição expandida ( $|D_m| \leq U$ ), o que, segundo este critério, mostra que o sistema Monkey Forest apresenta resultados promissores e com boa qualidade para a medição do nível de pressão sonora em câmara reverberante.

A grande vantagem do MF é que, por possuir um maior número de canais disponíveis, permite a medição simultânea dos 6 canais de microfones. Isso torna a medição com o MF quase 3 vezes mais rápida (o SB leva cerca de 35 minutos, enquanto que o MF 13 minutos para medir o  $L_p$  em 4 posições de FSR). O fato de que o ajuste prévio dos canais ser manual para o MF não resulta em demora significativa do procedimento.

Como sugestões para trabalhos futuros para a validação do sistema MF para medição de  $L_p$ , dentre outros, pode-se medir  $L_p$  com a mesma FSR simultaneamente com os 2 sistemas, diminuindo erros decorrentes das medições sequenciais. Obviamente, o sistema MF deve ainda ser devidamente calibrado pela norma IEC referente. Por fim, pretende-se testar o sistema MF para  $L_p$  utilizando o equipamento CMF-82, desenvolvido para utilização com o MF e disponível no Laena, que engloba condicionador de sinais, multiplexador, conversor AD/DA em um só equipamento, além de dispor de 6 canais para medições simultâneas.

## Referências

- [1] International Standard Organization 2016 ISO 6926:2016, *Acoustics: Requirements for the performance and calibration*.
- [2] International Standard Organization 2010 ISO 3741:2010, *Acoustics: Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure – Precision methods for reverberation test rooms*.
- [3] International Eletrotechnical Commission 2013 IEC 61672-1:2013, *Eletroacoustics – Sound level meters, part 1: Specifications*.
- [4] International Eletrotechnical Commission 2013 IEC 61672-2:2013, *Eletroacoustics – Sound level meters, part 2: Pattern evaluation tests*.
- [5] International Eletrotechnical Commission 2013 IEC 61672-3:2013, *Eletroacoustics – Sound level meters, part 3: Periodic tests*.
- [6] Instituto Nacional de Metrologia, Tecnologia e Qualidade 2013 *Portaria 388/2013*.
- [7] Mueller, S, Massarani P M 2001 Transfer-function measurement with sweeps, *J. Audio Eng. Soc.* **49** 6, 443-471.
- [8] Schroeder, M R 1965 New method of measuring reverberation time, *J. Acoust. Soc. Am.* **37**, 409–412.
- [9] Villela, R L D 2015 Expressão da incerteza de medição de nível de pressão sonora em câmara reverberante, *Relatório Técnico Dimci - R-0890/2015*, Laboratório de Ensaios Acústicos, Divisão de Metrologia Acústica, Vibrações e Ultrassom, Diretoria de Metrologia Científica e Tecnologia, Inmetro.

## Agradecimentos

O autor gostaria de agradecer ao ex-estagiário Yure Nascimento dos Santos, formado pelo Curso Técnico em Metrologia do Inmetro, e ao chefe do Laboratório de Ensaios Acústicos do Inmetro, D.Sc. Paulo Medeiros Massarani.