

AVALIAÇÃO DE UMA METODOLOGIA SIMPLIFICADA NA DETERMINAÇÃO EXPERIMENTAL DA REDUÇÃO SONORA DE REVESTIMENTOS DE PISO

Andreia Pereira¹, Luís Godinho¹, Diogo Mateus¹, Jaime Ramis², Fernando G. Branco³

¹CICC, Universidade de Coimbra, Departamento de Engenharia Civil, Pólo 2, Rua Luís Reis Santos, 3030-788 Coimbra, Portugal, e-mail: {apereira, lgodinho, diogo} @dec.uc.pt

²Universidade de Alicante, Departamento de Física, Engenharia de Sistemas e Teoria do Sinal, Mail Box 99; 03080 Alicante, Espanha, e-mail: jramis@ua.es

³INESC, Universidade de Coimbra, Departamento de Engenharia Civil, Pólo 2, Rua Luís Reis Santos, 3030-788 Coimbra, Portugal, e-mail: fjbranco @dec.uc.pt

Resumo

A redução sonora resultante da atuação de uma fonte de ruído de percussão, proporcionada por revestimentos de piso, é geralmente obtida, em laboratório, através da metodologia descrita na norma NP EN ISO 140-8, que requer a utilização de câmaras acústicas normalizadas. A construção destas câmaras acústicas, que deverão cumprir os requisitos descritos na norma NP EN ISO 140-1, implica um investimento significativo, pelo que, em cada país existe um número limitado destas infraestruturas, envolvendo os ensaios aí realizados custos significativos. A utilização de metodologias que envolvam custos mais reduzidos, apesar de não normalizadas, podem constituir uma alternativa para utilização por parte de centros de investigação ou fabricantes para desenvolvimento de produto. Neste artigo é utilizado um método para determinar a redução sonora conferida por revestimentos de piso, que se baseia na utilização de uma laje de dimensões reduzidas onde são colocadas amostras de pequenas dimensões. Pretende-se avaliar a eficácia deste sistema de ensaio, para a determinação da redução sonora de revestimentos de piso, pelo que os resultados dos ensaios são comparados com os obtidos utilizando os procedimentos descritos nas normas NP EN ISO 140-8 e NP EN ISO 717-2.

Palavras-chave: ruído de percussão, redução sonora, revestimentos, modelo reduzido, experimental.

Abstract

The impact noise reduction provided by floor coverings is usually obtained in the laboratory, using the methodology described in the standard EN ISO 140-8, which requires the use of standard acoustic chambers. The construction of such chambers, following the requirements described in the EN ISO 140-1, implies a significant investment, therefore only a limited number exists in each country. Alternatives to these standard methodologies, that allow a sufficient accurate evaluation and require lower resources, have been interesting many researchers and manufacturers. In this paper a non-standard, simple to use, method is proposed to determine the noise reduction provided by floor coverings, where a reduced sized slab is used. Several resilient coverings, floating floors and floating slabs are tested and the results are compared with those obtained using the procedures described in the standards EN ISO 140-8 and EN ISO 717 -2.

Keywords: impact noise, floor coverings, small sized setup, experimental.

PACS no. 43.40.Kd, 43.50.Yw

1 Introdução

Um dos ruídos causadores de incómodo nos edifícios é o ruído de percussão, resultante de ações de choque exercidas diretamente sobre o pavimento, designadamente, a queda de objetos, deslocação de pessoas ou arrastar de móveis. O Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios [1] consagra um conjunto de exigências regulamentares sobre os pavimentos por forma a minimizar o incómodo produzido por este tipo de ruído, condicionando, de um modo geral, o tipo de solução escolhida para o pavimento e respetivo revestimento de piso. Estas exigências motivam a indústria da construção a desenvolver materiais/soluções que possibilitem o cumprimento destes requisitos. Uma das formas de reduzir o ruído de percussão consiste na utilização de revestimentos de piso flexíveis (e.g. alcatifas, corticite); pisos flutuantes ou lajetas flutuantes.

O desempenho acústico destas soluções é obtido experimentalmente através da metodologia de ensaio normalizada, descrita na norma NP EN ISO 140-8 [2], que permite caracterizar a redução sonora ao ruído de percussão proporcionada por revestimentos de piso e requer que sejam utilizadas duas câmaras acústicas normalizadas, uma sobre a outra, com cerca de 50 m³, separadas por uma laje de betão com aproximadamente 10 m², onde é aplicado o revestimento a avaliar. A laje é percutida utilizando uma máquina de percussão normalizada sendo registado o nível sonoro no compartimento recetor, sem e com o revestimento aplicado. A redução sonora do revestimento de piso/solução minimizadora do ruído de percussão é então obtida fazendo a diferença entre estes níveis. Com estas curvas, o índice de redução sonora, parâmetro caracterizador destas soluções, é determinado utilizando o procedimento descrito na norma EN ISO 717-2 [3] fazendo a diferença entre o índice de isolamento de um pavimento de referência e o mesmo índice proporcionado pelo pavimento incluindo o revestimento.

Esta metodologia envolve a utilização de infra-estruturas com custos elevados de construção e manutenção, pelo que, em cada país, existem em número limitado. Em fase de desenvolvimento de produto poderá tornar-se mais vantajosa a utilização de outras metodologias, com custo mais reduzido, para obter o desempenho acústico de revestimentos de piso. Diversos investigadores têm optado por utilizar ou propor abordagens não normalizadas, designadamente Godinho et al [4], que avaliaram a possibilidade de utilização de uma câmara acústica de dimensões reduzidas para obter a redução sonora de revestimentos de piso flexíveis e pisos flutuantes.

Encontra-se atualmente em estudo uma metodologia para determinação do desempenho acústico de revestimentos de piso, descrita no documento técnico ISO/CD 16251-1 [5], que consiste na medição de níveis de vibração sem e com o revestimento aplicado sobre um pavimento de betão de pequenas dimensões, sendo a redução sonora obtida fazendo a diferença entre estes dois níveis. Este procedimento deverá aplicar-se à avaliação da redução sonora promovida por revestimentos de piso sobre pavimentos pesados, restringindo-se aos revestimentos que transmitem som localmente, isto é, através da área próxima da aplicação da fonte de ruído de impacto, de forma a que a dimensão da amostra não influencie o resultado. Deste modo, os revestimentos flexíveis, como as alcatifas, vinílicos ou linóleos são os materiais adequados para serem testados por este método. Nos trabalhos publicados Bjar [6] e Foret et al [7] são descritos alguns resultados preliminares de comportamento deste sistema. Além destes dois trabalhos não foi encontrada na bibliografia da especialidade outra informação sobre o desempenho deste sistema, pelo que neste trabalho se pretende contribuir para uma melhor compreensão do seu comportamento. Deste modo foi implementado o sistema de ensaio nas instalações do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Coimbra, tendo sido realizadas medições iniciais de caracterização do comportamento dinâmico deste sistema, nomeadamente identificação de modos próprios de vibração e influência de parâmetros como as posições dos acelerómetros, máquina de percussão e posições de medição. São depois testados diversos revestimentos de piso flexíveis e pisos flutuantes sendo a redução sonora comparada com a obtida utilizando a metodologia normalizada descrita na NP EN ISO 140-8. É ainda efetuada uma comparação dos índices de redução sonora para os dois métodos.

2 Metodologia de ensaio

A metodologia de ensaio utilizada neste trabalho baseia-se no documento técnico ISO/CD 16251-1 [5], consistindo numa laje de betão, com dimensões 1.2(m)x0.8(m)x0.2(m), simplesmente apoiada em quatro apoios, conforme ilustrado na Figura 1. Entre a laje e os apoios foi interposto material resiliente, em borracha, com 1 cm de espessura. Entre o pavimento e os apoios foi ainda colocado material resiliente, igualmente com o intuito de minimizar transmissão de vibrações do exterior para o sistema.



Figura 1 - Fotografia do sistema de ensaio implementado para obter a redução sonora conferida por revestimentos de piso.

No procedimento de medição, os registos são efetuados de modo a obter os níveis de vibração na face inferior da laje, em bandas de 1/3 de oitava dos 100Hz aos 3150 Hz. O documento técnico indica que deverão ser utilizadas pelo menos 4 posições de acelerómetro, escolhidas aleatoriamente, procurando evitar posições de simetria relativamente aos eixos principais. Deverá também ser empregue uma máquina de percussão normalizada de acordo com os requisitos descritos no Anexo A, da norma EN NP ISO 140-8, em pelo menos duas posições distintas, procurando-se evitar posições de simetria e paralelismo com os cantos da laje.

O procedimento de ensaio é idêntico ao descrito na norma EN NP ISO 140-8. Inicialmente são realizadas medições de níveis de vibração na laje de betão sem o revestimento aplicado ($L_{a,o}$). Posteriormente é aplicada a amostra do revestimento a analisar sendo registado o nível de vibração correspondente ($L_{a,1}$). Tendo por base estes níveis de vibração, a redução sonora é, então, obtida através da expressão seguinte:

$$\Delta L_a = L_{a,o} - L_{a,1}, \quad (1)$$

em que $L_{a,o} = 10 \log(a_0 / a_{ref})$ é o nível de vibração médio obtido na laje de betão sem a amostra aplicada, enquanto $L_{a,1} = 10 \log(a_1 / a_{ref})$ refere-se ao nível de vibração médio obtido com a amostra, sendo $a_{ref} = 10^{-6} \text{ m/s}^2$, a aceleração de referência. São também realizadas medições de vibração ambiente de modo a avaliar se esta poderá estar a interferir com as medições. Se este nível de vibração se encontrar 10 dB abaixo do nível de vibração medido com a máquina de percussão em funcionamento, conclui-se que não haverá necessidade de fazer correções.

O índice de redução sonora é então obtido tendo por base o procedimento descrito na norma ISO 717-2 [3], da seguinte forma: o nível de vibração resultante de uma percussão normalizada sobre o revestimento de piso é transposto para um pavimento de referência que corresponde a uma aproximação linear do nível sonoro proporcionado por uma laje de betão com 12 cm de espessura e com índice de isolamento 78 dB. Seguidamente é obtido o índice de isolamento deste pavimento com o revestimento, $L_{w,a,r}$, sendo o índice de redução sonora da solução dado pela expressão:

$$\Delta L_w = 78 - L_{w,a,r} . \quad (2)$$

3 Medições de caracterização do sistema de ensaio

Após a montagem deste sistema foram realizados alguns ensaios de caracterização, de forma a compreender o seu funcionamento e a possibilitar a definição de um procedimento de ensaio. Foi definida uma grelha de 8 posições de acelerómetro, que pode estar na face superior ou inferior da laje, conforme esquematizado na Figura 2. A máquina de percussão normalizada foi posicionada em três posições distintas (P1, P2, P3 conforme Figura 2), sendo as medições efetuadas utilizando um acelerómetro B&K 4370 que permite medir com precisão num intervalo de frequências entre 0.2 Hz to 3500 Hz e um sistema de aquisição de sinal Symphonie (01dB) e software de tratamento de sinal dBati 32.

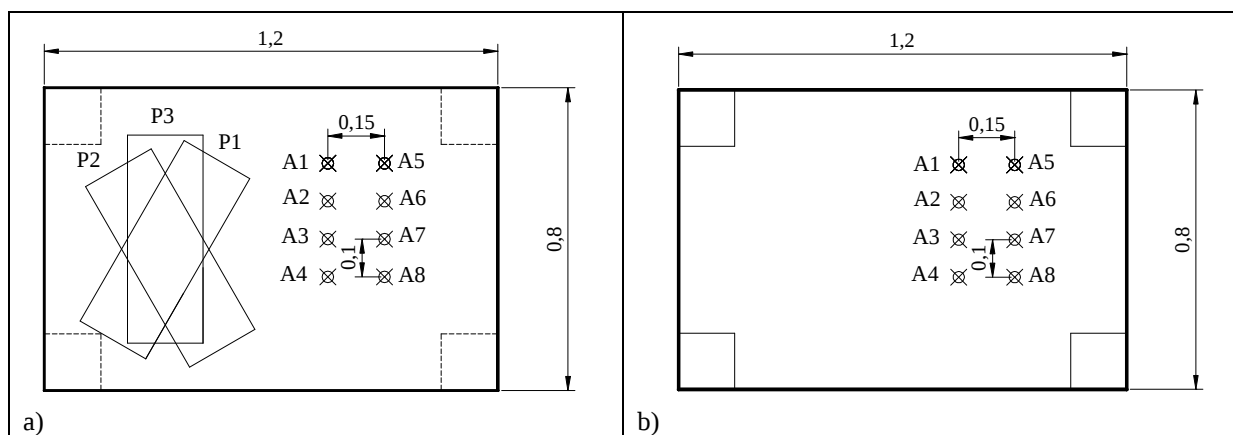


Figura 2 – Posições de máquina e de acelerómetro utilizadas: a) face superior da laje; b) face inferior.

3.1 Influência das posições da máquina

A influência da posição da máquina de percussão na redução sonora foi investigada, tendo sido realizadas medições utilizando três posições de fonte identificadas na Figura 2. A média das três posições de fonte e o desvio padrão relativo à redução sonora na laje de betão com uma carpete e com o piso flutuante encontram-se representadas na Figura 3. Tal como seria expectável, a curva de redução sonora média destes revestimentos aumenta com a frequência. No que concerne ao desvio padrão para as três posições de fonte, observa-se que este varia entre: 0.21dB e 1.94dB para a carpete; 0.25dB e 2.87dB para o piso flutuante, sendo os desvios máximos observados para a frequência dos 3150 Hz. Nas restantes frequências os desvios nunca ultrapassam 2 dB.

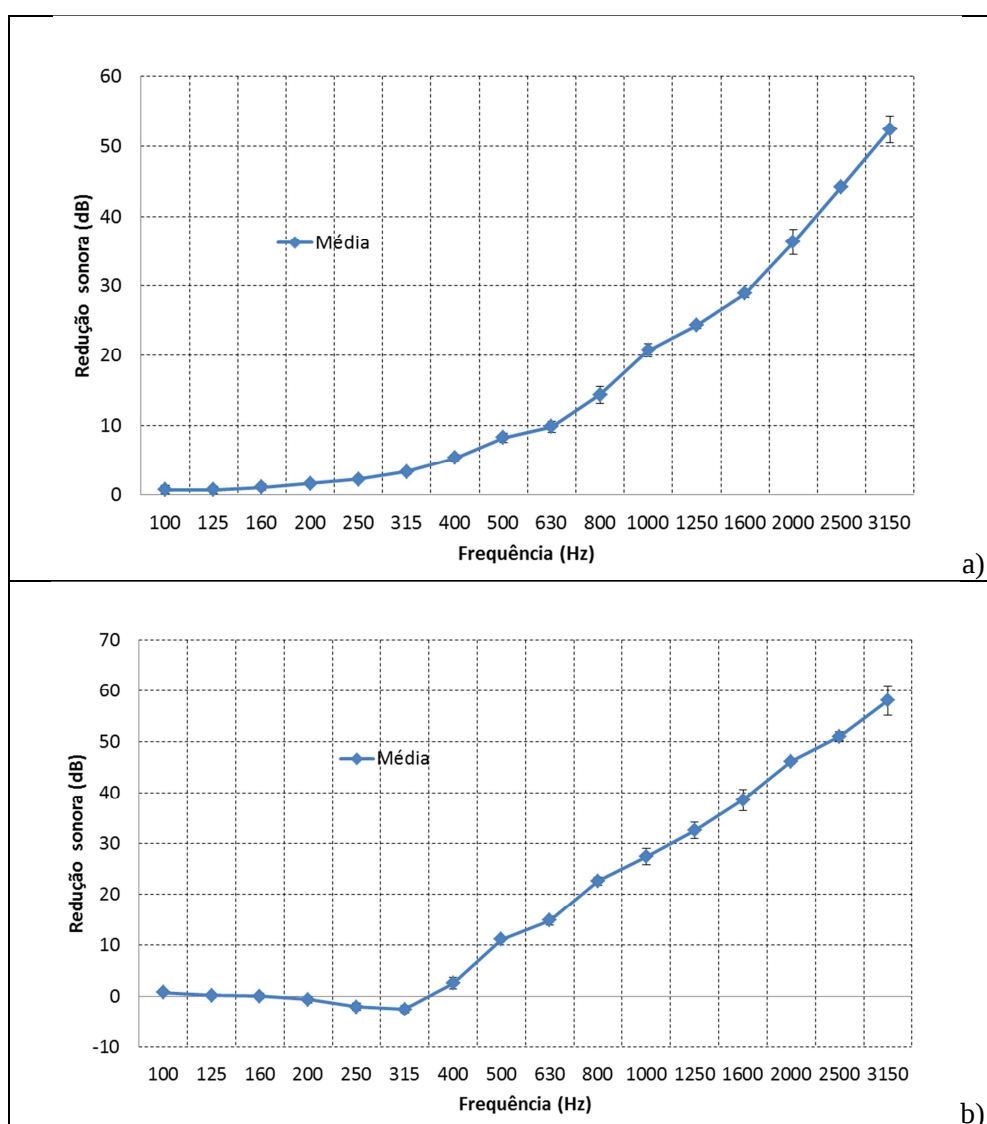


Figura 3 – Redução sonora média para as três posições de fonte e desvio padrão correspondente: a) laje de betão com carpete; b) laje de betão com piso flutuante sobre manta de polietileno.

3.2 Influência das posições de acelerómetro

A influência da posição dos acelerómetros foi investigada utilizando 8 posições definidas na face superior da laje. Na Figura 4 apresenta-se a redução sonora média obtida a partir destas 8 posições de fonte e o desvio padrão para a carpete e para um piso flutuante. Verifica-se que para ambas as soluções o desvio padrão tende a aumentar com a frequência atingindo o seu valor máximo na banda dos 3150Hz. O desvio padrão varia da seguinte forma: 0.33dB e 5.36 dB para o caso da carpete e entre 0.76 dB e 6.30 dB para o flutuante, sendo os valores mais baixos situados nas frequências mais baixas e vão aumentando com a frequência. Tendo em conta estes desvios optou-se no procedimento de medição por obter a média utilizando as 8 posições de acelerómetro.

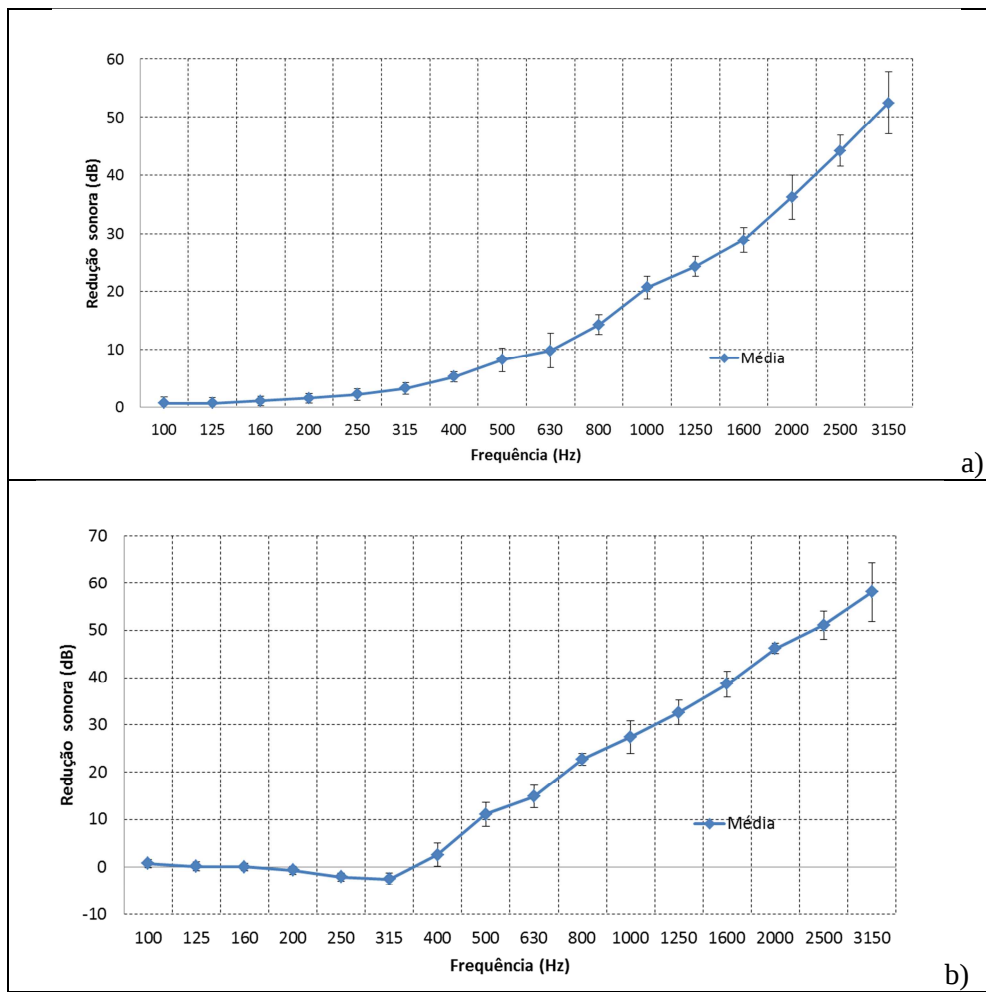


Figura 4 – Redução sonora resultante da atuação da fonte na posição P1 em várias posições de acelerómetro e desvio padrão: a) pavimento de betão com carpete; b) no pavimento de betão com piso flutuante sobre polietileno.

Foram ainda realizados testes utilizando as posições de acelerómetro situadas na parte inferior da laje, numa grelha de posições idêntica à definida para a parte superior de laje, por forma a avaliar se o resultado se aproxima do obtido na parte superior. De facto, poderá ser útil registar as acelerações na face inferior quando as amostras ocuparem toda a superfície da laje. O nível de vibração obtido na face inferior e superior encontra-se apresentado na Figura 5. A análise destes gráficos permite-nos concluir que os resultados utilizando as posições de acelerómetro situados em cima e em baixo são bastante próximos pelo que poderemos utilizar ambas as superfícies poderão ser utilizadas.

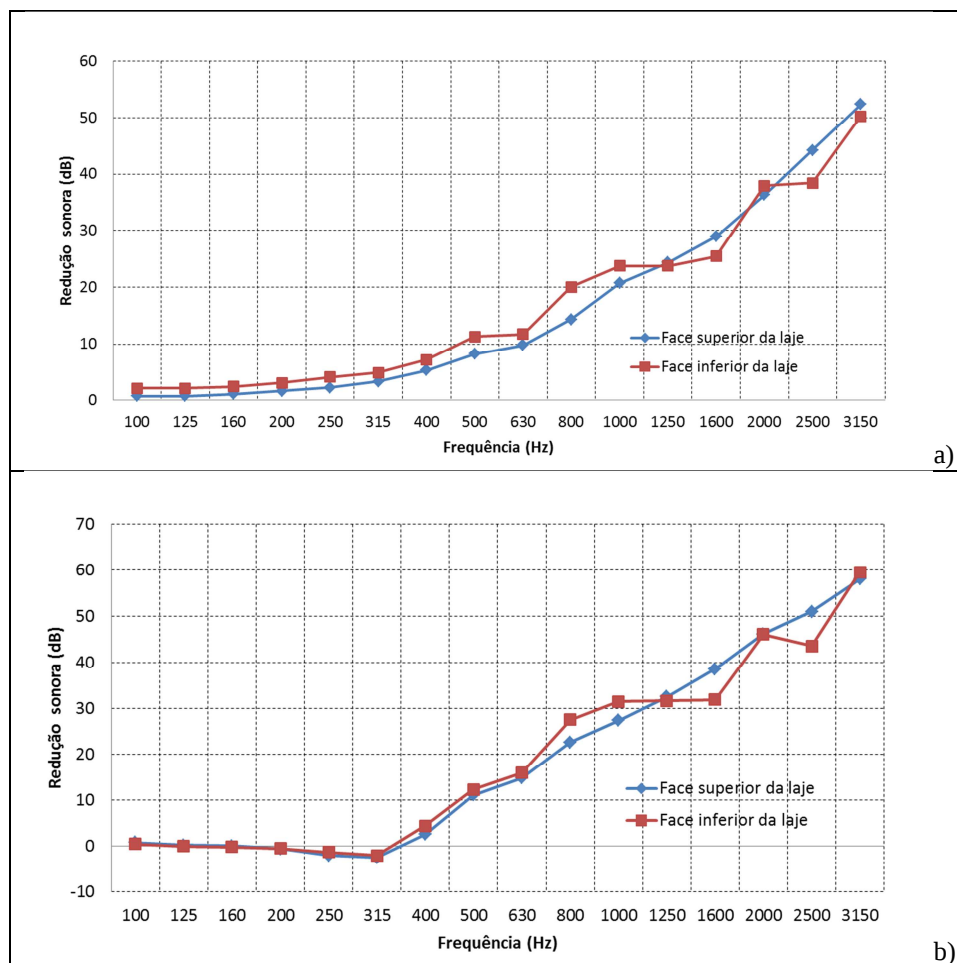


Figura 5 – Redução sonora produzido pelas posições de fonte P1, P2 e P3 para a grelha de recetores posicionada na parte superior e inferior da laje: a) no pavimento de betão; b) no pavimento de betão com piso flutuante.

3.3 Influência do ruído ambiente

O ruído ambiente foi medido sendo comparado com a situação, à partida, mais desfavorável, correspondente ao revestimento com melhor desempenho acústico, conducente a um nível de vibração na laje mais baixo. O resultado obtido encontra-se representado na Figura 6. Constata-se, através da análise deste gráfico, que o nível de ruído de fundo encontra-se sempre cerca de 40 dB abaixo dos níveis de vibração registados com a máquina em funcionamento, pelo que não será necessário efetuar qualquer correção aos resultados.

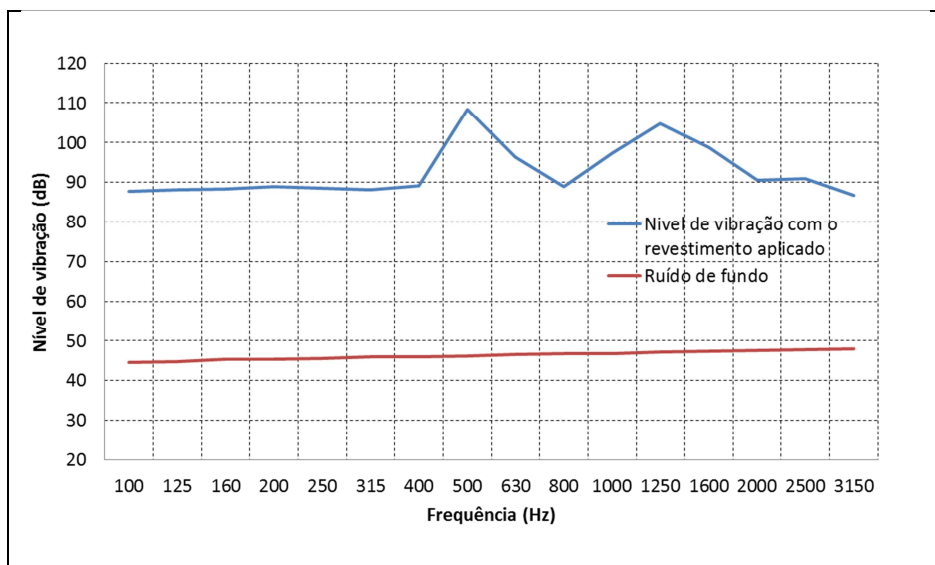


Figura 6 - Nível de aceleração médio na laje de betão com o revestimento aplicado obtido com a máquina de percussão desligada e ligada.

4 Resultados

O sistema de ensaio foi utilizado para ensaiar diversos revestimentos de piso flexíveis e pisos flutuantes. Seguidamente são apresentados alguns resultados referentes à curva da redução sonora obtida utilizando o sistema de ensaio em análise e a correspondente curva obtida utilizando o procedimento normalizado. São também apresentados resultados referentes ao índice de redução sonora.

4.1 Revestimentos flexíveis

O sistema de ensaio descrito na secção anterior foi testado para diversas amostras de revestimentos flexíveis (foram testados 11 revestimentos deste tipo). De entre os diversos materiais ensaiados foram seleccionados quatro resultados que ilustram o comportamento do sistema: uma carpete; um vinílico de base flexível, um vinílico corrente e um linóleo. A curva de redução sonora obtida utilizando este método e o método normalizado (seguindo o procedimento descrito na norma NP EN ISO 140-8) encontram-se na Figura 7.

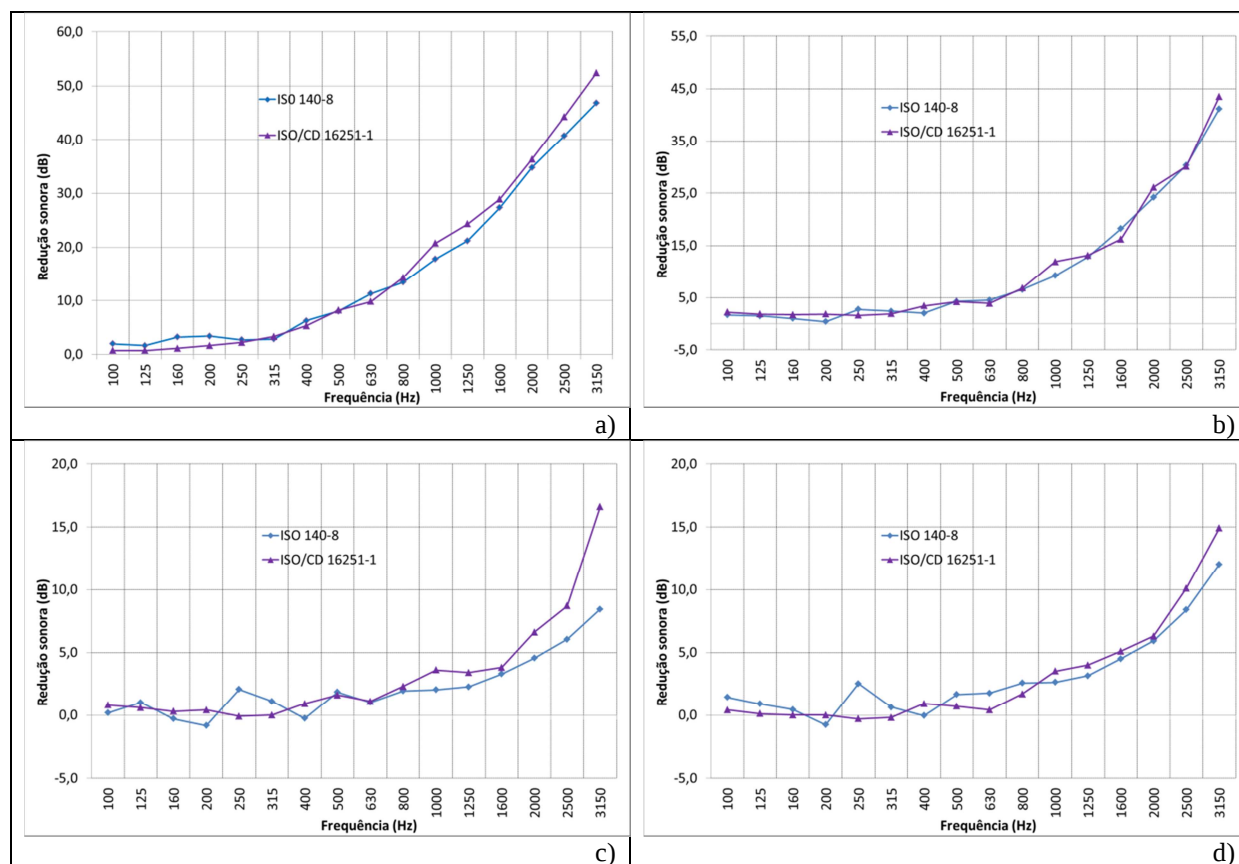


Figura 7 – Redução sonora proporcionada por diferentes amostras utilizando a metodologia em análise vs. metodologia normalizada para os revestimentos flexíveis: a) carpete; b) vinílico de base flexível; c) vinílico corrente; d) linóleo.

Através da análise destes gráficos verifica-se que a curva da redução sonora obtida através do método em análise acompanha a curva determinada pela norma NP EN ISO 140-8, apesar de nas altas frequências se verificarem, nalguns casos, diferenças significativas. Estas diferenças são mais notórias para os revestimentos que conferem menor desempenho acústico (Figuras 7c e d). O índice de redução sonora (ver Figura 8) para os revestimentos com melhor desempenho acústico (entre 15 e 19 dB) é muito próximo do obtido pela metodologia normalizada, já que o cálculo do índice obtido é condicionado pelos valores nas baixas e médias frequências, onde as duas curvas são muito semelhantes. Para estes materiais verificou-se um desvio máximo de 1 dB para o índice de redução sonora normalizado. Para os materiais com desempenho acústico mais reduzido, abaixo dos 10 dB (vinílicos correntes, linóleos), o desvio máximo relativamente ao índice normalizado verificado, embora maior, ainda assim, foi de 2dB.

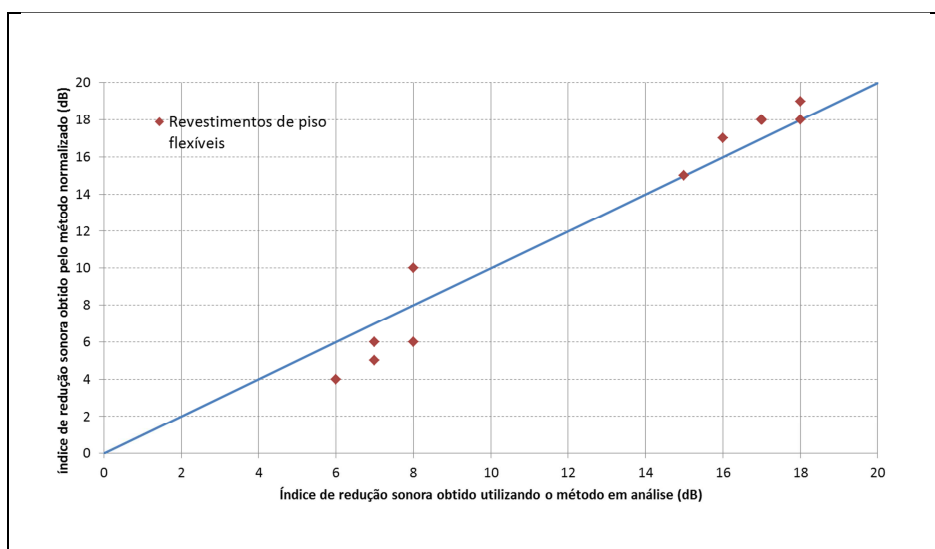


Figure 8 – Índice de redução sonora obtida utilizando ensaio normalizado vs. Ensaio de acordo com metodologia em análise.

4.2 Piso flutuantes

Nesta subsecção são apresentados os resultados obtidos para os pisos flutuantes testados (foram ensaiados 6 pisos flutuantes com camadas resilientes de cortiça, borracha, poliuretano e polietileno). Uma vez mais na Figura 9 apresentam-se os resultados selecionados, referentes à curva de redução sonora, obtidos para dois pisos flutuantes com diferentes características, o primeiro consiste num piso flutuante em que a camada resiliente, em cortiça se encontra colada ao piso e um segundo em que foi utilizado uma camada resiliente de borracha com 4.5 mm que é estendida no pavimento e em seguida é montado o piso. Na Figura 9 são apresentados estes resultados.

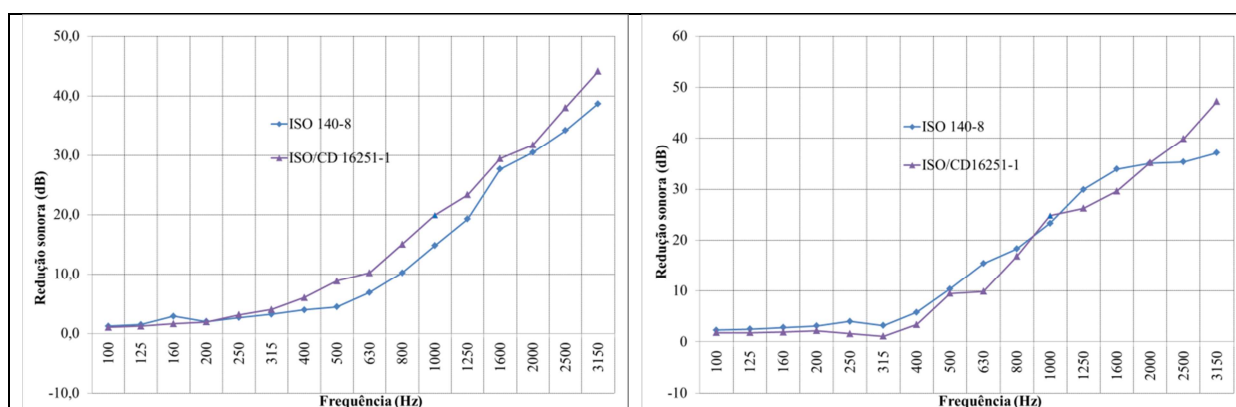


Figure 9 - Redução sonora proporcionada por diferentes amostras utilizando a metodologia em análise vs. metodologia normalizada para os pisos flutuantes: a) flutuante com manta de cortiça colada; b) flutuante com manta de borracha com 4.5mm.

Para o caso dos pisos flutuantes observa-se que as curvas normalizada e não normalizada apresentam a mesma tendência, muito embora nas médias e altas frequências se observem diferenças. Para o cálculo do índice (ver Figura 10), como são as baixas frequências que condicionam o ajuste da curva de referência à curva obtida experimentalmente, e, como nestas frequências os resultados utilizando o

método da norma ISO 140-8 e ISO/CD 16251-1 são muito próximos, verificam-se desvios máximos reduzidos, de apenas 2 dB.

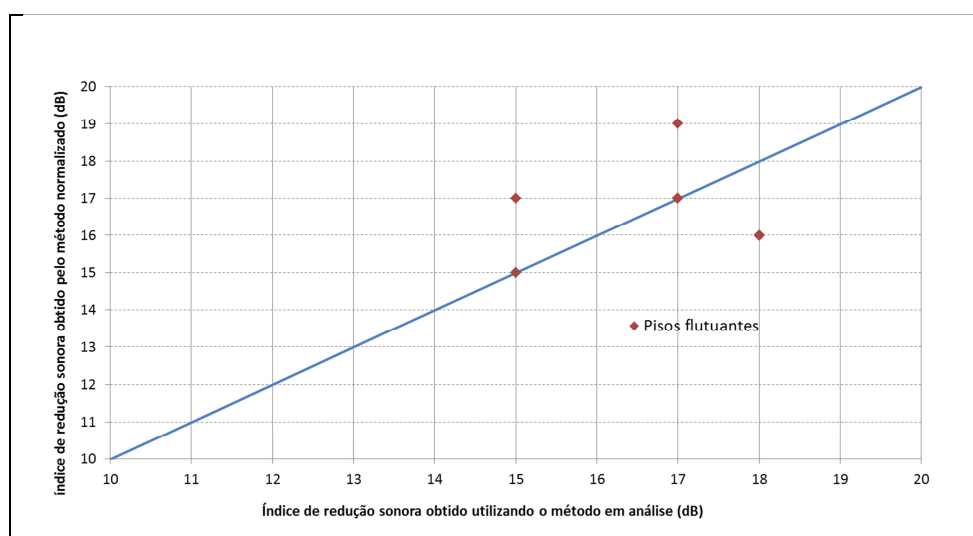


Figure 10 – Índice de redução sonora obtida utilizando ensaio normalizado vs. ensaio de acordo com metodologia em análise para os pisos flutuantes.

5 Conclusões

No presente artigo foram descritos os resultados de uma metodologia experimental para obter a redução sonora de revestimentos de piso utilizando amostras de dimensões reduzidas. Neste método são efetuados registos de níveis de vibração numa laje com 20 cm de espessura sem e com o revestimento aplicado quando atua uma máquina de percussão normalizada. A redução sonora é obtida diretamente, fazendo a diferença entre estes dois níveis. Verificou-se que para os revestimentos ensaiados, consistindo em revestimentos flexíveis e pisos flutuantes, a curva da redução sonora é próxima da obtida utilizando a metodologia normalizada descrita na norma EN ISO 140-8. Analisando os resultados dos índices de redução sonora constatou-se que os índices obtidos utilizando a metodologia simplificada se aproximam dos obtidos utilizando o método normalizado, tendo-se verificado desvios máximos de 2 dB. Conclui-se que a metodologia em análise poderá constituir uma abordagem a utilizar em fase de desenvolvimento de produtos/tecnologia para o tipo de revestimentos testados.

Referências

- [1] RRAE – Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios, aprovado pelo Decreto-Lei nº 129/2002 de 11/05, com a nova redação dada pelo Decreto-Lei nº 96/2008 de 09/06.
- [2] Standard ISO 140-8: 1997(E). Acoustics-Measurement of sound insulation in buildings and of building elements - Part 8: Laboratory measurements of the reduction of transmitted impact noise by floor coverings on a heavyweight standard floor.
- [3] Standard ISO 717-2: 1996. Acoustics - Rating of sound insulation in buildings and of building elements – Part 2: impact sound insulation;

- [4] L. Godinho, R. Masgalos, A. Pereira, F.G. Branco: On the use of a small-sized acoustic chamber for the analysis of impact sound reduction by floor coverings. *Noise Control Engineering Journal*, Vol. 58 (6), 2010, pp. 658-668.
- [5] ISO/CD 16251-1: Acoustics – Laboratory measurement of the reduction of transmitted impact noise by floor coverings on a small floor mock-up – Part 1: Heavyweight compact floor.
- [6] O-H. Bjor: Simplified measurement of the reduction of transmitted impact noise by floor coverings, Proc 2010, BNAM 2010 – Bergen.
- [7] R. Foret A, J. Chéné, C. Guigou-Carter, A comparison of the reduction of transmitted impact noise by floor coverings measured using ISO 140-8 and ISO/CD 16251-1, *Forum Acusticum 2011*, Aalborg, Denmark, 28 Junho a 1 Julho de 2011, pp. 1371-1376.