

**AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL DA REDUÇÃO SONORA DE
REVESTIMENTOS DE PISO E DE SISTEMA DE PISO FLUTUANTE –
COMPARAÇÃO ENTRE VALORES DE REDUÇÃO SONORA OBTIDOS EM
LABORATÓRIO E IN SITU**

PACS no. 43.40.At, 43.40.Kd

Diogo Mateus¹; Hélder Gonçalves²; Andreia Pereira¹

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

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

ABSTRACT

In the design stage, when estimating the impact sound insulation, it is common to use the weighted sound reduction index of the floor covering, ΔL_w , regardless the features of the building. However, depending on the structure of the building, construction elements and on the position of the resilient linings, the use of this unique value may lead to highly significant deviations, particularly in the situations of side sound transmissions and in upward transmissions. In this work an experimental study is carried out, covering a range of floor lining solutions, applied in several situations, combining direct and flanking sound transmissions, which compares the impact sound reduction, single number values and frequency responses, obtained in the laboratory and in situ.

RESUMO

Na previsão do isolamento a sons de percussão, em projeto, é frequente a utilização do índice de redução sonora de revestimentos de piso, ΔL_w , independentemente das características do edifício. Contudo, dependendo da estrutura, elementos de construção e local de aplicação, a consideração deste valor único pode conduzir a desvios bastante significativos, em particular na transmissão de baixo para cima e lateral. No presente trabalho apresenta-se um estudo experimental a este nível, abrangendo um conjunto de soluções de piso, aplicadas em situações distintas, onde se compara a redução sonora, através do respectivo índice e ainda utilizando as respostas em frequência, obtidos em laboratório e in situ.

1. INTRODUÇÃO

A redução sonora ao ruído de percussão de revestimentos de piso ou de sistemas de piso flutuante, apresentada pelos fabricantes, é obtida em laboratório através da metodologia de ensaio normalizada descrita nas normas EN ISO 10140, partes 1, 3 e 4 [1]. Com base na curva de redução sonora (ΔL) obtida em laboratório, através da norma EN ISO 717-2 [2], é efetuado um ajustamento a um piso laboratorial de referência e determinado o valor único ΔL_w . Em grande parte das situações de projeto, apenas se considera o índice ΔL_w , umas vezes por simplificação, outras vezes pela divulgação por parte dos fabricantes apenas do valor único ΔL_w , em vez de divulgarem também a curva em frequência ΔL . Por outro lado, este valor é fornecido independentemente do tipo de laje de suporte e de se tratar de uma transmissão de

cima para baixo, entre compartimentos adjacentes (onde existe transmissão direta) ou de uma transmissão indireta, de baixo para cima, lateral ou eventualmente de cima para baixo entre compartimentos não adjacentes. Dependendo do comportamento específico da laje de suporte, quando sujeita a uma solicitação de percussão (antes da aplicação de revestimento de piso flexível ou de sistema de piso flutuante), o valor global da redução sonora final obtido in situ, após a aplicação de um revestimento ou de um sistema flutuante de piso, pode variar de caso para caso. Por exemplo, para o caso de um revestimento constituído por vinílico de base flexível, com um índice ΔL_w igual a 18 dB, é possível obter na prática valores efetivos globais em obra (no presente trabalho indicado por $\Delta L'_w$), umas vezes até superiores a 18 dB, sobretudo na transmissão de cima para baixo, e outras vezes muito inferiores a 18 dB, como acontece frequentemente na transmissão indireta de baixo para cima [3].

Em fase de projeto, a quantificação da transmissão por percussão pode ser prevista através de modelos teóricos, nomeadamente através dos modelos indicados na norma EN 12354-2 [4]. Esta norma propõe dois tipos de modelos de cálculo: um modelo detalhado e um modelo simplificado. O modelo simplificado, fácil de utilizar em projeto, é aplicável apenas às situações de transmissão de cima para baixo, entre compartimentos adjacentes, e considera apenas os valores únicos, em vez de um cálculo diferenciado em frequência. O modelo detalhado, tal como o próprio nome indica, é um modelo mais rigoroso, e mais complexo, que permite determinar, no domínio da frequência, a transmissão de sons de percussão, contabilizando não só a via direta, se existir, como também a via lateral. Para situações de transmissão entre espaços não adjacentes ou na transmissão adjacente de baixo para cima, estes modelos não são aplicáveis, podendo optar-se por modelos de cálculo mais complexos, por exemplo, através do método do SEA (*Statistical Energy Analysis*), mas a sua aplicação a projeto torna-se geralmente complicada, sendo utilizado sobretudo para fins de investigação. Em alternativa poderão eventualmente utilizar-se métodos empíricos, muito simplificados, como os que foram propostos em trabalhos anteriores dos autores do presente trabalho [3], mas que se ajustam sobretudo a situações de edifícios habitacionais correntes.

Após ou eventualmente durante a construção dos edifícios, a quantificação da transmissão por percussão pode ser efetuada de forma relativamente simples, mesmo entre compartimentos não adjacentes ou na transmissão de baixo para cima, realizando ensaios experimentais, de acordo com as normas NP EN ISO 140-7 [5] e EN ISO 717-2 [2].

Em situações onde a metodologia utilizada (de previsão ou experimental) permite obter o nível sonoro de percussão padronizado (resultado no domínio da frequência), L'_{nT} , antes da aplicação do revestimento de piso ou do sistema flutuante de piso, faz todo o sentido considerar também no domínio da frequência os resultados da redução sonora de ruídos de percussão (ΔL), ao invés da determinação dos valores únicos de $L'_{nT,w}$, utilizando o índice de redução sonora ΔL_w . Neste contexto, é apresentado no presente trabalho uma comparação entre resultados de redução sonora obtidos em laboratório, quer da curva em frequência (ΔL), quer do valor único (ΔL_w), e os resultados obtidos in situ. As situações analisadas correspondem a salas do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Coimbra, considerando um conjunto de soluções de revestimento de piso e de pavimentos flutuantes, aplicados em situações distintas, abrangendo a transmissão de cima para baixo, de baixo para cima e lateral. É ainda analisado um caso de espaços não adjacentes.

2. ISOLAMENTO A RUÍDOS DE PERCUSSÃO – ASPETOS GERAIS

De um modo geral, a proteção acústica dos edifícios, como forma de garantir um adequado conforto acústico no seu interior, pode ser concretizada através da atuação articulada segundo quatro vertentes da acústica: o isolamento a sons aéreos, quer entre espaços interiores, quer entre o exterior e o interior dos edifícios; o isolamento de sons de percussão, transmitidos por via sólida, provenientes essencialmente do interior dos edifícios; o condicionamento acústico interior; e a minimização do ruído produzido por equipamentos e instalações do edifício. No presente trabalho, e para as situações apresentadas, é apenas avaliada a vertente de isolamento a sons de percussão.

No caso específico do isolamento a sons de percussão, na prática, a quantificação é realizada em função da transmissão sonora através de um pavimento que separa dois e não de um isolamento entre compartimentos (como é o caso da avaliação do desempenho no que concerne aos sons aéreos). Esta transmissão sonora ocorre geralmente por via marginal, através dos elementos adjacentes, e por via direta, quando o pavimento percutido é sobrejacente ao compartimento recetor em análise. De uma forma geral, em edifícios, a obtenção de um isolamento sonoro adequado, a sons de percussão, pode ser conseguido através de dois tipos distintos de soluções: revestimento de piso flexível e revestimento de piso rígido aplicado sobre camada inferior resiliente, designadamente a betonilha flutuante em betão ou em argamassa e os pavimentos flutuantes em madeira. Entre estas, a execução de betonilha flutuante, sob o revestimento de piso, é aquela que à partida, para a maioria das construções de raiz, oferece mais vantagens e não condiciona o tipo de acabamento. Contudo, na grande maioria das situações o desempenho destas betonilhas revela-se, na prática pouco eficaz em relação ao previsto, devido essencialmente à existência de defeitos de construção. Estes apresentam-se muitas vezes com pequenas dimensões, como são o caso das ligações rígidas através do cimento cola de assentamento do revestimento de piso, especialmente importante em revestimentos cerâmicos ou em pedra. Nas restantes soluções, os erros de execução assim como algumas opções construtivas tomadas em obra podem também condicionar o resultado final, mas geralmente com consequências menos graves [6].

A caracterização da transmissão de ruídos de percussão em edifícios, tal como já referido, pode ser efetuada experimentalmente através das metodologias descritas nas normas NP EN ISO 140-7 [5] e EN ISO 717-2 [2]. É também esta a metodologia utilizada no presente trabalho.

Com base na norma NP EN ISO 140-7 [5], a caracterização da transmissão sonora *in situ* é efetuada no domínio da frequência (L'_{nT}), em bandas de 1/3 de oitava, entre as frequências centrais de 100 e 3150 Hz. Os valores de L'_{nT} dependem dos níveis de pressão sonora médios medidos no compartimento recetor (L_i), corrigidos do ruído de fundo, dos tempos de reverberação (T), em frequência, e do valor do tempo de reverberação de referência (T_0) para o compartimento recetor em questão (igual ao requisito de tempo de reverberação, em espaços onde se aplique [7], ou a 0,5 s, quando não se aplica esse requisito). A equação que permite obter este índice de transmissão é dada por:

$$L'_{nT} = L_i - 10 \text{Log} \left(\frac{T}{T_0} \right) \quad (1)$$

Posteriormente, a partir deste conjunto de valores em frequência (L'_{nT}) é determinado o valor único $L'_{nT,w}$, através do ajustamento da curva L'_{nT} a uma descrição convencional de referência, de acordo com a técnica preconizada na norma EN ISO 717-2 [2].

No presente trabalho, este procedimento é efetuado para o suporte das soluções de piso a testar, antes da sua aplicação, e posteriormente, depois de aplicada uma “amostra” de cada solução de piso a ensaiar. A diferença, por bandas de 1/3 de oitava, entre o valor de L'_{nT} antes e depois da aplicação da amostra de piso foi considerado como sendo $\Delta L'$ (curva de redução sonora efetiva). A diferença entre os valores únicos $L'_{nT,w}$, antes e depois da aplicação da amostra de piso foi considerada como sendo $\Delta L'_w$ (índice de redução sonora efetiva). Foi ainda determinado um índice de redução sonora do pavimento de referência, designado de $\Delta L'_{w,r}$, obtido a partir do procedimento indicado na norma EN ISO 717-2 [2], para um pavimento de referência, considerando os valores de $\Delta L'$, em vez da curva ΔL em laboratório. Foi considerado o tempo de reverberação de referência em todos os casos de 0,8 s. Refira-se que este valor apenas influencia os valores absolutos de L'_{nT} e de $L'_{nT,w}$. Os valores de ΔL e $\Delta L'_w$, obtidos em laboratório, utilizados no presente trabalho, para os diferentes tipos de soluções de piso testadas, foram fornecidos pelos próprios fabricantes.

3. CONDIÇÕES DE ENSAIO E SOLUÇÕES TESTADAS

Os resultados apresentados neste trabalho foram obtidos, *in situ*, utilizando quatro salas do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Coimbra, com a avaliação da

transmissão de ruídos de percussão efectuada para as seguintes situações: entre salas adjacentes; de cima para baixo; de baixo para cima; na lateral e entre salas não adjacentes, com uma terceira sala entre salas ensaiadas. Para o efeito, foram consideradas duas salas contíguas no mesmo piso (salas SC.3.1 e SC.3.2) e três salas na mesma prumada vertical (salas SC.3.1, SC.2.1 e CA.1), conforme esquematizado na Figura 1. Para cada caso foram realizados os ensaios considerando o revestimento de piso existente nas salas (betão armado rigidamente ligado ao edifício na sala CA.1 e parquet colado rigidamente ligado à laje de suporte, nas restantes salas) e posteriormente com 4 tipos de soluções de piso com elevada redução sonora. As salas do piso 2 e 3 possuem uma fachada em betão armado com 20 cm de espessura, em grande parte interrompida por vãos envidraçados, sendo as restantes paredes em alvenaria simples de tijolo de 20 cm de espessura. As lajes entre pisos, com exceção do teto do piso 1, são aligeiradas com blocos de aligeiramento de 25 cm de espessura e camada de compressão com cerca de 5 cm de espessura, sobre a qual foi aplicada uma betonilha de regularização de pequena espessura e o revestimento de piso (em parquet colado). No teto do piso 1 a laje é maciça com cerca de 20 cm de espessura.

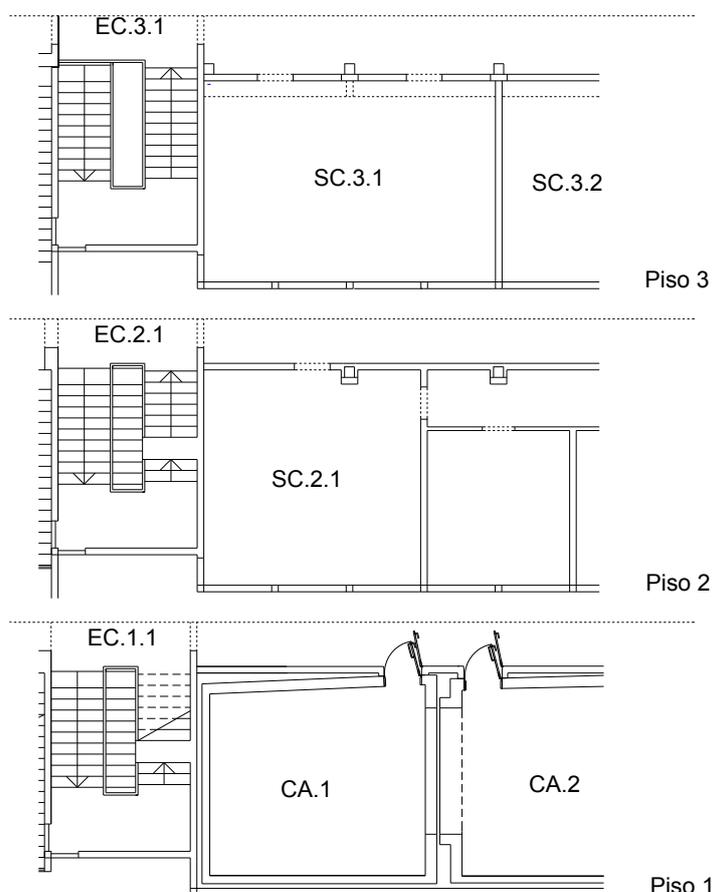


Figura 1 – Plantas esquemáticas da zona do edifício onde foram realizados os ensaios.

As soluções de piso testadas corresponderam a amostras com cerca de 1 m² de área, posicionadas durante os ensaios em pelo menos 4 zonas do piso de cada sala em estudo (com a máquina de percussão centrada sobre cada amostra), por forma a garantir um número de posições de máquina de percussão de acordo com o procedimento indicado na norma NP EN ISO 140-7 [5]. Apesar da amostra não revestir todo o piso da sala, como se tratam de revestimentos flexíveis e de pavimentos de madeira flutuantes (localmente reactivos), os modos próprios de vibração da amostra (com área reduzida) aparentemente não são relevantes no resultado final, podendo considera-se o procedimento aceitável. Refira-se que, no caso de lajetas flutuantes em betão com área reduzida os modos próprios de vibração da lajeta são geralmente condicionantes no resultado final. Os revestimentos flexíveis utilizados corresponderam a dois tipos de vinílicos de base flexível de marcas diferentes: o vinílico do tipo “Tarkett Tapiflex Excellence” com um índice ΔL_w , fornecido pelo fabricante, de 19 dB; e um

segundo vinílico do tipo “Sarlon Traffic” com um índice ΔL_w , fornecido pelo fabricante, de 18 dB. Os pavimentos flutuantes em madeira foram iguais nos dois casos (com 15 mm de espessura), mas num deles foi utilizado como material resiliente em polietileno reticulado de célula fechada com 5 mm de espessura (com um índice ΔL_w , fornecido pelo fabricante, de 21 dB) e no outro caso o aglomerado de borracha com 4,5 mm de espessura (com um índice ΔL_w , fornecido pelo fabricante, de 19 dB).

4. RESULTADOS

Entre o conjunto alargado de resultados obtidos, são apresentados de seguida apenas aqueles considerados mais relevantes, face ao objetivo deste trabalho.

Na Figura 2 são apresentados os resultados obtidos para o nível sonoro de percussão padronizado, L'_{nT} , referente a cada uma das situações testadas (entre salas adjacentes, com transmissão descendente, ascendente e lateral, e entre salas não adjacentes), para a situação existente, antes da aplicação de cada uma das soluções que se pretendiam testar. Nesta figura são ainda indicadas a curva com o nível sonoro de percussão correspondente ao pavimento de referência, de acordo com a norma EN ISO 717-2 [2] e os respetivos valores únicos de $L'_{nT,w}$ e de $L_{n,r,0,w}$, dessas curvas.

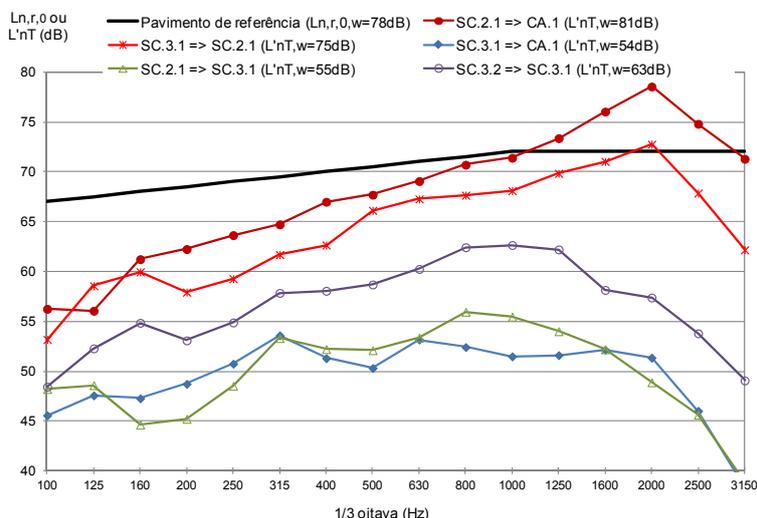
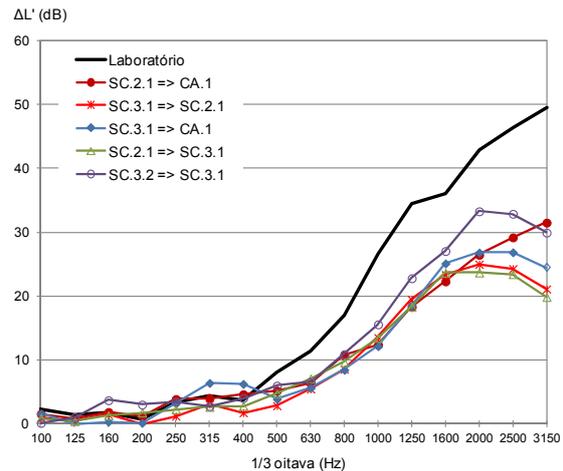
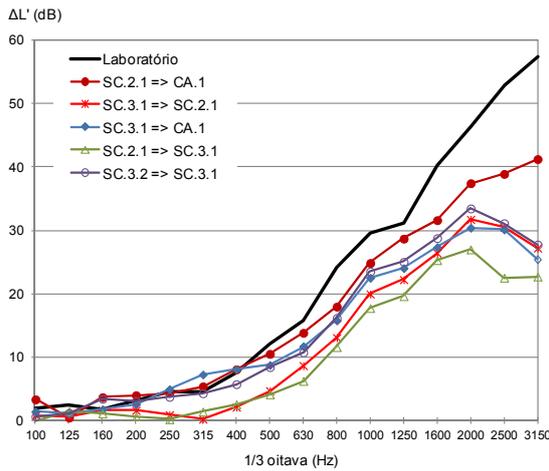


Figura 2 – Nível sonoro de percussão padronizado, obtido para cada uma das situações testadas e para o pavimento de referência indicado na norma EN ISO 717-2, e respetivos valores únicos.

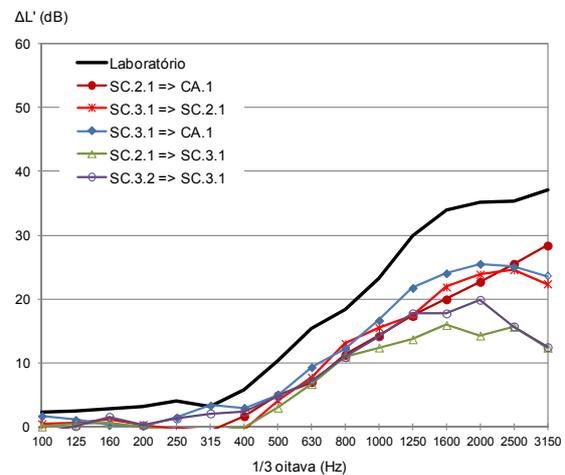
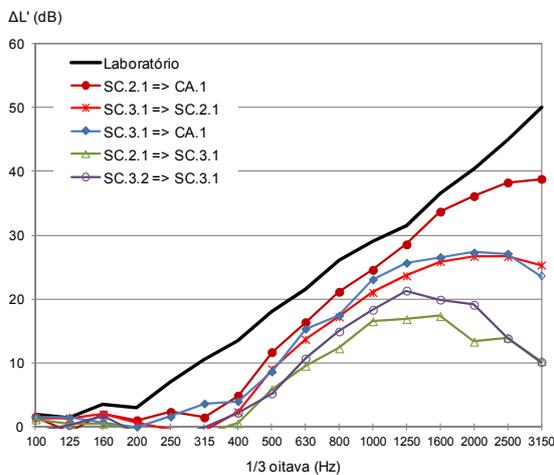
Para cada uma das cinco situações de ensaio anteriormente referidas, e sobre o revestimento rígido existente no piso das salas, foram aplicados separadamente cada um dos quatro tipos de revestimento de piso a testar. Nas Figuras 3 e 4 são apresentadas as curvas de redução sonora obtidas para as diferentes situações avaliadas, incluindo os valores obtidos em laboratório, respetivamente para os dois vinílicos utilizados (do tipo “Tarkett Tapiflex Excellence” e do tipo “Sarlon Traffic”) e para os dois pavimentos flutuantes em madeira testados (com camadas resilientes em polietileno reticulado de célula fechada com 5mm e em aglomerado de borracha com 4,5 mm de espessura).



a)

b)

Figura 3 – Redução sonora obtida para as diferentes situações avaliadas, incluindo os valores obtidos em laboratório, para os dois vinílicos utilizados: a) do tipo “Tarkett Tapiflex Excellence” ($\Delta L_w = 19\text{dB}$); b) do tipo “Sarlon Traffic” ($\Delta L_w = 18\text{dB}$).



a)

b)

Figura 4 – Redução sonora obtida para as diferentes situações avaliadas, incluindo os valores obtidos em laboratório, para os dois pavimentos flutuantes utilizados: a) com polietileno reticulado de célula fechada com 5mm ($\Delta L_w = 21\text{dB}$); b) com aglomerado de borracha com 4,5 mm de espessura ($\Delta L_w = 19\text{dB}$).

No Quadro 1 são apresentados os valores do índice de redução sonora efetiva ($\Delta L'_{w,r}$, resultante diretamente da diferença entre $L'_{nT,w}$ antes e após a aplicação da solução a testar), obtidos para cada situação de ensaio, e os correspondentes valores convertidos para um pavimento de referência $\Delta L'_{w,r}$.

Quadro 1 – Índice de redução sonora efetiva, $\Delta L'_{w,r}$ (em dB) e correspondentes valores obtidos considerando a conversão para um pavimento de referência indicado na norma EN ISO 717-2 ($\Delta L'_{w,r}$).

Tipo de separação	Vinílico "Tapiflex Excellence" ($\Delta L_w = 19\text{dB}$)		Vinílico "Sarlon Traffic" ($\Delta L_w = 18\text{dB}$)		Pav. Flut. c/ polietileno reticulado 5mm ($\Delta L_w = 21\text{dB}$)		Pav. Flut. c/ ag. borracha 4,5mm ($\Delta L_w = 19\text{dB}$)	
	$\Delta L'_w$	$\Delta L'_{w,r}$	$\Delta L'_w$	$\Delta L'_{w,r}$	$\Delta L'_w$	$\Delta L'_{w,r}$	$\Delta L'_w$	$\Delta L'_{w,r}$
SC.2.1 => CA.1 (descendente)	28	19	22	16	27	17	20	14
SC.3.1 => SC.2.1 (descendente)	20	16	18	14	21	16	18	14
SC.3.1 => CA.1 (desc. c/ sala intermédia)	14	18	11	16	12	16	11	16
SC.2.1 => SC.3.1 (ascendente)	11	15	11	15	10	11	10	12
SC.3.2 => SC.3.1 (lateral)	16	18	14	17	12	12	12	13

Da análise da Figura 2, verifica-se que, mesmo para as duas situações de transmissão descendente entre salas adjacentes, o traçado das curvas do nível sonoro de percussão padronizado se afasta significativamente da curva correspondente ao pavimento de referência. Em ambos os casos a componente de altas frequências é muito mais relevante que no caso da curva de referência (com traçado menos variável em frequência). Nestas condições, e tal como se demonstra com os resultados apresentados no Quadro 1, os valores do índice de redução sonora efetiva ($\Delta L'_w$), para estes dois tipos de situações de transmissão, são substancialmente favorecidos, resultando mesmo valores superiores aos do índice ΔL_w , indicados pelo fabricante, em particular para a situação de transmissão entre salas do piso 2 para o piso 1. Nesta situação de transmissão, se à redução sonora obtida *in situ* forem aplicados os valores correspondentes ao pavimento de referência indicado pela norma EN ISO 717-2 [2], obtêm-se índices de redução sonora tendencialmente menores que os indicados pelos fabricantes (ensaiados em condições ideais, tendencialmente mais favoráveis).

Da análise das Figuras 3 e 4 verifica-se que, de uma forma geral, a redução sonora obtida *in situ* é inferior ao indicado pelo fabricante (obtido em laboratório), em particular para altas frequências. Para estas diferenças contribuíram, não só as características de separação entre salas, muito diferentes do que se verifica em laboratório, como também o mascaramento dos níveis de ruído pelo ruído residual e a componente de transmissão por via aérea. Relativamente ao mascaramento do ruído residual, este foi relevante para o caso das transmissões ascendentes (entre as salas SC.2.1 e SC.3.1, para a banda de 1600 Hz e seguintes) e para o caso das transmissões laterais (entre as salas SC.3.2 e SC.3.1, para a banda de 2000 Hz e seguintes). Relativamente à componente de transmissão por via aérea, esta foi sobretudo relevante na transmissão lateral entre as salas SC.3.2 e SC.3.1, onde o isolamento a sons aéreos é claramente inferior aos restantes casos de separação (com um índice $D_{nT,w}$ próximo de 43 dB), e para o caso dos pavimentos flutuantes em madeira, em particular quando o material resiliente é o polietileno reticulado, onde o ruído aéreo gerado pela percussão do pavimento é muito elevado (com valores de L_{Aeq} da ordem de 96 dB(A), em oposição ao que se verifica com os vinílicos onde L_{Aeq} não ultrapassa 80 dB(A)).

Da comparação entre valores apresentados no Quadro 1, é ainda possível verificar que mesmo para situações de ensaio totalmente distintas, existe uma boa aproximação entre os valores do índice $\Delta L'_{w,r}$, obtidos a partir de ensaios *in situ*, e os correspondentes valores laboratoriais de ΔL_w . A aproximação só não é maior devido aos efeitos anteriormente referidos de mascaramento de ruído de fundo e da componente de transmissão por via aérea.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar dos resultados apresentados corresponderem apenas a casos de estudo, não podendo ser generalizados para outras situações, estes permitem retirar algumas conclusões importantes.

Uma das conclusões a retirar é que, mesmo para situações de separações muito diferentes das condições laboratoriais, é possível obter um índice de redução sonora *in situ*, $\Delta L'_{w,r}$, quando convertido para um pavimento de referência, próximo do que se conseguiria em laboratório, e tendencialmente do lado da segurança. Isto poderá permitir, por exemplo, numa fase preliminar de avaliação de soluções, avaliar o desempenho de soluções de revestimento de piso flexíveis ou de sistemas flutuantes, de uma forma muito simples e económica. O mais importante, nestes casos, é garantir condições de níveis de ruído residual reduzidos e de elevado isolamento de sons aéreos, em particular quando a sala emissora não é sobrejacente à sala recetora.

A outra conclusão, que vai de encontro a um dos principais objetivos deste trabalho, é que, na utilização de métodos de previsão simplificados em projeto, a consideração do valor único de ΔL_w , de um revestimento de piso de elevado desempenho acústico, pode conduzir a erros significativos, em particular quando, antes da aplicação do referido revestimento, a curva do nível sonoro de percussão padronizado é rica sobretudo em frequências baixas e médias, como acontece frequentemente na transmissão de baixo para cima. Nestes casos, a aplicação, por exemplo, de um revestimento de piso com $\Delta L_w = 19$ dB pode conduzir a uma redução

efetiva *in situ* não superior a 11 ou 12 dB. Na transmissão de cima para baixo, entre compartimentos adjacentes, pode ocorrer o oposto, com resultados até mais favoráveis que os laboratoriais. Ou seja, em projeto, recomenda-se a utilização de métodos de previsão em frequência, onde em vez do valor único ΔL_w se considera a curva de redução sonora em frequência ΔL . Se tal não for possível, em alternativa, poderão eventualmente considerar-se correções ao valor de ΔL_w , do lado da segurança, em particular para o caso das transmissões de baixo para cima e eventualmente para transmissões laterais (ainda que de forma menos acentuada).

REFERÊNCIAS

- [1] Standard EN ISO 10140-1,3,4: 2010. Acoustics. Laboratory measurement of sound insulation of building elements. Part 1: Application rules for specific products. Part 3: Measurement of impact sound insulation. Part 4: Measurement procedures and requirements.
- [2] Standard EN ISO 717-2: 2013. Acoustics. Rating of sound insulation in buildings and of building elements. Part 2: Impact sound insulation (ISO 717-2:2013).
- [3] D. Mateus, A. Pereira – *Transmissão indireta do ruído de percussão: Proposta de metodologias simplificadas de previsão*. VIII Congresso Ibero-Americano de Acústica - ACÚSTICA 2012, Évora, Portugal.
- [4] EN 12354-2: 2000. Building acoustics. Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements. Part 2: Impact sound insulation between rooms.
- [5] Norma NP EN ISO 140-7: 2008. Acústica. Medição do isolamento sonoro de edifícios e de elementos de construção. Parte 7: Medição, in situ, do isolamento sonoro de pavimentos a sons de percussão (ISO 140-7:1998).
- [6] D. Mateus, A. Pereira – *Influência de pequenos erros de execução em obra no desempenho acústico de edifícios - Exemplos típicos*. TECNIACUSTICA 2011, Iberian Encounter on Acoustics - EAA Symposium, Cáceres, 26 a 28 de Outubro 2011.