

INFLUÊNCIA DA INCLUSÃO DE MEDIÇÕES EM BAIXA FREQUÊNCIA NA DETERMINAÇÃO DOS ÍNDICES DE ISOLAMENTO SONORO

PACS: 43.15.+s,43.55.Rg

Julieta M. P. António; Diogo M. R. Mateus

CICC, Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia Universidade de Coimbra

Rua Luís Reis Santos - Pólo II da Universidade, 3030-788 Coimbra, Portugal

Tel. +351-239797196

Fax +351-239797190

julieta@dec.uc.pt ; diogo@dec.uc.pt

ABSTRACT

The revision of the international standard series, ISO 717, in progress, proposes the replacement of the single number ratings for sound insulation and the frequency range to include in the single numbers calculation. The single number ratings, usually calculated with measurements obtained in third octave bands from 100Hz to 3150 Hz, are likely to be replaced by single number ratings obtained from measurements in third octave bands from 50 Hz to 5000 Hz. In the present work, the influence of measurements in low frequency bands in the calculation of single number ratings for airborne and impact sound insulation is analyzed. About eight tens of measurements are used to perform this analysis.

RESUMO

A revisão, em curso, das normas da série ISO 717 propõe a alteração dos índices de isolamento a usar e, nomeadamente, as bandas de frequência a incluir no cálculo dos índices. Os índices, tradicionalmente calculados a partir do isolamento sonoro, medido em bandas de 1/3 de oitava, entre 100Hz e 3150 Hz, poderão vir a ser substituídos por índices, calculados a partir de medições em bandas de 1/3 de oitava, entre os 50 Hz e os 5000 Hz. Neste trabalho são analisados cerca de oito dezenas de resultados, de situações distintas, para verificar a influência da inclusão de bandas de baixas frequências no cálculo dos índices de isolamento sonoro a sons aéreos e a sons de percussão.

1. INTRODUÇÃO

Em Portugal, as medições de isolamento sonoro em edifícios efectuam-se em bandas de terços de oitava, entre os 100 Hz e os 3150 Hz. A partir destas medições são determinados os índices de isolamento que são comparados com os valores dos requisitos legais em vigor [1]. Não existem dados oficiais sobre estudos de medições de isolamento sonoro em baixa

frequência. Não é claro quais as implicações que a adopção dos índices de isolamento sonoro, determinados a partir de medições que incluem a gama da baixa frequência, possa introduzir na legislação e no conforto das pessoas.

As normas ISO 717-1 [2] e ISO 717-2 [3] são os documentos de referência para a determinação dos índices de isolamento sonoro. No entanto, estas normas estão a ser alvo de revisão e irão ser substituídas. Estas alterações, para além de proporem índices diferentes dos existentes, também propõem o alargamento da gama de frequências de medição entre os 50 Hz e os 5000 Hz [4]. Para a determinação dos índices de isolamento são sugeridas quatro curvas que representam espectros sonoros típicos: “traffic”, “living”, “speech” e “impact”. Os cálculos dão origem aos índices R_{traffic} e R_{living} , avaliados usando medições de isolamento em bandas de 1/3 de oitava entre 50 Hz e 5000 Hz e R_{speech} que apenas inclui bandas de 1/3 de oitava entre os 200 Hz e os 5000 Hz. Para o caso de R_{impact} consideram-se as bandas de 1/3 de oitava entre 50 Hz e 2500 Hz.

R_{traffic} e R_{living} correspondem aos actuais índices $R_W+C_{\text{tr},50-5000}$ e $R_W+C_{50-5000}$ e para os sons de percussão esse índice corresponde a valores de isolamento e não de transmissão não sendo comparável ao índice actualmente usado. Os índices de isolamento obtidos a partir de medições in situ terão tratamento semelhante e tomarão designações de índices de isolamento normalizado ou padronizado, $D_{n,\text{living}}$ ou $D_{T,\text{living}}$, correspondendo aos actuais $D_{n,w}+C_{50-5000}$ ou $D_{nT,w}+C_{50-5000}$. Refira-se que não são adoptados nos regulamentos dos requisitos acústicos de edifícios da maior parte dos países, nomeadamente em Portugal, os índices incluindo os factores de adaptação. As alterações propostas às normas ISO 717 têm sido discutidas em vários trabalhos e algumas das suas implicações têm sido analisadas [4-8].

Em Portugal, como já foi referido, actualmente, os índices que fazem parte dos requisitos acústicos dos edifícios [1] são calculados a partir de medições em bandas de 1/3 de oitava entre os 100 Hz e os 3150 Hz. Com as alterações previstas nas normas da série ISO 717, para além dos índices incluírem no seu cálculo bandas de frequência mais baixas incluirão também factores de adaptação, pelo que os valores regulamentares em vigor poderão ter de ser revistos.

No presente trabalho, pretende-se analisar, para um leque alargado de medições in-situ, qual a influência da inclusão de bandas de baixa frequência no valor dos índices de isolamento. Estes resultados reportam-se a medições de isolamento de sons aéreos e de sons de percussão. Para o isolamento a sons aéreos, seleccionaram-se situações em que o elemento de separação directo é parede ou pavimento. No caso das medições de isolamento sonoro a sons de percussão, seleccionaram-se situações de transmissão lateral, descendente e ascendente. Para o efeito, serão apresentados gráficos, por grupos de elementos construtivos de separação, onde se compara o valor do índice regulamentar actual, com os valores do índice regulamentar mais o factor de adaptação calculado a partir dos 100 Hz e do índice mais o factor de adaptação calculado a partir dos 50 Hz.

Nas secções seguintes faz-se uma breve descrição dos grupos de elementos construtivos de separação analisados, apresentam-se e analisam-se os resultados e finalmente tecem-se algumas conclusões.

2. DESCRIÇÃO DOS ELEMENTOS CONSTRUTIVOS DE SEPARAÇÃO

Os valores dos índices de isolamento que vão ser apresentados na secção seguinte resultam de um leque extenso de medições in situ (cerca de oitenta). Os resultados são agrupados em dois grandes grupos relativos a isolamento a sons aéreos e transmissão de sons de percussão. Em cada grupo, apresentam-se resultados tipicamente encontrados durante as medições in situ. Os resultados estão associados em função do elemento construtivo de separação directa, no isolamento a sons aéreos, ou elemento percutido, no caso da transmissão de sons de percussão. A constituição exacta, em termos de espessuras não é conhecida, sabendo-se apenas quais são os tipos de elementos/revestimentos. Nas Tabelas 1 e 2 descrevem-se os vários casos analisados.

Tabela 1. Isolamento a sons aéreos: descrição dos elementos de separação direta e número de medições

Caso	Descrição do elemento construtivo de separação	Nº ensaio
A	Lajes em betão com tectos falsos ou pavimentos aligeirados multicamadas	1-5
B	Lajes correntes em betão armado	6-10
D	Paredes de alvenaria pesadas (com 2 a 4 panos) de elevado desempenho (sem continuidade dos elementos marginais)	11-20
E	Paredes correntes de alvenaria dupla	21-29
F	Paredes correntes de alvenaria simples	30-34
G	Paredes leves à base de gesso cartonado	35-40

Tabela 2. Isolamento a sons de percussão: descrição dos elementos percutidos e número de medições

Caso	Descrição do elemento construtivo de separação	Tipo de transmissão	Nº ensaio
H	Lajes em betão armado revestidas com pavimentos flutuantes	Lateral	41-48
I	Lajes em betão armado com revestimento cerâmico sobre betonilha flutuante	Lateral	49-59
J	Lajes em betão armado e com revestimento cerâmico rigidamente ligado	Lateral	60-63
K	Lajes em betão armado com pavimento flutuante em madeira ou com betonilha flutuante e revestimento cerâmico	Descendente	64-71
L	Lajes em betão armado com revestimento cerâmico rigidamente ligado	Descendente	72-75
M	Lajes em betão armado com revestimento cerâmico rigidamente ligado	Ascendente	76-80
N	Lajes em betão armado com pavimento flutuante em madeira ou com betonilha flutuante e revestimento cerâmico	Ascendente	81-84

3. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

Com os resultados apresentados nesta secção, pretende-se verificar a influência que a inclusão de medições de isolamento sonoro em bandas de baixa frequência tem na caracterização do isolamento sonoro de edifícios. Considerando que os requisitos acústicos, em termos regulamentares, estão especificados em termos de índices, não se vão apresentar curvas de isolamento sonoro ou de transmissão sonora ao longo da frequência. Assim, apenas vão ser apresentados índices de isolamento.

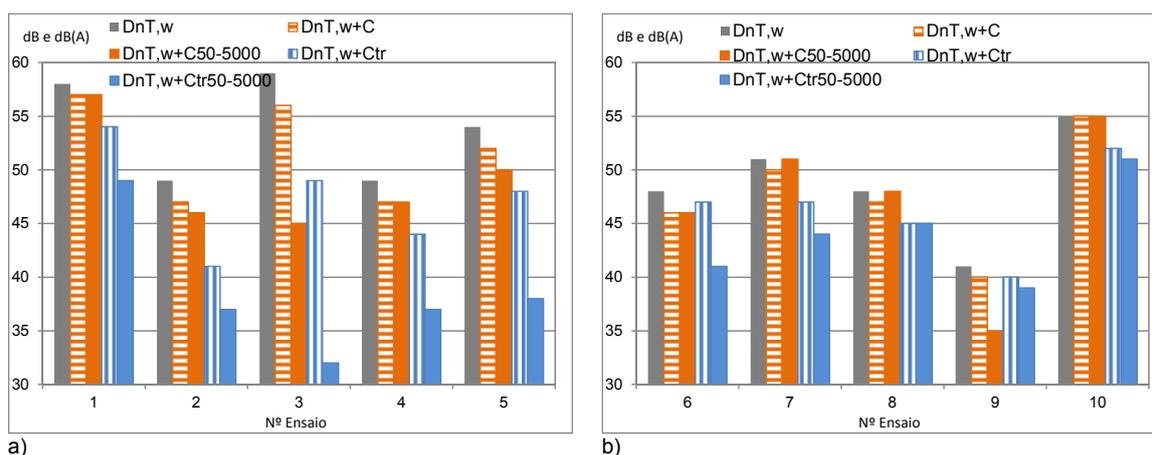
3.1 Isolamento a Sons Aéreos

As medições utilizadas para o cálculo de resultados apresentados nesta sub-secção foram efectuadas de acordo com os procedimentos da norma NP EN ISO 140-4 [9].

No que respeita ao isolamento a sons aéreos entre compartimentos, o índice regulamentar actualmente em vigor é o isolamento sonoro padronizado, $D_{nT,w}$. É habitual calcularem-se os factores de adaptação C e C_{tr} , mas estes não são adoptados no RRAE. No entanto, as alterações previstas para a substituta da norma ISO 717-1 tem em conta os factores de adaptação no cálculo dos índices. Assim, para os casos estudados vai apresentar-se o índice regulamentar, $D_{nT,w}$, e o índice regulamentar acrescido dos factores de adaptação para ruído rosa e ruído de tráfego $D_{nT,w}+C$ e $D_{nT,w}+C_{tr}$ (calculados entre 100 Hz e 3150 Hz) e $D_{nT,w}+C_{50-5000}$ e $D_{nT,w}+C_{tr,50-5000}$ (calculados entre os 50 Hz e os 5000 Hz).

Na Figura 1 apresentam-se os resultados para os casos A e B referentes a isolamento a sons aéreos de lajes de betão correntes (B) ou com tectos falsos ou pavimentos aligeirados multicamadas (A). De uma forma geral, a inclusão dos factores de adaptação com ou sem baixa frequência reduz o valor de $D_{nT,w}$, donde se depreende que a inclusão destes factores nos requisitos acústicos levará à revisão dos valores limites dos mesmos.

No que diz respeito à interferência da inclusão de bandas de baixa frequência, verifica-se que no que respeita à transmissão de ruído do tipo “rosa”, a diminuição do desempenho não é relevante. Há dois exemplos, até, onde melhora (ensaios 7 e 8). No que se refere à transmissão do ruído do tipo “tráfego” há sempre um pior desempenho com a consideração de bandas de baixa frequência. Este efeito deve-se aos maiores valores do factor de adaptação C_{tr} em relação a C , e que é mais evidente quando o desempenho é mau nas baixas frequências. O mau desempenho na gama das baixas frequências é muito evidente por exemplo no ensaio nº 3 quer à transmissão do ruído do tipo “rosa” quer do ruído do tipo “tráfego”.



a) Figura 1 – Índices de isolamento a sons aéreos obtidos in situ entre compartimentos separados por: a) lajes de betão com tectos falsos ou pavimentos aligeirados multicamadas; b) lajes de betão correntes.

Na Figura 2 apresentam-se os resultados, para o caso D, referentes a isolamento a sons aéreos de paredes de alvenaria pesada. Na maior parte dos exemplos verifica-se que os valores apresentados são mais baixos quando se inclui a contribuição das bandas de baixa frequência, nomeadamente no que respeita à transmissão de ruído do tipo “tráfego”.

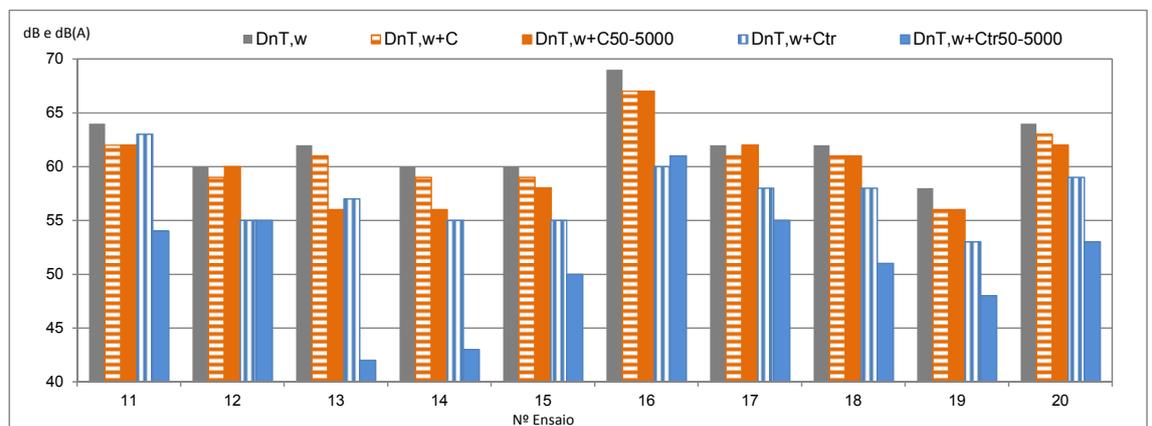


Figura 2 – Índices de isolamento a sons aéreos obtidos in situ entre compartimentos separados por paredes de alvenaria pesadas (com 2 a 4 panos) de elevado desempenho (sem continuidade dos elementos marginais).

A Figura 3 contém os resultados para o caso E relativos a isolamento a sons aéreos de paredes duplas correntes. Neste caso, também, a inclusão das baixas frequências tem maior influência no que respeita à transmissão de ruído do tipo “tráfego”.

Os resultados para os casos F (paredes de alvenaria simples) e G (paredes leves de gesso cartonado) apresentam-se na Figura 4. De um modo geral, para estes dois exemplos, a consideração das baixas frequências afecta pouco os valores calculados tendo em conta a transmissão de ruído do tipo “rosa” (excepção no ensaio nº 39). No entanto, para a transmissão

do ruído do tipo “tráfego” há sempre uma diminuição dos valores calculados, em particular no caso dos elementos aligeirados (G).

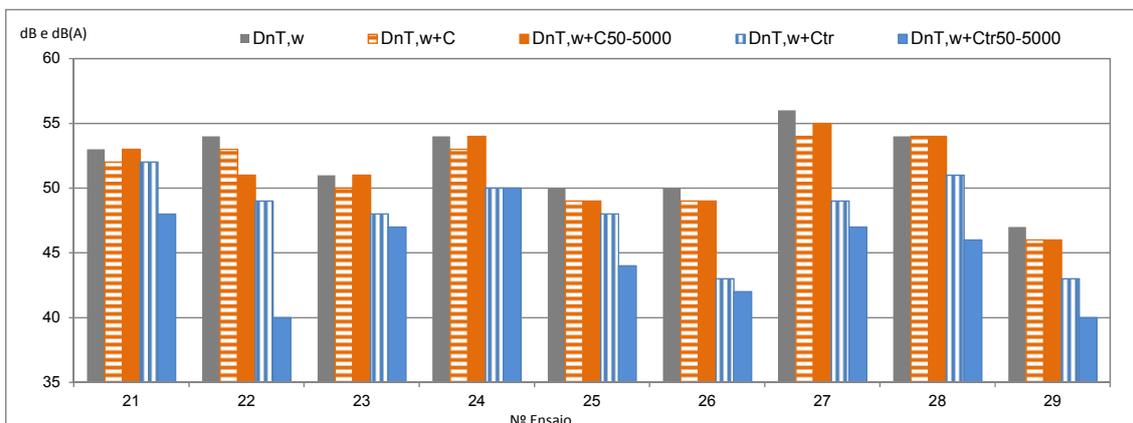


Figura 3 – Índices de isolamento a sons aéreos obtidos in situ entre compartimentos separados por paredes de alvenaria duplas correntes.

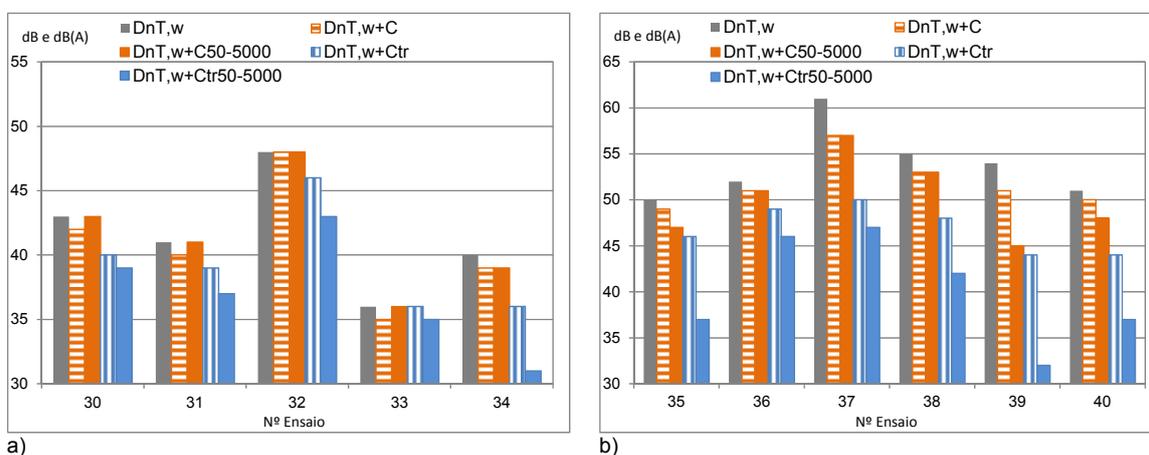


Figura 4 – Índices de isolamento a sons aéreos obtidos in situ entre compartimentos separados por: a) paredes de alvenaria simples; b) paredes aligeiradas à base de gesso cartonado.

3.2 Isolamento a Sons de Percussão

As medições utilizadas para o cálculo de resultados apresentados nesta subsecção foram efectuadas de acordo com os procedimentos da norma NP EN ISO 140-7 [10]. Para avaliar a transmissão de sons de percussão o índice regulamentar em vigor é o $L'_{nT,w}$. Para a verificação dos requisitos o factor de adaptação C_1 não é tido em consideração. Neste trabalho, para ter em conta as bandas de baixa frequência nos resultados, calculou-se o valor do factor de adaptação C_1 entre as bandas de 50 Hz e 2500 Hz ($C_{1,50-2500}$). Para poder comparar os resultados com aqueles que não incluem as baixas frequências calculou-se também o factor de adaptação C_1 entre os 100 Hz e os 2500 Hz. Deste modo, nos gráficos apresenta-se o valor regulamentar $L'_{nT,w}$, o valor regulamentar adicionado do factor de adaptação actual ($L'_{nT,w}+C_{1,100-2500}$) e o valor regulamentar adicionado do factor de adaptação para baixa frequência ($L'_{nT,w}+C_{1,50-2500}$).

Na Figura 5 apresentam-se os resultados obtidos para os exemplos do caso H que se referem a medições obtidas entre compartimentos do mesmo piso, com lajes de piso em betão armado revestidas com pavimentos flutuantes. Analisando o gráfico é possível verificar que os exemplos apresentados têm um bom desempenho na gama das baixas frequências. A mesma conclusão pode ser estabelecida para os exemplos apresentados na Figura 6, referentes ao caso I, para valores obtidos entre compartimentos do mesmo piso, com lajes de piso em betão armado com betonilha flutuante e revestimento cerâmico.

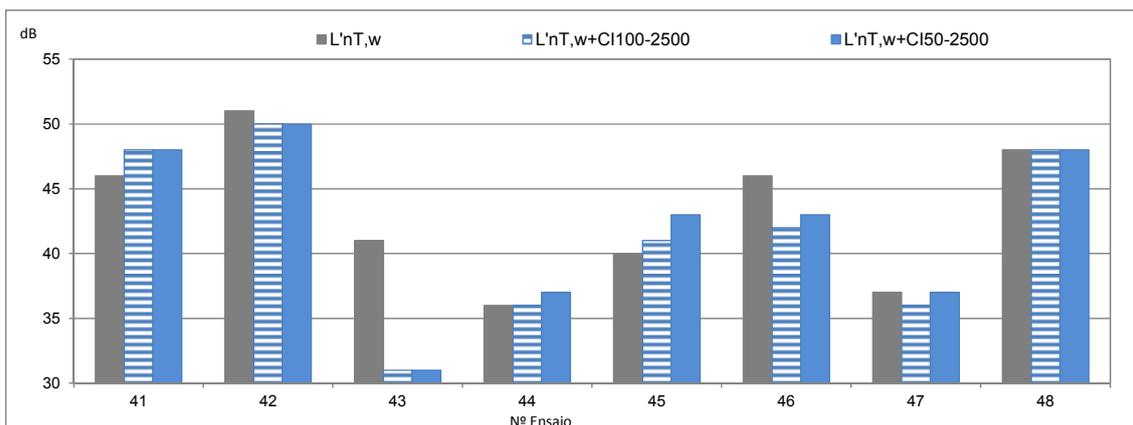


Figura 5 – Índices do nível sonoro de percussão padronizado, obtido entre compartimentos do mesmo piso, com lajes de piso em betão armado revestidas com pavimentos flutuantes.

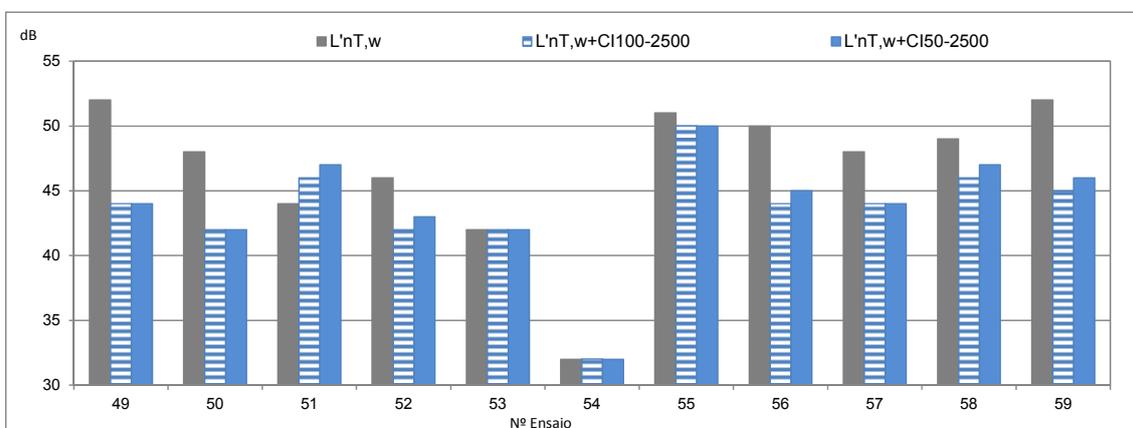


Figura 6 – Índices do nível sonoro de percussão padronizado, obtido entre compartimentos do mesmo piso, com lajes de piso em betão armado com betonilha flutuante e revestimento cerâmico.

A Figura 7 apresenta os resultados obtidos quando a laje de piso é em betão armado com revestimento cerâmico rigidamente ligado e a transmissão é lateral (Caso J - Figura 7a) e descendente (Caso L - Figura 7b)). Nestes exemplos os factores de adaptação são sempre muito negativos (entre -6 e -13 dB), contudo, com a inclusão das baixas frequências não se nota diferença alguma quando se consideram factores de adaptação, pelo que se conclui que a performance destes pisos não piora nas baixas frequências.

A Figura 8 apresenta o caso K onde se registam valores obtidos entre compartimentos adjacentes, na transmissão descendente, com lajes de piso em betão armado acrescida de pavimento flutuante em madeira ou de betonilha flutuante com revestimento cerâmico. Os valores de $L'_{nT,w} + C_{I,100-2500}$ e $L'_{nT,w} + C_{I,50-2500}$ são quase sempre próximos. Verifica-se, assim, que o comportamento destas soluções à transmissão de sons de percussão não piora nas baixas frequências (bandas de 50Hz a 2500 Hz).

Na Figura 9 apresentam-se os resultados obtidos para os casos M e N. Os exemplos do caso M referem-se a transmissão ascendente, com lajes de piso em betão armado e revestimento cerâmico rigidamente ligado (Figura 9a)). O caso N contém os exemplos relativos a transmissão ascendente, com lajes de piso em betão armado acrescida de pavimento flutuante em madeira ou de betonilha flutuante com revestimento cerâmico (Figura 9b)). Em qualquer um dos casos não se nota a influência da introdução dos resultados em baixas frequências, embora se verifique que os factores de adaptação têm mais influência no caso M do que no caso N.

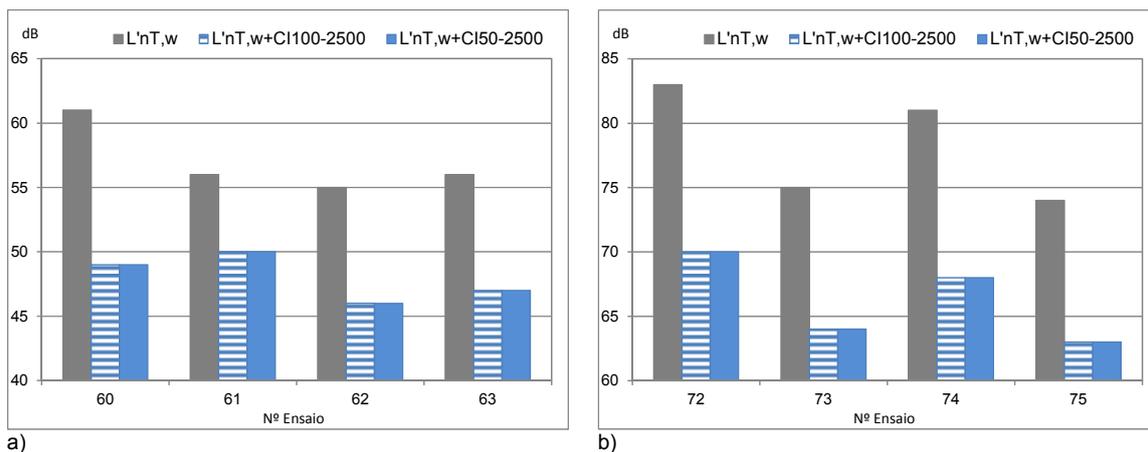


Figura 7 – Índices do nível sonoro de percussão padronizado, obtido entre compartimentos adjacentes com laje de piso em betão armado e com revestimento cerâmico rigidamente ligado: a) na transmissão lateral entre compartimentos do mesmo piso; b) na transmissão descendente.

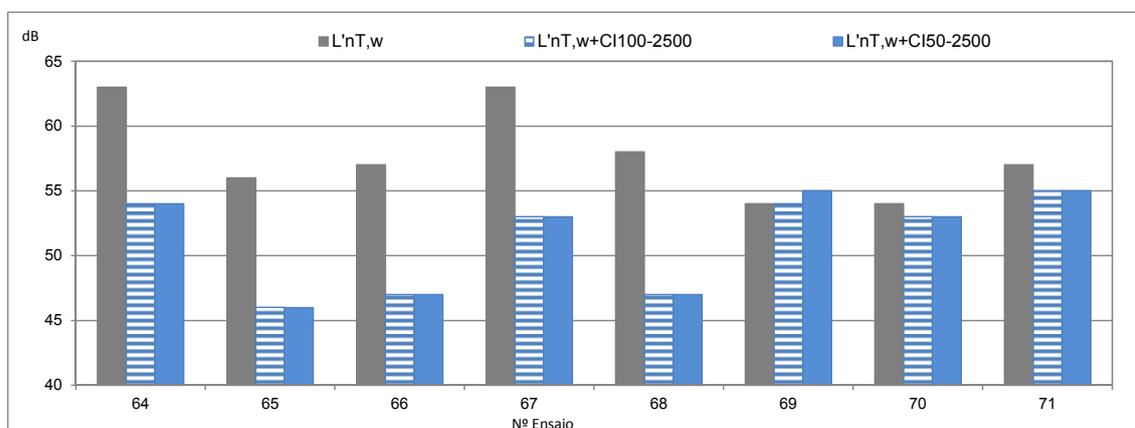


Figura 8 – Índices do nível sonoro de percussão padronizado, obtido entre compartimentos adjacentes, na transmissão descendente, com lajes de piso em betão armado acrescida de pavimento flutuante em madeira ou de betonilha flutuante com revestimento cerâmico.

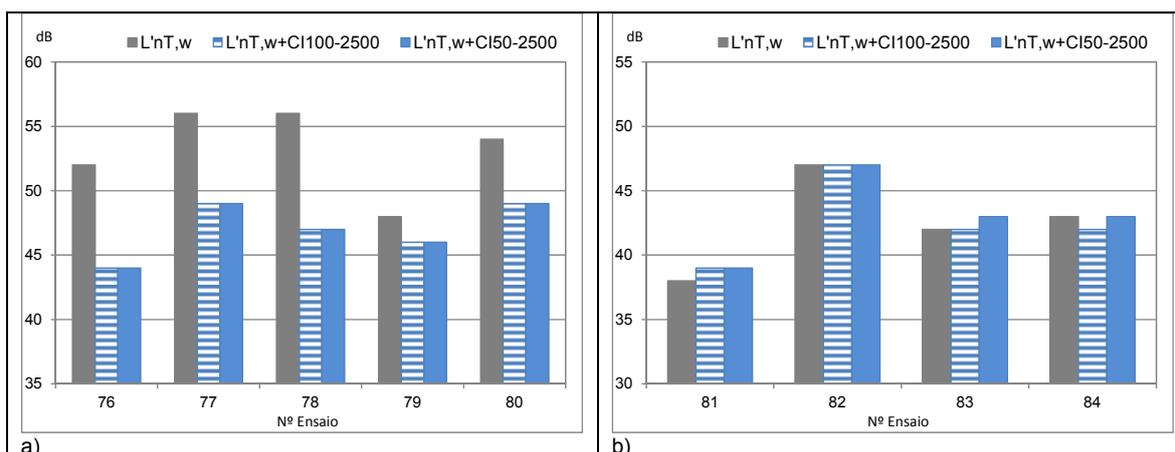


Figura 9 – Índices do nível sonoro de percussão padronizado, obtido entre compartimentos adjacentes, na transmissão ascendente: a) com lajes de piso em betão armado e revestimento cerâmico rigidamente ligado; b) com pavimento flutuante em madeira ou com betonilha flutuante e revestimento cerâmico.

4. CONCLUSÕES

Verifica-se que, na maior parte dos casos analisados, a soma de factores de adaptação aos índices de isolamento, diminui os valores destes, tanto nos sons aéreos como nos sons de

percussão. Assim, se estes factores de adaptação forem introduzidos nos regulamentos, será necessário rever os valores actualmente em vigor.

Dos vários exemplos analisados, para a transmissão de sons aéreos, conclui-se que, de uma maneira geral, as soluções avaliadas apresentam valores dos índices inferiores quando se incluem bandas de baixa frequência. Esta diminuição não é significativa no que respeita ao ruído do tipo “rosa”, mas pode atingir valores elevados quando o ruído é do tipo “tráfego”. De uma forma geral, para situações de elementos de separação pesados, o valor médio de C aproxima-se de -1 dB, passando para cerca de -2 dB, com inclusão das baixas frequências. No caso do termo C_{tr} , para elementos pesados (sem reforços leves), o valor situa-se na maioria das situações entre -3 e -5, e sofre um agravamento, em média, para as situações avaliadas, da ordem de 4 dB. Para elementos leves, para além do valor de C_{tr} ser tendencialmente ainda mais penalizante, sofre um agravamento ainda maior com a inclusão das baixas frequências. Assim, a inclusão de bandas de baixa frequência na caracterização da compartimentação analisada pode não ser muito relevante quando aplicada em edifícios de habitação onde na maioria o ruído é do tipo “rosa”. No entanto, a gama de baixa frequência pode ter uma influência significativa quando esta compartimentação for aplicada em edifícios para o isolamento de ruídos mais próximos do tipo “tráfego”.

Refira-se que, a forte penalização resultante da inclusão de frequências muito baixas (a partir do terço de oitava de 50 Hz) é muitas vezes condicionada pelos modos próprios de vibração dos compartimentos testados. Estes modos próprios são responsáveis pela obtenção de fortes divergências, entre resultados da mesma situação, quer nas medições de níveis sonoros, quer sobretudo na medição dos tempos de reverberação, conduzindo a incertezas elevadas na gama das baixas frequências.

Nos exemplos relativos aos sons de percussão, verificou-se que a introdução das medições nas baixas frequências não alterava praticamente os valores obtidos. Refira-se que as soluções analisadas dizem respeito sobretudo a pavimentos pesados. No caso de pavimentos leves, a importância das baixas frequências seria mais perceptível, o que tornaria mais relevante a sua inclusão nos cálculos de índices de isolamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] RRAE – Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios, aprovado pelo Decreto-Lei nº 129/2002 de 11/05 com a nova redacção dada pelo Decreto-Lei nº 96/2008 de 09/06.
- [2] ISO 717-1, Acoustics. Rating of sound insulation in buildings and of building elements. Part 1: Airborne sound insulation (1996 + AM1:2006).
- [3] ISO 717-2, Acoustics. Rating of sound insulation in buildings and of building elements. Part 2: Impact sound insulation (1996 + AM1:2006).
- [4] Werner Scholl, Judith Lang, Volker Wittstock, Rating of Sound Insulation at Present and in Future. The Revision of ISO 717, Acta Acustica United with Acustica Vol. 97(4) (2011) 686 – 698
- [5] W. Scholl: Revision of ISO 717: Why Not Use Impact Sound Reduction Indices Instead of Impact Sound Pressure Levels?. Acta Acustica united with Acustica, Vol 97 (2011) No. 3
- [6] Werner Scholl, Revision of ISO 717: Future single-number quantities for sound insulation in buildings, EURONOISE 2012, 10–13 June, Prague
- [7] Valtteri Hongisto, Jukka Keränen, Mikko Kylliäinen, Jeffrey Mahn, Reproducibility of the Present and the Proposed Single-Number Quantities of Airborne Sound Insulation, Acta Acustica United with Acustica Vol. 98 (2012) 811 – 819
- [8] Jeffrey Mahn and John Pearse, The Uncertainty of the Proposed Single Number Ratings for Airborne Sound Insulation, Building Acoustics, · Volume 19 · Number 3 · 2012 Pages 145–172
- [9] NP EN ISO 140-4, Acústica. Medição do isolamento sonoro de edifícios e de elementos de construção. Parte 4: Medição in situ do isolamento sonoro a sons aéreos entre compartimentos (2009+errata:2011)
- [10] NP EN ISO 140-7, 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 (2008+Errata 1: 200+Errata 2:2011)