

ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE A INFLUÊNCIA DA TRANSMISSÃO MARGINAL NO VALOR DO ÍNDICE DE ISOLAMENTO SONORO A SONS DE IMPACTO

REFERÊNCIA PACS: 43.55

Jorge Patrício
Laboratório Nacional de Engenharia Civil
Av. do Brasil,
1700 Lisboa, Portugal

ABSTRACT

This paper presents an experimental study on the influence of flanking transmission on the characterisation of acoustic performance of floors regarding impact noise introduced by the standard tapping machine. This study is made in accordance to what is established in the European Standard EN ISO 717/2. For this purpose a typical non-homogenous floor was tested in laboratory conditions and on several sites, having these sites been constructed with the same kind of structural and partition elements. Some conclusions are presented as well as guidelines for further investigation on the subject.

1 – INTRODUÇÃO

O aligeiramento dos elementos de compartimentação horizontal dos edifícios devido, em alguns casos, à redução das cargas actuates e, noutros, à utilização de novas tecnologias na construção dos edifícios, tem criado vários problemas, no que respeita a sons de impacto, relativamente ao cumprimento das disposições regulamentares em vigor em Portugal.

O comportamento acústico de pavimentos de edifícios, a sons de percussão, é traduzido pelo valor do seu índice de isolamento sonoro, o qual é calculado em conformidade com o disposto na norma EN ISO 717/2, fazendo deslocar uma determinada curva de referência sobre o espectro dos níveis de pressão sonora, estabelecidos no compartimento receptor, por acção de uma excitação de impacto normalizada, tanto para medições realizadas em laboratório (EN ISO 140/6) como *in situ* (EN ISO 140/7).

Dado o facto de em laboratório os ensaios serem realizados em condições padronizadas, não se colocam grandes dúvidas associadas a possíveis diferenças comportamentais entre valores obtidos em laboratórios distintos. Pelo contrário, quando os pavimentos se encontram colocados *in situ*, podem obter-se diferenças de comportamento, no domínio da frequência, entre soluções idênticas. No entanto, coloca-se objectivamente a questão. Será que estas diferenças poderão originar valores de índices algo diferentes e, logo existência de inconformidade regulamentar ou mesmo programática, devido à ocorrência de transmissão por vias não desejáveis, ou seja por transmissão marginal?

Este trabalho pretende, pois, e de uma forma relativamente embrionária, contribuir para alguns esclarecimentos, ou levantamento de questões pertinentes, sobre o assunto.

Independentemente de se poder padronizar os comportamentos acústicos de soluções construtivas para compartimentação de edifícios, com ensaios realizados em laboratório, o que efectivamente interessa para os utentes das habitações, para os respectivos promotores, ou entidades fiscalizadoras, é que os valores indicados em folhetos comerciais dos produtos utilizados, ou que as soluções que se preconizam em fase de projecto para determinada unidade a edificar, permitam assegurar um isolamento sonoro consentâneo com as exigências regulamentares e/ou programáticas relacionadas com o necessário conforto acústico.

2 - ENSAIOS REALIZADOS

A fim de caracterizar as possíveis diferenças de comportamento acústico para uma mesma solução construtiva ensaiada em laboratório, e aplicada em vários locais relativamente idênticos (Edifícios 1, 2 e 3), tanto de um ponto de vista de características dimensionais (que essas soluções definem) como constitutivas dos elementos marginais envolventes (paredes), foram realizados vários ensaios em elementos de compartimentação horizontal, entendidos no presente contexto como praticamente iguais, em conformidade com o disposto nas Normas CEN em vigor.

Na Fig 1 apresenta-se um corte esquemático do tipo de pavimento utilizado e no Quadro 1 os valores dos índices de isolamento sonoro obtidos com os ensaios realizados. Estes valores encontram-se normalizados para uma área de absorção sonora equivalente de 10 m².

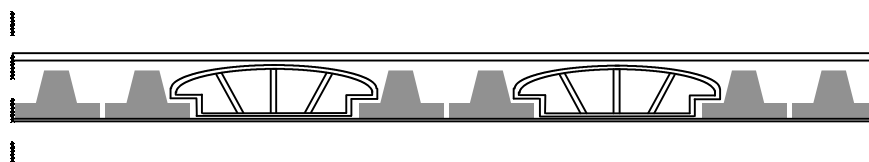


Figura 1 – Corte esquemático do pavimento não-homogéneo

Quadro 1 – Índices de isolamento sonoro obtidos

Local de Ensaio	Índice de isolamento sonoro "Norma Portuguesa 2073/1983" (dB/oit.)		EN ISO 717-2 (1996)
Laboratório (LNEC)	95		85 (+5)
Edifício 1 (Aveiro)	Sala 1	96	86 (+5)
	Sala 2	94	85 (+5)
Edifício 2 (Ílhavo)	Sala 1	93	85 (+5)
	Sala 2	93	85 (+5)
Edifício 3 (Praia da Barra)	Sala 1	95	90 (+5)
	Sala 2	94	87 (+5)
	Sala 3	94	86 (+5)

Pode constatar-se, pelos valores apresentados no Quadro 1, que existem algumas diferenças, todavia, sem significado relevante, entre os índices obtidos. Estas diferenças devem-se naturalmente à influência da transmissão marginal que ocorre pelos elementos de compartimentação adjacentes ao pavimento em ensaio. O valor (+5) indicado neste quadro corresponde à necessidade de aplicar, aos valores calculados, uma correção de 5 dB, por forma a poderem ser comparados com o disposto na legislação portuguesa em vigor, na qual o índice de isolamento sonoro a sons de percussão em causara é expresso em dB/oit. Como é do conhecimento geral e de acordo com a norma EN ISO717/2 este índice é calculado a partir de espectros de largura de banda de terços de oitava, logo devendo ser expresso em dB/(oit./3)).

3 - QUANTIFICAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA TRANSMISSÃO MARGINAL

Dado que não houve quaisquer possibilidades de efectuar o acompanhamento das várias fases construtivas dos Edifícios em análise (o que proporcionaria um controle das características dos elementos de construção mais eficaz), não foi aí possível realizar medições de transmissão marginal. No entanto, a fim de efectuar uma quantificação sumária deste efeito, e num sentido relativamente indicativo, utilizaram-se dois elementos construtivos existentes nas instalações do LNEC, semelhantes, do ponto de vista mássico, aos pavimentos e paredes definidoras da compartimentação associada aos ensaios dos Edifícios 1, 2 e 3 (Aveiro, Ílhavo e Praia da Barra).

A quantificação da transmissão marginal foi feita a partir da medição dos níveis de vibração estabelecidos num painel de laje e numa parede de alvenaria adjacente, com dois acelerómetros colocados, um no painel de laje propriamente dito e outro nessa parede. Este conjunto de elementos de construção permitiram definir uma junção estrutural tipo **T** com o painel referido. A excitação introduzida corresponde à da máquina de percussão normalizada.

A laje em questão é homogénea (construída com betão C20/25), possuindo a espessura de 0,10 m e uma massa superficial média de 250 kg m⁻². Quanto à parede de alvenaria esta é constituída por tijolo com dimensões nominais de 30×20×11, rebocado em ambas as faces, apresentando uma massa por unidade de área de 140 kg m⁻².

A descrição média dos níveis de vibração obtidos, no domínio da frequência, nos dois elementos de compartimentação mencionados apresenta-se na Fig. 2. Foram utilizados três pontos de medição e 3 pontos de aplicação da excitação.

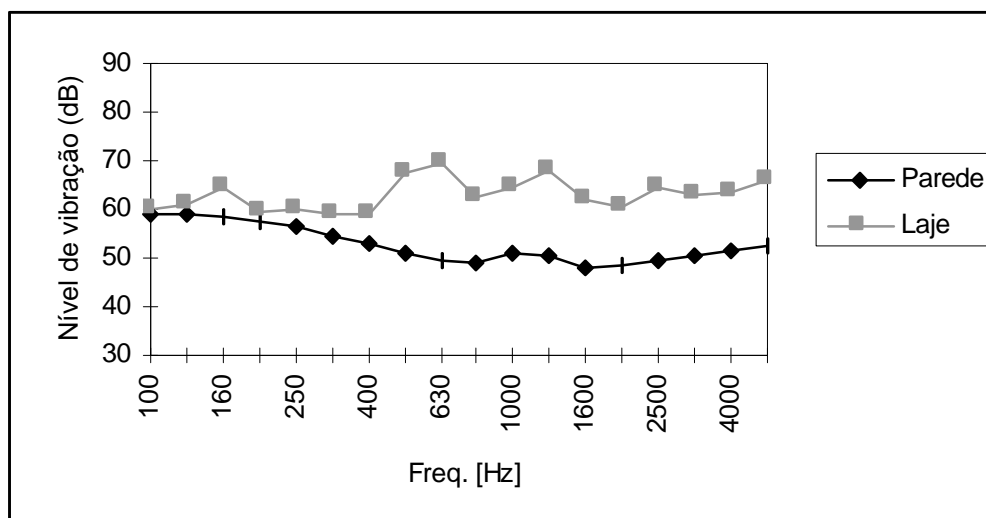


Fig. 2 - Níveis de vibração médios medidos numa laje e numa parede adjacente, excitadas com a máquina de percussão normalizada

Por observação desta descrição, constata-se que os níveis de vibração em ambos os elementos se encontram muito próximos entre si nas bandas das frequências baixas, começando a divergir significativamente a partir da banda dos 400 Hz, já com valores superiores a 10 dB. Também se denota nesta figura qual a banda de frequências onde se situa a frequência crítica do pavimento (banda de frequências centrada em 160 Hz).

Assumindo-se que o comportamento da parede referida é “*grosso modo*” típico do comportamento das restantes 3 paredes que definem a compartimentação dos edifícios analisados – obviamente que esta consideração constitui uma aproximação, no entanto, com alguma realidade -, a diferença de níveis de vibração encontrada, tendo em atenção que a energia sonora radiada (e, conseqüentemente, o nível sonoro estabelecido no compartimento de recepção) é proporcional ao quadrado do valor eficaz da velocidade de vibração, corresponde, no caso presente, à contribuição de um valor de transmissão marginal no domínio da frequência, conforme se apresenta na Fig. 3.

Obviamente que se admite que a área dos elementos é da mesma ordem de grandeza, o que não é desprovido de significado real no caso dos compartimentos habitacionais correntes (área de 10 a 12 m² e dimensões das paredes de compartimentação com ordem de grandeza do tipo: 2,7m x (4 a 5) m).

Assim, para este tipo de sons, pode evidenciar-se que a transmissão marginal é mais importante nas bandas das frequências baixas do que nas restantes bandas do espectro de interesse. Todavia, esta importância tem obviamente um efeito mais reduzido do que aquele que em princípio poderia transparecer, na medida em que o índice de isolamento sonoro a sons de percussão dos pavimentos, quando não se encontram revestidos, se calcula com base nos desvios desfavoráveis relativamente à curva de referência normalizada, os quais se encontram, por norma, nas bandas de frequências superiores à banda de frequências centrada nos 1600 Hz (ou de acordo com [8] acima da banda de frequências centrada em 1250 Hz).

No caso em apreciação os desvios em causa apenas seriam incrementados de cerca de 1 dB, donde o correspondente índice seria alterado sensivelmente na mesma proporção.

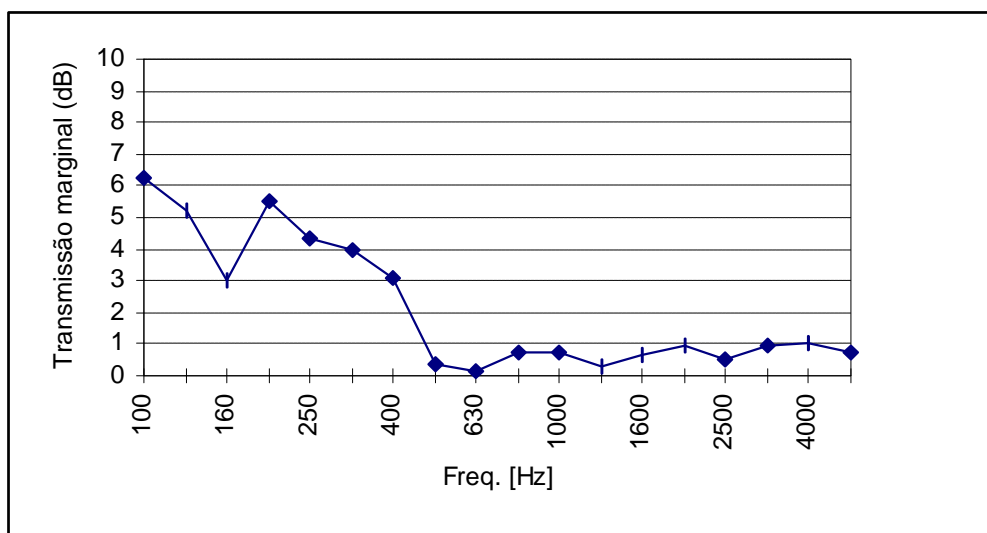


Fig. 3 - Transmissão marginal global ocorrida através de quatro paredes idênticas à parede referida na Fig 2

Esta constatação encontra-se em conformidade com a correção **K** (proposta para a futura Norma EN ISO 12354-2:1998 - " Building Acoustics: Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements. Part 2: Impact sound insulation between rooms" -, a qual se encontra já em fase de inquérito) ao índice em questão, calculada com base nos valores descritos no Quadro 2.

Quadro 2 - Correção K para o valor do índice de isolamento sonoro a sons de percussão, devido à transmissão marginal, em dB, conforme a tabela 1 do documento de proposta da Norma EN ISO 12354-2:1998

Massa superficial do pavimento (kg m ⁻²)	Massa superficial média dos elementos marginais (paredes), homogéneos e não revestidos (kg m ⁻²)								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
100	1	0	0	0	0	0	0	0	0
150	1	1	0	0	0	0	0	0	0
200	2	1	1	0	0	0	0	0	0
250	2	1	1	1	0	0	0	0	0
300	3	2	1	1	1	0	0	0	0
350	3	2	1	1	1	1	0	0	0
400	4	2	2	1	1	1	1	0	0
450	4	3	2	2	1	1	1	1	1
500	4	3	2	2	1	1	1	1	1
600	5	4	3	2	2	1	1	1	1
700	5	4	3	3	2	2	1	1	1
800	6	4	4	3	2	2	2	1	1
900	6	5	4	3	3	2	2	2	2

Pode facilmente notar-se que o valor encontrado para as possíveis diferenças no valor do índice de isolamento sonoro nos vários ensaios realizados nos edifícios mencionados (1 dB) é confirmada com o que se apresenta no Quadro 2, partindo dos respectivos valores de massa superficial, tanto para os pavimentos como para as paredes. Neste Quadro, indica-se a “bold” a zona que se pode admitir como comum, relativa à influência das alterações entre os valores obtidos em laboratório e os valores a obter considerando a transmissão marginal.

No entanto, quando se trata de caracterização da atenuação sonora de revestimentos de piso, a influência da distribuição das diferenças apresentadas não é tão linear [8]. Isto, porque os desvios negativos ou desfavoráveis não ocorrem apenas nas bandas de frequências situadas acima da banda de 1600 Hz (ou 1250 Hz, quando se utiliza a Norma EN ISO 717/2), mas também nas bandas de frequências médias (em casos muito excepcionais estes desvios também podem ocorrer em algumas bandas de frequências baixas), como se pode verificar nos resultados que se apresentam no Quadro 3, relativos a um conjunto de medições de eficácia acústica de vários revestimentos de piso comercializados em Portugal, realizadas em laboratório e utilizando o pavimento indicado na Fig. 1.

Quadro 3 – Desvios entre a curva de referência e os espectros do nível de pressão sonora, em condições laboratoriais, para a laje nua e revestida (os desvios desfavoráveis são indicados a “bold”)

Banda de Freq.	Laje nua	Revestimentos, Ri							
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8
100	30,4	15,1	5,1	16,6	8,2	7,4	7,6	8,3	8,2
125	30,9	18,6	9,8	22,7	13,3	10,6	12,1	13,0	12,8
160	31,7	13,5	3,4	15,7	7,3	4,9	6,3	7,0	6,3
200	29,8	12,6	1,8	15,4	5,3	3,3	4,7	5,6	4,7
250	28,7	13,6	3,5	15,2	7,3	4,8	6,2	6,9	6,3
315	23,3	10,3	-0,4	12,3	3,1	1,6	2,8	3,8	2,3
400	21,9	9,7	0,4	10,7	3,4	3,0	3,7	4,8	2,8
500	20,3	7,4	-0,9	9,4	2,0	0,9	1,2	2,7	1,1
630	13,6	0,6	-7,2	2,1	-4,8	-5,2	-5,4	-3,4	-5,4
800	11,6	-1,2	-8,7	0,5	-6,5	-6,0	-6,6	-5,6	-7,7
1000	11,7	0,6	-4,5	2,2	-4,1	-2,7	-3,0	-2,2	-4,8
1250	7,9	-2,7	-2,8	-1,2	-3,3	-4,3	-5,5	-2,6	-4,3
1600	4,5	-4,9	-1,6	-1,6	-1,5	-3,4	-4,7	-2,3	-1,8
2000	-0,8	-7,3	-4,2	-3,9	-0,9	-2,2	-2,0	-2,7	-2,4
2500	-8,1	-9,1	-4,9	-8,1	-8,2	-5,4	-6,5	-6,5	-7,8
3150	-8,4	-4,3	0,7	-6,7	-2,3	-3,2	-2,2	-3,7	-1,6
4000	-9,1	-3,0	2,0	-7,0	-2,9	-1,2	1,3	-5,0	-0,7
5000	-9,2	-2,8	3,6	-7,2	-0,8	-2,1	2,2	-1,9	3,7

4 - CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, constata-se que a influência da transmissão marginal na determinação dos índices de isolamento sonoro a sons de percussão para pavimentos não revestidos pode ser irrelevante, não sendo, à partida, condicionante para avaliar a ocorrência de alterações significativas de verificação de conformidade regulamentar. Todavia, e já no que respeita a pavimentos revestidos, a irrelevância referida não pode ser tão facilmente assumida.

Este problema, associado à objectividade na caracterização de pavimentos não revestidos e revestidos, pode originar situações relativamente paradoxais quando da transposição de soluções que, em projecto, previam conformidade regulamentar - baseada em informação, muitas das vezes constante em folhetos promocionais -, para aplicações *in situ*, onde a respectiva verificação, apoiada em ensaios experimentais, pode provar a não observância preconizada no respectivo projecto.

Obviamente que quando se consideram apenas as condições de laboratório este problema já não surge de forma tão evidente. No entanto, o que os utentes das habitações pretendem é que o cumprimento das disposições regulamentares vigentes se verifiquem nas suas próprias unidades habitacionais e não em condições puramente padronizadas.

Em face do exposto, parece plausível propor-se a realização de investigação adequada que permita encontrar uma metodologia de determinação de um valor, ou parâmetro, único que possibilite traduzir mais eficientemente o comportamento de elementos de compartimentação de edifícios nas suas múltiplas e variadas aplicações.

REFERÊNCIAS

1. EN ISO 140-6: 1998 – Acoustics. Measurement of sound insulation in building elements. Part 6: Laboratory measurements of impact sound insulation of floors.
2. EN ISO 140-7: 1998 – Acoustics. Measurement of sound insulation in building elements. Part 7: Field measurements of impact sound insulation of floors.
3. EN ISO 717-2: 1996 – Acoustics. Rating of sound insulation in buildings and of building elements. Part 2: Impact sound insulation.
4. FORD, R.; HORTHERSALL, D. C. and WARNOCK, A. C. C. – The impact insulation assessment of covered concrete floors. *Journal of Sound and Vibration*, 33(1), 1974, p 103-115.
5. JOSSE, R. – *Notions d'Acoustique: À l'usage des Architectes, Ingénieurs et Urbanistes*. Paris, Ed. Eyrolles, 1978.
6. JACINTO, M. – Caracterização experimental do desempenho acústico de revestimentos de piso (Experimental characterisation of acoustic performance of floor coverings “Master Thesis”). Instituto Superior Técnico, Lisbon, 1997.
7. PATRÍCIO, J. V. – Comportamento acústico de pavimentos não-homogéneos de edifícios a sons de impacto: modelo de simulação (Acoustic performance of non-homogeneous floors regarding structure-borne sound in buildings: simulation model “Ph. D. Thesis”). Instituto Superior Técnico, Lisbon, 1998.
8. PATRÍCIO, J. V. - Algumas incongruências na verificação da eficácia acústica de revestimentos de piso quando aplicados “in situ”. Em *Acústica 98 – Congresso Ibérico de Acústica, XXXIX Jornadas TecniAcústica, I Simpósio Iberoamericano de Acústica, Comunicações*. Portugal, Lisboa, 14-16 de Setembro de 1998, pp. 201-204.
9. PORTUGAL. Direcção Geral da Qualidade - *Acústica: critério de quantificação do isolamento sonoro em edifícios*. Norma Portuguesa NP 2073 (1983), Lisboa, DGQ, 1983.