

SOLUÇÃO COMBINADA DE SUBCAMADAS DE AGLOMERADOS DE CORTIÇA PARA SISTEMAS DUPLOS DE LAJE E PAVIMENTO FLUTUANTES

PACS: 43.40.Kd

António P. O. Carvalho¹; Carolina R. G. Mateus¹; Marina I. N. Rodrigues²

¹ Laboratório de Acústica, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto

Rua Roberto Frias, 4200-465 Porto, Portugal

Tel.: (351) 22.508.1931

Fax: (351) 22.508.1940

² Amorim Cork Composites, 4535-186 Mozelos, Portugal

carvalho@fe.up.pt; carolina_rui@hotmail.com; mrodrigues.ACC@amorim.com

ABSTRACT

Floating floor, floating slab and double-floating systems, with different floorings, were tested using sublayers (and underlayers) of cork and rubber composites, combined or not, to develop a solution with optimized efficacy in reducing impact transmission noise. It was found that, regardless of the final covering, for floating floor and flooring slab, there is a specifically better sublayer, and that the most effective for sublayer floating slab is also the one that incorporates the most effective double-floating system. In addition, the double-floating system was revealed to be more effective than floating floor, but this was not always the case when compared to floating concrete floors.

RESUMO

Com o objectivo de desenvolver uma solução de desempenho otimizado a ruídos de percussão para diversos revestimentos finais, ensaiaram-se pavimentos, lajes flutuantes e sistemas duplo-flutuantes utilizando subcamadas de aglomerados compostos de cortiça e borracha reciclada, combinados ou não. Revelou-se que para qualquer revestimento final há, tanto para pavimento como laje flutuante, uma subcamada com destacada eficácia e aquela com maior eficácia em laje flutuante é igualmente a mais eficaz em sistema duplo-flutuante. Além disso, o sistema duplo-flutuante revelou ser mais eficaz que o pavimento flutuante, mas nem sempre isso acontece relativamente ao sistema de laje flutuante.

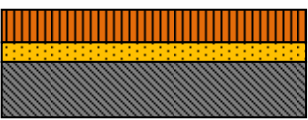


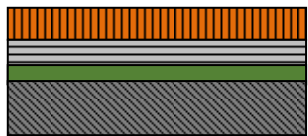



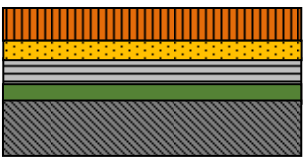
1. Introdução

Sendo o ruído de percussão um dos maiores factores de incomodidade em edifícios, uma vez que tem a capacidade de se propagar por todo o edifício utilizando os elementos de construção como transmissores da energia sonora, uma das mais eficazes soluções para diminuir este ruído é desacoplando os elementos constituintes do pavimento através da incorporação de subcamadas resilientes. Dependendo da posição da subcamada, essa irá aqui denominar-se como *underlay* (se sob o revestimento final em "pavimento flutuante", P) ou *underscreed* (se sob a lajeta ou betonilha em "laje flutuante", L) (quadro 1). Além destes sistemas flutuantes, é ainda aplicado num outro incorporando ambas as subcamadas (*underlay* e *underscreed*) no

mesmo pavimento (sistema duplo-flutuante, D) e acredita-se que o seu desempenho é melhor do que o obtido quando aplicada somente uma das subcamadas no pavimento, ou seja, que tem maior eficácia do que o sistema de pavimento ou laje, flutuantes isolados [1].

De forma a dar resposta a questões, tais como: O sistema duplo-flutuante é mais eficaz que os restantes?, Quanto mais eficaz?, Quais as subcamadas que maximizam a eficácia desse sistema?, desenvolveu-se este estudo.

Quadro 1 – Quadro resumo dos tipos de sistemas flutuante e sua constituição.

Denominação	Esquema representativo do tipo de pavimento	Material resiliente (subcamada)	Legenda
Pavimento Flutuante (P)		<i>Underlay</i>	Revestimento final de piso  <i>Underlay</i> 
Laje Flutuante (L)		<i>Underscreed</i>	<i>Underscreed</i>  Betonilha  Laje estrutural 
Sistema Duplo Flutuante (D)		<i>Underlay</i> e <i>Underscreed</i>	

2. Amostras

Os revestimentos finais de piso usados neste estudo foram: Madeira de Encaixe (ME); Madeira (M), Cerâmico (C) e Vinil (V); e as subcamadas resilientes foram: aglomerado composto de cortiça (U₃₂), aglomerado composto de cortiça combinada com poliuretano (U₈₅), aglomerado composto de cortiça combinada com borracha reciclada (U₆₆) e aglomerado composto de borracha reciclada (U₂₂) (fig. 1). Todas as subcamadas usadas no estudo, à exceção do aglomerado composto de cortiça combinada com borracha reciclada (U₆₆), são comercializadas (pela ACC) e aplicadas tanto como *underlay* como *underscreed*, isto é, como subcamada em sistema de pavimento (P) ou laje flutuante (L) (quadro 2).

Quadro 2 – Nomenclatura adoptada dos materiais envolvidos neste estudo (produzidos pela ACC – Amorim Cork Composites).

Aglomerado composto	<i>Underlay</i> (U _L)	<i>Underscreed</i> (U _S)
de cortiça	U _L 61	U _S 61
de cortiça combinado com poliuretano (PU)	U _L 85	U _S 85
de cortiça combinado com borracha reciclada	U _L 66	-
de borracha reciclada	U _L 22	U _S 22

Além da variabilidade das subcamadas já apresentadas, a ACC, possui ainda, dependendo do material, da função (*underlay* ou *underscreed*) e do revestimento final, diferentes espessuras disponíveis para cada subcamada. Com tanta variabilidade de subcamadas (*underlay* e *underscreed*) o número e a variabilidade de combinações de sistemas duplo-flutuantes é forçosamente grande.

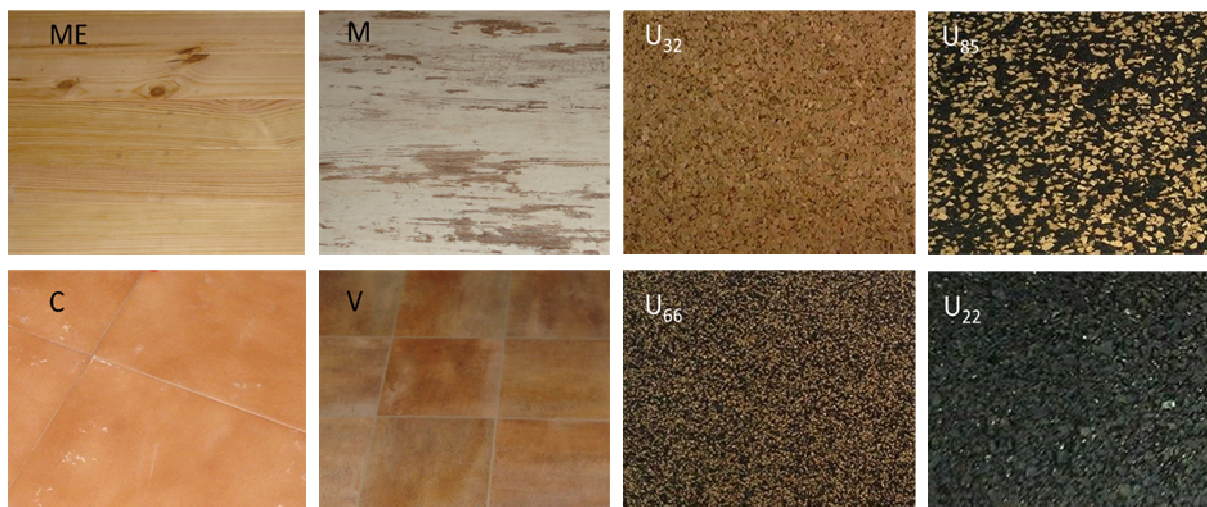


Fig. 1 – Revestimentos finais: Madeira de Encaixe (ME); Madeira (M); Cerâmico (C); Vinil (V) e subcamadas de aglomerado composto: de cortiça (U₃₂); de cortiça combinada com poliuretano (U₈₅); de cortiça combinada com borracha reciclada (U₆₆); de borracha reciclada (U₂₂) utilizados.

Quadro 3 – Soluções de sistema duplo flutuantes (D) avaliadas, em que: * valores de catálogo; ^{*1} Subcamada resiliente com 3 mm de espessura e perfurada (neste caso, com aberturas retangulares, de forma padronizada, ao longo de toda a subcamada); ^{*2} Subcamada resiliente perfilada com espessura x/y com ondulações em que a maior espessura é x e a menor y mm (fig. 2); P – pavimento flutuante; L – laje flutuante; D – Sistema duplo flutuante.

Revestimento	U _L	Espessura (mm)	$\Delta L_{w,P}^*$ (dB)	U _s	Espessura (mm) ^{*2}	$\Delta L_{w,L}^*$ (dB)	Obs.
Madeira de encaixe (ME)	U _L 61	2	20	U _s 61	6/3	20	#
	U _L 61	2	20	U _s 61	10/5	22	#
	U _L 85	2	19	U _s 85	6/3	22	□
	U _L 66	2	17	U _s 22	8/4	23	o
	U _L 85	2	19	U _s 22	6/3	23	△
	U _L 61	2	20	U _s 22	4/2	22	△
Madeira (M)	U _L 61	3	26	U _s 61	8/4	21	#
	U _L 61	3perf ^{*1}	18	U _s 61	10/5	22	#
	U _L 22	3	20	U _s 22	6/3	23	△
	U _L 66	2	18	U _s 22	6/3	23	o
	U _L 61	3	26	U _s 85	6/3	22	△
	U _L 22	3	20	U _s 85	6/3	22	△
	U _L 61	3perf ^{*1}	18	U _s 85	6/3	22	△
	U _L 61	3perf ^{*1}	18	U _s 22	6/3	23	△
Cerâmico (C)	U _L 61	5	16	U _s 61	6/3	20	#
	U _L 61	5	16	U _s 61	10/5	22	#
	U _L 66	2	18	U _s 85	6/3	22	△
	U _L 66	2	18	U _s 22	6/3	23	o
Vinil (V)	U _L 66	2	19	U _s 22	4/2	22	o
	U _L 85	1,6	17	U _s 85	4/2	20	□
	U _L 85	1,6	17	U _s 22	4/2	22	△

Underlay e underscreed constituídos por: △ – Borracha reciclada; o - Cortiça e borracha reciclada; □ - Cortiça e poliuretano; # - Cortiça; △ - Materiais distintos

As combinações ensaiadas neste estudo são apresentadas no quadro 3 (21 sistemas duplo-flutuantes (D)). Para além destes 21 sistemas foram também testados os pavimentos e lajes flutuantes correspondentes isoladamente, o que perfaz um total de 47 ensaios.

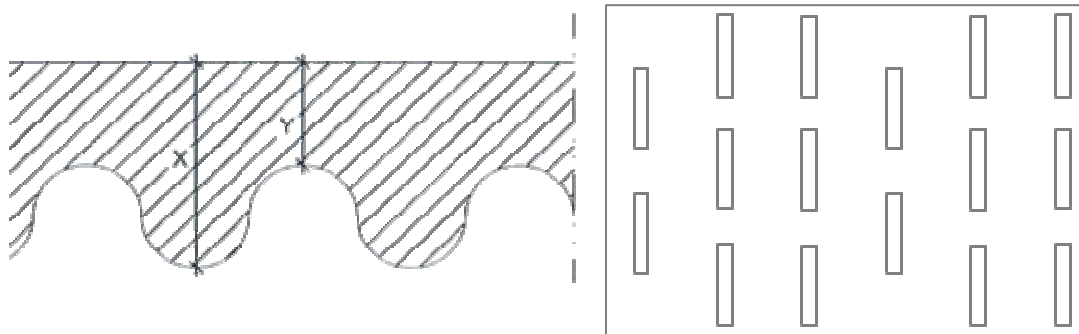


Fig. 2 – Esquemas do corte de uma subcamada resiliente perfilada (*dimpler*), em que: a maior espessura é de x e a menor de y mm (a relação entre elas é de 2) (esquerda) e de uma subcamada resiliente com 3 mm de espessura e perfurada (neste caso, com aberturas rectangulares de forma padronizada, ao longo de toda a subcamada (direita).

3. Metodologia de Ensaio

Sendo o principal objectivo deste estudo encontrar a solução otimizada de um sistema duplo-flutuante (D) de forma a diminuir o ruído de percussão, tal é conseguido, principalmente, através da análise de dois parâmetros: o índice de isolamento sonoro normalizado de cada solução ensaiada (L_w) e a respectiva *Eficácia* (ΔL_w). O cálculo desses parâmetros foi feito segundo as normas NP EN ISO 140-8 e 717-2 [2, 3] sendo analisadas 16 bandas de frequência (100 a 3150 Hz).

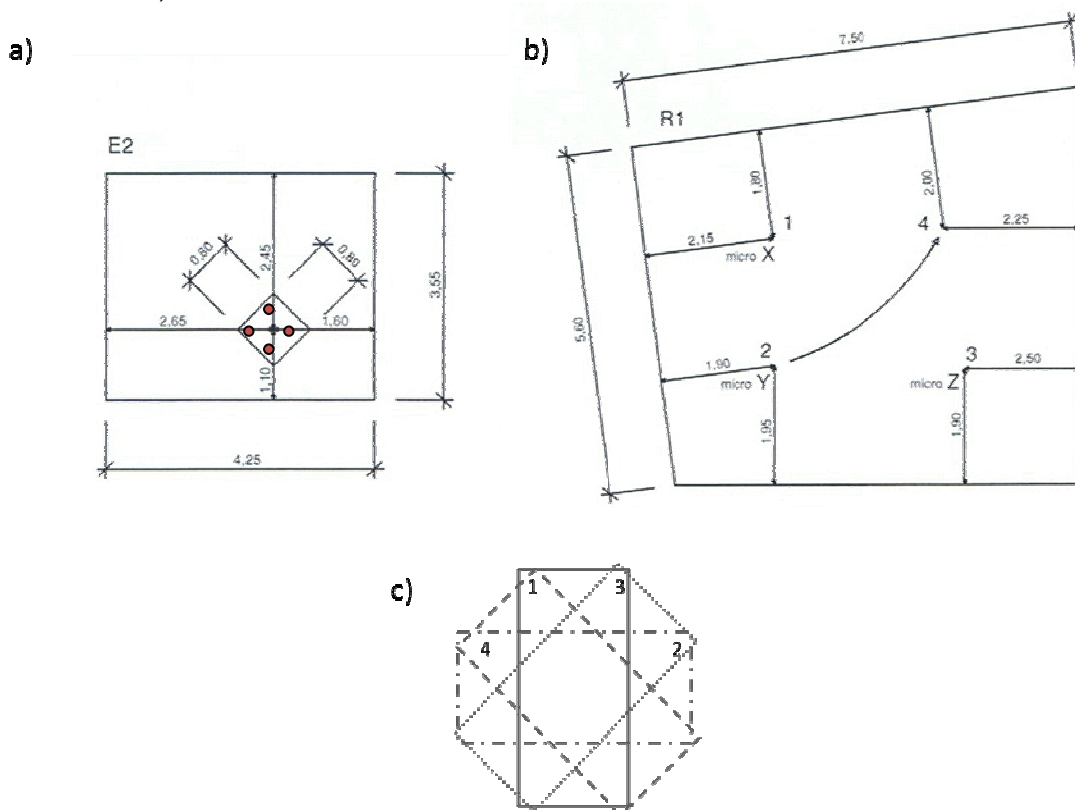


Fig. 3 – Esquemas da posição, na câmara emissora de ensaio, de todas as amostras (a), da posição dos microfones, na câmara receptora nas medições do ruído de percussão provocado na câmara emissora (b) e das posições da máquina de impactos normalizada adoptadas em casa ensaio (c).

Os ensaios foram realizados nas câmaras reverberantes do Laboratório de Acústica da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e conforme as supracitadas normas com as seguintes directrizes:

- colocação de 4 blocos de betão (7,5 kg cada) sobre a amostra a ensaiar (pontos encarnados na fig. 3a): procura simular o mobiliário normal existente numa situação real;
- quatro posições da máquina de impactos normalizada (fig. 3c));
- por cada posição da máquina de impactos: quatro medições (fig. 3b).

De forma a não haver variabilidade de ensaio para ensaio, procedeu-se à marcação com fita adesiva, tanto no pavimento da câmara emissora o local onde as amostras deveriam ser ensaiadas (figura 3a)), como na câmara receptora as posições dos microfones.

Quadro 4 – Valores normativos e não-normativos (NN) da *Eficácia* a ruídos de percussão para cada sistema flutuante ensaiado (pavimento - $\Delta L_{w,P}$ e $\Delta L_{w,P,NN}$; laje - $\Delta L_{w,L}$ e $\Delta L_{w,L,NN}$; duplo - $L_{w,D}$ e $\Delta L_{w,D,NN}$) e a diferença de *Eficácias* não-normativas entre o sistema duplo flutuante e a melhor solução individualizada correspondente ($\Delta\Delta L_{w,NN} = \Delta L_{w,D,NN} - \max. \{\Delta L_{w,L,NN}; \Delta L_{w,L,NN}\}$, em que: ¹ - Subcamada resiliente perfilada com espessura x/y – subcamada resiliente com ondulações em que a maior espessura é x e a menor y mm (fig. 2 esq.); ² Subcamada resiliente com 3 mm de espessura e perfurada (com aberturas rectangulares) (fig. 2 dir.).

Rev. final	U _L	Esp. (mm)	$\Delta L_{w,P,NN}$ (dB)	$\Delta L_{w,P}$ (dB)	U _s	Esp. (mm)	$\Delta L_{w,L,NN}$ (dB)	$\Delta L_{w,L}$ (dB)	$\Delta L_{w,D,NN}$ (dB)	$\Delta L_{w,D}$ (dB)	$\Delta\Delta L_{w,NN}$ (dB)
ME ₁	U _{L61}	2	15,3	15	U _{s61}	6/3	17,1	17	17,5	17	0,4
ME ₂	U _{L61}	2	15,3	15	U _{s61}	10/5	17,1	17	19,1	19	2,0
ME ₃	U _{L85}	2	15,8	15	U _{s85}	6/3	18,2	18	19,3	19	1,1
ME ₄	U _{L66}	2	16,3	16	U _{s22}	8/4	18,4	18	21,6	21	3,2
ME ₅	U _{L85}	2	15,8	15	U _{s22}	6/3	19,1	19	20,7	20	1,6
ME ₆	U _{L61}	2	15,3	15	U _{s22}	4/2	17,7	17	20,8	20	3,1
M ₁	U _{L61}	3	15,3	15	U _{s61}	8/4	22,0	21	21,4	21	-0,6
M ₂	U _{L61}	3 perf ¹	15,2	15	U _{s61}	10/5	21,7	21	21,6	21	-0,1
M ₃	U _{L22}	3	15,7	15	U _{s22}	6/3	22,1	22	23,8	23	1,7
M ₄	U _{L66}	2	15,8	15	U _{s22}	6/3	22,1	22	23,6	23	1,5
M ₅	U _{L61}	3	15,3	15	U _{s85}	6/3	23,1	23	21,2	21	-1,9
M ₆	U _{L22}	3	15,7	15	U _{s85}	6/3	23,1	23	21,4	21	-1,7
M ₇	U _{L61}	3 perf ¹	15,2	15	U _{s85}	6/3	23,1	23	22,2	22	-0,9
M ₈	U _{L61}	3 perf ¹	15,2	15	U _{s22}	6/3	22,1	22	23,1	23	1,0
C ₁	U _{L61}	5	14,3	14	U _{s61}	6/3	18,4	18	18,7	18	0,3
C ₂	U _{L61}	5	14,3	14	U _{s61}	10/5	18,9	18	19,3	19	0,4
C ₃	U _{L66}	2	14,6	14	U _{s85}	6/3	19,8	19	20,8	20	1,0
C ₄	U _{L66}	2	14,6	14	U _{s22}	6/3	20,4	20	22,4	22	2,0
V ₁	U _{L66}	2,0	18,8	18	U _{s22}	4/2	32,0	32	31,7	31	-0,3
V ₂	U _{L85}	1,6	19,5	19	U _{s85}	4/2	29,1	29	28,3	28	-0,8
V ₃	U _{L85}	1,6	19,5	19	U _{s22}	4/2	32,0	32	31,8	31	-0,2

4. Análise dos resultados

Além da *Eficácia* (ΔL_w), consideraram-se ainda os seguintes parâmetros:

- $\Delta L_{w,NN}$ – *Eficácia* Não-Normativa, em que o ajuste da NP EN ISO 717-2 [3] é feito com uma casa decimal em vez de zero, permitindo uma diferenciação entre *Eficácias*;
- $\Delta\Delta L_w = \Delta L_{w,D} - \max. \{\Delta L_{w,P}; \Delta L_{w,L}\}$ – *Diferença de Eficácias*, que representa a diferença entre *Eficácias* de um sistema duplo flutuante (D) e a solução respectiva mais eficaz individualmente (pavimento P ou laje flutuante L)

Este parâmetro também foi analisado de forma não-normativa (NN);

- $m\Delta\Delta L_w NN = \Delta m L_w D_{NN} - \Delta m L_w L_{NN}$, a diferença entre a *Eficácia* dos sistemas duplo flutuante (D) e de laje flutuante (L) com melhor desempenho (m), para cada revestimento final. Não se considerou o pavimento flutuante (P), porque para todos os revestimentos finais ensaiados, como se verá adiante, este é sempre menos eficaz que o de laje flutuante (L).

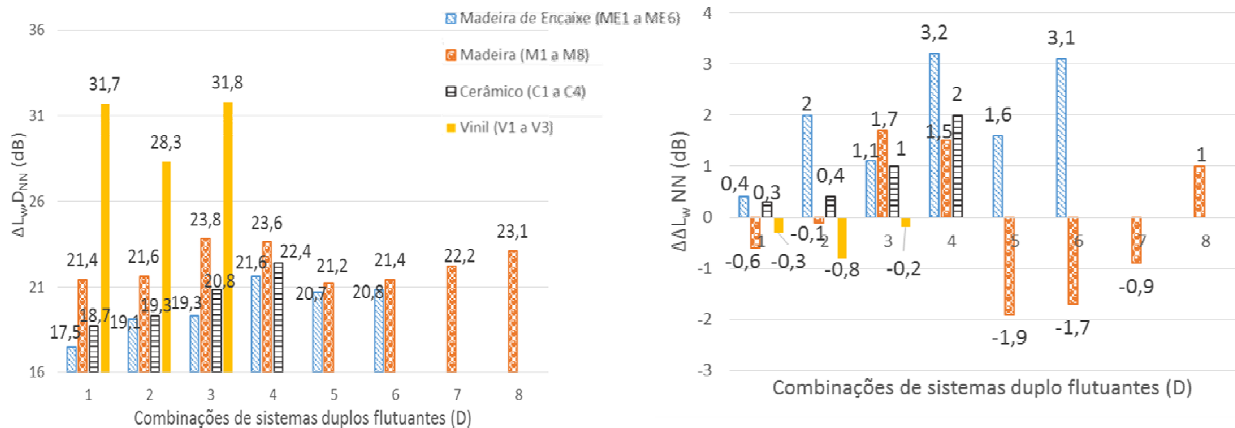


Fig. 4 – Valores não-normativos (NN) da *Eficácia* dos sistemas duplo flutuantes (D) ensaiados (esquerda) da diferença de *Eficácias* entre os sistemas duplo flutuantes D e a melhor solução individualizada correspondente, para os diferentes revestimentos finais (madeira de encaixe (ME₁ a ME₆), madeira (M₁ a M₈), cerâmico (C₁ a C₄) e vinil (V₁ a V₃), em que: $\Delta\Delta L_w NN = \Delta L_w D_{NN} - \text{máx.} \{ \Delta L_w P_{NN}; \Delta L_w L_{NN} \}$.

Através da análise não normativa (NN) foi possível concluir que no conjunto das amostras ensaiadas:

- Quando o revestimento final é a madeira de encaixe (ME) e se o sistema flutuante pretendido for o pavimento flutuante (P), isto é, só com *underlay*, a subcamada mais eficiente, é a U₁66 com espessura de 2 mm (com $\Delta L_w P_{NN} = 16,3$ dB). No caso do sistema a aplicar ser o de laje flutuante (L), a escolha com maior eficiência ($\Delta L_w L_{NN} = 19,1$ dB) é a subcamada U₃22 de 6/3 mm. No caso dum sistema duplo flutuante (D), de todas as combinações estudadas, a solução ME₄ (subcamadas U₁66 de 2 mm e U₃22 de 8/4 mm) é a mais eficiente com um $\Delta L_w D_{NN}$ de 21,6 dB (figura 4 esq.).

Para este revestimento final, verifica-se um acréscimo de 3,2 dB quando se aplica o sistema duplo flutuante mais eficaz em detrimento da laje flutuante correspondente (melhor solução que o melhor dos pavimentos flutuantes. Este acréscimo é significativo, uma vez que diminui para “metade” o ruído que se iria sentir com o sistema de laje flutuante (L). A solução de pavimento flutuante (P) mais eficaz iria aumentar o ruído de percussão sentido para o “dobro” ($\Delta L_w L_{NN} - \Delta L_w P_{NN} = 19,1 - 16,3 = 2,8$ dB) (quadro 4) relativamente ao sistema com maior eficácia de laje flutuante, logo o primeiro não será de todo a melhor solução.

Todas as combinações de sistema duplo flutuante (D) ensaiadas, tendo como revestimento final madeira de encaixe (ME), revelam ser uma solução mais eficaz que a melhor das soluções respectivas individualizadas (em todos os casos é a laje flutuante), obtendo um acréscimo ($\Delta\Delta L_w NN$) que varia de 0,4 a 3,2 dB.

- Quando o revestimento final é a madeira (M) e se o sistema flutuante pretendido for o de pavimento flutuante (P), a melhor solução, apesar de não se destacar significativamente das restantes (0,1 e 0,6 dB) é a subcamada U₁66 de 2 mm (a subcamada com menor espessura das ensaiadas). Quando se trata de um sistema de laje flutuante, a subcamada mais eficaz é a

U_{s85} de 6/3 mm, com uma *Eficácia* de 23,1 dB. Contudo, esta subcamada não incorpora o sistema duplo flutuante com melhor desempenho ($\Delta L_{w,D_{NN}} = 23,8$ dB), mas sim as subcamadas U_{L22} de 3 mm e U_{s22} de 6/3 mm (M_3).

Neste caso, em que revestimento final é madeira (não de encaixe), a vantagem entre um sistema de laje flutuante (L) e o duplo flutuante (D) respectivo nem sempre existe (fig. 4 dir.). Em algumas situações adoptar um sistema duplo flutuante não resulta num acréscimo de eficácia mas numa diminuição, podendo atingir valores de -1,9 dB. O maior ganho de *Eficácia* verificado é de 1,7 dB. Note-se, no entanto que apesar de alguns sistemas duplo flutuantes serem mais vantajosos, como o caso do mais eficaz, em 1,7 dB relativamente à laje flutuante respectiva, quando comparado com o melhor dos sistemas de laje flutuante, o acréscimo é somente de 0,7 dB ($m\Delta L_{w, NN} = (23,8 - 23,1)$ dB).

- Quando o revestimento final é cerâmico (C) e se o sistema flutuante pretendido for o de pavimento flutuante (P), a melhor opção para *underlay* é, novamente, a subcamada U_{L66} , embora que com uma diferença de 0,3 dB (face à subcamada U_{L61}). Com isto, e uma vez que a subcamada mais eficaz tem menor espessura (2 vs 5 mm) poderá concluir-se que o aumento de espessura não resulta forçosamente num aumento de eficácia. Como *underscreed* e considerando uma situação de laje flutuante (L), a opção mais vantajosa é a aplicação do U_{s22} com uma espessura de 6/3 mm ($\Delta L_{w,L_{NN}} = 20,4$ dB). Este mesmo *underscreed*, em combinação com o *underlay* U_{L66} , resultam na melhor solução (C_4) a apresentar como sistema duplo flutuante (D), acrescentando 2 dB à *Eficácia* obtida com a solução da laje flutuante (L) referida. Todas as quatro combinações de sistemas duplo flutuantes (C_1 , C_2 , C_3 e C_4) são mais eficazes que os respectivos sistemas de laje flutuante variando o acréscimo de *Eficácia* de 0,3 a 2,0 dB, tendo-se verificado o maior acréscimo quando o *underscreed* do sistema de laje flutuante mais eficaz incorpora também o sistema duplo flutuante.

Quanto aos pavimentos flutuantes (P), continuam a demonstrar serem os menos eficazes dos sistemas flutuantes estudados.

- Quando o revestimento final é vinil (V) e se o sistema flutuante pretendido for o de pavimento flutuante (P), o U_{L66} deixa de ser a melhor opção, uma vez que o U_{L85} , com menor espessura (2 vs 1,6 mm), atinge melhor *Eficácia* (+0,7 dB), logo a melhor solução para aplicar num pavimento flutuante (P). Para um sistema de laje flutuante (L), a melhor solução é o *underscreed* U_{s22} com 4/2 mm, obtendo um desempenho de 32,0 dB. Quanto ao sistema duplo flutuante (D), a solução V_4 é a mais eficaz, embora com diferença de 0,1 dB da combinação V_1 . Em ambas as combinações referidas o *underscreed* utilizado é o U_{s22} de 4/2 mm, o *underlay* aplicado é que difere, sendo a solução mais eficaz, neste caso, composta pelas subcamadas que incorporam os sistemas de pavimento e laje flutuante mais eficazes.

Quando o revestimento final é o vinil, todos os sistemas de laje flutuante são mais eficazes que os sistemas duplo flutuantes correspondentes, tendo sido a variação de *Eficácia* ($\Delta L_{w, NN}$) verificada entre ambos os sistemas de -0,2 a -0,8 dB.

Posto isto, podem resumir-se no quadro 5 as melhores soluções de pavimento, laje e duplo flutuante, para cada revestimento final e verificar-se que em qualquer revestimento final (dos considerados neste estudo, excepto no vinil), a aplicação da subcamada U_{L66} de 2 mm é a mais eficaz numa situação em que o sistema pretendido é de pavimento flutuante (P) e que num sistema de laje flutuante (L), em qualquer dos revestimentos à excepção da madeira, a subcamada mais eficaz é a U_{s22} (aglomerado composto de borracha reciclada).

Quanto à situação de sistema duplo flutuante, verifica-se uma padronização quanto ao tipo de *underscreed* mais eficaz nesse mesmo sistema, sendo em todos os casos de revestimento final, o U_{s22} . Não obstante, o material que constitui a subcamada mais eficaz em laje flutuante, exceptuando na combinação em que o revestimento final é madeira (M) é, igualmente, a com melhor desempenho num sistema duplo flutuante (D).

Quanto aos sistemas flutuantes mais eficientes, pôde comprovar-se a grande eficiência de um sistema de laje flutuante (L) em detrimento do pavimento flutuante (P), sendo a diferença (não-normativa) entre *Eficácias* máxima dos sistemas referidos de: 2,8 dB quando o revestimento final é madeira de encaixe (ME); 7,3 dB no caso de ser madeira (M); 5,8 dB para cerâmico (C) e 12,5 dB se vinil (V). Relativamente ao sistema duplo flutuante (D) em detrimento da laje flutuante (L), aquela opção parece ser, na maioria dos casos, mais eficaz com melhoramento de desempenho de 0,7 a 2,5 dB.

Quadro 5 – Resumo, em função do revestimento final, das soluções de sistemas flutuantes (pavimento P, laje L e duplo flutuante D) mais eficazes e seus desempenhos em valores não normativos (NN), em que: * Subcamada resiliente perfilada com espessura x/y – com ondulações em que a maior espessura é x e a menor y mm.

Sistema flutuante	Pavimento (P)		Laje (L)		Duplo flutuante (D)			
	U _L esp.	ΔL _{w,P} NN (dB)	U _s esp.	ΔL _{w,L} NN (dB)	U _L esp.	U _s esp.	ΔL _{w,D} NN (dB)	mΔΔL _{w,NN} (dB)
Madeira de Encaixe (ME)	U _L 66 2 mm	16,3	U _s 22 6/3 mm	19,1	U _L 66 2 mm	U _s 22 8/4 mm	21,6	+2,5
Madeira (M)	U _L 66 2 mm	15,8	U _s 85 6/3 mm	23,1	U _L 22 3 mm	U _s 22 6/3 mm	23,8	+0,7
Cerâmico (C)	U _L 66 2 mm	14,6	U _s 22 6/3 mm	20,4	U _L 66 2 mm	U _s 22 6/3 mm	22,4	+2,0
Vinil (V)	U _L 85 1,6 mm	19,5	U _s 22 4/2 mm	32,0	U _L 85 1,6 mm	U _s 22 4/2 mm	31,8	-0,2

Referências bibliográficas

- [1] Mateus, C. *Desenvolvimento de solução combinada de aglomerados com cortiça para subcamadas de revestimento e de lajeta com comportamento acústico otimizado*, Dissertação M.Sc. Eng^a Civil, FEUP, 2015.
- [2] NP EN ISO 140-8: 2008 "Medição do isolamento sonoro de edifícios e de elementos de construção - Parte 8: Medição em laboratório da redução de transmissão sonora de revestimento de piso em pavimento normalizado".
- [3] NP EN ISO 717-2: 2013 "Determinação do isolamento sonoro em edifícios e de elementos de construção - Parte 2: Isolamento sonoro a sons de percussão".