

# ACÚSTICA DE EDIFÍCIOS: índices de isolamento a sons aéreos utilizados no espaço europeu



*Patrício J.  
Presidente de la Sociedad Portuguesa de Acústica  
Representante Português no CEN  
Investigador do LNEC  
[jpatricio@lnec.pt](mailto:jpatricio@lnec.pt)*

PACS: 43.55.

## Resumen

Este artículo presenta una panorámica de los índices de caracterización del aislamiento acústico a ruido aéreo, en los edificios, que se utilizan en el espacio europeo, los cuales integran las normas internacionales producidas en el ámbito del CEN “Comité Europeo de Normalización”. Así, se define lo que es un sonido de naturaleza aérea, sus posibles orígenes y su respectivo encuadramiento legal, se presenta también la metodología de caracterización respectiva, se mencionan los índices en vigor y se hace referencia al término de corrección espectral correspondiente a la aplicación deseada y a su correspondiente evaluación.

Este artículo constituye la primera parte de un texto global relativo al proceso de evaluación de las condiciones acústicas de los edificios relativas a los ruidos aéreos y de impacto.

## Resumo

O presente artigo apresenta uma panorâmica dos índices de caracterização do isolamento sonoro a sons aéreos, em

edifícios, utilizados no espaço europeu, os quais constam das normas internacionais publicadas pelo CEN - Comité Europeu de Normalização. Neste sentido, definem-se o sons aéreos, as suas possíveis origens e respectivo enquadramento regulamentar, apresenta-se a metodologia experimental de caracterização respectiva, referenciam-se os índices em vigor e menciona-se o termo de adaptação espectral correspondente à aplicação preconizada, assim como a sua aplicação.

Este artigo constitui a primeira parte de um texto global relativo ao processo de avaliação do condicionamento acústico dos edifícios em termos de sons aéreos e de percussão.

## Introdução

Os sons aéreos derivam da excitação directa do ar, por uma fonte sonora que, no caso dos edifícios pode ser materializada, tanto no ruído de tráfego rodoviário, ferroviário ou aéreo como no funcionamento de equipamentos de carácter colectivo ou individual, ou da própria conversação e actividade quotidiana.

Os campos sonoros que se podem estabelecer no interior dos edifícios têm origem em ruído produzido por fontes so-

noras, cujas características de emissão podem variar no espaço e no tempo, em natureza (tipo de fonte) e em composição espectral (distribuição dos níveis de pressão sonora no domínio da frequência).

De uma forma relativamente sumária, e tendo em atenção a sua origem, os sons aéreos que interessam o conforto acústico nos edifícios podem enquadrar-se em dois grandes grupos: sons de proveniência exterior e sons interiores.

Num sentido muito geral, os sons de proveniência exterior devem-se fundamentalmente à circulação rodoviária e ferroviária. Todavia, em determinados locais próximos de instalações aeroportuárias (ou, sob certas rotas de voo específicas), assim como de instalações industriais e de divertimento público podem gerar-se campos sonoros exteriores significativamente incomodativos para os ocupantes dos edifícios que se encontram juntos, ou nas proximidades dessas infra-estruturas.

Acresce ainda referir-se que estes campos podem ser encarados numa dupla perspectiva, as quais se encontram, no entanto, intimamente relacionadas: uma primeira associada a avaliações de carácter ambiental e outra a aspectos de planeamento urbanístico.

Os sons interiores são devidos, predominantemente, à utilização do próprio edifício e têm origem em múltiplas solicitações associadas ao seu uso pelos respectivos ocupantes.

Neste enquadramento, é facilmente perceptível que os sons de proveniência exterior irão determinar o tipo de isolamento sonoro da envolvente dos edifícios e os sons interiores o isolamento que é necessário ser assegurado pelos elementos definidores da respectiva compartimentação.

Por exemplo, para efeitos de aplicação do articulado da regulamentação portuguesa sobre os requisitos acústicos dos edifícios, o índice de isolamento sonoro que traduz o isolamento da envolvente exterior do edifício (fachada) designa-se por  $D_{2m,n,w}$  e caracteriza o isolamento a sons aéreos da fachada do edifício quando o microfone é colocado à distância de 2 m da sua superfície, conforme se ilustra na Fig. 1.

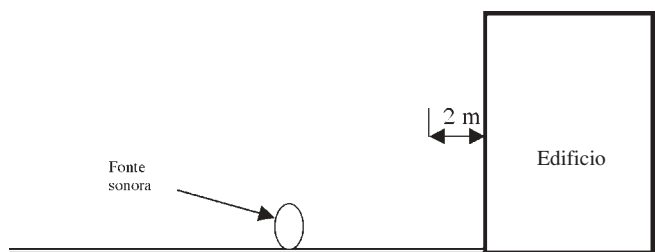


Fig. 1 – Ilustração da definição do parâmetro  $D_{2m,n,w}$

Para além do significado do “subscript 2m”, e numa linha de esclarecimento global da definição deste parâmetro, refere-se que o termo  $n$  se relaciona com o facto de o isolamento em causa dever ser normalizado para a área de absorção sonora equivalente de  $10 \text{ m}^2$  e o termo  $w$  corresponde à tradução desse isolamento mediante um valor único “índice”.

No que respeita ao isolamento a sons aéreos que deve ser assegurado pelos elementos de compartimentação interiores, horizontais (pavimentos) e verticais (paredes), o índice correspondente designa-se por  $D_{n,w}$ , onde os símbolos em “subscript” têm o significado indicado anteriormente.

### Caracterização do isolamento a sons aéreos / Método ISO/CEN

O isolamento a sons aéreos depende da inércia e das características elásticas (rigidez e amortecimento interno) dos elementos definidores da compartimentação considerada, existindo diversas modelações para a sua caracterização.

O método ISO/CEN possibilita a caracterização do isolamento a sons aéreos, no domínio da frequência, de acordo com as técnicas consagradas na Norma EN 20140-3 e nas Normas EN ISO 140-4 e EN ISO 140-5, segundo um procedimento esquemático de ensaio conforme o ilustrado na Fig. 2, ou seja a designação Câmara I respeita ao local emissor e Câmara II ao local receptor, e a de Proverte em ensaio ao elemento ou sistema a caracterizar.

Nesta perspectiva, é naturalmente objectivo que, no caso da caracterização do isolamento sonoro de fachada, a Câmara I representa o espaço exterior.

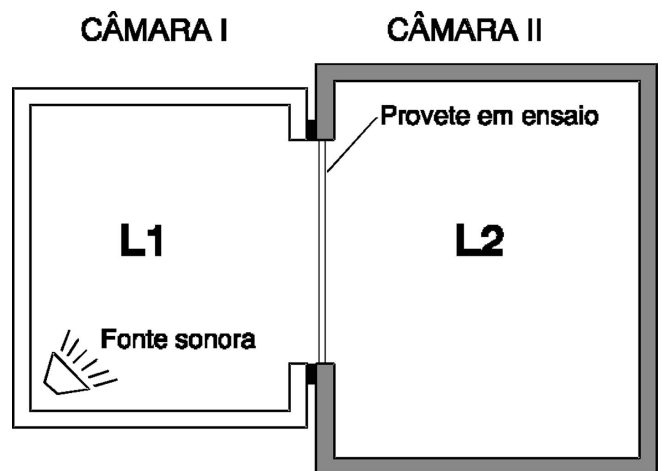


Fig. 2 – Ilustração esquemática de ensaio de caracterização do isolamento a sons aéreos

Para além desta caracterização, possibilita, também, efectuar a quantificação do isolamento sonoro de elementos de compartimentação de edifícios à custa de um valor único (índice) -  $R_w$  -, por comparação de uma dada descrição do nível de pressão sonora, obtida a partir de um processo de medição adequado (ensaio), com uma descrição convencional de referência, conforme o disposto na Norma EN ISO 717-1.

Este método pode ser aplicado na caracterização do comportamento acústico de elementos de compartimentação a partir de medições realizadas tanto *in situ* como em laboratório.

A caracterização do isolamento a sons aéreos, no domínio da frequência, realiza-se de acordo com o descrito na Norma EN 20140-3, para ensaios a realizar em laboratório, e na Norma EN ISO 140-4 (isolamento sonoro entre compartimentos adjacentes) e EN ISO 140-5 (isola-

mento sonoro de fachadas e elementos de fachada), para ensaios a realizar *in situ*, por bandas de frequências de largura de terços de oitava<sup>1</sup> entre as frequências centrais de 100 Hz e 3150 Hz.

Complementarmente, e no que respeita a medições realizadas *in situ*, podem também ser utilizados filtros de bandas de frequências com a largura de uma oitava, entre as frequências centrais de 125 a 2000 Hz (na terminologia da área temática da acústica, este último tipo de medição – naturalmente menos refinado que o anterior – designa-se por “Survey Method”).

### Índices de isolamento a sons aéreos, utilizados no espaço comunitário europeu

No Quadro 1 apresenta-se uma listagem dos vários tipos de índices, assim como dos espectros que lhes podem dar origem, que podem ser obtidos com a normalização actualmente em vigor no espaço europeu.

Quadro 1 – Índices de isolamento sonoro a sons aéreos, utilizados no espaço comunitário europeu

<b>Medições em laboratório – Valores únicos (índices) para caracterização de elementos de construção de edifícios</b>		
Designação	Símbolo	Norma de ensaio a utilizar
Índice de redução sonora	$R_w$	NP EN 20140-3
Índice de isolamento normalizado de tectos falsos	$D_{n,c,w}$	EN ISO 140-9
Índice de isolamento normalizado de um elemento	$D_{n,e,w}$	EN ISO 140-10
<b>Medições <i>in situ</i> – Valores únicos (índices) de isolamento sonoro em edifícios</b>		
Designação	Símbolo	Norma de ensaio a utilizar
Índice de redução sonora aparente	$R'_w$	EN ISO 140-4
	$R'_{45^\circ,w}$ (fachada)	EN ISO 140-5
	$R'_{tr,s,w}$ (fachada)	EN ISO 140-5
Índice de isolamento normalizado	$D_{n,w}$	EN ISO 140-4
Índice de isolamento padronizado	$D_{n,T}$	EN ISO 140-4
Índice de isolamento padronizado	$D_{ls,2m,nT,w}$ (fachada)	EN ISO 140-5
	$D_{tr,2m,nT,w}$ (fachada)	EN ISO 140-5

<sup>1</sup> Designa-se por banda de oitava aquela em que a sua frequência limite superior é dupla da frequência que define o respectivo limite inferior, ou seja  $f_s = 2 \times f_i$ . No caso de bandas de frequências com a largura de terços de oitava, a relação entre as frequências limites é dada por:  $f_s = 2^{(1/3)} \times f_i$ .

Nota: Nas medições em laboratório devem ser utilizados filtros de terços de oitava. Nas medições *in situ* podem ser utilizados filtros de terços de oitava, ou de oitava.

Seguidamente, importa esclarecer o significado de alguns dos parâmetros apresentados. Assim:

$R_w$  – Índice de isolamento sonoro obtido a partir de um diagrama do tipo  $R = \alpha f$ , onde, para cada banda de frequências  $f$ ,  $R = L_{emissão} - L_{recepção} + 10 \log(S/A)$ . Nesta expressão,  $S$  representa a superfície do elemento de compartimentação e  $A$  a área de absorção sonora equivalente do espaço de recepção.

$R'_w$  – Semelhante a  $R_w$ , com medições realizadas *in situ*, integrando já a transmissão que ocorre por via marginal.

$R'_{45, w (fachada)}$  – Índice obtido a partir de um diagrama do tipo  $R = \alpha f$ , onde, para cada banda de frequências  $f$ ,  $R'_{45} = L_{1,s} - L_{recepção} + 10 \log(S/A) - 1,5$ . Nesta expressão,  $L_{1,s}$  representa o nível de pressão sonora medido no exterior, sobre a fachada, o qual também compreende a componente de energia sonora devida à reflexão que aí ocorre.

$R'_{tr,s,w (fachada)}$  – Índice obtido a partir de um diagrama do tipo  $R = \alpha f$ , onde, para cada banda de frequências  $f$ ,  $R'_{tr,s} = L_{eq,1,s} - L_{eq,2} + 10 \log(S/A) - 3$ . Nesta expressão,  $L_{eq,1,s}$  representa o nível sonoro contínuo equivalente medido no exterior, sobre a fachada, compreendendo a componente de energia sonora devida à reflexão que aí ocorre, e  $L_{eq,2}$  o nível sonoro contínuo equivalente medido no interior.

$D_{n,w}$  – Índice de isolamento sonoro normalizado, entre dois locais 1 e 2, obtido a partir de um diagrama tipo  $D_n = \alpha f$ , onde, para cada banda de frequências  $f$ ,  $D_n = L_1 - L_2 - 10 \log(A/A_0)$ . Nesta expressão,  $L_1$  e  $L_2$  representam respectivamente os níveis de pressão sonora medidos nos compartimentos 1 e 2 (emissão e recepção) e  $A_0$  a área de absorção sonora de referência, tomada igual a  $10 \text{ m}^2$ .

$D_{nT,w}$  – Índice de isolamento sonoro normalizado, entre dois locais 1 e 2, obtido a partir de um diagrama tipo  $D_n = a f$ , onde, para cada banda de frequências  $f$ ,  $D_n = L_1 - L_2 + 10 \log(T/T_0)$ . Analogamente, nesta expressão,  $L_1$  e  $L_2$  representam respectivamente os níveis de pressão sonora medidos nos compartimentos 1 e 2 (emissão e recepção),  $T$  o tempo de reverberação do espaço de recepção e  $T_0$  o tempo de reverberação de referência, tomado igual a  $0,5 \text{ s}$ .

$D_{ls,2m,nT,w (fachada)}$  – Índice de isolamento sonoro de fachada, obtido a partir de um diagrama tipo  $D_n = \alpha f$ , onde, para cada

banda de frequências  $f$ ,  $D_{ls,2m,nT} = L_{1,2m} - L_2 + 10 \log(T/T_0)$ . Nesta expressão,  $L_{1,2m}$  representa o nível de pressão sonora medido a 2 metros da fachada e  $L_2$  o nível de pressão sonora medido no interior, quando o ruído utilizado para a caracterização em causa for produzido por uma fonte sonora (loudspeaker).

$D_{tr,2m,nT,w (fachada)}$  – Índice de isolamento sonoro de fachada, idêntico a  $D_{ls,2m,nT,w (fachada)}$  quando for utilizado para a caracterização em causa o ruído de tráfego rodoviário.

Do mesmo modo, e em relação às duas últimas designações, quando se considera o termo correctivo  $-10 \log(A/A_0)$ , função da área de absorção sonora equivalente do espaço de recepção, podem ainda considerar-se os seguintes índices normalizados:  $D_{ls,2m,n,w (fachada)}$  e  $D_{tr,2m,n,w (fachada)}$ .

Supondo, ainda, que se utilizariam também os ruídos de tráfego ferroviário e aéreo, para caracterização do isolamento sonoro de fachadas, *in situ*, poder-se-ia ter mais os seguintes índices:  $R'_{rt,s,w (fachada)}$ ;  $R'_{at,s,w (fachada)}$ ;  $D_{rt,2m,nT,w (fachada)}$ ;  $D_{at,2m,nT,w (fachada)}$ ;  $D_{rt,2m,n,w (fachada)}$  e  $D_{at,2m,n,w (fachada)}$ .

No que respeita ao isolamento a sons aéreos, no domínio da frequência, dos elementos de compartimentação, tanto horizontais como verticais (pavimentos e paredes), a sua caracterização é feita de acordo com as técnicas consagradas na Norma EN 20140-3:1998, relativa ao procedimento de ensaio a realizar em laboratório (Eq. 1), e na Norma EN ISO 140-4:1998, relativa ao procedimento de ensaio a realizar *in situ* (Eq. 2).

$$R = L_1 - L_2 + 10 \log\left(\frac{S (\cong 10 \text{ m}^2)}{A}\right) \text{ dB} \quad (1)$$

onde  $L_1$  representa o nível de pressão sonora médio na câmara emissora, em dB;  $L_2$  o nível de pressão sonora médio na câmara receptora, em dB;  $S$  a área do provete de ensaio (igual à área da abertura de ensaio:  $10 \text{ m}^2$ ); e  $A$  a área de absorção sonora equivalente da câmara de recepção, em  $\text{m}^2$ .

$$D_n = L_1 - L_2 + 10 \log\left(\frac{A_0}{A}\right) \text{ dB} \quad (2)$$

em que  $L_1$  representa o nível de pressão sonora médio no compartimento emissor, em dB;  $L_2$  o nível de pressão sonora médio no compartimento receptor, em dB;  $A_0$  é a área de absorção sonora equivalente de referência ( $10 \text{ m}^2$ ); e  $A$  a área de absorção sonora equivalente do compartimento de recepção, em  $\text{m}^2$ .

O índice de isolamento sonoro,  $R_w$  ou  $D_{n,w}$ , correspondente a dada descrição do nível de pressão sonora no domínio da frequência determina-se por comparação com a descrição convencional de referência, constante na Norma EN ISO 717-1:1996.

O índice de isolamento sonoro correspondente a dada descrição do nível de pressão sonora no domínio da frequência, obtida em conformidade com os procedimentos descritos nas normas referidas, determina-se por comparação com a descrição convencional de referência, constante na Norma EN ISO 717-1.

Para o efeito, sobre põe-se esta descrição convencional ao diagrama dos valores da diferença dos níveis de pressão sonora entre os compartimentos emissor e receptor (vulgarmente designado por curva de perdas de transmissão de energia sonora), por forma a que seja satisfeita a condição seguinte: **o valor médio do desvio em sentido desfavorável (conforme se ilustra na Fig. 3), calculado por divisão da soma dos desvios nesse mesmo sentido (desfavorável) pelo número total de bandas de frequências consideradas no processo de medição (diagrama), deve ser o mais elevado possível, todavia sem ultrapassar o valor de 2 dB**

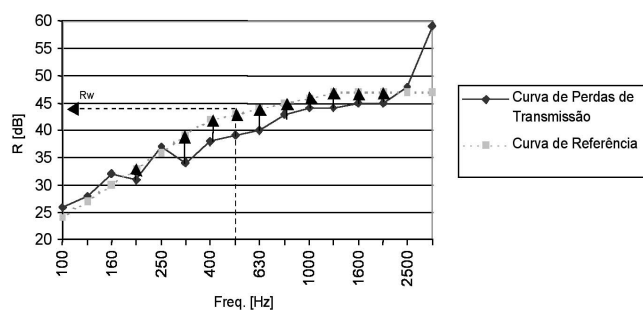


Fig. 3 - Desvios desfavoráveis num processo de medição

A normalização em vigor aponta especificamente para a utilização de curvas de perdas de transmissão determinadas a partir de medições realizadas por bandas de frequências com a largura de 1/3 de oitava.

Após a consecução deste ajustamento, o índice de isolamento sonoro  $R_w$  ou  $D_{n,w}$  corresponde ao valor da ordenada da descrição convencional de referência para a frequência de 500 Hz.

Como se constata pelo Quadro 1, e pela apresentação feita, existe uma panóplia de índices que podem ser utilizados,

dependendo a escolha respectiva da legislação que deva ser observada.

A razão para esta profusão de índices deriva da necessidade de conferir, mediante um documento normativo comum, dentro do espaço comunitário, a possibilidade de os vários países que o constituem poderem ver integradas algumas disposições constantes das suas regulamentações nacionais.

No entanto e neste enquadramento, o critério “valor único” não deixará de constituir, certamente, algo de ambíguo.

### Termo de adaptação espectral

Ainda nesta linha de apreciação das múltiplas legislações nacionais, convém também referir um aspecto de importância particular que a normalização contém, relativamente à caracterização do desempenho de elementos de construção, aspecto esse que se prende com a utilização de um designado termo de adaptação a um determinado espectro.

Este termo de adaptação constitui uma novidade relativamente ao procedimento existente em versões anteriores desta mesma norma, ou de normas equivalentes, nela apoiadas.

O termo de adaptação a um determinado espectro corresponde a “anexar” ao valor único determinado (índice) uma correção que tenha em conta as características desse espectro.

No caso, os espectros em questão são respectivamente o de ruído rosa<sup>2</sup> e o espectro tipo de ruído de tráfego rodoviário urbano, expressos em decibel A. Estes espectros apresentam-se na Fig. 4.

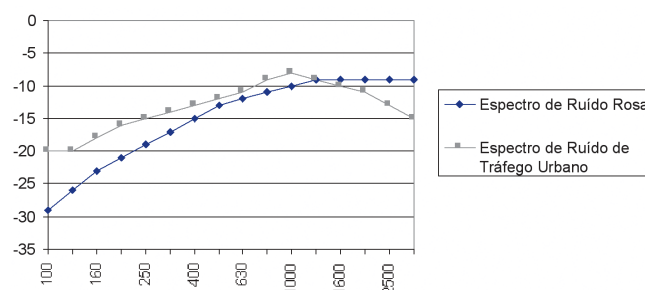


Fig. 4 - Espectros de ruído rosa e de ruído de tráfego rodoviário em tecido urbano, ponderados pela malha A

<sup>2</sup> O modelo de ruído tipo rosa corresponde a um ruído com conteúdo espectral constante quando integrado por bandas de frequências com a largura de uma oitava.

Quadro 2 – Termo de adaptação em função do tipo de fonte sonora

Tipo de fonte sonora	Espectro indicado	Termo de adaptação
Actividades humanas (palavra, música, radio, TV) Brincadeiras de crianças Tráfego ferroviário a velocidade média ou elevada Tráfego rodoviário (< 80 km/h) Avião a reacção a curta distância Oficinas que emitam ruído em médias e altas frequências	Espectro de ruído rosa	C
Tráfego rodoviário urbano Tráfego ferroviário a velocidade reduzida Avião a hélice Avião a reacção a grande distância Música de discoteca Oficinas que emitam ruído em baixas e médias frequências	Espectro de ruído de tráfego urbano	C <sub>tr</sub>

Estas correcções aplicam-se, de forma mais corrente, aos valores dos índices obtidos em condições de laboratório, onde no processo de ensaio se utiliza um ruído branco<sup>3</sup>, com o objectivo de efectuar a transposição dos valores de índice assim obtidos para as aplicações *in situ*, quando esteja em causa a necessidade de conferir isolamento sonoro em coerência com a existência de fontes sonoras específicas, ou o cumprimento de legislação que considere índices determinados a partir de espectros relacionados com esse mesmo tipo de fontes sonoras.

No Quadro 2, apresentam-se os tipos de fontes sonoras referidos e os termos de adaptação que se consideram mais apropriados utilizar (Norma EN ISO 717-1).

Com a introdução deste termo de adaptação não será, pois, estranho poder verificar-se, em folhetos comerciais, apresentações de caracterização de desempenhos acústicos de elementos de compartimentação na seguinte forma: R<sub>w</sub> (C;C<sub>tr</sub>), ou seja, a título exemplificativo, no género:

$$R_w (C;C_{tr}) = 50 (-1;-5) \text{ dB}$$

onde

$$C = -1 \text{ dB}$$

$$C_{tr} = -5 \text{ dB}$$

obtendo-se, então, de forma mais explícita:

$$R_w = 50 - 1 = 49 \text{ dB(A)} - \text{ para ruído rosa;}$$

$$R_w = 50 - 5 = 45 \text{ dB(A)} - \text{ para ruído de tráfego rodoviário;}$$

Não tendo o presente texto o objectivo de expor o conteúdo da norma em causa, não se irá aqui referir qual o método de cálculo das correcções associadas ao termo de adaptação. Todavia, esclarece-se complementarmente que, se os valores destas correcções contemplarem a gama de frequências utilizada na determinação dos índices, então a apresentação é a que se ilustrou; se o termo correctivo puder abranger uma gama de frequências superior, com extensão do espectro (por exemplo 50 a 4000 Hz), poder-se-á ainda ter uma apresentação, complementarizada, do tipo:

$$R_w (C;C_{tr}; C_{50-4000}; C_{tr 50-4000})$$

Neste caso, no cálculo dos termos correctivos utilizaram-se duas gamas de frequências dos dois espectros de adaptação: sem extensão (normal) e com extensão.

Refere-se, por último, que este tipo de apresentação pode ter múltiplas combinações como facilmente se deduz da exposição já feita.

<sup>3</sup> Designa-se por ruído branco aquele que apresenta um valor constante do nível de pressão sonora no domínio da frequência, ou seja com valor de densidade espectral constante.

## BIBLIOGRAFIA

1. COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION (CEN) – *Acoustics. Measurement of sound insulation in buildings and of building elements. Part 4: field measurements of airborne sound insulation between rooms.* EN ISO Standard 140-4, 1998.
2. COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION (CEN) – *Acoustics. Measurement of sound insulation in buildings and of building elements. Part 5: field measurements of façade elements and façades.* EN ISO Standard 140-5, 1998.
3. COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION (CEN) – *Acoustics. Rating of sound insulation in buildings and of building elements. Part 1: Airborne sound insulation.* EN ISO Standard 717-1, 1996.
4. MYNCKE, H.; COPS, A. e BELDER, P. – *Guide-line for the evaluation of airborne sound insulation of dwellings.* Commission of the European Communities, Final Report, 1981.
5. PATRÍCIO, J. – *Isolamento sonoro a sons aéreos e de percussão: Metodologias de caracterização.* Informação Técnica de Edifícios, ITE 45, Lisboa, LNEC, 1999.
6. PATRÍCIO, J. – *Comportamento acústico de pavimentos não-homogéneos de edifícios a sons de impacto: modelo de simulação.* Tese de Doutoramento, Lisboa, LNEC, Dezembro de 1999.
7. PATRÍCIO, J. V. – Acústica nos edifícios. Edição de autor, 2ª Ed., Lisboa 2004.



***Compromiso de Calidad***

---

*Su proveedor en Higiene Industrial y Acústica*



***Larson Davis***

**VERTEX Technics, S.L.**

---

**PEDIDOS: Fax: 93 2 23 22 20**

**Mail: [atencion.cliente@vertex.es](mailto:atencion.cliente@vertex.es)**

**CONSULTAS: Teléfonos: 93 2 23 33 33; 91 3 24 00 14; 94 4 47 19 99; 96 3 48 90 92; 98 1 53 66 46**