

CONFORTO ACÚSTICO ENTRE UNIDADES HABITACIONAIS EM EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS DE SÃO PAULO, BRASIL

Maria de Fatima Ferreira Neto¹, Stelamaris Rolla Bertoli²

¹Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT
Av. Prof. Almeida Prado, 532, São Paulo-SP. Brasil. CEP05508-901
mffneto@hotmail.com

²Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP
Av. Albert Einstein, 951, Campinas-SP. Brasil. CEP13083-852
rolla@fec.unicamp.br

Resumo

Ao adquirir uma unidade habitacional em um edifício residencial o proprietário nem sempre tem o conhecimento ou sabe como reconhecer aspectos fundamentais que envolvem a construção do edifício. Especificamente em relação ao conforto acústico, o proprietário não dispõe de parâmetros, por exemplo, sobre o isolamento de ruído aéreo e, se dispõe, talvez não saiba avaliar se esse valor é adequado ou não. A avaliação do conforto acústico pode ir além da medição do isolamento de ruído aéreo e da inteligibilidade da fala nos recintos, mas podem ser um bom começo. Este trabalho apresenta a avaliação do nível de conforto acústico de alguns ambientes de edifício residencial na zona sul da cidade de São Paulo, Brasil. Essa avaliação consistiu de medições de isolamento de ruído aéreo, avaliação da privacidade com base no parâmetro inteligibilidade da fala obtido por meio de software e também na avaliação de um júri. As comparações com critérios brasileiros e internacionais complementam a avaliação que mostra que ainda há aspectos na construção civil brasileira que podem ser melhorados, embora já atendam a um nível mínimo de conforto acústico.

Palavras-chave: desempenho acústico, conforto acústico, inteligibilidade da fala, edifícios habitacionais.

Abstract

When buying an apartment in a residential building the owner does not generally take in consideration many of the aspects involved in the construction of the building. Specifically in relation to acoustic comfort, the owner is not concerned with objective values of airborne sound insulation. The evaluation of the acoustic comfort can, hence, go beyond the measurement of the isolation of aerial noise and include issues such as speech intelligibility. This paper presents an evaluation of the level of acoustic comfort of a residential building in São Paulo, Brazil, covering airborne sound insulation measurements as well as speech intelligibility, obtained by means of both software and a jury. Brazilian and international criteria are presented. In conclusion, it is shown that there are still aspects of building design and construction that they can be improved even although a minimum level of acoustic comfort has been obtained.

Keywords: acoustic performance, acoustic comfort, speech intelligibility, residential building.

1 Introdução

A quem considere o conforto acústico como um conceito de caráter subjetivo mas, cada vez mais, procura-se traduzir essa subjetividade em parâmetros de caráter objetivo, isto é, mensurável. De uma forma ou de outra, o conforto acústico tem sido cada vez mais exigido por proprietários ou usuários de edificações. Talvez a maioria de população não saiba como avaliar esse conforto, mas a sua ausência está cada vez mais perceptível e, por isso, a exigência de morar ou trabalhar em ambientes acusticamente confortáveis está se tornando cada vez mais frequente.

Durante o projeto da edificação não é raro que as questões de conforto fiquem em segundo plano. Muitas vezes, somente depois do edifício pronto e entregue, é que esse item passa a ser mencionado e geralmente, pelo usuário. Porém, depois de prontas as edificações, pode ser mais difícil, dispendioso ou impossível de se realizar as devidas adequações para atingir as condições mínimas de conforto. Nas entrevistas realizadas no trabalho de Grimwood[1], os entrevistados mencionaram que sentem com desconforto causado pelo ruído, além de efeitos emocionais, conseqüências na vida social, já que tinham que tomar todo o cuidado para produzir o mínimo de ruído possível quando recebiam ou faziam visitas. Esse desconforto reflete a necessidade de haver um bom isolamento acústico aéreo entre unidades residenciais e entre ambientes internos da mesma unidade residencial. Também é desejável um bom isolamento quanto ao ruído de impacto, para que esse tipo de ruído não gere níveis que causem desconforto para os usuários dos andares inferiores. Finalmente, destaca-se a importância de um bom isolamento de ruído aéreo das fachadas, a fim de que o ruído ambiental não “invada” os ambientes internos das unidades residenciais, incomodando seus moradores

Recentemente nos grandes centros urbanos brasileiros uma parcela significativa da população busca apartamentos com grandes áreas, varanda, churrasqueira, *playground*, um verdadeiro clube no condomínio. Portanto a atenção do consumidor está sendo voltada para as dezenas de itens de lazer que as construtoras oferecem em um único condomínio. Muitas vezes, o conforto acústico só é lembrado quando, ao se mudar para esse espaço, os moradores passam a escutar, por exemplo, a conversação dos vizinhos do lado ou o impacto do vizinho de cima, isto é, quando o ruído começa a atrapalhar seu sossego.

Os países com o clima mais frio são, de certa forma, privilegiados com a questão do isolamento acústico. Isso porque, devido às baixas temperaturas, os ambientes necessitam de boa vedação térmica, favorecendo o isolamento acústico, então. Observa-se, também nesses países, em que no período de inverno, com as noites mais longas, a exigência dos moradores quanto ao isolamento acústico é maior, visto que os níveis de ruído de fundo são também menores. Já em países como o Brasil, onde o clima é quente e úmido em grande parte do território, a adequação térmica muitas vezes exige que as janelas se mantenham abertas, o que dificulta a obtenção de alto valor de isolamento acústico,

Recentemente, o Brasil aprovou a norma NBR 15575, que trata de desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos. Essa norma é de extrema importância, pois estabelece parâmetros de desempenho que até então não existiam e tem por finalidade a avaliação final do produto para que uma edificação seja entregue aos seus usuários com as condições mínimas de conforto, habitabilidade e uso [2][3].

2 Avaliação do Desempenho Acústico e da Inteligibilidade da Fala

A avaliação do desempenho acústico e da inteligibilidade da fala foi considerada de duas formas: uma objetiva e outra subjetiva. A avaliação objetiva do desempenho acústico refere-se às medidas de

isolamento de ruído aéreo em laboratório e em campo, dos elementos de vedação entre dois ambientes e da avaliação da privacidade medindo a inteligibilidade da fala pelo parâmetro STI. A avaliação subjetiva foi feita com base nas respostas de um júri, quanto a percepção do ruído gerado em ambientes opostos.

2.1 Avaliação Objetiva

A avaliação objetiva do desempenho acústico consistiu da realização de testes em laboratório e em campo, do isolamento de ruído aéreo entre ambientes. Os procedimentos de medição foram baseados nas normas ISO 140-3[4], para laboratório e ISO 140-4[5], para campo, uma vez que no Brasil não existem normas específicas com procedimentos para essas medições. O que se avalia em campo é o isolamento proporcionado pelo sistema construtivo e não a isolamento sonora do elemento construtivo, com no laboratório. O cálculo do desempenho acústico, nessas duas situações, é diferente. Em laboratório obtém-se o índice de redução sonora, R , (*Sound Reduction Index*), dado pela norma ISO 140-3. A norma ISO 140-4, com procedimentos para avaliação em campo, apresenta três parâmetros que podem ser utilizados para a avaliação do desempenho acústico. São eles: R' - índice de redução sonora aparente (*Apparent Sound Reduction Index*), D_n - Diferença Normalizada de Nível (*Normalized level difference*) e D_{nT} - Diferença Padronizada de Nível (*Standardized Level Difference*). A ponderação desses parâmetros, por meio de uma curva padrão dada pela norma ISO 717-1[6] traduz o desempenho acústico por meio de um número único, resultando em R'_w , $D_{n,w}$ e $D_{nT,w}$. No Brasil utiliza-se o último parâmetro mencionado para avaliar o isolamento em campo.

2.1.1 Desempenho acústico

Para este trabalho, a avaliação em campo foi realizada em um edifício residencial na zona sul da cidade de São Paulo, Brasil. Foi feita a avaliação de desempenho acústico em relação ao isolamento de ruído aéreo, em uma partição entre duas unidades habitacionais. O sistema construtivo avaliado é formado por blocos cerâmicos, de vedação, com 140 mm de largura, 390 mm de comprimento e 190 mm de altura. A argamassa foi colocada nas juntas vertical e horizontal. Nas duas faces da parede, foi colocada uma espessura média de 10 mm de gesso. Essa configuração foi escolhida pois é atualmente a mais empregada na construção civil brasileira.

No Laboratório de Conforto Ambiental e Sustentabilidade dos Edifícios, no Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) foi realizado o teste de isolamento sonora da parede de blocos cerâmicos. A Figura 1 apresenta a parede preparada no pátio para o ensaio e a Figura 2 mostra a parede rebocada e instalada entre as câmaras de medição. Diferentemente da obra, o reboco foi feito com 15 mm de argamassa, em ambas as faces. Essa configuração para o teste de laboratório foi utilizada por questões de custo e mão-de-obra. Há construtoras que mantêm essa configuração no último andar do edifício e, nos demais, utilizam o gesso como revestimento. Em outras avaliações de desempenho acústico realizadas, a diferença no revestimento da parede, com argamassa ou gesso, foi insignificante.



Figura 1 – Montagem da parede no pórtico do laboratório.



Figura 2 – Parede na câmara reverberante, para o teste de isolamento sonora.

2.1.2 Inteligibilidade da fala

A avaliação objetiva da inteligibilidade da fala foi feita empregando o software, *Dirac*, da Brüel & Kjær, que calcula o parâmetro STI (*Speech Transmission Index*) oriundo da resposta impulsiva do ambiente de recepção, com a fonte sonora no ambiente de emissão. O parâmetro STI é dado pela norma BS EN 60268-16, de 2003[7]. Segundo essa norma, o STI é uma quantidade física que representa a transmissão da qualidade da fala com respeito à inteligibilidade. Nesse trabalho vamos estimar a privacidade do ambiente analisando se a inteligibilidade da fala no ambiente, é satisfatória ou não.

2.2 Avaliação Subjetiva

Para a avaliação subjetiva, foi solicitado o auxílio de um júri cujos componentes foram posicionados no ambiente de recepção de uma das unidades habitacionais. O júri se manifestou em relação a sinais sonoros emitidos no ambiente adjacente. Para o júri foi entregue uma tabela com as opções: ouve e entende tudo com facilidade; ouve e entende uma parte com dificuldade; ouve mas não entende nada e, não ouve. Foram apresentados dois grupos de dez sentenças proferidas por um locutor de voz feminina e de voz masculina, e gerados no ambiente de emissão, representando outra unidade habitacional. A emissão das sentenças foi feita de duas formas: por um CD player doméstico com os níveis de sinal variando entre 80 e 90 dB e faladas ao vivo, também por locutor de voz feminina e masculina.

3 Critérios de Avaliação

3.1 Desempenho Acústico

A norma brasileira NBR 15575 de desempenho para edifícios de até cinco pavimentos (aprovada em maio de 2008 e válida a partir de 2010) estabelece vários requisitos que uma edificação deve atender às exigências dos usuários, em termos de habitabilidade e uso. Embora a norma seja para edifícios habitacionais de até cinco pavimentos, alguns dos requisitos independem do número de pavimentos do edifício, como exemplo, o desempenho acústico [2].

As exigências dos usuários, definidas pela norma e utilizadas como referência para o estabelecimento dos requisitos e critérios, são segurança, habitabilidade e sustentabilidade. Diferentemente da maioria dos outros documentos internacionais similares analisados, que apresentam um valor para um único nível de desempenho, esta norma apresenta critérios para três níveis de desempenho, sendo *M* – para nível mínimo; *I* – para nível intermediário e *S* – para nível superior.

A Tabela 1 apresenta os níveis critérios para isolamento de ruído aéreo em campo e em laboratório, para as partições entre unidades habitacionais, recomendados pela norma brasileira e que foram alvo de estudo deste trabalho.

Tabela 1 - Diferença padronizada de nível ponderada entre ambientes, $D_{nT,w}$, para ensaio de campo e Índice de redução sonora ponderado dos elementos construtivos, R_w , para ensaio de laboratório[8]

Elemento	$D_{nT,w}$ (dB)	Índice de redução sonora ponderado R_w (dB)	Nível de desempenho
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação)	40 a 44	45 a 49	M
	45 a 49	50 a 54	I
	≥ 50	≥ 55	S

O gráfico da Figura 3 apresenta a comparação entre os níveis critérios estabelecidos por alguns países, que utilizam o mesmo parâmetro de avaliação que o Brasil ($D_{nT,w}$) e o critério brasileiro.

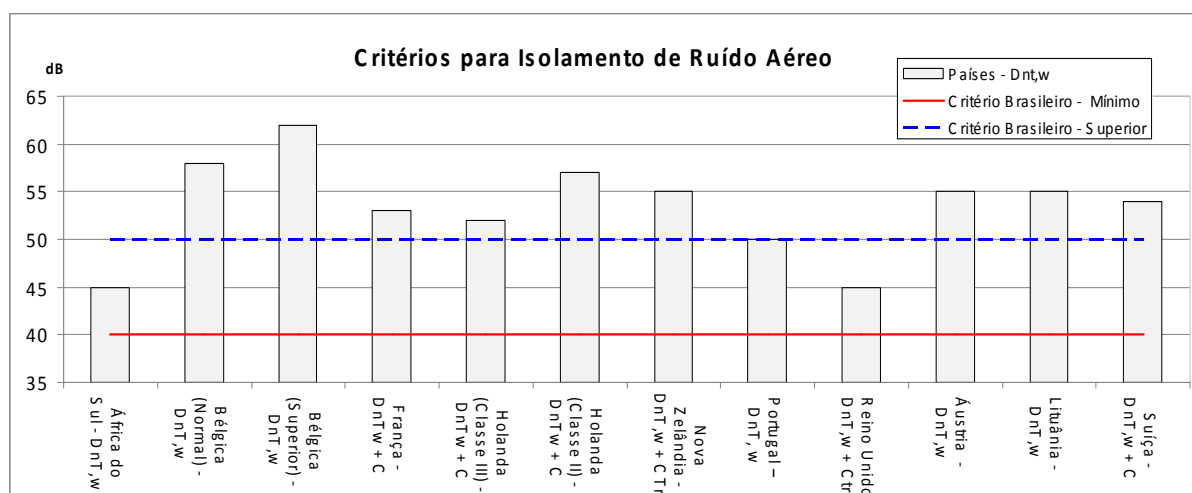


Figura 3 - Comparação entre critérios de desempenho acústico (ruído aéreo) brasileiro e de alguns países que utilizam o mesmo parâmetro de avaliação[9][10][11][12][13][14][15].

Pelo gráfico da Figura 3, verifica-se que sistemas construtivos aprovados no Brasil com desempenho de nível mínimo, não poderiam ser utilizados nos países apresentados. Se o sistema construtivo apresentar desempenho referente ao nível superior, poderia ser utilizado na África do Sul, em Portugal e no Reino Unido, desde que o valor de C_{Tr} ¹ fosse até -5.

¹ C_{Tr} é o Coeficiente de adaptação do espectro, para ruído de tráfego. Tal conceito é explicitado na norma ISO 717-1.

3.2 Inteligibilidade da Fala

A inteligibilidade da fala é avaliada por meio do parâmetro STI, *Speech Transmission Index*, apresentado na norma BS EN 60268-16, de 2003 e indica qualidade da comunicação entre um emissor e um receptor num ambiente. O valor de STI varia entre zero e um, onde o primeiro valor corresponde a péssima inteligibilidade e, o segundo, a excelente inteligibilidade. Os valores intermediários são classificados com inteligibilidade pobre, razoável e boa. Neste trabalho, pretendemos usar a avaliação da inteligibilidade da fala com objetivo de estimar a privacidade e o nível de conforto acústico proporcionado pela partição entre dois ambientes. Assim, considerando a fonte num ambiente e o receptor no ambiente oposto da partição, quanto menor for o valor de STI encontrado, melhor é o nível de privacidade e conforto acústico.

4 Resultados

4.1 Avaliação Objetiva

4.1.1 Desempenho Acústico

Os resultados das medidas de isolamento sonoro aéreo em laboratório da partição empregada entre duas unidades habitacionais são apresentados no gráfico da Figura 4, que mostra o comportamento do índice de redução sonora em função da frequência em bandas de 1/3 de oitava e o respectivo valor do índice de redução sonora ponderado.

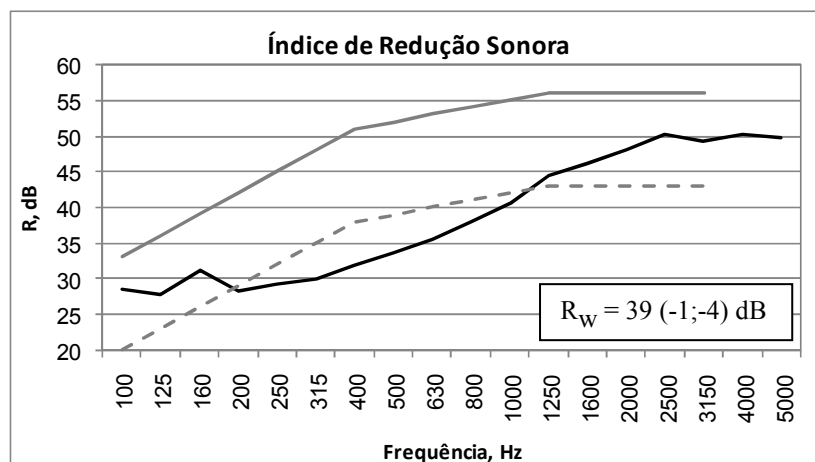


Figura 4 - Espectro do desempenho acústico da partição entre duas unidades habitacionais, avaliado em laboratório.

O Laboratório de Conforto Ambiental e Sustentabilidade dos Edifícios, do IPT, apresenta o resultado do valor da isolamento de um elemento construtivo, na sua forma completa, $R_w (C; C_{Tr})$, isto é, com os coeficientes de adaptação do espectro para ruído rosa (C) e para ruído de tráfego (C_{Tr}). Para os projetistas, a informação completa é de essencial importância. Esses coeficientes de adaptação do espectro estão explicitados na norma ISO 717-1 [6].

Em campo os resultados obtidos referentes ao isolamento sonoro aéreo estão apresentados no gráfico da Figura 5 que mostra o comportamento da diferença padronizada de nível em função da frequência em bandas de 1/3 de oitava e a respectiva ponderação.

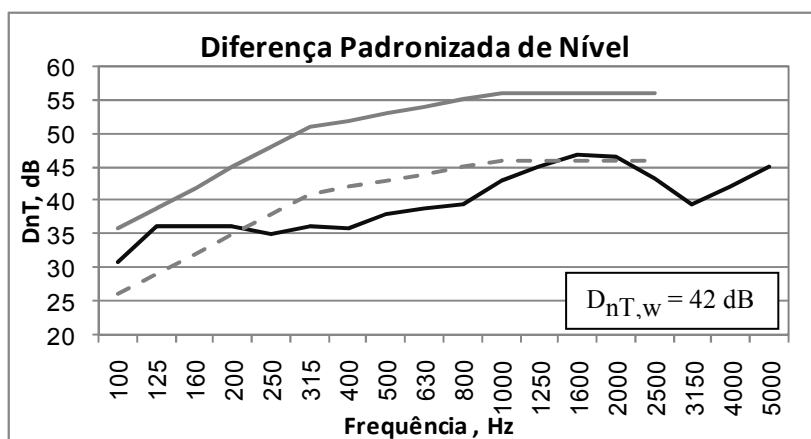


Figura 5 - Espectro do desempenho acústico da partição entre duas unidades habitacionais, avaliado em campo.

Seria de se esperar que o valor do teste de isolamento sonora, em laboratório, do elemento construtivo, fosse superior ao valor do isolamento do sistema construtivo em campo. Em laboratório as condições para avaliação são ideais, tecnicamente a avaliação é mais completa que qualquer outro método e o elemento construtivo está totalmente isolado da estrutura da câmara por meio de câmaras pneumáticas, no laboratório do IPT. Em campo, foi utilizado o método de engenharia (140-4)[5], que é tecnicamente mais completo do que o método simplificado[16]. A diferença nos resultados se justifica pelo sistema construtivo em si e não pelo procedimento de medição e cálculo.

4.1.2 Inteligibilidade da Fala

A Tabela 3 apresenta o resultado da avaliação do STI medido em três pontos no ambiente de recepção e a classificação, segundo norma BS EN 60268-16 [7]. A última coluna representa a avaliação da privacidade. A diferença numérica entre o ponto 3 e os outros pontos é pequena, mas na classificação assume outra qualificação

Tabela 3 – Resultados da medição do STI

Pontos no ambiente de recepção	STI	Classificação conforme BS EN 60268-16	Privacidade (1 – STI)
P1	0,30	Ruim	Boa
P2	0,30	Ruim	Boa
P3	0,32	Pobre	Razoável

Se os resultados da avaliação da inteligibilidade da fala correspondessem à análise de uma sala a ser usada para aulas, palestras ou reuniões, a inteligibilidade seria considerada ruim e pobre e, conseqüentemente a sala seria inadequada para esses fins. No entanto, para este trabalho, quanto menor for o valor de STI, melhor é a condição de privacidade e conforto acústico entre as unidades habitacionais. Assim sob essa perspectiva, a partição avaliada pode ser considerada com boa privacidade.

4.2 Avaliação Subjetiva

Analisando as respostas das avaliações do júri quanto a percepção da fala entre os dois ambientes foi possível estimar a privacidade e o conforto promovidos pela partição. O resultado compilado da avaliação do júri está apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 - Avaliação do conforto acústico pelo júri

Nível de Percepção das sentenças faladas	Voz gravada		Voz ao vivo	
	Nível médio: 80 dB		Nível médio:	
	Feminina	Masculina	80 dB	90 dB
Ouve e entende com facilidade	0,0	0,0	4,6	57,5
Ouve e entende com dificuldade	13,1	2,3	43,1	40,8
Ouve mas, não entende	86,9	86,2	52,3	1,7
Não ouve	0,0	11,5	0,0	0,0

Segundo o júri, no caso do som gravado, a maioria se manifestou no sentido de que fala é ouvida mas não entendida, o que concorda com a avaliação feita pela análise do STI. No caso da voz ao vivo, com a emissão da voz feminina em 10 dB inferior a voz masculina, isso representou na diferença de percepção entre as vozes. De qualquer forma para a voz feminina com o mesmo nível entre som gravado e ao vivo, prevalece a situação de que o som é ouvido mas não entendido.

5 Conclusões

A avaliação do desempenho acústico da partição vertical entre duas unidades habitacionais é dado pelo $D_{nT,w}$, diferença padronizada de nível ponderada e, para a partição estudada, resultou no valor de 42 dB. Considerando-se os valores de desempenho recomendados pela norma brasileira NBR 15575 e transcritos na Tabela 1, verifica-se que essa partição apresenta o desempenho de nível mínimo.

Sistemas construtivos que no Brasil atenderiam à norma na condição de desempenho mínimo, não poderiam ser utilizados em nenhum dos países pesquisados. No caso dos países, que utilizam o mesmo parâmetro para desempenho que o do Brasil, o valor mínimo recomendado é de 45 dB.

Comparando o resultado obtido para a partição com os valores recomendados por outros países e indicados no gráfico da Figura 3, verifica-se que um sistema construtivo como esse não seria aceito em nenhum dos países representados no gráfico. Os países que apresentam os coeficientes de adaptação do espectro, (C e C_{Tf}), como complemento do critério, mostram-se mais exigentes do que os países que não utilizam esse complemento, visto que são valores nulos ou negativos. Esses resultados mostram ainda mais a dificuldade de inserção desse sistema construtivo nesses países.

Em termos de conforto acústico, o resultado ainda está aquém da expectativa dos usuários. Pesquisa feita com esse mesmo júri revelou que o nível de conforto acústico que anseiam, deve ser obtido com nível de desempenho superior da partição, de modo que não ouçam a conversação da vizinhança adjacente.

A norma brasileira de desempenho de edifícios de até cinco pavimentos, NBR 15575, teve vários pontos polêmicos durante a discussão. Uma vez aprovada e entrando em vigor, passará a ser um ponto de referência para construtores, fabricantes de materiais para a construção civil e para os usuários, sobre o desempenho do que é oferecido ao mercado e do que o mercado busca. Porém, há ainda muitos pontos a serem melhorados.

Agradecimentos

Ao pesquisador Peter J. Barry do IPT, pelo apoio e inúmeros esclarecimentos sobre o tema, que também levaram a este trabalho.

Referências

- [1] Grimwood, C. Complaints about Poor Sound Insulation between Dwellings in England and Wales *Applied Acoustics*, Great Britain, v. 52 (3/4), 1997, p. 211-223.
- [2] Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15575-1: *Edifícios Habitacionais de até Cinco Pavimentos - Desempenho. Parte 1: Requisitos Gerais*. Rio de Janeiro. 2008.
- [3] Mitidieri Filho, C.V. Desempenho Normalizado. Entrevista para a *Revista Técnica*, São Paulo: Pini, 86, Maio 2004. p. 20-23.
- [4] International Organization for Standardization. ISO 140-3: *Acoustics - Measurement of sound insulation in buildings and of building elements - Part 3: Laboratory measurements of airborne sound insulation of building elements*. Genève, 1995.
- [5] International Organization for Standardization. ISO 140-4: *Acoustics - Measurement of sound insulation in buildings and of building elements - Part 4: Field measurements of airborne sound insulation between rooms*. Genève. 1998.
- [6] International Organization for Standardization. ISO 717-1: *Acoustics - Rating of sound insulation in buildings and of building elements - Part 1: Airborne sound insulation*. Genève. 1996.
- [7] British Standards Institution, BSI. BS EN 60268-16: *Sound system equipment – Part 16: Objective rating of speech intelligibility by speech transmission index*. London. 2003.
- [8] Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15575-4: *Edifícios Habitacionais de até Cinco Pavimentos - Desempenho. Parte 4: Requisitos para sistemas de vedações internas e externas*. Rio de Janeiro. 2008.
- [9] South African Bureau of Standards. SABS 0218-1: *Acoustical properties of buildings Part 1: Grading criteria for the airborne sound insulation properties of buildings*. South Africa. 2001.
- [10] Lang, J. *et al.* *Schallschutz im wohnungsbau*. Technische Universität Wien. Viena. 2006. 113p.
- [11] Meisser, M. Réglementation acoustique des bâtiments. *Technique de l'ingénierie*, revue on line, code C 3 365, France, 2005.
- [12] NEN 1070: *Noise control in buildings - Specification and rating of quality*. The Netherlands. 1999.
- [13] Portugal. Decreto-Lei nº 96/2008. Regulamento dos requisitos acústicos dos edifícios. *Diário da República I-Série A*. nº 110, p. 3359-3372. Lisboa. 2008.

- [14] Buildings Division. *E Approved Document The Building Regulations 2000*. England Edição 2003. Disponível em: <<http://www.planningportal.gov.uk/>> Acesso em 20 Fev. 2007.
- [15] Building Industry Authority, BIA. *Building Code Clause G6, Airborne and Impact Sound*. Drafts. Wellington. New Zealand. 2004.
- [16] International Organization for Standardization. *ISO 10052: Acoustics - Field measurements of airborne and impact sound insulation and of service equipment sound - Survey method*. Genève. 2004.