XXIII ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA
SALVADOR-BA, 18 A 21 DE MAIO DE 2010

DIFERENÇA ENTRE TESTES DE DESEMPENHO ACÚSTICO EM LABORATÓRIO E CAMPO EM PAREDES DE ALVENARIA

NETO, Maria de Fatima F.[1]; BERTOLI, Stelamaris Rolla[2]; BARRY, Peter J.[3]
Universidade Estadual de Campinas
Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo
Av. Albert Einstein, 951, cep. 13083-852. Campinas-SP
[1]neto.fis@hotmail.com; [2]rolla@fec.unicamp.br

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
Av. Prof. Almeida Prado, 532, cep. 05508-901. São Paulo-SP
[3]pjb@ipt.br

RESUMO

A norma de desempenho de edifícios habitacionais, NBR 15575 (2008), apresenta critérios de desempenho para testes de partições a serem realizados em laboratório e em campo, com diferença de 5 dB a mais para os testes realizados em laboratório. Resultados obtidos nesses dois ambientes, para paredes de alvenaria, mostram que o desempenho em campo tem se igualado ou até superado os valores do desempenho em laboratório. Em relação a essa diferença são apresentadas neste trabalho, uma possível justificativa e a proposta de uma análise/alteração dos critérios da norma de desempenho.

ABSTRACT

The recently publish standard for performance in buildings, NBR 15575 (2008) presents acoustic performance criteria for partitions tested in laboratory which are 5 dB greater than the criteria for field tests. This paper presents results of measurements obtained in these two test environments for 14 different masonry walls. The laboratory results are similar to field results and none of the walls pass the laboratory criteria while only three walls do not pass the field criteria. A possible explanation of this is presented and alterations to the standard are proposed.

Palavras-chave: desempenho acústico;isolamento acústico, isolação sonora.

1. INTRODUÇÃO

O bom desempenho acústico de paredes ou elementos de separação entre ambientes é uma condição mínima requerida pelos usuários, seja em edificações para fins de habitação ou de trabalho. Os edifícios residenciais, de um modo especial terão o desempenho avaliado a partir de maio de 2010, com a entrada em vigor da norma que qualifica o desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos, entre eles, o desempenho acústico.

O Brasil estava carente de uma norma que definisse critérios de desempenho em edifícios habitacionais. Foi finalmente aprovada, em 2008, a norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) intitulada *Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho*, sob o número NBR 15575. Essa norma está dividida em seis partes: a Parte 1 refere-se aos requisitos

gerais; a Parte 2, aos requisitos para os sistemas estruturais; a Parte 3, aos requisitos para sistemas de pisos internos; a Parte 4, aos requisitos para sistemas de vedações internas e externas; a Parte 5, aos requisitos para sistemas de coberturas e, finalmente, a Parte 6, aos sistemas hidrossanitários. Embora a norma trate de edifícios de até cinco pavimentos, na parte 1 há uma nota localizada dentro do escopo (Item 1), que explicita que "Os requisitos e critérios estabelecidos nesta Norma podem ser aplicados a edifícios habitacionais ou sistemas com mais de cinco pavimentos, excetuados aqueles que dependem diretamente da altura do edifício habitacional" (ABNT NBR 15575-1, 2008, p. 1). Portanto, o desempenho acústico tratado na norma poderá ser ampliado para edifícios com mais de cinco pavimentos.

A norma NBR 15575 estabelece critérios de desempenho em edificios habitacionais em relação ao ruído aéreo, para fachadas, pisos e paredes internas ao edifício e desempenho de impacto em pisos. Para o desempenho de ruído aéreo apresenta critérios para testes feitos em laboratório e em campo. Para os testes de impacto apresenta apenas critérios para testes em campo, visto que não há laboratórios qualificados para a realização desses testes. Tais critérios foram baseados em alguns poucos estudos nacionais e, principalmente, em documentos internacionais similares.

Neste trabalho são apresentados os resultados de testes para avaliação do desempenho de ruído aéreo, realizados em laboratório e em campo, em cinco tipos diferentes de paredes de alvenaria, com finalidade de separação entre unidades habitacionais independentes, isto é, paredes de geminação.

2. DESENVOLVIMENTO E MÉTODOS

2.1 Procedimentos de avaliação

Para a avaliação do desempenho acústico, as paredes de alvenaria foram submetidas ao teste de isolação sonora em laboratório e isolamento sonoro em campo, cujos procedimentos são dados pelas normas ISO 140-3 (1995) para o laboratório e ISO 140-4 (1998) para o campo. O tempo de reverberação foi medido conforme a norma ISO 354 (2003). Finalmente, a norma ISO 717-1 (1996) foi utilizada para obter o número único de desempenho.

O teste em laboratório requer duas câmaras reverberantes. A parede em avaliação (corpo de prova) fica entre os dois ambientes: um chamado de câmara de emissão e outro de câmara de recepção, conforme esquematizado na Figura 1.

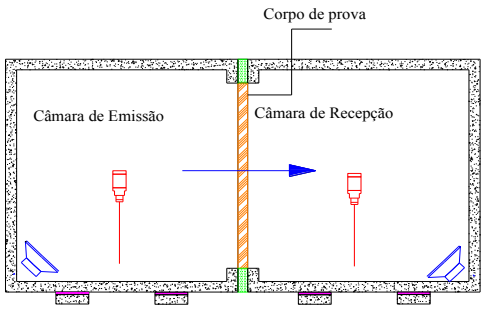

Figura 1: Desenho esquemático de câmaras reverberantes em teste de isolação sonora, em laboratório. (Fonte: adaptado de BARRY, 2005)

Na câmara de emissão é medido o nível de pressão sonora da fonte, L_1, e, no ambiente de recepção, são medidos o nível de pressão sonora, L_2, o ruído de fundo e o tempo de reverberação, T. As condições ambientais em laboratório são controladas e são medidos parâmetros como umidade do ar e temperatura; por estarem embutidos no cálculo da absorção sonora no ambiente de recepção, A, influenciam o resultado do Índice de Redução Sonora, R, que é dado pela Equação 01.

$$R = L_1 - L_2 + 10\log\left(\frac{S}{A}\right) \qquad \text{[Eq 01]}$$

onde, L_1 – nível médio de pressão sonora no ambiente de emissão, em dB; L_2 – nível médio de pressão sonora no ambiente de recepção, em dB; S – área do corpo de prova, em m^2; A – absorção sonora no ambiente de recepção, em m^2.

Em campo há dois métodos de avaliação do desempenho: Método de Engenharia e Método Simplificado de Campo, cujos procedimentos são encontrados nas normas ISO 140-4 (1998) e ISO 10052 (2004), respectivamente. Segundo Barry (2005), o Método de Engenharia deve ser preferencialmente utilizado por ser tecnicamente mais completo. Em campo, obtém-se, por meio de cálculo, a Diferença Padronizada de Nível, D_{nT}, dada pela Equação 02.

$$D_{nT} = L_1 - L_2 + 10\log\left(\frac{T}{T_o}\right) \qquad \text{[Eq 02]}$$

onde, L_1 – nível médio de pressão sonora no ambiente de emissão, em dB; L_2 – nível médio de pressão sonora no ambiente de recepção, em dB; T – tempo de reverberação no ambiente de recepção, em segundos; T_o – tempo de reverberação de referência, em edificações, T_o = 0,5s.

Um valor único do desempenho representante do conjunto de valores por frequências é obtido pelos procedimentos da norma ISO 717-1 (1996) e é obtido por meio da ponderação entre uma curva de referência dado por essa norma e a curva de desempenho dado pelo índice de redução sonora R, em laboratório, ou pela diferença padronizada, D_{nT}, em campo. A curva de referência colocada sobre a curva de desempenho deve ser deslocada verticalmente, até que a soma das diferenças entre a curva de referência e a de desempenho, de cada uma das frequências, em bandas de 1/3 de oitava, entre 100 e 3150 Hz, seja igual ou inferior a 32,0. Definida a nova posição da curva de referência, obtém-se pelo valor da curva de referência deslocada, em 500 Hz, o valor de R_w (Índice de Redução Sonora Ponderado) ou $D_{nT,w}$ (Diferença Padronizada de Nível Ponderada).

2.2 Coeficientes de adaptação do espectro

Com o intuito de obter índices para finalidades específicas, foram alteradas as curvas de referência. Entretanto, para manter a compatibilidade histórica não foram alteradas as curvas em si, mas introduzidos coeficientes de adaptação do espectro, C e C_{tr}, gerando um índice específico de avaliação do desempenho da partição: C em relação a espectros de diferentes fontes de ruído, como ruído rosa (usada entre ambientes); C_{tr} em relação ao ruído de tráfego rodoviário (usado para fachadas). Especificamente em relação a C_{tr}, a idéia na qual se baseia esse coeficiente de avaliação de isolamento sonoro entre habitações é de ter em conta o desempenho da partição em relação às baixas frequências sem realmente testá-las (RASMUSSEN e RINDEL, 2005).

2.3. Critérios de avaliação

Os critérios de desempenho dados pela norma ABNT NBR 15575 (2008) apresenta três níveis, nomeadamente, M – Mínimo, I – intermediário e S – Superior, porém, a norma exige que somente o nível M deva ser atendido. Os demais critérios são apresentados no anexo informativo. A Tabela 1, extraída do anexo da parte 4 apresenta os valores de isolamento ao ruído aéreo para os diferentes níveis de desempenho.

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

Elemento	$D_{nT,w}$ (dB)	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

3. PAREDES ENSAIADAS

Os testes em laboratório foram realizados no Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). A montagem das paredes foi acompanhada para que fosse cuidadosa, especialmente no que diz respeito ao preenchimento das juntas verticais e horizontais com argamassa, a fim de que se evitasse o surgimento de frestas que pudessem prejudicar o desempenho da parede. O reboco das paredes foi feito com 15 mm de argamassa em cada face.

Os testes em campo foram realizados em edifícios residenciais novos, localizados na cidade de São Paulo, na fase de pré-entrega das chaves aos proprietários. A maioria das paredes foi rebocada com gesso, com a espessura entre 0,7 e 1,0 cm. A parede 14 (*vide* Tab. 2), especificamente, apresentava argamassa como reboco, com espessura entre 15 e 20 mm, segundo o engenheiro responsável pela obra.

A Tabela 2 apresenta a identificação e descrição das paredes testadas em laboratório e em campo e o tipo de acabamento dado a cada parede.

Tabela 2: Identificação e descrição das paredes avaliadas

Identificação	Descrição da parede	Acabamento/ Reboco	
		Laboratório	Campo
Parede 1	Blocos de concreto de 90 mm de espessura	Argamassa	Argamassa
Parede 2	Blocos de concreto de 90 mm de espessura	Argamassa	Argamassa
Parede 3	Blocos de concreto de 90 mm de espessura	Argamassa	Argamassa
Parede 4	Blocos de concreto de 115 mm de espessura	Argamassa	Gesso
Parede 5	Blocos de concreto de 140 mm de espessura	Argamassa	Gesso
Parede 6	Blocos de concreto de 140 mm de espessura	Argamassa	Gesso
Parede 7	Blocos cerâmicos de 115 mm de espessura	Argamassa	Gesso
Parede 8	Blocos cerâmicos de 115 mm de espessura	Argamassa	Gesso
Parede 9	Blocos cerâmicos de 140 mm de espessura	Argamassa	Gesso
Parede 10	Blocos cerâmicos de 140 mm de espessura	Argamassa	Gesso
Parece 11	Blocos cerâmicos de 140 mm de espessura	Argamassa	Gesso
Parede 12	Blocos cerâmicos de 140 mm de espessura	Argamassa	Gesso
Parede 13	Blocos cerâmicos de 140 mm de espessura	Argamassa	Gesso
Parede 14	Blocos cerâmicos de 140 mm de espessura	Argamassa	Argamassa

4. RESULTADOS

4.1 Diferença entre reboco de gesso e argamassa

Segundo a Lei das Massas, a densidade superficial das paredes (kg/m^2) é um fator essencial para o desempenho relativo a isolamento sonoro. Tomando as massas médias dos blocos que compuseram as paredes testadas em laboratório, a densidade volumétrica da argamassa em 2050 kg/m^3 e a do gesso em 1100 kg/m^3 foi estimado o valor do isolamento proporcionado pela

argamassa e gesso, como reboco sobre as paredes analisadas, para a frequência de 1kHz (valor teórico conforme a Lei das Massas, somente para a frequência de 1kHz; não é o valor ponderado de desempenho). Essas estimativas estão apresentadas na Tabela 3. Os blocos que compuseram as paredes avaliadas em laboratório foram pesados e os valores médios das massas estão apresentados na segunda coluna.

A diferença entre os rebocos de gesso e argamassa resultaram em valores considerados pequenos o suficiente (1 ou 2 dB) para validar os resultados comparativos entre as paredes com os dois tipos de reboco.

Tabela 3: Influência do reboco no desempenho da parede

Identificação	Média das massas (kg)	Densidade superficial da parede (kg/m^2)		Desempenho em 1kHz (dB)	
		Reboco de argamassa	Reboco de gesso	Reboco de argamassa	Reboco de gesso
Parede 4 - Blocos de concreto de 115 mm de espessura	9,520	192	169	59	58
Paredes 5 e 6 - Blocos de concreto de 140 mm de espessura	10,310	205	183	59	58
Paredes 7 e 8 - Blocos cerâmicos de 115 mm de espessura	6,165	150	127	57	55
Paredes 9 a 14 - Blocos cerâmicos de 140 mm de espessura	7,000	164	141	57	56

A Tabela 4 mostra os resultados de três paredes avaliadas em um mesmo edifício, sendo que, duas delas apresentavam gesso como reboco e em uma das paredes, argamassa.

Tabela 4: Desempenho acústico em campo em paredes com reboco de gesso e argamassa

Parede	Acabamento/ Reboco	$D_{nT,w}$ (C; C_{tr}) (dB)
Parede 12 - Blocos cerâmicos de 140 mm de espessura	Gesso	44 (-2;-5)
Parede 13 - Blocos cerâmicos de 140 mm de espessura	Gesso	44 (-2;-4)
Parede 14 - Blocos cerâmicos de 140 mm de espessura	Argamassa	44 (-1;-4)

Verifica-se, pela Tabela 4, que o resultado de desempenho teve variação apenas nos coeficientes de adaptação do espectro; o valor da diferença padronizada de nível ponderada não apresentou diferença, resultando em zero no valor do desvio padrão e reforçando a base para validação dos valores comparativos entre campo e laboratório, independente do tipo de reboco.

Na Tabela 5 estão apresentados os resultados dos testes de desempenho realizados em laboratório e em campo e a análise conforme os critérios da norma ABNT NBR 15575-4 (2008), sendo que o símbolo (✓) corresponde ao atendimento dos critérios da norma e o símbolo (✗) corresponde ao não atendimento. Os resultados das medições das paredes de 4 a 14 foram extraídos de Neto (2009). O resultado do teste de laboratório referente às paredes 1 a 3 foi extraído de Barry (2005). A identificação das paredes foi feita por meio dos tipos de blocos que as compuseram, porém há que salientar, que os resultados obtidos, tanto em campo quanto em laboratório, referem-se a todo o sistema construtivo.

Tabela 5: Resultados do desempenho em laboratório e em campo e avaliação conforme os critérios da norma ABNT NBR 15575 (2008)

Identificação da Parede	$D_{nT,w}$ (C; C_{tr}) (dB)	Atendimento ao critério/Nível de desempenho	R_w (C; C_{tr}) (dB)	Atendimento ao critério/Nível de desempenho
Parede 1 - Blocos de concreto de 90 mm de espessura	40 (-1;-2)	M ✓		
Parede 2 - Blocos de concreto de 90 mm de espessura	40 (0;-2)	M ✓	40 (-1;-4)	*Não atende* ✗
Parede 3 - Blocos de concreto de 90 mm de espessura	40 (-1;-2)	M ✓		
Parede 4 - Blocos de concreto de 115 mm de espessura	37 (0;-1)	*Não atende* ✗	41 (-1;-4)	*Não atende* ✗
Parede 5 - Blocos de concreto de 140 mm de espessura	47 (-1;-4)	I ✓	44 (0:-3)	*Não atende* ✗
Parede 6 - Blocos de concreto de 140 mm de espessura	45 (-1;-4)	I ✓		
Parede 7 - Blocos cerâmicos de 115 mm de espessura	37 (-1;-1)	*Não atende* ✗	37 (0;-3)	*Não atende* ✗
Parede 8 - Blocos cerâmicos de 115 mm de espessura	34 (0;-1)	*Não atende* ✗		
Parede 9 - Blocos cerâmicos de 140 mm de espessura	41 (0;-2)	M ✓	39 (-1;-4)	*Não atende* ✗
Parede 10 - Blocos cerâmicos de 140 mm de espessura	41 (0;-2)	M ✓		
Parede 11 - Blocos cerâmicos de 140 mm de espessura	42 (-1;-2)	M ✓		
Parede 12 - Blocos cerâmicos de 140 mm de espessura	44 (-2;-5)	M ✓		
Parede 13 - Blocos cerâmicos de 140 mm de espessura	44 (-2;-4)	M ✓		
Parede 14 - Blocos cerâmicos de 140 mm de espessura	44 (-1;-4)	M ✓		

Verifica-se também, pelos resultados da Tabela 5, que no conjunto das paredes testadas em campo, apenas três paredes (de dois tipos diferentes) não atendem aos critérios da norma ABNT NBR 15575 (2008), enquanto que nenhum dos cinco tipos testados em laboratório atende aos critérios. Em comparação com os resultados em laboratório e em campo, apenas a parede 4 apresentou resultado em laboratório superior ao resultado em campo, porém, com diferença de 4 dB. Observa-se que a diferença que consta da norma da ABNT é de 5 dB.

5. DISCUSSÃO

Os resultados deste trabalho relativo aos desempenhos de isolamento acústico em laboratório e em campo de paredes de alvenaria inicialmente chamaram a atenção, pois esperava-se que os resultados em laboratório superassem os resultados em campo.

Surpreendeu o fato de que as paredes compostas por blocos com 90 mm de espessura apresentaram desempenho superior ao desempenho das paredes compostas por blocos com 115 mm, aparentemente contrariando a Lei das Massas. Segundo Paixão (2002), a Lei das Massas resulta de simplificações e, portanto, não pode ser aplicada indiscriminadamente, na construção civil. A mesma idéia se aplica na equivalência dos resultados de paredes rebocadas com gesso ou com argamassa.

A análise desses resultados passa então, a ser direcionada para outros fatores que influenciam o desempenho acústico de isolamento das paredes, seja em laboratório ou em campo, e que, além da massa, englobam a rigidez, amortecimento interno, frequência crítica e ressonâncias (BISTAFA, 2006). Há frequências específicas em que um fator ou outro passa a ser dominante no desempenho das paredes. Como a parede de alvenaria é um produto composto o seu desempenho final dependerá das características individuais de cada material que a compõe (PAIXÃO, 2002).

Uma explicação complementar é que a configuração de ensaio e a montagem do corpo de prova diferem nas duas situações. No laboratório busca-se evitar caminhos de propagação laterais, isolando o corpo de prova da estrutura das câmaras e da instalação de contorno. No campo, o corpo de prova está em contato direto com o contorno e, sendo assim, pode-se afirmar que está acusticamente acoplado à estrutura do edifício. Isto permite que parte da energia seja dissipada por amortecimento na estrutura e parte seja propagada para outros ambientes do edifício, que não o ambiente de recepção, resultando em valores de isolamento relativamente melhores para a situação *in situ* e compensando a montagem tipicamente mais cuidadosa, no teste de laboratório.

Utilizando as técnicas de análise estatística de energia (SEA) para simular diversas configurações, Craik (1992a) obteve uma diferença para uma parede de alvenaria maciça de 4,2 dB entre montagem rígida (acoplado ao contorno) e montagem elástica (desacoplado do contorno). Uma diferença entre montagens rígida e elástica também foi registrada em um programa interlaboratorial europeu, onde o valor de R_w para a montagem elástica foi 5 dB inferior ao da montagem rígida (MEIER *et al.*, 1999a; MEIER *et al.*, 1999b). Nesse mesmo trabalho foi utilizado o parâmetro "fator total de perda", η, (apresentado em anexo da norma ISO 140-3 (1995)) para tentar harmonizar os resultados de diferentes laboratórios.

Propõe-se, então, investigar o uso desse parâmetro para harmonizar os resultados de laboratório e de campo, cujos métodos de medição são apresentados nos trabalhos de Meier *et al.* (1999a) e Craik e Barry (1992b). A normalização proposta segue na Equação 03, para freqüências superiores à freqüência crítica:

$$R_{Normalizado} = R_{Medido} + 10\log\left(\frac{\eta_{referência}}{\eta_{Medido}}\right) \qquad \text{[Eq 03]}$$

Este fator inclui amortecimento interno, perdas no contorno e perdas de radiação, porém pode não ser suficiente para avaliar as perdas de caminhos laterais em situações de campo. Convém observar que estes fenômenos mencionados têm efeitos atenuados em sistemas construtivos leves nos quais o corpo de prova tende ser desacoplado da estrutura; por exemplo, o sistema *drywall*. A contribuição do amortecimento também será menor em sistemas leves, já que ocorre acima da frequência crítica (Equação 03) que é tipicamente mais alta do que em alvenaria.

Em relação aos coeficientes de adaptação do espectro, seus valores mostram que as partições são menos eficientes em baixas frequências, sendo necessária uma atenção especial, caso sejam utilizadas em fachadas. A adoção desses coeficientes de adaptação do espectro pela norma de desempenho de edifícios torna os critérios mais exigentes porém, passam informações importantes para projetistas e construtores que realmente almejam um desempenho acústico melhor.

6. CONCLUSÕES

Alguns países estabelecem critérios de avaliação de desempenho para ensaios em campo e em laboratório, embora os critérios de laboratório sejam sempre mais exigentes. Outros, porém, utilizam somente os critérios de campo.

Diante dos resultados apresentados neste trabalho, fica evidente que existe a necessidade de mais investigação sobre o tema para sistemas construtivos brasileiros. Propõe-se, então, a revisão da norma de desempenho em edifícios habitacionais de até cinco pavimentos, visto que, na forma como a norma está apresentada, não há como atender aos critérios em laboratório. Os possíveis ajustes englobam: a revisão dos critérios; estabelecimento de critérios diferentes para diferentes sistemas construtivos e medições/cálculos complementares para normalizar os resultados das medições de laboratório e de campo ou para converter os resultados de laboratório para a situação de campo.

REFERÊNCIAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1**: Edifícios Habitacionais de até Cinco Pavimentos - Desempenho. Parte 1: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro. 2008.
2. _____. **NBR 15575-4**: Edifícios Habitacionais de até Cinco Pavimentos - Desempenho. Parte 4: Requisitos para sistemas de vedações internas e externas. Rio de Janeiro. 2008.
3. BARRY, Peter J. **Desempenho acústico em edifícios habitacionais**. Seminário Habitação: Desempenho e inovação tecnológica. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, IPT. São Paulo, 26-27 de outubro. 2005. pg 76-83.
4. BISTAFA, Sylvio R. **Acústica aplicada ao controle do ruído**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 2006. 368p.
5. CRAIK, R.M. The Influence of the Laboratory on Measurements of Wall Performance. **Applied Acoustics**, v. 35, p. 25-46. 1992a.
6. CRAIK, R.M., BARRY, P.J. The internal damping of building materials. **Applied Acoustics**, v. 36, p.139-148. 1992b.
7. 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.
8. _____. **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.
9. _____. **ISO 354:** Acoustics- Measurement of Sound Absorption in a Reverberation Room**.** Genève, 2003.
10. _____. **ISO 717-1**: Acoustics - Rating of sound insulation in buildings and of building elements - Part 1: Airborne sound insulation. Genève. 1996.
11. _____. **ISO 10052**: Acoustics - Field measurements of airborne and impact sound insulation and of service equipment sound - Survey method. Genève. 2004.
12. MEIER, A., SCHMITZ, A., RAABE, G., Interlaboratory Test of Sound Insulation on Heavy Walls – Part I Preliminary Test. **Building Acoustics, v**. 6, p.159-169. 1999a.
13. MEIER, A., SCHMITZ, A., RAABE, G., Interlaboratory Test of Sound Insulation on Heavy Walls – Part II Results of Main Test**. Building Acoustics,** v. 6, p171-186. 1999b.
14. NETO, Maria de Fatima Ferreira. **Nível de conforto acústico: uma proposta para edifícios residenciais.** Campinas, 2009. 257 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Civil, Universidade Estadual de Campinas.
15. PAIXÃO, Dinara Xavier. **Caracterização do isolamento acústico de uma parede de alvenaria, utilizando análise estatística de energia (SEA)** Florianópolis, 2002. 182 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.
16. RASMUSSEN, Birgit, RINDEL, Jens Holger. Concepts for evaluation of sound insulation of dwellings - from chaos to consensus? **Proceedings…** Forum Acusticum 2005. Budapest. 2005.