

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

PANORAMA DO DESEMPENHO ACÚSTICO DE EDIFICAÇÕES: RESULTADOS DE TESTES DE ISOLAMENTO SONORO EM CAMPO¹

SANTANA, Wylliam (1); MAUÉS, Luiz (2); PICANÇO, Marcelo (3)

(1) UFPA/NUHAM, e-mail: wyll_santana@hotmail.com; (2) UFPA/NUHAM, e-mail: maués@ufpa.br; (3) UFPA/GAEMA, e-mail: marcelosp@ufpa.br

RESUMO

A NBR 15575 (ABNT, 2013) é um marco no estudo do desempenho das edificações no Brasil, pois estabelece critérios para o desempenho acústico das vedações em edificações residenciais. Este artigo tem como objetivo avaliar o desempenho acústico de vedações internas, verticais, e horizontais de edifícios de múltiplos pavimentos. Para isso foram realizados testes em campo, de isolamento sonoro ao ruído aéreo no piso e nas paredes internas das edificações. Diversas tipologias de vedações foram avaliadas, como: alvenaria de tijolos cerâmicos, blocos de concreto e paredes estruturais, revestidas com gesso ou argamassa; lajes maciças ou nervuradas revestidas com cerâmica ou porcelanato. Dos resultados obtidos, as vedações verticais internas apresentaram os piores resultados, e aproximadamente 80% destas não atenderam aos requisitos mínimos da norma de desempenho. Todas as lajes avaliadas atenderam aos requisitos mínimos de desempenho acústico ao ruído aéreo, e 3 das 4 lajes estudadas atingiram inclusive nível intermediário nesse desempenho. Através desse estudo é possível concluir que a adequação dos serviços que envolvem vedações à Norma de desempenho NBR 15575 (2013) é um desafio para os construtores locais.

Palavras-chave: Desempenho das Edificações. Desempenho Acústico. NBR 15575 (ABNT, 2013). Isolamento Acústico.

ABSTRACT

The NBR 15575 (ABNT, 2013) is a landmark in the study of the building performance in Brazil, because it establishes criteria for the acoustic performance of the walls in residential buildings. The aim of this study is to evaluate the acoustic performance of internal, vertical, and horizontal walls of buildings with multiple floors. For that, they were conducted field tests: acoustic insulation of noise on the floor and in the walls of the buildings. Several types of walls were evaluated, such as masonry ceramic bricks, masonry of concrete blocks and reinforced concrete walls coated with plaster or grout, solid or ribbed concrete slabs coated with ceramic or porcelain tile. From the results, the internal walls produced the worst results, and approximately 80% of these did not meet the minimum requirements of the performance standard. All evaluated walls met the minimum requirements for acoustic performance of noise, and 3 of the 4 studied samples even reached intermediate level in this performance. Through this study, it can be concluded that the adequacy of masonry services to the standard performance NBR 15575 (2013) is a challenge for local builders.

¹ SANTANA, Wylliam; MAUÉS, Luiz; PICANÇO, Marcelo. Panorama do desempenho acústico de edificações: resultados de testes de isolamento sonoro em campo. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

Keywords: *Building Performance. Acoustic Performance. NBR 15575 (2013). Acoustical Insulation.*

1 INTRODUÇÃO

No tocante ao desempenho acústico, anteriormente a primeira versão da NBR 15575 (ABNT, 2013) poucas medidas advindas do poder público foram tomadas, e quando tomadas, normalmente visando solucionar um cenário de calamidade pública, na forma de Leis, como a Lei 8106 de 30/08/1974, conhecida pela alcunha de "Lei do Silêncio", e normas, como a NBR 10151 (ABNT, 2000) e a NBR 10152 (ABNT, 1987), estabelecendo critérios para o conforto acústico.

Ainda assim, diversos estudiosos destacavam a necessidade de tal regulamentação. Baring (2007), critica as tentativas de regulamentação pelo governo e evidencia a necessidade da criação de uma norma que estabeleça parâmetros mais claros e passíveis de fiscalização, no sentido de efetivamente proporcionar mais qualidade de vida no tocante ao conforto acústico para a sociedade em toda a sua conjuntura, nas escolas, lares, ambiente de trabalho e etc.

Após sua publicação, a NBR 15575 (ABNT, 2013) torna-se uma peça fundamental na busca de adequar o desempenho acústico dos edifícios com a expectativa do consumidor. E, no entanto, impõe que as construtoras se adaptem para atender às suas exigências.

Neste sentido, este artigo tem como objetivo avaliar o desempenho acústico ao ruído aéreo de vedações verticais e horizontais de edifícios de múltiplos pavimentos. Visando não só aumentar o conhecimento a respeito do isolamento acústico proporcionado pelas diversas tipologias construtivas empregadas atualmente, como também, ajudar a esclarecer qual delas representa o ponto mais sensível à que as construtoras terão de lidar, no que concerne ao isolamento acústico, para atender à norma de desempenho das edificações NBR 15575 (ABNT, 2013).

A metodologia se deu pela aplicação dos ensaios de isolamento acústico ao ruído aéreo de paredes e lajes em campo, realizados com o intuito de identificar o desempenho acústico das edificações.

Uma das limitações desta pesquisa é o espaço amostral restrito em virtude dos ensaios exigirem apartamentos concluídos que dividam paredes ou lajes geminadas, restando duas alternativas, edificações ocupadas ou em processo de entrega ao usuário. Ambos os casos com dificuldades para autorização, por receio dos moradores ou pelo tempo exigido para realização dos ensaios (em média 1,5 horas).

2 METODOLOGIA

2.1 Edificações avaliadas

Foram analisadas 5 edificações distintas localizadas na Região Metropolitana

de Belém, os ensaios de campo foram realizados durante a etapa de entrega da edificação. À exceção da edificação 4, a qual os ensaios foram realizados após a entrega dos apartamentos.

No quadro 1 são apresentadas as vedações avaliadas, identificadas pela sigla e numeração, agrupadas conforme a numeração da edificação. Este quadro é importante pois permite comparar as tipologias construtivas com os resultados globais dos ensaios contidos na tabela 2.

Quadro 1 - Tipologias construtivas das vedações estudadas, agrupadas por edificação.

EDIFICAÇÃO	VEDAÇÃO VERTICAL INTERNA (PAREDE)	VEDAÇÃO HORIZONTAL (LAJE)
1	VVI1	VH1
2	VVI2 e VVI6	VH3
3	VVI3	VH4
4	VVI4	VH2
5	VVI5	-

Fonte: O autor

No quadro 2 é apresentada uma descrição detalhada das tipologias construtivas de cada uma das vedações citadas no quadro 1. O termo espessura final refere-se a espessura total da parede quando acabada, isto é, somando a espessura do material de vedação (tijolo cerâmico, bloco de concreto, etc.), camada regularizadora (piso ou parede) e revestimento das duas faces. A argamassa utilizada no reboco e contrapiso normalmente empregados na região são composto de cimento e areia, traços 1:3 e 1:4 respectivamente.

Quadro 2 – Descrição das tipologias construtivas das vedações estudadas.

Sigla	Descrição	Espessura Final
VVI1	Parede de tijolo cerâmico (9x19x19cm) rebocada com argamassa nas duas faces	11cm
VVI2	Parede de tijolo cerâmico (9x19x19cm) rebocada com argamassa nas duas faces	13cm
VVI3	Parede de tijolo cerâmico (9x19x19cm) rebocada com gesso nas duas faces	15cm
VVI4	Parede de bloco de concreto (14x29x19cm) rebocada com gesso nas duas faces	15cm
VVI5	Parede de concreto armado (10cm de espessura) rebocada com argamassa nas duas faces	15cm
VVI6	Parede de gesso acartonado (espessura da folha de 1,25cm) sem enchimento	9cm
VH1	Laje nervurada utilizando EPS, com 8cm de espessura na matriz e 25cm na nervura, com revestimento cerâmica comum	31cm
VH2	Laje maciça (10cm), com revestimento cerâmico comum	16cm
VH3	Laje maciça (12cm), com revestimento em porcelanato	21cm
VH4	Laje maciça (15cm), com revestimento em porcelanato	20cm

Fonte: O autor

2.2 Procedimentos dos ensaios em campo

Para avaliação do desempenho acústico, foram realizados testes de isolamento sonoro ao ruído aéreo em campo no piso e nas paredes internas.

Estes testes seguiram os procedimentos da norma internacional ISO 16283-1 (2014), substituta da ISO 140 (1998), esta última recomendada pela norma brasileira em detrimento da falta de normas nacionais.

O tempo de reverberação foi obtido segundo os preceitos da ISO 3382-2 (2008), utilizando 3 posições da fonte para cada 2 duas posições do microfone.

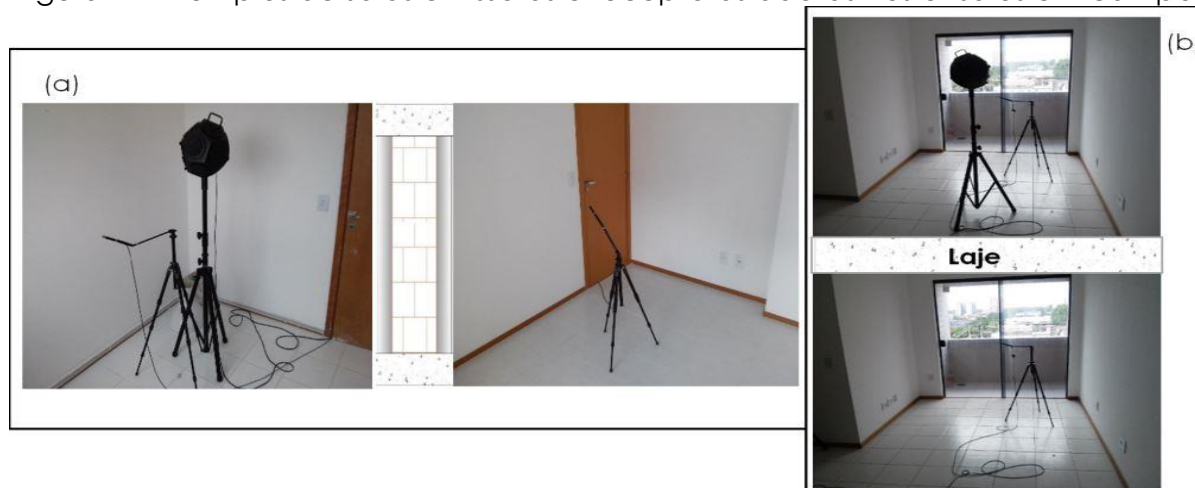
Seguindo o recomendado pela ISO 16283-1 (2014), as medições de ruído de fundo foram realizadas com 6 posições de microfone, e a determinação dos valores únicos ponderados, característicos do isolamento acústico das vedações utilizado para fins de comparação com os requisitos da norma de desempenho, seguiram os procedimentos das normas ISO 717-1 (2013) para testes de isolamento ao ruído aéreo.

Estes ensaios foram realizados em parceria com o Grupo de Acústica e Vibrações (GVA) da Universidade Federal do Pará (UFPA), responsável por disponibilizar os equipamentos utilizados, listados a seguir:

- Fonte emissora dodecaédrica omnidirecional: Marca Bruel & Kjaer, do tipo 4296 Omnipower;
- Pré-amplificador de sinal: do tipo 2716 da marca Bruel & Kjaer;
- Microfone de ½" da marca Bruel & Kjaer;
- Medidor do nível de pressão sonora: do tipo 1, de dois canais, Investigator, modelo 2260 da marca B&K, nº de série 2572851.

O parâmetro de ambos ensaios é a diferença padronizada de nível ponderada, determinado pela medição da diferença do nível de pressão sonora emitido em um ambiente, ambiente de emissão, e o nível de pressão sonora no ambiente oposto adjacente à vedação estudada, ambiente de recepção. A Figura 1 exemplifica estas medições, onde vê-se a fonte sonora e o microfone na sala escolhida como emissora e apenas o microfone (chamado em acústica de "medidor de nível de pressão sonora" ou MNPS) na sala escolhida como receptora.

Figura 1 – Exemplos de salas emissoras e receptoras adotadas nos ensaios em campo



Notas: Nota-se a diferença no posicionamento das salas emissora e receptora nos ensaios de isolamento ao ruído aéreo em campo de paredes (a) e lajes (b)

Fonte: O autor

Para a escolha das salas emissora e receptora a ISO 16283-1 (2014) recomenda que a maior deve ser escolhida como a sala emissora, e quando o elemento estudado for uma vedação horizontal (laje), que a fonte sonora seja posicionada sobre a vedação, portanto, a sala emissora deve ser localizada no pavimento superior ao da sala receptora (Figura 1b).

As áreas dos pisos dos ambientes tinham menos de 50 metros quadrados, neste sentido, conforme a ISO 16283-1 (2014), foram realizadas 5 medições do nível de pressão sonora em diferentes posições na sala receptora, repetidas uma vez para uma nova posição da fonte sonora na sala emissora, e duas medições do nível de pressão sonora na sala emissora, com a fonte sonora nas mesmas posições adotadas durante as medições de recepção (Figura 2).

Figura 2 – Arranjos dos equipamentos de medição nos ensaios de isolamento ao ruído aéreo em campo de paredes (a) e lajes (b)

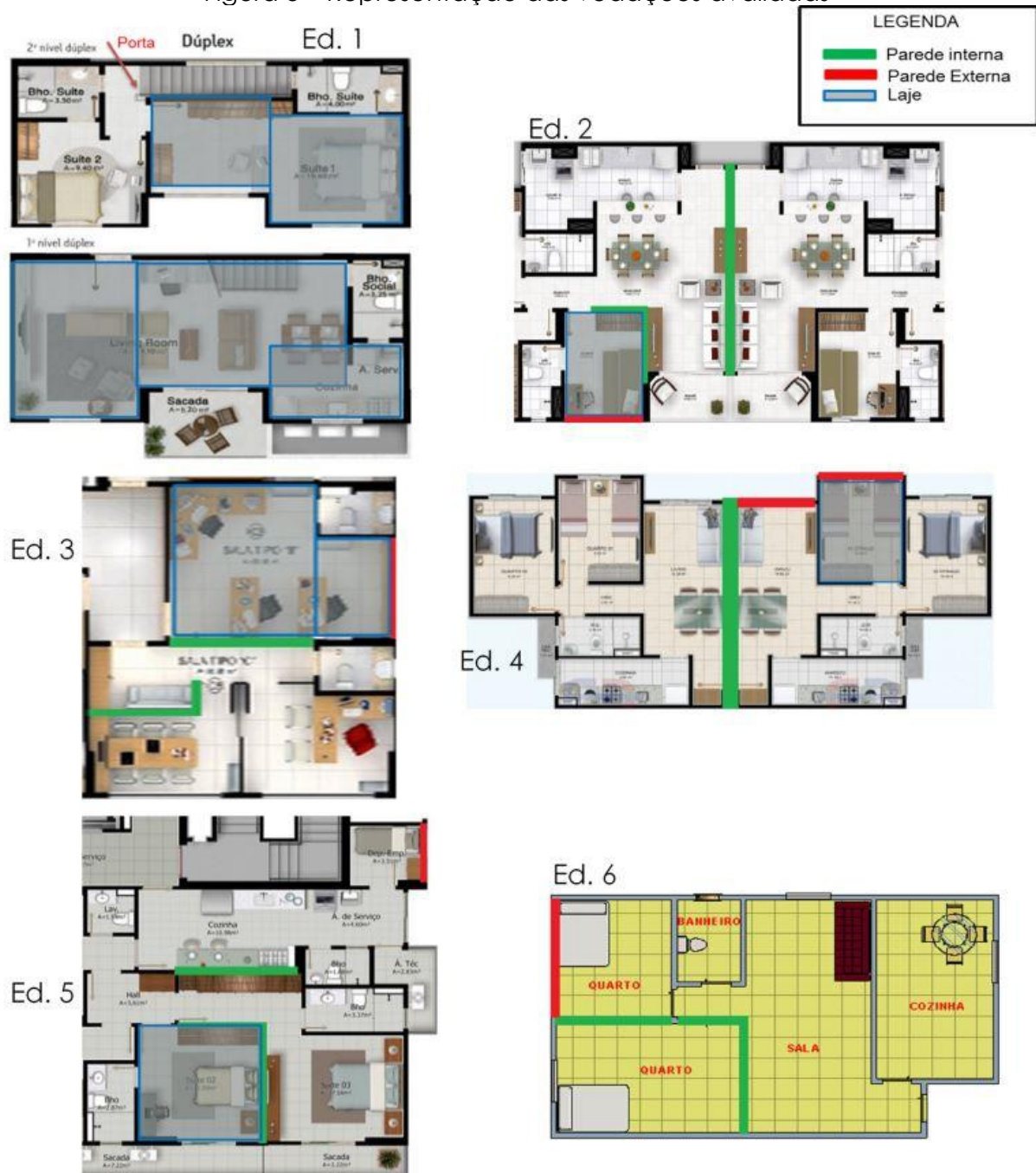


Fonte: adaptada de panfletos

Quanto à temperatura interior dos ambientes no momento das medições, houve pouca variação, permanecendo de 29° C à 31° C.

A Figura 3 contém a representação das vedações avaliadas em cada edificação. É importante destacar que, no tocante às paredes internas, a norma de desempenho contempla apenas paredes geminadas, no entanto, nestas edificações não ocorre o uso de paredes geminadas duplas, desta forma, não há diferença entre qualquer das paredes internas e portanto foram avaliadas qualquer parede entre ambientes internos sem perda de representatividade.

Figura 3 – Representação das vedações avaliadas



Fonte: adaptadas de panfletos

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Critérios de desempenho acústico

A parte 1 da NBR 15575 (ABNT, 2013) especifica que a edificação habitacional deve apresentar isolamento acústico adequado das vedações externas, no que se refere aos ruídos aéreos provenientes do exterior da edificação habitacional, e isolamento acústico adequado entre áreas comuns e privativas.

A Tabela 1 apresenta os critérios de desempenho acústico normativos utilizados para fins de comparação com os ensaios realizados. O nível mínimo (M) estabelece os mínimos valores para que a edificação se enquadre nos parâmetros de desempenho. Além do mínimo, são indicados também os níveis de desempenho intermediário (I) e superior (S), prevendo a iniciativa do construtor/incorporador de apropriar melhoria da qualidade levando-se em conta a relação custo/benefício.

Tabela 1. Critérios de desempenho acústico normativos, para ensaios em campo

Elemento	Critérios de desempenho acústico* (dB)		
	M	I	S
Desempenho acústico do piso ao ruído aéreo - DnT,w	40-44	45-49	≥50
Desempenho acústico de paredes ao ruído aéreo - DnT,w	40-44	45-49	≥50

Notas: *Vedações separando uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria nos pavimentos

Fonte: ABNT NBR 15575 partes 3 e 4 (2013)

3.2 Resultados dos ensaios

Ao longo deste trabalho foram realizados 13 ensaios de isolamento acústico ao ruído aéreo, 9 de vedações verticais internas e 4 de vedações horizontais.

A Tabela 2 apresenta estes resultados agrupados por edificação. As tipologias das vedações ensaiadas são descritas nos quadros 1 e 2 seguindo esta mesma estrutura.

Devido às limitações desta pesquisa a maioria das tipologias foram ensaiadas apenas uma vez, com exceção das vedações verticais das edificações 1, 3 e 5, com uma repetição. Os resultados das vedações verticais internas da edificação 2 são referentes às VVI2 e VVI6 respectivamente.

Tabela 2 - Desempenho acústico das edificações estudadas

EDIFICAÇÃO	VEDAÇÃO VERTICAL (PAREDE)	VEDAÇÃO HORIZONTAL (LAJE)
	Internas DnT,w (dB)	Ruído Aéreo DnT,w (dB)
1	27 X 28 X	40 ✓

2	42 ✓ 26 X	46 ✓
3	38 X 33 X	48 ✓
4	45 ✓	48 ✓
5	21 X 27 X	

Nota: ✓ Atende ao nível mínimo da NBR 15575 (ABNT, 2013)

✓ Atende ao nível intermediário da NBR 15575 (ABNT, 2013)

X Não atende à NBR 15575 (ABNT, 2013)

Fonte: O autor

Destes ensaios observa-se claramente que os piores resultados são referentes às paredes internas, em que 7 das 9 vedações não atendem à norma. Os resultados positivos destas vedações foram referentes às paredes VVI2 e VVI4, esta última obtendo desempenho intermediário.

Estes resultados insatisfatórios das vedações verticais corroboram com a literatura, Silva Jr. e Silva (2014) obtiveram resultados insatisfatórios semelhantes das paredes internas na região nordeste, após realizar os quatro ensaios previstos na NBR 15575 (ABNT, 2013) concluíram que “as vedações verticais são hoje a maior preocupação dos construtores para atendimento à norma de desempenho NBR 15575 (ABNT, 2013)”.

Das vedações horizontais foram estudadas duas tipologias das mais empregadas em edificações no país, que utilizam lajes nervuradas e maciças. Dos resultados obtidos, todas as edificações atendem o desempenho mínimo e 3 das 4 atingem inclusive o desempenho intermediário.

O resultado das lajes corrobora com a literatura, pois segundo Litwinczik (2012), o isolamento ao ruído aéreo de lajes é o tema menos preocupante na avaliação de desempenho acústico das edificações, e afirma que os sistemas de piso comumente utilizados no Brasil que empregam concreto armado, sobreposto por uma camada regularizadora em argamassa, constituem uma vedação que possui uma boa isolamento acústica aos ruídos aéreos.

4 CONCLUSÕES

As vedações verticais apresentaram os piores resultados de desempenho acústico, onde 78% das vedações avaliadas não atingiram o critério mínimo normativo.

As lajes por outro lado, obtiveram resultados positivos, todas atendendo o requisito mínimo da NBR 15575-3 (ABNT, 2013) e inclusive 3 das 4, proporcionando nível de desempenho intermediário, oferecendo um isolamento acústico um pouco melhor para o consumidor que o mínimo exigido.

Estes resultados demonstram que as vedações verticais são, hoje, uma grande preocupação das construtoras para atender à norma de desempenho NBR 15575 (ABNT, 2013).

Cabe ressaltar que este estudo não diminui a importância da utilização de tecnologias que agreguem desempenho acústico às lajes, pois é sabido que o isolamento acústico de uma vedação depende não só do seu material matriz (NETO e BERTOLI, 2010, p. 177) mas também de todo o sistema construtivo (TAIBO e DAYAN, 1984), por exemplo, a existência de uma janela (SCHVARSTZHAUPT *et al.*, 2014, p. 135), um furo (PIÃO *et al.*, 2008) ou mesmo a variação da fresta da porta (KIM, 2012) podem causar uma redução significativa do isolamento da vedação.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Grupo de Vibrações e Acústica (GVA).

REFERÊNCIAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10151**. Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 10152**: Níveis de ruído para conforto acústico – Procedimento. Rio de Janeiro, 1987.

_____. **NBR 15575-1**: Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 15575-3**: Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 15575-4**: Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE. Rio de Janeiro, 2013.

BARING, J. G. D. A. Sustentabilidade e o controle acústico do meio ambiente. **Acústica e Vibrações**, n. 38, p. 1–6, Março de 2007.

ISO. INTERNATIONAL STANDARDS ORGANIZATION. **ISO 140-14**: Acoustics -- Measurement of sound insulation in buildings and of building elements -- Part 14: Guidelines for special situations in the field. Switzerland. 2004.

_____. **ISO 16283-1**: Acoustics -- Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements -- Part 1: Airborne sound insulation. Switzerland. 2014.

_____. **ISO 3382-2**: Acoustics -- Measurement of room acoustic parameters-- Part 2: Reverberation time in ordinary rooms. 2008. 17 p.

_____. **ISO 717-1**: Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of building elements - Part 1: Airborne sound insulation, Switzerland, 2013.

KIM, Myung J. In-situ sound insulation performance of interior doors with slit-shaped apertures. **Journal of Asian Architecture and building Engineering**. p.205-212. 2012.

LITWINCZIK, Vítor. E-book – Acústica de Edificações: Pisos Desempenho Acústico. ANIMACUSTICA, P. 19, Florianópolis 2012.

NETO, Maria de Fatima F.; BERTOLI Stelamaris, R. Desempenho acústico de paredes de blocos e tijolos cerâmico: uma comparação entre Brasil e Portugal. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 169-180, out./ dez. 2010.

PIÃO, Adriano; GODINHO, Luíz; TADEU, António. Comportamento acústico de paredes de alvenaria, na presença de pequenas aberturas e diferentes inclusões. In: Acústica 2008, 2008, Coimbra. **Anais...**Coimbra, Portugal. Acústica 2008, 2008.

SÃO PAULO. **Lei nº 8.106, de 30/08/1974**. Dispõe sobre sons urbanos, fixa níveis e horários em que será permitida a sua emissão nas diferentes zonas de uso e atividades, e dá outras providências. São Paulo, SP, 30 de agosto 1974. Disponível em: <<http://cmspbdoc.inf.br/iah/fulltext/leis/L8106.pdf>>. Acesso em: 18/05/2016.

SILVA Jr., Otávio J.S.; SILVA, Angelo J.C. Panorama do comportamento acústico em edificações do nordeste brasileiro – resultados de estudos de casos. In: 1º SIMPÓSIO DE ARGAMASSAS E SOLUÇÕES TÉRMICAS DE REVESTIMENTO, v. 1, 2014, Coimbra/Portugal. **Anais...** Coimbra/Portugal: ITeCons. 2014.

SCHVARSTZHAUPT, Cristiane C.; TUTIKIAN, Bernardo F.; NUNES, Maria F. O., de. Análise comparativa do desempenho acústico de sistemas de fachada com esquadrias de PVC com persiana e diferentes tipos de vidros em ensaios de laboratório. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 135-145, out./dez. 2014

TAIBO, Lucía; DAYAN, Hilda G. Comparison of laboratory and field sound insulation measurements of party walls and facade elements. **Journal of the Acoustic Society of America**. p.1522-1531. 1984.