

ANALISE DE ATENUAÇÃO DE RÚIDO DE IMPACTO EM PISO DE EDIFICAÇÕES – ESTUDO DE CASO

Rafaela Ferraz (1); Frederico Luiz C. Moura (2); Marco Antonio M. Vecci (3)

- (1) UFMG, Arquiteta e Urbanista, Mestranda em Engenharia de Estruturas, Área de concentração: Acústica, e-mail: rafaela@dees.ufmg.br
- (2) UFMG, Engenheiro Mecânico, Mestrando em Engenharia de Estruturas, Área de concentração: Acústica, e-mail: fred@dees.ufmg.br
- (3) UFMG, Professor Adjunto IV, Dept^o. de Engenharia de Estruturas, e-mail: vecci@dees.ufmg.br

RESUMO

O desenvolvimento de sistemas construtivos para proporcionar conforto acústico em edificações tem sido uma constante preocupação para a melhoria da qualidade de vida nos dias de hoje. Neste trabalho, são apresentados alguns conceitos de controle de ruído de impacto, utilizados em projetos de pisos flutuantes para reduzir o incomodo gerado pela queda de objetos e caminhar de pessoas, em edificações de andares múltiplos. Um estudo de caso é apresentado, no qual o sistema foi avaliado através de ensaios utilizando metodologia baseada na norma ISO 140-7:1998 e classificado em conformidade com as normas ISO 717-2:1996 e ASTM E 989:1989. A análise dos resultados experimentais do sistema de piso flutuante estudado, constituído por manta de polietileno, contra-piso e tábua corrida, instalado sobre laje nervurada tipo ATEX, complementado com forro suspenso em gesso e lã de vidro sob a laje, apresentou resultados apropriados para sua condição de uso. O nível de pressão sonora de impacto normalizado ponderado (L'_{nw}) e a classe de isolamento de impacto sonoro (CII) atenderam as condições de conforto acústico recomendadas pelo FHA, na modalidade de Graduação do Tipo I, característico de ambientes onde se deseja um alto padrão de isolamento sonora de ruído de impacto de piso.

ABSTRACT

The development of constructive systems to provide acoustic comfort in buildings has been a permanent concern nowadays in order to improve the life quality of its users. In this paper, some concepts of impact noise control are presented. These concepts are used in floating floor system designing to reduce the annoyance caused by object fall and footfall in multi-story buildings. A case study is presented for which tests were performed utilizing a methodology based on standard ISO 140-7:1998 and the result classification according to the standards ISO 717-2:1996 and ASTM E 989:1989. The analysis of experimental results of the studied floating floor system, comprised by resilient polyethylene pad, concrete slab and wooden floor installed over a slab of ATEX type, complemented with suspended ceiling in gypsum and glass wool under the concrete structural slab presented appropriate results for the system's utilization conditions. For the case study presented the Weighted Normalized Impact Sound pressure level (L'_{nw}) and the Impact Insulation Class (IIC) obtained, met the acoustic comfort conditions recommended by the FHA, in the ratings grade Type I, which is recommended where a high level of sound isolation of floor impact noise is required.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento técnicas construtivas para proporcionar conforto acústico em edificações tem sido uma constante preocupação em vários países. No Brasil, esta temática vem ganhando espaço em diversas instituições de ensino e pesquisa e em empresas privadas, com o objetivo de gerar conhecimentos e, assim, proporcionar a disseminação destes de forma a catalisar suas aplicações na indústria da construção civil.

Com a finalidade de garantir que o sistema construtivo possa atender as exigências de conforto nas edificações, torna-se necessário o estudo do desempenho quanto ao conforto acústico do usuário. A análise e proposições de novas soluções com estas diretrizes são de grande interesse técnico, científico e social no âmbito nacional. Dessa forma, a engenharia e a arquitetura passam a ter um papel social no processo de prover moradias com conforto acústico apropriado para seus usuários.

O isolamento do ruído de impacto em pisos de edificações é de grande importância para o conforto acústico, principalmente em ambientes residenciais. O ruído estrutural é produzido por impactos nos elementos da edificação – paredes, pisos, coberturas, entre outros. Os impactos geram vibrações nos elementos do edifício que, por sua vez, irradiam som para os ambientes. Assim, quando ocorre a queda de um objeto, ou uma pessoa caminha, o ruído de impacto é produzido, podendo gerar incômodo aos usuários dos ambientes adjacentes.

Os mecanismos comumente usados para isolar o ruído de impacto são os sistemas que combinam pisos flutuantes e forros suspensos. Os pisos flutuantes são normalmente constituídos por placas sobre suportes resilientes usados para atenuar a propagação da onda mecânica, gerada pelo impacto, através da estrutura da edificação. Os forros suspensos são instalados sob o piso, formando um entre forro entre a laje estrutural e o forro do pavimento inferior. Normalmente estes forros são suspensos com molas ou elastômeros e revestidos internamente com material fono absorvente.

A qualidade da atenuação do ruído de impacto de um sistema piso-forro, entre dois ambientes verticalmente adjacentes, pode ser avaliada utilizando medições acústicas no pavimento inferior, dos sons provenientes de um sistema gerador de ruído de impacto padronizado instalado no piso superior. Esse sistema gerador de ruído é constituído por uma máquina padrão, em conformidade com as normas ISO 140-6: 1998 e ISO 140-7:1998, a qual gera ruído de impacto através da queda sequencial de uma série de pequenos pesos sobre o piso de ensaio. Os procedimentos de medição sonora também são realizados em conformidade com a norma ISO 140-7:1998. Esses ensaios permitem determinar as os ruídos nas diversas frequências, 1/3 ou 1/1 de oitava, ou seja, os Níveis de Pressão Sonora de Impacto Normalizados, assim como o Nível de Pressão Sonora de Impacto Normalizado Ponderado (L'_{nw}) e a Classe de Isolamento de Impacto (CII), determinado pela norma ASTM E 989:1989. Estes, por sua vez, representam uma classificação do comportamento do sistema do piso submetido aos impactos gerados pela máquina de ruído padrão.

De acordo com a norma ISO 140-7 (1998), o ruído de impacto deve ser gerado em pelo menos 4 diferentes posições aleatoriamente distribuídas no piso de teste. A distância da máquina de ruído para as extremidades do recinto deve ser de pelo menos 0.5m. As posições de microfones no pavimento inferior devem ser no mínimo de 0.7m entre si, 0.5m entre qualquer posição de microfone e os envoltórios do recinto e 1.0m entre qualquer posição de microfone e o piso superior que está sendo excitado pela máquina de ruído. Um mínimo de 4 posições de microfone deve ser utilizado, distribuídas uniformemente dentro do espaço permitido para medição do recinto. O número mínimo de medições usando posições fixas de microfones é seis, e uma combinação de pelo menos quatro posições de microfones com pelo menos quatro posições da máquina de ruído deve ser utilizada. O nível de pressão sonora das diferentes posições de microfone deve ser a média da energia para todas as posições da máquina de ruído.

Em conformidade com o anexo A da norma ISO 140-7 (1998), a máquina de ruído de impacto deve conter quatro pesos alinhados. A distância entre o centro dos suportes da máquina de ruído de impacto e o centro dos pesos deve ser de pelo menos 100mm. Cada peso, que impacta com o piso, deve ter massa efetiva de 500g e permitir queda livre de 40mm de altura, na velocidade de 0,033m/s. A direção da queda dos pesos deve ser perpendicular à superfície de teste. O peso que impacta a superfície de teste deve ter o formato cilíndrico com um diâmetro de $(30 \pm 0,2)$ mm e a superfície de impacto do peso deve ser constituída de aço e ter o formato esférico com raio de curvatura de (500 ± 100) mm.

Devido à ausência de critérios de avaliação de níveis de ruído de impacto no Brasil, neste trabalho foram utilizados os critérios recomendados pela “*Federal Housing Administration (FHA)*” do “*United States Department of Housing and Urban Development (HUD)*” (BERENDT, 1967). No estudo de caso apresentado constatou-se que os sistemas construtivos avaliados atendem as condições de conforto com Graduação Tipo 1, constituindo assim de um sistema com boas condições de atenuação de ruído de impacto e, em geral, satisfazem às exigências da maioria dos ocupantes da edificação.

1.1. Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar um sistema construtivo utilizado no controle de ruído de impacto em pisos de edificações de andares múltiplos.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Recomendar elementos construtivos em sistemas de controle de ruído de impacto;
- Realizar ensaio em conformidade com a norma ISO 140-7:1998, em estudo de caso de atenuação de ruído de impacto em pisos de edificações de andares múltiplos;
- Classificar o nível de isolamento sonoro segundo FHA.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O ensaio foi realizado conforme recomendações da Norma ISO 140-7 “*Field measurements of impact sound insulation of floors*” e Norma ISO 354 “*Measurement of sound absorption in a reverberation room*”.

2.1. Objeto de Estudo

O estudo de caso considerado nesse trabalho é referente à avaliação da isolamento do ruído de impacto de piso entre duas suítes sobrepostas de um edifício residencial na cidade de Belo Horizonte/MG.

O piso de ensaio, na suíte do piso superior (Figura 1), tem área de 15,76m². Sua configuração foi caracterizada por um sistema de multicamadas, as quais foram constituídas por: piso de tábua corrida de 2.5cm de espessura; contra-piso de 4cm; manta de polietileno de 1cm; laje estrutural de concreto, Fck = 20MPa, nervurada - tipo ATEX, com nervura de 27cm de altura e capeamento de 2.5cm de espessura. Abaixo deste piso também foi instalado um forro suspenso de gesso de 1.25cm de espessura, com entre forro de 25cm contendo 5cm lã de vidro de 10kg/m³ em seu interior (Figuras 2 e 3).

O ambiente verticalmente abaixo do piso de ensaio é a suíte inferior (Figuras 4 e 5), onde foram realizadas as medições sonoras com microfone. Esta sala possui 42.55m³ de volume, 75.26m² de área de superfície e 2.7m de pé direito médio.

2.2. Equipamentos

Os equipamentos utilizados para a realização das medições sonoras foram:

- Analisador de Freqüências e Integrador Sonoro em Tempo Real, marca 01dB-Stell, modelo SOLO MVI, número de série 11556;
- Microfone marca GRAS, modelo MCE 212, número de série 57692 (Figura 6);
- Pré-amplificador marca 01dB-Stell, modelo PRE21S, número de série 12140.

Esses equipamentos são classificados como do tipo 1 (um), conforme padrões estabelecidos pelas normas IEC 651, IEC 804, IEC 61672-1, IEC 1260, ANSI S1.11. Também foi utilizado:

- Calibrador de nível de pressão sonora marca 01dB, modelo CAL21, número de série 51231378, classificado como do tipo 1, conforme padrões estabelecidos pela norma IEC-60942, com precisão de +/-0,3dB e com variação de +/-2% na freqüência de emissão de 1000Hz.

Os equipamentos possuem certificados de calibração com prazos de validade em vigor, emitidos pela empresa CHROMPACK, a qual está integrada à Rede Brasileira de Calibração e devidamente credenciada pelo INMETRO. O N^o do Certificado de Calibração do Analisador de Freqüência, emitido pela CHROMPACK é 13105, datado de 20 de dezembro de 2005, enquanto que o No do Certificado de Calibração do Calibrador de Nível Sonoro é 13104, também datado de 20 de dezembro de 2005.

- Máquina de ruído de impacto padrão que atende às especificações da norma ISO 140-6, Cláusula 4 (Figura 7).

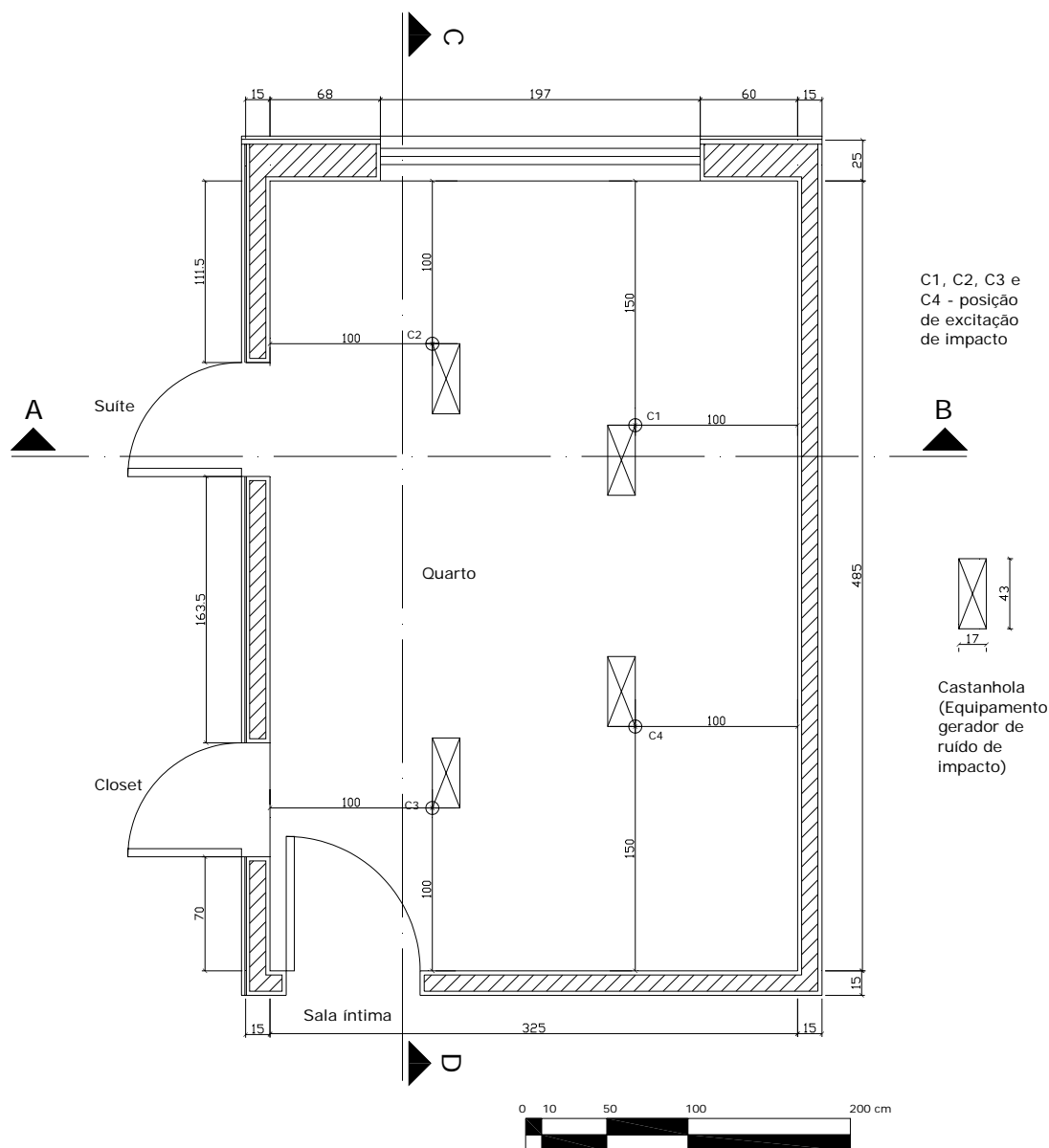


Figura 1 – Pontos de excitação de impacto – suíte do piso de ensaio (andar superior)

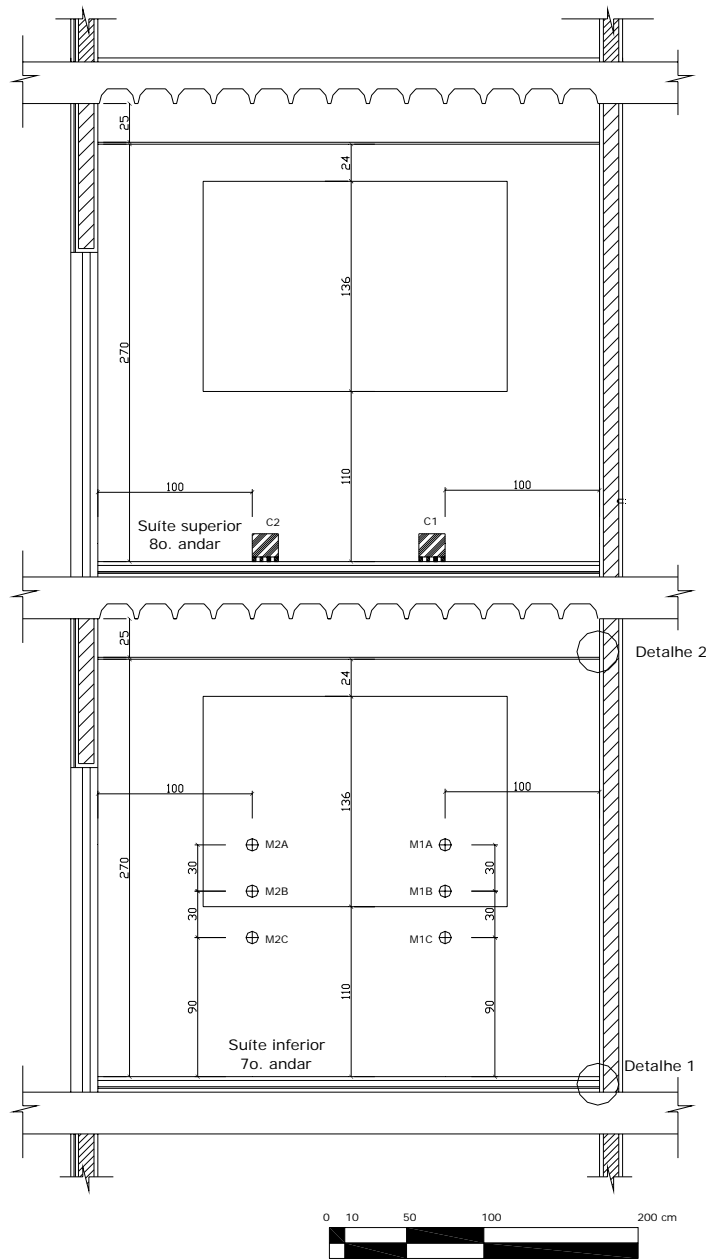


Figura 2 – Corte AB indicando o posicionamento das suítes em relação ao piso ensaiado

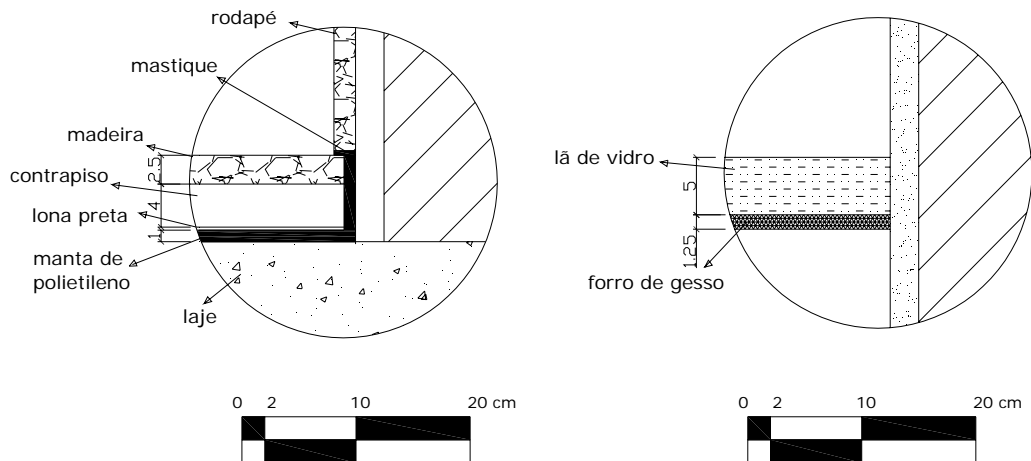


Figura 3 – Detalhes 1 e 2 do piso e do forro de ensaio (andar)

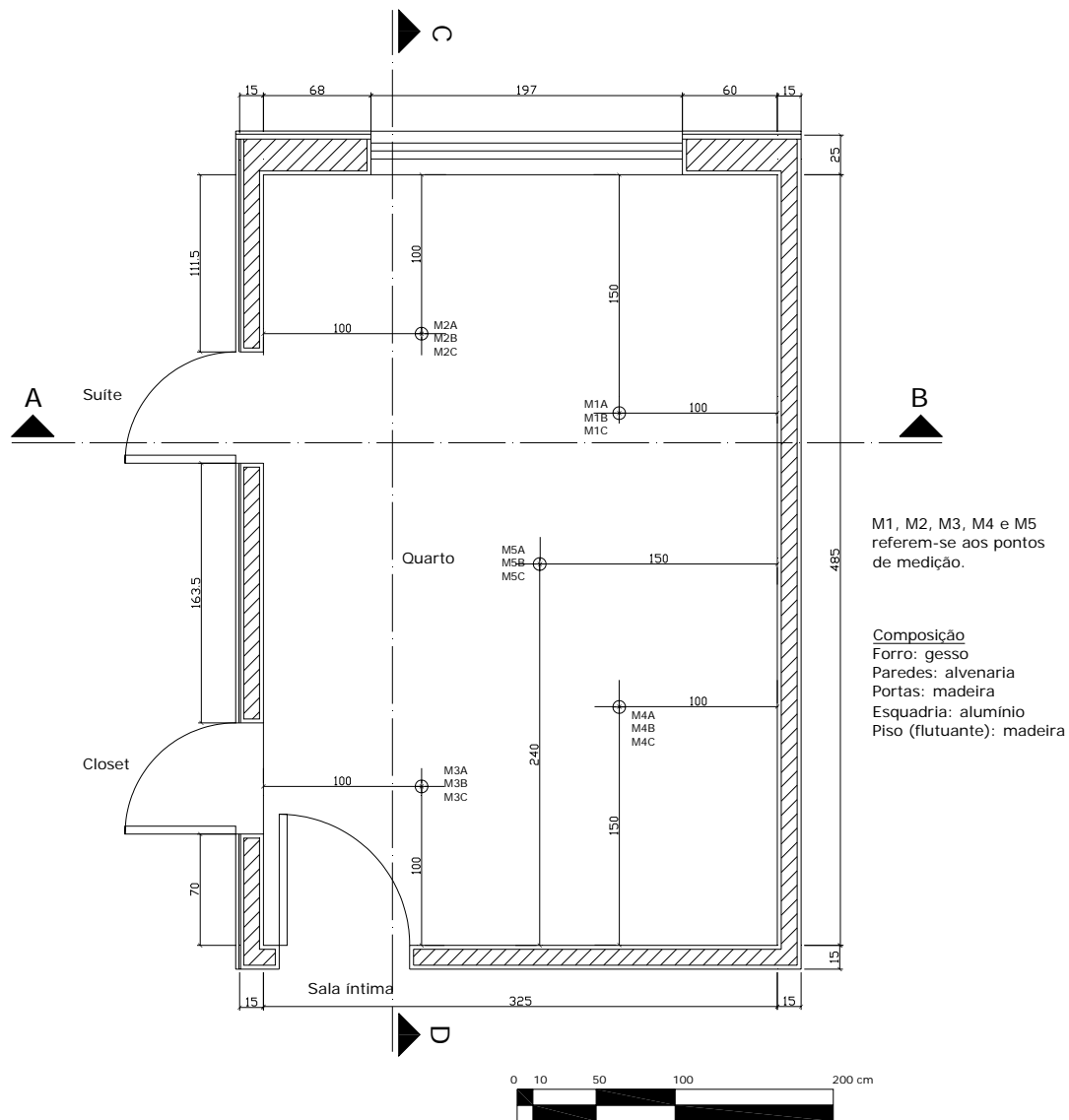


Figura 4 – Pontos de medição sonora – suíte abaixo do piso de ensaio (andar inferior)

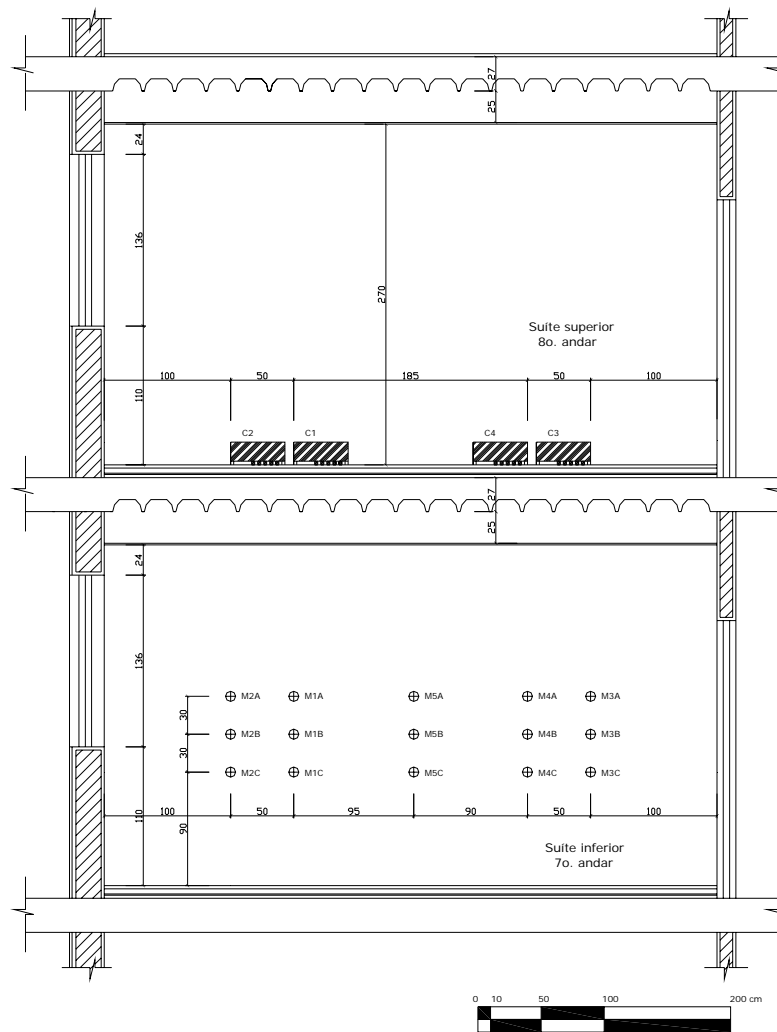


Figura 5 – Corte CD – Pontos de medição e posições da máquina geradora de ruído de impacto.



Figura 6 – Ambiente com as marcações de medição e o equipamento (microfone).



Figura 7 – Máquina geradora de ruído de impacto – Padrão ISO 140-6

2.3.Procedimentos Metodológicos

2.3.1. Correção de ruído de fundo

A medição do nível de ruído de fundo foi realizada para que fossem, caso necessário, efetuadas as devidas correções nos níveis de ruído de impacto medidos no ambiente receptor (andar inferior).

As medições de ruído de fundo foram efetuadas em 5 posições de microfone, em planta, posicionadas em tripé a 0.9m, 1.2 m e 1.5m de altura do piso da suíte do andar inferior. Em cada posição de microfone, foram realizados 1 registro de níveis sonoros equivalentes com intervalos de 30 segundos, resultando em um total de 15 registros de ruído de fundo.

2.3.2.Medição do nível de ruído de impacto, segundo ISO 140 - 7:1998

As medições de ruído de impacto foram registradas em bandas de 1/3 de oitava. A máquina geradora de ruído de impacto padrão, “castanhola”, foi posicionada em 4 diferentes locais distribuídos no piso da suíte do pavimento superior. As posições de excitação de impacto estão indicadas nas Figuras 1 e 5.

As medições do nível de ruído de impacto foram efetuadas, para cada posição da “castanhola” no piso superior, em 5 posições de microfone, posicionadas em tripé a 0.9m, 1.2 m e 1.5m de altura do piso da suíte do andar inferior, com distância mínima das paredes de 1m e distância mínima entre as posições de microfone de 1.03m. Em cada posição de microfone, foram realizados 3 registros de níveis sonoros equivalentes com intervalos de 30 segundos, resultando um total de 60 registros de ruído de impacto.

2.3.3.Medição de absorção sonora

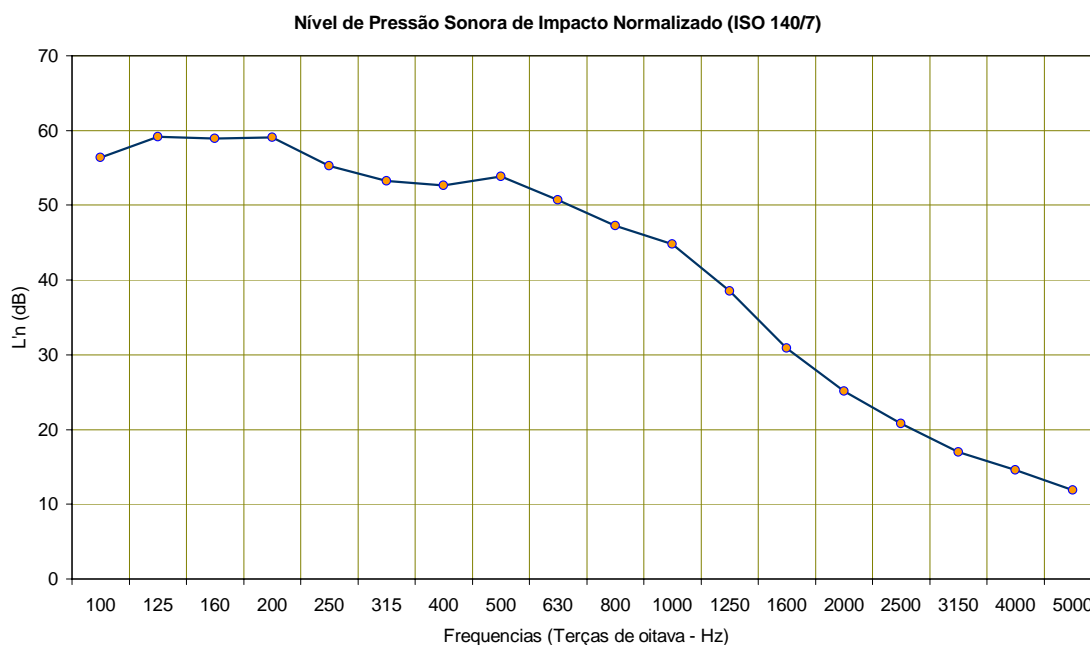
Para avaliar os Níveis de Pressão Sonora de Impacto Normalizados, foram realizadas medições de absorção sonora de forma a quantificar a influencia do ruído reverberante no ambiente da suíte receptora, no pavimento inferior. Essas medições de absorção sonora foram realizadas em conformidade com a ISO 354:2003, utilizando-se estouro de balões como fontes de ruídos impulsivos. Após o impulso acústico seguiu-se a medição de decaimento sonoro durante 5s. Os valores de reverberação foram efetuados em terças de oitava, nas 5 posições de microfone - em planta, onde foram realizadas 3 medições para cada uma das 3 alturas de microfone, resultando em 45 registros.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O incômodo provocado por ruído de impacto em uma edificação de andares múltiplos, foi avaliado através de ensaios de ruído de impacto de piso, utilizando metodologias de ensaios em conformidade com as normas ISO 140-7:1998 e ISO 354:2003.

Devido à inexistência, até a presente data, de critérios de conforto para ruído de impacto em normas brasileiras, foram utilizados, na análise seguinte, os valores de referência recomendados pelo FHA do *Housing and Urban Development* (HUD) (BERENDT, 1967). Estes critérios foram estabelecidos em 1967 pelo FHA e, desde então, vêm se constatando que as edificações e sistemas construtivos que estão em conformidade com os mesmos possuem boas condições de isolamento sonoro entre unidades habitacionais e, em geral, satisfazem às exigências da maioria dos seus ocupantes.

No caso específico do piso da suíte superior deste edifício, cujos resultados do ensaio de ruído de impacto de piso estão apresentados abaixo, o nível de pressão sonora de impacto normalizado ponderado, L'_{nw} , e a Classe de Isolação de Impacto, CII, foram 51 e 59, respectivamente. Vale ressaltar que durante o ensaio, realizado em 05 de agosto de 2006, entre 12:36h e 13:45h, a temperatura e umidade relativa foram 26°C e 45% .



f	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1,25k	1,6k	2k	2,5k	3,15k	4k	5k
L'_{n}	56	59	59	59	55	53	53	54	51	47	45	39	31	25	21	19	16	13

$$L'_{nw} = 51$$

$$CII = 59$$

Figura 8 – Gráfico com os resultados do ensaio de ruído de impacto do piso.

onde,

f = Frequência do centro da banda de terço de oitava [Hz]

L'_{n} = Nível de pressão sonora de impacto normalizado (ISO 140 -7) [dB]

L'_{nw} = Nível de pressão sonora de impacto normalizado Ponderado (ISO 717-2)

CII = Classe de Isolação de Impacto (ASTM E 989 / 89)

Os valores de referência de CII recomendados pela norma FHA para o caso em questão estão discriminados na Tabela 1:

Tabela 1 - Valores de referência de CII recomendados pelo FHA

Posição relativa das unidades	Graduação I	Graduação II	Graduação III
Quarto acima de Quarto	CII \geq 55	CII \geq 52	CII \geq 48

onde,

Graduação I é recomendado para edificações localizadas em áreas residenciais urbanas silenciosas, com ruído de fundo noturno no exterior da edificação entre 35dB(A) e 40dB(A) ou inferior. Recomenda-se, também, a utilização desse critério em edifícios de apartamentos onde se deseja o máximo de isolamento sonora, independentemente da localização da edificação.

Graduação II é recomendado para edificações localizadas em áreas residenciais urbanas medianamente silenciosas, com ruído de fundo noturno no exterior da edificação entre 40dB(A) e 45dB(A).

Graduação III é recomendado para edificações localizadas em áreas com elevado ruído de fundo noturno no exterior da edificação, acima de 55dB(A), e é considerada a menor isolamento admissível entre ambientes de diferentes unidades de uma edificação.

4. CONCLUSÕES

O incômodo provocado por ruído de impacto em edificações de andares múltiplos, devido à queda de objetos no piso e o caminhar de pessoas sobre o mesmo pode ser atenuado com um sistema de piso flutuante o qual deve ser estabelecido durante a fase de projeto e detalhamento.

Os resultados experimentais do estudo de caso apresentado demonstraram que a configuração do piso de multicamadas, com as espessuras e materiais ensaiados, está de acordo com os valores de referência recomendados. Nesse caso, atendem as condições de conforto acústico referentes à isolamento de ruído de impacto estabelecida pelo FHA, na modalidade de Graduação do Tipo I, característico de ambientes onde se deseja um alto padrão de isolamento sonora de ruído de impacto de piso.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTM INTERNATIONAL. Annual Book of ASTM Standards E989. **ASTM E 989**: Standard Classification for Determination Impact Insulation Class (IIC). Philadelphia, PA: American Society for Testing and Materials, 1989.

BERENDT, R.D.; WINZER, G.E.; BURROUGHS, C.B.. **Airborne, Impact and Structural Borne Noise Control in Multifamily Dwellings**. Washington, D.C.: U.S. Department of Housing and Urban Development (HUD), 1967.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 140-6**: Acoustics: Measurement of sound insulation in buildings and of building elements. Part 6: Laboratory measurements of impact sound insulation of floors. Genève, Switzerland, 1998. 15p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 140-7**: Acoustics: measurement of sound insulation in buildings and of building elements. Part VII: Field measurements of impact sound insulation of floors. Genève, Switzerland, 1998. 17p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 354**: Acoustics: Measurement of sound absorption in a reverberation room. Genève, Switzerland, 2003. 21p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 717-2**: Acoustics: rating of sound insulation in buildings and of building elements. Part II: Impact sound insulation. Genève, Switzerland, 1996. 12p.