

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO ACÚSTICO DE PARTIÇÕES VERTICAIS EM CONSTRUÇÃO SECA NA CIDADE DE MACEIÓ-AL

Caroline Plech G. de Barros (1); Selma Bandeira Costa (2); Maria Lúcia G.R Oiticica (3)

(1) Arquiteta e Urbanista, Bolsista CAPES, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Dinâmicas do Espaço Habitado (DEHA), caroline.plech@gmail.com

(2) Arquiteta e Urbanista, Bolsista CNPQ, Mestranda do Pós-Graduação em Dinâmicas do Espaço Habitado (DEHA), sel_bandeira@hotmail.com

(3) Prof.^a Dr.^a. de Arquitetura e Urbanismo; Programa de Pós-Graduação em Dinâmicas do Espaço Habitado (DEHA), mloiticica@hotmail.com

Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU), Av. Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro do Martins, Maceió - AL

RESUMO

Em virtude do crescimento urbano acelerado e desordenado, e os consequentes problemas ambientais ocasionados, evidencia-se um agravamento do ruído urbano, comprometendo a qualidade de vida da população. Nesse âmbito, as avaliações equiparadas com as normas nacionais NBR 10151:2000 Versão Corrigida:2003, NBR 10152:1987 Versão Corrigida:1992, e NBR 15575-4:2013, se constituem como importantes ferramentas, para assegurar os critérios mínimos de conforto acústico. Dessa forma, esse trabalho se propõe a uma avaliação do desempenho acústico de partições verticais em um edifício de escritórios, em Construção Seca, na cidade de Maceió, Alagoas. A pesquisa foi realizada a partir da averiguação do potencial de isolamento sonoro ao ruído aéreo de duas paredes de vedação verticais, uma interna e uma externa, através de medições *in loco*, segundo os procedimentos descritos nas normas internacionais ISO 140-4:1998, ISO 140-5:1998, ISO 717-1:1996, com o intuito de determinar os parâmetros de $D_{2m,nT,w}$, e $D_{nT,w}$, bem como dos gráficos de frequência-isolamento sonoro, comparando os resultados adquiridos com os critérios previstos nas normas nacionais. Os resultados obtidos demonstraram que a partição externa avaliada (PE) apresenta índice de isolamento acústico ineficiente, segundo os preceitos das normas confrontadas, e na partição interna (PI), o índice averiguado é considerado eficiente apenas em referência a NBR 10152:1987 Versão Corrigida:1992. Constatando-se, em contrapartida, que ocasionalmente o sistema pode ser comprometido em detrimento da execução da obra e do tipo de materiais adotados.

Palavras-chave: construção seca, desempenho acústico, isolamento sonoro.

ABSTRACT

In consequence of the accelerated and disordered urban growth, and resulting environmental problems, there are evidences of an aggravation of urban noise, compromising the quality of life of the population. In this context, the assessments equated with national standards NBR 10151: 2000 version Corrected: 2003, NBR 10152: 1987 Fixed Version: 1992 and NBR 15575-4: 2013, constitute as important tools to ensure the minimum standards of acoustic comfort. This work proposes an assessment of the acoustic performance of vertical partitions in an office building, in dry construction, in the city of Maceió, Alagoas. The survey was conducted from the inquiry of the sound insulation potential to aerial noise with two vertical sealing walls, one internal and one external, through on-site measurements, according to the procedures described in the international standards ISO 140-4: 1998, ISO 140-5: 1998, ISO 717-1: 1996, in order to determine the parameters of $D_{2M,nT,w}$, and $D_{nT,w}$, as well as the sound-isolation frequency graphs, comparing the results acquired with the criteria foreseen in the national standards. The results obtained demonstrated that the external partition evaluated (PE) presents inefficient soundproof indication, according to the precepts of confronted standards, and the internal partition (IP), the examined indication is considered effective only in reference to NBR 10152: 1987 Corrected Version: 1992. Noting up, in counterpart, that occasionally the system can be compromised at the expense of work execution and the kind of materials adopted.

Key-words: dry construction, acoustic performance, soundproof.

1. INTRODUÇÃO

Devido crescimento vertiginoso das cidades e da escassez de planejamentos urbanos efetivos, a sociedade passou a conviver com graves problemas ambientais que afetam diretamente a qualidade de vida, comprometendo dentre outros aspectos a qualidade sonora dos espaços. O ruído incomoda as pessoas desde que passaram a habitar as cidades, onde as atividades desenvolvidas se caracterizam por índices de ruídos elevados, que são provenientes de fontes diversas, dos quais pode ser destacado o ruído de tráfego (BISTAFA, 2006).

O conforto acústico está condicionando diretamente a saúde e produtividade dos usuários das edificações. A poluição sonora tem uma motivação relevante sobre a capacidade de concentração, influenciando, conseqüentemente, a produtividade das pessoas. “O ruído pode causar, além do incômodo, inúmeros riscos à saúde física, e social e desvalorização do imóvel” (NETO, 2009).

Sob essa ótica o desempenho acústico do sistema construtivo deverá propiciar a minimização das condições desfavoráveis visando reduzir ao máximo os ruídos que podem comprometer a audição e provocar desconforto, controlando os sons, e evitando interferências excessivas, com o intuito de garantir conforto acústico no ambiente construído.

Dessa forma, os materiais de fechamento das edificações devem apresentar desempenho acústico eficiente para evitar que os ruídos externos penetrem nas edificações e interfiram na atividade interna exercida. “O edifício habitacional deve apresentar adequado isolamento acústico das vedações externas, no que se refere aos ruídos aéreos provenientes do exterior da habitação e adequado isolamento acústico entre ambientes.” (OITICICA, 2010).

Nos dias atuais, a indústria da construção civil brasileira vem vislumbrando a introdução de sistemas mais eficazes do ponto de vista ambiental, com o intuito de aumentar a produtividade, reduzir os desperdícios gerados e corresponder a uma demanda em ascensão, devido ao acelerado crescimento imobiliário e aos avanços da tecnologia, como também, a redução dos impactos sob o meio ambiente, a sociedade e a economia. Nessa conjuntura, destaca-se o sistema construtivo denominado Construção Seca, que se caracteriza pela utilização de perfis em aço galvanizado (Steel frame) ou madeira (Wood frame), como estrutura principal, e placas de naturezas diversas para fechamento, propondo um desempenho termo-acústico eficiente da edificação, a aplicação de materiais ecológicos, maior eficiência energética durante e após a obra, menor geração de resíduos, agilidade na instalação e manutenção do sistema, redução do consumo de água, e baixa emissão de CO₂ para a atmosfera, sendo, portanto, considerado um sistema construtivo ecologicamente correto (SANTIAGO, et al, 2006).

Por se configurarem como sistemas mais leves, ou seja, com uma densidade menor em relação a alvenaria convencional, e de montagem rápida, torna-se relevante uma análise quanto ao seu desempenho acústico, em função dos tipos de material de fechamento e o absorvedor acústico, e da dimensão da cavidade de ar entre as placas de fechamento, vislumbrando identificar se os índices de isolamento acústico são coerentes para proporcionar conforto aos usuários dos espaços construídos com o referido sistema.

“A poluição sonora é uma das causas de maior incômodo para as pessoas. A busca pelo conforto acústico vem crescendo cada vez mais, nos últimos anos. As barreiras acústicas entram como um auxiliar para o alcance do tão desejado conforto acústico.” (NETO, 2002). Sob esse prisma, o conhecimento e aplicação das normas e leis acústicas é fator primordial para análise do desempenho acústico de sistemas ou elementos construtivos, já que se configuram como referências para alcançar níveis de conforto eficientes.

Assim, a aplicação das normas, NBR 10151:2000 Versão Corrigida:2003, - Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas, NBR 10152:1987 Versão Corrigida:1992- os Níveis de Ruído para Conforto Acústico, e NBR 15575-4:2013 - Desempenho de edificações habitacionais - Parte 4: Sistemas de vedações verticais internas e externas, devem ser consideradas nesse contexto, estabelecendo os parâmetros mínimos para conforto acústico nas edificações. Apesar da NBR 15575-4:2013 em sua seção 12, que trata do Desempenho Acústico, ser referente à edificações habitacionais, apresenta-se como a principal referência normativa no Brasil para índices de isolamento acústico.

Em relação aos procedimentos de medição de isolamento sonoro em campo, de acordo com Neto (2009), os parâmetros objetivos são embasados nas normas internacionais, ISO 140-4:1998; ISO 140-5:1995; ISO 717-1: 1996.

É importante salientar que as normas ISO 140-4:1998; ISO 140-5:1998 foram substituídas pela norma ISO 16283:2014, que entrou em vigor no dia 30 de junho de 2014.

A avaliação das partições verticais externas e internas embasadas nos parâmetros previstos nas normas internacionais ISO e os índices para conforto acústico determinados nas normas nacionais,

possibilitam verificar de maneira concreta a relação entre o desempenho e o conforto obtido, e o conforto desejado pelos usuários (NETO, 2009)

Dessa forma, é imprescindível que os sistemas construtivos sejam capazes de atingir os níveis previstos pelas normas nacionais em vigor (NBRs) e que os procedimentos de ensaio baseiem-se nos parâmetros determinados nas normas internacionais (ISO), com o intuito de proporcionar conforto acústico no ambiente construído, garantindo o bem estar de seus usuários e desempenho eficiente de suas funções, proporcionando assim, qualidade de vida.

O referido trabalho retrata a avaliação do potencial de isolamento sonoro do SVVIE, em uma Construção Seca, de um edifício localizado no bairro da Jatiúca, na cidade de Maceió/AL, a partir da investigação do comportamento acústico de duas partições selecionadas para análise, uma na fachada (PE) e uma entre ambientes (PI), através de parâmetros determinados pelas normas acústicas internacionais e nacionais, com o intuito de verificar o desempenho acústico do referido sistema, no que tange ao ruído aéreo.

2. OBJETIVO

O objetivo geral do referido artigo é avaliar o desempenho acústico, referente ao ruído aéreo, do Sistema de Vedações Verticais Internas e Externas, de uma edifício de escritórios em Construção Seca, a fim de determinar dados que possam colaborar para parâmetros de aplicação na construção civil.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A investigação a que se propõe esse trabalho será fundamentada em seis etapas, descritas a seguir:

1. Caracterização do objeto de estudo.
2. Descrição do sistema construtivo.
3. Ensaio em campo através de medições *in loco*.
4. Análise das medições a partir da compilação dos resultados no *software*.
5. Diagnóstico por intermédio da averiguação dos resultados obtidos.
6. Análise comparativa.

3.1 Caracterização do objeto de estudo

A edificação selecionada para essa análise localiza-se no bairro da Jatiúca, na cidade de Maceió/AL, em um corredor de atividades múltiplas (figura 1), definido pelo Código de Urbanismo e Edificações do Município de Maceió, situando-se na Zona residencial 4, que está destinada a ocupação predominantemente residencial, porém com possibilidade de implantação de atividades comerciais, de serviços e industriais. (MACEIÓ, 2007).

A edificação dispõe de quatro pavimentos, em sua configuração: subsolo, térreo, 1º e 2º pavimentos. As atividades desenvolvidas são: estacionamento e depósito no subsolo, comércio no térreo e 1º pavimento, e serviços (escritórios) no 2º pavimento. O ambiente selecionado para investigação encontra-se na fachada principal do edifício, no 2º pavimento (figuras 2 e 3). O entorno é constituído por edificações térreas em sua maioria, cujo uso é misto (comercial e residencial).



Figura 1 – Localização da edificação.



Figura 2 – Fachada principal do edifício.



Figura 3 – Fachada do objeto de estudo (2º pav.).

3.2 Sistema construtivo

O sistema construtivo utilizado na edificação em estudo é Light Steel Framing (LSF), que se caracteriza como um sistema de construção de concepção racional, baseado em uma estrutura constituída por perfis de aço galvanizados formados a frio (montantes e guias de diferentes larguras e espessuras), com proteção de zinco para evitar a corrosão, que são utilizados para confecção de painéis estruturais e não estruturais, vigas secundárias e vigas de piso, tesouras de telhado e demais componentes, funcionando como um conjunto para resistir aos esforços que solicitam a estrutura e criando a forma da mesma (SANTIAGO, et al, 2006).

O fechamento da estrutura é realizado por chapas delgadas para vedação, de naturezas diversas, como, placas cimentícias, réguas cimentícias ou de PVC (policloreto de polivinila), chapas de madeira-compensado ou OSB (*oriented strand board*), externamente, e chapas de gesso acartonado ou laminado, internamente. O sistema utiliza ainda, entre os fechamentos, materiais absorvedores termo acústicos, como placas ou mantas de lã de rocha, de lã de vidro, e de fibras cerâmicas (FILHO, et al, 2012).

3.2.2 Materiais utilizados

As paredes de vedação verticais externas da edificação foram confeccionadas com base em um sistema estrutural misto, formado por uma estrutura metálica convencional, em aço, como estrutura principal, a partir de pilares e vigas, e o LSF, como estrutura auxiliar para fixação das placas de fechamento externo e interno, constituída por montantes e guias em aço galvanizado, com câmara de ar de 90mm entre as placas. O fechamento externo é conformado por placas cimentícias (16mm) e o interno pelo mesmo material, porém, numa espessura reduzida (12mm), com fórmica 2mm colada diretamente nas placas, e isolante termo acústico 10mm (polietileno expandido de baixa densidade) colado na placa de fechamento externa, e não aplicado na câmara de ar, entre as placas (figura 4).

As paredes de vedação verticais são formadas por estrutura do tipo LSF, com 90mm de largura, placas cimentícias para fechamento (12mm) em ambas as faces, além da utilização de polietileno expandido de baixa densidade (10mm) colado na placa de fechamento externo. Aplicou-se painel de madeira 5mm na face externa das placas, e fórmica 2mm na face interna das placas (figura 4).

As placas foram fixadas com rebites à estrutura de perfis LSF, porém visualizam-se furações muito profundas, e juntas de dilatação entre as placas, que apesar de vedadas, apresentam-se com espessuras diversas.

A cobertura é composta por estrutura metálica em aço, como estrutura principal para apoio de telhas do tipo metálica, além de forro em placa cimentícia 10mm perfurada, e isolante termo acústico (lã de rocha 25mm) na cavidade de ar entre as telhas e o forro (figura 4).

As esquadrias utilizadas, portas e janelas, são em vidro temperado 10mm, sem vedações específicas nas portas de acesso à sala investigada e a área externa.

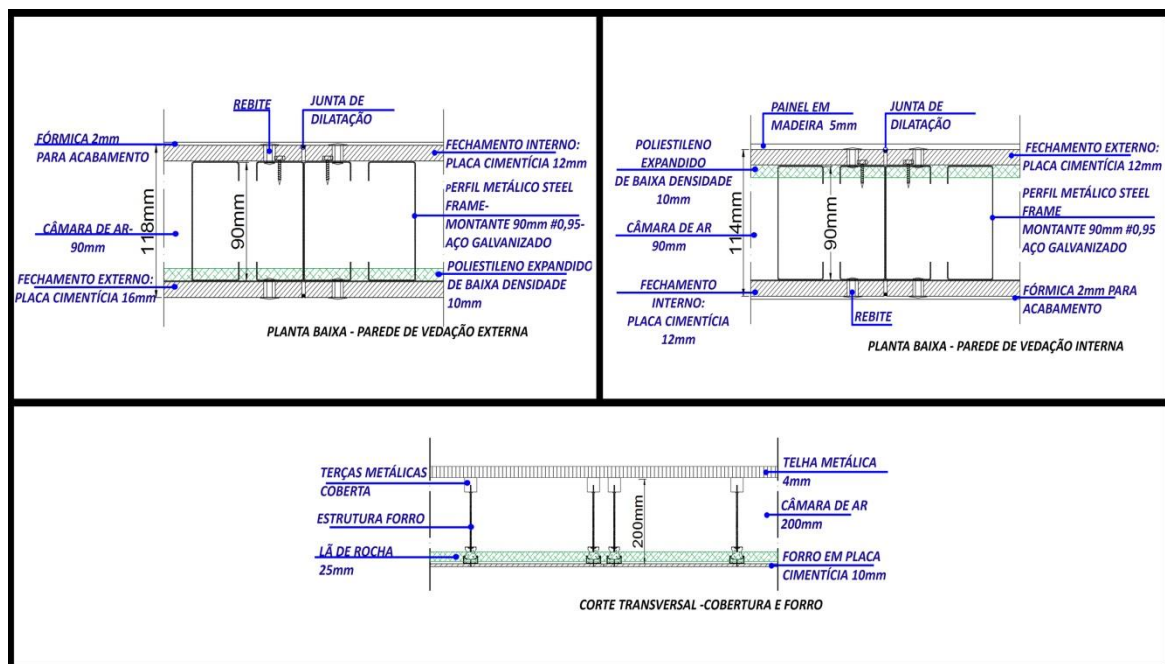


Figura 4- Esquemas do sistema construtivo do objeto de estudo: da parede externa (PE- planta baixa) - 118mm, da parede interna (PI- planta baixa) - 114mm, e da cobertura (corte transversal), respectivamente.

O fabricante das placas cimentícias de fechamento utilizadas prevê um índice de isolamento sonoro R_w (teste em laboratório) de 47 dB, para placas de 12mm em ambas as faces e aplicação de absorvedor acústico, do tipo lã de rocha 50mm (70kg/m³) na câmara de ar (figura 5). Por outro lado, o fabricante do absorvedor acústico utilizado no sistema construtivo avaliado, polietileno expandido de baixa densidade (10mm), determina o isolamento acústico de impacto de 12 à 32 dB, não se referindo a isolamento acústico para ruído aéreo.

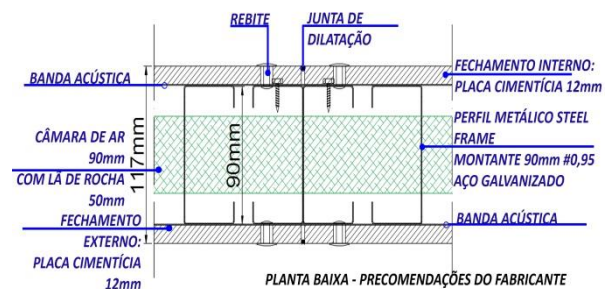


Figura 5 – Esquema do fabricante das placas utilizadas no objeto de estudo, de parede divisória 117mm, com placas de 12mm e lã de rocha 50mm na câmara de ar.

Torna-se necessário destacar alguns pormenores construtivos verificados in loco, tais como, a inexistência de vedações nas caixas da porta principal de acesso a sala e ao terraço externo à fachada, juntas de dilatação na PE, que apesar de vedadas, encontram-se desniveladas e apresentam diferentes espessuras, aspecto que se refere também às vedações das furações dos rebites para fixação das placas.

3.3 Ensaios em Campo

Os ensaios em campo foram realizados no dia 9 mês de abril do ano de 2014, no período diurno, e seguiram rigorosamente os parâmetros descritos nas normas ISO 140-4:1998; ISO 140-5:1998, tendo em vista que foram realizados anteriormente a substituição de ambas as referências normativas pela norma ISO 16283:2014.

3.2.1 Descrição dos equipamentos utilizados

Para realização dos ensaios em campo foram utilizados equipamentos específicos, conforme recomendações das normas ISO 140-4:1998; ISO 140-5:1998, e estão descritos abaixo:

- medidor de pressão sonora solo 01 dB n°30489 classe 1, com microfone modelo mce 215 n°10550, com calibração atualizada, segundo padrões definidos nas normas;
- calibrador cal 3009000 classe 1, n° 34593205;
- fonte sonora - caixa de som donner com suporte ajustável; e
- software solo 01db.

3.3.2 Procedimentos de Medição in loco

O ambiente selecionado para estudo apresenta uma área de 7,5m², pé-direito de 2,50m, e um volume de 18,75m³, e compreende uma sala referente a um escritório administrativo no 2º pavimento da edificação (figura 3). O espaço foi definido para análise em virtude da possibilidade de avaliação tanto de sua parede de vedação vertical externa quanto interna. Foram definidas duas partições para análise, uma externa (PE), na fachada principal e outra interna (PI) entre ambientes os da sala do e corredor (figura 6).



Figura 6 – Planta Baixa 2º pavimento do edifício: em destaque as paredes avaliadas, PE (vermelha) e PI (azul).

3.3.2.1 Ruído Externo

A medição do nível de ruído externo (rua) foi realizada com duração de 20 minutos, para a obtenção do NPS (nível de pressão sonora equivalente), segundo a NBR 10151:2000 Versão Corrigida:2003, com o intuito de verificar o nível de ruído predominante naquela localidade.

3.3.2.2 Parede Externa (PE)

Segundo os parâmetros da ISO 140-5:1998, para avaliação do desempenho acústico da parede externa (PE), foram determinadas as duas câmaras de transmissão sonora: a câmara emissora externa (CE1), o terraço

externo à fachada principal e a câmara receptora (CR1), a sala selecionada (tabela 1). Foram indicados cinco pontos para medição (E1 a E5) a dois metros da fachada na câmara emissora, com uma distância de 70cm entre eles, para locação do equipamento de medição a 1,50m do piso, e posicionada uma fonte de emissão de ruído (F01) a 5m da parede avaliada com um ângulo de 45°, a 1,20 m de altura do piso.

Tabela 1 – Medições de isolamento de ruído aéreo de fachada, em campo, com a locação dos ambientes emissores e receptores (D01-PE), os pontos de medição, e foto da câmara emissora (CE1).

Tipo	Parâmetro	Pontos de medição	Foto
FACHADA	D2m,nT,w Fachada sala 01		

A fonte sonora utilizada não foi omnidirecional, em virtude da indisponibilidade na aquisição do equipamento, bem como, foi utilizada uma única fonte de emissão de ruído, tendo em vista a impossibilidade de locação de uma segunda fonte dentro dos limites da edificação. Já na câmara receptora foram definidos cinco pontos internos, distando no mínimo 50cm das paredes e 90cm entre eles (R1 a R5). A fonte utilizada emitiu o ruído branco para análise do comportamento da parede, a partir dos pontos de emissão e recepção localizados, visando averiguar o nível de pressão sonora (NPS) nas duas câmaras e assim determinar a diferença padronizada de nível ponderada a dois metros da fachada (D2m,nT,w), e dessa forma o índice de isolamento sonoro da partição externa averiguada.

3.3.2.3 Parede Interna (PI)

Conforme os critérios especificados na ISO 140-4:1998, na investigação do desempenho acústico da parede interna (PI), foram estabelecidas duas câmaras de transmissão sonora: a câmara emissora interna (CE2), correspondente ao corredor (figura 12) e a câmara receptora (CR1), relacionada à sala selecionada (tabela 2).

Tabela 2 – Medições de isolamento de ruído aéreo entre recintos, em campo, com a locação dos ambientes emissores e receptores (D02-PI), os pontos de medição, e foto da câmara emissora (CE2).

Tipo	Parâmetro	Pontos de medição	Foto
RECINTO INTERNO	DnT,w Sala 01 x Corredor		

Na câmara receptora, foram considerados os mesmos pontos (R1 a R5) da avaliação da parede externa, e na câmara emissora determinou-se cinco pontos (E1 a E5), com distância de 50cm da parede e 70cm entre eles, e uma fonte para emissão do ruído branco (F02), a 1m do primeiro ponto de medição, com uma altura de 1,20m do piso, não sendo utilizada uma segunda fonte, em virtude do comprimento do corredor. Na câmara de emissão foi verificado o NPS da parede interna (entre ambientes - sala x corredor). O mesmo procedimento foi realizado também na câmara de recepção. Na câmara receptora verificou-se

também, a medição do Tempo de Reverberação (TR), com a utilização de balões de borracha, e do Ruído Residual (RR), com a fonte desligada em ambos os casos.

Todas as medições de NPS, RR, e TR, nas avaliações das paredes (PE e PI), foram realizadas nas frequências de 1/3 de oitava, considerando as frequências de 100Hz à 3,15kHz, segundo a NBR 717-1:1996, três vezes em cada ponto, com duração de 120 segundos para NPS (na emissão e recepção) e RR, e 6 segundos para TR. As fontes para emissão de ruído branco situaram-se nas câmaras de emissão em ambas as análises, externa e interna. As portas e janela permaneceram fechadas durante todas as medições.

3.3.2.4 Ruído incidente na câmara emissora interna (CE2)

A averiguação do nível de ruído incidente na CE2, o corredor, foi realizada, em horário de fluxo de atividades, visando determinar o Leq para posterior utilização desse índice, com o intuito de determinar nível de conforto acústico no ambiente interno, a partir dos critérios da NBR 10152:1987 Versão Corrigida:1992.

4. ANÁLISE DAS MEDIÇÕES

4.1 Simulações computacionais

A análise das medições ocorreu por intermédio da averiguação dos resultados obtidos, com auxílio do Software Solo 01 dB Bati 32, a fim de gerar relatórios dos ensaios, com a confecção de tabela para verificação dos níveis de isolamento sonoro por frequência, caracterizando, assim, o potencial de isolamento acústico do experimento, em relação aos ruídos aéreos, através da obtenção da diferença padronizada de nível ponderada a dois metros da fachada (D2m,nT,w) e da diferença padronizada de nível ponderada entre ambientes (DnT,w), e dos gráficos de frequência-isolamento sonoro gerados pelo software.

Para avaliação das condições de conforto interno, o resultado do nível de isolamento sonoro da PE obtido em campo, foi confrontado com o nível de ruído externo (rua), segundo a NBR10151:2000 Versão Corrigida:2003, que determina o nível de critério de avaliação (NCA) para ambientes externos, de no máximo 55 dB(A), no período diurno, considerando o local como uma área mista, predominantemente residencial. (ABNT, 2000). Em relação ao nível de isolamento da partição interna (PI), os resultados foram comparados com o nível de ruído incidente na CE2 (corredor), a partir dos parâmetros da NBR 10152:1987 Versão Corrigida:1992, que estabelece para salas de gerência, salas de projetos e de administração em escritórios, um índice de 35 a 45 dB(A) para conforto acústico. (ABNT, 1987).

Na avaliação do nível do isolamento acústico das partições analisadas, os resultados adquiridos nas medições e compilados no software foram comparados com os índices previstos na NBR 15575-4:2013, que estabelece parâmetros para orientar análises de desempenho acústico de sistemas ou elementos de vedação verticais em unidades habitacionais, a partir da definição de níveis de desempenho do isolamento sonoro aos ruídos aéreos (mínimo, intermediário e superior). Foi considerado para o objeto de estudo, no que tange à avaliação do desempenho acústico da PE, a classe de ruído II, para habitação em área localizada em situações de ruído não enquadráveis nas classes I e II, determinando como nível de isolamento mínimo aos ruídos aéreos um índice ≥ 25 dB. Em relação à PI, adotou-se como referência, a parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, tais como corredores e escadarias nos pavimentos, propondo como nível de isolamento mínimo aos ruídos aéreos o índice ≥ 30 dB. (ABNT,2013).

5. DIAGNÓSTICO

5.1 Resultados Parede Externa (PE)

Foram realizados dois tipos de análises dos dados das medições *in loco*. A primeira referente à averiguação do NPS nos pontos da câmara emissora (CE1) e receptora (CR1) com o intuito de obter o Dls,2m/Dls,2m,w. (figura 7 e tabela 3). A segunda, através do cruzamento dos resultados da etapa anterior com a média aritmética do TR na câmara receptora (CR1), determinando assim, o Dls,2m,nT/Dls,2m,nT,w, que se refere ao índice de isolamento global do experimento, ou seja, a diferença de nível ponderada a 2,0m da fachada-D2m,nT,W (figura 8 e tabela 4).

De acordo com o espectro sonoro e as tabelas geradas pelo *software* após as medições *in loco*, verificou-se que o sistema construtivo analisado em sua parede externa (PE), apresenta maiores índices de redução sonora para as frequências de 100Hz, 125Hz, 160 Hz e 200 Hz, minimizando o potencial de isolamento sonoro nas demais frequências analisadas. (figura 8 e tabela 4).

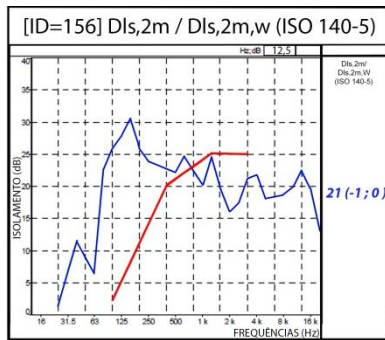


Figura 7- Espectro sonoro: frequência x isolamento
Avaliação do desempenho acústico da PE
(Dls,2m/Dls,2m,w).

Tabela 3- Frequência x Isolamento (Dls,2m/Dls,2m,w).

FREQUÊNCIA	dB	FREQUÊNCIA	dB
100 Hz	8,4	630 Hz	23
125 Hz	7,2	800 Hz	21,8
160 Hz	18,8	1 kHz	21,1
200 Hz	18,8	1.25 kHz	22,4
250 Hz	18,7	1.60 kHz	22,5
315 Hz	18,4	2 kHz	23,3
400 Hz	20,8	2.5 kHz	24,9
500 Hz	21,7	3.15 kHz	25
$\Sigma = 23 (-1;-3)$			

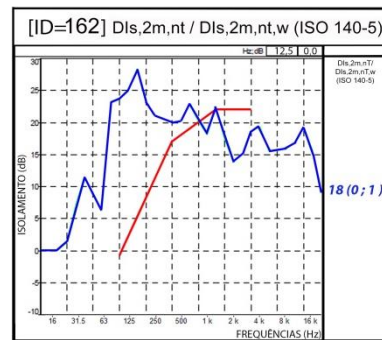


Figura 8- Espectro sonoro: frequência x isolamento
Avaliação do desempenho acústico da PE
(Dls,2m,nT/Dls,2m,nT,w).

Tabela 4- Frequência x Isolamento (D2m,nT,w).

FREQUÊNCIA	dB	FREQUÊNCIA	dB
100 Hz	23,6	630 Hz	22,8
125 Hz	24,9	800 Hz	20,1
160 Hz	28,4	1 kHz	18,1
200 Hz	23,4	1.25 kHz	22,4
250 Hz	21,1	1.60 kHz	17,3
315 Hz	20,6	2 kHz	13,8
400 Hz	20	2.5 kHz	15,1
500 Hz	20,2	3.15 kHz	18,7
$\Sigma = 18 (0;1)$			

5.2 Resultados Parede Interna (PI)

A averiguação dos resultados foi realizada através do cálculo do $Dn,T/Dn,T,w$, utilizando os resultados do NPS nos pontos da câmara emissora (CE2) e receptora (CR1), além dos dados de TR e RR em todos os pontos e em todas as medições, visando adquirir a diferença de nível ponderada entre ambientes- DnT,w . A partir do espectro e as tabelas desenvolvidas pelo *software* posteriormente as medições *in loco*, constatou-se que o sistema construtivo analisado em sua partição interna, apresenta índices de redução sonora mais eficientes a partir da frequência de 400Hz até 3,15kHz, todavia, verificou-se índices de isolamento pouco significativos nas demais frequências (figura 9 e tabela 5).

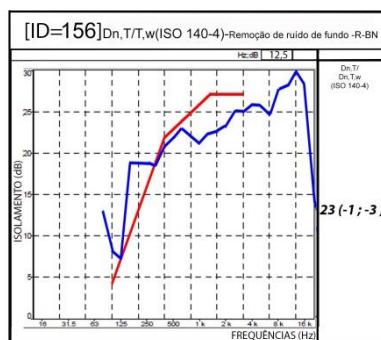


Figura 9- Espectro sonoro: frequência x isolamento
Avaliação do desempenho acústico da PI
(DnT,w).

Tabela 5- Frequência x Isolamento (DnT,w).





FREQUÊNCIA	dB	FREQUÊNCIA	dB
100 Hz	8,4	630 Hz	23
125 Hz	7,2	800 Hz	21,8
160 Hz	18,8	1 kHz	21,1
200 Hz	18,8	1.25 kHz	22,4
250 Hz	18,7	1.60 kHz	22,5
315 Hz	18,4	2 kHz	23,3
400 Hz	20,8	2.5 kHz	24,9
500 Hz	21,7	3.15 kHz	25
$\Sigma = 23 (-1;-3)$			

6. ANÁLISE COMPARATIVA

A análise comparativa a partir da formulação de uma tabela, relacionando o comportamento acústico do experimento referente às partições averiguadas, foi realizada confrontando os resultados adquiridos na análise e diagnóstico, com os parâmetros para conforto acústico previstos na NBR 10151:2000 Versão Corrigida:2003 e NBR 10152:1987 Versão Corrigida:1992 (ABNT, 2000; 1987), e os índices para isolamento sonoro descritos na NBR 15575-4:2013 (ABNT, 2013), com o intuito de analisar o nível de desempenho do sistema (ND), determinando se o ND obtido para cada medição apresenta-se de forma

satisfatória ou não, utilizando para essa finalidade dois símbolos, um na cor verde, que evidencia o ND que atende a norma, e o outro na cor vermelho, indicando o ND que não atende a norma. As constatações são descritas na Tabela 6 abaixo.

Tabela 6- Nível de desempenho (ND) das partições avaliadas no experimento.

Avaliação	Normas ABNT			Medições		Desempenho Acústico		Satisfação		
	1.NBR 10151	2. NBR 10152	3. NBR 15575	Laeq externo	Laeq CE2	PE	PI	1.ND	2.ND	3.ND
Medição externa	55 dB(A)		≥ 25 dB	73 dB(A)		18 dB				
Medição Interna		35-45 dB(A)	≥ 30 dB		53 dB(A)		23 dB			

Nota-se que o nível de ruído externo (rua) é superior aos parâmetros descritos na norma relacionada, que determina o valor máximo diurno de NCA para ambientes externos de 55 dB(A).

A partir da análise comparativa entre a avaliação do desempenho acústico do objeto de estudo selecionado e os parâmetros previstos na NBR 10152:1987 Versão Corrigida:1992 (ABNT,1987), constata-se que os índices de isolamento sonoro resultantes da análise da partição externa (PE), não são suficientes para garantir conforto acústico no ambiente analisado, uma vez que após confrontar os dados resultantes do isolamento sonoro com o nível de ruído externo (rua), averiguou-se que essa partição do experimento não apresenta isolamento suficiente para atingir o índice mínimo de 45dB(A). Dessa forma, atesta-se que, para proporcionar conforto acústico seria necessário um índice de isolamento sonoro de no mínimo 28 dB, tendo em vista que o nível de ruído externo verificado foi de 73 dB(A). O $D_{2m,nT,W}$ obtido para a partição investigada apresentou um índice de 18dB, sendo assim necessário, um isolamento de mais 10 dB, com o intuito de proporcionar conforto acústico mediante os parâmetros determinados na norma referida.

Contudo, no que se refere ao desempenho acústico entre ambientes, conclui-se que a partição interna investigada possui um isolamento sonoro eficiente, após confrontar os índices apresentados nas medições com o nível de ruído incidente na câmara emissora (CE2), e posteriormente com os níveis para conforto acústico previstos pela norma, resultando em um índice de conforto de 30 dB(A), superior aos índices de 35-45 dB(A) determinados, já que o nível de isolamento sonoro obtido ($D_{nT,W}$) foi de 23 dB.

No que se refere à comparação dos índices de isolamento sonoro das partições avaliadas em campo com os níveis mínimos para isolamento segundo a NBR 15575-4/2013, evidencia-se que para ambas as paredes avaliadas (PE e PI) os níveis de isolamento acústico resultantes são inferiores aos parâmetros descritos na norma. Dessa forma, para alcançar a classificação mínima, seria necessário um índice de isolamento de mais 7dB, totalizando assim 25dB, para a parede externa (PE), e um índice de isolamento de mais 7dB, para alcançar 30 dB, em relação a parede interna (PI).

6. CONCLUSÕES

A importância da utilização de sistemas eficientes sob o ponto de vista acústico envolve desde o conforto e satisfação do usuário até questões sobre a produtividade e saúde das pessoas. A escolha dos materiais adotados nas edificações são de extrema relevância em virtude da qualidade ambiental nos espaços construídos, e devem ser considerados durante a concepção do projeto de arquitetura. A Construção Seca é um sistema construtivo que está sendo utilizado amplamente em diversos países, principalmente por reduzir sistematicamente o desperdício de materiais e energia gerados. Apesar disso, como se refere a um processo que requer um tipo de mão de obra específico, ocasionalmente o sistema pode ser comprometido em detrimento da execução da obra, tendo em vista que os profissionais de montagem devem ser especializados e qualificados para tal sistema. Torna-se fundamental romper o paradigma existente no setor da construção civil para que seja possível uma maior qualificação dos profissionais envolvidos nas montagens, proporcionando assim o desempenho eficiente ao qual sugere o referido sistema construtivo.

A ineficiência do isolamento sonoro das partições avaliadas (PE e PI) no objeto de estudo investigado, ocorre, possivelmente, em virtude de determinados aspectos construtivos, problemática que deveria ter sido considerada durante a especificação dos materiais utilizados e a construção da edificação. Essa suposição baseia-se na constatação in loco de algumas particularidades construtivas não condizentes com as especificações do fabricante das placas cimentícias.

Por outro lado, é fundamental destacar a relevância das avaliações de desempenho in loco, tendo em vista que os resultados adquiridos são condizentes com a situação real das partições avaliadas, envolvendo variáveis que não são consideradas nas avaliações em laboratório.

Vale salientar ainda, que mesmo diante dos resultados obtidos nesse estudo, não é possível generalizar o desempenho acústico do sistema construtivo investigado, uma vez que, a performance acústica do mesmo está diretamente relacionada a fatores diversos, tais como, tecnologia aplicada, materiais empregados, e mão de obra para execução, e que se utilizados de forma errônea, possivelmente comprometerão o potencial de isolamento sonoro do sistema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. **NBR 10.151**: Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade. Rio de Janeiro, 2000.

_____. **NBR 10.152**: Níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro, 1987.

_____. **NBR 15.575-4**: Edificações habitacionais de até cinco pavimentos-Desempenho. Parte 4: Sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE. Rio de Janeiro, 2013

BISTAFA, Sylvio R. **Acústica aplicada ao controle de ruído**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2006. 368 p.

FERREIRA NETO, Maria de Fatima Ferreira. **Estudo de barreiras acústicas ao ar livre, sob a perspectiva de eficiência e qualidade sonora**. 2002. 104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 2002.

_____. **Nível de conforto acústico: uma proposta para edifícios residenciais**. 2009. 257 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 2009.

FILHO, Cláudio Vicente Mitidieri; OLIVEIRA, Luciana Alves de; WAELKENS, Anne Catherine. **Sistemas construtivos tipo light steel frame para unidades habitacionais**: aspectos relativos à durabilidade. Artigo Técnico- Revista Técnica. 2011. Disponível em: <http://www.cbca-acobrasil.org.br/artigos-tecnicos-ler.php?cod=5455>. Acesso em: 19 nov. 2013.

INTERNACIONAL 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. Gêneve, 1998.

_____. **ISO 140-5**: Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 5: Field measurements of airborne sound insulation of façade elements and façades. Gêneve, 1998.

_____. **ISO 717-1**: Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of buildings elements – Part 1: Airborne sound insulation. Gêneve, 1996.

MACEIÓ. **Código de Urbanismo e Edificações do Município de Maceió**. Lei Municipal n.º5593, de 8 de fevereiro de 2007.

OITICICA, Maria Lucia Gondim da Rosa. **Desempenho acústico de diversas tipologias de peitoris ventilados**. Campinas, 2010. 240 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2010.

SANTIGO, Alexandre; FREITAS, Arlene; CRASTO, Renata. **Steel Framing**: Arquitetura. (Série Manual de construção em Aço). 2. ed. Rio de Janeiro: Ed. Instituto Aço Brasil/CBCA, 2006, 121p.