



Centro Universitário de Brasília – UnICEUB

PROGRAMA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

ALEXANDRE MACHADO CO

NORMA DE DESEMPENHO NBR 15.575: PROJETO E REALIDADE

BRASÍLIA

2020



ALEXANDRE MACHADO CO
PEDRO HENRIQUE DE OLIVEIRA ALVES

NORMA DE DESEMPENHO NBR 15.575: PROJETO E REALIDADE

Relatório final de pesquisa de Iniciação Científica apresentado à Assessoria de Pós-Graduação e Pesquisa.

Orientador: Prof. Sérgio Luiz Garavelli

BRASÍLIA

2020

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por ter me dado a oportunidade de realizar esta pesquisa e ter chegado até aqui.

À minha querida prima Thais Co Ribeiro por me apoiar e estar sempre ao meu lado, me ajudando a superar os momentos difíceis ao longo desta caminhada.

Aos meus pais Simone e José Luiz por, desde sempre, acreditarem em mim e no meu potencial, me incentivando a sempre buscar mais conhecimento.

Ao meu orientador Sergio Luiz Garavelli, pelo acompanhamento e valiosas dicas durante a elaboração deste trabalho acadêmico, e a todos os professores do UniCeub, pelos valiosos conhecimentos compartilhados.

A engenheira e tia Fátima Co, presidente do CREA-DF, por ter me apoiado e ter me ajudado a realizar um sonho, meu maior exemplo a seguir é a força que essa mulher tem.

RESUMO

As cidades brasileiras estão cada vez mais ruidosas, o aumento do número de veículos nas vias, a utilização de equipamentos eletrônicos com maior potência sonora são fatores que corroboram com este aumento. A exposição de fachadas de edifícios sem o isolamento adequado, a isolação ineficiente de interfaces de diferentes unidades aumenta a exposição dos habitantes a níveis de pressão elevados, combinado com o aumento da conscientização da população em relação a necessidade de condições adequadas de conforto acústico acarretou numa ampliação das reclamações em relação à contaminação ambiental relacionada à poluição sonora. No sentido de mitigar este problema, a norma brasileira que trata do desempenho de edificações habitacionais, NBR 15575, considera o desempenho acústico como um importante quesito a ser considerado. Estabelece valores mínimos, intermediários e superiores para os parâmetros acústicos relacionados à isolação. Em trabalhos anteriores desenvolvidos pelo Grupo de Pesquisa em Acústica Ambiental do UniCEUB, constatou-se que que parâmetros previstos nos projetos acústicos não foram atingidos, sendo que, em alguns casos ficou abaixo do mínimo recomendado pela norma. Esta pesquisa teve por objetivo principal avaliar *in situ*, através de medições acústicas, os parâmetros de isolação para o ruído aéreo entre diferentes ambientes, e comparar com os limites estabelecidos pela NBR 10.575, e com o valor previsto no projeto acústico. No caso de divergências foram feitos levantamentos visando identificar possíveis falhas no projeto ou na execução da obra. Como resultado obteve-se que todos os sistemas avaliados atenderam aos requisitos da NBR 15.575 (2013), sendo que a maioria atingiu apenas o mínimo recomendado. Foi constatado a importância da elaboração do projeto acústico, que é feito na etapa de planejamento da obra, assim no caso de identificação de um possível problema pode ser resolvido nesta etapa. Observou-se discrepâncias entre os valores do desempenho avaliados no projeto e nas medições *in situ*. Os valores do desempenho previstos no projeto foram ligeiramente menores que os medidos, indicando assim que se deve prever uma margem de erro na etapa do projeto acústico. Em relação aos equipamentos prediais e hidrossanitários, foi constatada a diferença de resultado entre as duas opções avaliadas de sistemas hidrossanitários, ou seja, um melhor resultado para a descarga com caixa-acoplada em comparação com o sistema com válvula de descarga embutida na parede. A descarga com caixa acoplada evita a vibração causada pela água ao passar pela tubulação, tendo em vista que, a água já está armazenada no local. A NBR 15575 (2013), no que se refere a equipamentos prediais e sistemas hidrossanitários não é de aplicação obrigatória ainda pelas construtoras, mas vale salientar a importância de se cuidar do conforto acústico das unidades residenciais. Um resultado “Mínimo” ou “Insuficiente” de desempenho acústico, traz uma percepção extremamente ruim para a edificação e para a construtora responsável, afinal um item cada vez mais valorizado pelos consumidores não foi atendido adequadamente. Foi constatado também que a escolha de horários nos quais o ruído residual não seja elevado, é de fundamental importância, para que não interfiram nos resultados das medições.

Palavras-chave: NORMA DE DESEMPENHO, NBR10.575, DESEMPENHO ACÚSTICO.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
2. OBJETIVOS	7
2.1. OBJETIVO GERAL.....	7
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
3.1. SISTEMAS HIDROSSANITÁRIOS.....	13
3.2. EQUIPAMENTOS PREDIAIS.....	15
4. METODOLOGIA	15
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	17
5.1. EDIFÍCIO RESIDENCIAL “ MINHA CADA MINHA VIDA”	17
5.1.1. SISTEMA DE VEDAÇÃO VERTICAIS EXTERNAS (SVVE).....	18
5.1.2. SISTEMA DE VEDAÇÃO VERTICAIS INTERNAS (SVVI).....	20
5.1.3. ISOLAMENTO AO RUÍDO AÉREO DO SISTEMA DE PISO	22
5.1.4. ISOLAMENTO AO RUÍDO DE IMPACTO DO SISTEMA DE PISO	23
5.1.5. RESUMO	24
5.2. EDIFÍCIO RESIDENCIAL NO SETOR NOROESTE.....	25
5.2.1. AVALIAÇÃO DO SVVI	26
5.2.2. ISOLAMENTO DO RUÍDO AÉREO, PISO	27
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	32
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

1. INTRODUÇÃO

A poluição sonora é um problema de saúde pública que atinge cada vez mais um maior número de pessoas que habitam os grandes centros urbanos. É considerada pela Organização Mundial de Saúde como um problema de saúde pública, que afeta negativamente a qualidade de vida e a saúde de milhões de pessoas, em especial no período noturno (WHO, 2009).

Estudos epidemiológicos (HÄNNINEN *et al.*, 2014; MUELLER *et al.*, 2017; VIENNEAU *et al.*, 2015) associam problemas de saúde à exposição a ruídos ambientais, principalmente o advindo do tráfego rodoviário, que nos grandes centros urbanos prevalece quando comparado com o ferroviário e aeronáutico. A exposição prolongada ao ruído pode afetar a saúde através de reações relacionadas ao estresse e distúrbios do sono (MÜNZEL *et al.*, 2016), podem provocar alterações crônicas no sistema nervoso endócrino e autônomo (MÜNZEL *et al.*, 2017) contribuindo para doenças cardiovasculares (van KEMPEN *et al.*, 2018; MÜNZEL *et al.*, 2016). Estudos com roedores indicam que a interrupção do sono induzida por ruído contribui para o ganho de peso (PARRISH e TESKE, 2017).

O incômodo provocado pelos elevados níveis de pressão sonora entre unidades distintas reflete a necessidade de haver um isolamento acústico que proporcione condições adequadas de conforto acústico para os habitantes de edificações nos grandes centros urbanos (PAIXÃO, 2002).

A NBR 15575 (2013), conhecida como “Norma de Desempenho” veio para preencher uma lacuna na legislação brasileira, que provocou ao longo dos anos um histórico de reclamações de usuários referentes ao ruído percebido nas edificações residenciais, principalmente nas habitações coletivas (SINDUSCON-DF, 2014). É uma legislação recente e nela estão contidos os parâmetros que engenheiros e arquitetos devem seguir, dentre eles o isolamento acústico. Em função desta lacuna, a norma é a primeira legislação a estabelecer os níveis mínimos de isolamento acústico para edificações.

É composta de seis partes, sendo que a primeira apresenta os requisitos gerais da edificação habitacional, que foram baseados numa lista de exigências dos usuários. Constam nessa lista itens de segurança, sustentabilidade e habitabilidade, no qual estão inseridos os critérios acústicos. Por ser recente, a legislação ainda provoca dúvidas, sendo que edificações projetadas a partir de 2013 muitas vezes ainda apresentam dificuldades de adequação à norma.

O conforto térmico e o conforto acústico são características essenciais para uma edificação, visto que a função primordial de uma habitação é a de abrigar de forma segura seus ocupantes, protegendo-os das intempéries e proporcionando-os bem-estar físico e mental (KRUGER; ZANNIN, 2006, p. 34). Segundo Ribas *et. al* (2013) o desempenho térmico e acústico de um ambiente depende da combinação de vários fatores, entre eles o posicionamento da edificação, a escolha e a execução de paredes, pisos, tetos e esquadrias e a especificação de equipamentos e instalações. Apesar de não ser possível determinar qual deles é o mais relevante, os autores dão destaque à importância da especificação dos sistemas de fechamento verticais e horizontais, a qual pode determinar em grande parte os níveis de desempenho térmico e acústico no ambiente construído.

Em função das necessidades básicas de segurança, saúde, higiene e de economia a ABNT NBR 15575/2013 estabelece para os diferentes sistemas de vedação requisitos mínimos de desempenho os quais devem ser considerados e atendidos.

Este estudo teve por objetivo analisar o desempenho térmico e acústico de um sistema de vedação em Poliestireno Expandido (EPS) em uma residência unifamiliar em obra, em suas condições atuais, através de medições realizadas em campo. Os dados térmicos e acústicos serão analisados, utilizando como método para avaliação a ABNT NBR 15575/2013 quanto aos requisitos para sistemas de vedações verticais.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

O presente trabalho teve como principal objetivo avaliar o isolamento de ruído aéreo e de impacto entre ambientes de unidades habitacionais distintas e comparar com os dados analíticos (teóricos) e identificar possíveis falhas na execução ou no projeto acústico. E avaliar o desempenho acústico de equipamentos prediais, elevadores e hidrossanitários de unidades habitacionais.

2.2. Objetivos Específicos

- Determinar o nível de pressão sonora do som residual, nos recintos receptores selecionados para o estudo.
- Determinar o tempo de reverberação dos recintos receptores.

- Determinar o $DnT'w$ por meio de ensaio experimental, seguindo a NBR 15.575 - $D'nT,w$ - Sistemas de vedação vertical.
- Calcular o Determinar o $DnT'w$ por meio de método analítico.
- Comparar os resultados obtidos pelos dois métodos com os limites estabelecidos pela norma (NBR 15575)
- Identificar possíveis fontes de divergências entre os parâmetros de isolamento previstos e os avaliados in situ, caso houver.
- Avaliar o impacto acústico dos níveis de pressão sonora gerados pelas instalações hidrossanitários prediais, no caso, acionamento das descargas de vasos sanitários;
- Efetuar medições acústicas, de acordo com a NBR 15575 (ABNT, 2013);
- Confrontar os resultados com os limites indicados pela Norma de desempenho.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O som é uma onda mecânica, ou seja, precisa de um meio para se propagar, como o ar, contudo, ele atravessa as paredes através de uma via de transmissão direta (a própria parede) e das vias de transmissão indireta (elementos laterais da parede como piso, laje ou fachada).

O ruído de impacto é produzido por excitação mecânica de um elemento sólido que se converte em emissor acústico e transmite em forma de vibração pelos elementos sólidos até chegar ao receptor por via aérea. Segundo Tutikian (2017), o ruído de impacto é uma consequência das vibrações geradas a partir do impacto mecânico entre materiais, sendo que nos edifícios, o choque entre elementos sólidos constitui a principal fonte da irradiação em sistemas construtivos como pisos, coberturas, paredes e outros, tem grande propagação nas edificações. São exemplos de ruído de impacto a vibração provocada pelo caminhar de pessoas e da queda de objetos sobre o piso.

O ruído aéreo é a perturbação do ar que faz vibrar aos elementos construtivos convertendo-os em emissores acústicos. É recebida pelo ar e transmite-se por via aérea ou estrutural.

A NBR 15575, traz como novidade a norma de desempenho, que prevê o atendimento aos requisitos em edifício concluído, ao contrário das normas que trazem abordagens prescritivas normas que ditam como devem ser construídos, cuja verificação é difícil. O que vale na nova norma é o resultado, a verificação do desempenho mediante avaliação, assim os critérios são mensuráveis, não há a indicação específica de como a construção deve ser feita. Como resultado, estimula a inovação e é de fácil verificação. Segundo Eric Gibson coordenador

da Comissão CIB/W60 (W60 Commission, Report n.64, 1982) CIB (International Council for Research and Innovation in Building and Construction) “primeiramente e acima de tudo, a abordagem de desempenho é [...] a prática de pensar e trabalhar em termos de fins, mais do que meios. [...] Isso tem a ver com o que o edifício ou produto para a construção deve atender, e não com a prescrição de como este deve ser construído”.

A Câmara Brasileira da Indústria e Construção (CBIC) publicou em 2013, um manual referente a NBR 15575. A publicação explicita os parâmetros que devem ser seguidos para melhorar o desempenho das habitações, como o isolamento acústico. A Associação Brasileira para a Qualidade Acústica (Pro-Acústica), no ano de 2013, publicou um guia prático referente ao isolamento acústico em habitações. Nele estão todos os parâmetros, contidos na Norma de Desempenho de Edificações, de vedação de pisos, paredes, fachadas, instalações hidrossanitárias, entre outros.

Em vigor desde julho de 2013, a norma ABNT NBR 15575 – Edificações habitacionais – Desempenho estabelece importantes critérios para a construção civil, a norma tem como objetivo principal traduzir tecnicamente as necessidades dos usuários brasileiros de imóveis, além da definição de requisitos mínimos (qualitativo), critérios (quantitativos ou premissas) e métodos de avaliação. Em suma visa incentivar e balizar o desenvolvimento tecnológico e, de outro, orientar a avaliação da eficiência técnica e econômica das inovações tecnológicas.

A Norma de Desempenho, é composta de seis partes. A primeira apresenta os requisitos gerais da edificação habitacional, que foram baseados numa lista de exigências dos usuários. Constam nessa lista itens de segurança, sustentabilidade e habitabilidade, no qual estão inseridos os critérios acústicos, foco deste trabalho.

Estrutura da norma ABNT/NBR-15575 – 312 páginas

Parte 1: Requisitos gerais – 71 p.

Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais - 31 p.

Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos - 42 p.

Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - 63 p.

Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas - 73 p.

Parte 6: Requisitos para os sistemas hidrossanitários - 32 p.

A norma se aplica a edificações habitacionais com qualquer número de pavimentos, geminadas ou isoladas, construídas com qualquer tipo de tecnologia. Sendo que não se aplica a obras já concluídas e construções preexistentes, obras em andamento na data da entrada

em vigor da norma (19 de julho de 2013), projetos protocolados nos órgãos competentes até a data da entrada em vigor da norma, obras de reformas ou retrofit e edificações provisórias.

Segundo Tutikian et al., (2017) o desempenho acústico e conforto acústico são diferentes: nível de tolerância subjetivo e o nível obrigatório da NBR 15575 é baixo comparado com outros países. Kern et al. (2013) realizou um estudo comparativo entre as normas brasileiras e espanhola, além de constatar que a norma brasileira é menos exigente em relação ao isolamento acústico, ressalta que a implantação de uma legislação no Brasil irá provocar mudanças significativas no mercado imobiliário.

O SINDUSCON-DF - Sindicato da Indústria da Construção Civil do Distrito Federal (SINDUSCON-DF) e a Associação de Empresas do Mercado Imobiliário do Distrito Federal (ADEMI-DF) (SINDUSCON-DF, 2014), publicaram um trabalho com os resultados de avaliações in situ dos parâmetros acústicos de edificações realizado em edifícios residenciais em Brasília, seguindo a NRB 15.575. Este trabalho que é referência para engenheiros e arquitetos da construção civil, concluiu que “o desempenho acústico dos sistemas depende muito da precisão e do cuidado com detalhes, tais como: evitar qualquer tipo de fresta em vedações, evitar pontes acústicas em situações de desconexão de equipamentos, pisos, entre outros”.

Daga (2017) realizou um estudo, com avaliações in situ, do isolamento acústico de blocos de concreto preenchidos com argamassa. Segundo os resultados, fatores como a execução, o volume dos ambientes, características dos materiais, espessuras e densidade deles, influenciam diretamente no coeficiente de absorção sonora.

São estabelecidos três níveis de desempenho: mínimo, intermediário e superior, a Tabela 1 apresenta os valores de $D'nT,w$ para cada nível de desempenho. A Tabela 1, apresenta os valores para vedações verticais internas.

Tabela 1 - Diferença padronizada de nível ponderada entre ambientes, DnT,w para ensaio de campo

Elemento da Edificação	Desempenho		
	M	I	S
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório	40 a 44	45 a 49	> 50
Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório	45 a 49	50 a 55	> 55
Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, tais como corredores e escadaria nos pavimentos	40 a 44	45 a 49	> 50
Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, tais como corredores e escadaria dos pavimentos	30 a 34	35 a 39	> 40
Parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, tais como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas	45 a 49	50 a 55	> 55

Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo hall (DnT,w obtido entre as unidades)	40 a 44	45 a 49	> 50
M – Mínimo I – Intermediário S - Superior	Parâmetro (DnT,w dB)		

(Fonte Tabela F.10, pág 57 da NBR 15575-4, adaptada)

A Diferença Padronizada de Nível Ponderado entre Ambientes ($D'nT,w$) é determinada a partir do NPS nos recintos emissor e receptor e equivale à diferença de nível entre ambiente emissor e ambiente receptor em relação ao tempo de reverberação do ambiente receptor. O processo de medição é estabelecido pela ISO 140-4 e representa a redução dos níveis de pressão sonora entre os dois ambientes.

A propagação do ruído entre diferentes ambientes de uma edificação, acontece de forma direta, quando existe um elemento de separação comum aos dois compartimentos, e de forma indireta, através de outras vias de transmissão existentes que são através dos elementos adjacentes ou de espaços laterais, denominada de transmissão marginal. As vias marginais de transmissão sonora influenciam diretamente no resultado de isolamento do elemento de separação e assim diminui o isolamento acústico do mesmo (DAGA, 2017). No caso das avaliações realizadas em laboratórios isto não ocorre, pois, as transmissões marginais são minimizadas por meio de isolamentos acústicos.

A Figura 1 apresenta a ilustração de um ambiente emissor, onde a fonte sonora está localizada e o ambiente receptor, entre eles estão são ilustrados os diferentes caminhos de transmissão estrutural do ruído aéreo gerado no compartimento emissor de acordo com a ISO 140-1.

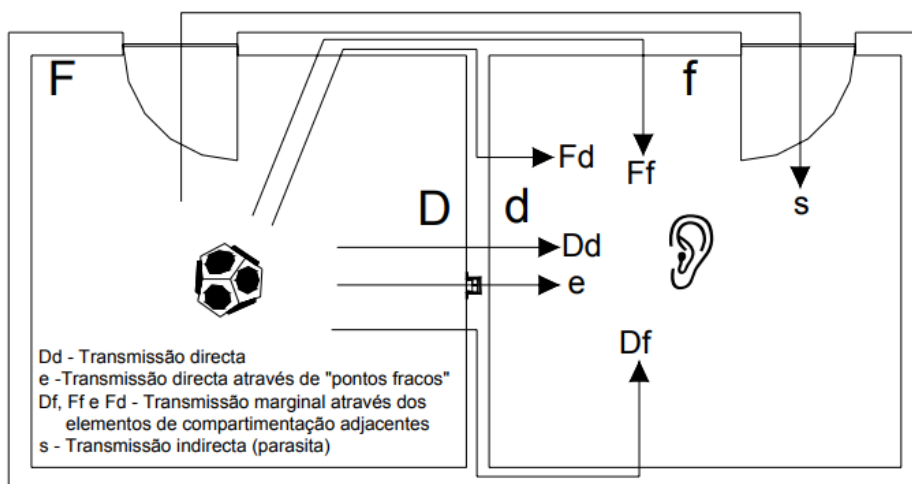


Figura 1- Diferentes caminhos de transmissão estrutural do som entre ambiente (Fonte: Patrício, 2004)

A metodologia de medição da isolamento acústica prevista na NBR 15.575 (2013) segue as especificações contidas nas ISO 140-4 e 10052. O princípio da norma está baseado na diferença dos níveis de pressão sonora (NPS) entre dois ambientes, um no qual está localizada a fonte (emissor) e o outro o receptor. Para tanto, avalia-se os NPS nos dois ambientes, em bandas de oitava ou terço de oitavas. No recinto receptor avalia-se também a absorção, através do tempo de reverberação (TR60).

A diferença entre ambos os níveis, com uma correção segundo as condições acústicas do recinto receptor, proporcionam a Diferença de níveis padronizada (Dnt), que é convertida em um número único através da ISO 717-1 obtendo-se a Diferença padronizada de nível ponderada (Dnt,w) que é o valor comparável com os níveis de desempenho da NBR 15575-4.

Os procedimentos descritos nas normas europeias EN12354-1 permitem estimar o parâmetro (Dnt,w) em edificações. Neste cálculo são consideradas as propriedades dos diferentes elementos e sistemas construtivos envolvidos, suas uniões e suas geometrias, avaliando as diferentes vias de transmissão.

Segundo a Norma EN ISO 12354-1, o fator de transmissão da energia sonora do recinto emissor para o ambiente receptor τ' é dado por:

$$\tau' = \tau_d + \sum_{i=1}^N \tau_i + \sum_{j=1}^M \tau_j + \sum_{k=1}^L \tau_k$$

τ' – Coeficiente de transmissão da energia sonora total radiada para o compartimento receptor

τ_d - Coeficiente de transmissão da energia sonora radiada para o compartimento receptor, por via direta, ou seja, pelo próprio elemento de separação;

τ_i - Coeficiente de transmissão da energia sonora radiada para o compartimento receptor pelos elementos marginais;

τ_j - Coeficiente de transmissão da energia sonora radiada para o compartimento receptor por pequenos elementos através dos quais podem ocorrer transmissão por via direta (exemplo: abertura de janelas ou sistemas de ventilação dispostos no elemento de separação);

τ_k - Coeficiente de transmissão da energia sonora radiada para o compartimento receptor por outras vias de transmissão indireta (como a propagação pelo exterior do edifício, através das janelas dos respectivos compartimentos ou, no caso de verificação do isolamento

entre espaços de um mesmo elemento a que possa ocorrer por zonas comuns, tipo corredores internos).

(N - Número total de elementos marginais; M - Número de pequenos elementos e L - Número de vias de transmissão indireta)

As vedações verticais são partes extremamente importantes de uma edificação. Segundo Rivard *et al.* (1999) apud Oliveira e Filho (2012) elas representam aproximadamente 20% do custo total da construção do edifício.

A ABNT NBR 15575-4 (2013) nos traz a definição de sistemas de vedação vertical interno e externo como sendo “partes da edificação habitacional que limitam verticalmente a edificação e seus ambientes, como as fachadas e as paredes ou divisórias internas”. Têm como principais funções compartimentar a edificação e propiciar aos ambientes características que permitam o adequado desenvolvimento das atividades para as quais eles foram projetados.

A vedação vertical é um dos principais subsistemas que condicionam o desempenho do edifício, sendo a principal responsável por características ligadas ao conforto higro-térmico e acústico, pela segurança de utilização e frente a ações excepcionais (como por exemplo no caso de incêndios) e pelo desempenho estético que proporciona valorização do imóvel. (FRANCO, 1998)

O sistema de vedação é composto pelos vedos (paredes), pelas esquadrias, e os revestimentos. Esse sistema pode ainda interagir com vários outros componentes ou sistemas da edificação, como estruturas, instalações, caixilhos, esquadrias, vedações horizontais, entre outros. Segundo a ABNT NBR 15575-4 (2013) as vedações podem também exercer outras funções, como estanqueidade à água, isolamento térmico e acústico, fixar peças suspensas, suportar esforços de uso, e podem, inclusive, assumir a função estrutural, devendo neste caso atender a requisitos mais específicos.

3.1. Sistemas Hidrossanitários

As instalações hidrossanitárias são responsáveis diretas pelas condições de saúde e higiene requeridas para a habitação, além de apoiarem todas as funções humanas nela desenvolvidas (cocção de alimentos, higiene pessoal, condução de esgotos e águas servidas etc.). As instalações devem ser incorporadas à construção, de forma a garantir a segurança dos usuários, sem riscos de queimaduras (instalações de água quente), ou outros acidentes.

Devem ainda harmonizar-se com a deformabilidade das estruturas, interações com o solo e características físico-químicas dos demais materiais de construção.

De acordo com a NBR 8160 - Sistemas prediais de esgoto sanitário (1999), o sistema de esgoto sanitário tem por funções básicas coletar e conduzir os despejos provenientes do uso adequado dos aparelhos sanitários a um destino apropriado.

Dentre as diversas características do esgoto sanitário, destacam-se: evitar a contaminação da água, de forma a garantir a sua qualidade de consumo, tanto no interior dos sistemas de suprimento e de equipamentos sanitários, como nos ambientes receptores; permitir o rápido escoamento da água utilizada e dos despejos introduzidos, evitando a ocorrência de vazamentos e a formação de depósitos no interior das tubulações; impedir que os gases provenientes do interior do sistema predial de esgoto sanitário atinjam áreas de utilização; impossibilitar o acesso de corpos estranhos ao interior do sistema; permitir que os seus componentes sejam facilmente inspecionáveis; impossibilitar o acesso de esgoto ao subsistema de ventilação; permitir a fixação dos aparelhos sanitários somente por dispositivos que facilitem a sua remoção para eventuais manutenções.

Os sistemas de descarga são parte integrante dos sistemas hidráulicos e têm por objetivo fornecer água com volume e energia adequados para a remoção e o transporte dos dejetos das bacias para os ramais de esgoto, bem como para a reposição do fecho hídrico que evita o retorno de odores ao ambiente.

Em suma, em relação à remoção, é necessário que a quantidade de água acionada leve os dejetos até a rede de esgoto, sem, contudo, tornar o consumo de água por demais oneroso. Já no que diz respeito ao fecho hídrico, é preciso repor a quantidade de água limpa no fundo do bacia, que impede o retorno dos gases da tubulação de esgoto e trazem mal cheiro e germes.

Faz-se necessário destacar que são comercializados no país tipos distintos de mecanismos de descarga, cada um com uma instalação e um funcionamento diferente. As válvulas de descarga não possuem reservatório para água e são acopladas diretamente na tubulação, o que torna o seu desempenho mais sujeito às condições de instalação das tubulações. Em contrapartida, seu uso pode ser concomitante a qualquer modelo de bacia, uma vez que é possível regular a energia da descarga na própria válvula. As caixas de descarga, outro mecanismo de descarga, podem ser de dois tipos: aquelas com caixa acoplada e as não acopladas.

Ambas as caixas funcionam como reservatórios para a água a ser utilizada na descarga. No primeiro caso, a caixa é acoplada à parte traseira da bacia, o que requer uma bacia específica. As caixas e bacias, neste caso, são comercializadas em conjunto. Já no caso das caixas não acopladas, esta é fixada na parede em altura superior à bacia, podendo ser utilizada uma bacia convencional qualquer.

3.2. Equipamentos Prediais

Existem ruídos gerados por equipamentos prediais que proporcionam um aumento significativo dos níveis de desempenho acústico aos ocupantes quando são operados equipamentos instalados nas dependências da edificação. Equipamentos individuais cujo acionamento aconteça por ação do próprio usuário (exemplo: caixa d'água em habitações unifamiliares, trituradores de alimento em cozinha, etc) não podem ser avaliados por esse requisito; trata-se apenas de equipamentos de uso coletivo ou acionados por terceiros que não o próprio usuário da unidade habitacional a ser avaliada.

Este requisito visa proporcionar adequação acústica aos ocupantes quando são operados equipamentos instalados nas dependências da edificação – tais como elevadores e suas casas de máquinas, sistemas coletivos de exaustão/ventilação e pressurização de “shafts”, sistemas de refrigeração e calefação, geradores (quando não emergenciais) e portões automatizados.

4. METODOLOGIA

Em função da pandemia do Coronavírus 19, a equipe teve acesso limitado às obras recém construídas, assim o objeto de estudo foi um edifício destinado ao programa “Minha Casa Minha Vida”, para o qual foram realizados ensaios do sistema de vedação vertical externo (SVVE), sistema de vedação vertical interno (SVVI), isolamento do sistema de piso ao ruído aéreo e isolamento do sistema de piso ao ruído de impacto. Para esta edificação também foram feitas as simulações do projeto acústico, isto é, os cálculos teóricos dos parâmetros avaliados in situ.

O SVVI e o desempenho do sistema de piso para o ruído aéreo foi avaliado numa edificação de alto padrão, localizada no Setor Noroeste de Brasília. Além disso o desempenho de sistemas de hidrossanitários de 3 edificações, que não estava previsto no projeto inicial, também foram avaliados.

As medições foram realizadas de acordo com o especificado na ISO 140-4, Acoustics Measurement of sound insulation in buildings and of building elements), que trata dos métodos para a medição para isolamento acústico em edificações. Para a realização destas medidas é necessário a avaliação do tempo de reverberação, cujo método é tratado pela ISO 3382-2 (ISO 3382-2:2008 specifies methods for the measurement of reverberation time in ordinary rooms). Esta norma descreve os procedimentos, equipamentos necessários, números de medidas, posição da fonte e do microfone para a realização do ensaio.

A ISO 717-1:2013, Acoustics -- Rating of sound insulation in buildings and of building elements - Part 1: Airborne sound insulation, define através de um número uma grandeza que representa o isolamento acústico aéreo em edifícios e de elementos de construção, como paredes, pisos, portas e janelas. Este parâmetro leva em consideração os diferentes espectros de nível de som de várias fontes de ruído, como fontes de ruído dentro de um edifício e tráfego fora de um edifício, fornece regras para determinar essas quantidades a partir dos resultados de medições realizadas em bandas de um terço de oitava ou oitava de acordo com as normas ISO 10140-2, ISO 140-4 e ISO 140-5. As grandezas de número único, de acordo com a norma ISO 717-1: 2013, destinam-se a classificar o isolamento acústico aéreo e a simplificar a formulação de requisitos acústicos nos códigos de construção. O método utilizado para a avaliação do tempo de reverberação é tratado na ISO 3382-, será utilizado o ruído impulsivo, obtido por meio do estouro de balões de látex seguindo as recomendações do trabalho "Metodologia para avaliação da isolamento acústica - norma de desempenho NBR 15.575".

As propriedades específicas do local, área, volume, espessura das paredes e da laje, entre outras, serão medidas coletadas e utilizados para o dimensionamento acústico. Os resultados avaliados in situ foram comparados com a norma e com os preditos nos projetos acústicos, em caso de divergências ou descumprimento da norma, os cálculos teóricos da isolamento serão realizados além da inspeção detalhada na edificação com o objetivo de identificar possíveis falhas na execução da obra.

Os principais equipamentos utilizados para a realização dos ensaios foram: sonômetro FUSION da 01dB-Metravib (11532), certificado de calibração (RBC3-10221-565), calibrador acústico da 01dB (0256) (RBC 86.372) e fonte sonora para ruído aéreo e de impacto. Os procedimentos foram baseados na norma ABNT NBR 15575 (2013).

Para os equipamentos prediais e hidrossanitários, o método consistiu em avaliar o nível de pressão sonora durante um ciclo de operação do aparelho hidrossanitário e/ou

equipamento predial. A medição do sistema hidrossanitário deve ser realizada no dormitório da unidade habitacional ao lado, acima ou abaixo do local onde o equipamento está instalado (ruído percebido) quando há o acionamento do aparelho (ruído emitido). A medição foi feita com todas as portas dos banheiros, dormitórios e de entrada, assim como todas as janelas das duas unidades habitacionais fechadas. Já a medição dos equipamentos prediais (ex: elevador) foi realizada no ambiente imediatamente ao lado das paredes do elevador (ruído percebido) quando há o acionamento do aparelho (ruído emitido) dentro do elevador em operação.

Para obter o nível de pressão sonora equivalente ponderado, L_{Aeq} e o nível de pressão sonora máximo ponderado, L_{Amax} , devido ao acionamento da descarga de vaso sanitário, realizaram-se os seguintes quesitos:

1. Realizar a média entre os resultados medidos nos pontos de medições para cada grandeza, por frequência, através da Equação:

$$L_{Aeq_{m\u00e9dio}} = 10 \log_{10} \left(\frac{\sum_N 10^{(0,1 * L_{Aeq})}}{N} \right)$$

Sendo que,

- $L_{AeqM\u00e9dio}$, \u00e9 a m\u00e9dia logar\u00edtmica dos n\u00edveis de press\u00e3o sonora equivalente entre os pontos medidos em dB;
 - N, \u00e9 a quantidade de pontos medidos.
2. Realizar o mesmo procedimento para obter a m\u00e9dia logar\u00edtmica entre as medi\u00e7\u00f5es de n\u00edveis de press\u00e3o sonora m\u00e1ximo L_{Amax} ;

5. RESULTADOS E DISCUSS\u00d5ES

5.1. Edif\u00edcio Residencial “ Minha cada minha vida”

Resultado da avalia\u00e7\u00e3o de desempenho ac\u00fastico de um Residencial dedicado ao programa Minha Casa Minha Vida constru\u00eddo com blocos de concreto armados in loco. Os ensaios para a avalia\u00e7\u00e3o do sistema de vedaa\u00e7\u00e3o verticais externas (SVVE), sistema de vedaa\u00e7\u00e3o verticais externas (SVVI), piso – ru\u00eddo a\u00e9reo e de impacto, foram realizados, tendo como ambiente receptor o quarto da unidade D1, que possui \u00e1rea de 9,6 m², altura de 2,6 m e volume 25 m³.

Para a avaliação dos parâmetros acústicos do ensaio foi medido o tempo de reverberação TR60, avaliado no recinto receptor – quarto, utilizando o método do ruído interrompido. A fonte sonora utilizada foi o balão de látex nº 12. O ensaio foi realizado com 12 estouros, com variações na posição da fonte e do sonômetro. Os resultados do TR60 estão expressos na Tabela 1.

Tabela 1 - Tempo de reverberação em bandas de oitavas, ambiente receptor

Frequência (Hz)	TR60 (s)
63	1,84
125	1,66
500	2,10
1000	2,20
2000	1,70
4000	1,37

O som residual foi avaliado no ambiente receptor durante o intervalo de tempo de 3 minutos, os resultados estão apresentados na Figura 2, conforme pode ser constatado os NPS foram baixo indicando que não tem potencial de interferir nos resultados das medidas de isolamento

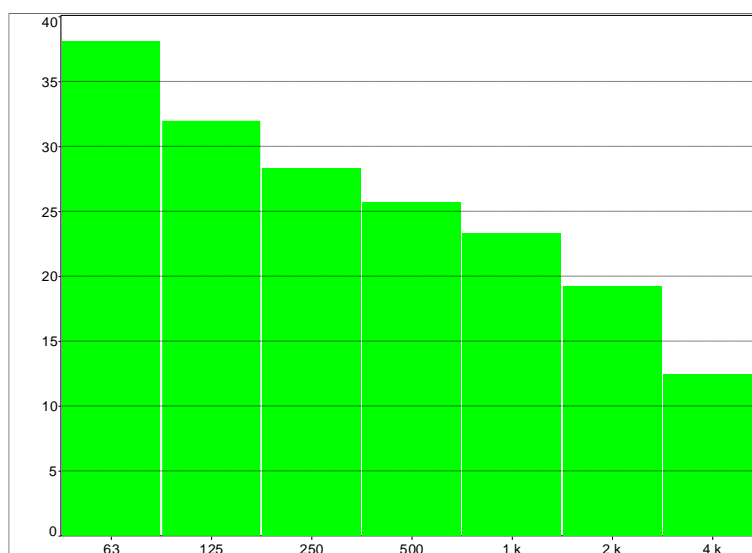


Figura 2 – Som residual no interior da unidade receptora (quarto)

5.1.1. Sistema de vedação verticais externas (SVVE)

A fachada da edificação analisada é composta de parede de concreto armado com 10 cm de espessura revestido com argamassa de 2,5 a 3 cm, além de uma esquadria. Para avaliar o isolamento da fachada externa (SVVE) a fonte sonora foi posicionada na parte externa na edificação, os NPS avaliados a 2m da fachada estão apresentados na Figura 3.

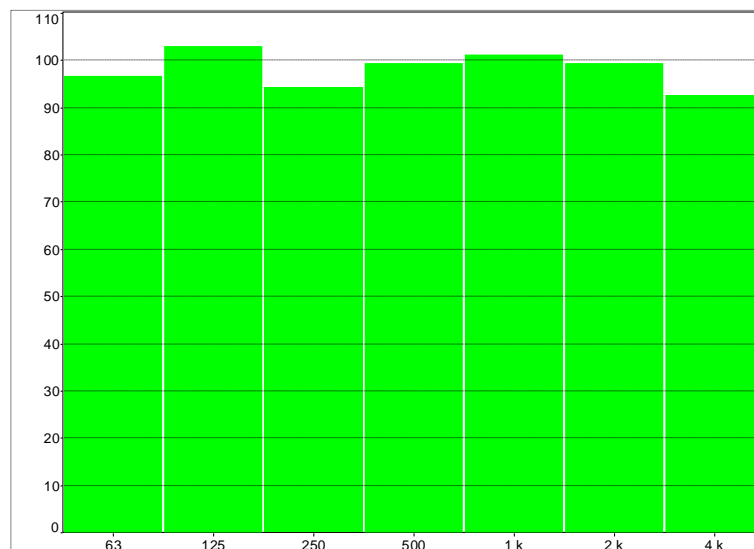


Figura 3 – Ruído emitido na fachada externa da edificação

A Figura 4 apresenta os resultados avaliados no interior da edificação (quarto). Utilizando o software dBatti, foi realizado o processamento dos dados e o resultado obtido para o isolamento da fachada está apresentado na Figura 5.

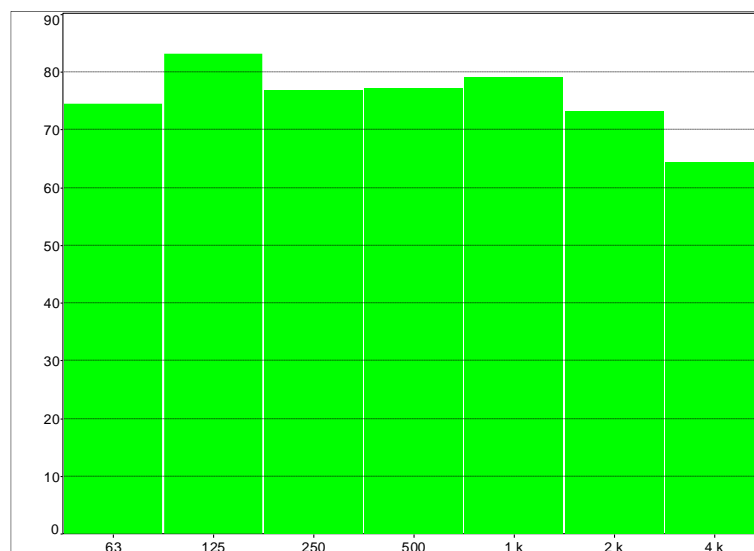


Figura 4 – Ruído recebido na unidade receptora (quarto)

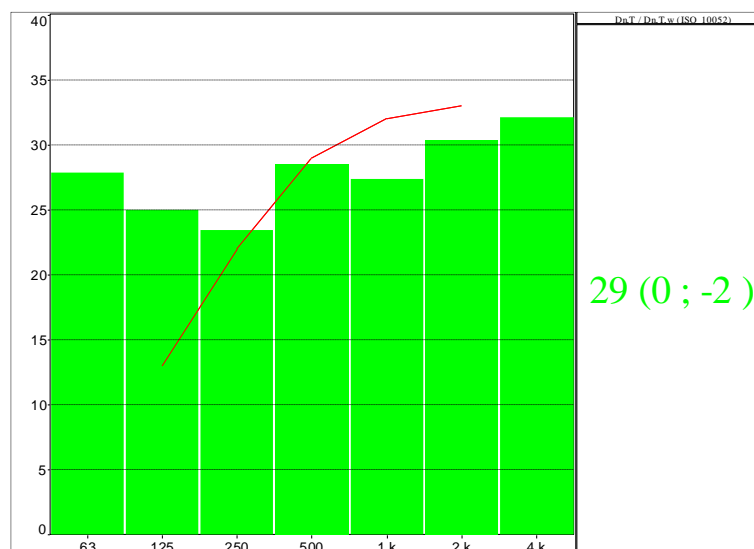


Figura 5 – Resultado para SVVE

O isolamento ao ruído aéreo de sistemas de vedações externas (fachadas) é representado pela diferença padronizada de nível ponderada a 2 metros de distância da fachada $D_{2m,nT,w}$.

Para avaliar a classe de ruído foram realizadas medições externas com tempo de 30 minutos. Os resultados estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Nível de pressão sonora incidente na fachada

Parâmetro	Resultado (dB)	Classificação
$L_{Aeq,30min}$	55,4	Classe de Ruído I

A Tabela 3 apresenta o resultado do ensaio e a classificação segundo a ABNT NBR 15.575 (2013)

Tabela 3 - Desempenho acústico do SVVE

Parâmetro	Resultado (dB)	Desempenho (NBR 15575)
$D_{2m,nT,w}$	29	Atende

5.1.2. Sistema de vedação verticais internas (SVVI)

O sistema de vedação vertical interno é composto de concreto armado com 10 cm de espessura revestido com argamassa de 2,5 a 3 cm. O isolamento ao ruído aéreo do SVVI é representado pela diferença padronizada de nível ponderada $D_{nT,w}$. Os NPS avaliados no ambiente emissor e receptor estão apresentados nas Figuras 6 e 7 respectivamente.

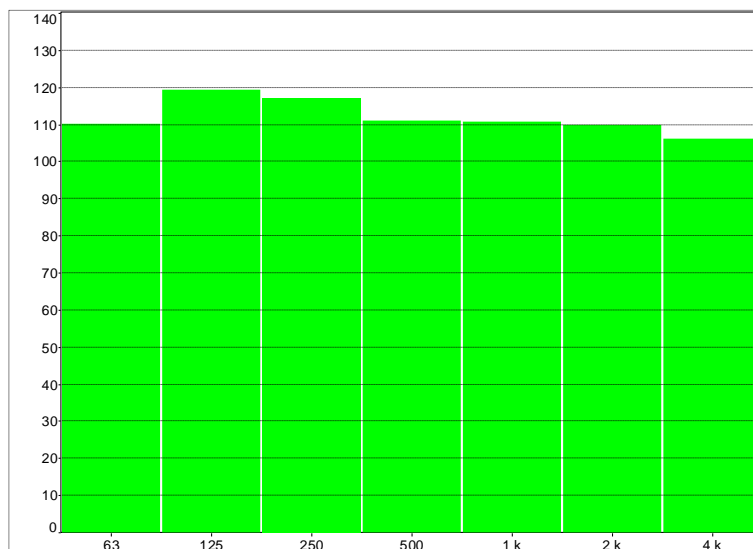


Figura 6 – Ruído emitido no quarto da unidade ao lado

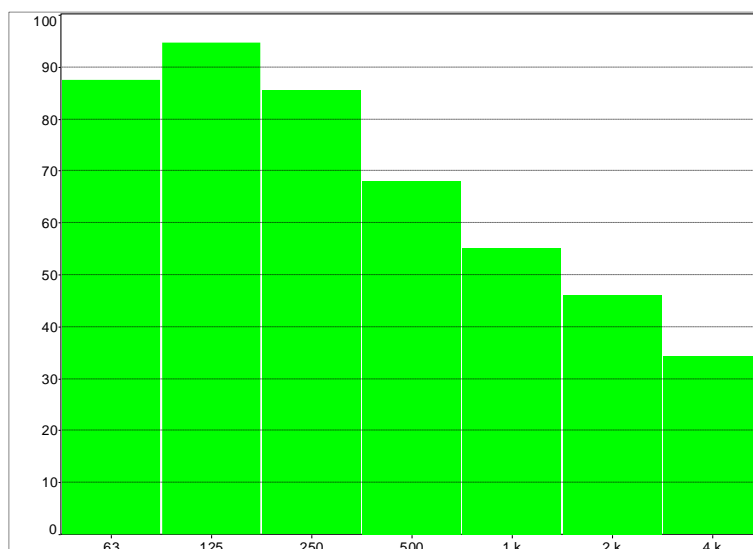


Figura 7 – Ruído recebido na unidade receptora (quarto)

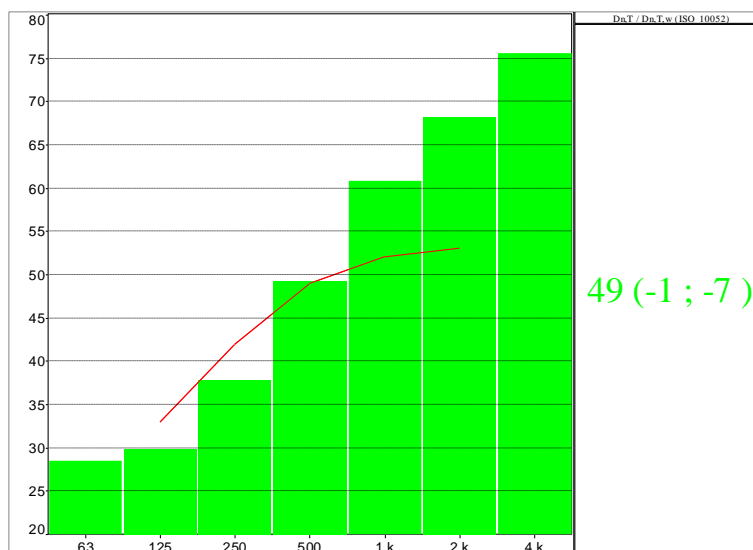


Figura 8 – Resultado para SVVI

A Figura 8 apresenta os resultados avaliados no interior da edificação (quarto). Foi utilizado o software dBatti para o processamento dos dados e o resultado obtido para o isolamento do SVVI. A Tabela 4 apresenta o resultado do ensaio e a classificação segundo a ABNT NBR 15.575 (2013).

Tabela 4 - Desempenho acústico do SVVI

Parâmetro	Resultado (dB)	Desempenho (NBR 15575)	Classificação
$D_{nT,w}$	49	ATENDE	Mínimo

5.1.3. Isolamento ao ruído aéreo do sistema de piso

O sistema de piso é composto de laje maciça em concreto armado com 10 cm de espessura, contra piso revestido com argamassa de 2,5 a 3 cm e piso cerâmico de 8 mm. O isolamento ao ruído aéreo do sistema de piso é representado pela diferença padronizada de nível ponderada $D_{nT,w}$.

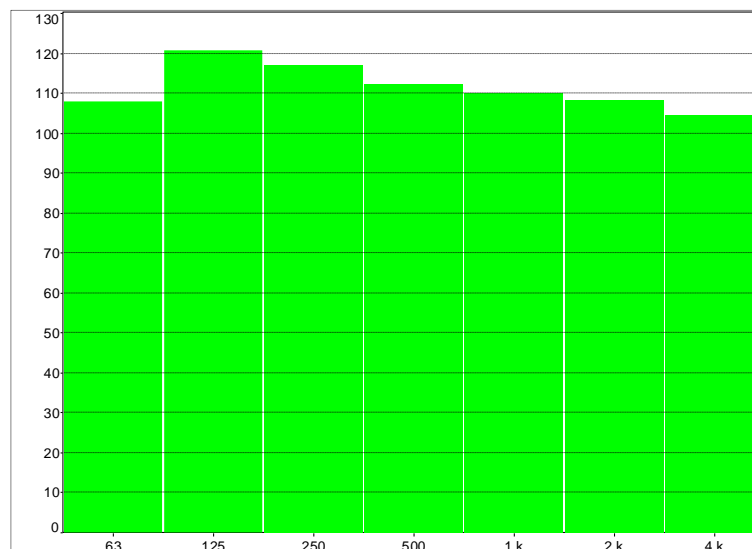


Figura 9 – Ruído emitido no quarto da unidade superior

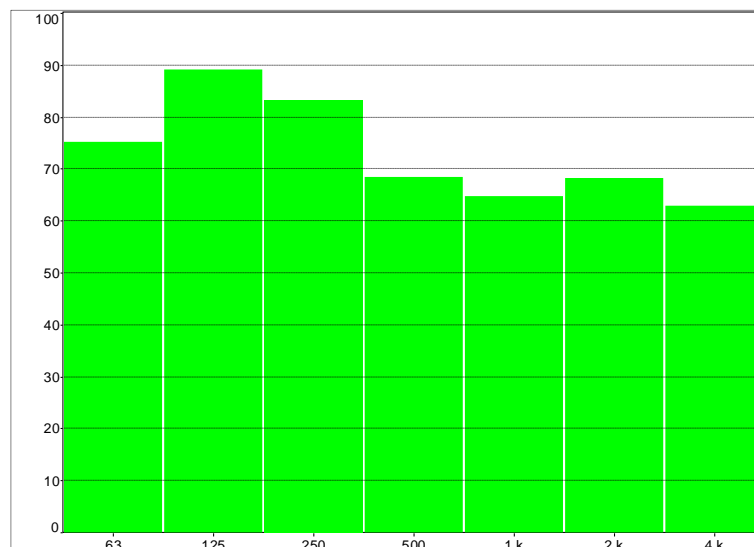


Figura 10 – Ruído recebido no quarto avaliado (som aéreo)

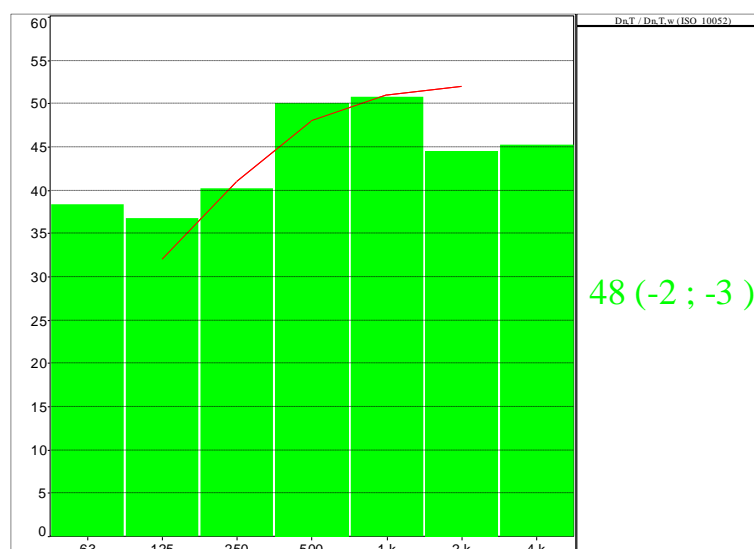


Figura 11 – Resultado para piso (ruído aéreo)

A Tabela 5 apresenta o resultado do ensaio e a classificação segundo a ABNT NBR 15.575 (2013).

Tabela 5 - Desempenho acústico do sistema de piso ao ruído aéreo

Parâmetro	Resultado (dB)	Desempenho (NBR 15575)	Classificação
$D_{nT,w}$	48	ATENDE	Mínimo

5.1.4. Isolamento ao ruído de impacto do sistema de piso

O sistema de piso é composto de laje maciça em concreto armado com 10 cm de espessura, contra piso revestido com argamassa de 2,5 a 3 cm e piso cerâmico de 8 mm. O isolamento ao ruído de impacto do sistema de piso é representado pelo nível de pressão

sonora de impacto padrão ponderado $L'_{nT,w}$. A Tabela 6 apresenta o resultado do ensaio e a classificação, levando em conta a classe de ruído de local, segundo a ABNT NBR 15.575 (2013).

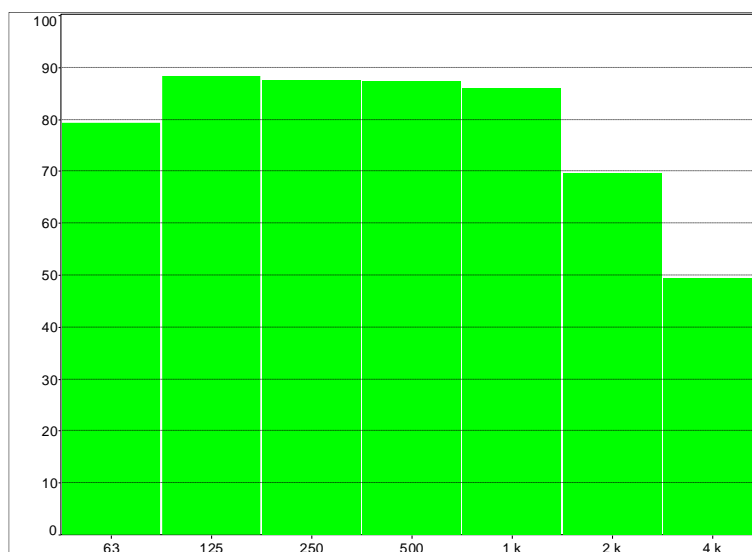


Figura 12 – Ruído de impacto recebido no ambiente avaliado

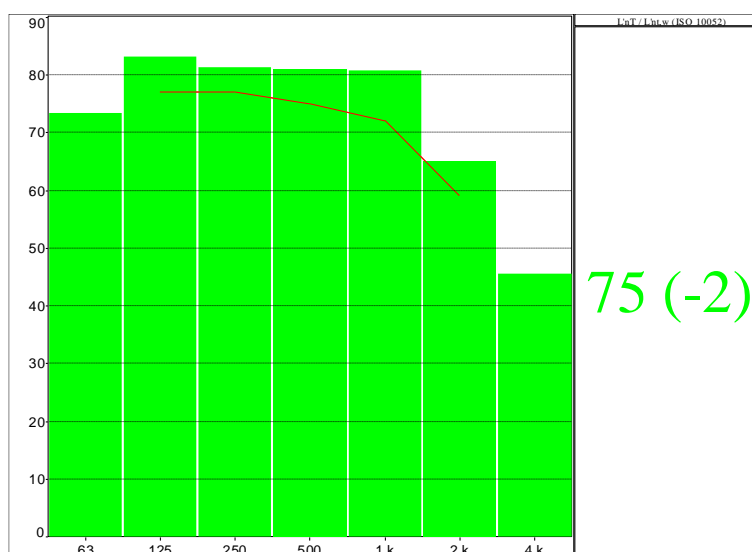


Figura 13 – Resultado para piso (ruído de impacto)

Tabela 6 - Desempenho acústico do sistema de piso ao ruído de impacto

Parâmetro	Resultado (dB)	Desempenho (NBR 15575)	Classificação
$L'_{nT,w}$	75	ATENDE	Mínimo

5.1.5. Resumo

Neste estudo foram realizados ensaios do sistema de vedação vertical externo (SVVE), sistema de vedação vertical interno (SVVI), isolamento do sistema de piso ao ruído aéreo e isolamento do sistema de piso ao ruído de impacto. Os cálculos referentes ao desempenho teórico (Projeto Acústico) foram realizados pela arquiteta Gabriela Garavelli, da Sonora

Engenharia, que se dispôs a colaborar com o estudo. A Tabela 7 apresenta os resultados teóricos (Projeto) e os medidos in situ. Conforme pode ser observado os resultados teóricos apresentaram desempenho inferior aos medidos in situ. Vale a ressalva que todos os sistemas avaliados estudo atenderam a Norma de Desempenho ABNT NBR 15575 (2013)

Tabela 7 - Desempenho acústico da edificação – quadro resumo

Sistema avaliado	Parâmetro	Projeto	Medido	Desempenho
SVVE (fachada)	$D_{2m,nT,w}$	31	29	Intermediário
SVVI (parede)	$D_{nT,w}$	50	49	Mínimo
Piso – ruído aéreo	$D_{nT,w}$	46	48	Mínimo
Piso – ruído impacto	$L'_{nT,w}$	74	75	Mínimo

5.2. Edifício residencial no Setor Noroeste

Este estudo foi realizado num edifício residencial de alto padrão, localizado no Setor Noroeste, área nobre de Brasília. Foram feitos os ensaios de isolamento acústico entre paredes e ruído aéreo entre unidades autônomas. A edificação se encontrava na fase final para entrega. Para a realização dos ensaios foram utilizados dois sonômetros, uma caixa de som, ruído rosa, balões número 12 e equipamentos de proteção. No dia do ensaio, foram aferidos os ruídos de fundo, recebido e emitido e o tempo de reverberação. Para cada um desses foram feitas três aferições em três posições em cada ambiente, conforme a norma NBR 10152/2017.

O som residual foi medido por três minutos, em cada ambiente. Em seguida, foi calculado no nível de Noise Criteria, como mostrado na imagem abaixo.

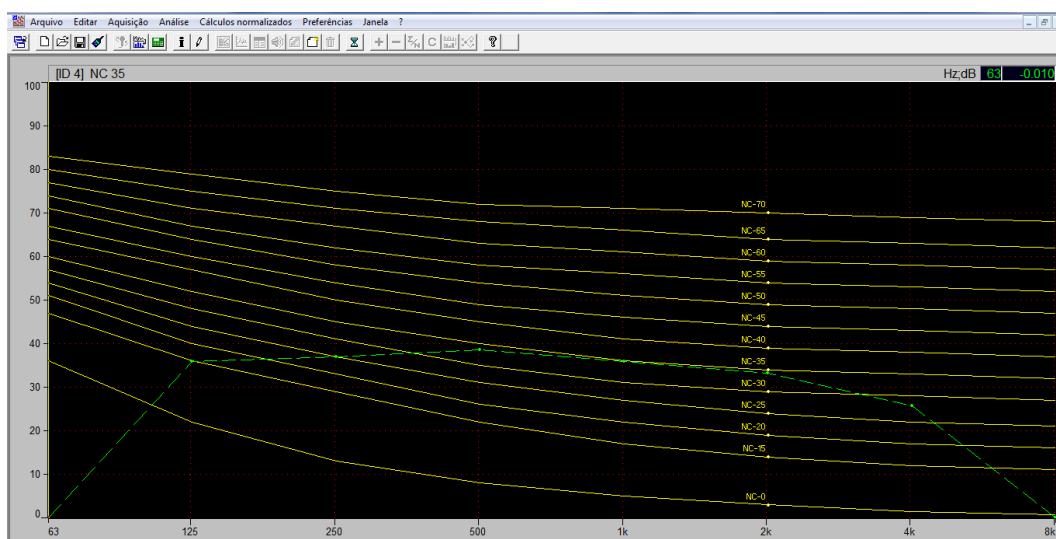


Figura 14 – Noise Critéria para o som residual

O NC encontrado foi de 35 dB, sendo resultado satisfatório, pois se encontrava no intervalo recomendado para ensaios de isolamento acústico, inferior a 45 dB.

O tempo de reverberação (T60), foi avaliado no local ambiente receptor. Para a coleta de dados foi utilizado o método do ruído impulsivo, com o estouro do balão de número 12. A Figura 15 representa o T60 médio para cada frequência estudada.

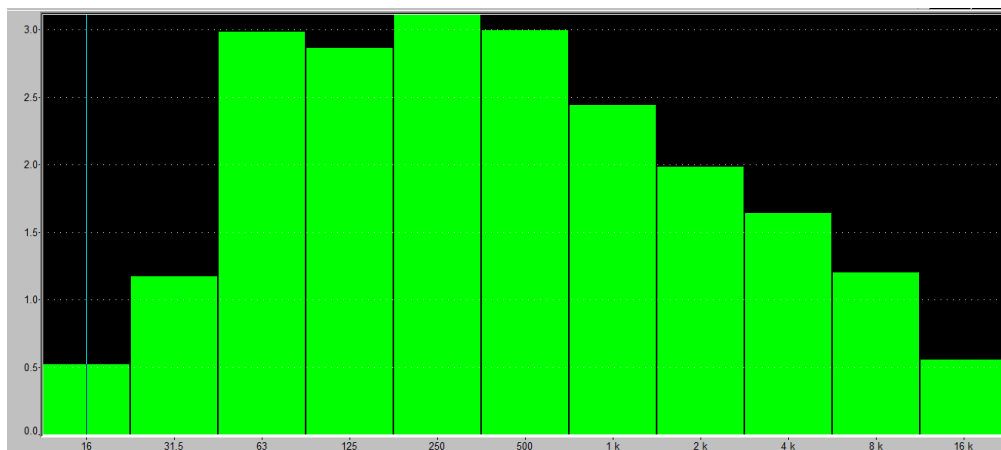


Figura 15 – NPS avaliados no ambiente emissor

5.2.1. Avaliação do SVVI

Para avaliação do ruído emitido, foram feitas em três posições, utilizado o ruído rosa a uma frequência maior que 100 dB, durante 3 minutos. Em seguida, foi calculada a média de cada estação, representado na Figura 16, A Figura 17 apresenta o resultado para a avaliação realizada no ambiente receptor.

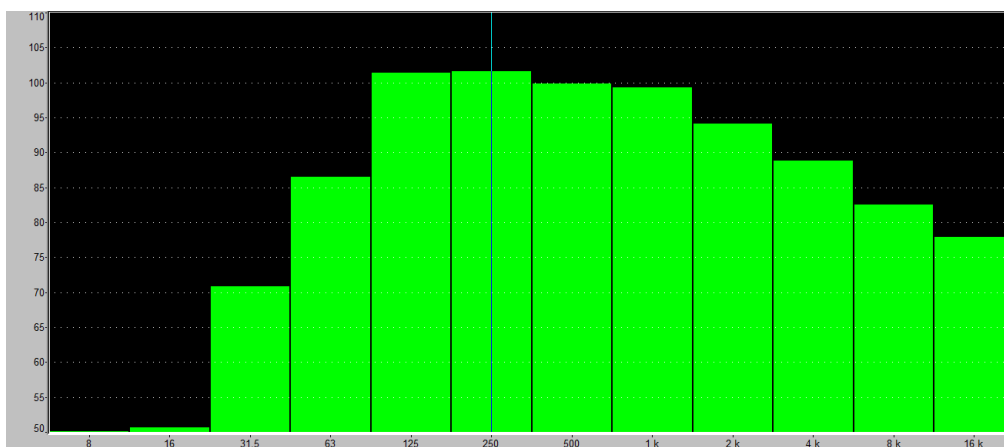


Figura 16 – NPS avaliados no ambiente emissor

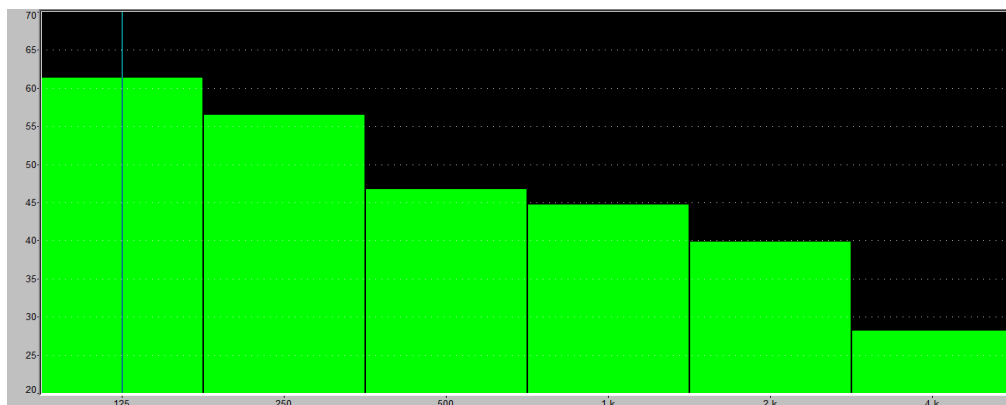


Figura 17 – NPS avaliados no ambiente receptor

O ensaio foi realizado entre dois apartamentos avaliando o SVVI, separados por uma parede compostas por: duas camadas de blocos preenchidos com argamassa e com uma camada isolante de lã de pet.

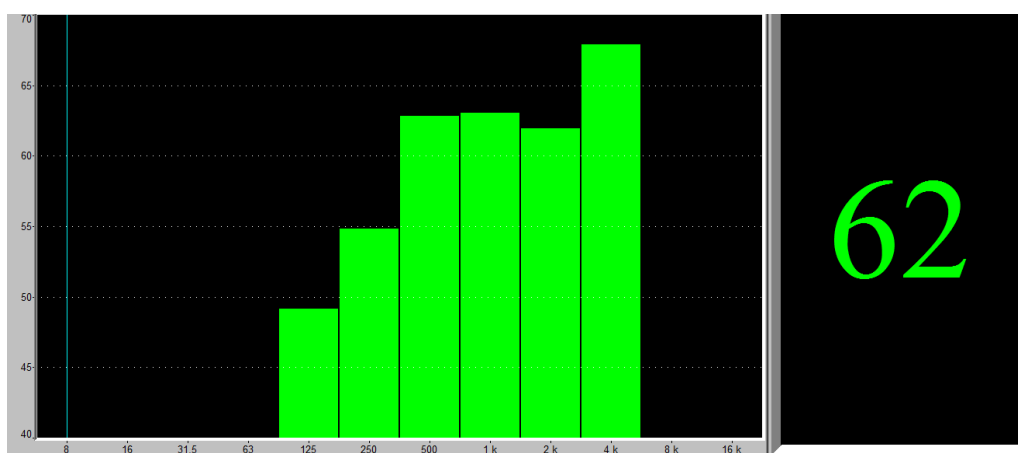


Figura 18 – Isolamento avaliado

O isolamento encontrado foi de **62 dB**, que pela norma NBR 15575/2013, obteve um isolamento superior, maior que **65 dB**.

CRITÉRIO	DESEMPENHO		
	MÍNIMO	INTERMEDIÁRIO	SUPERIOR
Paredes entre unidades habitacionais autônomas (paredes de geminação) no caso de pelo menos um dos ambientes serem dormitório.	≥ 45 dB	≥ 50 dB	≥ 55 dB

5.2.2. Isolamento do ruído aéreo, piso

O ensaio foi realizado entre dois apartamentos, separados por uma laje de cm de espessura, manta acústica e revestimento (porcelanato), o resultado está apresentado na Figura 19.

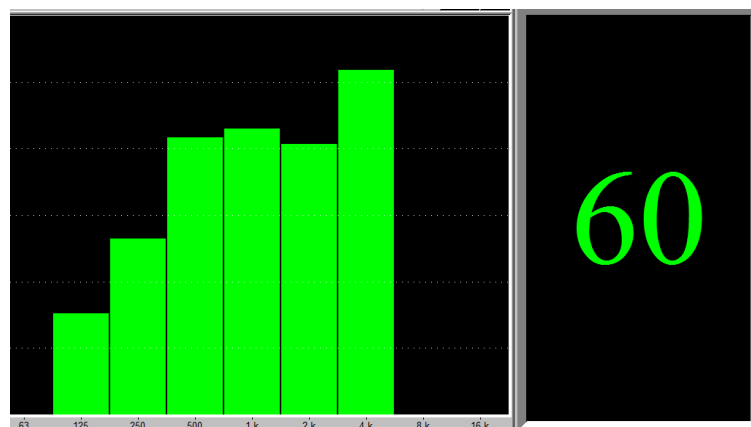


Figura 19 – Isolamento do ruído aéreo do sistema de piso

O isolamento encontrado foi de **60 dB**, que pela norma NBR 15575/2013, obteve um isolamento superior, maior que **55 dB**.

CRITÉRIO	DESEMPENHO		
	MÍNIMO	INTERMEDIÁRIO	SUPERIOR
Sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas de áreas em que um dos recintos seja dormitório.	≥ 45 dB	≥ 50 dB	≥ 55 dB

Equipamentos prediais e hidrossanitários

As medições tiveram início na Construção Residencial 01, que possui o sistema de descarga hidrossanitário via Caixa-Acoplada. O ciclo de operação padrão do sistema consiste no acionamento da descarga e enchimento da caixa de descarga, sendo no total de 1 minuto.

Tabela 8 - Medidas registradas no WC - Suíte Master, valores em dB

Posição do Equipamento	Horário	$L_{Aeq,1min}$	$L_{Amin,1min}$	$L_{Amax,1min}$
WC Suíte Master Emissor e Receptor juntos	16:34:01	55,3	23,9	69,7
	16:37:30	55,8	25,4	69,0
	16:41:20	56,5	23,4	69,5
	16:48:20	56,2	30,0	70,8
	16:51:30	55,7	26,3	69,6
	Média logarítmica	55,9	26,5	69,8

Tabela 9 – Medidas registradas na Suíte Master perto do WC, valores em dB

Posição do Equipamento	Horário	$L_{Aeq,1min}$	$L_{Amin,1min}$	$L_{Amax,1min}$
Suíte Master Receptor perto da porta do WC	16:55:08	33,4	24,0	45,6
	16:59:05	34,1	25,8	46,0
	17:03:23	35,9	26,3	46,6
	17:09:26	35,6	23,4	48,6
	17:13:50	34,1	25,1	47,6
	Média Logarítmica	34,7	25,1	47,0

Tabela 10 – Medidas registradas na Suíte Master perto da janela, valores em dB

Posição do Equipamento	Horário	$L_{Aeq,1min}$	$L_{Amin,1min}$	$L_{Amax,1min}$
Suíte Master	17:25:36	30,8	23,9	41,4
	17:28:31	29,5	23,0	41,0
Receptor perto da janela	17:32:05	30,4	22,7	41,2
	Média Logarítmica	30,3	23,2	41,2

Tabela 11 – Medidas registradas na Suíte Master e descarga no WC da Suíte 02, valores e dB

Posição do Equipamento	Horário	$L_{Aeq,1min}$	$L_{Amin,1min}$	$L_{Amax,1min}$
Emissor WC – Suíte 02	17:35:20	34,1	22,8	43,4
	17:40:25	27,9	23,9	35,7
Receptor Suíte Master	17:43:49	41,3	25,8	51,2
	Média Logarítmica	37,4	24,3	47,2

Tabela 12 – Medidas registradas no WC – Suíte 02, valores em dB

Posição do Equipamento	Horário	$L_{Aeq,1min}$	$L_{Amin,1min}$	$L_{Amax,1min}$
Emissor e Receptor no WC – Suíte 02	17:48:19	58,1	29,2	70,0
	17:50:43	57,7	36,0	69,9
	17:53:04	57,4	26,7	71,0
	Média Logarítmica	57,7	32,5	70,3

Após realizadas as medições iniciais no período vespertino, foi possível identificar diversos ruídos externos (Ex.: cachorro latindo, crianças gritando, pássaros, etc.) que atrapalharam a correta coleta dos dados pelo Aparelho. A própria norma NBR 15575-6 (2013) orienta para medições em horários especiais: “As portas e janelas devem estar fechadas durante as medições. Se o nível de ruído no ambiente interno, com equipamento fora de operação no momento da medição, for superior aos critérios tabelados, o equipamento em questão deverá ser avaliado em outro horário em que seja possível a medição”. Optou-se realizar novas medições entre o WC – Suíte 02 e a Suíte Master, locais observados como mais próximos da realidade aconselhada pela NBR 15575-6 (2013).

Tabela 13 – Medidas registradas na Suíte Master, valores em dB

Posição do Equipamento	Horário	$L_{Aeq,1min}$	$L_{Amin,1min}$	$L_{Amax,1min}$
Emissor WC Alice Receptor Suíte Master	23:24:42	23,1	18,7	34,8
	23:27:09	23,0	18,6	34,5
	23:29:20	23,2	18,7	35,4
	23:31:38	23,1	18,6	34,3
	23:34:28	22,7	18,8	32,3
	Média Logarítmica	23,0	18,7	34,4

As medições continuaram na Construção Residencial 02, que possui o sistema com válvula de descarga. O ciclo de operação padrão do sistema consiste no acionamento da descarga e limpeza completa do vaso sanitário, sendo no total 60 segundos.

Tabela 14 – Medidas registradas no WC – Suíte 01, valores em dB

Posição do Equipamento	Horário	$L_{Aeq,1min}$	$L_{Amin,1min}$	$L_{Amax,1min}$
Casa 02 Emissor WC Receptor WC	20:26	65,2	22,8	76,5
	20:28	65,9	23,3	76,9
	20:30	65,7	24	76,6
	20:32	65,8	26,3	77,4
	20:34	65,3	25,8	75
	Média Logarítmica	65,6	24,7	76,6

Tabela 15 – Medidas registradas na Suíte 01, valores em dB

Posição do Equipamento	Horário	$L_{Aeq,1min}$	$L_{Amin,1min}$	$L_{Amax,1min}$
Casa 02 Emissor WC Receptor Quarto	20:40	49,1	23,6	65,9
	20:42	47,9	25,6	64,3
	20:44	47,2	25,5	63,8
	20:46	49,4	25,9	66,2
	Média Logarítmica	48,5	25,2	65,2

Medições realizadas em Equipamentos Prediais (Elevador Social - Bloco B) do Residencial Portal do Sol:

Tabela 16– Medidas registradas dentro do Elevador, valores em dB

Posição do Equipamento	Horário	$L_{Aeq,1min}$	$L_{Amin,1min}$	$L_{Amax,1min}$
Receptor dentro do Elevador	22:22:22	52,4	34,8	65,9
	22:24:16	52,9	33,9	67,6
	22:26:08	53,3	38,1	67,4
	22:29:18	52,8	37,3	66,6
	22:32:22	52,7	35,1	66,5
	Média Logarítmica	52,8	36,1	66,8

Tabela 17 – Medidas registradas dentro do apartamento 103 - Bloco B, valores em dB

Posição do Equipamento	Horário	$L_{Aeq,1min}$	$L_{Amin,1min}$	$L_{Amax,1min}$
Receptor dentro do apartamento, ao lado do Elevador	22:38:56	37,4	30,3	51,5
	22:40:52	33,7	30,2	37,9
	22:42:46	32,1	30,2	35,7
	22:44:51	31,7	28,8	40,2
	Média Logarítmica	34,4	29,9	45,1

No que se refere às instalações hidrossanitárias, são muitas as variáveis que podem influenciar nos resultados e na emissão do ruído. Dentre elas pode-se citar: o tipo de material da tubulação; a concepção do projeto Hidrossanitário; a velocidade, a pressão e a temperatura; a maneira de fixação das canalizações na parede e a sua localização, entre outros.

A seguir, são apresentados os valores de L_{Aeq} e L_{Amax} obtidos nas medições, juntamente com a classificação de desempenho estabelecida pela NBR 15575-6 (2013). Vale ressaltar que os resultados se referem apenas às condições em que foram realizadas essas medições.

Tabela 18 – Classificação de Desempenho das medições de acordo com a NBR 15575-6 (2013)

Medição	Ambiente / Tipologia	L_{Aeq} (dB)	Desempenho	L_{Amax} (dB)	Desempenho
B	Suíte Master perto da porta / Descarga Caixa-Acoplada	35	Mínimo	47	Insuficiente
C	Suíte Master longe da porta / Descarga Caixa-Acoplada	30	Superior	41	Mínimo
D	Quarto adjacente ao WC / Descarga Caixa-Acoplada	37	Insuficiente	47	Insuficiente
G	Suíte / Válvula de Descarga	49	Insuficiente	65	Insuficiente
H	Quarto adjacente ao WC / Descarga Caixa-Acoplada	23	Superior	34	Superior
J	Dentro do apartamento / Elevador sem Casa de Máquinas	34	Mínimo	45	Insuficiente

A maioria das tipologias ensaiadas atendem à Norma em relação ao desempenho de L_{Aeq} , sendo que, em apenas um caso, se conseguiu desempenho superior. Já em relação ao desempenho de L_{Amax} , a grande maioria das tipologias não atenderam ao mínimo.

Alguns ensaios foram realizados em ambientes diversos ao que prevê a NBR 15575-6 (2013), “A avaliação deve ser realizada no dormitório da unidade habitacional ao lado, acima ou abaixo do local onde o equipamento está instalado (ruído percebido) quando há o acionamento do aparelho (ruído emitido)”. Trata-se da posição do equipamento receptor, que na Medição “B” estava posicionado em ambiente (Suíte) que possuía uma Porta de Madeira que proporcionava interferência nos resultados esperados. Esta medição ocorreu em função do momento crítico relacionado à pandemia provocada pelo Covid 19, o que pode ter interferido os resultados das Medições “B”, “C”, “D” e “G”.

Os ensaios do sistema hidrossanitário registraram algumas dificuldades, pois o som residual do período vespertino se mostrou muito próximo (às vezes superior) ao ruído do equipamento.

Diante desse resultado, percebeu-se a necessidade da medição em horário alternativo (noturno), buscando um som residual mais real, que pudesse não mascarar o resultado da medição acústica dos sistemas hidrossanitários.

Som residual (também conhecido como ruído de fundo) é basicamente caracterizado por outros ruídos não controláveis que não são objeto da medição e que podem interferir nos resultados. Eventualmente, a presença de um som residual excessivo pode provocar a demora ou até o adiamento de medições programadas.

Após esta percepção da importância do cuidado com o som residual, foi realizada a “Medição H” que trouxe resultados totalmente diferentes das anteriores.

No caso da medição em equipamentos prediais (ex: elevador sem casa de máquinas), tivemos um desempenho insuficiente no L_{Amax} e mínimo do L_{Aeq} da Medição “J”, devido o som residual provocado pelos vizinhos ser percebido com intensidade elevada, o que atrapalhou os resultados. Vale ressaltar que, apesar dos níveis de pressão sonora observados na Medição “J”, nos quartos do apartamento em questão não se percebe o som emitido pelo elevador devido à distância, por isso as medições com o aparelho foram realizadas na cozinha, que fica adjacente ao equipamento predial (elevador).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desempenho do Isolamento de SVVI, SVVE, Sistemas de Piso - ruído aéreo, Sistemas de Piso – ruídos de impactos.

Todos os sistemas avaliados atenderam aos requisitos da NBR 15.575 (2013), sendo que a maioria atingiu apenas o mínimo recomendado.

Ressalta-se neste trabalho a importância da elaboração do projeto acústico, que é feito na etapa de planejamento da obra, logo após o projeto arquitetônico, assim no caso de identificação de um possível problema isso pode ser sanado nesta etapa. Os custos para a resolução de problemas após a conclusão das obras, é elevado.

Observou-se discrepâncias entre os valores do desempenho avaliados no projeto e nas medições *in situ*. As medições sempre encontram níveis de desempenho menores do que o previsto no projeto, indicando assim que se deve prever uma margem de erro na etapa do projeto acústico.

Equipamentos prediais e hidrossanitários:

Foram realizadas medições de níveis de pressão sonora dentro dos ambientes emissores tanto dos sistemas hidrossanitários e de equipamentos prediais. Entretanto, para efeitos de comparação com a Norma de Desempenho, nem todas foram consideradas, pois a NBR 15.575-1 e 6 prevê apenas medidas realizadas em dormitórios. Por isso, tais medições constaram apenas como parâmetros informativos dos ruídos gerados pelos equipamentos *in loco*.

Ficou perceptiva a diferença de resultado entre as duas opções avaliadas de sistemas hidrossanitários, ou seja, um melhor resultado para a descarga com caixa-acoplada em comparação com o sistema com válvula de descarga embutida na parede. A descarga com caixa acoplada evita a vibração causada pela água ao passar pela tubulação, tendo em vista que, a água já está armazenada no local.

A NBR 15575 (2013) no que se refere a equipamentos prediais e sistemas hidrossanitários não é de aplicação obrigatória ainda pelas construtoras, mas vale salientar a importância de se cuidar do conforto acústico das unidades residenciais. Um resultado “Mínimo” ou “Insuficiente” de desempenho acústico, traz uma percepção extremamente ruim para a edificação e para a construtora responsável, afinal um item cada vez mais valorizado pelos consumidores não foi atendido adequadamente.

Para a avaliação dos níveis de pressão sonora provocados por equipamentos prediais e sistemas hidrossanitários, foi constatado que a escolha de horários nos quais o ruído residual não seja elevado, é de fundamental importância, para que não interfiram nos resultados das medições.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15575-1: Edificações habitacionais – Desempenho –**. Rio de Janeiro, 2013.

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Desempenho de edificações habitacionais: guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013**. Câmara da Indústria da Construção. Fortaleza: Gadioli Cipolla Comunicação, 2013.

DAGA, C. C., Brasília 2017. Performance acústica do sistema de vedação em bloco de concreto preenchido com argamassa: estudo de caso em edificação habitacional. Trabalho de pós-graduação, UniCEUB.

FRIAS P., AKKERMAN, D., Associação Brasileira para a Qualidade Acústica (ProAcústica), 2013. Manual ProAcústica sobre a Norma de Desempenho Guia prático sobre cada uma das partes relacionadas à área de acústica nas edificações da Norma ABNT NBR 15575:2013. Edificações habitacionais – Desempenho.

HÄNNINEN, O., KNOL, A.B., JANTUNEN, M., LIM, T.-A., CONRAD, A., RAPPOLDER, M., 2014. Environmental burden of disease in Europe: assessing nine risk factors in six countries. *Environment Health Perspect.* 122, 439–446.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 140**, Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements. ISO, 1998.

_____. **ISO 10052**, Acoustics – Field measurements of airborne and impact sound insulation and of equipment sound - Survey method. ISO, 2004.

_____. **ISO 15186-2**, Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements using sound intensity – Part 2: Field measurements. ISO, 2003.

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

_____. **ISO 18233**, Acoustics – Application of new measurement methods in building and room acoustics. ISO, 2006.

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

_____. **ISO 717**, Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of building elements. ISO, 2013.

KERN, A. P., SILVA, A., KAZMIERCZAK, C. S., 2014. O processo de implantação de normas de desempenho na construção: um comparativo entre a Espanha (CTE) E Brasil (NBR 15575/2013). Disponível em

<http://www.journals.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/89989/92778>. Acesso em 05 de março de 2018.

MUNZEL, T., DAIBER, A., STEVEN, S., TRAN, L.P., ULLMANN, E., KOSSMANN, S., 2017. Effects of noise on vascular function, oxidative stress, and inflammation: mechanistic insight from studies in mice. *Eur. Heart J.* 38, 2838–2849.

MUNZEL, T., SORENSEN, M., GORI, T., SCHMIDT, F.P., RAO, X., BROOK, F.R., *et al.*, 2016. Environmental stressors and cardio-metabolic disease: part II—mechanistic insights. *Eur. Heart J.*, ehw294.

PAVANELLO, Lúvia Ribeiro. **Dissertação de Mestrado: Investigação do ruído gerado por instalações hidrossanitárias em uma edificação multifamiliar.** Santa Maria/RS, 2014. 149 p.

ROCHA, Raquel Rossatto. **Dissertação de Mestrado: Análise e caracterização de soluções acústicas**

para mitigar os ruídos oriundos de instalações hidrossanitárias prediais. São Paulo/SP, 2018. 111 p.

PAIXÃO, D. X. Caracterização do isolamento acústico de uma parede de alvenaria, utilizando Análise Estatística de Energia (SEA). 2002. 182 f. Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis, 2002.

PARRISH, J.B., TESKE, J.A., 2017. Acute partial sleep deprivation due to environmental noise increases weight gain by reducing energy expenditure in rodents. *Obes. Silver Spring Md* 25, 141–146.

PATRÍCIO, J. A. (2004). *Acústica nos Edifícios*. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

SINDUSCON-DF, Sindicato da Indústria da Construção Civil do Distrito Federal, 2014.

Avaliação do desempenho acústico de edificações em diferentes sistemas construtivos, conforme a Norma de Desempenho ABNT NBR 15575.

<http://www.sinduscondf.org.br/portal/userfiles/file/Avaliacao%20do%20desempenho%20acustico%20de%20edificacoes.pdf>. Acesso em 19/04/2019.

TUTIKIAN, B. F., ZUCHETTO, L. K., SOUZA, R. P. de, & OLIVEIRA, M. F. N. (2017). Uso de agregado leve de EVA em contrapiso argamassado para isolamento ao ruído de impacto em edificações residenciais. *Ambiente Construído*, 17(3), 295-306.

van KEMPEN, E., CASAS, M., PERSHAGEN, G., FORASTER, M., 2018. WHO environmental noise guidelines for the European region: a systematic review on environmental noise and cardiovascular and metabolic effects: a summary. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 15, 379. <https://doi.org/10.3390/ijerph15020379>.

VIENNEAU, D., PEREZ, L., SCHINDLER, C., LIEB, C., SOMMER, H., PROBST-HENSCH, N., 2015. Years of life lost and morbidity cases attributable to transportation noise and air pollution: a comparative health risk assessment for Switzerland in 2010. *Int. J. Hyg. Environ. Health* 218, 514–521. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2015.05.003>.

WHO (2009) World Health Organization. *Night noise guidelines for europe*. W.H.O Regional Office for Europe. Copenhagen.