

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

JEAN CARLOS MAZUR

**ANÁLISE DA TRANSMISSÃO DO RUÍDO ENTRE PAVIMENTOS DE UMA
INSTALAÇÃO SANITÁRIA: ESTUDO DE CASO**

GUARAPUAVA

2021

JEAN CARLOS MAZUR

**ANÁLISE DA TRANSMISSÃO DO RUÍDO ENTRE PAVIMENTOS DE UMA
INSTALAÇÃO SANITÁRIA: ESTUDO DE CASO**

**ANALYSIS OF NOISE TRANSMISSION BETWEEN FLOORS OF A SANITARY
INSTALLATION: CASE STUDY**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador(a): Profº. Dr. Rodrigo Scoczynski Ribeiro

GUARAPUAVA

2021



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

JEAN CARLOS MAZUR

**ANÁLISE DA TRANSMISSÃO DO RUÍDO ENTRE PAVIMENTOS DE UMA
INSTALAÇÃO SANITÁRIA: ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 03 de Dezembro de 2021

Rodrigo Scoczynski Ribeiro
Doutorado em Engenharia Civil
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Joice Cristini Kuritza
Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Mariane Kempka
Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

GUARAPUAVA

2021

Dedico este trabalho ao meus pais, pela oportunidade de cursar esta graduação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me ajudado em todo caminho percorrido até aqui.

Aos meu pais Carlos Mazur e Elizete Mazur, pela oportunidade de cursar esta graduação. Sem eles nada disso seria possível.

Ao meu orientador Prof. Dr. Rodrigo Scoczynski Ribeiro, pela orientação no desenvolvimento desta pesquisa, cujo tema é de grande relevância.

À minha amiga Alessandra Emy, que durante o período da pandemia se manteve presente comigo em Guarapuava.

Às minhas amigas Annylayne Felema e Suelen Maia, que juntos formamos um trio incrível para vencer os obstáculos do curso.

Às amigas Bruna Karoline, Juliana Martins, Vanessa Pontarollo, Vanessa Gomes pelo companherismo em diversos momentos nesta jornada.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Guarapuava, pelo suporte e excelência de formação profissional.

Por fim, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram na minha jornada acadêmica durante todos esses anos.

RESUMO

O número de brasileiros que residem em apartamentos aumentou nas últimas décadas. Entre março e julho de 2020, com as pessoas mais concentradas em suas habitações devido ao cenário da pandemia da COVID-19, o ruído foi responsável por 87% do total das reclamações em condomínios residenciais multifamiliares. O ruído emitido por instalações hidrossanitárias além de provocar uma sensação auditiva desagradável, pode gerar constrangimentos entre vizinhos, pois causa uma completa invasão da privacidade. Portanto, busca-se identificar os níveis de pressão sonora emitidos por equipamentos hidrossanitários, que são transferidos para dormitórios em unidades habitacionais vizinhas, em um condomínio residencial multifamiliar na cidade de Guarapuava-PR. A metodologia utilizou o procedimento descrito na NBR ISO 16032 para medir as grandezas $LA_{eq,nT}$ e $LA_{Smax,nT}$ do ruído gerado por instalações sanitárias de pavimentos superiores. Avaliou-se os valores conforme níveis de desempenho recomendados pela norma de desempenho NBR 15575-6. Obteve-se resultados dentro dos mínimos estabelecidos, com excessão do $LA_{Smax,nT}$ da descarga da unidade 207. A sugestão para atenuar o nível de pressão sonora máximo é isolar as tubulações sanitárias com manta acústica, garantindo um desempenho acústico suficiente para minimizar também o nível de pressão sonora equivalente. Com os resultados apresentados, conclui-se que esta pesquisa contribui para o avanço dos estudos que buscam ampliar o conforto acústico das edificações brasileiras.

Palavras-chave: ruído; instalações hidráulicas e sanitárias; saúde; engenharia civil.

ABSTRACT

The number of Brazilians living in apartments has increased in recent decades. Between March and July 2020, with people more concentrated in their homes due to the COVID-19 pandemic scenario, noise was responsible for 87% of total complaints in multi-family residential condominiums. The noise emitted by hydro-sanitary installations, in addition to causing an unpleasant auditory sensation, can generate embarrassment between neighbors, as it causes a complete invasion of privacy. Therefore, we seek to identify the sound pressure levels emitted by sanitary equipment, which are transferred to bedrooms in neighboring housing units, in a multifamily residential condominium in the city of Guarapuava-PR. The methodology used the procedure described in NBR ISO 16032 to measure the quantities $L_{Aeq,nT}$ and $L_{ASmax,nT}$ of noise generated by sanitary installations on upper floors. Values were evaluated according to performance levels recommended by the performance standard NBR 15575-6. Results within the established minimums were obtained, with the exception of the $L_{ASmax,nT}$ of the discharge from unit 207. The suggestion to attenuate the maximum sound pressure level is to insulate the sanitary pipes with an acoustic blanket, ensuring a sufficient acoustic performance to also minimize the level of equivalent sound pressure. With the results presented, it is concluded that this research contributes to the advancement of studies that seek to apply the acoustic comfort of Brazilian buildings.

Keywords: noise; plumbing; health; civil engineering.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Projeto de implantação do condomínio residencial em estudo	32
Figura 2 - Edificação utilizada para as medições	33
Figura 3 - Planta arquitetônica do apartamento 107	34
Figura 4 – Trecho 16 das instalações sanitárias	35
Figura 5 – Equipamentos hidrossanitários dos banheiros avaliados	35
Figura 6 - Vista Isométrica das tubulações de esgoto dos apartamentos 207 ..	36
Figura 7 - Equipamentos utilizados na medição do tempo de reverberação	37
Figura 8 – Pontos escolhidos para medição.....	38
Figura 9 – Sonômetro na posição 2.....	39
Figura 10 – Certificado de calibração do sonômetro 2250	64
Figura 11 – Certificado de calibração do calibrador 4231	65
Figura 12 - Projeto de esgoto sanitário do pavimento térreo da edificação	67
Figura 13 – Projeto de esgoto sanitário do pavimento tipo da edificação	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores para correção para a ponderação em A e C	41
Tabela 2 – Leq do ruído residual em bandas de oitava.....	42
Tabela 3 – LSmax do ruído residual em bandas de oitava	43
Tabela 4 – Valores medidos do tempo de reverberação.....	43
Tabela 5 – Leq da descarga da unidade 207	45
Tabela 6 – LSmax da descarga da unidade 207.....	45
Tabela 7 – Leq da descarga da unidade 707	48
Tabela 8 – LSmax da descarga da unidade 707.....	49
Tabela 9 - Dados climáticos do dia 22/10/2021 em Guarapuava-PR.....	62

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Resumo dos valores do LAeq,nT e LASmax,nT medidos.....	52
Quadro 2 – Valores máximos do LAeq,nT medida em dormitórios	52
Quadro 3 – Valores máximos do LASmax,nT medida em dormitórios.....	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ARTs	Anotações de Responsabilidade Técnica
AABIC	Associação das Administradoras de Condomínios
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CREA-PR	Conselho Regional de Engenharia e Agronomia do Paraná
dB	Decibel
Hz	Hertz
INAD	<i>International Noise Awareness Day</i>
ISO	<i>International Standards Organization</i>
LAeq	Nível de pressão Sonora equivalente ponderado no filtro A
LASmax	Nível de pressão Sonora máximo com tempo de ponderação “S” no filtro A
Leq	Nível de pressão Sonora equivalente
Leq,nT	Nível de pressão Sonora equivalente padronizado para o tempo de reverberação de 0,5s
Lmax	Nível de pressão Sonora máximo
LSmax	Nível de pressão Sonora máximo com tempo de ponderação “S”
LSmax,nT	Nível de pressão Sonora máximo com tempo de ponderação “S” padronizado para o tempo de reverberação de 0,5s
NBR	Normas Brasileiras
NPS	Nível de Pressão Sonora
OMS	Organização Mundial de Saúde
Pa	Pascal
TR	Tempo de Reverberação
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	15
2.1	Objetivo principal	15
2.2	Objetivo secundário	15
3	O RUÍDO	16
3.1	Conceitos fundamentais	16
3.2	Tipos de ruído	17
3.3	Grandezas de caracterização de ruído	18
3.3.1	Nível de pressão sonora.....	18
3.3.2	Frequência e curvas de ponderação	19
3.4	Tempo de reverberação	19
3.5	Percepção humana ao ruído	20
3.6	O ruído e a saúde	21
3.7	Legislações brasileiras	22
4	INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS	23
4.1	Instalações de água fria	23
4.2	Instalações de esgoto sanitário	24
4.3	Ruído em instalações hidrossanitárias	26
4.4	Métodos construtivos e isolamento acústico	27
5	METODOLOGIA	31
5.1	Caracterização do local de estudo	31
5.2	Descrição das instalações sanitárias da edificação	34
5.3	Materiais e equipamentos	36
5.4	Procedimento de medição	37
5.5	Método de cálculo	39
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
6.1	Resultados do ruído residual e tempo de reverberação	42
6.2	Análise da descarga do vaso sanitário da unidade 207	45
6.3	Análise da descarga do vaso sanitário da unidade 707	48
6.4	Análise geral e sugestões de atenuação do ruído	52
7	CONCLUSÃO	55
	REFERÊNCIAS	57
	APÊNDICE A - CONDIÇÕES CLIMÁTICAS	61
	ANEXO A - CERTIFICADOS DE CALIBRAÇÃO	63
	ANEXO B - PROJETO DO ESGOTO DO TÉRREO	66
	ANEXO C - PROJETO DO ESGOTO DO PAVIMENTO TIPO	68

1 INTRODUÇÃO

O número de brasileiros que residem em apartamentos aumentou nas últimas décadas, consolidando essa modalidade habitacional. Os apartamentos são procurados por diversos motivos: segurança, localização, praticidade, concentração de serviços, entre outros. (SCHERER et al., 2019). Apesar do Brasil recentemente enfrentar desafios impostos por escassez e aumento nos custos do insumo devido a pandemia da Covid-19, em 2021, pelo segundo trimestre seguido elevou-se a expectativa de crescimento do PIB da construção civil. A previsão é um aumento de 5%, o maior registrado nos últimos 10 anos. (CBIC, 2021).

Programas de financiamento imobiliário federal, como o Casa Verde e Amarela, têm facilitado o acesso ao crédito para a aquisição de um imóvel. As vendas de têm superado os lançamentos, o que resulta em redução do estoque de unidades (CBIC, 2021). Com isso, a procura exige das construtoras mais rapidez no processo construtivo (PAVANELLO, 2014).

O cenário nacional reflete um país onde a população é vítima de um ritmo de vida acelerado. Esses fatores contribuem para a existência de cidades extremamente ruidosas. Nesse contexto, se faz necessário que as edificações residenciais proporcionem um ambiente de conforto acústico. Com isso, compreendeu-se a necessidade de se avaliar a qualidade das unidades residenciais que estão sendo ofertados à população (OLIVEIRA, 2012).

Países como a Alemanha e Portugal possuem normas específicas para qualificar as edificações em relação ao desempenho acústico. Entretanto, no Brasil, somente a partir de 2013 a NBR 15575, que trata deste tema, entrou em vigor. Em termos de conforto acústico, as unidades habitacionais devem cumprir certas funções, a saber: proteger a vida privada das pessoas, o que significa proporcionar intimidade e proteção; permitir a individualidade dos moradores e o desenvolvimento pessoal; e manter a paz entre os vizinhos (KOTZ, 2009).

Entre março e julho de 2020, com as pessoas mais concentradas em suas habitações devido ao cenário da pandemia da COVID-19, o ruído foi responsável por 87% do total das reclamações em condomínios residenciais multifamiliares (AABIC, 2020). O ruído provocado por instalações hidrossanitárias de unidades autônomas vizinhas é alvo das reclamações, afetando o sono e gerando um problema, já que é

de suma importância para uma vida saudável que se desfrute de um sono tranquilo, regular e ininterrupto (CLEMESH, 2005).

O ruído emitido por instalações hidrossanitárias além de provocar uma sensação auditiva desagradável, pode gerar constrangimentos entre vizinhos, pois causa uma completa invasão da privacidade (QUERIDO, 1993). As normas nacionais, referentes ao projeto e execução de instalações prediais residenciais de água fria e esgoto sanitário, mencionam que as tubulações e aparelhos não devem provocar ruídos excessivos, no entanto, não especificam quais seriam os índices adequados, apenas se referem a valores máximos de velocidade e pressão, indicando que estas grandes são as responsáveis pela geração de ruído (PAVANELLO, 2014).

Sendo assim, através do procedimento descrito na NBR ISO 16032 (ABNT, 2020), realizadas in loco, busca-se identificar os níveis de pressão sonora emitidos por equipamentos hidrossanitários, que são transferidos para dormitórios em unidades habitacionais vizinhas, em um condomínio residencial multifamiliar na cidade de Guarapuava-PR.

A expansão de edifícios multifamiliares na cidade de Guarapuava instigou seu uso como objeto de estudo. Em 2019, Guarapuava ultrapassou a marca de 1 730 ARTs, sendo o maior crescimento do Paraná. A região que a cidade está inserida teve aumento de 15% de emissões entre 2017 a 2019, elevando a tendência do setor da construção civil na cidade (GUARAPUAVA, 2020).

A OMS estima que 10% da população mundial está constantemente exposta a níveis de pressão sonora que podem provocar danos à saúde física e mental. De modo geral, os problemas incluem: estresse, baixa produtividade, e má qualidade do sono. A exposição a sons superiores a 65 decibéis, por exemplo, pode acionar respostas hormonais e do sistema nervoso (SOUZA et al., 2012).

Portanto, a limitação dos níveis de pressão sonora é uma medida essencial para garantir a qualidade de vida das pessoas, sendo através de regulamentações ou pela normalização dos materiais e sistemas utilizados na construção civil, já que estes influenciam diretamente a transmissão do som (POLLI, 2007). Devido a norma NBR 15575 ser recente, têm-se poucos estudos na área de isolamento acústico no Brasil, e esta pesquisa visa contribuir para construir habitações que se preocupem mais com a qualidade dos seus moradores.

2 OBJETIVOS

O objetivo principal e os objetivos secundários da pesquisa estão descritos nos tópicos abaixo.

2.1 Objetivo principal

Classificar o ruído gerado por equipamentos hidrossanitários em uma edificação residencial multifamiliar, conforme parâmetros normativos brasileiros.

2.2 Objetivo secundário

- Quantificar o nível de pressão sonora transmitido para um dormitório no acionamento da descarga do vaso sanitário em pavimentos superiores;
- Avaliar os resultados conforme os requisitos estabelecidos na NBR 15575-6 (ABNT, 2021);
- Propor solução de atenuação do ruído.

3 O RUÍDO

A concepção de poluição pelo som se aplica a qualquer ruído capaz de afetar o sossego, o bem-estar ou a saúde das pessoas e demais seres vivos. Depois da poluição do ar e da água, o problema ambiental que afeta o maior número de pessoas é a poluição sonora. Pela seriedade que apresenta, foi instituído o Dia Internacional da Consientização sobre o Ruído, observado sempre na última quarta-feira do mês de abril de cada ano. A data é conhecida como INAD, sigla para International Noise Awareness Day (OLIVEIRA, 2021).

Podem ser entendidos como ruído todos os sons desagradáveis, perturbadores ou que provocam danos à saúde e ao meio ambiente (MURGEL, 2007). O incômodo provocado pelo ruído em um ser humano varia de acordo com a interpretação de cada indivíduo, em relação ao mesmo som, também pode ser influenciado pelos costumes e pela circunstância em que ocorre a exposição (BARBOSA, 2011).

Dessa forma, fica cada vez mais claro que o conceito de ruído não é assim tão simples e pode gerar inúmeras discussões. Por isso, Paul (2010) sugere que no meio acústico sempre se mencione que ruído é o som composto por vibrações não-harmônicas, em comparação com o som musical, e quase sempre pode ser entendido como um som indesejável ou desagradável, mas esse conceito depende de uma série de fatores físicos e não físicos.

3.1 Conceitos fundamentais

Gerges (1992) entende que o som é um fenômeno físico e que o ruído é uma interpretação humana desse fenômeno, quando não desejado. Sendo assim, um som é produzido se houver uma variação de pressão sonora, entre outras condições físicas, mas o ruído requer um ouvinte, para realização de um julgamento subjetivo (LONG, 2006).

O som é um fenômeno físico, que pode ser descrito como o movimento ondulatório de partículas no ar ou em outro meio elástico (EVEREST, 2001). Pode ser audível ou não. Para que a maioria das pessoas possa ouvir tal fenômeno, este deve se propagar em uma faixa de frequência de 20Hz a 20KHz, aproximadamente, e deve provocar uma variação na pressão atmosférica de, no mínimo, 2×10^{-5} Pa (BISTAFA, 2018).

Segundo Bistafa (2018), medições acústicas fornecem dados sobre amplitude, frequência e fase dos sons em geral. Para medir o NPS é necessário um medidor de nível de pressão sonora (MNPS). Quando se trata de ruído de instalações hidrossanitárias, o que se quer conhecer é o nível de pressão sonora gerado pelas instalações.

3.2 Tipos de ruído

Em uma edificação, as ondas sonoras podem ser transmitidas através do ar ou por meio da estrutura. Se a propagação da onda sonora ocorrer por via aérea, as ondas são ditas longitudinais, pois a propagação da onda se dá no mesmo sentido do deslocamento das partículas. Se a onda sonora se propagar através de uma estrutura, podem aparecer outros tipos de ondas como as de torção, cisalhamento e de flexão (PAIXÃO, 2002).

Segundo Souza et al. (2003), os ruídos existentes em um ambiente são decorrentes das atividades internas e externas à edificação. E há dois tipos de ruídos que podem ser ocasionados por essas atividades: ruído aéreo e ruído de impacto. Ferraz (2008) afirma que os sons gerados pela conversa humana ou por instrumentos musicais, ventiladores, motores, maquinários, aviões e automóveis são exemplos de fontes sonoras que produzem o ruído aéreo. O ruído de impacto é, geralmente, produzido por vibrações (impacto em pisos, motores, elevadores, ruído hidráulico, etc.) nos elementos da edificação – paredes, pisos, coberturas, entre outros.

Para se obter o correto isolamento acústico do ruído aéreo, deve-se evitar que o meio transmissor do ruído (o ar) circule livremente. Concretamente, precisa-se evitar o caminho de transmissão direta entre emissor e receptor, mediante a colocação de barreiras, paredes, divisórias, enfim, obstáculos, que dificultem a transmissão (REBOLLO, 2011).

Vibrações geram sons que podem ser amplificados pelas superfícies das edificações, pois ondas de impacto podem se propagar a longas distâncias sem atenuação, devido aos elevados valores de velocidade e de densidade do som nos materiais sólidos (GERGES, 1992). O impacto, que provoca a vibração pode até não gerar ruído individualmente, mas se a superfície que está vibrando estiver conectada a uma parede, por exemplo, o ruído é amplificado devido à vibração produzida na parede (MEHTA, 1999).

O ruído de impacto se transmite em todas as direções, ou seja, de forma longitudinal, transversal, torcional e na direção de cisalhamento. Bistafa (2018) cita como exemplo de ruídos de impacto o som gerado por pisadas e quedas de objetos em lajes. Ele afirma que esses sons provocam grande desconforto para usuários de prédios por serem ouvidos claramente pelo vizinho de baixo.

Também, é importante caracterizar o ruído residual, que é o ruído produzido no interior de determinado ambiente decorrente de atividades nele mesmo desenvolvidas (REZENDE et al., 2014).

3.3 Grandezas de caracterização de ruído

Para poder mensurar o ruído transmitido ou gerado pelas instalações prediais, é preciso utilizar grandezas adequadas, que possam expressar com maior exatidão o que uma pessoa sente. É impossível medir por meio de equipamentos ou por meio de grandezas físicas, a percepção de um indivíduo ao ruído, pois a mesma depende de fatores psicológicos não mensuráveis dessa forma. No entanto, o que está ocorrendo fisicamente com o som (ruído) e como uma pessoa normal sente isso, ou seja, se ela ouve ou não este som, e o quanto ouve, é possível medir através da escolha de grandezas adequadas (BISTAFA, 2018).

Quando se trata de ruído de instalações hidrossanitárias, as grandezas adequadas expressas pela NBR ISO 16032 (NBR, 2020) são o L_{eq} (nível de pressão sonora contínuo equivalente) e o L_{max} (nível de pressão sonora máximo). A norma permite escolher entre as duas grandezas, cabe ao técnico optar por aquela que melhor se adapta ao seu caso. Porém, para ser mais fácil a compreensão do L_{eq} e do L_{max} , é importante se conhecer o conceito de Nível de Pressão Sonora (NPS) (REBOLLO, 2011).

3.3.1 Nível de pressão sonora

Quando se fala da grandeza física pressão sonora, a unidade do sistema SI utilizada é Pascal (Pa). Ao escutar uma variação de pressão, o aparelho auditivo humano não sente toda essa variação de pressão, sendo assim, a sensação da amplitude do som não se dá de maneira linear, mas sim logarítmica. Por isso, se utiliza o conceito de Nível de Pressão Sonora (NPS) ou (L) referente a palavra Level em

inglês. O NPS é uma grandeza logarítmica calculada a partir da pressão de referência (0,00002 Pa) e da pressão efetiva (pef) (BISTAFA, 2018).

Bistafa (2018) afirma que, para registros de pressão sonora durante um determinado período de tempo, é natural que se procure por um nível médio, denominado Nível Equivalente (Leq). O medidor de nível de pressão sonora é capaz de medir diferentes grandezas, todas elas oriundas do nível de pressão sonora (NPS), que é uma grandeza instantânea. O Lmax é o maior dos valores medidos durante o período de medição, ou seja, é o maior dos NPS efetivos.

3.3.2 Frequência e curvas de ponderação

Frequência é o número de vibrações completas em um segundo, sendo sua unidade de medida o Hertz (Hz) (BISTAFA, 2018). Segundo Beranek e Mellow (2019), o ouvido humano não é igualmente sensível ao som em frequências muito baixas e muito altas. Portanto, foram criadas as curvas de ponderação.

Curvas de ponderação são filtros, fazendo as frequências receberem pesos diferentes nas medições. O filtro ponderador A se aproxima do sistema auditivo humano para sons com níveis sonoros moderados, como as atividades do cotidiano. Portanto, é o filtro mais utilizado e recomendado para medições de ruído (BISTAFA, 2018).

Segundo Bistafa (2018), os ponderadores temporais, indicadas pelas siglas “S” e “F”, estão associados à rapidez com que o dispositivo indicador acompanha as flutuações do nível de pressão sonora. A menor flutuação das leituras ocorre com o tempo de integração *slow*.

3.4 Tempo de reverberação

A energia de uma fonte sonora, ligada num ambiente fechado, se eleva até atingir uma situação de equilíbrio, que é representada por um nível sonoro estacionário. A energia sonora injetada dentro do recinto, através da fonte, será equilibrada pela energia sonora absorvida (BISTAFA, 2018). A reverberação, depois de ter sido cessado o estímulo gerado pela fonte sonora, é o continuar da energia sonora no ambiente (RUSSO et al, 1993).

A reverberação será maior, quanto maior for o tempo que a energia sonora produzida pela fonte demorar para ser dissipada, ou quanto maior for o tempo para

que a energia dentro da sala seja equilibrada. Então, o tempo de reverberação (TR) pode ser definido como o tempo necessário para que o som em uma sala, após desligada a fonte sonora, decaia 60 dB (EVEREST, 2001). O tempo de reverberação, por isso, também é chamado de T60.

O tempo de reverberação depende de características da sala como o volume e a capacidade de absorção dos materiais que a compõem e, também de características do som, como a frequência da onda incidente (BISTAFA, 2018).

Para medir o TR, é usado um ruído que decai em 3 dB por oitava, conhecido como ruído rosa. Esse ruído possui características similares ao de alguns equipamentos, como uma televisão fora de sintonia, e é indicado para análises de sistemas acústicos, pois garante uma energia constante por oitava, podendo realizar comparações dos resultados obtidos com bandas diferentes (BISTAFA, 2018)

3.5 Percepção humana ao ruído

Para que um ser humano possa ouvir um som, ele precisa de um sistema auditivo completo e saudável. A anatomia da orelha pode ser subdividida em três partes: orelha externa, orelha média e orelha interna (LONG, 2006). Quando um som é gerado e há alguém nas imediações para escutá-lo, acontece uma sequência de eventos: som gerado; o som se propaga até a aurícula e, posteriormente, para o interior do conduto externo auditivo; o tímpano vibra; os ossículos da orelha média vibram (estribo, bigorna e martelo); ondas de pressão são transmitidas para o líquido no interior da cóclea; a cóclea codifica o som e, finalmente, o som codificado é transmitido ao cérebro via nervo auditivo (BISTAFA, 2018). Essa é a descrição do ponto de vista da fisiologia humana.

A acústica subjetiva por sua vez, divide a mesma sequência de acontecimentos em: evento sonoro; estímulo sonoro; evento auditivo; sensação sonora e percepção sonora (PAUL, 2013). O evento sonoro independe de ter um ouvinte próximo para ocorrer. No entanto, quando ele ocorre com condições de pressão e frequência dentro dos limites estabelecidos e próximo de um ouvinte, o aparelho auditivo é estimulado, portanto há um estímulo sonoro, que ao percorrer todo o caminho descrito no parágrafo anterior, finalmente chega no córtex auditivo e provoca uma sensação sonora (BISTAFA, 2018).

3.6 O ruído e a saúde

A exposição à poluição sonora pode causar diferentes efeitos negativos na saúde do ser humano, tanto no campo físico quanto no mental. Ela atrapalha a comunicação e provoca distúrbios do sono, estresse, irritabilidade e distúrbios psicológicos. Além dos efeitos estressantes, também pode levar a uma série de danos à saúde. São importantes os distúrbios cardiorrespiratórios (arritmias e infartos), zumbidos no ouvido, dificuldades para se concentrar, dores de cabeça, prejuízos à audição, agravamento da arteriosclerose, além de outras doenças e até enfermidades infecciosas. (REBOLLO, 2011).

Para se ter uma ideia do alcance que a poluição sonora pode ter sobre a saúde, até o sistema digestivo é prejudicado, pois o estômago agiliza a produção do ácido gástrico, causando gastrites, úlceras e hérnias — doenças que podem exigir cirurgia e, em casos mais extremos, levam à morte. Com tudo isso, o intestino fica desequilibrado, resultando em dores e constipação. (REBOLLO, 2011).

Conforme estudo da Universidade de Harvard, o barulho em excesso também pode agir como uma droga, fazendo com que as pessoas fiquem na dependência dos ruídos. Eles liberam substâncias excitantes no cérebro, como fazem o ópio e a heroína, geram prazer e tornam a pessoa viciada nos ruídos. É uma dependência que pode resultar em agitação e depressão, interferindo em sua capacidade de reflexão e concentração mais profunda (OLIVEIRA, 2021).

A NR 15 (Atividades e Operações Insalubres), há valiosas orientações e regras que precisam ser seguidas para garantir o bem-estar e a saúde dos profissionais. No Anexo No 1 são definidos os limites de tolerância para o ruído contínuo ou intermitente. Já no Anexo No 2 são contemplados os limites para ruídos de impacto (OLIVEIRA, 2021).

Destacamos abaixo algumas referências, em que relaciona a intensidade do som ao ambiente de trabalho:

- 50 dB — a maioria considera como um ambiente silencioso;
- 55 dB — o máximo aceitável para ambientes que requerem silêncio;
- 60 dB — aceitável em ambientes de trabalho durante o dia;
- 65 dB — limite máximo aceitável para ambientes ruidosos;
- 70 dB — não é recomendado para escritórios, pois dificulta a comunicação oral;

- 75 dB — é necessário falar mais alto;
- 80 dB — a conversa se torna muito difícil;
- 85 dB — limite máximo tolerável para a jornada de trabalho de 8 horas diárias (OLIVEIRA, 2021).

A respeito do sono, pesquisas demonstram que ele sofre em locais barulhentos, ainda que as pessoas não acordem completamente, e que o ruído vivenciado durante o dia contribui negativamente para a qualidade do sono à noite (EVANS, 2001; PIMENTEL-SOUZA, 2004).

3.7 Legislações brasileiras

No Brasil, existem normativas que auxiliam para a medição e avaliação de níveis de pressão sonora de equipamentos hidrossanitários em edificações residenciais multifamiliares. Para medir ruído de instalações hidrossanitárias *in loco* é necessário seguir os procedimentos descritos pela NBR ISO 16032 (ABNT, 2020). Para a realização da medição, é inevitável que as instalações hidrossanitárias estejam executadas de acordo com as normas nacionais. A avaliação se dá pela 15575-6.

A NBR ISO 16032 (ISO, 2020) é a norma que regulamenta as medições de nível de pressão sonora, de equipamentos de serviço em edifícios, pelo método de engenharia, *in loco*. Entre os equipamentos de serviço descritos pela norma, encontram-se os aparelhos sanitários.

A NBR 15575-6 (ABNT, 2021) visa informar, em caráter não obrigatório, os requisitos e critérios para a avaliação dos ruídos gerados por equipamentos hidrossanitários acionados fora da unidade habitacional em avaliação instalados nas dependências da edificação.

4 INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS

As instalações prediais hidrossanitárias passaram a fazer parte das edificações aos poucos. Primeiro as pias e lavatórios foram sendo incorporadas às edificações e, posteriormente, os banheiros completos. (LANDI, 1993). Por isso, na primeira metade do século XX, muitos banheiros ainda eram construídos externos à casa, sem comunicação com os demais cômodos, para evitar problemas de falta de privacidade, de odor indesejado e em canalizações e tubulações (LANDI, 1993).

Atualmente, nas edificações residenciais, as tubulações hidrossanitárias são embutidas, ou nas paredes ou em shafts, geralmente construídos para escondê-las. A posição da canalização depende do projeto, que por sua vez depende da tipologia construtiva da edificação (CARVALHO JÚNIOR, 2013).

4.1 Instalações de água fria

Para Carvalho Júnior (2013) uma instalação predial de água fria, constitui-se no conjunto de tubulações, aparelhos reservatórios e dispositivos, que são destinados ao abastecimento de equipamentos e pontos de utilização de água da edificação, em quantidade de água suficiente, buscando manter a qualidade da água fornecida pelo sistema de abastecimento.

A NBR 5626 (ABNT, 1998), que fixa as exigências e recomendações relativas a projeto, execução e manutenção das instalações prediais de água fria, especifica que as mesmas devem ser projetadas de modo que, durante a vida útil do edifício que as contém, atendam a requisitos. O Anexo C da NBR 5626 (ABNT, 1998) trata dos ruídos e vibrações em instalações prediais de água fria. Neste anexo, são abordadas as maneiras de transmissão do ruído, os principais elementos do sistema hidrossanitário que geram essa patologia e, no último item, é abordado o ruído nas instalações de água quente.

A partir do reservatório, a água é distribuída para os pontos de utilização, sendo assim a rede de distribuição de água fria é formada pelo conjunto de canalizações que interligam os pontos de consumo ao reservatório da edificação (CARVALHO JÚNIOR, 2013).

O material mais comumente utilizado para tubulação de água fria é o cloreto de polivinila (PVC rígido). São utilizados dois tipos: o PVC rígido soldável marrom, com diâmetros externos que variam de 20 mm a 110 mm, e o PVC rígido roscável

branco, com diâmetros que vão de ½" a 4" (12,5mm a 200mm). A norma também permite a utilização de aço-carbono galvanizado, cobre, ferro fundido galvanizado e liga de cobre (CARVALHO JÚNIOR, 2013).

Fazem parte das canalizações os dispositivos controladores de fluxo, tais como: torneiras, registros de pressão e de gaveta, misturadores, válvulas de descarga, válvulas de retenção e válvulas de alívio ou redutoras de pressão. Esses elementos são destinados a controlar, interromper e estabelecer o fornecimento de água nos aparelhos sanitários e nas tubulações (CARVALHO JÚNIOR, 2013).

Quanto ao dimensionamento das tubulações e constituintes do sistema de instalação predial de água fria, a NBR 5626 (ABNT, 1998) fornece valores de pressão e velocidade dentro das canalizações. Quanto à velocidade, a água não pode atingir mais que 3m/s, pois, segundo a norma, caso isso ocorra, são provocados ruídos excessivos nas paredes da tubulação. Quanto à pressão, em nenhum ponto ou trecho da canalização, a mesma pode ultrapassar 400kPa e, não pode ser menor que 5kPa (CARVALHO JÚNIOR, 2013).

4.2 Instalações de esgoto sanitário

Pode-se entender por esgoto ou águas residuárias os despejos líquidos de casas, edificações residenciais, comerciais ou industriais (TIGRE, 2013). Segundo a NBR 8160 (ABNT, 1999), o sistema de esgoto sanitário tem por funções básicas coletar e conduzir esses despejos líquidos provenientes do uso adequado dos aparelhos sanitários a um destino apropriado.

As tubulações de esgoto dividem-se em duas partes, a saber: esgoto primário e secundário. O esgoto secundário é a parte que não está em contato com os gases provenientes da rede pública ou fossa. Já o esgoto primário são todas as peças instaladas da caixa sifonada até a caixa de inspeção, ou seja, todas as peças que ficam em contato com os gases. O lavatório é um exemplo de gerador de esgoto secundário, já o vaso sanitário é um gerador de esgoto primário. (HOUTEN, 2003).

O sistema predial de esgoto sanitário deve ser completamente separado do sistema coletor de águas pluviais, não deve haver nenhuma forma de ligação entre eles. O destino final do esgoto sanitário é diferente das águas pluviais coletadas (CARVALHO JUNIOR, 2013).

Os aparelhos que compõem o subsistema de esgoto sanitário, desde onde este é gerado, até a sua disposição final são: aparelhos sanitários; desconectores;

ramais de descarga e de esgoto; tubos de queda; subcoletores e coletor predial; dispositivos complementares e, quando necessário, instalação de recalque. Faz ainda parte do sistema predial de esgoto o subsistema de ventilação (TIGRE, 2013). Os aparelhos sanitários comumente utilizados, presentes nas edificações residenciais de todas as classes sociais são: pia, tanque, lavatório, bacia sanitária e chuveiro (HOUTEN, 2003).

O ramal de descarga é a tubulação horizontal que recebe diretamente os efluentes dos aparelhos sanitários. O ramal de esgoto pode receber os efluentes diretamente dos ramais de descarga ou através de um desconector (caixa sifonada). Ambos precisam escoar seus efluentes por gravidade, portanto é recomendado que tenham uma declividade mínima, conforme o diâmetro nominal (CARVALHO JUNIOR, 2013).

Os efluentes do ramal de esgoto são lançados no tubo de queda, quando a edificação possuir dois ou mais pavimentos. Os tubos de queda são dimensionados conforme o número de Unidades Hunter de Contribuição (UHC), que está especificado na tabela 6 da NBR 8160 (ABNT, 1999). Os despejos provenientes do tubo de queda são lançados na tubulação horizontal denominada coletor predial ou subcoletores, que não podem possuir declividade maior que 5% (CARVALHO JUNIOR, 2013).

As caixas de gordura, os poços de visita e as caixas de inspeção são considerados dispositivos complementares. Um componente que não pode ser esquecido, pois é fundamental para o bom funcionamento do sistema de esgoto, é a ventilação. Desta fazem parte o ramal de ventilação e a coluna de ventilação. O sistema de ventilação protege os desconectores, impedindo o rompimento do fecho hídrico, além disso, permite a saída dos gases do esgoto para a atmosfera (CARVALHO JUNIOR, 2013).

A norma brasileira NBR 8160 (ABNT, 1999) permite a utilização de diferentes materiais para o sistema de esgoto predial, desde este seja normalizado pela ABNT. No entanto, o material mais comumente utilizado é o PVC, que, para o esgoto, deve ser de cor branca. No mercado nacional são encontrados com comprimento de 3 m ou 6 m, cuja temperatura máxima que pode resistir é 45°C, e possui superfícies internas lisas (CARVALHO JUNIOR, 2013).

4.3 Ruído em instalações hidrossanitárias

Gnipper (2007) entende que todo sistema ou subsistema que não atende algum requisito de desempenho, principalmente aqueles exigidos por legislação específica, regulamentação ou normalização técnica, está sujeito a uma patologia (problema real, com sintomas já manifestos) ou a uma inconformidade (problema potencial ou já instalado e ainda sem sintomas aparentes).

O controle do ruído nas edificações residenciais pode subdividir-se em duas áreas principais: o isolamento entre os cômodos da casa ou entre estes e o exterior, e o isolamento em relação ao ruído provocado pelas suas próprias instalações. O ruído originado pelas instalações compreende, principalmente, o ruído gerado por elevadores, pelas instalações de ar condicionado e pelos sistemas hidrossanitários (GRIMWOOD, 1997).

Uma vez que o ruído devido às instalações hidrossanitárias é gerado, ele é transmitido em uma edificação através do ar e por meio da estrutura ou de ligações estruturais. O ruído aéreo pode ser atenuado pela escolha do tipo de parede e forro onde a tubulação está instalada, pelo material isolante que irá envolver os canos e pela localização das instalações em um lugar mais apropriado (KWOLKOSKI, 2006), no caso em paredes não adjacentes aos cômodos de maior permanência ou que façam divisa com vizinhos. Porém, frequentemente, a maneira dominante de transmissão do ruído dos sistemas hidrossanitários é via estrutural (HOUTEN, 2003).

Ruídos em sistemas hidrossanitários, geralmente são gerados pelos seguintes mecanismos: regime de escoamento da água na tubulação (turbulento ou laminar); cavitação; impacto da água (respingo) nos aparelhos sanitários; fluxo dos resíduos (esgoto) e golpe de aríete (HOUTEN, 2003). E depende de fatores como a pressão da água, o material da tubulação, a vazão e o método de fixação da canalização na parede ou na laje (HOUTEN, 1994).

O respingo da água sobre a pia, tanque ou lavatório, quando a torneira é aberta ou sobre o box, no momento da abertura do registro do chuveiro ou em qualquer aparelho hidrossanitário, produz ruído devido ao impacto do fluido sobre as superfícies de contato do equipamento. Esse impacto por sua vez, produz ruído em função da energia cinética da água ao encontrar as superfícies (HOUTEN, 2003).

Outra fonte de ruído em instalações hidrossanitárias é o fluxo produzido por resíduos ou pela água ao passar pelo sifão, quando apresenta um caráter intermitente.

Esse é geralmente o caso em que a canalização tem um longo comprimento ou uma abrupta transição, que pode estar localizada na parede do vizinho, ou ainda quando a tubulação apresenta uma baixa seção ocupada. Houten (2003) afirma que embora o nível de pressão sonora do ruído gerado pelo fluxo do esgoto ou da água possa ser baixo (30 a 35dB(A)), essa experiência pode causar constrangimento e embaraço entre vizinhos, quando o ruído de fundo é baixo, o que geralmente ocorre à noite.

No anexo C da NBR 5626 (ABNT, 1998) está escrito que um intenso ruído em instalações hidrossanitárias também pode ser provocado pelo fenômeno conhecido como golpe de aríete. O choque violento produzido sobre as paredes da tubulação, quando o escoamento é interrompido bruscamente é denominado golpe de aríete (BORGES; BORGES, 1992). Esse fenômeno é muito perigoso e pode inclusive romper a tubulação.

Aparelhos sanitários como pias, banheiras, lavatórios, chuveiros, bacias sanitárias, entre outros, são geralmente fontes de ruído, que podem gerar incômodo nos usuários das edificações. O mecanismo de geração de ruído que pode ser transmitido via estrutura envolve cavitação de válvulas, impacto da água sobre as superfícies do próprio equipamento e o intermitente fluxo de água ou esgoto em sifões (HOUTEN, 2003).

Para Hansen e Goelzer (1996), o controle do ruído indesejado das instalações hidrossanitárias deveria ser considerado uma parte do projeto. E tudo começa com a concepção do projeto em si. Gnipper (2007) afirma que as maiores causas de patologias nos sistemas hidrossanitários, entre as quais cita o ruído, é a falta de detalhamento nos projetos. Sendo assim, deveriam ser acrescentadas especificações considerando medidas mínimas de controle de ruído (HANSEN; GOELZER, 1996). Quanto mais fácil for a passagem da água ou do esgoto, menor será o ruído gerado pelo fluxo.

4.4 Métodos construtivos e isolamento acústico

O tipo de estrutura é determinante na concepção do projeto hidrossanitário, assim como a função da edificação e o projeto arquitetônico. No entanto, independente da estrutura as condições de velocidade, pressão, os materiais e as prescrições das normas NBR 5626 (ABNT, 1998) para sistema de água fria, NBR 7198 (ABNT, 1993) para sistema de água quente e a NBR 8160 (ABNT, 1999) para sistema de esgoto sanitário, continuam as mesmas (CARVALHO JÚNIOR, 2013).

As estruturas de concreto armado permitem variados sistemas de vedação, no entanto o mais utilizado ainda é alvenaria com bloco cerâmico furado. Neste tipo de sistema, costuma-se embutir as tubulações de água nas paredes, rasgando-se a alvenaria e fixando-as com argamassa em alguns pontos (HOUTEN, 2003).

As tubulações de esgoto possuem diâmetros maiores, então nem sempre é possível ou aconselhável que a mesma, esteja embutida na parede. Assim como não é aconselhável que as tubulações de qualquer instalação predial atravessem vigas ou pilares. Sendo assim, é comum que a canalização vertical do sistema de esgoto sanitário, no caso os tubos de queda e de ventilação, estejam escondidos em shafts. Nesse caso, as tubulações são fixadas à parede com braçadeiras ou suportes metálicos. Os shafts geralmente são fechados com alvenaria ou com argamassa, mas existem muitas outras formas, como por exemplo, placas de gesso (CARVALHO JÚNIOR, 2013).

Os ramais de esgoto são tubulações horizontais do sistema de esgoto sanitário então, assim como as caixas sifonadas, caixas de gordura e ralos, precisam estar no piso de cada unidade autônoma. Isso comumente é feito de duas formas. Uma delas é rebaixando as lajes dos cômodos que contém os aparelhos sanitários. A outra maneira é manter todas as lajes no mesmo nível e embutir na laje as caixas sifonadas, caixas de gordura e ralos (CARVALHO JÚNIOR, 2013).

Quanto às tubulações verticais, tanto do sistema de água quanto de esgoto sanitário, podem-se encontrar as seguintes opções de execução em obras de alvenaria estrutural: paredes hidráulicas; shafts verticais; tubulações no interior de paredes estruturais e enchimento com argamassa ou tijolos de vedação (SANTOS, 1998). Segundo o mesmo autor, nas paredes hidráulicas, é permitida a execução de rasgos, para embutir a tubulação, tendo em vista que essas paredes não são estruturais (HOUTEN, 2003).

Um dos meios de isolar a tubulação da estrutura é revesti-la com materiais absorvedores, geralmente vendidos para isolamento térmico, essa técnica é denominada encamisamento da tubulação. Quando usados para controle de ruído, podem provocar reduções no nível de pressão sonora de 6 a 10dB. O material isolante ou de revestimento da tubulação pode ser de algum tipo de fibra, segurado por fita ou adesivo (CARVALHO JÚNIOR, 2013).

Em alguns projetos, a parede que abriga a tubulação é comum a duas unidades autônomas diferentes. Sabe-se que a passagem do fluido pela tubulação,

provoca movimento (vibração), o que pode ocasionar efeitos sonoros sensíveis ao ouvido humano. Sendo assim, a cada vez que algum equipamento hidrossanitário de um apartamento é acionado, a tubulação sofre uma reação, que é sentida pelo usuário da unidade autônoma vizinha. Tal fato pode gerar sérios problemas de conforto e privacidade para ambos os moradores (CARVALHO JÚNIOR, 2013).

O ruído que resulta do fluxo da água em tubulações pode ser transmitido para um cômodo, pelo contato da tubulação com as paredes, lajes, forros, etc. Isolando-se esta canalização da estrutura, é possível ter uma significativa redução no ruído. Por exemplo, uma redução de 10dB a 12dB pode ser obtida se a canalização for executada com espuma isolante em vez de ser rigidamente conectada com a estrutura (HOUTEN, 2003). A norma 5626 (ABNT, 1998), no anexo C, também afirma que as tubulações não devem ser fixadas de maneira rígida às paredes ou em divisórias construídas de materiais leves.

Em um estudo de caso realizado no Rio de Janeiro, no bairro Botafogo, Corrêa e Niemeyer (2009), mediram o ruído gerado pelas válvulas de descargas do banheiro ao lado da sala de reunião. Elas realizaram, além das medições, entrevistas, onde constataram que o ruído proveniente dessas instalações perturbava tanto que algumas reuniões foram interrompidas, devido ao funcionamento do aparelho sanitário em questão.

A parede onde estavam instaladas as válvulas das descargas fazia divisa com a sala de reuniões. Sendo assim, as medições foram realizadas no banheiro e na sala de reuniões. Não foi mencionada no artigo a norma utilizada para medição, nem a grandeza medida. Foram fornecidos valores únicos de NPS, na ponderação A e medidas as 4 descargas das bacias sanitárias do banheiro, comprovando-se que a bacia sanitária d é a que emitia o NPS mais alto na sala de reuniões, da ordem de 59,90dB(A) (HOUTEN, 2003).

As soluções apontadas por Corrêa e Niemeyer (2009) para atenuação do ruído gerado pela tubulação da descarga são similares às apresentadas por Houten (2003), entre elas destaca-se o revestimento das tubulações com tubos bi-partidos de lã mineral aglomerada, a qual apresenta propriedades de materiais absorventes. Segundo as autoras, o material mencionado tem propriedades acústicas, desde que esteja isolado das paredes da edificação, pois o mesmo não atenua a vibração, mas sim converte a energia sonora proveniente do contato do fluido com as paredes da tubulação, em energia térmica.

Outra solução apontada por Corrêa e Niemeyer (2009) é a substituição do sistema de descarga acionada através de válvula embutida na parede, por bacias sanitárias com caixa acoplada, pois estas evitam a vibração causada pela água ao passar pela tubulação, tendo em vista que, no sistema com caixa acoplada, a água já está armazenada no local. O mesmo já havia sido constatado por Barnewitz (1997), quando afirmou que este sistema pode ser considerado uma evolução das bacias sanitárias, no que se refere ao conforto acústico.

Outra solução mencionada por Houten (2003) para evitar ou diminuir a transmissão do ruído das instalações hidrossanitárias é a utilização de shafts. Segundo ele, colocar as tubulações dentro de shafts é benéfico no controle de ruído que se propaga através da canalização. Se o shaft não estiver totalmente conectado com a estrutura e permitir que a tubulação também não fique em contato com a parede, ele poderá auxiliar significativamente na perda de transmissão do ruído.

Os problemas para a concepção de projeto se resumem em identificação da fonte ou das fontes; conhecimento do caminho de propagação do ruído desde a fonte até o receptor, ordenando os principais contribuintes para o problema; e, finalmente, a determinação de uma solução aceitável (HANSEN; GOELZER, 1996). Projetar as instalações de forma que as prumadas passem por paredes de ambientes com menos exigência de ocupação ou por paredes externas também é uma solução (LEAL, 2004).

5 METODOLOGIA

O presente trabalho é uma pesquisa aplicada, a qual utiliza parâmetros normativos para medição e avaliação dos dados, sem contribuição para a base teórica existente (FELLOWS; LIU, 2015). A literatura recomenda dois métodos para medição do nível de pressão sonora de equipamentos prediais, a saber: método de engenharia e método simplificado. Segundo a NBR 15575-6 (ABNT, 2021), o método de engenharia resulta em menor incerteza dos resultados em comparação ao método simplificado.

Portanto, a metodologia utilizada para as medições seguiram as recomendações da NBR 16032, a qual descreve o procedimento de medição de ruído de equipamentos prediais, incluindo as instalações hidrossanitárias, que é o objetivo dessa pesquisa. (ABNT, 2020).

5.1 Caracterização do local de estudo

As medições foram realizadas em um condomínio residencial localizado no bairro Cidade dos Lagos na cidade de Guarapuava-PR, ilustrado na Figura 1. Este empreendimento está inserido no programa Casa Verde e Amarela de financiamento governamental. É constituído por 8 torres de 7 pavimentos contendo 8 apartamentos por andar, totalizando 56 apartamentos por torre e 448 unidades habitacional ao total.

Na data de medição, a paisagem sonora era composta pela operação da obra que estava em fase de finalização, tendo pouca ou quase nenhum tráfego de automóveis pela ruas que contornam o condomínio. Contudo, quando habitado, a paisagem sonora será composta por conversas, gritos, músicas, ruídos de animais e ruído de tráfego dos automóveis, já que o estacionamento é externo as edificações.

Na data de medição, o prédio já estava com as instalações hidrossanitárias funcionando. A edificação ainda não estava habitada, conforme orienta a NBR 15575-6 para realizar a medição (ABNT, 2020).

Figura 1 – Projeto de implantação do condomínio residencial em estudo

Fonte: *Sítio da construtora*¹ (2021)

O edifício apresenta estrutura de concreto armado, com paredes de vedação em alvenaria e Drywall. Somente os pisos dos banheiros, cozinha, área de serviço e sacada possuem revestimento cerâmico. As esquadrias são de alumínio e portas internas de madeira. A edificação não possui instalação de água quente, somente de água fria, as quais juntamente com as demais instalações hidrossanitárias, estão embutidas em shafts. Todas as tubulações hidrossanitárias são de PVC.

O ensaio ocorreu no dia 22 de Novembro de 2021, no período da manhã, nos horários entre 09:30 e 12:00. A Torre 7, ilustrada na Figura 2, foi escolhida para realizar a medição pois estava mais distante do ruído emitido pelos equipamentos da obra e que poderiam influenciar nas medições. As condições climáticas estão na Tabela 9 do APÊNDICE A.

¹ Disponível em: <https://www.prestes.com/wp-content/uploads/2019/08/IMPLANTACAO.png>
Acesso em: 10 nov, 2021.

Figura 2 - Edificação utilizada para as medições

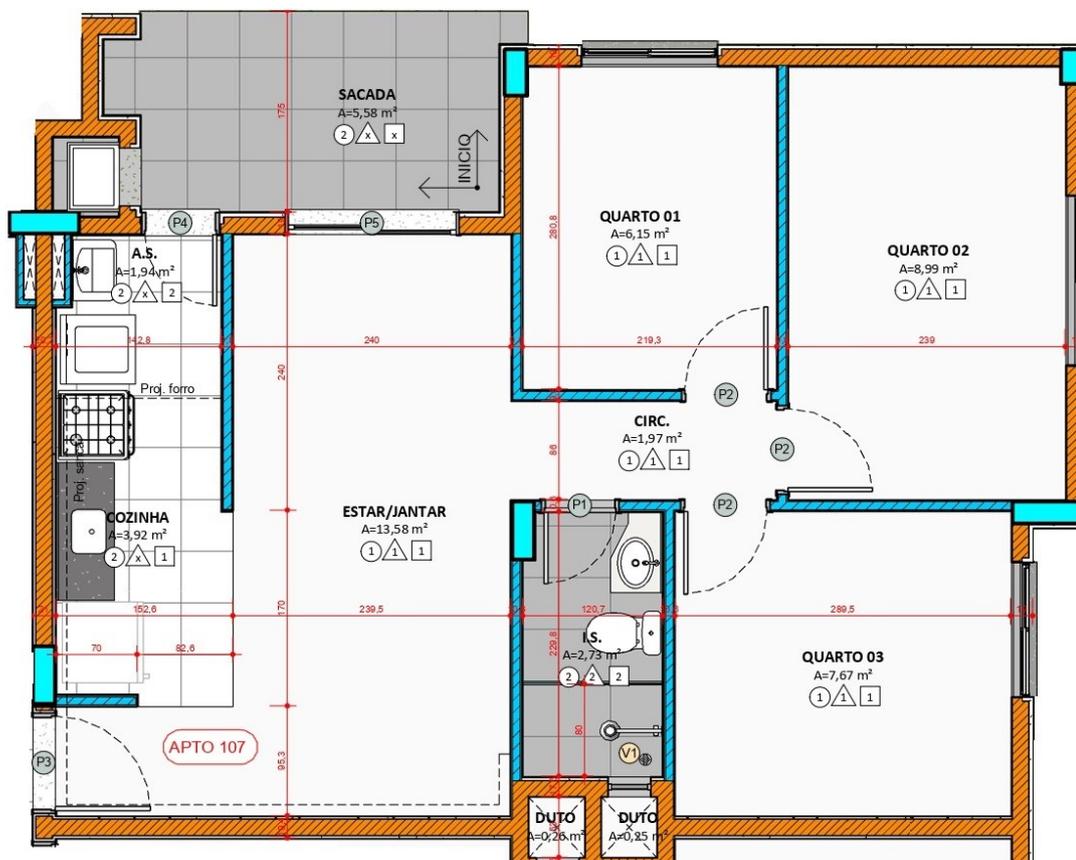


Fonte: Autoria própria (2021)

A partir da análise do projeto arquitetônico e de esgoto sanitário da edificação, optou-se por realizar as medições no térreo, no dormitório 3 do apartamento 107, já que é adjacente a um shaft que contém um tubo de queda de esgoto. Este apartamento fica localizado na região frontal da edificação.

O apartamento escolhido tem 60,49 m² e é composto por 3 quartos, um banheiro social, sala de estar e jantar conjugada, cozinha com área de serviço acoplada e sacada. A Figura 3 ilustra a planta baixa do apartamento descrito. O dormitório escolhido possui 7,69 m². As paredes em laranja são de alvenaria de bloco cerâmico e as paredes internas destacadas em azul são de DrayWall.

Figura 3 - Planta arquitetônica do apartamento 107



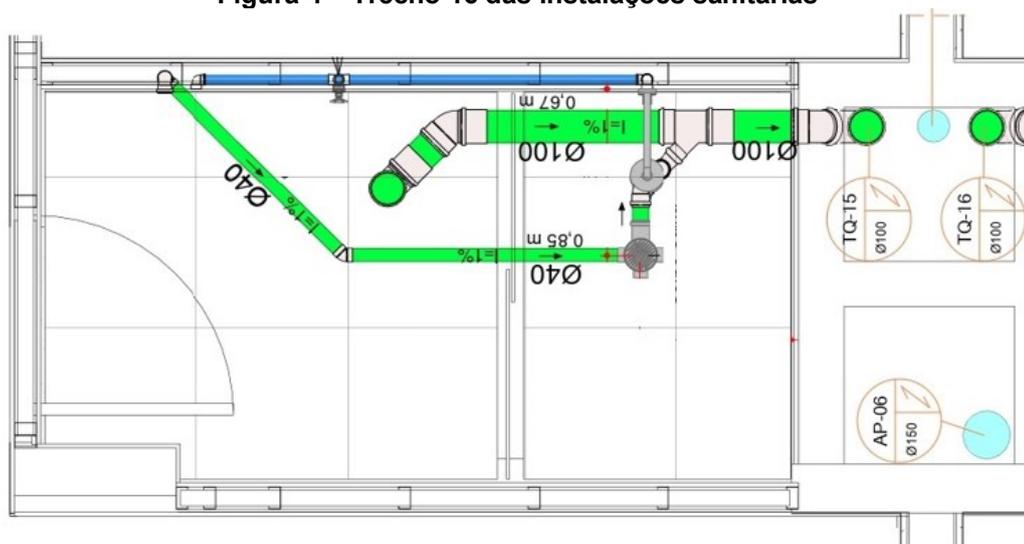
Fonte: Adaptado do projeto arquitetônico da edificação

5.2 Descrição das instalações sanitárias da edificação

Para avaliar a transmissão do ruído no dormitório, optou-se em medir o NPS do vaso sanitário com caixa acoplada. Tal decisão é pelo fato de ser grande alvo de reclamações e, além do incômodo gerado pelo ruído, provoca constrangimento entre vizinhos (QUERIDO, 1993). O ruído advém do tubo de queda número 15 conforme numerado no projeto de esgoto sanitário da edificação no ANEXO B. Este tubo está dentro de um shaft com paredes feitas em blocos cerâmicos. O tubo de queda não é revestido por material isolante.

O projeto das instalações sanitárias da edificação são divididas em trechos, conforme Figura 12 Figura 13 do ANEXO B e C, respectivamente. O trecho analisado é o 16 do pavimentos tipo, o qual o efluente do esgoto primário percorrerá até o tubo de queda número 15, conforme representa a Figura 4.

Figura 4 – Trecho 16 das instalações sanitárias



Fonte: Adaptado do projeto hidrossanitário da edificação

Os banheiros possuem um vaso sanitário com caixa acoplada e pia com bancada em pedra de granito, conforme ilustra a Figura 5 abaixo.

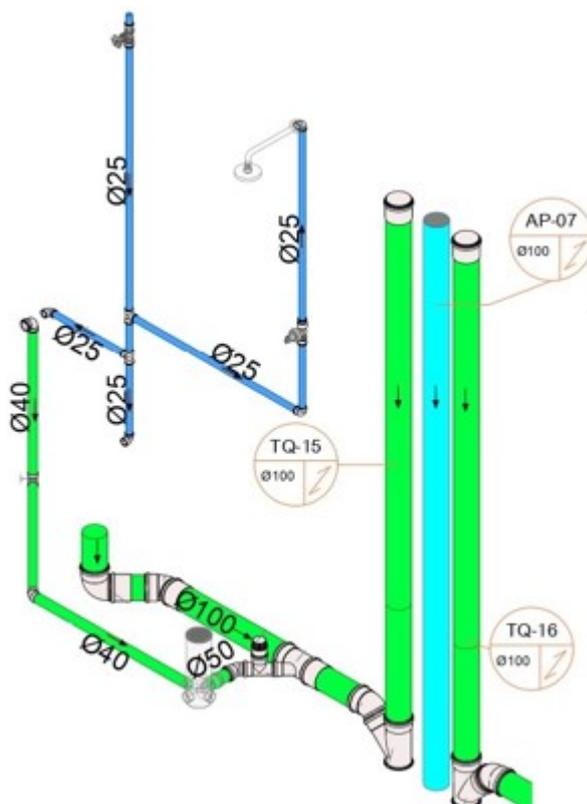
Figura 5 – Equipamentos hidrossanitários dos banheiros avaliados



Fonte: Autoria própria (2021)

A Figura 6 ilustra a direção que o esgoto primário percorre até chegar ao tubo de queda 15 em direção aos pavimentos inferiores.

Figura 6 - Vista Isométrica das tubulações de esgoto dos apartamentos 207



Fonte: Adaptado do projeto de esgoto da edificação

5.3 Materiais e equipamentos

Para realização das medições, utilizou-se o medidor de nível de pressão sonora e, para a geração do sinal na medição do TR, foi utilizada uma fonte sonora e um amplificador de potência de fonte sonora. Foi adotado ruído rosa, pois este ruído tem a mesma distribuição de energia em todas as faixas de frequência.

Portanto, o sistema para medição contou com os seguintes equipamentos:

- Sonômetro tipo 2250 do fabricante *Brüel & Kjær*, classe 1, calibrado pelo Inmetro, conforme APÊNDICE A;
- Microfone fixo capacitivo 1/2" modelo 4189 do fabricante *Brüel & Kjær*;
- Amplificador modelo FA501 do fabricante *Hypex*, com potência máxima de 650 W.
- Fonte Sonora Omnidirecional modelo DDC-100 do fabricante Grom;

Além disso, utilizou-se softwares: ITA Toolbox, para captação e extração dos dados; e o Microsoft Excel para tratamento dos dados.

5.4 Procedimento de medição

Primeiro mediu-se o tempo de reverberação da sala conforme a NBR ISO 3382 (ABNT, 2017). Os equipamentos utilizados para a medição estão descritos no tópico 5.3 e ilustrados conforme a Figura 7. O tempo de reverberação é medido em bandas de oitava no intervalo de frequências de 63 Hz a 8 000 Hz.

Figura 7 - Equipamentos utilizados na medição do tempo de reverberação

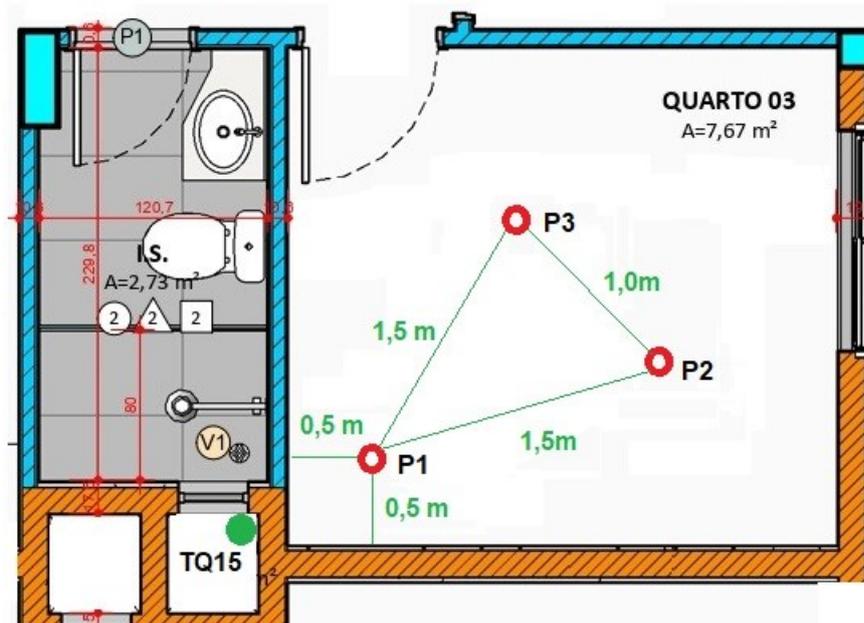


Fonte: Autoria própria (2021)

Em seguida, escolheu-se os pontos de medição, que estão ilustrados na Figura 8, conforme recomendação da NBR ISO 16032 (ABNT, 2021), respeitando as distâncias mínimas, sendo: P1 na posição de canto mais próxima a fonte emissora de ruído; P2 e P3 no campo reverberante do dormitório.

Posteriormente, foi realizada a medição da descarga da bacia sanitária do 207, depois do 707 e por fim do ruído residual, em cada um dos três pontos. Como os aparelhos sanitários são acionados manualmente, foi necessário que houvesse comunicação entre o operador dos equipamentos de medição e o operador dos aparelhos objetos da medição. Essa comunicação foi feita por ligação de vídeo pelo celular, mostrando o acionamento por vídeo chamada, evitando a comunicação oral. No momento da medição todas as janelas e portas do apartamento estavam fechadas.

Figura 8 – Pontos escolhidos para medição



Fonte: Autoria própria (2021) (2021)

As grandezas L_{eq} e L_{max} foram medidas no espectro linear, sem ponderação. Para o L_{max} utilizou-se a curva temporal S. O ciclo de operação para medir L_{max} e L_{eq} foi realizado durante um ciclo completo de descarga, para lavagem e reabastecimento da cisterna (ABNT, 2020). Este ciclo de operação é de aproximadamente 47 segundos. O som residual foi determinado para um período de aproximadamente 30 segundos. A Figura 9 ilustra o sonômetro na posição 2 durante as medições.

Figura 9 – Sonômetro na posição 2



Fonte: Autoria própria (2021)

5.5 Método de cálculo

Para obter as grandezas $L_{Aeq,NT}$ e $L_{ASmax,nT}$, que são os parâmetros de avaliação, utiliza-se as equações a seguir que estão descritas na ABNT NBR ISO 16032.

- a) Nível de pressão sonora médio: é a média do nível de pressão sonora em diferentes posições de microfone, em decibels, é obtido através da Equação 1.

$$\bar{L} = 10 \log \left(\frac{\sum_{i=1}^n 10^{0,1 \times L_i}}{n} \right) dB$$

Equação 1

Onde:

L_i = é o nível de pressão sonora em diferentes posições de microfone, em decibels, para calcular a média.

- b) Correção para som residual: se o nível de pressão sonora residual for inferior a 10 dB ou maior que o nível de pressão sonora do equipamento predial, nenhuma correção deve ser feita. Contudo, se o nível de pressão sonora residual estiver entre 4 dB e 10 dB abaixo do nível de pressão

sonora do equipamento predial, o nível de pressão sonora medido deve ser corrigido usando as Equação 2, Equação 3 e Equação 4 a abaixo (ABNT, 2020).

$$L = L1 - K \text{ dB}$$

Equação 2

$$K = -10 \log(1 - 10^{-0,1 \times \Delta L}) \text{ dB}$$

Equação 3

$$\Delta L = L1 - L2 \text{ dB}$$

Equação 4

Onde:

L é o nível de pressão Sonora corrigido, em decibels;

L1 é o nível de pressão Sonora em bandas de oitava medido do equipamento predial, incluindo o som residual, em decibels;

L2 é o nível de pressão Sonora residual em banda de oitava, em decibels;

K é o valor de correção em banda de oitava, em decibels.

Uma diferença de 4 dB corresponde a um valor de correção de 2,2 dB. Se a diferença for inferior a 4 dB, o valor de correção deve ser limitado a 2,2 dB, e no relatório deve ser declarado que o resultado da medição é influenciado pelo som residual. Para comparação com os limites de som, o resultado da medição pode ser considerado como o limite superior do nível de pressão sonora do equipamento predial. Deve ser indicado se o som residual está ou não influenciando o nível de pressão sonora do equipamento predial ponderada em A e em C (ABNT, 2020).

- c) Nível de pressão sonora padronizado: os níveis de pressão sonora medidos em bandas de oitava podem ser padronizados para um tempo de reverberação de 0,5s, conforme Equação 5

$$L_{nT} = L - 10 \log \frac{T}{T_0} \text{ dB}$$

Equação 5

Onde:

L = pode ser L_{max} ou L_{eq}

T = é o tempo de reverberação medido em segundos

T₀ = 0,5s

- d) Nível de pressão sonora ponderada em A: calculado a partir dos valores das bandas de oitavas no intervalo de frequências de 63Hz a 8000Hz, conforme a Equação 6

$$L_A = 10 \log \sum_{i=1}^n 10^{0,1(L_i + A_i)} \text{ dB}$$

Equação 6

Onde:

L_i é o nível de pressão sonora em bandas de oitava i , e A_i é a correção de ponderação em A para a banda de oitava i (ver anexo A). O valor de L_i depende dos parâmetros medidos, mas podem ser todos os parâmetros.

A Tabela 1 a seguir trás a correção dos valores para ponderação em A e em C. Contudo somente os valores de correção em A são utilizados para obter a grandeza de avaliação.

Tabela 1 – Valores para correção para a ponderação em A e C

	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 000 Hz	2 000 Hz	4 000 Hz	8 000 Hz
A (dB)	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	+1,2	+1,0	-1,1
C (dB)	-0,8	-0,2	0	0	0	-0,2	-0,8	-3,0

Fonte: adaptado da NBR ISO 16032 (ABNT, 2020)

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão apresentados e analisados os resultados obtidos através das medições realizadas. Em todas as medições foram obtidos os valores do L_{eq} e L_{Smax} , em bandas de oitava, para a faixa entre 63 Hz e 8000 Hz, no espectro linear (sem ponderação). A partir dos resultados em cada um dos pontos medidos, foi calculado o nível de pressão sonora médio com a Equação 1 para todas as frequências. Posteriormente foi aplicada a correção do ruído de fundo em cada banda, se necessário, utilizando as Equação 2, Equação 3 e Equação 4.

Então, a partir dos resultados do TR, que foi medido em bandas de oitava, foi aplicada a correção devido ao tempo de reverberação, em cada uma das grandezas medidas (L_{eq} e L_{Smax}). Posteriormente, os valores em bandas de oitava, em cada um das grandezas foram ponderadas para a Curva A, a partir dos valores da Tabela 1. Finalmente, depois de obtidos os valores ponderados para a faixa de frequências entre 63 Hz e 8 000 Hz, foi calculado o valor global para cada uma das grandezas e ponderações, obtendo assim os valores $L_{Aeq,nT}$ e $L_{ASmax,nT}$.

Por fim, as grandezas foram comparados com a classificação de níveis de desempenho de caráter não obrigatório contido no Anexo B da ABNT NBR 15575-6 (ABNT, 2021).

6.1 Resultados do ruído residual e tempo de reverberação

Os dados L_{eq} e L_{Smax} medidos no sonômetro do ruído residual do dormitório estão na Tabela 2 e Tabela 3, respectivamente.

Tabela 2 – L_{eq} do ruído residual em bandas de oitava

Posição	Nível de pressão sonora contínuo equivalente (dB)							
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
P1	39,1	26,3	23,4	19,9	22,3	19,4	17,4	13,3
P2	49,2	28,9	22,1	19,6	20,2	19,2	15,7	13,1
P2	52,9	39,9	32,4	26,8	25,5	22,0	14,2	12,4

Fonte: Autoria própria (2021)

Tabela 3 – LSmax do ruído residual em bandas de oitava

Posição	Nível máximo de pressão sonora (dB)							
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
P1	48,4	28,9	26,5	23,4	29,4	23,1	21,4	18,3
P2	55,7	36,3	39,2	36,7	30,9	30,3	28,2	25,2
P2	64,4	51,2	40,7	32,1	30,5	27,4	17,7	13,1

Fonte: Autoria própria (2021)

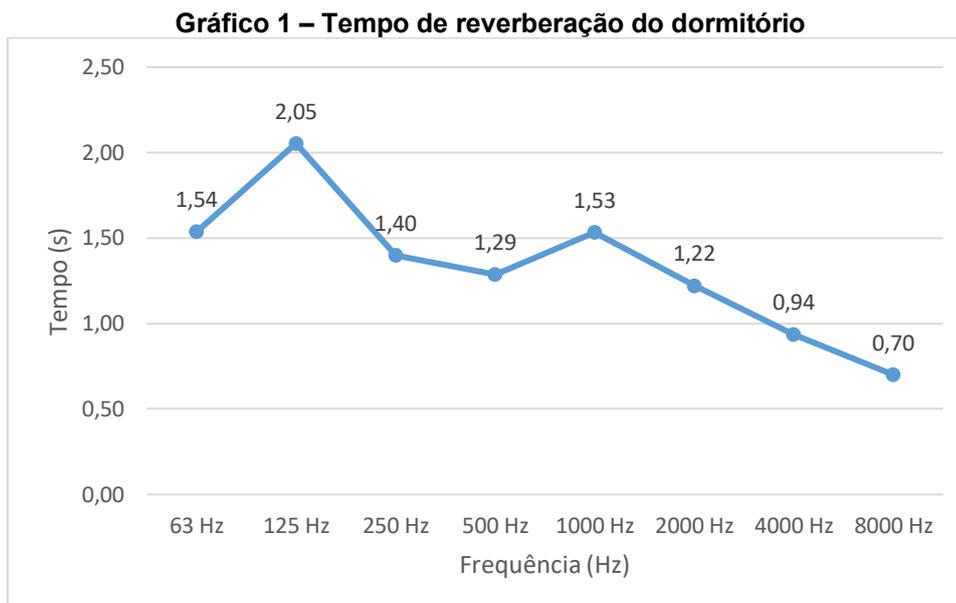
Os dados do tempo de reverberação do dormitório estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Valores medidos do tempo de reverberação

Medição	Tempo de reverberação (s)							
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
F1M1	1,35	2,03	1,43	1,36	1,63	1,38	0,95	0,73
F1M2	1,61	2,10	1,38	1,41	1,77	1,22	0,98	0,71
F1M3	1,57	2,11	1,50	1,24	1,34	1,20	0,91	0,65
F2M1	1,47	1,96	1,34	1,09	1,51	1,24	0,92	0,72
F2M2	1,70	2,03	1,32	1,36	1,42	1,09	0,95	0,70
F2M3	1,53	2,11	1,43	1,27	1,53	1,19	0,90	0,69

Fonte: Autoria própria (2021)

O resultado médio do tempo de reverberação estão apresentados no Gráfico 1. Para obter os valores utilizou-se a média aritmética simples dos dados da Tabela 4. Estes valores foram utilizados para a obtenção das grandezas LSmax,nT e Leq,nT nos tópicos seguintes.



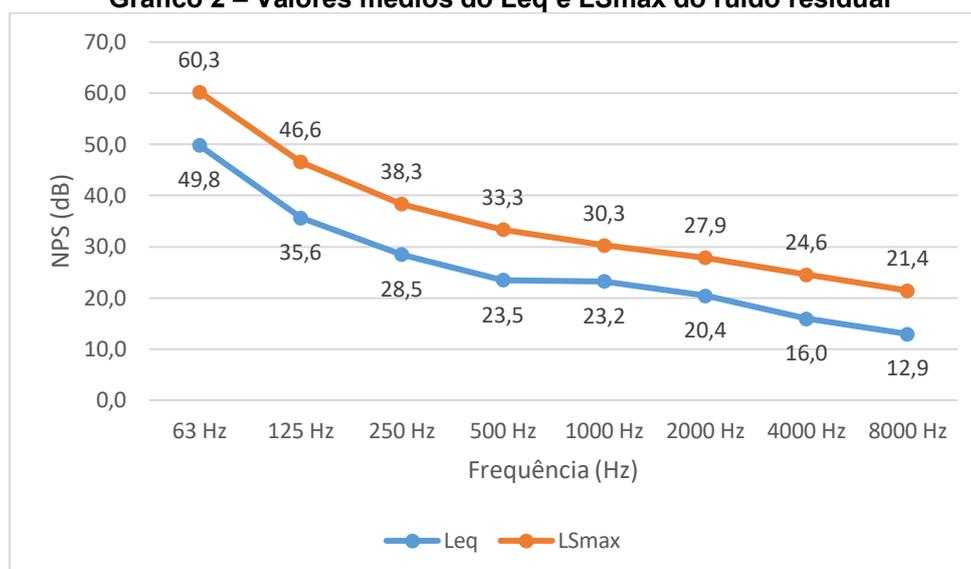
Fonte: Autoria própria (2021)

O Gráfico 1 mostra um tempo de reverberação mais alto nas frequências mais baixas, sendo que na frequência de 125Hz há um pico, que poderia ser uma frequência de ressonância da sala.

O nível de ruído residual no ambiente interno, com equipamento fora de operação $L_{Aeq,ai}$ apresentou o valor 30 dB(A)^2 , estando dentro do limite permitido para avaliar os equipamentos em questão. Se o valor fosse superior a 37 dB(A) deveria ser avaliado em outro horário mais silencioso, pois o ruído residual poderia influenciar nos resultados (ABNT, 2020).

O resultado médio do L_{eq} e L_{Smax} do ruído residual, estão apresentados no Gráfico 2. Para obter os valores utilizou-se de média energética, com a Equação 1 dos dados da Tabela 2 e Tabela 3, respectivamente.

² Média energética do NPS L_{Aeq} do ruído residual medido na ponderação A pelo sonômetro.

Gráfico 2 – Valores médios do Leq e LSmax do ruído residual

Fonte: Autoria própria (2021)

6.2 Análise da descarga do vaso sanitário da unidade 207

Os dados medidos com o sonômetro para as grandezas Leq e LSmax da descarga do vaso sanitário da unidade 207, estão na Tabela 5 e Tabela 6. Estes dados foram utilizados para calcular o LAeq,nT e LASmax,nT, apresentados no final deste tópico.

Tabela 5 – Leq da descarga da unidade 207

Posição	Leq - Nível de pressão sonora contínuo equivalente (dB)							
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
P1	41,4	33,7	34,5	34,8	32,2	26,7	21,7	14,3
P2	39,0	31,9	35,3	30,3	32,0	28,1	22,4	14,5
P3	35,6	31,2	37,1	33,3	31,3	26,2	21,0	13,6

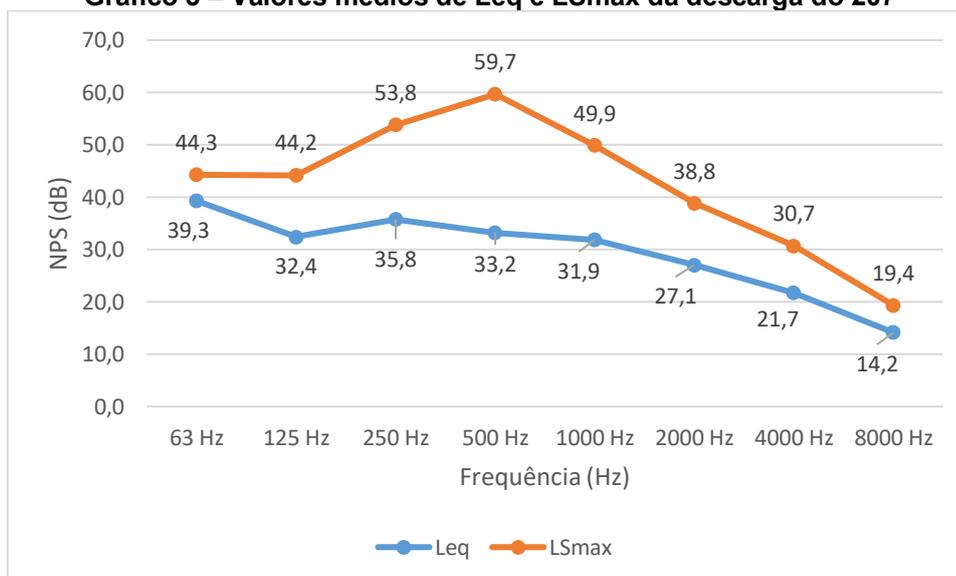
Fonte: Autoria própria (2021)

Tabela 6 – LSmax da descarga da unidade 207

Posição	Nível máximo de pressão sonora (dB)							
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
P1	46,5	43,9	51,3	58,8	47,7	35,7	30,0	19,5
P2	43,9	43,5	51,8	51,0	43,0	39,6	32,2	19,4
P3	40,5	45,1	56,4	62,8	53,3	40,1	29,5	19,2

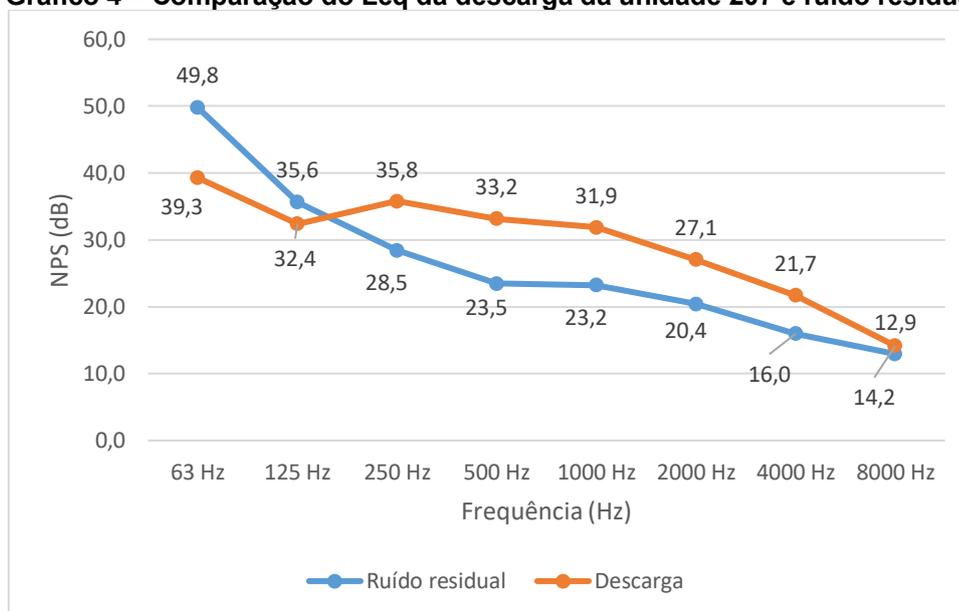
Fonte: Autoria própria (2021)

Realizou-se a média energética dos valores do nível de pressão sonora medidos nos 3 pontos, com a Equação 1. Estes valores foram arredondados para uma casa decimal. O Gráfico 3 apresenta esses resultados.

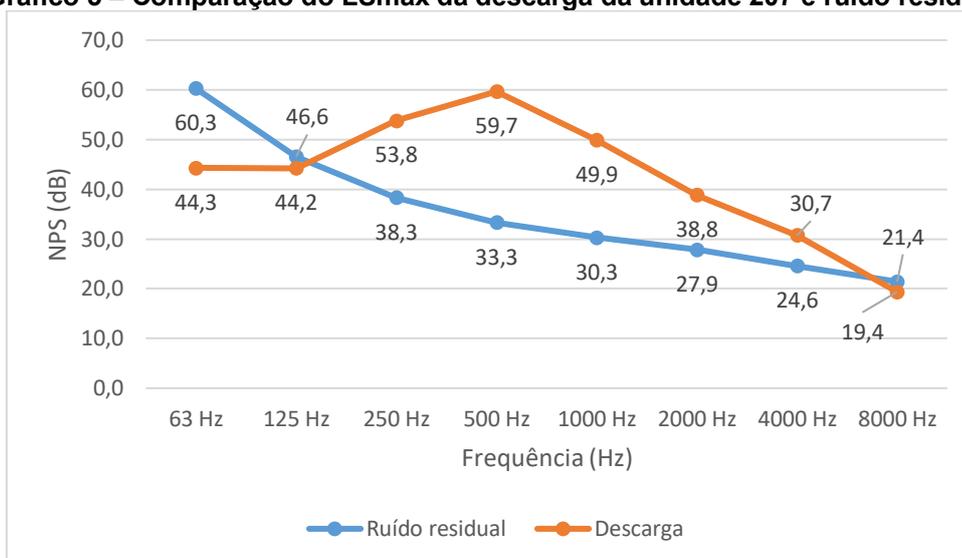
Gráfico 3 – Valores médios de Leq e LSmax da descarga do 207

Fonte: Autoria própria (2021)

Através da comparação do NPS do ruído residual e do vaso sanitário, nas mesmas grandezas, aplica-se uma correção se necessário conforme descrito no tópico 5.5 b). Os valores do Leq estão ilustrados no Gráfico 4, e do LSmax no Gráfico 5.

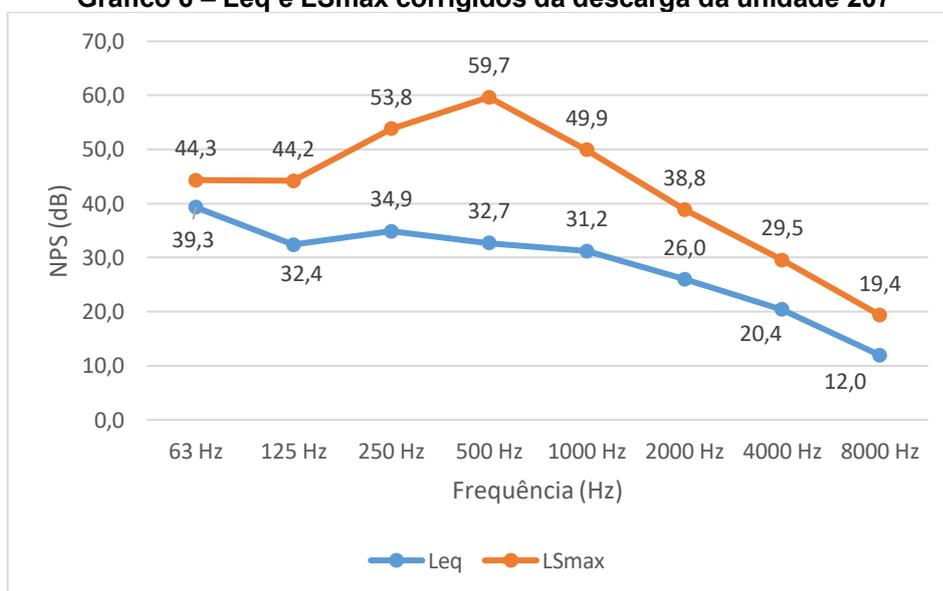
Gráfico 4 – Comparação do Leq da descarga da unidade 207 e ruído residual

Fonte: Autoria própria (2021)

Gráfico 5 – Comparação do LSmax da descarga da unidade 207 e ruído residual

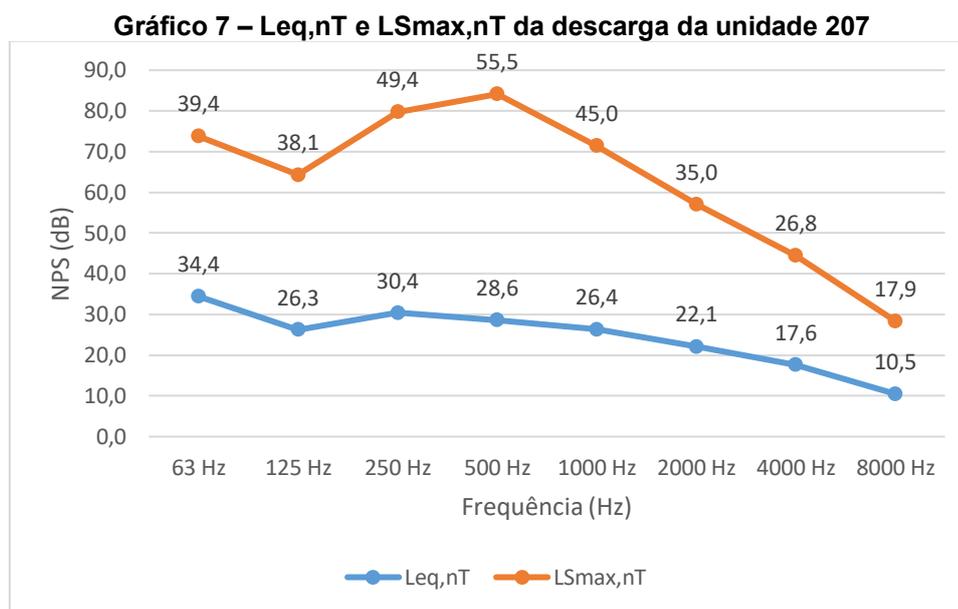
Fonte: Autoria própria (2021)

Portanto, a correção do NPS médio após a análise do ruído residual foi realizada para as frequências a partir de 250 Hz para o Leq e apenas na frequência de 4 000Hz para o LSmax. Utilizou-se os critérios de correção descritos no tópico 5.5 b). O Gráfico 6 ilustra os novos valores corrigidos do Leq e LSmax.

Gráfico 6 – Leq e LSmax corrigidos da descarga da unidade 207

Fonte: Autoria própria (2021)

Os resultados dos NPS corrigidos para o som residual são padronizados com o TR do dormitório, afim de referenciar as propriedades de absorção do ambiente. A padronização é feita utilizando os dados do Gráfico 1 e a Equação 5. Os valores padronizados estão apresentados no Gráfico 7 abaixo.



Fonte: Autoria própria (2021)

Por fim, com os resultados do Gráfico 7 acima, é determinado os níveis de pressão sonora globais, ponderados na curva em A dos níveis de bandas de oitava, de acordo com a Equação 6. Os resultados, arredondados para um número inteiro, são: $L_{Aeq,nT}=31$ dB(A) e $L_{ASmax,nT}=53$ dB(A).

6.3 Análise da descarga do vaso sanitário da unidade 707

Os dados medidos com o sonômetro para as grandezas L_{eq} e L_{Smax} da descarga do vaso sanitário da unidade 707, estão na Tabela 7 e Tabela 8. Estes dados foram utilizados para calcular o $L_{Aeq,nT}$ e $L_{ASmax,nT}$, apresentados ao final deste tópico.

Tabela 7 – Leq da descarga da unidade 707

Posição	Leq - Nível de pressão sonora contínuo equivalente (dB)							
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
P1	41,1	30,9	26,9	26,7	25,8	28,5	24,5	20,8
P2	35,9	24,6	27,7	25,0	24,1	23,6	17,8	12,7
P3	38,8	28,1	28,6	27,3	25,7	25,4	20,3	14,2

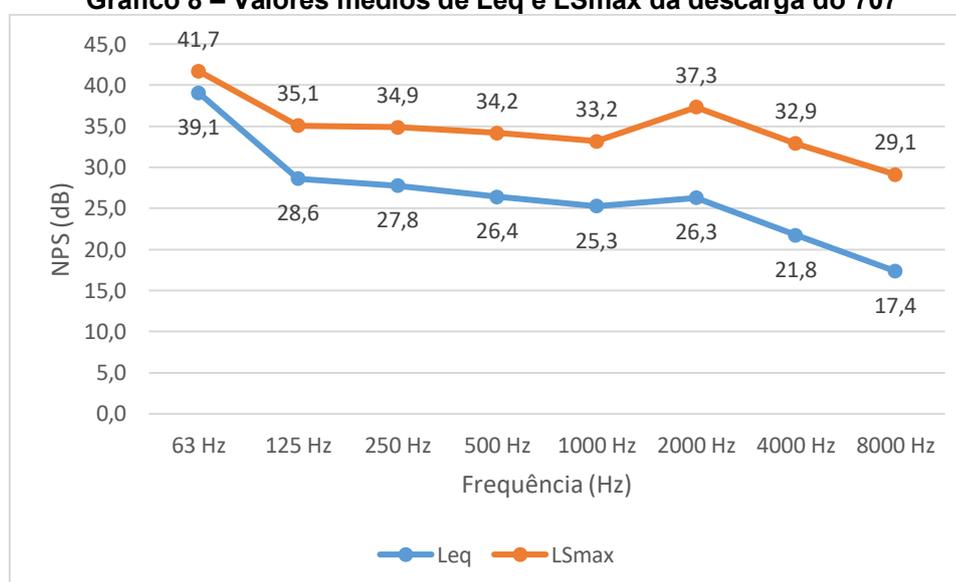
Fonte: Autoria própria (2021)

Tabela 8 – LSmax da descarga da unidade 707

Posição	Nível máximo de pressão sonora (dB)							
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
P1	42,3	35,5	34,0	34,7	34,6	40,9	36,7	33,5
P2	40,2	28,8	34,7	32,6	31,4	31,0	24,4	14,7
P3	42,3	37,3	35,8	34,9	33,1	34,2	29,3	22,7

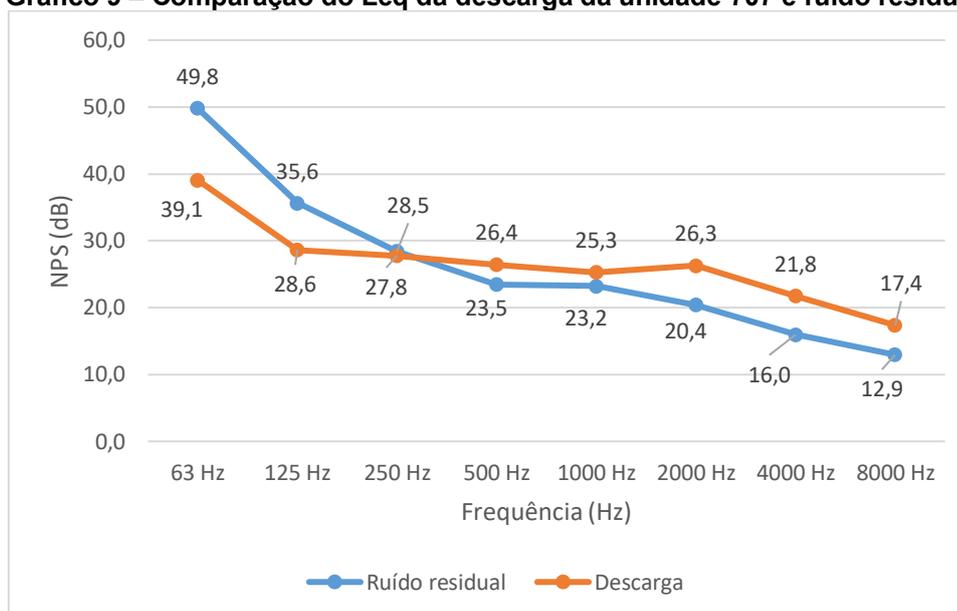
Fonte: Autoria própria (2021)

Realizou-se a média energética dos valores do nível de pressão sonora medidos nos 3 pontos, com a Equação 1. Estes valores foram arredondados para uma casa decimal. O Gráfico 8 apresenta esses resultados.

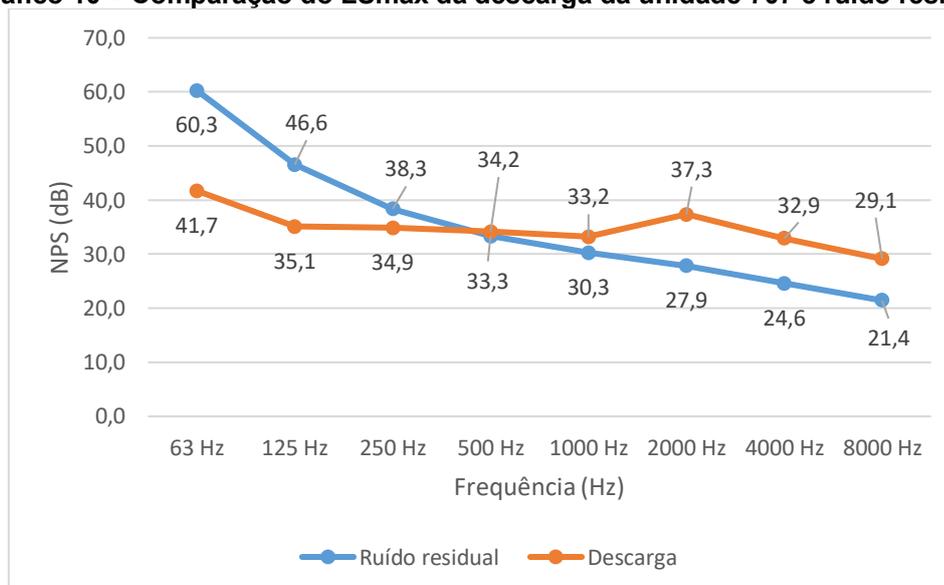
Gráfico 8 – Valores médios de Leq e LSmax da descarga do 707

Fonte: Autoria própria (2021)

Através da comparação do NPS do ruído residual e do vaso sanitário, nas mesmas grandezas, aplica-se uma correção se necessário conforme descrito no tópico 5.5 b). Os valores do Leq estão ilustrados no Gráfico 9 e do LSmax no Gráfico 10.

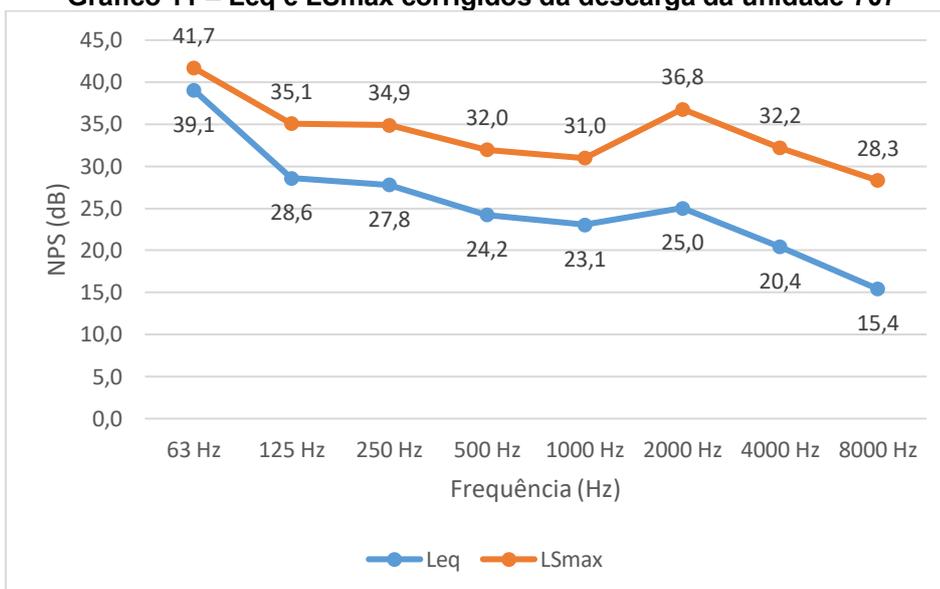
Gráfico 9 – Comparação do Leq da descarga da unidade 707 e ruído residual

Fonte: Autoria própria (2021)

Gráfico 10 – Comparação do LSmax da descarga da unidade 707 e ruído residual

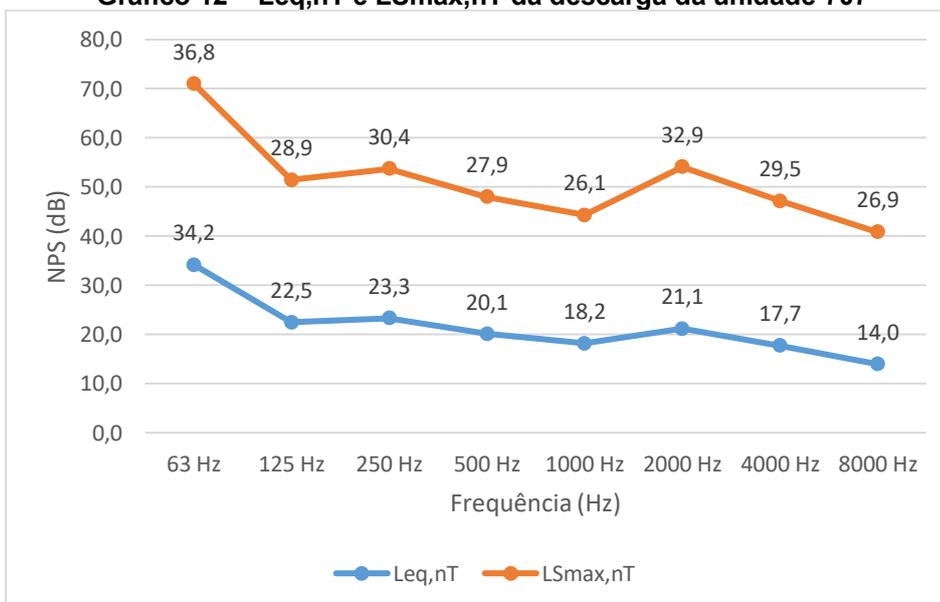
Fonte: Autoria própria (2021)

Portanto, a correção do NPS médio após a análise do ruído residual foi realizada para as frequências a partir de 500 Hz para o Leq e LSmax. Utilizou-se os critérios de correção descritos no tópico 5.5 b). O Gráfico 11 ilustra os novos valores corrigidos do Leq e LSmax.

Gráfico 11 – Leq e LSmax corrigidos da descarga da unidade 707

Fonte: Autoria própria (2021)

Os resultados dos NPS corrigidos para o som residual são padronizados com o TR do dormitório, afim de referenciar as propriedades de absorção do ambiente. A padronização é feita utilizando os dados do Gráfico 1 e a Equação 5. Os valores padronizados estão apresentados no Gráfico 12 abaixo.

Gráfico 12 – Leq,nT e LSmax,nT da descarga da unidade 707

Fonte: Autoria própria (2021)

Por fim, com os resultados do Gráfico 12 acima, é determinado os níveis de pressão sonora globais, ponderados na curva em A dos níveis de bandas de oitava,

de acordo com a Equação 6. Os resultados, arredondados para um número inteiro, são: $LA_{eq,nT} = 26$ dB(A) e $LA_{Smax,nT} = 37$ dB(A).

6.4 Análise geral e sugestões de atenuação do ruído

Após a análise da descarga do vaso sanitário de cada unidade descritas nos tópicos 6.2 e 6.3, apresenta-se no quadro 1 um resumo dos resultados obtidos.

Quadro 1 – Resumo dos valores do $LA_{eq,nT}$ e $LA_{Smax,nT}$ medidos

Unidade habitacional	$LA_{eq,nT}$ (dB)	$LA_{Smax,nT}$ (dB)
207	31	53
707	26	37

Fonte: Autoria própria (2021)

Como objetivo específico desta pesquisa, os valores medidos são avaliados conforme níveis de desempenho descritos na NBR 15575-6. Os quadros 2 e 3 apresentam estes valores.

Quadro 2 – Valores máximos do $LA_{eq,nT}$ medida em dormitórios

$LA_{eq,nT}$ dB(A)	Nível de desempenho
≤ 30	Superior
≤ 34	Intermediário
≤ 37	Mínimo

Fonte: adaptado da tabela B.2 da NBR 15575-6 (ABNT, 2021)

Quadro 3 – Valores máximos do $LA_{Smax,nT}$ medida em dormitórios

$LA_{Smax,nT}$ dB(A)	Nível de desempenho
≤ 36	Superior
≤ 39	Intermediário
≤ 42	Mínimo

Fonte: adaptado da tabela B.3 da NBR 15575-6 (ABNT, 2021)

A norma de desempenho recomenda que o $LA_{Smax,nT}$ não seja superior a 42dB(A) para se enquadrar no desempenho mínimo. O $LA_{Smax,nT}$ da descarga do 207, medido na unidade 107 apresenta o valor de 53 dB(A), o que estaria acima do valor recomendado pela NBR 15575-6 (ABNT, 2021). Já para a descarga do 707 está dentro do recomendado, sendo 37 dB(A). Para o $LA_{eq,nT}$, a norma recomenda que

não seja superior a 37 dB(A). Os valores medidos da unidade 207 e 707 são respectivamente, 31 dB(A) e 26 dB(A), estando dentro do valor recomendado.

É possível dizer que existe atenuação na transmissão do ruído de um pavimento para o outro. Os valores $L_{Aeq,nT}$ refletem esta constatação, pois o $L_{Aeq,nT}$ medido no 207 é de 31 dB(A) e o medido no 707 é 26 dB(A), uma diferença de 5dB(A). Sendo a mesma instalação, mesmo ciclo de operação, mesmo equipamento, o que difere é somente a altura da queda do efluente, onde o ruído se dissipa no impacto do escoamento pelo tubo de queda.

Em relação ao $L_{eq,nT}$, o mesmo apresenta valores mais baixos que $L_{Smax,nT}$ em todas as frequências, o que era de se esperar, pois como o $L_{eq,nT}$ é o resultado da integração dos valores medidos durante um determinado período de tempo, nesse caso 47 segundos, nessa integral também estão incluídos valores mais baixos, quando o aparelho sanitário já não estava em funcionamento.

O tempo de duração do ciclo de operação do vaso sanitário é de 47 segundos, contudo o tempo de acionar a descarga e só ocorrer a lavagem é menor, e é nesse tempo que o ruído é mais intenso, quando a máxima vazão de água cai sobre a bacia e nesse tempo que o L_{Smax} apresenta grandes picos.

A partir dos Gráfico 4, Gráfico 5, Gráfico 9 e Gráfico 10 é possível observar que as curvas do NPS do ruído da descarga do vaso sanitário e do ruído residual não se sobrepõem nas frequências. Pode-se então dizer que os valores não são influenciados pelo ruído de fundo.

Sobre a precisão dos resultados, a NBR 16032 apresenta estimativas do desvio-padrão associado à reprodutibilidade, variando de 1,0 a 1,5 dB entre as frequências de bandas de oitava. Também trás valores para a ponderação na curva A e C. Ainda, destaca-se que flutuações do nível de pressão sonora da fonte aumentarão a incerteza de medição, particularmente para os níveis máximos de pressão sonora (ABNT, 2020)

As principais recomendações para controle de ruído e vibrações nas tubulações, são: envelopar a tubulação com material poroso e/ou resiliente, instalar articulações flexíveis, utilizar isolantes ou molas para amenizar a conexão rígida entre a tubulação e a estrutura, instalar difusores para evitar o surgimento de bolhas causadas pela alteração de pressão e instalar mecanismo que suavize os estrangulamentos. A determinação da melhor solução acústica depende da fonte

sonora que deseja-se atenuar e a faixa de frequência predominante da fonte. (ROCHA, 2018).

A sugestão é isolar as tubulações sanitárias com manta acústica, fabricada com resíduos de borracha virgem EPDM e grânulos de pneus reciclados. Por sua característica emborrachada e sua alta densidade, garante excelente desempenho acústico, atenuando as vibrações e os ruídos aéreos provenientes da passagem de água pelo sistema hidráulico (AUBICON, 2021). Esta manta atende ao nível superior descrito no Quadro 2 Quadro 3, com valores de 28 dB(A) para o ruído equivalente, e 34 dB(A) para o ruído máximo. Com isso, será possível atenuar o ruído máximo gerado pela descarga do vaso sanitário da unidade 207, contribuindo também para os NPS medidos.

7 CONCLUSÃO

Uma edificação que proporciona conforto acústico deve apresentar isolamento em relação ao ruído externo, entre os cômodos e também dos ruídos gerados pelas suas próprias instalações, como o caso dos sistemas hidrossanitários, que foi assunto desta pesquisa (CARVALHO, *et. al.*, 2020).

Dentre todos os aparelhos hidrossanitários existentes da instalação sanitária avaliada, optou-se por realizar medições do ruído gerado pela descarga da bacia sanitária com caixa acoplada, em uma edificação residencial multifamiliar. As medições foram realizadas *in loco* com procedimento descrito pela ABNT NBR ISO 16032 (ABNT, 2020), medindo-se as grandezas exigidas pela ABNT NBR 15575-6:2021 para efeito de comparação: Leq,nT e $LAS_{max,nT}$.

A edificação avaliada não apresenta concepção de projeto hidrossanitário benéfico no que se refere a menor propagação do ruído das instalações. O material utilizado para tubulação é o PVC, que não é a melhor solução em relação à transmissão de ruído (HOUTEN, 2003), mas é o mais adotado nas construções brasileiras.

Apesar da tubulação estar embutida em *shaft*, que para Houten (2003) é uma solução para redução da transmissão do ruído estrutural, obteve-se o $LAS_{max,nT}$ da unidade 207 com valor acima do recomendado. Corrêa e Niemeyer (2009), destaca que o vaso sanitário com caixa acoplada gera menos ruído que a descarga com válvula embutida na parede.

Contudo, quando o objetivo da medição é avaliar o incômodo gerado pelo ruído de uma instalação hidrossanitária, em relação à unidade autônoma vizinha, como é sugerido pela NBR 15575-6 (ABNT, 2021), a grandeza que melhor expressa a sensação sonora do ruído provocada no ouvinte é o Leq,nT (PAVANELLO, 2014). Sendo assim os valores obtidos estão dentro nos níveis de desempenho esperado.

O procedimento descrito na NBR ISO 16032 apresenta coerência com os valores utilizados como referência pela norma nacional de desempenho NBR 15575-6. Sendo assim, foi possível comparar os resultados aos da norma e assim, fazer uma análise do desempenho das instalações hidrossanitárias da edificação.

Com esta análise, conclui-se que a transmissão do ruído pode ser pelo falta materiais de isolantes nas tubulações. Sendo assim, é possível que as outras torres

do condomínio, que possuem a mesma características construtivas, estejam submetidas aos valores próximos dos resultados desta pesquisa.

É importante ressaltar que dada as condições diferentes das apresentadas para o ensaio, o NPS pode sofrer alterações, principalmente com a contribuição do ruído de mais instalações sanitárias de outros pavimentos. Tal condição acontecerá quando a edificação estiver habitada, por exemplo.

O presente trabalho teve como objetivo analisar a transmissão do ruído de uma instalação sanitária, para um dormitório em pavimento inferior. Entretanto, dada a dificuldade e escassez de pesquisas sobre o tema, sugere-se para continuidade do trabalho a lista a seguir:

- Analisar o ruído gerado pelo esgoto secundário da mesma instalação;
- Investigar a atenuação do ruído gerado da descarga da unidade 707;
- Identificar o ruído em pavimentos intermediários;
- Identificar solução de isolamento do shaft com auxílio de softwares;

Considera-se, que esse trabalho contribui para o avanço dos estudos que buscam ampliar o conforto acústico nas edificações brasileiras. Os temas sugeridos complementariam o estudo realizado e podem fornecer informações para projetistas a respeito do isolamento acústico de instalações hidrossanitárias em edifícios multifamiliares, afim de proporcionar conforto e qualidade de vida aos moradores, evitando os danos a saúde gerados pelo ruído.

REFERÊNCIAS

- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **NBR 5626**. Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro. 1998.
- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **ISO 16032**: Acústica – Medição de nível de pressão sonora de equipamentos prediais de edificações – Método de engenharia - SVVIE. Rio de Janeiro, 2021.
- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **NBR 15575-6**: Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 6: Requisitos para os sistemas hidrossanitários - SVVIE. Rio de Janeiro, 2021.
- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **NBR 8160**. Sistemas prediais de esgoto sanitário. Rio de Janeiro. 1999.
- BARBOSA, A. R. **Influência do Ruído Aeronáutico na População que Reside nas Imediações da Base Aérea de Santa Maria**. 2011. 212p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Santa Maria, 2011.
- BARNEWITZ, L. C. **Análise Acústica do Sistema de Bacia Sanitária com Válvula de Descarga**. 1997. 119p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Santa Maria, 1997.
- BERANEK, L.; MELLOW, T. **Acoustics**: Sound Fields, Transducers and Vibration. 2ª ed. Academic Press, 2019.
- BISTAFA, S. R. **Acústica aplicada ao controle do ruído**. 3. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2018.
- BORGES, R; BORGES, L. **Manual de instalações prediais hidráulico-sanitárias e de gás**. 4. Ed. São Paulo: Pini, 1992, 546p.
- CARVALHO JÚNIOR, R. de. **Instalações hidráulicas e o projeto de arquitetura**. 7ª ed. São Paulo. Editora Edgard Blücher, 2013. 223 p.
- CARVALHO JÚNIOR, R. de. **Patologias em sistemas prediais hidráulico-sanitários**. 1ªEd. São Paulo. Editora Edgard Blücher, 2013. 212 p.
- CARVALHO, A. R.; et al. **NBR 15575, adequação ambiental e avaliação de desempenho**. MIX Sustentável, v. 6, n. 3, p. 55-70. Florianópolis, 2020. Disponível em: <https://ojs.sites.ufsc.br/index.php/mixsustentavel/article/view/3869>

CLEMESHA, M. R. **Durma-se com um barulho destes: Acústica e ambiente terapêutico**. 2005. p 060-075.

CORRÊA, A. P e NIEMEYER, M. L. A. **Ruído de Tubulação como Fator de Desconforto em Salas de Reunião em Edifício Institucional: Um Estudo de Caso**. 2009. Simpósio Brasileiro de Qualidade de Projeto na Construção de Edifícios – SBQP. 18 a 20 de Novembro. São Carlos, SP - USP. 12p.

EVANS, G. W. **Environmental stress and health**. In: BAUM, Andrew et al. Handbook of Health Psychology. Londres: Lawrence Earlebaum Associates, Publishers, 2001.

EVEREST, F. A. **The Master Handbook of Acoustics**. 4. ed. New York: McGraw-Hill, 2001. 641p.

FELLOWS, R. F.; LIU, A. M. **Research methods for construction**. Chichester, Reino Unido: John Wiley & Sons, 2015.

FERRAZ, R. **Atenuação de ruído de impacto em pisos de edificações de múltiplos pavimentos**. 2008. 155p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de Minas Gerais – PPGEE, Belo Horizonte, 2008.

GERGES, S.N.Y. **Ruído: Fundamentos e Controle**. Florianópolis: UFSC, 1992. 600 p.

GNIPPER, S. F. et al. **Estudo de patologias nos sistemas prediais hidráulicos e sanitários do prédio do ciclo básico II da UNICAMP**. RECC – Revista Eletrônica de Engenharia Civil. Nº 2, Vol 1. p. 34-50. 2007.

GRIMWOOD, C. **Complaints about poor sound insulation between dwellings in England and Wales**. Applied Acoustics, Vol 52, Nº 3. p.211-223, 1997.

GUARAPUAVA Prefeitura. **Guarapuava cresce e se consolida como polo de investimentos na construção civil no Paraná**. 01 fev. 2020. Disponível em: <https://www.guarapuava.pr.gov.br/noticias/guarapuava-cresce-e-se-consolida-como-polo-de-investimentos-na-construcao-civil-no-parana/>. Acesso em: 14 Ago. 2021.

HANSEN, C. H. e GOELZER, B. I. F. **Engineering noise control**. Chapter 10. 51p. 1996.

HOUTEN, J. J. V. Noise Control in Plumbing Systems, Chapter 8 in **Noise Control in Buildings** – A Guide for Architects and Engineers. McGraw Hill, New York, 1994.

HOUTEN, J. J. V.. **Control of plumbing noise in buildings**. Plumbing Systems & Design – Continuingeducation. March/April 2003. p.30-37.

KÖTZ, W. D. **Ruídos em instalações hidrossanitárias**. Revista Hydra. 2009. p 34-39.

KWOLKOSKI, J. P. **An effective new approach isolate plumbing stub-outs in residential construction**. 2006. Inter-Noise, Honolulu, Hawaii, USA. 7p. 2006.

LANDI, F. R. **A Evolução Histórica das Instalações Prediais**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP – Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo. 1993. 67p.

LEAL, U. **Ruídos em tubulações podem ter várias causas**. São Paulo, Técne, n.72, p.48-51, mar. Pini, 2004.

LONG, M. **Architectural Acoustics**. San Diego: Elsevier Academic Press, 2006. 844p.

MEHTA, P.K. ; MONTEIRO, P.J.M. **Concreto – Estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo, Ed. Pini, 1994, 673p.

MURGEL, E. **Fundamentos de Acústica Ambiental**. 1. ed. São Paulo: Senac, 2007.

OLIVEIRA, G. A. S. **Verticalização urbana em cidades médias: o caso de Santa Cruz do Sul – RS**. 2012. 187 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional, Universidade de Santa Cruz do Sul. Santa Cruz do Sul, 2012.

PAIXÃO, D. X. da. **Caracterização do isolamento acústico de uma parede de alvenaria, utilizando análise estatística de energia (SEA)**. Tese de doutorado, Programa de pós-graduação em engenharia de produção, UFSC. Florianópolis, 2002.

PAUL, S. **Acústica Ambiental – Anatomia do sistema auditivo – EAC e PPGEC - UFSM**. Santa Maria, 2013. (Apostila).

PAUL, S. **Som e ruído – releituras críticas de textos brasileiros**. 2010. 9p. XXIII Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica – SOBRAC, Salvador, 2010.

PAVANELLO, L. R. **Investigação do ruído gerado por instalações hidrossanitárias em uma edificação multifamiliar**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2014.

PIMENTEL-SOUZA, F. **Perturbação do sono pelo ruído**. Texto eletrônico online no site “Saúde Mental”. Minas Gerais: Laboratório de Psicofisiologia da UFMG, 2004.

POLLI, T. **O Isolamento Acústico Comparado aos Investimentos Financeiros em Edifícios Multifamiliares de Florianópolis.** 2007. 94p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 2007.

QUERIDO, J.G. **Instalações prediais hidráulico sanitárias: prognóstico de ruídos.** 1993. Tese de Doutorado inédita em Engenharia de Construção Civil – Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 1993.

REBOLLO, B.P. **Aislamiento a ruído aéreo entre locales. Estimación de la incertidumbre de medida.** 2011. Trabalho de Conclusão de Curso – Escuela Politécnica Superior de la Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, 2011.

REZENDE, J. M. S.; FILHO, J. C. G. de M.; NASCIMENTO, N. L. F. **O desempenho acústico segundo a norma de desempenho ABNT NBR 15575: isolamento sonoro contra ruído aéreo de vedações verticais internas medido em campo.** Dissertação (Graduação) – Curso de Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2014.

ROCHA, Raquel Rossatto. **Análise e caracterização de soluções acústicas para mitigar os ruídos oriundos de instalações hidrosanitárias prediais.** 2018. 110 f. (Mestrado) Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

SCHERER, C. T.; et al. **Desempenho acústico de conjuntos de portas e paredes separadas pelo hall de entrada.** Ambient. constr., v. 19, n. 3, p. 165-181, Porto Alegre, 2019.

SOUZA, L. C. L. de.; ALMEIDA, M. G. de.; BRAGANÇA, L. **Bê-a-bá da acústica arquitetônica: ouvindo a arquitetura.** 1.ed. Bauru, 2003. 150p.

SOUZA, L. C. L.; ALMEIDA, M. G.; BRAGANÇA, L. **Bê-á-bá da acústica arquitetônica: ouvindo a arquitetura.** 4ª ed. São Carlos: EdUFSCar, 2012.

TIGRE. **Orientações técnicas sobre instalações hidráulicas prediais.** Manual Técnico Tigre. 5ª Ed. Joinville. 2013

APÊNDICE A - CONDIÇÕES CLIMÁTICAS

A Tabela 9 a seguir contém os dados climáticos da cidade de Guarapuava no dia das medições 22/10/21, extraídas do IAPAR, o qual possui uma estação de medição na cidade de Guapuava-PR.

Tabela 9 - Dados climáticos do dia 22/10/2021 em Guarapuava-PR

Hora	Precipitação acumulada (mm)	Temperatura Média (°C)	Umidade relativa (%)	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)
09:00:00	0,0	20,0	58,3	20,8	19,5
09:15:00	0,0	20,8	52,6	21,5	20,4
09:30:00	0,0	21,4	47,9	22,1	20,8
09:45:00	0,0	21,4	46,5	21,9	20,9
10:00:00	0,0	21,4	47,3	21,9	21,0
10:15:00	0,0	21,5	46,8	21,9	21,2
10:30:00	0,0	22,4	46,6	23,0	21,9
10:45:00	0,0	22,2	45,7	22,6	21,5
11:00:00	0,0	22,3	44,8	22,8	21,9
11:15:00	0,0	22,7	45,5	23,3	22,4
11:30:00	0,0	23,0	46,4	23,4	22,4
11:45:00	0,0	23,2	46,7	23,8	22,6
12:00:00	0,0	23,2	45,3	23,6	22,6
12:15:00	0,0	23,9	43,6	25,2	23,4
12:30:00	0,0	24,4	41,5	25,6	23,4

Fonte: SIMEPAR (2021).

ANEXO A - CERTIFICADOS DE CALIBRAÇÃO

Figura 10 – Certificado de calibração do sonômetro 2250



LACEL.B&K - Laboratório de Acústica
Spectris do Brasil Instrumentos Eletrônicos Ltda
Rua Laguna, 276 Jardim Caravelas - São Paulo / SP
CEP: 04728-000
Telefone: (11) 5188-8165
e-mail: sac@bksv.com

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO

Certificado N°: CBR2000834

página 1 de 10

CALIBRAÇÃO DO CONJUNTO:

Sonômetro:	Brüel & Kjær	2250	N° série: 3029050	Identificação: ---
Microfone Capacitivo:	Brüel & Kjær	4189	N° série: 3260608	
Pré-amplificador:	Brüel & Kjær	ZC-0032	N° série: 30139	

CLIENTE:

UTFPR - Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Avenida Professora Laura Pacheco Bastos, 800
Bairro Industrial - Guarapuava / PR
85053-525



Processo LACEL.B&K: 252/20

CONDIÇÕES DA CALIBRAÇÃO:

Pré-condicionamento: 4 horas em $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$

Condições ambientais estão descritas nas páginas seguintes e dentro das tolerâncias mencionadas abaixo:

Temperatura do ar: $\pm 3 ^\circ\text{C}$

Pressão atmosférica: $\pm 1 \text{ kPa}$

Umidade relativa: $\pm 20 \%$

PROCEDIMENTO:

O Sonômetro foi calibrado de acordo com os requisitos especificados na ABNT NBR IEC 61672-3:2018 para Classe 1.

DOCUMENTAÇÃO UTILIZADA:

Procedimento de calibração BPC 12r10 para Sonômetro, utilizando o Sistema de Calibração B&K 3630.

Formulário padronizado - BFC SLM 02r02

INFORMAÇÕES:

A incerteza expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão de medição multiplicada pelo fator de abrangência $k = 2$, que para uma distribuição normal corresponde a uma probabilidade de abrangência de aproximadamente 95%. A incerteza padrão da medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.

Este certificado atende aos requisitos de acreditação da Cgcre, que avaliou a competência do laboratório.

Este certificado é válido apenas para o objeto calibrado e não pode ser reproduzido parcialmente sem autorização prévia.

Data da calibração: 14/12/2020

Data da emissão: 14/12/2020



MARCOS

ALLEGRETTI:10333345886

Gerente de Serviço do Laboratório de Acústica e Vibração

Assinado de forma digital por
MARCOS ALLEGRETTI:10333345886
Dados: 2020.12.15 07:39:12 -03'00'

Fonte: Lancel. B&K – Laboratório de Acústica, 2020

Figura 11 – Certificado de calibração do calibrador 4231

Brüel & Kjær 
BEYOND MEASURE

Spectris do Brasil Instrumentos Eletrônicos Ltda
LACEL.B&K - Laboratório de Acústica
Rua Laguna, 276 Jardim Caravelas - São Paulo / SP
CEP: 04728-000

Fone: (11) 5188-8165
e-mail: sac@bksv.com

Página 1 de 2

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO

Certificado Nº: CBR2000837

CALIBRAÇÃO DE:

Modelo:	4231	Código de Identificação:	---
Descrição:	Calibrador de Nível Sonoro	Classe aplicada:	1
Número de série:	3025920	Normas aplicadas:	IEC 60942:2003
Fabricante:	Brüel & Kjær		

CLIENTE:

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Av. Professora Laura Pacheco Bastos, 800
Bairro Industrial - Guarapuava / PR
85053-525



Processo LACEL.B&K nº: 252/20

CONDIÇÕES DA CALIBRAÇÃO:

Condições ambientais:	Temperatura do ar:	(23,1 ± 3) °C
	Pressão atmosférica:	(92,69 ± 1) kPa
	Umidade relativa do ar:	(67,3 ± 10) %

DOCUMENTAÇÃO UTILIZADA:

Procedimento de calibração BPC 22r05 para Calibrador Acústico, utilizando o Sistema de Calibração B&K 7794.
Código da calibração utilizado no programa de controle: 4231-BR
Formulário padronizado – BFC CNS 04r03

RESULTADO:

<input checked="" type="checkbox"/> Calibração inicial	<input type="checkbox"/> Calibração antes do ajuste
<input type="checkbox"/> Calibração sem ajuste	<input type="checkbox"/> Calibração após ajuste

INFORMAÇÕES:

Este certificado atende aos requisitos de acreditação da Cgcre, que avaliou a competência do laboratório e comprovou sua rastreabilidade a padrões nacionais de medida.

Declaramos que o ajuste não faz parte do escopo da acreditação do laboratório junto a Cgcre.

Este certificado é válido apenas para o objeto calibrado e não pode ser reproduzido parcialmente sem autorização prévia.

Cgcre is a signatory of the ILAC and IAAC to Mutual Recognition Arrangement and the Bilateral Agreement on Mutual Recognition with EA.

Data da calibração: 14/12/2020

Data da emissão: 14/12/2020



MARCOS

ALLEGRETTI:10333345886

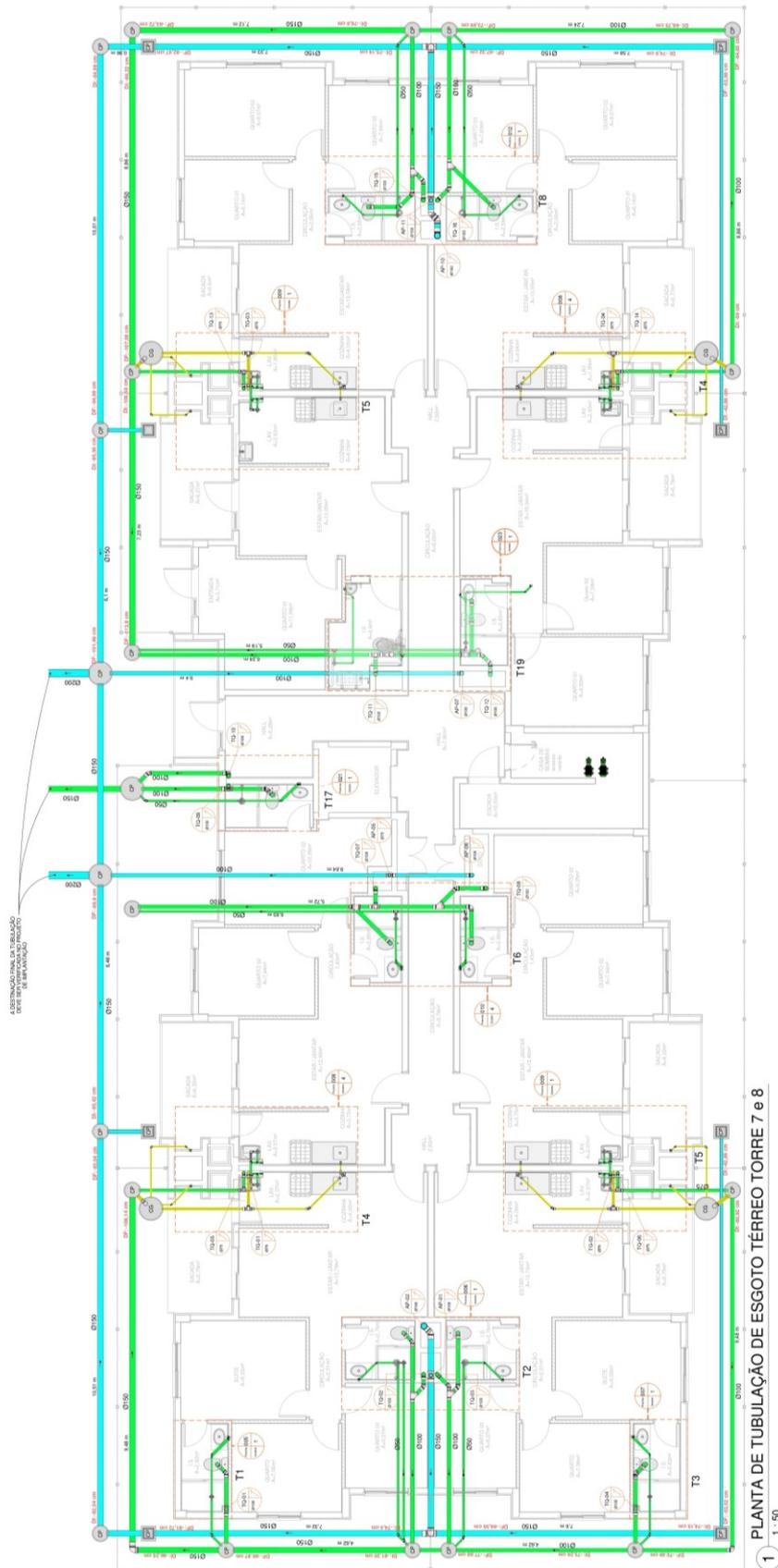
Gerente de Serviço do Laboratório de Acústica e Vibração

Assinado de forma digital por
MARCOS ALLEGRETTI:10333345886
Dados: 2020.12.14 16:10:54 -03'00'

Fonte: Lancel. B&K – Laboratório de Acústica, 2020

ANEXO B - PROJETO DO ESGOTO DO TÉRREO

Figura 12 - Projeto de esgoto sanitário do pavimento térreo da edificação



Fonte: adaptado do projeto hidrossanitário da edificação

ANEXO C - PROJETO DO ESGOTO DO PAVIMENTO TIPO

Figura 13 – Projeto de esgoto sanitário do pavimento tipo da edificação

