



ANÁLISE E CARACTERIZAÇÃO DE SOLUÇÕES ACÚSTICAS PARA MITIGAR OS RUÍDOS ORIUNDOS DE INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS PREDIAIS

Rocha, Raquel Rossatto¹; Giner, José Carlos²; Prado, Racine Tadeu Araujo³

(1) Universidade de São Paulo, Edif. de Engenharia Civil - São Paulo/SP – Brasil, raquel.rocha.acustica@gmail.com

(2) Giner, Rua Padre Chico, 85 - Perdizes - São Paulo/SP – Brasil, jcginer@giner.com.br

(3) Universidade de São Paulo, Edif. de Engenharia Civil - São Paulo/SP – Brasil, racine.prado@usp.br

RESUMO

O ruído excessivo é considerado problema de saúde pública devido ao seu impacto na saúde humana. Nas edificações residenciais, os ruídos emitidos por instalações hidrossanitárias são maioria nas reclamações dos usuários. Neste contexto, destaca-se a necessidade do controle acústico em edificações residenciais, em específico deste estudo, para o controle do ruído hidrossanitário em instalações prediais. A norma NBR 15575: 2013 estabelece parâmetros para que os ruídos gerados por instalações hidrossanitárias não produzam níveis de pressão sonora elevados no interior dos dormitórios. Os níveis elevados provocam uma percepção auditiva desagradável e podem gerar constrangimentos entre vizinhos, devido a falta de privacidade. O objetivo deste artigo é avaliar os resultados de possíveis soluções acústicas para mitigar os níveis de pressão sonora gerados pelas instalações hidrossanitárias prediais, devido o acionamento de descarga de vasos sanitários e abertura de torneiras. Foram realizadas medições de níveis de pressão sonora conforme a norma ISO 16032: 2004 adaptada para laboratório na câmara de ensaios acústicos hidrossanitários do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) para nove amostras de envelopamento acústico. Os resultados técnicos encontrados através da grandeza L_{Zeq} , foram analisados para cada amostra medida no tubo envelopado e no tubo aparente. Além disso, foram comparados com os critérios da norma NBR 15575: 2013. Para as amostras analisadas, os resultados são satisfatórios, dado que a maioria das amostras apresenta uma diferença de níveis de pressão sonora global, $L_{Zeq,nT}$, igual a $\Delta L \geq 20$ dB no acionamento da descarga do vaso sanitário e $\Delta L \geq 10$ dB para o ruído oriundo da abertura da torneira.

Palavras-chave: Ruído hidrossanitário, Instalações prediais, Descarga, Torneira.

ABSTRACT

Excessive noise is considered a public health problem because of its impact on human health. In residential buildings, the noise emitted by hydrosanitary installations are a usual complain from users. In this context, we highlight the need for acoustic control in residential buildings, in the specific case of this article, for the control of hydrosanitary installations noise in buildings. The standard NBR 15575: 2013 establishes parameters so that the noise generated by hydrosanitary installations do not produce high sound pressure levels inside the bedroom. This article aim to evaluate the results of possible acoustic solutions to mitigate the sound pressure levels generated by hydrosanitary installations, due to the flushing of toilets and the use of water taps. Measurements of sound pressure levels were performed in

accordance with ISO 16032:2004 adapted to laboratory, executed in the acoustic chamber of hydrosanitary tests of the Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) for nine samples of acoustic envelopment. The results for the samples analysed are satisfactory, since most envelopments reduce more than 20 dB for noise generated due to the flush of toilets and 10 dB for noise from the tap opening.

Keywords:Hydrosanitary noise, Hydrosanitary installations, Flush, Tap.

1. INTRODUÇÃO

Nas edificações residenciais sem projeto acústico adequado, os ruídos emitidos por instalações hidrossanitárias são sempre notados, independentemente do número de pavimentos e de apartamentos ou da classe social a que se destina a edificação. Devido a racionalização, as construtoras tem substituído as tubulações de ferro por PVC (*Polyvinyl chloride*), além disso passaram a ser instaladas entre forros, ao invés de instalar embutidas nas lajes. Essas instalações devem ser adequadas ao projeto acústico para não gerarem desconforto para os usuários das edificações [1]. Quando não se tem um projeto seguindo as diretrizes acústicas, o ruído oriundo dessas instalações é a origem da maior parte das reclamações dos usuários, principalmente entre unidades distintas [1, 2]. Esse ruído provoca uma sensação auditiva desagradável e por vezes pode gerar constrangimentos entre vizinhos ocasionando uma possível situação embaraçosa [1, 3].

As diretrizes de projeto e execução para instalações prediais residenciais referentes a água fria, água quente, água pluvial e esgoto sanitário dadas pelas normas brasileiras NBR 5626 [4], NBR 7198 [5], NBR 10844 [6] e NBR 8160 [7], informam que as tubulações e aparelhos hidrossanitários não devem provocar ruídos excessivos, mas essas normas apenas indicam os valores máximos de velocidade e pressão do escoamento do fluido, o que não é suficiente para elaborar um projeto acústico adequado para mitigar os ruídos e vibrações de instalações hidrossanitárias. Em contra partida, a norma de desempenho de edificações, NBR 15575 [2], recomenda que as instalações hidrossanitárias não produzam níveis de pressão sonora elevados no interior dos dormitórios. A norma estabelece os limites de ruído em dormitórios gerados pelo uso de instalações hidrossanitárias, conforme o ciclo de operação do equipamento.

Mitigar os níveis de pressão sonora gerados pelas instalações hidrossanitárias é fundamental para garantir o conforto acústico dos moradores de edificações. Existem estudos no Brasil para descobrir quais são os mecanismos responsáveis pela emissão de ruídos em instalações hidrossanitárias [3], e sobre métodos de medição apropriados ou quais grandezas devem ser medidas para melhor quantificar o ruído proveniente desse tipo de equipamento [8]. Porém, não existem estudos para comparar o desempenho acústico entre possíveis soluções disponíveis no mercado nacional para atenuar os níveis de pressão sonora oriundos das instalações hidrossanitárias, através de medições em ambiente controlado e idêntico.

Assim sendo, o objetivo principal desse artigo é analisar o desempenho de soluções acústicas disponíveis no mercado brasileiro para atenuar os níveis de pressão sonora gerados pelas instalações hidrossanitárias prediais, no caso, acionamento das descargas de vasos sanitários e abertura de torneiras.

Segue na Seção 2 o método para medição das amostras e as características de cada amostra. Na Seção 3 os resultados dos ensaios realizados e as comparações entre cada amostra e com os limites da norma NBR 15575: 2013. Por fim, na Seção 4 a conclusão desse artigo.

2. METODOLOGIA

Esta seção irá descrever o método utilizado nas medições das amostras e apresentar as amostras selecionadas para o estudo em questão.

2.1 Amostras ensaiadas

Foram pesquisadas as possíveis soluções acústicas geralmente utilizadas no Brasil para mitigação do ruído hidrossanitário. Com base nisso, foram solicitadas autorizações com os fornecedores para a realização dos ensaios de desempenho acústico em ambiente controlado, no caso, na câmara de ensaios de ruídos hidrossanitários no laboratório do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT).

Segue na Tabela 1 a descrição da composição de cada amostra ensaiada, suas espessuras e densidades. No total, nove amostras foram ensaiadas e analisadas, sendo os principais produtos disponíveis no mercado brasileiro atualmente.

Tabela 1: Amostras ensaiadas em ambiente idêntico e controlado.

Amostras	Descrição	Espessura do envelop.	Densidade
A	Resíduo de borracha aglomerado com poliuretano	Manta: 2,6 mm Curva e caixa: 100 mm	1100 kg/m ³
B	Espuma elastomérica de células fechadas	Mantas e tubos: 10 mm	50 kg/m ³
C	Espuma elastomérica de células fechadas	Mantas e tubos: 20 mm	50 kg/m ³
D	Espuma elastomérica de células abertas	Manta: 15 mm	120 kg/m ³
E	Lã de vidro	Tubos: 25 mm	75 kg/m ³
F	Manta de não tecido (feltro), recoberta com <i>Heavy-Layer</i> e uma folha de material aluminizado	Total: 13 mm	Dens. superficial: 6,3 kg/m ²
G	Polietileno e massa verde	Total: 5 mm	Sem informação
H	Polietileno, massa verde e espuma elastomérica de células fechadas	Total: 7,5 mm	Sem informação
I	Manta asfáltica estruturada em não tecido, produzida com asfalto especial, acoplada à geotêxtil de alta gramatura	Total: 3mm	800 kg/m ³

2.2 A câmara

Para verificar e comparar o desempenho acústico das amostras ensaiadas, foram realizados ensaios acústicos em ambiente controlado e idêntico, no caso, na câmara de ensaios para ruídos hidrossanitários do IPT.

Assim sendo, para realização das medições acústicas, firmou-se uma parceria entre os fornecedores dos materiais acústicos, com a autora e com o IPT. A instalação das amostras na câmara concedeu-se pelos próprios fornecedores e as medições foram realizadas pela equipe do IPT, ambas etapas com acompanhamento dos autores.

A câmara para ensaios hidrossanitários possui volume, aproximadamente, igual a 54 m^3 . O tempo de reverberação da sala inferior, onde são realizadas as medições, em 500 Hz é, aproximadamente, 2,38 s. Segue na Figura 1 a imagem da câmara no pavimento inferior. O pavimento superior conta com um banheiro experimental com chuveiro, torneira marca Esteves e vaso sanitário com caixa acoplada, marca DECA 6,0 Lpf.

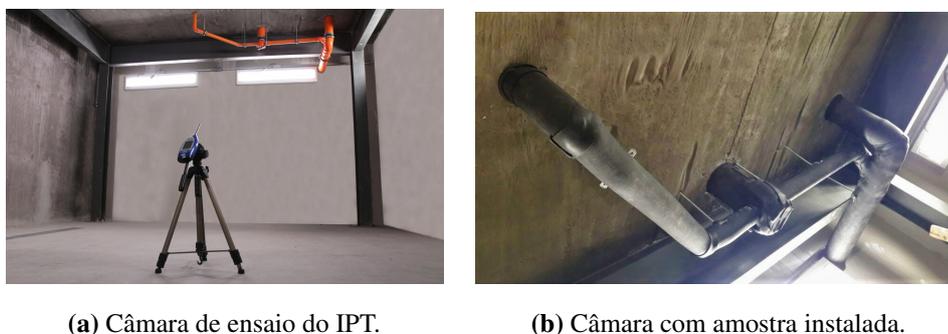


Figura 1: Pavimento inferior da câmara de ensaios hidrossanitários do IPT.

A laje é desvinculada da estrutura, havendo material resiliente em sua base de contato com a viga e nas suas bordas laterais. É composta por estrutura metálica e laje de concreto convencional com espessura da ordem de 16 cm. Os fechamentos verticais internos são feitos de placas duplas de gesso acartonado com interior preenchido com lã de rocha, espessura total de 12 cm. A porta dupla é corta-fogo.

2.3 Método utilizado para a medição das amostras

O procedimento de medição foi baseado na norma ISO 16032: 2004 [9] para determinar os seguintes parâmetros acústicos: nível padronizado de pressão sonora equivalente, em bandas de frequência 1/1 oitava, $L_{Zeq, nT}$, nível padronizado de pressão sonora equivalente ponderado em A, $L_{Aeq, nT}$, nível padronizado de pressão sonora máximo, com ponderações temporal S e ponderado em A, $L_{ASmax, nT}$ e tempo de reverberação (T_{60}) da sala receptora em bandas de frequência, realizada conforme a ISO 3382-2 [10].

Para as medições, foram utilizados o sonômetro 01 dB Blue Solo, MNS-03, calibração IPT número 152 131-101 com validade em 07/2018, sonômetro filtro 01 dB Blue Solo, MNS-03, calibração IPT número 153 035-101 com validade em 08/2018, calibrador acústico 01 dB CAL 21, CNS-09, calibração IPT número 152 155-101 com validade em 06/2018 e a fonte sonora omnidirecional Brüel & Kjær - OmniPower 4292.

O ciclo de operação padrão do sistema consiste no acionamento da descarga e enchimento da caixa de descarga, sendo no total 30 segundos. Para a torneira, consiste no acionamento da torneira temporizada, sendo 5 segundos.

Para isso, foram realizadas medições nas seguintes posições conforme planta apresentada na Figura 2, sendo: Ponto P1 dado pelo maior valor de L_{Cmax} medido entre os pontos C1, C2, C3 e C4; Pontos P2 e P3 que correspondem as duas posições no campo reverberante; 03 posições da fonte sonora omnidirecional para obter o tempo de reverberação para cada amostra.

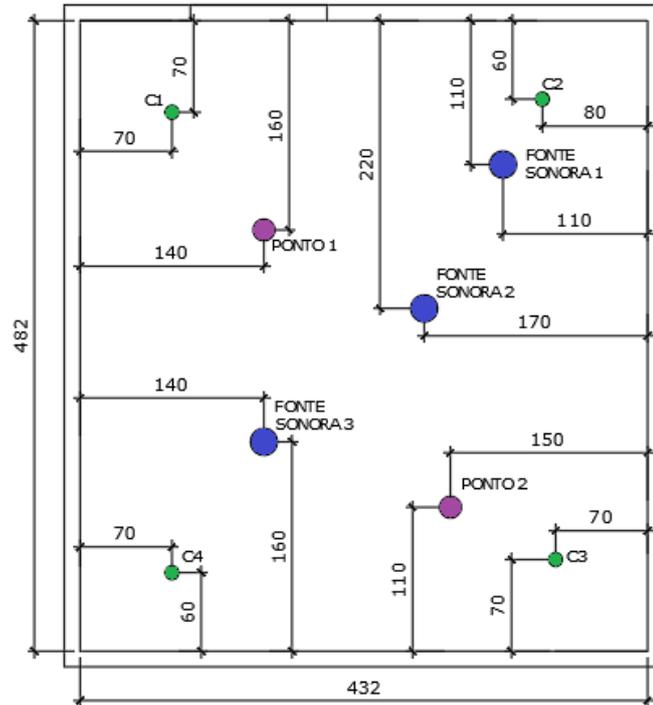


Figura 2: Posições dos microfones e das fontes sonoras, em centímetros - pavimento inferior.

2.4 Tratamento dos dados

Para obter o nível de pressão sonora equivalente ponderado em A, $L_{Aeq, nT}$ e o nível de pressão sonora máximo, *slow*, ponderado em A, L_{ASmax} , devido o acionamento da descarga de vaso sanitário ou devido a abertura da torneira, realizaram-se os seguintes quesitos:

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

$$L_{Zeq\text{ média}} = 10 \log_{10} \left(\frac{L_{Zeq}(P1) + L_{Zeq}(P2) + L_{Zeq}(P3)}{3} \right); \quad (1)$$

sendo que,

$L_{Zeq\text{ média}}$, é a média dos níveis de pressão sonora equivalente entre os pontos P1, P2 e P3 em dB;

2. realizar o mesmo procedimento para obter a média entre as três medições de níveis de pressão sonora, *slow*, máximo L_{Smax} e para as três medições de ruído de fundo L_{Zeq} ;
3. realizar a correção do ruído de fundo:
 - se o nível de pressão sonora do ruído de fundo for 10 dB ou mais abaixo do nível de pressão sonora do equipamento de serviço, não será feita nenhuma correção, ou seja:

$$L_{Zeq\text{ corrigido}} = L_1; \quad (2)$$

na qual,

$L_{Zeq\text{ corrigido}}$ é o nível de pressão sonora corrigido, em dB;

L_1 é o nível de pressão sonora medido em bandas de frequência de oitava do equipamento de serviço incluindo o ruído de fundo, em dB.

- se o nível de pressão sonora do ruído de fundo for de 4 dB a 10 dB abaixo do nível de pressão sonora do equipamento de serviço, o nível de pressão sonora medido deve ser corrigido conforme a Equação 3:

$$L_{Z \text{ eq corrigido}} = L_1 - \left(-10 \log \left(1 - 10^{-0,1 \times (L_1 - L_2)} \right) \right); \quad (3)$$

sendo que, L_2 é o nível de pressão sonora do ruído de fundo, em bandas de frequência de oitava, em dB.

- se o nível de pressão sonora do ruído de fundo for menor do que 4 dB abaixo do nível de pressão sonora do equipamento de serviço, o nível de pressão sonora medido deve ser corrigido conforme a Equação 4:

$$L_{Z \text{ eq corrigido}} = L_1 - 2,2. \quad (4)$$

4. realizar a padronização dos resultados conforme a Equação 5:

$$L_{Z \text{ eq, nT}} = L_{Z \text{ eq corrigido}} - 10 \log_{10} \left(\frac{T_{60}}{0,5} \right); \quad (5)$$

em que, $L_{Z \text{ eq, nT}}$ é o nível de pressão sonora padronizado;

T_{60} é o tempo de reverberação medido na sala receptora conforme a norma ISO 3382.

5. realizar a ponderação A dos resultados em bandas de frequência de oitava para obter o nível de pressão sonora equivalente padronizado, ponderado em A, $L_{A \text{ eq, nT}}$.

6. o mesmo procedimento é realizado para obter o $L_{A \text{ Smax, nT}}$.

3. Resultados

Os resultados apresentados nessa seção já possuem as devidas correções em função do ruído de fundo e do tempo de reverberação. Logo, podem ser comparados com as recomendações da norma de desempenho¹ conforme valores apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Limites para ruído de instalações hidrossanitárias.

	Mínimo	Intermediário	Superior
$L_{A \text{ eq, nT}}$	37 dB	34 dB	30 dB

Fonte: NBR15575-6:2013 [2].

Para efeito de comparação, realizaram-se a média logarítmica entre os cinco resultados² para ensaios de tubulação aparente. Realizaram-se todos os ensaios de tubo aparente com a mesma tubulação composta por PVC.

¹Lembrar que os resultados apresentados são medidos em ambiente idêntico e controlado, sem a presença de forro entre os pontos de medição e a tubulação.

²Lembrar que temos cinco fornecedores e nove amostras ensaiadas. E os ensaios com tubo aparente (tubulação sem envelopamento acústico) foram realizadas para cada fornecedor.

3.1 Resultados devido o acionamento da descarga

É possível analisar e comparar os resultados ($L_{Zeq,nT}$) para as nove amostras ensaiadas através da Figura 3 e da Tabela 3 devido o acionamento da descarga do vaso sanitário³. Os resultados $L_{Zeq,nT}$ reduzem os níveis de pressão sonora principalmente entre as frequências de 500 Hz a 8000 Hz (faixa na qual a audição humana é mais sensível), exceto para os resultados das Amostras A e B.

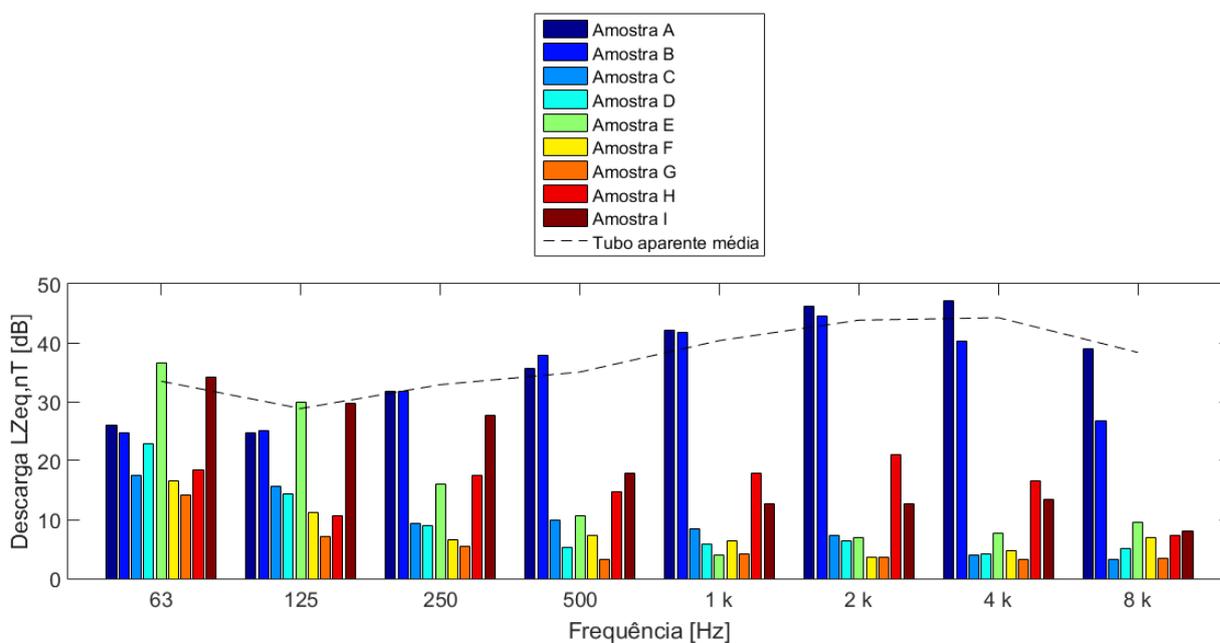


Figura 3: Comparação do $L_{Zeq,nT}$ entre as amostras ensaiadas devido o acionamento da descarga do vaso sanitário.

Tabela 3: Valores de $L_{Zeq,nT}$ devido o acionamento da descarga do vaso sanitário.

Frequência Hz	A	B	C	D	E	F	G	H	I	Aparente
63	26,1	24,8	17,5	22,8	36,6	16,5	14,2	18,5	34,2	33,5
125	24,7	25,1	15,6	14,4	30,0	11,2	7,1	10,7	39,8	28,8
250	31,8	31,8	9,4	9,0	16,0	6,6	5,5	17,5	27,7	32,8
500	35,6	37,9	9,9	5,3	10,6	7,3	3,3	14,7	17,9	35
1000	42,2	41,7	8,4	5,8	4,0	6,4	4,2	17,9	12,6	40,4
2000	46,2	44,6	7,3	6,3	7,0	3,7	3,6	21,0	12,7	43,8
4000	47,1	40,3	3,9	4,1	7,6	4,8	3,3	16,6	13,4	44,2
8000	39,0	26,8	3,2	5,1	9,5	7,0	3,5	7,3	8,0	38,4
Global (A)	52	48	14	13	18	13	11	25	23	49

³A norma ISO 16032, solicita a apresentação dos resultados em bandas de frequência de oitava com uma casa decimal e os resultados ponderados em A, arredondados para o valor inteiro.

Tem-se destaque especial para as Amostras G, F e C, em ordem de melhor desempenho acústico, respectivamente. A diferença global entre os níveis de pressão sonora, $L_{Z_{eq,nT}}$, para a média do tubo aparente e o tubo envelopado é $\Delta L \geq 32$ dB para a Amostra G, $\Delta L \geq 30$ dB para a Amostra F e $\Delta L \geq 28$ dB para a Amostra C.

As Amostras D e H também reduzem os níveis de pressão sonora, $L_{Z_{eq,nT}}$, dado que a diferença global entre os níveis de pressão sonora para a média do tubo aparente e o tubo envelopado é $\Delta L \geq 23$ dB.

Em vista disso, as Amostras C, D, F, G e H conseguem uma diferença de níveis de pressão sonora global, $L_{Z_{eq,nT}}$, entre a média do tubo aparente e o tubo com envelopamento, maior do que 20 dB. Isto pode representar, aproximadamente, um quarto da mudança de sensação sonora.

As Amostras E e I também apresentam uma redução sonora significativa, a diferença global entre os níveis de pressão sonora para a média do tubo aparente e o tubo envelopado é maior do que 10 dB, valor este que pode representar, aproximadamente, metade da mudança da sensação sonora.

Neste caso, a Amostra E não atenua para as frequências 63 Hz e 125 Hz. Porém, para as frequências entre 500 Hz a 8000 Hz, existe uma diferença entre os níveis de pressão sonora para a média do tubo aparente e tubo envelopado maior do que 20 dB para cada frequência.

Nessa situação, a Amostra I também não atenua para as frequências 63 Hz e 125 Hz. Entretanto, para as frequências entre 1000 Hz a 8000 Hz, existe uma diferença entre os níveis de pressão sonora para a média do tubo aparente e tubo envelopado maior do que 20 dB para cada frequência.

Ao comparar os resultados globais da grandeza $L_{A_{eq,nT}}$ apresentados na Tabela 3 com os limites recomendados pela norma NBR 15575:2013, é possível analisar que todas as amostras, com exceção das Amostras A e B, atendem o desempenho superior. Os resultados para o tubo aparente e para as Amostras A e B não atendem os valores recomendados pela norma.

3.2 Resultados devido a abertura da torneira

É possível analisar e comparar os resultados ($L_{Z_{eq,nT}}$) para as nove amostras ensaiadas através da Figura 4 e da Tabela 4 devido a abertura da torneira.

As Amostras F, C e H apresentam os melhores resultados devido a abertura da torneira, possuem redução sonora considerável em todas as frequências analisadas. A diferença global entre os níveis de pressão sonora, $L_{Z_{eq,nT}}$, entre a média do tubo aparente e o tubo envelopado é $\Delta L \geq 14$ dB.

Destacaram-se também as Amostras D, E e G, pois apresentam uma diferença global entre os níveis de pressão sonora $L_{Z_{eq,nT}}$, para média do tubo aparente e envelopado maior do que 10 dB, ou seja, essa diferença pode representar, aproximadamente, a metade da sensação do volume sonora.

Neste caso, para abertura da torneira, as Amostras A e B apresentaram resultados melhores do que comparados com os resultado devido o acionamento da descarga. Porém, não possuem o mesmo desempenho comparados com os resultados das demais amostras devido a abertura da torneira.

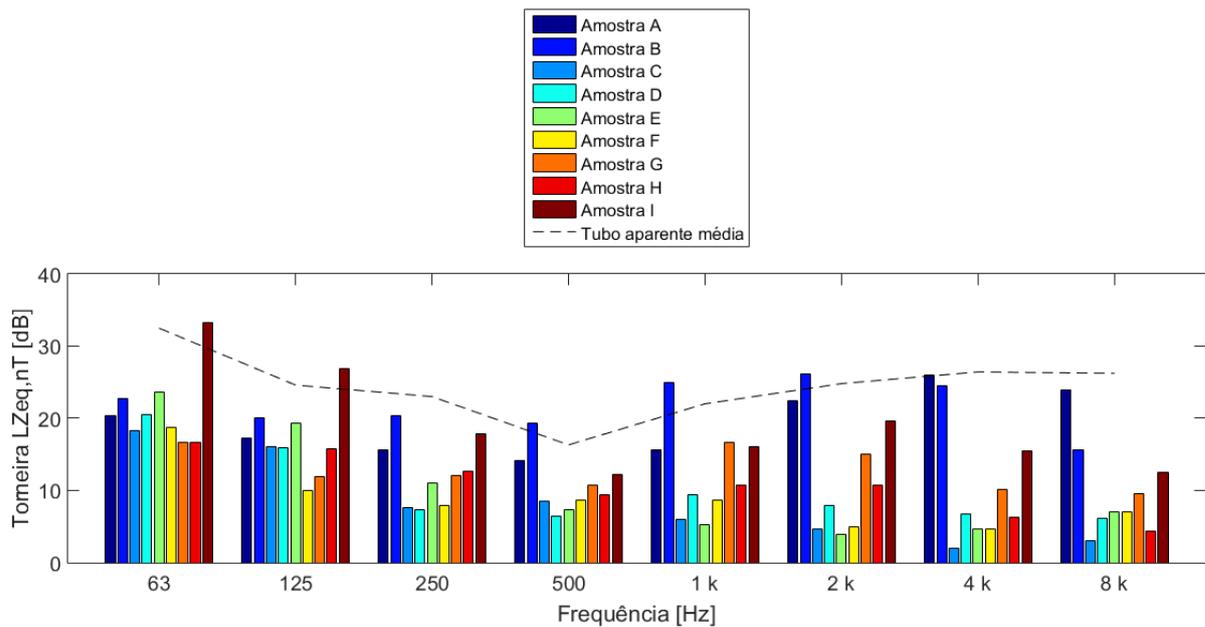


Figura 4: Comparação do $L_{Zeq,nT}$ entre as amostras ensaiadas devido a abertura da torneira.

Tabela 4: Comparação do $L_{Zeq,nT}$ devido a abertura da torneira.

Frequência Hz	A	B	C	D	E	F	G	H	I	Aparente
63	20,4	22,8	18,3	20,5	23,7	18,8	16,7	16,6	33,2	32,5
125	17,3	20,1	16,1	15,9	19,3	10,0	11,9	15,8	26,9	24,6
250	15,6	20,3	7,6	7,3	11,0	7,9	12,0	12,7	17,9	23,0
500	14,2	19,3	8,5	6,5	7,3	8,7	10,7	9,4	12,2	16,3
1000	15,7	24,9	6,0	9,4	5,3	8,7	16,6	10,8	16,1	22,0
2000	22,4	26,2	4,7	7,9	4,0	5,0	15,1	10,7	19,6	24,8
4000	26,0	24,5	2,0	6,8	4,6	4,7	10,1	6,3	15,5	26,4
8000	24,0	15,7	3,0	6,1	7,0	7,1	9,6	4,3	12,5	26,2
Global (A)	30	31	12	15	13	14	21	16	24	32

No caso da Amostra A, a diferença global $L_{Zeq,nT}$ entre o tubo envelopado e a média do tubo aparente é $\Delta L \geq 5$ dB, ou seja, pode representar a metade da mudança de sensação sonora. Apresenta uma boa redução sonora, principalmente na faixa de frequência entre 63 a 250 Hz. Para a Amostra B, a diferença global $L_{Zeq,nT}$ entre os níveis de pressão sonora entre a média do tubo aparente e o tubo envelopado é $\Delta L \geq 4$ dB. Nesse caso, a Amostra I não atenua para as frequências 63 Hz e 125 Hz. Porém, para as frequências entre 250 Hz a 2000 Hz, possui $\Delta L \geq 4$ dB para cada frequência. E, entre as frequências 4000 Hz a 8000 Hz, $\Delta L \geq 10$ dB para cada frequência.

Ao comparar os resultados globais da grandeza $L_{Aeq,nT}$ apresentados na Tabela 4 com os limites

recomendados pela norma NBR 15575:2013, é possível analisar que todas as amostras, com exceção da Amostras B, atendem o desempenho superior. Os resultados para o tubo aparente e para a Amostras B atendem o desempenho intermediário.

4. Conclusão

Através dos resultados apresentados nesse artigo, é possível concluir que as soluções acústicas analisadas, exceto as Amostras A e B, reduzem os ruídos emitidos devido o acionamento da descarga de vaso sanitário e conseguem atender o desempenho superior da norma NBR 15575:2013 para a grandeza $L_{Aeq,nT}$. As Amostras C, D, F, G e H conseguem uma diferença de níveis de pressão sonora global, $L_{Zeq,nT}$, igual a $\Delta L \geq 20$ dB para o ruído oriundo devido o acionamento da descarga do vaso sanitário.

No caso do ruído gerado devido o acionamento da torneira, todas as amostras, inclusive com a tubulação aparente, atendem os requisitos da norma NBR 15575:2013 para a grandeza $L_{Aeq,nT}$. As Amostras F, C e H, respectivamente, apresentam os melhores resultados devido a abertura da torneira, possuem redução sonora considerável em todas as frequências analisadas. A diferença global $L_{Zeq,nT}$ é $\Delta L \geq 14$ dB. Destacaram-se também as Amostras D, E e G, pois apresentam $\Delta L \geq 10$ dB.

Em vista disso, o presente trabalho conseguiu analisar e comparar os resultados acústicos para nove amostras, na qual foi nítida a preocupação dos fornecedores sobre o desempenho acústico dos seus produtos, aceitando participar da pesquisa sem hesitar e com a presente preocupação por aperfeiçoar cada vez mais o desempenho do seu produto.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer os fornecedores envolvidos pela participação e agradecer ao IPT pela parceria na elaboração deste estudo.

REFERÊNCIAS

- [1] CORRÊA, Aline Perdigão; DE NIEMEYER, Maria Lygia Alves. Ruído de Tubulação como Fator de Desconforto em Salas de Reunião em Edifício Institucional: Um Estudo de Caso. In: **SBQP 2009**. 2009.
- [2] NBR 15575 - Edificações Habitacionais - Desempenho. 2013.
- [3] QUERIDO, J.G. Instalações prediais hidráulico sanitárias: prognóstico de ruídos. In: **Tese de Doutorado – Universidade Federal de São Paulo, São Paulo**. 1993.
- [4] NBR 5626 - Instalação predial de água fria. 1998.
- [5] NBR 7198 - Projeto e execução de instalações prediais de água quente. 1993.
- [6] NBR 10844 - Instalações prediais de águas pluviais - Procedimento. 1989.
- [7] NBR 8160 - Sistemas prediais de esgoto sanitário. 1999.
- [8] PAVANELLO, Livia Ribeiro et al. Investigação do ruído gerado por instalações hidrossanitárias em uma edificação multifamiliar. In: **Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Santa Maria**. 2014.
- [9] ISO 16032 Acoustics - Measurement of sound pressure level from service equipment in buildings - Engineering method. 2004.
- [10] ISO 3382-2: Acoustics - Measurement of room acoustic parameters - Part 2: Reverberation time in ordinary rooms. 2008.