XVIII ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
XIV ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
AMBIENTE CONSTRUÍDO E USUÁRIO: PERSPECTIVAS LATINO-AMERICANAS

Análise do desempenho acústico de materiais para mitigar ruído de tubulações prediais

Análisis del desempeño acústico de materiales para mitigar el ruido de tuberías en edificios

Analysis of the acoustic performance of materials to mitigate noise from building piping

Área temática: Desempenho acústico de materiais e componentes construtivos

Bertoli, Stelamaris Rolla
Doutor, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas UNICAMP, Campinas, Brasil, rolla@fec.unicamp.br

Riboldi, Rafael Baiochi

Graduando em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas UNICAMP, Campinas, Brasil, r240617@dac.unicamp.br

Resumo

Os ruídos gerados por instalações de água e esgoto em espaços verticalizados geram incômodos aos ocupantes dos ambientes. A norma ABNT NBR 15575:2021 indica o desempenho acústico desse sistema como não obrigatório. Dada a facilidade de aplicação da espuma expansiva, questiona-se sobre o uso desse material para reduzir os ruídos provenientes de tubulações prediais. Esse estudo comparou o desempenho acústico entre tubulação de esgoto recoberta com espuma expansiva e com manta de material polimérico comercial. Os ensaios foram realizados conforme as especificações da norma ABNT NBR ISO 16032:2020. Os descritores acústicos avaliados foram L_{ASmax}, L_{Aeq} e L_{Zeq} em função de frequência. Em relação a tubulação sem revestimento, os resultados indicaram um aumento dos níveis sonoros com a aplicação da espuma e uma redução significativa dos níveis de pressão sonora com aplicação da manta de material polimérico comercial.

Palavras-chave: Ruído em tubulação de esgoto. Isolamento de instalação predial. Desempenho acústico de sistemas prediais. Desempenho acústico de sistemas hidrossanitários.

Resumen

El ruido generado por instalaciones de agua y alcantarillado en espacios verticalizados causa molestias a los ocupantes de los ambientes. La norma ABNT NBR 15575:2021 indica el desempeño acústico de este sistema, el cual no es obligatorio. Dada la facilidad de aplicación de la espuma expansiva, se plantea la duda sobre el uso de este material para reducir los ruidos provenientes de las tuberías de los edificios. Este estudio comparó el desempeño acústico entre una tubería de alcantarillado recubierta con espuma expansiva y con manta de material polimérico comercial. Las pruebas se realizaron conforme a las especificaciones de la norma ABNT NBR ISO 16032:2020. Los descriptores acústicos evaluados fueron L_{ASmax}, L_{Aeq} y L_{Zeq} en función de la frecuencia. En relación con la tubería sin recubrimiento, los resultados indicaron un aumento de los niveles sonoros con la aplicación de la espuma y una reducción significativa de los niveles de presión sonora con la aplicación de la manta de material polimérico comercial.

Palabras clave: Ruido en tuberías de alcantarillado. Aislamiento de instalaciones en edificios. Desempeño acústico de sistemas en edificios. Desempeño acústico de sistemas hidrosanitarios.

Abstract

The noise generated by water and sewage installations in vertical spaces causes discomfort to the occupants of the environments. The ABNT NBR 15575:2021 standard indicates the acoustic performance of this non-mandatory system. Given the ease of application of expanding foam, the question arises about the use of this material to reduce noise from building pipes. This study compared the acoustic performance between sewage pipes coated with expanding foam and with a commercial polymeric material blanket. The tests were carried out according to the specifications of the ABNT NBR ISO 16032:2020 standard. The acoustic descriptors evaluated were L_{ASmax}, L_{Aeq} and L_{Zeq} as a function of frequency. In relation to uncoated pipes, the results indicated an increase in sound levels with the application of foam and a significant reduction in sound pressure levels with the application of the commercial polymeric material blanket.

Keywords: Noise in sewage pipes. Building installation insulation. Acoustic performance of building systems. Acoustic performance of plumbing systems.

Introdução

A construção civil é um dos setores mais importantes da economia nacional, responsável por mais de 2,8 milhões de trabalhadores com carteira assinada e com uma perspectiva de crescimento de 2,3% para 2024 (CBIC, 2024). Diante dessa perspectiva, o surgimento da norma ABNT NBR 15575 representou um grande avanço na qualidade das edificações habitacionais ao estabelecer métodos e critérios mínimos de desempenho.

Analisando o cenário internacional, em países como Estados Unidos, Austrália, Nova Zelândia, Inglaterra e Japão, nota-se o predomínio da construção "a seco", sinônimo de inovação e eficiência. Ao contrário das técnicas construtivas convencionais, o *Light Steel Framing* ou o *Wood Frame*, por exemplo, são sistemas construtivos onde as paredes são ocas e, portanto, o uso de materiais de isolamento térmico e de absorção acústica entre as placas é muito comum, com destaque para a espuma expansiva de poliuretano devido a sua praticidade de aplicação. Em termos de desempenho acústico, o uso de tais técnicas permite que as tubulações sejam revestidas contribuindo para a redução dos ruídos.

Entretanto, no Brasil, é comum as construtoras não preverem o isolamento sonoro de tubulações hidráulicas (Pavanello, 2014). A norma ABNT NBR 15575-6 estabelece apenas alguns critérios não obrigatórios de desempenho acústico destes sistemas para medições realizadas em dormitórios (ABNT, 2021).

O escoamento de fluidos em tubulações e conexões curvas é um dos grandes responsáveis pelos ruídos gerados em sistemas prediais de esgotamento sanitário (Rocha, 2018). Os ruídos provenientes de tubulações de esgoto instaladas em banheiros são os principais responsáveis pelo desconforto dos moradores durante o uso dos equipamentos prediais por terceiros, uma vez que estão localizadas próximas aos dormitórios das edificações.

O recobrimento de diversos componentes dos sistemas hidrossanitários passa a ser solução para reduzir os ruídos. É possível encontrar comercialmente diversos tipos de materiais que podem ser usados para revestir as tubulações com essa finalidade. Entretanto, questiona-se a viabilidade do uso da espuma expansiva para reduzir os níveis de pressão sonora provenientes de tubulações de esgoto.

Este estudo apresenta a influência da aplicação de revestimento na tubulação de escoamento de fluidos para um sistema de esgoto e a comparação do desempenho de isolamento do ruído

entre dois materiais de revestimento: espuma expansiva de poliuretano e manta de material polimérico.

Objeto de estudo

Para analisar o desempenho acústico dos materiais de revestimento da tubulação com o intuito de reduzir os ruídos gerados pelo escoamento de fluidos em tubulações prediais de esgoto de um banheiro, foi construído um protótipo desse sistema em uma edificação da área experimental da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP, conforme identificado pela Figura 1.

Figura 1: Localização da edificação



Fonte: Google Earth

A edificação possui dimensões de 2,45 m x 2,46 m e altura de 2,77 m. Seu volume é de 16,7 m³. No pavimento superior foi instalada uma bacia sanitária com caixa acoplada, marca DECA 6,0 lpf e uma saída de água conectada à ligação predial para simular a vazão de um box de banho.

A laje do protótipo é composta por vigotas de concreto armado pré-moldadas e lajotas cerâmicas com recobrimento de concreto convencional com espessura total de 10 cm. As tubulações estão vinculadas à laje, simulando a pior situação que pode ser encontrada em uma edificação. As paredes são feitas de bloco de concreto de dimensões de 14 cm x 19 cm x 29 cm. A porta é de aço nas dimensões 80 cm x 208 cm x 2,6 cm. Os materiais utilizados para a execução do sistema de esgoto na parte interna da edificação estão elencados nas Tabelas 1, 2 e 3. As Figuras 2 e 3 apresentam detalhes sobre o sistema de esgoto implantado.

Tabela 1: Descritivo das caixas e ralos

Quantidade	Sistema	Descrição	Linha
01	Esgoto	Corpo caixa sifonada com três entradas 100x100x50mm	Serie Normal

Fonte: O autor

Tabela 2: Descritivo das conexões

Quantidade	Sistema	Descrição	Linha
02	Esgoto	Joelho 45° 50 mm	Série Normal
01	Ventilação	Joelho 90° 50 mm	Série Normal
01	Esgoto	"T" 50 x 50 mm	Série Normal
02	Esgoto	Luva Simples 50 mm	Série Normal
01	Esgoto	Joelho 45° 100 mm	Série Normal
01	Esgoto	Joelho 90° 100 mm	Série Normal
01	Esgoto	Junção Simples 100 x 50 mm	Série Normal
02	Esgoto	Luva Simples 100 mm	Série Normal

Fonte: O autor

Tabela 3: Descritivo dos tubos

Comprimento (m)	Descrição	Diâmetros (mm)
1,40	Tubo Série Normal	50
1,75	Tubo Série Normal	100

Fonte: O autor

Figura 2: Vista em planta das tubulações

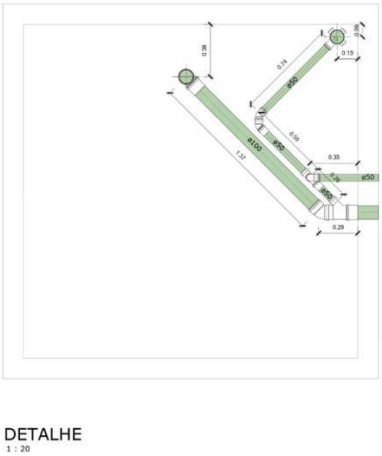
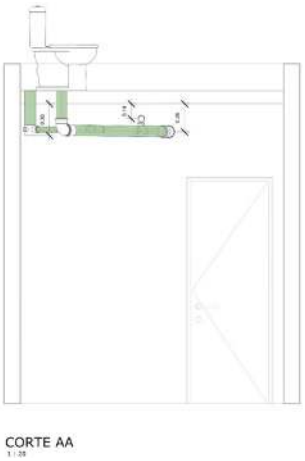


Figura 3: Vista em corte das tubulações



Fonte: O autor

Procedimento experimental

A parte 6 da norma ABNT NBR 15575 estabelece os requisitos e critérios de desempenho que se aplicam ao sistema hidrossanitário da edificação habitacional. Os parâmetros de avaliação indicados são nível de pressão sonora equivalente padronizada ($L_{Aeq,nT}$) e nível máximo de pressão sonora padronizada ($L_{ASmax,nT}$). Os parâmetros acústicos a serem medidos para os cálculos desses parâmetros são descritos na norma ABNT NBR ISO 16032.

Os procedimentos de medição utilizados atenderam às diretrizes estabelecidas pela ABNT NBR ISO 16032 (ABNT, 2020). O conjunto de equipamentos utilizados nos ensaios é composto por: sonômetro Bruel & Kjaer 2270 com analisador com filtro de banda de 1/1 de oitava; calibrador acústico Bruel & Kjaer 4231; amplificador de potência Bruel & Kjaer 2734; fonte sonora omnidirecional Bruel & Kjaer 4292-L.

Para medir os níveis de pressão sonora, durante o funcionamento dos equipamentos prediais adotados, foram escolhidas três configurações de tubulação: (i) tubulações aparentes, (ii) tubulações com revestimento de espuma expansiva de poliuretano de 50 mm de espessura e (iii) tubulações revestidas com manta de composto polimérico de 20 mm de espessura fabricada com resíduos de borracha virgem e grânulos de pneus pela Aubicon. Os ensaios foram realizados considerando o acionamento de uma bacia sanitária e o escoamento de água de um box de banho. A Figura 4 apresenta as configurações estudadas.

Figura 4: Configurações das tubulações estudadas

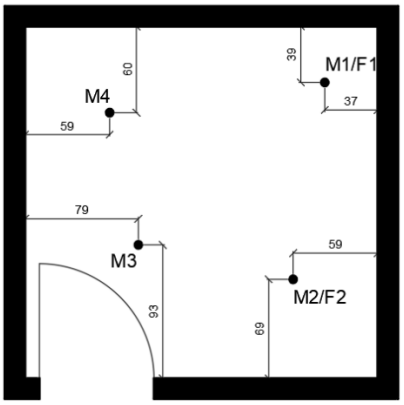
(a) tubulações aparentes	(b) tubulações com revestimento de espuma expansiva	(c) tubulações revestidas com manta de composto polimérico
		

Fonte: O autor

Como o enchimento da caixa acoplada da bacia sanitária foi projetado para ser realizado por uma bomba, a medição dos parâmetros acústicos foi realizada apenas durante o ciclo de lavagem da bacia sanitária. Para o ensaio do escoamento da água do box de banho, em virtude de limitações técnicas, a saída de água foi posicionada próxima ao piso, de forma a não cair diretamente sobre o ralo, respeitando o tempo de medição de 30 s.

Para as medições dos níveis de pressão sonora, foram adotadas três posições de microfone (M1, M2 e M3) conforme a Figura 5. A posição de canto M1 foi a que apresentou o maior nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderada em C e as posições M2 e M3 foram as posições escolhidas no campo reverberante. Para definir o número de medições por posição, foram realizadas duas medições consecutivas do nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderada em A na posição M1 e como a diferença obtida entre as medições foi inferior a 1,0 dB, realizou-se apenas uma medição por posição em cada ensaio, conforme procedimento estabelecido pela ABNT NBR ISO 16032 (ABNT, 2020).

Figura 5: Posições do microfone e fonte sonora, em centímetros



Fonte: O autor

Para as medições de tempo de reverberação, foram utilizadas seis combinações distintas do conjunto fonte-receptor, conforme estabelecido pela ABNT NBR ISO 3382-2 (ABNT, 2017). Para a fonte sonora na posição em F1, mediu-se o decaimento sonoro com o microfone posicionado em M2, M3 e M4, repetiu-se o mesmo procedimento nas posições M1, M3 e M4 com a fonte sonora em F2 (Figura 5).

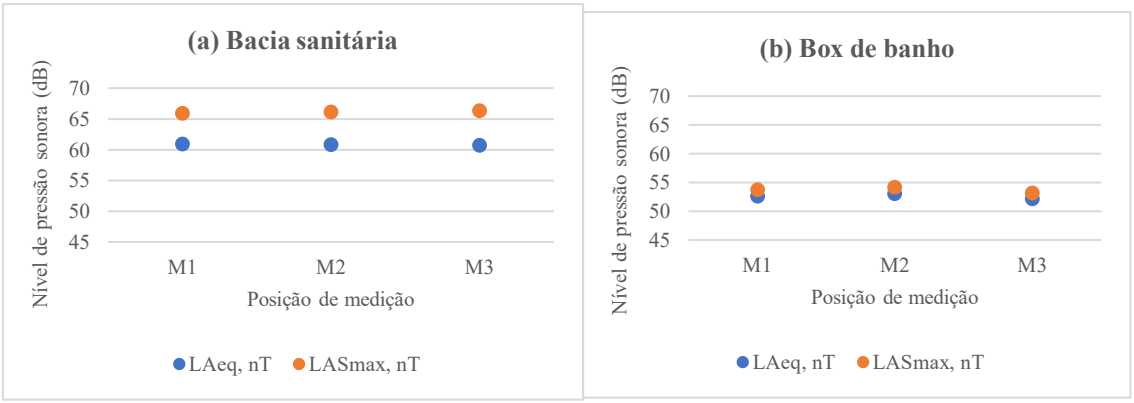
Coletados os níveis de pressão sonora e o tempo de reverberação no interior da edificação, foram calculados o nível de pressão sonora equivalente padronizada ($L_{Aeq,nT}$) e o nível máximo de pressão sonora padronizada ($L_{ASmax,nT}$), conforme a ABNT NBR ISO 16032 (ABNT, 2020).

Resultados e discussões

Os resultados dos parâmetros acústicos nível de pressão sonora equivalente padronizada ($L_{Aeq,nT}$) e nível máximo de pressão sonora padronizada ($L_{ASmax,nT}$) são apresentados para cada amostra de acordo com as condições dos ciclos de operação da bacia sanitária e do escoamento do box de banho. O som residual foi medido em todas as condições e os níveis são iguais dentro da incerteza de medição.

As Figuras 6(a) e 6(b) apresentam o nível de pressão sonora equivalente padronizada ($L_{Aeq,nT}$) e o nível máximo de pressão sonora padronizada ($L_{ASmax,nT}$) das tubulações sem revestimento em função da posição do microfone para o funcionamento da bacia sanitária e do escoamento do box de banho, respectivamente. Observa-se que os valores obtidos em função da posição do microfone são praticamente iguais para a bacia sanitária e para o box de banho.

Figura 6: Resultados dos níveis $L_{Aeq,nT}$ e $L_{ASmax,nT}$, para as tubulações sem revestimento

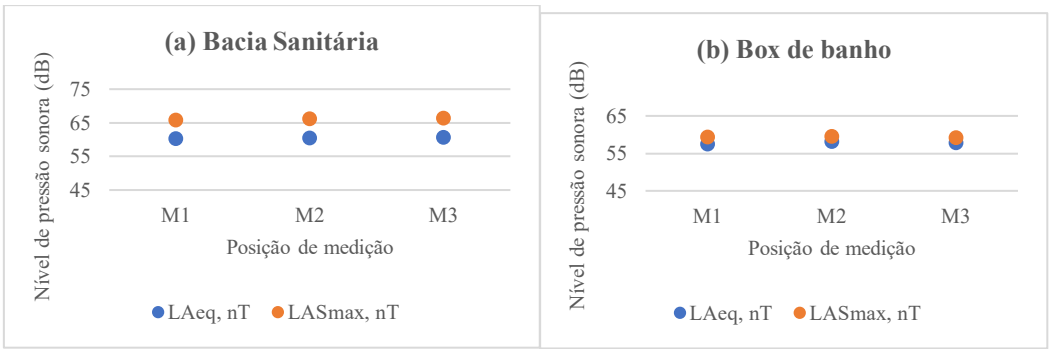


Fonte: O autor

As Figura 7(a) e 7(b) apresentam o nível de pressão sonora equivalente padronizada ($L_{Aeq,nT}$) e o nível máximo de pressão sonora padronizada ($L_{ASmax,nT}$) das tubulações revestidas com espuma expansiva em função da posição do microfone para o funcionamento da bacia sanitária e do box de banho, respectivamente. Observa-se que os valores obtidos entre posição do microfone são praticamente iguais para a bacia sanitária e para o box de banho.

Na comparação entre os resultados bacia sanitária sem revestimento (Figura 6) e com revestimento de espuma expansiva (Figura 7), observa-se que o revestimento não alterou os níveis sonoros. No caso do box de banho e na comparação das configurações sem revestimento (Figura 6) e com revestimento de espuma expansiva (Figura 7), observa-se uma elevação dos níveis de pressão sonora com a aplicação do revestimento.

Figura 7: Resultados dos níveis $L_{Aeq,nT}$ e $L_{ASmax,nT}$, para tubulações revestidas com espuma expansiva



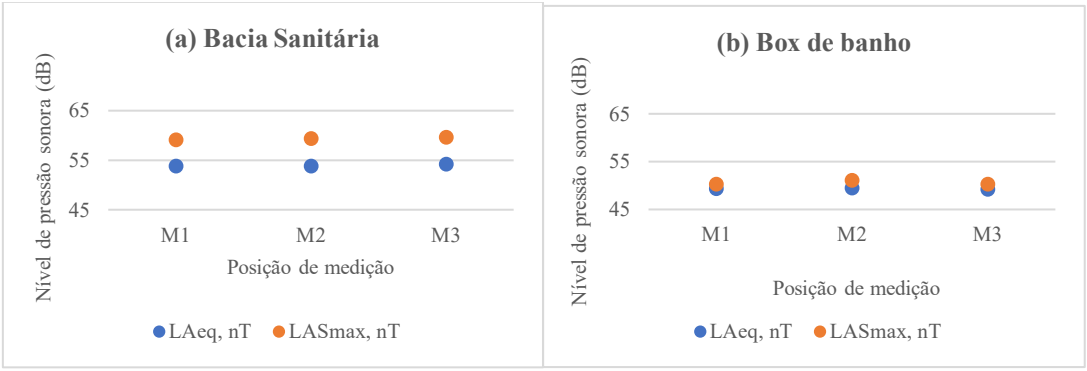
Fonte: O autor

As Figura 8(a) e 8(b) apresentam o nível de pressão sonora equivalente padronizada ($L_{Aeq,nT}$) e o nível máximo de pressão sonora padronizada ($L_{ASmax,nT}$) das tubulações revestidas com manta de composto polimérico em função da posição do microfone para o funcionamento da bacia sanitária e do escoamento do box de banho, respectivamente. Observa-se que os valores obtidos entre posição do microfone são praticamente iguais para a bacia sanitária e para o box de banho.

Na comparação entre os resultados da bacia sanitária e do box de banho sem revestimento (Figura 6) e com revestimento de manta de composto polimérico (Figura 8), observa-se que o revestimento alterou significativamente os níveis sonoros. O revestimento com manta de composto polimérico reduziu tanto o nível $L_{ASmax,nT}$ como o nível $L_{Aeq,nT}$.

Para entender melhor o comportamento acústico dos materiais aplicados como revestimento das tubulações, foram medidos os níveis padronizados de pressão sonora ponderados em Z ($L_{Zeq,nT}$) em função de frequência em banda de 1/1 oitava entre 63 Hz e 8000H para as três configurações das tubulações e para as condições dos ciclos de operação da bacia sanitária e do escoamento do box de banho.

Figura 8: Resultados dos níveis $L_{Aeq,nT}$ e $L_{ASmax,nT}$, para a amostra tubulações revestidas com manta de composto polimérico

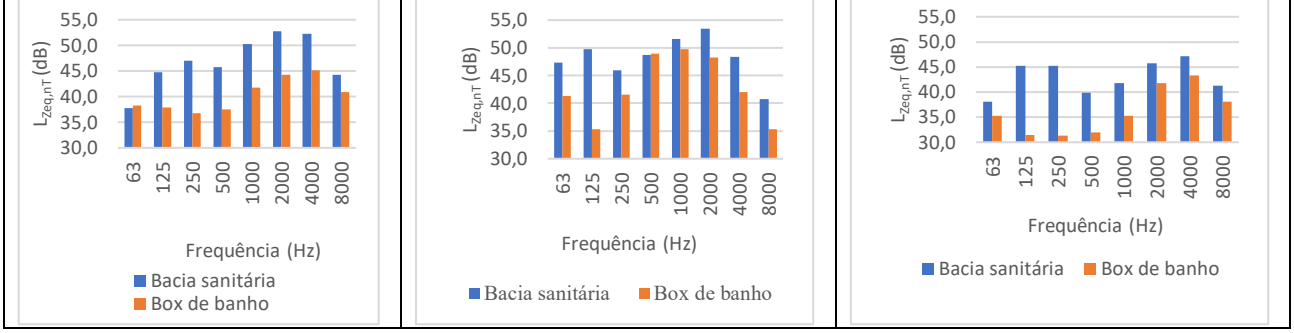


Fonte: O autor

As Figura 9 (a), (b) e (c) apresentam os resultados da comparação dos valores níveis padronizados de pressão sonora ponderados em Z ($L_{Zeq,nT}$) em função de frequência em banda de 1/1 oitava entre 63Hz e 8000Hz para as três configurações das tubulações e as condições dos ciclos de operação da bacia sanitária e do box de banho.

Figura 9: Nível padronizado de pressão sonora ponderada em Z ($L_{Zeq,nT}$) para a configuração de:

(a) tubulações sem revestimento	(b) tubulações revestidas com espuma expansiva	(c) tubulações revestidas com manta de composto polimérico



Fonte: O autor

Analisando os resultados de $L_{Zeq,nT}$ para as tubulações sem revestimento (Figura 9(a)), observa-se que $L_{Zeq,nT}$ da bacia sanitária é maior que os valores encontrados do box de banho em todas as frequências, exceto na frequência de 63 Hz. O valor máximo de LZeq,nT ocorre em 2000 Hz no caso da bacia sanitária e, no caso do box de banho, o valor de LZeq,nT é máximo em 4000 Hz.

Os resultados de $L_{Zeq,nT}$ em função de frequência da Figura 9(b) referem-se às tubulações revestidas com espuma expansiva. Para a condição de bacia sanitária, os níveis de pressão sonora ($L_{Zeq,nT}$) aumentaram significativamente para as frequências abaixo de 1000Hz, mas continuaram mais elevadas que os valores dos níveis para o box de banho, exceto para a frequência de 500 Hz. Para a condição de box de banho, nota-se uma redução dos níveis de pressão sonora para as frequências de 125 Hz, 4000 Hz e 8000 Hz em relação aos resultados da Figura 9(a). do escoamento do box de banho.

Para as tubulações revestidas com manta de composto polimérico (Figura 9(c)), observa-se uma significativa redução dos níveis $L_{Zeq,nT}$ em todo o espectro sonoro para ambos os equipamentos prediais

Da análise geral dos resultados relativos à configuração de tubulações revestidas com espuma expansiva de poliuretano, fica claro que o material é inadequado para o isolamento sonoro de tubulações de esgoto, visto que houve em geral um aumento dos valores dos descritores analisados quando comparado aos resultados das tubulações sem revestimento.

Por outro lado, os resultados relativos ao uso da manta de composto polimérico indicaram uma redução significativa dos valores dos descritores analisados, evidenciando a eficiência desse material no isolamento sonoro.

Conclusões

A tubulação avaliada encontra-se no local de medição dos níveis sonoros e, como a norma ABNT NBR 15575-6 (ABNT, 2021) estabelece que o local de avaliação seja no dormitório sujeito ao ruído da instalação hidrossanitária, não foi possível comparar os resultados obtidos com os valores mínimos recomendados pela norma.

Ao incorporar o revestimento de espuma expansiva, os valores dos descritores nível de pressão sonora equivalente padronizada ($L_{Aeq,nT}$) e nível máximo de pressão sonora padronizada ($L_{ASmax,nT}$) foram majorados em relação a condição de tubulação sem revestimento. Portanto, existe um indicativo de que o uso desse material não é adequado para o isolamento sonoro de ruído de tubulações de esgoto.

O revestimento das tubulações com manta de material polimérico modificou os valores dos descritores nível de pressão sonora equivalente padronizada ($L_{Aeq,nT}$) e nível máximo de

pressão sonora padronizada ($L_{ASmax,nT}$) de forma significativa, reduzindo seus valores comparados a condição de tubulação sem revestimento.

Em resumo, o revestimento de tubulação com manta de material polimérico é mais eficiente acusticamente que o revestimento de espuma expansiva de forma a reduzir a componente de transmissão aérea.

Agradecimentos

Agradecemos à empresa Aubicon pelo fornecimento da manta de material polimérico e ao CNPq pela bolsa de Iniciação Científica do discente Rafael Baiochi Riboldi.

Referências

ABNT. NBR 15575-6: Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 6: Requisitos para os sistemas hidrossanitários. Rio de Janeiro. 2021.

_____. NBR ISO 16032: Acústica - Medição de nível de pressão sonora de equipamentos prediais de edificações - Método de engenharia. Rio de Janeiro. 2020.

_____. NBR ISO 3382-2: Acústica – Medição de parâmetros acústicos de salas. Parte 2:Tempo de reverberação em salas comuns. Rio de Janeiro. 2017.

Câmara Brasileira da Indústria da Construção – CBIC, Agência CBIC. Brasília, DF: **CBIC**, 2024. Disponível em: https://cbic.org.br/cbic-revisa-para-23-projecao-de-crescimento-da-construcao-em-2024/. Acesso em: 23 jul. 2024.

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

Rocha, R. R. **Análise e caracterização de soluções acústicas para mitigar os ruídos** oriundos de instalações hidrossanitárias prediais. Dissertação (Mestrado Profissional em Inovação na Construção Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.