XIX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
ENTAC 2022

Ambiente Construído: Resiliente e Sustentável
Canela, Brasil, 9 a 11 novembro de 2022

Desempenho acústico da fachada de habitação do Programa Casa Verde e Amarela: estudo de caso

Façade sound insulation of multi-story building in the Casa Verde e Amarela Program: analysis of the acoustical performance

Breendown Matheus Ferreira
Universidade Tecnológica Federal do Paraná | Guarapuava | Brasil | ferreirab@alunos.utfpr.edu.br
Rafaella Salvador Paulino
Universidade Federal do Paraná | Curitiba | Brasil | rafaellaspaulino@gmail.com
Rodrigo Scoczynski Ribeiro
Universidade Tecnológica Federal do Paraná | Guarapuava | Brasil | rodrigosribeiro@utfpr.edu.br

Resumo

A geração de ruído aumentou de forma considerável, colocando a poluição sonora como o terceiro tipo de poluição que mais afeta a vida dos seres humanos. Esse trabalho teve como objetivo avaliar o isolamento acústico da fachada de uma unidade habitacional do Programa Casa Verde e Amarela. As medições de campo foram realizadas conforme as normas específicas e a análise dos dados foi realizada por softwares. O isolamento acústico da fachada foi determinado em 27 dB, atendendo as condições mínimas para a classe de ruído II, conforme a ABNT NBR 15575-4:2021, mostrando-se satisfatório para a condição atual da região.

Palavras-chave: Isolamento acústico. Ruídos. Fachadas. Poluição sonora.

Abstract

The generation of noise has increased considerably, placing noise pollution as the third type of pollution that most affects the lives of human beings. This study aimed to evaluate the acoustic insulation of the facade of a housing unit of the Casa Verde e Amarela Program. Field measurements were performed according to specific standards and data analysis was performed using software. The acoustic insulation of the facade was determined at 27 dB, meeting the minimum conditions for noise class II, according to ABNT NBR 15575-4:2021, proving to be satisfactory for the current condition of the region.

Keywords: Soundproofing. Noises. Facades. Noise pollution.

Como citar:
FERREIRA, B. M.; PAULINO, R. S.; RIBEIRO, R. S. Desempenho acústico da fachada de habitação do Programa Casa Verde e Amarela: estudo de caso. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 19., 2022, Canela. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2022. p. XXX-XXX.

INTRODUÇÃO

Devido à expansão da população urbana nos últimos anos e o consequente crescimento no número de veículos automotores e aeronaves trafegando pelo espaço urbano, aumentou-se consideravelmente a geração de ruídos, especialmente nos grandes centros [1]. Segundo dados da Organização Mundial da Saúde (OMS), a poluição sonora é um dos tipos de poluição que atinge o maior número de seres humanos ao redor do planeta, ficando atrás apenas da poluição do ar e da poluição da água [2]. Nesse contexto, pesquisadores ao redor do mundo têm buscado descrever esses ruídos, na intenção de identificar os prejuízos que eles ocasionam na população atingida [1].

No Brasil, visando reduzir os impactos que esses problemas podem gerar, passou a ser exigido que as edificações residenciais atendam à norma de desempenho NBR 15575-1:2021 [3] da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). O programa de habitação popular Casa Verde e Amarela, que tem como seu principal financiador a Caixa Econômica Federal, por exemplo, exige em seus contratos o cumprimento de requisitos presentes na referida norma. Para isso, é importante que as características e geometrias do sistema construtivo escolhido sejam bem conhecidas [4].

Por outro lado, a ABNT NBR 15575-1:2021 [3] não apresenta um critério claro para escolha de sistemas construtivos baseados no desempenho acústico, e apesar de especificar qual deverá ser o grau de isolamento dos ambientes, para que uma obra receba a certificação do Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat (PBQP-H), existe apenas uma exigência por parte do banco de informações de desempenho de paredes de divisas entre dormitórios [3, 5].

Sendo assim, a fim de melhorar as condições de bem-estar e conforto em ambientes residenciais, faz-se necessária uma avaliação do desempenho acústico de fachadas para analisar a conformidade com as recomendações da norma de desempenho ABNT NBR 15575-4:2021 [6] e um estudo dos métodos construtivos utilizados nas edificações, a partir de ensaios e orientações presentes na norma sobre isolamento a ruído aéreo em fachadas [7].

Diante disso, esta pesquisa teve como objetivo estudar o desempenho acústico da fachada externa de um dormitório localizado em um conjunto habitacional multifamiliar, integrante do Programa Casa Verde e Amarela, localizado no bairro em fase de construção “Cidade dos Lagos”, em Guarapuava-PR.

MATERIAIS E MÉTODOS

EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

Os materiais utilizados para o desenvolvimento desta pesquisa foram os seguintes: sonômetro digital marca Brüel & Kjær modelo 2250 – classe 1; calibrador de nível sonoro marca Brüel & Kjær modelo 4231 – classe 1; microfone de campo livre 1/2” marca Brüel & Kjær modelo 4189 – classe 1; amplificador de som 650W marca Hypex modelo FA501; fonte sonora omnidirecional marca Grom - modelo DDC – 100;

software Audacity, gerador do ruído rosa; *software* Microsoft Excel 2021 e *software* RStudio.

OBJETO DE ESTUDO

O local de estudo encontra-se no Condomínio Residencial Vista Cilla, localizado no bairro Cidade dos Lagos, em Guarapuava-PR. Trata-se de um conjunto habitacional com 448 unidades habitacionais, divididas em 8 torres com 56 apartamentos em cada uma delas (Figura 1).

Figura 1: Localização do objeto de estudo



Fonte: o autor.

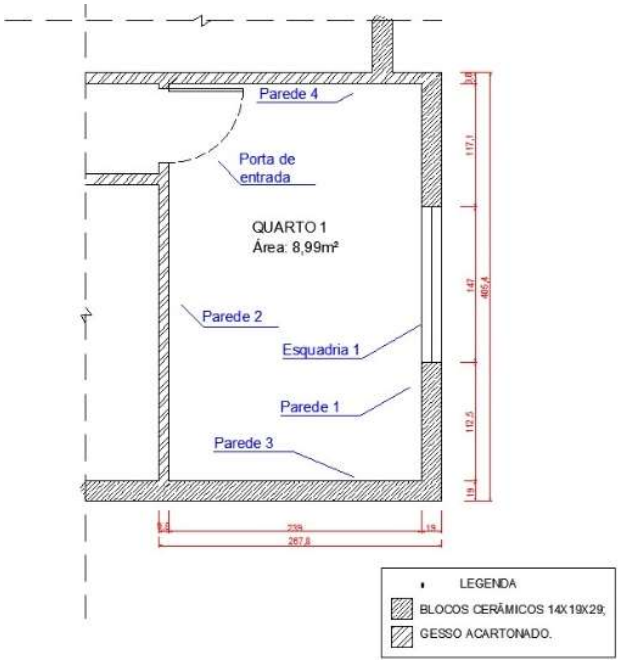
O bairro em questão está em fase de construção, possui uma área de aproximadamente 3 milhões de metros quadrados e atualmente contempla alguns empreendimentos de grande porte da região, como o Hospital Regional de Guarapuava, o Hospital do Câncer de Guarapuava, a Universidade Tecnológica Federal do Paraná e o Shopping Cidade dos Lagos.

CARACTERIZAÇÃO DA FACHADA

A fachada em análise foi executada com o sistema de alvenaria racionalizada de blocos cerâmicos vazados, de dimensões de 14x19x29 cm com furos na vertical e resistência à compressão média de 8 MPa, assentados em meia vez. Para os revestimentos interno e externo da fachada, sobre o substrato cerâmico foi utilizado chapisco de traço de 1:3 (cimento : areia), em massa, com espessura de 0,5 cm. Sobre os elementos estruturais foi utilizado chapisco industrializado, também com espessura média de 0,5 cm. Para os emboços interno e externo, foi utilizada argamassa estabilizada composta de cimento, areia, água e aditivo plastificante, com espessura de 2 cm para revestimento interno e de 2,5 a 5,0 cm, para o externo.

O ambiente interno analisado é um dormitório com 8,99 m² e pé direito de 2,55 m de altura (Figura 2). Possui paredes externas executadas com blocos cerâmicos 14x19x29 cm (Paredes 1 e 3), piso laminado e não possui presença de mobília. A esquadria metálica (Esquadria 1) é de folha de alumínio, dimensões de 1,20 m x 1,50 m (altura x largura), com vidro de 4 mm. As paredes internas de divisas entre cômodos são de gesso acartonado (Paredes 2 e 4).

Figura 2: Planta baixa do cômodo analisado (medidas em cm, sem escala)



Fonte: o autor.

PROCEDIMENTOS DE ENSAIO

A medição do nível de pressão sonora externa (Figura 3 - esquerda) foi executada conforme o estabelecido pela ABNT NBR ISSO 16283-3:2021 [7]. Foram realizadas 5 medições com duração de 30 segundos cada. Para as medições do nível de pressão sonora interna (Figura 3 - centro), manteve-se a fonte sonora no mesmo local, agora com o sonômetro na parte interna do cômodo. Para essa configuração, foram utilizadas 5 posições diferentes de microfone dentro do cômodo analisado e cada medição teve duração de 30 segundos cada. Para ambas as medições, foram levados em consideração apenas os valores obtidos na faixa de frequência entre 100 Hz e 3150 Hz, os demais valores foram desconsiderados por serem apenas informativos. O tempo de reverberação foi determinado por meio do método da resposta impulsiva integrada, prescrito pela ABNT NBR 3382-2:2017 [8]. Foram utilizadas duas posições de fonte e três posições de microfone (Figura 3 - direita), não sendo utilizadas posições simétricas conforme orienta a norma.

Figura 3: Posições dos equipamentos de medição em relação ao cômodo analisado



Fonte: o autor.

Por fim, foram realizadas medições referentes ao nível de ruído de fundo, conforme estabelecido pela ABNT NBR 15575-4:2021 [6], para assegurar que o sinal da sala de recepção não fosse afetado e que os ruídos dos ambientes internos ou externos não reduzissem a precisão dos testes.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após os procedimentos de coleta de dados *in loco,* obtidos pelas medições do sonômetro, seguindo o procedimento-padrão da ABNT NBR 16283-3:2021 [7], calculou-se a média energética do nível de pressão sonora externa e interna, bem como o tempo de reverberação, conforme apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Média energética dos níveis de pressão sonora externa, interna e tempo de reverberação

Frequência (Hz)	$D_{1,2m,\ ener,\ méd}$ (dB)	$L_{2,\ ener,\ méd}$ (dB)	$TR_{,\ méd}$ (dB)
100	61,17	38,61	1,07
125	67,30	42,05	1,40
160	63,53	43,30	1,21
200	61,77	43,57	1,68
250	58,82	43,71	1,61
315	59,88	39,80	1,52
400	59,48	36,84	1,24
500	58,24	36,36	0,96
630	56,88	33,95	1,37
800	54,95	33,14	1,68
1000	52,07	30,85	1,80
1250	51,75	31,68	1,80
1600	52,96	33,27	1,65
2000	60,80	39,27	1,52
2500	62,31	39,07	1,41
3150	56,16	31,62	1,16

Fonte: o autor.

Para a boa prática do cálculo dos ruídos provenientes dos transportes rodoviários, notou-se um problema, pois por se tratar de um empreendimento localizado em um bairro ainda em construção, verificou-se o baixo volume de tráfego nas vias próximas à fachada em estudo, o que não representaria com precisão a real condição de solicitação. Portanto, utilizando-se os resultados iniciais apresentados na Tabela 1 e seguindo os procedimentos de cálculos estabelecidos na ABNT NBR 16283-3:2021 [7], foi possível a realização dos cálculos da média energética da diferença padronizada de nível a 2 metros da fachada, para cada faixa de frequência. Estes valores estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Média energética da diferença padronizada de nível a 2 metros da fachada

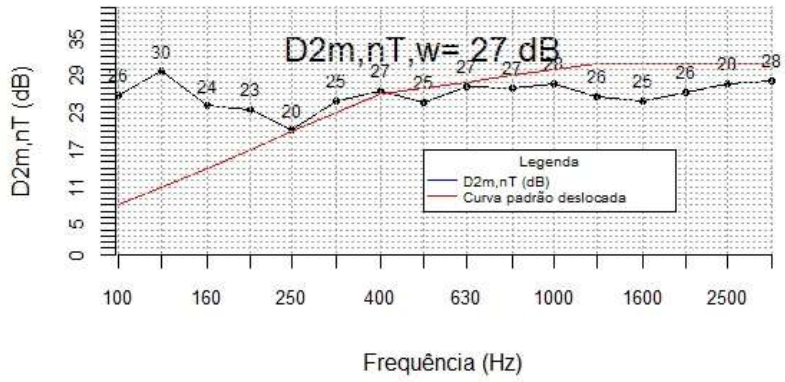
Frequência (Hz)	$D_{nT\ médio}$ (dB)
100	25,85
125	29,71
160	24,07
200	23,46
250	20,18

315	24,91
400	26,60
500	24,73
630	27,31
800	27,08
1000	27,70
1250	25,65
1600	24,86
2000	26,37
2500	27,75
3150	28,18

Fonte: o autor.

Após a obtenção dos valores de $D_{2m,nT,médio}$ e com o auxílio do código R, foi possível combinar esses dados gerando o gráfico do desempenho acústico da fachada analisada, ilustrado na Figura 4.

Figura 4: Desempenho acústico da fachada – diferença padronizada de nível ponderada a 2 metros da fachada



Fonte: o autor.

O Quadro 1 apresenta os valores mínimos solicitados pela norma de desempenho em relação a diferença padronizada de nível a 2 metros da fachada ($D_{2m,nT,w}$) para vedação externa das paredes dos dormitórios quanto às transmissões aéreas para ensaios de campo, sendo "M" classificada como condição mínima, "I" como intermediária e "S" como superior.

Quadro 1: Diferença padronizada de nível a 2 metros da fachada

Classe de ruído	Localização da habitação	$D_{2m,nT,w}$ (dB)	Nível de desempenho
I	Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas.	≥ 20	M
		≥ 25	I
		≥ 30	S
II	Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruídos não enquadráveis nas classes I e III	≥ 25	M
		≥ 30	I
		≥ 35	S
III	Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas desde que esteja de acordo com a legislação.	≥ 30	M
		≥ 35	I
		≥ 40	S

Fonte: Adaptado da ABNT NBR 15575-4:2021 [6].

Considerando-se que a habitação em análise está em um local de classe de ruído II, ao comparar o valor $D_{2m,nT,w}$ = 27 dB, determinado para a fachada deste estudo com os dados apresentados no Quadro 1, observa-se que a fachada em questão atende ao nível de desempenho mínimo de isolamento a ruído aéreo de vedações externas (25 dB). Aplicando-se o cálculo da incerteza expandida, tem-se o resultado de 27 ± 1,48 dB, ou seja, os valores variam de 25,52 dB a 28,48 dB, o que está em concordância com os requisitos da norma brasileira de desempenho, visto que não é obrigatório atingir os níveis de desempenho intermediário e superior (RIBEIRO, 2015).

Melo e Andrade (2019) [10], em seus ensaios de campo, encontraram resultados variando de 18 dB a 26 dB de isolamento. Das 18 fachadas por eles analisadas, apenas duas delas cumpriram requisitos mínimos de isolamento acústico para uma classe de ruído II, o que representa apenas 11,11%. Souza, Andrade e Júnior (2019) [11] avaliaram 13 vedações externas e obtiveram resultados não satisfatórios, variando entre 20 dB e 25 dB de isolamento, para classes de ruído II e III, e desse modo, nenhuma fachada cumpriu o requisito mínimo da norma de desempenho. Os autores citam que as esquadrias utilizadas na edificação eram de alumínio, do modelo de correr, com vidro de 4 mm de espessura, portanto semelhante às do presente estudo, o que mostra que o sistema construtivo da fachada objeto desse estudo possui propriedades e características que oferecem melhor isolamento acústico em relação ao citado na literatura.

CONCLUSÃO

O presente estudo de caso permitiu verificar que o isolamento acústico da fachada da edificação está em concordância com os requisitos da norma brasileira de desempenho, ABNT NBR ISO 15575-4:2021, pois atingiu o desempenho mínimo requerido para uma classe de ruído II. No entanto, é importante salientar a possibilidade de serem adotadas medidas futuras para aumentar as condições de conforto dos usuários e moradores da edificação, levando-se em consideração que o bairro se encontra em expansão, o que poderá acarretar futuramente na alteração da classe de ruído do local de II para III. Portanto, sugere-se repetir este estudo com o passar dos anos e caso se enquadre em uma nova condição, recomenda-se a troca das esquadrias de alumínio e/ou dos vidros simples de 4mm, por materiais com maiores propriedades de isolamento acústico.

REFERÊNCIAS

[1] FERREIRA, J. A. C.; ZANNIN, P. H. T. Determinação de coeficientes de isolamento acústico: medições in situ e simulação computacional. **Ambiente Construído**, v. 7, n. 2, p. 15-29, abr. 2007.

[2] ZAJARKIEWICCH, D. F. B. **Poluição sonora urbana: principais fontes. Aspectos jurídicos e técnicos.** 2010. 235 f. Dissertação (Mestrado em Direito das Relações Sociais) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2010.

[3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1**: Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho - Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.

[4] OLIVEIRA, M. F.; HEISSLER, R. Análise comparativa do isolamento acústico em diferentes geometrias: ensaios em campo e simulações computacionais. **Ambiente Construído**, v. 21, n. 1, p. 385-402, jan. 2021.

[5] PIRES, M. R. **Análise comparativa da norma de desempenho, ABNT NBR 15575: 2013 com uma tipologia do programa minha casa minha vida. 2015.** 2015. 55 f. Monografia (Especialização em Construção Civil) - Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

[6] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-4:** Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho - Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas — SVVIE. Rio de Janeiro, 2021.

[7] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 16283-3**: Acústica – Medição de campo do isolamento acústico nas edificações e nos elementos de edificações - Parte 3: Isolamento de fachada a ruído aéreo. Rio de Janeiro, 2021.

[8] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 3382-2**: Acústica — Medição de parâmetros de acústica de salas - Parte 2: Tempo de reverberação em salas comuns. Rio de Janeiro, 2017.

[9] RIBEIRO, R. S. **AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO ACÚSTICO DE UM SISTEMA DE CONSTRUÇÃO MODULAR: estudo de caso**. 2015. 268 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

[10] MELO, M. G. M. A.; ANDRADE, F. K. G. Desempenho acústico de fachadas: métodos de simulação e ensaios de campo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6., 2019, Uberlândia. **Anais [...]** Uberlândia: PPGAU/FAUeD/UFU, 2019. p. 1183-1194.

[11] SOUZA, P. H. R.; ANDRADE, F. K. G.; LORDSLEEM JÚNIOR, A. C. Influência das esquadrias e da geometria do ambiente no desempenho acústico de vedações verticais em edifícios. **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada**, v. 4, n. 1, p. 61-69, 1 jan, 2019.