

O IMPACTO DAS PORTAS EXTERNAS NO DESEMPENHO ACÚSTICO DE FACHADAS

Leonardo M. Felipeto (1); Liége Garlet (2); Caterine Piecha (3); Andressa Ambrós de Oliveira (4); Jeferson Souza (5); Paulo Kaus (6); Jorge Luiz Pizzutti dos Santos (7)

(1) estudante de graduação em Engenharia Civil, leo.felipeto@hotmail.com

(2) Arquiteta, Mestranda do Progr. Pós-Graduação em Eng. Civil e Preserv. Amb., liegeg9@gmail.com

(3) estudante de graduação em Engenharia Civil, caterinepiecha@gmail.com

(4) estudante de graduação em Engenharia Civil, andressa.ambros@hotmail.com

(5) estudante de graduação em Engenharia Civil, poponho10@bol.com.br

(6) estudante de graduação em Engenharia Civil, phkaus@hotmail.com

(7) PhD, Professor do Depto de Estruturas e Construção Civil. Imcc@ct.ufsm.br

Universidade Federal de Santa Maria, Depto de Estr. e Constr. Civil, Centro de Tecnologia, Av. Roraima, 1000, Cidade Universitária, Bairro Camobi, Santa Maria /RS, CEP: 97105-900 Tel.: +55553220-8144.

RESUMO

Com o impacto da nova norma de desempenho, NBR 15575 (ABNT, 2013), frente à construção civil e às exigências do usuário relativas à habitabilidade, é necessário que as edificações atendam a alguns parâmetros, entre os quais citamos o atendimento aos índices mínimos de desempenho acústico para fachadas. Nesse sentido, este trabalho analisa o impacto das portas externas no desempenho acústico de fachadas, através de uma análise pelo método de precisão realizado em laboratório, obtendo o índice de redução sonora ponderado (R_w). Esta análise foi realizada com uma parede externa de 25 cm, composta por blocos cerâmicos (19x19x29 cm) revestidos em argamassa em ambas as faces, a qual apresentou índice de redução sonora (R_w) de 48 dB. A parede recebeu uma porta maciça de madeira de 1,06 x 2,14 m e 52,9 kg sem mecanismos de isolamento acústico para compor a análise da esquadria na fachada. Os resultados apontaram que a porta isoladamente apresentou $R_w = 20$ dB e a análise geral da fachada $R_w = 28$ dB, ou seja, muito inferior ao desempenho da fachada sem a esquadria. Neste estudo, analisaram-se a adição de mecanismos de borracha ou elastômeros ao conjunto para obtenção do índice R_w mais próximo ao dessa parede previamente analisada. Ficou evidenciado que a aplicação destes sistemas na estanqueidade da porta e dos batentes obteve uma melhora na performance do índice de redução sonora (R_w).

Palavras-chave: desempenho acústico, portas externas, fachadas.

ABSTRACT

With the impact of the new performance standard, NBR 15575 (ABNT, 2013), in relation to construction and user requirements related to habitability, it is necessary that the buildings comply with certain parameters, among which we cite the minimum acoustic performance for facades. In this sense, this work analyzes the impact of external doors on the acoustic performance of facades, through an analysis by the precision method performed in the laboratory, obtaining the weighted sound reduction index (R_w). This analysis was performed with an external wall of 25 cm, composed of ceramic blocks (19x19x29 cm) coated in mortar on both sides, which presented a sound reduction index (R_w) of 48 dB. The wall received a massive wooden door of 1,06 x 2,14 m and 52,9 kg without sound insulation mechanisms to compose the analysis of the miter in the facade. The results showed that the door alone presented $R_w = 20$ dB and the general analysis of the facade $R_w = 28$ dB, that is, much lower than the performance of the facade without the square. In this study, we analyzed the addition of rubber or elastomeric mechanisms to the set to obtain the R_w index closest to that of the previously analyzed wall. It was evidenced that the application of these systems in the door seals and the stops obtained an improvement in the performance of the sound reduction index (R_w).

Keywords: acoustic performance, external doors, facades.

1. INTRODUÇÃO

O desempenho acústico em edificações está diretamente relacionado ao incômodo gerado pelo ruído, o qual pode ser avaliado por índices estabelecidos em normas e regulamentações, bem como através de análise objetiva e subjetiva efetuada junto aos usuários das edificações. As normas mais utilizadas para esta avaliação e regulamentação de instrumentos e câmaras são o conjunto das normas ISO 10140/2010, parte 1 a 5.

No Brasil, com a necessidade de adequação das construções à parte acústica da norma de desempenho, NBR 15575-4: Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas (ABNT, 2013), as edificações habitacionais devem apresentar isolamento acústico adequado das vedações externas, no que se refere aos ruídos aéreos provenientes do exterior da edificação, isolamento acústico adequado entre áreas comuns e privativas e entre áreas privativas de unidades autônomas diferentes.

Segundo Michalski (2011), para obter um bom desempenho acústico entre ambientes, busca-se atenuar a transmissão de energia sonora de um ambiente para outro, ou seja, obter isolamento sonoro aéreo ou de impacto, através de pisos, paredes ou divisórias comuns. O isolamento sonoro entre ambientes ocorre quando há uma redução significativa da passagem de som de um ambiente para outro. Diversos tipos de materiais podem ser usados para proporcionar ou melhorar esse isolamento.

Nesse sentido, este trabalho analisa o desempenho acústico de portas externas em fachadas, partindo de uma situação real de instalação da porta e comparando-a as outras situações em que a esquadria receberá isolamento por adição de mecanismos de borracha ou elastômeros ao conjunto, para obtenção do índice R_w mais próximo ao da parede sem a esquadria.

2. OBJETIVO

Este trabalho analisa o impacto das portas externas no desempenho acústico de fachadas, através de uma análise pelo método de precisão realizado em laboratório, obtendo o índice de redução sonora ponderado (R_w), conforme metodologia descrita na NBR 15575-4 (ABNT, 2013).

3. MÉTODO

Este item caracteriza as amostras e os procedimentos normatizados utilizados para os ensaios.

3.1 Caracterização

Para a realização do trabalho, foi executada uma amostra da composição desejada a ser ensaiada em laboratório. A amostra consistiu em uma parede de 25 cm, composta por blocos cerâmicos de 19x19x29 cm e argamassados em ambas as faces, apresentando índice de redução sonora (R_w) de 48 dB. No centro desta parede, foi fixada uma porta maciça de madeira Angelim de 1,06 x 2,14m com massa de 52,9 kg, sem mecanismos de isolamento acústico para compor a análise da esquadria na fachada.

A escolha de uma parede de bom desempenho se deu para evitar que os resultados da porta fossem muito próximos aos da parede, assim dificultando a análise dos resultados.

Para a verificação do desempenho acústico da porta foram realizados ensaios de isolamento a ruído aéreo, seguindo os procedimentos do método de precisão realizado em laboratório, descrito na ISO 10140-2 (2010a), conforme recomendação da norma de desempenho NBR 15575-4 (ABNT, 2013). Os ensaios foram realizados em câmara reverberante do Laboratório de Acústica da Universidade Federal de Santa Maria, a qual segue as exigências da ISO 10140-4 (2010b) quanto aos equipamentos e características da câmara.

A amostra, posicionada ao centro da câmara reverberante, dividiu a câmara em duas partes, uma parte servindo como câmara de emissão, com 60 m³ de volume, ocupada pela fonte sonora e um microfone para aferir a intensidade de emissão. A outra, câmara de recepção, tendo um volume de 67 m³, em que recebe um microfone para aferir a intensidade de recepção do som, conforme a Figura 1. Para ambas as câmaras há controle da temperatura e umidade internas.

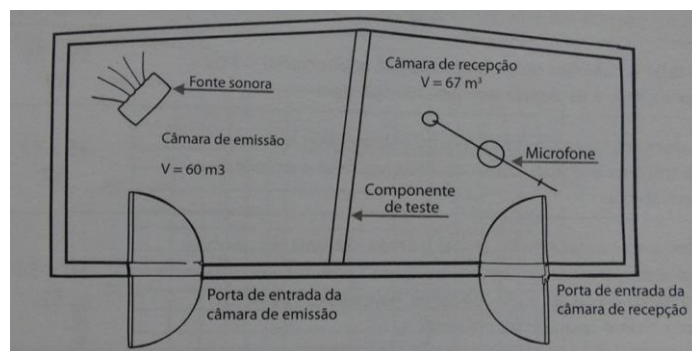


Figura 1 – Composição da amostra na câmara reverberante

Para a realização dos ensaios foram utilizados os seguintes instrumentos (todos contendo certificado de calibração atual): caixa acústica dodecaédrica e amplificador 01dB, modelo OMNI 12 e AMPLI 12; calibrador de nível sonoro Bruel & Kjør, modelo 4230 - classe 1; medidor de nível sonoro 01dB-Metravib - classe 1, modelo Black Solo; microfone capacitivo GRAS, modelo MCE 212; pré-amplificador de microfone 01dB-Metravib, modelo PRE 21 S; medidor de nível sonoro 01dB-Metravib, classe 1, modelo Blue Solo; termo-higrôbarometro digital, Instruterm, modelo THB100 e *software* 01dB, *dBbati Building acoustics* versão 5.3. - para aquisição e processamento de dados.

3.2. Análise do desempenho acústico segundo a NBR 15575-4/2013

A NBR 15575-4 (ABNT, 2013) apresenta requisitos e critérios de verificação do isolamento acústico entre os meios externo e interno, entre unidades autônomas e entre dependências de uma unidade e áreas comuns. Os métodos disponíveis para a verificação são: método de precisão realizado em laboratório, método de engenharia realizado em campo e o método simplificado de campo. Neste trabalho foi feita a verificação através do método de precisão realizado em laboratório, que considera a análise através das ISO 10140-2 (2010a) e ISO 717-1 (2013).

Também, segundo a NBR 15575-4 (ABNT, 2013), para avaliar um projeto com diversos elementos, é necessário ensaiar cada um e depois calcular o isolamento global do conjunto.

No quadro 1 são apresentados valores de referência para o isolamento acústico, considerando ensaios realizados em laboratório para sistemas construtivos utilizados em fachadas.

Quadro 1 – Índice de Redução Sonora ponderado (R_w) de fachadas

Classe de ruído	Localização da habitação	R_w dB ^a	Nível de desempenho
I	Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas	≥ 25	M
		≥ 30	I
		≥ 35	S
II	Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III	≥ 30	M
		≥ 35	I
		≥ 40	S
III	Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que esteja de acordo com a legislação	≥ 35	M
		≥ 40	I
		≥ 45	S

NOTA Os valores de desempenho de isolamento acústico medidos no campo ($D_{nT,w}$ e $D_{2m,nT,w}$) tipicamente são inferiores aos obtidos em laboratório (R_w). A diferença entre estes resultados depende das condições de contorno e execução dos sistemas (ver ISO 15712 e EN 12354).

^a R_w com valores aproximados

Fonte: ABNT, 2013.

3.3. Ensaios

A metodologia de ensaios utilizada foi o método de precisão realizado em laboratório, que consistiu em, inicialmente, mensurar o tempo de reverberação da câmara de recepção, medido por microfone. Posteriormente emite-se som na câmara de emissão, a qual recebeu a fonte sonora e um microfone de

mensuração de som emitido, ambos em ponto pré-definido.

Em seguida, foram realizadas cinco leituras com posições distintas para os microfones de ambas as câmaras e posição pré-definida para a fonte sonora. Finalizada a primeira bateria de ensaios, reposicionou-se a fonte sonora em outro ponto pré-definido e repetiu-se o procedimento em mais cinco leituras.

A norma estipula que sejam feitas no mínimo 3 leituras de pontos distintos nas câmaras. Neste trabalho, optou-se pela realização da escolha de 5 pontos de leitura, conforme a Figura 2.



Figura 2 – Pontos de leitura distribuídos nas câmaras

Com os dados coletados, realizaram-se a média dos valores de nível de pressão sonora na câmara de emissão e na câmara de recepção, que juntamente aos valores de umidade e temperatura correspondentes de cada câmara, definindo os resultados de cada um dos ensaios.

Os primeiros dois ensaios de desempenho acústico realizados partiram da comparação entre o modo de colocar a esquadria na parede impactando no desempenho acústico, em que no primeiro há a colocação de 8 pontos de espuma expansiva para fixação da porta e no segundo a colocação de espuma em toda a extensão do vão entre a esquadria e a parede:

- **Ensaio 1:** Porta chumbada com 8 pontos com espuma expansiva de poliuretano, contendo sistema de borracha original da porta e vão na parte inferior da porta de 5mm;
- **Ensaio 2:** Porta chumbada em toda sua extensão com espuma expansiva de poliuretano, contendo sistema de borracha original da porta e vão na parte inferior da porta de 5mm;

Nos seguintes ensaios foi definido o padrão de fixação da esquadria com espuma expansiva em toda a extensão do vão. Para o encontro da porta com o batente foi padronizada a utilização da borracha original, que é fornecido na aquisição da porta, conforme os ensaios 3 a 9:

- **Ensaio 3:** Porta chumbada em toda sua extensão com espuma expansiva de poliuretano, contendo sistema de borracha original da porta, vão na parte inferior da porta de 5mm e acréscimo de 10 mm do comprimento do batente (Figura 3);



Figura 3 – Porta na situação do Ensaio 3

- **Ensaio 4:** Porta chumbada em toda sua extensão com espuma expansiva de poliuretano, contendo sistema de borracha original da porta, vão na parte inferior da porta de 5mm e acréscimo de 5mm do comprimento do batente;
- **Ensaio 5:** Porta chumbada em toda sua extensão com espuma expansiva de poliuretano, contendo sistema de borracha original da porta, vão na parte inferior da porta de 5mm e acréscimo de um sistema de vedação de porta externo (Figura 4);



Figura 4 – Porta na situação do Ensaio 5

- **Ensaio 6:** Porta chumbada em toda sua extensão com espuma expansiva de poliuretano, contendo sistema de borracha original da porta, vão na parte inferior da porta de 5mm e acréscimo de um sistema de vedação de porta externo e interno;
- **Ensaio 7:** Porta chumbada em toda sua extensão com espuma expansiva de poliuretano, contendo sistema de borracha original da porta, vão na parte inferior da porta de 5mm, acréscimo de 5 mm do comprimento do batente e acréscimo de um sistema de vedação de porta externo (Figura 5);

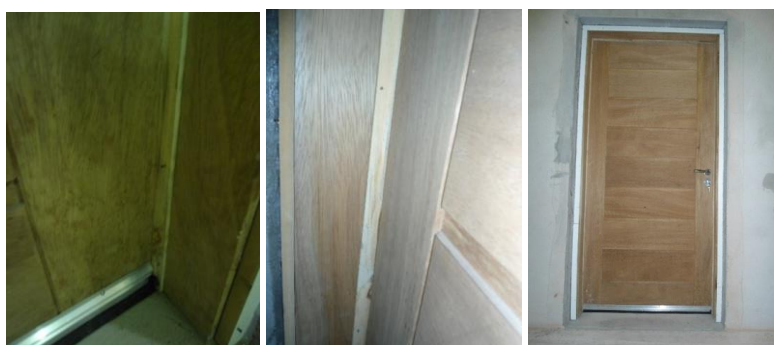


Figura 5 – Porta na situação do Ensaio 7

- **Ensaio 8:** Porta chumbada em toda sua extensão com espuma expansiva de poliuretano, contendo sistema de borracha original da porta, vão na parte inferior da porta de 5mm, acréscimo de um sistema de vedação de porta externo e interno e aplicação de adesivo elastômero triplo na parte interna (Figura 6);



Figura 6 – Porta na situação do Ensaio 8

- **Ensaio 9:** Porta chumbada em toda sua extensão com espuma expansiva de poliuretano, contendo sistema de borracha original da porta, vão na parte inferior da porta de 5mm, acréscimo de um sistema de vedação de porta externo e interno e aplicação de adesivo elastômero triplo na parte interna e externa;

Seguindo a ideia de ensaios para mensurar o efeito, no âmbito acústico, causado pelo sistema mecânico de borracha originalmente anexado ao vão da porta, foram feitos teste sem esse sistema. O procedimento para os ensaios está exposto a seguir:

- **Ensaio 10:** Porta chumbada em toda sua extensão com espuma expansiva de poliuretano, sem o sistema de borracha original da porta, com vão na parte inferior da porta de 5 mm e acréscimo de 10mm do comprimento do batente (Figura 7);



Figura 7 – Porta na situação do Ensaio 10

- **Ensaio 11:** Porta chumbada em toda sua extensão com espuma expansiva de poliuretano, sem o sistema de borracha original da porta, com vão na parte inferior da porta de 10 mm e acréscimo de 5 mm do comprimento do batente;
- **Ensaio 12:** Porta chumbada em toda sua extensão com espuma expansiva de poliuretano, sem o sistema de borracha original da porta, com vão na parte inferior da porta de 5 mm (Figura 8);



Figura 8 – Porta na situação do Ensaio 12

- **Ensaio 13:** Porta chumbada em toda sua extensão com espuma expansiva de poliuretano, sem o sistema de borracha original da porta, com vão na parte inferior da porta de 5 mm e acréscimo de 5mm do comprimento do batente (Figura 9);



Figura 9 – Porta na situação do Ensaio 13

- **Ensaio 14:** Porta chumbada em toda sua extensão com espuma expansiva de poliuretano, sem o sistema de borracha original da porta, com vão na parte inferior da porta de 5 mm e acréscimo de um sistema de vedação de porta ajustável (Figura 10);



Figura 10 – Porta na situação do Ensaio 14

Após ensaios utilizando o sistema mecânico de borracha e removendo-o, continuaram-se os testes com utilização de um sistema de vedação de fresta de borracha autocolante com uma espessura maior que o sistema original:

- **Ensaio 15:** Porta chumbada em toda sua extensão com espuma expansiva de poliuretano, sem o sistema de borracha original da porta, com vão na parte inferior da porta de 5 mm, acréscimo de 10mm do comprimento do batente e veda frestas de borracha autocolante de 5mm (Figura 11);



Figura 11 – Porta na situação do Ensaio 15

- **Ensaio 16:** Porta chumbada em toda sua extensão com espuma expansiva de poliuretano, sem o sistema de borracha original da porta, com vão na parte inferior da porta de 10 mm, acréscimo de 5 mm do comprimento do batente e veda porta ajustável (Figura 12);

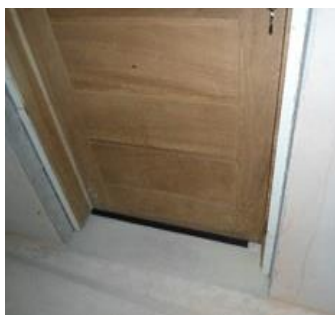


Figura 12 – Porta na situação do Ensaio 16

- **Ensaio 17:** Porta chumbada em toda sua extensão com espuma expansiva de poliuretano, com vão na parte inferior da porta de 5 mm, acréscimo de 5 mm do comprimento do batente e acréscimo de um sistema de vedação de fresta de borracha auto colante de 5mm (Figura 13);



Figura 13 – Porta na situação do Ensaio 17

- **Ensaio 18:** Porta chumbada em toda sua extensão com espuma expansiva de poliuretano, sem o sistema de borracha original da porta, com vão na parte inferior da porta de 5 mm, acréscimo de 5mm do comprimento do batente, acréscimo de um sistema de vedação de fresta de borracha autocolante de 5mm e veda-porta externo (Figura 14);

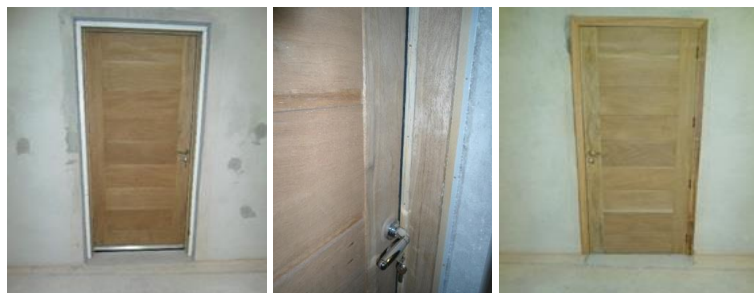


Figura 14 – Porta na situação do Ensaio 18

- **Ensaio 19:** Porta chumbada em toda sua extensão com espuma expansiva de poliuretano, com vão na parte inferior da porta de 5 mm, acréscimo de 5 mm do comprimento do batente, acréscimo de um sistema de vedação de fresta de borracha autocolante de 5mm e veda-porta ajustável (Figura 15);



Figura 15 – Porta na situação do Ensaio 19

- **Ensaio 20:** Porta chumbada em toda sua extensão com espuma expansiva de poliuretano, com vão na parte inferior da porta de 5 mm, acréscimo de 5 mm do comprimento do batente, acréscimo de um sistema de vedação de fresta de borracha autocolante de 5mm e veda-porta ajustável (com aplicação de adesivo elastômero nas frestas restantes), como exposto na Figura 16;



Figura 16 – Porta na situação do Ensaio 20

- **Ensaio 21:** Porta chumbada em toda sua extensão com espuma expansiva de poliuretano, com vão na parte inferior da porta de 5 mm, acréscimo de 5 mm do comprimento do batente, acréscimo de um sistema de vedação de fresta de borracha autocolante de 5mm e peso de areia na face interna e externa da porta (com aplicação de adesivo elastômero nas frestas restantes) conforme a Figura 17;



Figura 17 – Porta na situação do Ensaio 21

- **Ensaio 22:** Porta chumbada em toda sua extensão com espuma expansiva de poliuretano, com vão na parte inferior da porta de 5 mm, acréscimo de 5mm do comprimento do batente, acréscimo de um sistema de vedação de fresta de borracha autocolante de 5mm e acréscimo de um sistema de vedação de porta externo e interno (Figura 18);

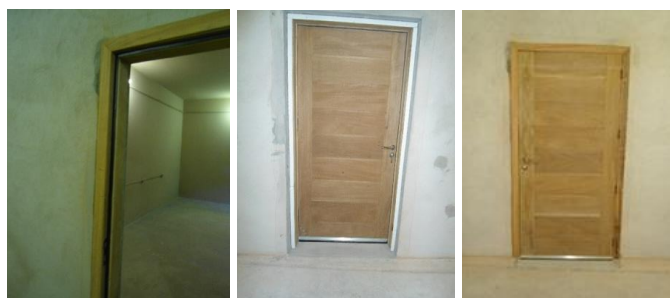


Figura 18 – Porta na situação do Ensaio 22

Foi realizado um último ensaio com a utilização de um adesivo elastômero triplo na parte interna e

externa, a fim de obter uma eliminação completa por possíveis frestas onde o som poderia passar, obtendo-se o máximo valor de R_w , conforme:

- **Ensaio 23:** Porta chumbada em toda sua extensão com espuma expansiva de poliuretano, contendo vão na parte inferior da porta de 5 mm e aplicação de adesivo elastômero triplo na parte interna e externa das frestas (Figura 19);



Figura 19 – Porta na situação do Ensaio 23

4. RESULTADOS

Os resultados do primeiro ensaio, com a porta sem isolamento, apresentou índice de redução sonora de $R_w = 20$ dB e o índice de redução sonora ponderado do conjunto (parede + porta) de $R_w = 28$ dB, muito inferior ao desempenho da fachada originalmente sem a esquadria, a qual apresentava 48 dB.

A Figura 20 demonstra o comportamento da porta, através da curva do índice de redução sonora.

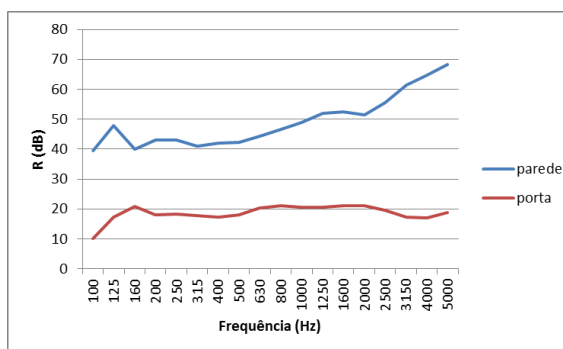


Figura 20 – Curva do R_w da porta com características do Ensaio 1

Com a adição de mecanismos de borracha ou elastômeros ao conjunto, para obtenção do índice R_w mais próximo ao da parede sem esquadria, obtiveram-se resultados conforme os outros 22 ensaios realizados, apresentados no Quadro 2. Estes foram relacionados aos índices de desempenho estipulados pela NBR 15575-4 (ABNT, 2013), como foi descrito no item 3.2 deste trabalho.

Quadro 2 – Índice de redução sonora e nível de desempenho dos ensaios

Ensaio	R_w (porta)	R_w (fachada)	Desempenho Classe I	Desempenho Classe II	Desempenho Classe III
Ensaio 1	20 dB	28 dB	M	-	-
Ensaio 2	21 dB	28 dB	M	-	-
Ensaio 3	24 dB	32 dB	I	M	-
Ensaio 4	22 dB	30 dB	I	M	-
Ensaio 5	22 dB	30 dB	I	M	-
Ensaio 6	24 dB	32 dB	I	M	-
Ensaio 7	25 dB	33 dB	I	M	-
Ensaio 8	28 dB	36 dB	S	I	M
Ensaio 9	29 dB	37 dB	S	I	M
Ensaio 10	22 dB	30 dB	I	M	-
Ensaio 11	17 dB	26 dB	I	M	-
Ensaio 12	19 dB	27 dB	M	-	-
Ensaio 13	21 dB	29 dB	M	-	-
Ensaio 14	21 dB	29 dB	M	-	-
Ensaio 15	23 dB	30 dB	I	M	-
Ensaio 16	23 dB	30 dB	I	M	-

Ensaio	R _w (porta)	R _w (fachada)	Desempenho Classe I	Desempenho Classe II	Desempenho Classe III
Ensaio 17	23 dB	30 dB	I	M	-
Ensaio 18	26 dB	33 dB	I	M	-
Ensaio 19	27 dB	35 dB	S	I	M
Ensaio 20	29 dB	37 dB	S	I	M
Ensaio 21	29 dB	37 dB	S	I	M
Ensaio 22	28 dB	36 dB	S	I	M
Ensaio 23	30 dB	38 dB	S	I	M

Pode-se verificar que a melhor configuração dos sistemas de isolamento é a do Ensaio 23, que consiste da porta chumbada em toda sua extensão com espuma expansiva de poliuretano, contendo vão na parte inferior da porta de 5 mm e aplicação de adesivo elastômero triplo na parte interna e externa das frestas, com a porta atingindo R_w de 30 dB, que tem seu comportamento exposto na curva da Figura 21.

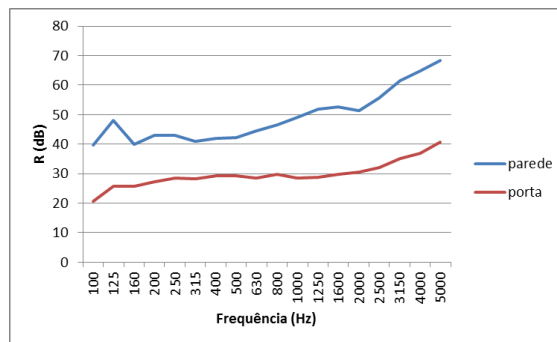


Figura 21 – Curva do R_w da porta com características do Ensaio 23

5. CONCLUSÕES

Após análise de resultados do índice de redução sonora dos ensaios em uma porta externa com expectativa a atender aos níveis de desempenho da NBR 15575 (ABNT, 2013), verificou-se que, a porta originalmente sem isolamento, atenderia apenas ao nível mínimo da norma para edificações da classe I. Nas situações em que a porta recebeu isolamento por adição de mecanismos de borracha ou elastômeros ao conjunto, poucos ensaios atenderam ao desempenho mínimo da norma para a classe III, porém na classe I, todas as situações apresentam algum nível de desempenho, seja mínimo, intermediário ou superior. Na classe II, alguns conjuntos não atenderam nenhum nível de desempenho e outros se classificaram como mínimo ou intermediário. De todas as configurações, as que melhor se destacaram foram as dos Ensaios 9, 20, 21 e 23, em que a relação comum entre eles se deve ao fato de todos apresentarem um sistema de vedação do vão inferior, há também a eliminação de frestas no encontro da porta com o batente, seja por meio da utilização de fita adesiva elastômero ou da borracha de configuração inicial da porta ou pela utilização de um sistema autocolante de 5 mm, com esses dois últimos associados a um acréscimo de 5 mm de batente, para corrigir possíveis frestas existentes por deformidade da porta ou batente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-4**: Edificações Habitacionais – Desempenho Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 10140-2**: Acoustics - Laboratory measurement of sound insulation of building elements - Part 2: Measurement of airborne sound insulation. ISO, 2010a.
- _____. **ISO 10140-4**: Acoustics - Laboratory measurement of sound insulation of building elements - Part 4: Measurement procedures and requirements. ISO, 2010b.
- _____. **ISO 717-1**: Acoustics - Rating of sound insulation in buildings and of building elements - Part 1: Airborne sound insulation. ISO, 2013.
- MICHALSKI, R. L. X. N. **Metodologias para medição de isolamento sonoro em campo e para expressão da incerteza de medição na avaliação do desempenho acústico de edificações**. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, 2011.