



AVALIAÇÃO DO ISOLAMENTO ACÚSTICO DE PORTAS DE ALTA DENSIDADE COM MELHORIAS NA VEDAÇÃO DAS FRESTAS

Maria Luiza de Ulhôa Carvalho (1); Cândida de Almeida Maciel (2); Rodrigo Junqueira Calixto (3)

(1) Departamento de acústica, Prodesivo Indústria e Comércio Ltda. – Distrito Federal, Brasil –
e-mail: luizaled@gmail.com

(2) Departamento de acústica, Prodesivo Indústria e Comércio Ltda. – Distrito Federal, Brasil –
e-mail: candida@prodesivo.com.br

(3) Laboratório de Tecnologia do Ambiente Construído – Departamento de apoio e controle
técnico – Furnas Centrais Elétricas, S. A. – Goiás, Brasil – e-mail: rcalixto@furnas.com.br

RESUMO

O Projeto de Norma CE-02:136.01 da ABNT sobre Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos trouxe novos cuidados aos fabricantes de portas que anteriormente não se preocupavam com questões de conforto acústico. O isolamento acústico dos elementos construtivos como portas e janelas se torna fundamental para o bom desempenho do sistema como um todo. Neste trabalho, são avaliados dois tipos de portas acústicas, uma de folha única e outra de folha dupla, quanto ao índice de redução sonora ponderado - R_w . A massa das portas foi reforçada com madeira de alta densidade e houve cuidado com a vedação das frestas. Na porta de folha única foi utilizado um sistema de guilhotina para vedação de sua parte inferior, eliminando, desta forma, a necessidade de instalação de um anteparo no piso. Este recurso garante a boa circulação de deficientes físicos e crianças. Já na porta dupla, mais usual em locais muito sensíveis a ruídos externos, foram executados dentes criando batente duplo ao longo do portal, além do revestimento com carpete para obtenção de uma melhor vedação. O encontro do portal com a folha da porta é muito importante para o isolamento sonoro, pois o desempenho da porta pode ter redução em até 30% quando não são tomados os devidos cuidados para vedação das frestas. As portas foram fornecidas pela PRODESIVO Indústria e Comércio Ltda. e os ensaios foram realizados no Laboratório de Tecnologia do Ambiente Construído de FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS S.A.

Palavras-chave: portas acústicas; vedação; índice de redução sonora ponderada.

ABSTRACT

The ABNT Brazilian standard project on the performance of up to five-floor-high buildings for housing has made door manufacturers more aware of the acoustic comfort issue. Acoustic isolation of building elements such as doors and windows is essential to the system as a whole. In this study, two types of acoustic doors – single and double are evaluated according to the weighted sound reduction index – R_w . The mass of the doors was reinforced and special care was taken to seal cracks. On the single door the guillotine cutter system was used at the bottom for better sealing, eliminating the need for a doorstep. This allows easy circulation especially for the handicapped and children. The double door, more usual in places where external noise must be eliminated to a higher degree, received indents all around the doorway as well as being carpeted for better sealing. Perfect

matching of door and frame is important for sound reduction as its performance can drop as much as 30% if cracks are not well closed. The doors studied were supplied by PRODESIVO Industria e Comércio Ltda. And tests were run in the Constructed Environment Technology Laboratory in FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS S.A.

Keywords: acoustic doors; sealing; weighted sound reduction index.

1 INTRODUÇÃO

A proposta inicial deste trabalho foi apresentar resultados de ensaios do índice de redução sonora de duas portas acústicas de madeira com melhoria na vedação das frestas. Em busca de uma referência do mercado, incluiu-se nos ensaios uma porta comum, o que nos permite comparar o isolamento sonoro não só de portas acústicas, mas também das mesmas em relação à porta comum.

1.1 Desempenho acústico

Num movimento positivo, a construção civil tem colocado a acústica como atrativo de seu empreendimento. No entanto, a qualidade do desempenho acústico da edificação precisa evoluir. Pesquisas de satisfação do cliente colocam a pontuação dos itens de acústica em último lugar (MACIEL, 2005). Ruído pelo fosso de ventilação, ruído de impacto, ruído de elevadores e vizinhos barulhentos são apenas alguns dos casos de desconforto acústico.

Neste trabalho será abordado o desempenho acústico de portas, uma das partes integrantes do sistema construtivo em qualquer ambiente construído. A finalidade de uso das portas acústicas não se limita a aeroportos ou laboratórios de acústica, estendendo-se a consultórios médicos ou psiquiátricos e até residências com moradores mais sensíveis.

Segundo Samir Gerges, a presença de um furo ocupando 10% de uma parede reduz em até 30% o seu desempenho original (GERGES, 1992). Por isso, para um bom desempenho acústico, deve-se ter muita cautela com a execução dos encontros e conexões dos elementos do conjunto. Quanto mais frestas houver entre a folha, o batente e o portal, menor será o índice de redução sonora global do sistema construtivo.

A instalação da porta é uma etapa crítica e, se realizada de forma displicente, gera baixo isolamento acústico (HARRIS, 1979). Isto pode ocasionar gastos desnecessários na obra, visto que uma vedação eficiente pode vir a ser cara. Assim, a mão de obra para instalação deve ser bem acompanhada e especializada para garantir o seu bom desempenho.

Portas com índice de redução sonora superior a 25 dB são alcançadas somente naquelas tecnicamente trabalhadas para este fim (SHARLAND, 1990). Como o uso de madeira na formação de portas é mais ocorrente em habitações residenciais, neste trabalho, aplicou-se a madeira e seus derivados ao invés de chapas metálicas com lã de rocha geralmente usadas em portas acústicas.

1.2 Laboratório de Tecnologia do Ambiente Construído - LASC

O Laboratório de Tecnologia do Ambiente Construído – LASC de Furnas Centrais Elétricas S.A. conta com a instalação de três câmaras acústicas: uma emissora, uma receptora e uma superior (Figura 1 (a)). A câmara emissora possui este nome por comportar a fonte sonora que emite o ruído branco na avaliação do índice de redução sonora. Já a câmara receptora, além de captar o ruído branco, também possui a característica de ser reverberante. O volume cúbico das câmaras emissora e reverberante são 70,53 m³ e 152,72 m³, respectivamente. Ambos os volumes estão dentro do

estabelecido pela ISO 140-1 que determina o volume mínimo de 50 m³ para laboratórios de acústica.

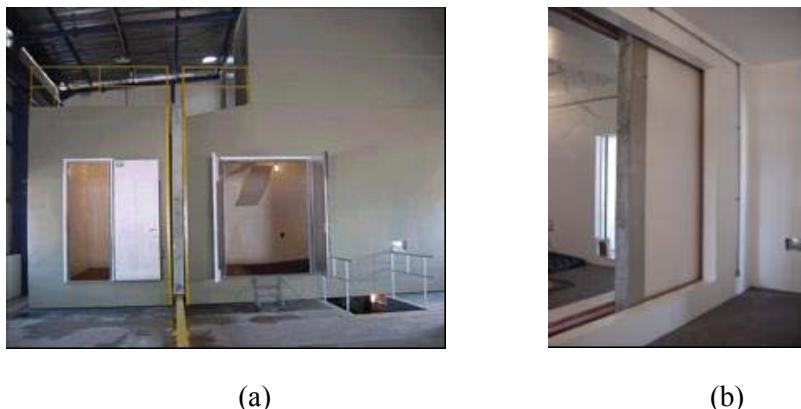


Figura 1 – Vista frontal das câmaras acústicas (a) e vista lateral do slide padrão (b).

Há um pórtico móvel separando as duas câmaras acústicas onde é instalada a amostra, chamada de slide. A título de calibração das câmaras para o ensaio de redução sonora foi criado o slide padrão (Figura 1 (b)) constituído de tijolo maciço rebocado dos dois lados com espessura aproximada de 13 cm e área de amostra de 3 x 4 m. Ele possui o índice de redução sonora ponderado entre 43 e 45 decibéis. Este valor é uma referência em várias publicações técnicas de acústica (GERGES, 1992; DE MARCO, 1990), e restringe o desempenho dos elementos construtivos analisados no laboratório a obter, no máximo, valores dentro desta faixa. Somente em casos de amostras constituídas de material mais eficiente que o tijolo maciço poderá o índice de redução sonora no laboratório obter valores maiores que 45 dB.

1.3 Projeto de Norma – Desempenho de Edificações de até 5 pavimentos

A comissão de estudo CE-02:136.01 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) está discutindo um conjunto de normas de desempenho para edificações de até 5 pavimentos que analisa o desempenho acústico, entre outros. A parte 4 daquele documento faz referência ao desempenho acústico de paredes com portas, no item Fachadas e Paredes Internas.

Segundo o projeto de norma três métodos são indicados para avaliação do desempenho acústico: o método de laboratório, o método de engenharia e o método simplificado. O primeiro determina resultados aplicáveis em qualquer projeto acústico, sendo necessário obter resultados de cada componente para calcular o isolamento global do conjunto. Os outros métodos são realizados em campo e os resultados se restringem às condições do sistema construtivo analisado.

Neste trabalho, foi realizado o método de laboratório que indica o uso da ISO 140-3 e ISO 717-1. Através deste método se obteve o Índice de Redução Sonora Ponderado - R_w . O projeto de norma coloca critérios de laboratório somente para amostras de parede cega e orienta o uso dos critérios para ensaios de campo nos casos de paredes com portas através de uma nota no final da Tabela 24 “Nota 3: De forma a verificar o desempenho global, incluindo portas, e na ausência de valores de R_w para paredes com portas, adotar os valores constantes da Tabela 23, relativos a medidas em campo”. Assim, neste trabalho, foram adotados estes critérios de campo, também conhecidos como a diferença padronizada - D_n - entre ambientes.

É bom ressaltar que os critérios estabelecidos são apenas uma fonte de referência para os fabricantes buscarem maior qualidade nos produtos, não devendo ser tomados como uma lei que

elimina ou excluiu um fornecedor do mercado. A tolerância nos resultados admite uma incerteza global no R_w de ± 2 dB, sendo 1 dB na medição e 1 dB para garantir a representabilidade da amostra ensaiada.

2 OBJETIVO

O objetivo deste artigo é avaliar o desempenho de índice de redução sonora ponderado R_w de duas portas acústicas de madeira apresentando uma porta comum como referência de uma porta sem tratamento acústico.

3 METODOLOGIA

3.1 Amostragem

Três portas de madeira foram fornecidas e instaladas para realização dos ensaios: uma porta de folha única – 1 (Figura 2 (a)), uma porta de duas folhas – 2 (Figura 2 (b)) e uma porta comum – 3 (Figura 2 (c)).

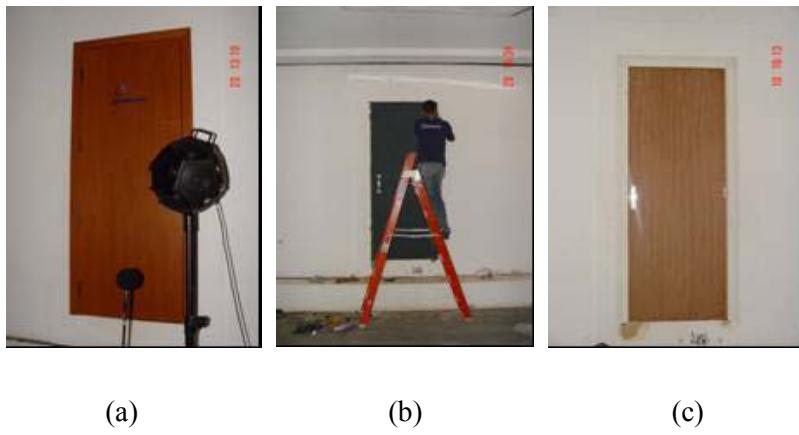


Figura 2 – Vista frontal da instalação da porta 1 (a), da porta 2 (b) e da porta 3 (c).

Todas as portas possuem o tamanho de 80 x 210 cm variando a espessura e composição. Suas características estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1 – Descrição das portas.

Amostra	Porta folha única 1	Porta de duas folhas 2	Porta comum 3
Espessura da folha	65 mm	2 x 65 mm	35 mm
Peso do conjunto	95 kg	180 kg	51 kg
Composição da folha	Madeira maciça (pinho) 35 mm + MDF 30 mm	Madeira maciça (pinho) 35 mm + MDF 30 mm	Madeira comum de 3 mm de cada lado – oca – duas folhas com estrutura de ripas de madeira espacamento de 100 mm
Revestimento da folha	Laminado de madeira	Carpete de 5 mm	Laminado de madeira
Constituição do portal	MDF 30 mm	MDF 30 mm	Madeira maciça (castanheira) 45 mm

O desenho de cada porta foi diferenciado no encontro da folha com o batente e a soleira, salvo a porta 3 que tem desenho tradicional. Nas portas 1 e 2, há a presença de batentes nas laterais e na parte superior do portal (Figura 3 (a) e (b)).



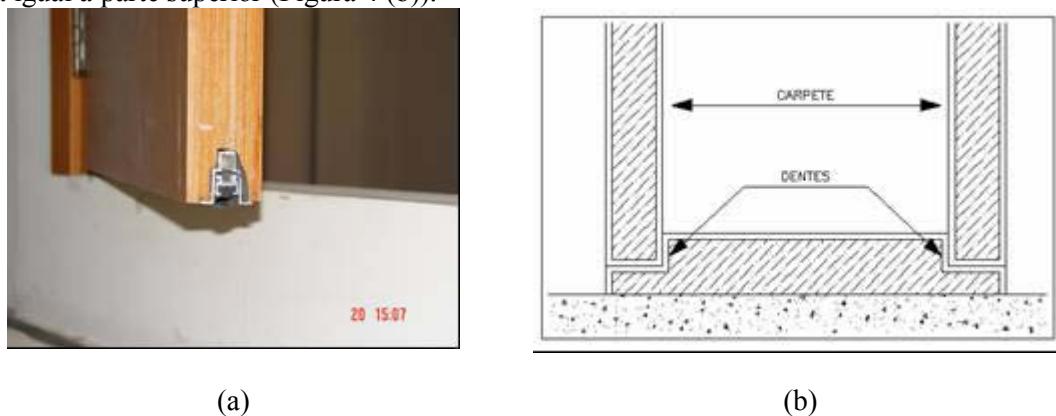
(a)

(b)

Figura 3 - Detalhe dentes porta 1 (a) e porta 2 (b).

O recurso de batentes no encontro da folha com o portal tem como finalidade dificultar a propagação do som nas frestas. Como a porta é um sistema móvel, abre e fecha, o ideal é que seja de fácil manuseio, com a vedação garantida. Assim para dar eficiência ao sistema é colocado material resiliente entre a folha e o marco. No caso da porta 1, colou-se borracha de vedação esponjosa auto adesiva de 5 x 19 mm no batente. Já na porta 2, o revestimento em carpete de 5 mm fez a vedação necessária.

Além da borracha esponjosa a porta 1 teve vedação na soleira com o produto Veda Porta Automático instalado internamente na folha da porta (Figura 3 (a)). Já a porta 2 teve batente na soleira igual à parte superior (Figura 4 (b)).



(a)

(b)

Figura 4 - Vista da soleira da porta 1 (sistema de Veda Porta Automático) (a) e desenho esquemático da soleira com batente da porta 2 (b).

Foi utilizado o sistema Veda Porta Automática com o intuito de deixar o piso livre de obstáculos e garantir algum tipo de vedação. Em escolas e auditórios este recurso é muito benéfico, pois previne os usuários de esbarrar ou tropeçar no trajeto pela porta. No entanto, mais estudos seriam necessários para validar a sua eficiência.

O ideal seria ter o maior número de batentes com vedação eficiente nas quatro laterais da porta, porém a praticidade da construção, da manutenção e do uso ficaria prejudicada. Por isto foi avaliado os dois sistemas com anteparo na soleira na (porta 2) e sem anteparo (porta 1).

As portas 1 e 2 foram fabricadas e instaladas pela equipe da Prodesivo Indústria e Comércio Ltda e acompanhada pelo laboratório. A porta 3 foi instalada por mão de obra local. Após a fixação do portal na parede do slide, as juntas entre o marco e a parede foram preenchidas com silicone multiuso em todo perímetro e colocado o alizar nas três portas analisadas neste trabalho.

3.2 Procedimento de ensaio

O procedimento realizado pelo LASC baseou-se na ISO 140-3 e na ISO 717-1. O processo envolve a calibração inicial e final dos microfones e a coleta das variáveis da eq. 1.

$$R = L1 - L2 + 10 \log \left(\frac{S}{A} \right) \quad (\text{eq.1})$$

Onde o R é o índice de redução sonora, o L1 e o L2 são os níveis de pressão sonora instantânea devido a qualquer vibração que ocasione esta variação dentro da câmara emissora (L1) e dentro da câmara receptora (L2). O S é a área do corpo de prova em m^2 . E o A é área equivalente de absorção, obtido pelo tempo de reverberação que consiste no tempo para o decaimento de 60 dB após o cessar do ruído da fonte sonora, representado pela eq. 2.

$$T = 0.163 \left(\frac{V}{A} \right) \quad (\text{eq.2})$$

O T representa o tempo de reverberação e o V o volume do recinto, no caso, o volume da câmara reverberante. Além destas variáveis é também coletado o ruído de fundo ou ambiente, B2, na câmara receptora. O ruído de fundo é base norteadora para caracterizar o nível de pressão sonora a ser emitido durante o ensaio. Pela norma, para a coleta do L1 e L2, o nível de pressão sonora na câmara receptora deve ficar de 10 a 15 dB acima do ruído de fundo. Já na coleta do tempo de reverberação dentro da câmara reverberante, T2, o nível de pressão sonora deve ficar, no mínimo, 25 dB acima do ruído de fundo. Este valor é maior devido à necessidade de avaliar a curva de decaimento do tempo de reverberação.

A coleta do L1 e o L2 são feitas por microfones simultâneos nas câmaras, emissora e receptora respectivamente. Já o T2 é captado somente na câmara receptora. Esta coleta é a mais sensível pois, além de emitir o ruído mais elevado, a umidade relativa e a temperatura na câmara devem ser controladas.

Após o ensaio e o cálculo do R pela eq. 1, os valores das terças de oitavas das freqüências 100 a 3150 Hz são comparados com os valores de uma curva padrão estabelecida pela ISO 717-1. Este procedimento resulta na ponderação do índice de redução sonora e tem como produto o valor único do índice de redução sonora ponderado a 500 Hz, conhecido como R_w .

3.2.1 Montagem de ensaio

No ensaio foram utilizados os seguintes equipamentos: fonte sonora onidirecional 4296, amplificador de potência 2716, analisador de ruído em tempo real 2260, microfones 4189, calibrador 4231 e cabos de ligação (Figura 5).

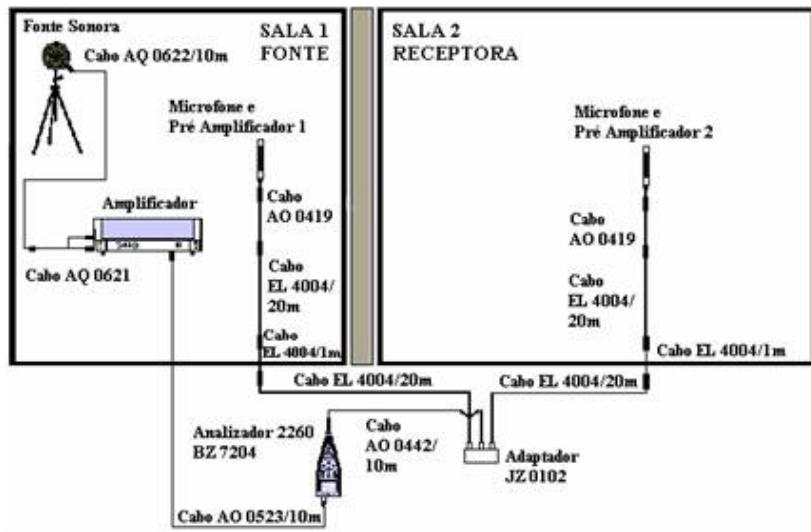


Figura 5 - Esquema de montagem de equipamentos.

Todos os equipamentos são da Brüel & Kjaer e estão devidamente calibrados.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1 Índice de redução sonora e Índice de redução sonora ponderado

4.1.1 Porta acústica de folha única

Os resultados da porta acústica de folha única estão apresentados no Gráfico 1. Inicialmente ela teve baixo desempenho, representado na curva inferior azul. Houve uma revisão nas frestas onde foi acrescentado mais uma camada de borracha esponjosa nas frestas e a colocação da borracha em locais que não possuíam ainda. Este reforço de material resiliente resultou na curva superior vermelha (Gráfico 1 (a)) que resultou num ganho de 4 decibéis na curva de ponderação do R_w (Gráfico 1 (b)).

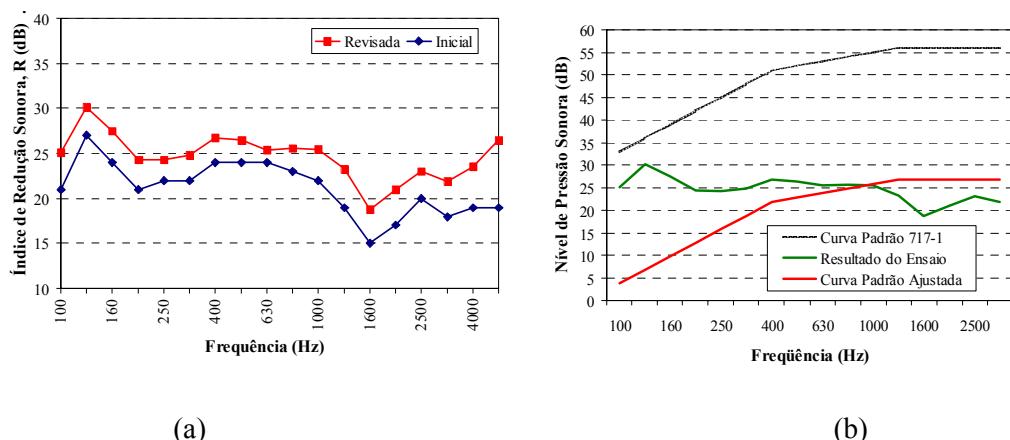


Gráfico 1 – Índice de redução sonora – R para porta 1 inicial e revisada (a) e índice de redução sonora ponderado - R_w para a porta 1 revisada (b) (dados do LASC, 2005)

O valor único ponderado a 500 Hz do Índice de Redução Sonora da porta 1 ficou inicialmente em 19 dB e após revisão em 23 dB.

4.1.2 Porta acústica de folha dupla

A segunda porta, constituída de duas folhas e revestida com carpete, obteve os resultados representados no Gráfico 2. Foi avaliado o sistema com as duas folhas fechadas e uma das folhas aberta, resultando na curva superior azul e na curva inferior vermelha respectivamente (Gráfico 2 (a)).

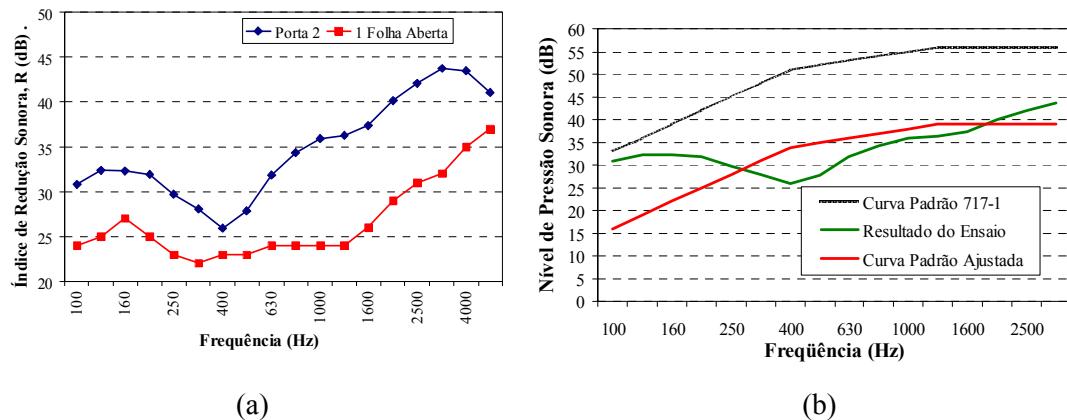


Gráfico 2 – Índice de redução sonora – R para porta 2 (a) e índice de redução sonora ponderado - R_w para a porta 2 (b) (dados do LASC, 2005)

O Índice de Redução Sonora Ponderado a 500 Hz da porta 2 com uma folha fechada resultou em 26 dB e com as duas folhas fechadas em 35 dB.

4.1.3 Porta comum

A terceira porta, usada como referência de porta sem tratamento acústico, obteve os resultados representados no Gráfico 3. Nesta porta não houve nenhuma vedação no encontro da folha com o batente.

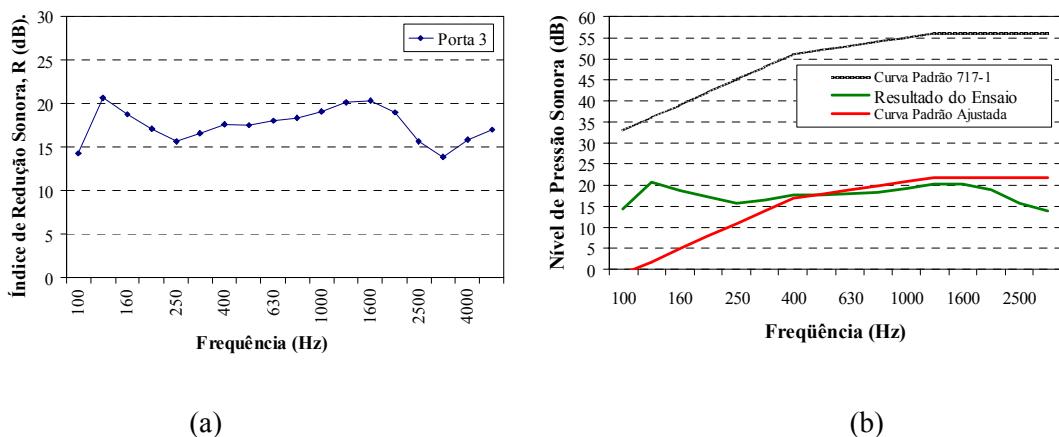


Gráfico 3 – Índice de redução sonora – R para porta 3 (a) e índice de redução sonora ponderado - R_w para a porta 3 (b)

O Índice de Redução Sonora Ponderado a 500 Hz da porta comum resultou em 18 dB.

4.2 Avaliação frente ao projeto de norma CE-02:136.01 da ABNT

O projeto de norma tem cinco categorias para avaliar o desempenho acústico de paredes internas e de fachada. Como o elemento construtivo estudado aqui é a porta, duas das categorias não foram consideradas. A categoria de parede de dormitório entre unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores, halls e escadarias nos pavimentos-tipo foi desconsiderada, pois geralmente não existe porta na parede entre dormitório e as áreas descritas. Já a categoria parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação) foi descartada porque, no geral, vizinhos não compartilham de uma parede com porta.

A avaliação dos elementos construtivos se dividem em mínimo, intermediário e superior. A porta comum não chegou a classificar em nenhuma das categorias do projeto de norma. Já a porta de folha única classificou em uma categoria e a porta de duas folhas em duas categorias.

A porta de folha única conseguiu alcançar o desempenho mínimo de 25 dB incluindo as incertezas, para parede entre ambientes de uma mesma unidade habitacional. Já a porta de folha dupla obteve classificação intermediária de 35 dB na categoria: paredes de uma mesma unidade e paredes de salas e cozinhas entre unidades habitacionais e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores, halls e escadaria nos pavimentos-tipo. A porta de folha dupla também obteve o nível de desempenho superior com o mesmo valor de 35 dB na categoria: parede entre ambientes de uma mesma unidade habitacional.

4.3 Conclusão

O desempenho de isolamento acústico de portas não segue as previsões da lei das massas, sendo os valores de ensaio sempre inferiores (GINN, 1978). Apesar disto os resultados das duas portas acústicas de madeira deste trabalho estão dentro do esperado e descrito na literatura.

Uma porta maciça de 5 cm com frestas normais nos cantos isola cerca de 25 dB (MARCO, 1990). O desempenho obtido pela porta acústica de folha única neste trabalho foi de 23 dB, no entanto, as frestas não foram normais, houve algum cuidado com a vedação das mesmas. Se mais atenção for colocada nos encontros, uma porta simples e pesada poderá chegar a valores acima de 30 dB (HARRIS, 1979). Isto ressalta como a instalação de uma porta é um momento crítico e deve ser muito bem projetado e acompanhado para garantir o isolamento acústico.

Observou-se que, após a revisão das frestas da porta acústica de folha única, houve um ganho aproximado de 20% no valor do índice de redução sonora ponderado. Isto vem a confirmar a colocação feita anteriormente em que as aberturas podem reduzir em até 30% o rendimento do isolamento acústico (GERGES, 1992). Assim, com o intuito de melhorar o nível de isolamento da porta acústica de folha única será avaliado o uso de borracha similar a de frigoríficos ou carpete de 5 mm colado entre a folha e o batente.

Para isolamento superior a 25 dB sugere-se o uso de uma segunda folha na porta (MARCO, 1990). A porta de duas folhas obteve 35 dB, um desempenho ótimo, porém tem o potencial de alcançar até 45 dB. Para obter um ganho no índice de redução sonora desta porta, um estudo mais aprofundado seria necessário.

Frente aos critérios do projeto de norma CE-02:136.01, estas portas também tiveram resultados satisfatório. A porta de duas folhas teve nível de desempenho superior, o máximo a ser atingido

dentro dos critérios do projeto de norma. O fato é que o uso de portas de folha dupla não é muito recorrente em instalações prediais e o desempenho da porta de folha única ainda se encontra com valor mínimo em somente uma das categorias do projeto da ABNT. Daí a importância em aprimorar o isolamento acústico da porta de folha única.

Assim os resultados obtidos neste trabalho são parâmetros iniciais e norteadores para a avaliação do desempenho acústico das duas portas de madeira descritas. É importante reforçar que uma análise mais profunda deve ser realizada para atingir a melhoria deste elemento construtivo. Com isto, a eficiência do isolamento sonoro nas edificações será beneficiada e consequentemente a qualidade de vida dos usuários.

5 REFERÊNCIAS

ARAÚJO, M. A. N.; GERGES, S. N. Y.; BARRY, P. J.; PIZZUTTI, J. L.; MENDEZ, M. A.; SERRA, M. R.; TAIBO, L. Comparação Laboratorial em medição de absorção sonora em câmaras reverberantes. In: **Revista de Acústica e Vibrações**. Florianópolis: SOBRAC, Dez/1998. p. 2-8. (Publicação, 22)

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.151**: Avaliação do nível ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade. Rio de Janeiro: ABNT, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.152**. Nível de ruído para o conforto acústico. Rio de Janeiro, 1987.

GERGES, S. N. Y. **Ruído, Fundamentos e Controle**. Florianópolis: NR Editora, 1992.

GINN, K. B. **Architectural Acoustics**. Naerum, Denmark: Brüel & Kjaer, 1978.

HARRIS, C. M. **Handbook of Noise Control**. New York: McGraw-Hill, Inc., 1979.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Acoustic – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 3: Laboratory Measurements of Airbone Sound Insulation of Building Elements. **ISO 140-3**. ISO/TC. Genebra, 1995.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Acoustic – Rating of sound insulation in buildings and of building elements – Part 1: Airbone Sound Insulation. **ISO 717-1**. ISO/TC. Genebra, 1996.

MACIEL, C.; LORENÇO FILHO, H. Acústica em imóveis residenciais. In: **Revista Cenário Metas em Construção**. Brasília: SINDUSCON/DF, Nov-Dez/2005. p. 20-22. (Publicação, 1, Volume 1, Ano 1)

MARCO, C. S. De. **Elementos de Acústica Arquitetônica**. São Paulo: Nobel, 1990.

SHARLAND, I. **Woods practical Guide to Noise Control**. Great Britain: Woods of Colchester Ltd, 1990.

6 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS S. A. e à PRODESIVO Indústria e Comércio Ltda. e todos aqueles que tenham contribuído de alguma forma para o desenvolvimento deste trabalho.