

MELHORIA DO DESEMPENHO ACÚSTICO EM PEITORIL VENTILADO

Oiticica, Maria Lúcia G. R.¹, Bertolli, Stelamaris R.²

¹ Doutoranda da Faculdade de Engenharia Civil e Arquitetura da Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP – SP, Brasil.

mloiticica@hotmail.com

² Profa. Dra. da Faculdade de Engenharia Civil e Arquitetura da Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP – SP, Brasil.

rolla@fec.unicamp.br

Resumo

Um edifício pode ser mais eficiente energeticamente que outro quando o mesmo proporciona as mesmas condições ambientais com menor consumo energético. O peitoril ventilado é um dispositivo em formato geralmente em “L” invertido, sobreposto a uma abertura localizada no peitoril abaixo das janelas, que tem por finalidade atuar como fonte complementar do movimento de ar proporcionado pelas aberturas. Este trabalho teve o objetivo de investigar através de protótipos a melhoria do desempenho acústico do peitoril ventilado em uma fachada. A metodologia do trabalho consiste na avaliação do isolamento acústico aéreo proporcionado por uma fachada na qual se insere uma janela com abertura fixa protegida pelo peitoril ventilado. Para esse trabalho foi escolhida a configuração de melhor desempenho das pesquisas anteriores dos autores, onde o elemento foi modificado alterando-se algumas de suas superfícies através da inserção de absorvedores e ressonadores. Constatou-se melhora no desempenho acústico nestes elementos de fachada ao manipular suas superfícies onde poderá acarretar em melhoras nas condições acústica dentro das edificações com menor consumo energético.

Palavras-chave: eficiencia energética, arquitetura passiva, peitoril ventilado, desempenho acústico.

Abstract

A building can be more energy-efficient as another when it provides the same environmental conditions with lower energy consumption. The ventilated window sill is a device generally in “L” inverted, overlaid with a sill opening located below the window, mainly act as a supplementary movement of air source provided by openings. This study aimed to investigate through prototyping the acoustic improving performance of ventilated window’s sill in a façade. This work methodology is the assessment of the acoustic air insulation provided by a façade in which it was inserts a window with a fixed opening protected by a ventilated window’s sill. For this work was chosen the best setting performance of previous searches by authors where the element was modified by changing up some of their surfaces by insertion of absorbing and resonators. As a result it was observed a significant improvement in noise performance of the element when their surfaces were manipulated. Therefore, the use of passive strategy design leads to improve the sound conditions within the buildings with lower energy consumption.

Keywords: energy-efficient, passive architecture, ventilated window’s sill, acoustics performance.

1 Introdução

1.1 Estratégias passivas de projeto: o peitoril ventilado

Nas regiões de clima quente úmido e especialmente no Nordeste Brasileiro, a utilização do peitoril ventilado como estratégia de projeto bioclimático, tornou-se uma ferramenta muito aplicada. Essa ferramenta busca a otimização das condições interiores e exteriores a partir da inter-relação de três sistemas: o clima, o homem e o habitat. Esta estratégia, com o aproveitamento por meio da habitação dos condicionantes climáticos, beneficiou a climatização natural (ventos) propiciando a melhoria da sensação de conforto térmico nos usuários e com baixo consumo de energia por parte da edificação.

Bittencourt et al (2007) [1], descreve o peitoril ventilado como um dispositivo geralmente executado em concreto, em formato geralmente em “L” invertido, sobreposto a uma abertura localizada no peitoril abaixo das janelas, que tem por finalidade atuar como fonte complementar do movimento de ar proporcionado pelas aberturas. Essa abertura apresenta-se protegido das chuvas pelos planos verticais e horizontais do “L”, da maneira a permitir a passagem dos ventos sem que haja a penetração de chuvas. Por esta ferramenta (peitoril ventilado) ser uma das estratégias de aplicação da ventilação natural no projeto, a mesma pode ser pensado de forma única ou atuando em conjunto. Para que seu uso se tornar viável e efetivo, é necessário tomar cuidado para que a concentração de poluentes externos seja menor que a dos poluentes internos. Aliada a esta preocupação deve ser reforçada a idéia de que a ventilação natural não cause outros problemas como ruídos ou falta de privacidade. Cabe lembrar que as edificações na sua grande maioria estão inseridas em regiões populosas onde o ruído faz parte do contexto urbano, principalmente os ruídos de tráfegos que já são o terceiro maior causador de poluição sonora do mundo segundo a Organização Mundial de Saúde [2].

Aberturas para ventilação natural geralmente oferecem pouca resistência para a passagem do ruído, sendo esse talvez o maior problema das estratégias de projeto passivo. Para atender algumas exigências do projeto passivo, surgiu a Norma Brasileira de Desempenho Térmico para Edificações – NBR 15.220 [3], publicada em 2005 pela ABNT com recomendações para estratégias de projeto passivo procurando atender e abranger as diferentes regiões climáticas no Brasil. Nela é estabelecido um Zoneamento Bioclimático Brasileiro onde se recomendam diretrizes construtivas relacionando estratégias de projeto térmico passivo e orientações sobre as aberturas em relação ao seu tamanho e sombreamento necessário. Nesta norma são fornecidas recomendações de aberturas para ventilação em % (percentagem) da área de piso. Estas aberturas (A) podem ser classificadas como pequenas ($10\% < A < 15\%$) para Zona Bioclimática Z6 onde abrange 12,6% do território brasileiro, medias ($15\% < A < 25\%$) para a Zona Bioclimática Z7, onde também insere 12,6% do território brasileiro e grandes ($A > 40\%$) para a Zona Bioclimática Z8, onde 53,7% do território brasileiro encontram-se sob estas condições climáticas. Nestas 03 Zonas Bioclimáticas encontram-se grande parte do Norte Nordeste Brasileiro e Centro Oeste, regiões estas onde a concepção do peitoril ventilado propicia ser utilizado.

1.2 Objetivos

Este trabalho teve o objetivo de investigar a melhoria da atenuação do ruído em fachadas contendo diferentes tipologias de peitoril ventilado utilizados em regiões de clima quente úmido, buscando subsídios para viabilizar a melhor relação entre ventilação natural, eficiência energética e acústica.

2 Materiais e Métodos

A pesquisa na qual se inserem os resultados desse trabalho teve como enfoque principal investigar a ventilação natural integrada a questões acústicas, visando conhecer o comportamento acústico do peitoril ventilado utilizados em estratégias passivas de projeto arquitetônico existentes em regiões de clima quente úmido. A viabilidade acústica do uso destes elementos passa a ser uma rica ferramenta plástica arquitetônica, cuja utilização pode reduzir o consumo energético nas edificações e contribuir para a diminuição do uso da climatização artificial desnecessária em certas épocas e horas do dia nas habitações. Este trabalho representa a segunda etapa de uma série de investigações cuja finalidade é conhecer o desempenho acústico de peitoris ventilados, estabelecerem melhoria de desempenho e avaliar a sua influência na ventilação natural e conforto térmico. A primeira etapa deste projeto investigou o desempenho acústico de uma fachada com abertura fechada, aberta e com duas diferentes configurações geométricas de peitoril ventilado. Estes elementos foram inseridos em uma fachada de uma edificação existente situada em uma área afastada de possíveis edificações e fontes de ruído ambiental, cujas características acústicas atendessem aos procedimentos e métodos de medição.

2.1 Local do experimento

A área de estudo escolhida para a realização dos ensaios acústicos é relativamente silenciosa, com níveis de pressão sonora que variam entre 35 a 50 dB(A) e considerada dentro dos limites propostos pela norma brasileira NBR 10151 [4]. As montagens e medições foram realizadas em protótipos de edificações existentes em uma área, destinada a pesquisas de Conforto Ambiental da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo (FEC) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), em Campinas, São Paulo, Brasil.

O protótipo utilizado para as medições acústicas foi construído com tijolo de barro maciço sem revestimento (½ tijolo / 10 cm espessura), assentados com argamassa comum de cimento, pintados na cor branca (interna e externamente) e montado sobre uma base de concreto e que constitui o piso interno do ambiente. Na cobertura encontramos uma laje pré-moldada com telha de fibro-cimento pintada externamente e internamente de branco. As dimensões internas da edificação são de 2,00 x 2,50m, tendo uma área útil de 5,00m², altura de 2,40m, e volume interno de 12,00m³. A fachada maior está orientada a Norte/Sul (2,70m) onde se encontra uma janela de vidro fixa e na menor, Leste/Oeste (2,20m), existe uma abertura que foi utilizada para a colocação dos os elementos avaliados.

2.2 O objeto de estudo

O peitoril ventilado é um elemento, em geral colocado na parte inferior da janela, que contém uma área aberta que serve de condutor de vento, interligando o ambiente externo ao interno (figura 1). Esta passagem de ar, muitas vezes favorece a passagem de sons. O desempenho acústico de uma edificação está associada ao nível de ruído que cada componente do invólucro permite isolar. A fachada de uma edificação pode ser uma das últimas barreiras ao ruído externo. Na composição das suas aberturas, o peitoril ventilado é comumente aplicado com variadas composições, forma e dimensões, onde cada uma delas poderá ter sua contribuição na atenuação do ruído. Com base nessa premissa, na primeira etapa da pesquisa realizada pelas autoras, foi avaliada a atenuação sonora promovida por quatro configurações de peitoris, comumente encontradas nas aberturas de janelas em cidades de clima quente úmido. O material empregado para a construção do elemento foi à madeira compensada de 9 mm. Para todas as configurações adotou-se a mesma área de abertura (1,00m x 0,18 m) e o mesmo espaçamento (0,20m). O dimensionamento destas aberturas baseou-se no quesito segurança que na prática é um fator importante no projeto dos mesmos, uma vez que estes possam ser compartilhados com fechamentos móveis ou não.

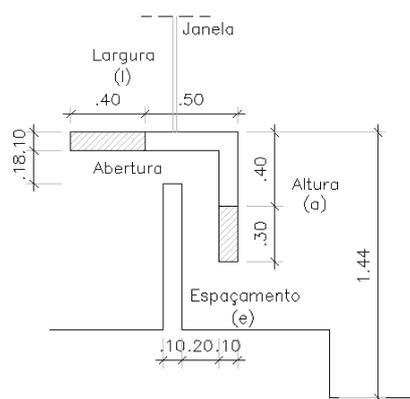


Figura 1 – Croqui do peitoril ventilado representando as configurações dos peitoris “tipo a” (curto) e “tipo b”(longo).

Foram escolhidas para as primeiras investigações quatro configurações de aberturas denominadas de 01, 02, 03, e 04 e apresentadas nas figuras 2, 3, 4 e 5. Os detalhes das configurações são:

- **Configuração 01**: Janela fechada, sem abertura com dimensões de 1,15 m por 0,95 m;
- **Configuração 02**: Janela fechada, com abertura inferior de 1,15 m por 0,95 m, sem peitoril ventilado;
- **Configuração 03**: Janela fechada, com peitoril ventilado “**tipo a**” (**curto**) e área aberta de 1,15 m por 0,95 m. Peitoril sem elemento interno, largura de 0,50m e altura de 0,40m
- **Configuração 04**: Janela fechada, com peitoril ventilado “**tipo b**” (**longo**) e área aberta de 1,15 m por 0,95 m. Peitoril sem elemento interno, largura interna de 0,40m, largura externa de 0,50m e altura de 0,70m.

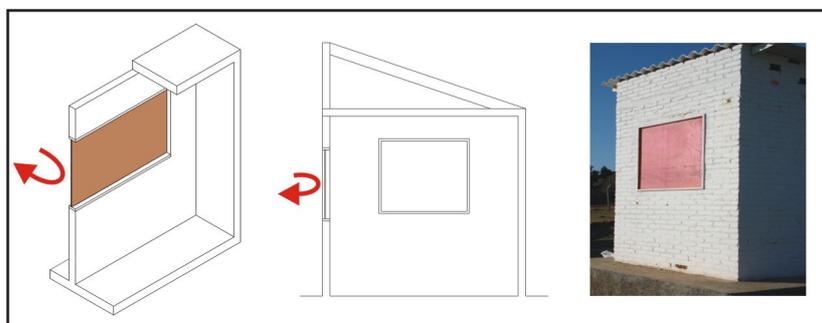


Figura 2 – Configuração 01: Janela fechada.

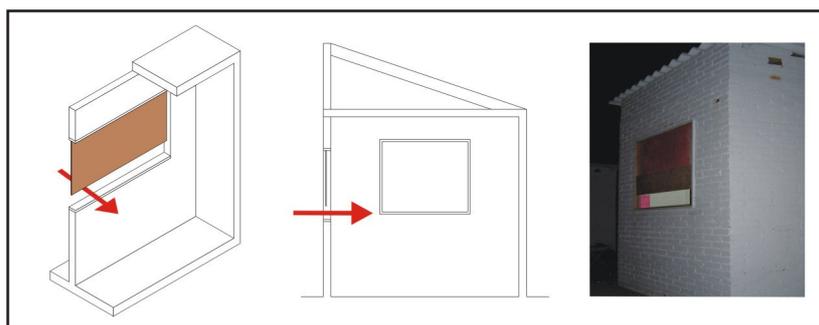


Figura 3 – Configuração 02: Janela com abertura.

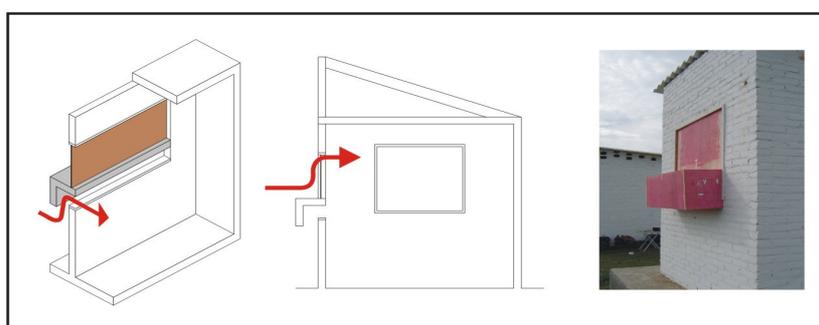


Figura 4 – Configuração 03: Janela com peitoril ventilado “tipo a” (curto).

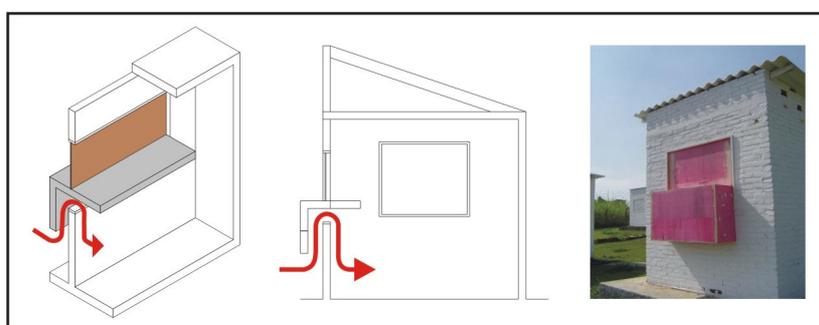


Figura 5 – Configuração 04: Janela com peitoril ventilado “tipo b” (longo).

Para esta segunda etapa da pesquisa, o elemento escolhido como referência para a investigação foi o peitoril de “Configuração 04” (“tipo b”), analisado anteriormente, pois apresentou o melhor desempenho acústico, com valor de $R'w$ igual a 17,5 dB. Este valor representa uma atenuação de 6 dB a menos que a da janela fechada (Configuração 01) e 6 dB a mais de atenuação que a da janela aberta (Configuração 02). A diferença da atenuação entre “Configuração 03” e a “Configuração 04” não foi representativa.

O critério de trabalho proposto foi modificar algumas das superfícies que fazem parte do peitoril ventilado. Uma das estratégias aplicada, em algumas das configurações descritas abaixo, foi à utilização de placas do material absorvente acústico, no caso lã de rocha de 50 mm. A lã de rocha foi selecionada por ser composta por longas fibras minerais entrelaçadas e aglutinadas com resinas

especiais. É um material bastante usado na construção civil, tem aplicação diversa, podendo ser utilizado como miolo, dentro de paredes e divisórias construídas e melhorar o desempenho de isolamento de paredes duplas. Como elemento para promover a absorção sonora, a lã de rocha apresenta coeficientes de absorção sonora elevados nas médias e altas frequências, com NRC de 0,88, segundo o fabricante. A outra estratégia aplicada para melhorar o desempenho acústico do peitoril ventilado foi criar ressonadores em uma das partes pertencentes ao peitoril (peça vertical inferior) fazendo perfurações das cavidades (4 unidades com diâmetro de 60 mm), também preenchendo interior da cavidade com o material absorvedor lã de rocha. As características das novas configurações estabelecidas para os novos testes foram conforme descrito abaixo (figuras 6, 7, 8 e 9):

- **Configuração 05:** Colocação do material absorvedor (lã de rocha de espessura 5 cm) abaixo da abertura, no duto de ventilação e preso na superfície da parede da edificação, recobrendo uma área de 1,15 m por 0,42 m;
- **Configuração 06:** Colocação do material absorvedor (lã de rocha de espessura 5 cm) na superfície da parede vertical interna do duto de ventilação do peitoril, recobrendo uma área de 1,15 m por 0,70 m;
- **Configuração 07:** Criação de 4 furos circulares com diâmetro de 60 mm, na superfície inferior da parede vertical interna do duto de ventilação do peitoril para criar os ressonadores cujo volume interno de cada um ficou com as dimensões de 0,28 m x 0,30m x 0,08m.
- **Configuração 08:** Criação de 4 furos circulares com diâmetro de 60 mm, na superfície inferior da parede vertical interna do duto de ventilação do peitoril para criar os ressonadores cujo volume interno de cada um ficou com as dimensões de 0,28 m x 0,30m x 0,08m, e foi preenchido com lã de rocha de 5 cm de espessura.

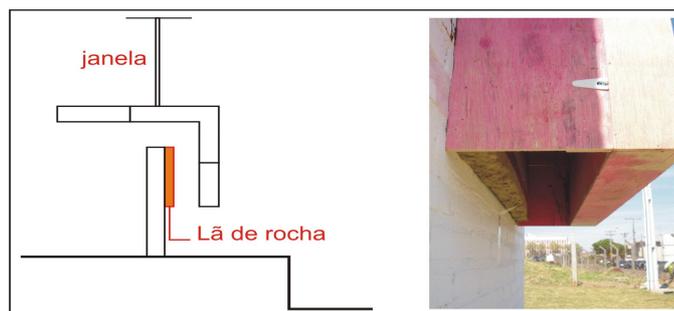


Figura 6 – Configuração 05: Janela com peitoril ventilado - Material absorvedor na superfície da edificação.

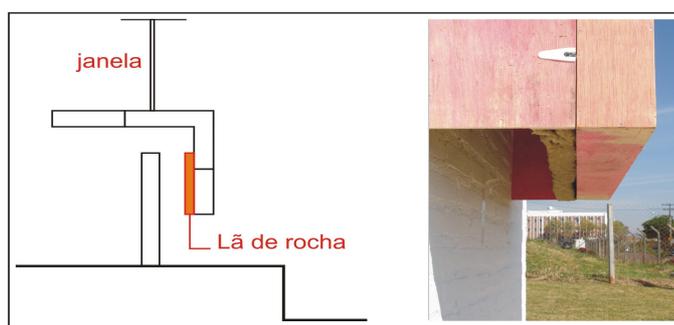


Figura 7 – Configuração 06: Janela com peitoril ventilado - Material absorvedor na superfície interna do canal do peitoril ventilado.



Figura 8 – Configuração 07: Janela com peitoril ventilado – Ressonadores na parte inferior da superfície interna do canal do peitoril ventilado.



Figura 9 – Configuração 08: Janela com peitoril ventilado – Ressonadores e material absorvedor na parte inferior da superfície interna do canal do peitoril ventilado.

2.3 Procedimento experimental

- O desempenho acústico das diversas configurações de peitoril ventilado propostas, foram obtido com base nas medidas do isolamento sonoro aéreo de fachadas e elementos de fachadas em campo, cujos procedimentos basearam-se nas recomendações da norma internacional ISO 140-5:1998(E) [5]. Para as medições foi utilizado o Sistema Building Acoustics da Brüel & Kjaer [6], composto por fonte omnidirecional, amplificador e analisador de frequência em tempo real (Investigator 2260). O tipo de ruído usado foi o ruído branco. Para o posicionamento do microfone no interior da edificação foram utilizadas três posições do microfone (M1, M2 e M3). Em cada ponto foram registrados três repetições. As distâncias mínimas obedecidas foram: 0,70 m entre microfones, 0,5 m entre qualquer posição de microfone e paredes do ambiente e que estivessem a 1,00 m entre qualquer posição de microfone e a fonte sonora. Os resultados são calculados como uma média espacial. A figura 10 mostra o posicionamento dos microfones no interior da edificação. A fonte sonora foi colocada na área externa da edificação, na fachada, num único ponto, mas com duas posições diferentes devido à variação da altura da fonte (1,27 m e 1,87 m do nível do terreno) e estão representadas na figura 10. A definição da posição de colocação da fonte foi realizada de acordo com a norma ISO 140-5:1998(E), cuja representação aparece no croqui da figura 11. A distancia (d) entre a fonte e a fachada analisada foi de 3,5 m;

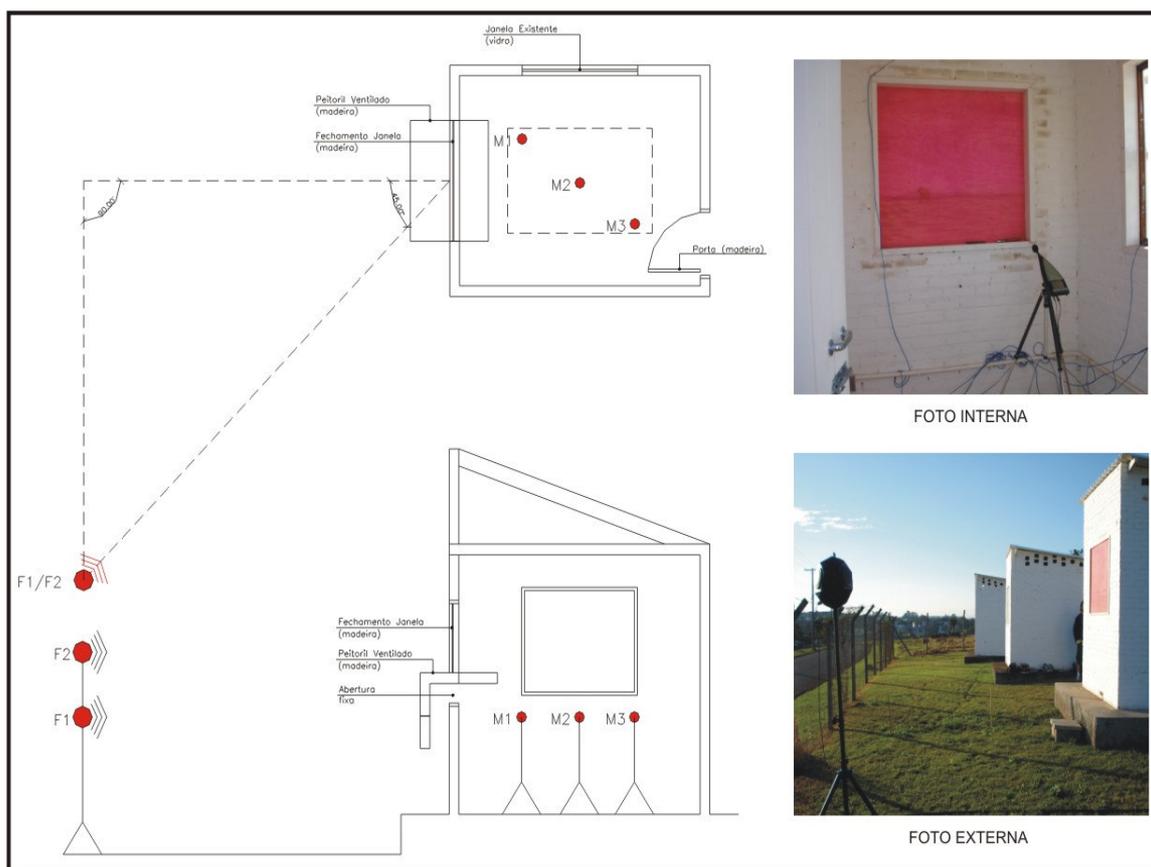


Figura 10 – Planta baixa e corte do protótipo com a localização das posições do microfone, da fonte sonora. As fotos mostram detalhes da medição interna e a localização da fonte externa.

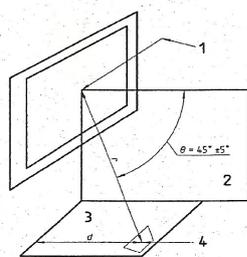


Figura 11 – Geometria para as medidas, segundo a ISO 140-5:1998(E).

O software BZ 7204, associado ao sistema Building Acoustics da Brüel & Kjaer, usa a equação 01, como base para o cálculo do isolamento aéreo de elementos, o índice de redução sonora (R). O valor L1 representa o nível de pressão sonora da fonte ligada medido no local onde a ambiente fonte sonora está posicionada, L2 representa o nível de pressão sonora medido no lado oposto da fonte sonora também quando ligada e T o tempo de reverberação do ambiente de recepção som (lado oposto da fonte). Para o cálculo do tempo de reverberação o software mede o decaimento sonoro desde L2 até o ruído de fundo denominado B2.

$$R = L1 - L2 + 10 \log (T/T0) \quad (1)$$

Para cada uma das quatro configurações foram medidos em campo os parâmetros acústicos: ruído de fundo (B2), tempo de reverberação (T), nível de pressão sonora dentro e fora da edificação com fonte sonora ligada (L2) e (L1, respectivamente). No caso do nível de pressão sonora da fonte medido externamente, o microfone localizou-se, a dois metros da parede da fachada. Todos os parâmetros foram medidos em função da frequência em banda 1/1 de oitava entre 125 e 8000 Hz.

3 Resultados e discussão

Com os resultados das medidas de L1, L2, e T foram calculados os valores de R em função de frequência para cada uma das quatro novas configurações (C05, C06, C07 e C08). Os resultados podem ser visualizados no gráfico da figura 12. Observa-se que o comportamento do isolamento dos peitoris ventilados em função da frequência, nas configurações anteriores (sem tratamento absorvedor/ressonador – Configuração 01) foi quase plano e que os resultados ficam entre o desempenho da janela aberta e fechada (Configuração 04). Com a inserção dos novos componentes (configurações 05, 06, 07 e 08) como tratamento do elemento de fachada (absorvedores e/ou ressonadores) através de novos aplicativos na configuração selecionada (peitoril longo – Configuração 04) da pesquisa anterior, observou-se uma melhora na atenuação sonora nas frequências a partir de 250 Hz. Esta alteração ficou por conta da presença da lã de rocha nas superfícies internas do peitoril relacionadas com a parede da edificação e a parede do peitoril. Esses resultados são interessantes, pois mostram que um condicionante de fachada (tipo peitoril ventilado) ao ter sua composição estrutural modificada, seja pela presença de um elemento absorvedor (lã de rocha) ou pela alteração na sua estrutura física (ressonadores), o isolamento sonoro embora pequeno ainda nas baixas frequências, melhora consideravelmente nas médias e altas frequências. Outro fato que merece ser observado na figura 12 é a pequena diferença nos valores do isolamento sonoro entre as configurações 05 e 06, exemplos com a presença de abertura para ventilação, com a configuração 04, cuja fachada encontra-se literalmente fechada sem passagem para ventilação.

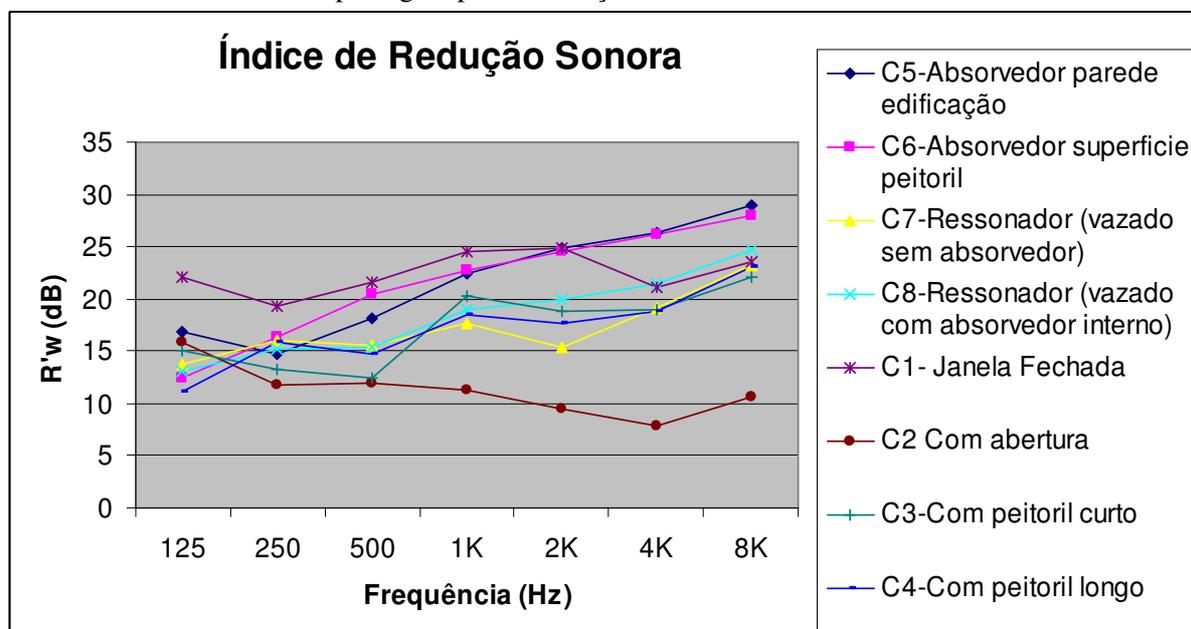


Figura 12 – Resultados do Índice de Redução Sonora (R) em dB para as diferentes configurações.

Com base nos resultados do índice de redução sonora (R) em função da frequência, também foi possível obter índice de redução sonora ponderada (R_w), segundo a norma ISO 717 -1 (1996) [7] que representa um valor único de isolamento. Os resultados das quatro configurações avaliadas estão apresentados na tabela 01 onde também aparecem para fins de comparação os resultados da janela fecha e o peitoril não modificado. Esses resultados confirmam o comportamento de que o isolamento das duas configurações de peitoris ventilados são superiores ao de uma abertura comum.

Tabela 1 – Resultados do Índice de Isolamento Sonoro Global (R'_w) das diferentes configurações.

CONFIGURAÇÕES	Tipologia das Janelas	R'_w (dB)
CONF. 1	Fechada	24
CONF. 2	Com abertura	11,5
CONF. 3	Com Peitoril Curto	17,8
CONF. 4	Com Peitoril Longo	17,5
CONF. 5	Absorvedor parede edificação (com peitoril longo)	21,8
CONF. 6	Absorvedor parede peitoril (com peitoril longo)	23
CONF. 7	Ressonador sem absorvedor interno (com peitoril longo)	16,8
CONF. 8	Ressonador com absorvedor interno (com peitoril longo)	18,3

4 Conclusões

Para fins de comparação vamos considerar o melhor desempenho de isolamento ao da situação de janela totalmente fechada (R_w de 24 dB) e o pior desempenho de isolamento a janela com 3,55% de abertura e sem proteção (R_w de 11.5 dB). Janelas onde as aberturas receberam formas diferenciadas de peitoril ventilado apresentaram valores de isolamento intermediários (R_w de 17,5dB e de 17,8 dB). Esta pesquisa procurou melhorar o desempenho acústico do peitoril ventilado pesquisado anteriormente e para tal, gerou algumas modificações na composição estrutural do peitoril, introduzindo material absorvente nas superfícies internas ou criando ressonadores.. A aplicação da lã de rocha, nas superfícies internas dos dutos do peitoril proporcionou uma grande interferência no índice de redução sonora ponderado do peitoril ventilado, chegando a valores bem próximos ao de uma a janela fechada. A superfície interna do canal do peitoril com aplicação de lã de rocha foi a que apresentou melhor desempenho em comparação com as demais (R_w de 23 dB), muito embora a aplicação da lã de rocha na parede do canal da edificação apresentou melhor desempenho nas baixas frequências, destacando assim a importância destas superfícies para redução sonora

dos ruídos intrusivos aos ambientes. Concluindo, os resultados dados comprovam que a compatibilização da ventilação, eficiência energética e isolamento acústico pode ser viável e que os peitoris ventilados projetados com formas e materiais adequados podem ser uma boa solução.

Agradecimentos

Agradecimentos a Capes pelo apoio financeiro concedido na forma de bolsa de doutorado.

Referências

- [1] Bittencourt, L. S.; Sacramento, A.; Leal, T. A.; Candido, C. A influência do tipo de fechamento dos peitoris ventilados na velocidade e distribuição da ventilação natural em salas de aula. *in:IX Encontro Nacional e V Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído – ENCAC 2007*. Ouro Preto, Brasil. Anais... Ouro Preto, Brasil. 2007. 1 CD ROM.
- [2] World Health Organization (WHO), *Guidelines for community noise*. Capturado na internet em 04 de Janeiro de 2002: WWW.who.int/pet/
- [3] Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 15220: Desempenho Térmico para Edificações*. Rio de Janeiro, 2005b.
- [4] Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 10151: Acústica – Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - procedimento*. Rio de Janeiro, jun 2000. 04 p.
- [5] International Organization for Standardization. ISO 140-5:1998 (E), Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and building elements – Part 5: Field measurements of airborne sound insulation of façade elements and façades. Geneva, 1998. 25p.
- [6] Building Acoustics System - *Technical Documentation*. Bruel & Kjaer Sound & Vibration Measurement A/S. Denmark. 1996.
- [7] International Organization for Standardization, ISO 717-1:1996 (E), Acoustics - Rating of sound insulation in buildings and elements of building elements – Part 1: Airborne sound insulation. Geneva, 1996. 17p.