

CONTRIBUIÇÃO ACÚSTICA DO PEITORIL VENTILADO PARA AMBIENTES COM CLIMATIZAÇÃO NATURAL

Oiticica, Maria Lucia G. da R.(1); Bertoli, Stelamaris Rolla(2)

(1) Arquiteta, Doutoranda da Faculdade de Engenharia Civil – UNICAMP – Campinas – SP;

e-mail: mloiticica@hotmail.com

(2) Profra. Dra. da Faculdade de Engenharia Civil – UNICAMP – Campinas – SP;

e-mail: rolla@fec.unicamp.br

RESUMO

As crescentes intervenções no combate ao desconforto térmico nos ambientes apontam, muitas vezes, para soluções termicamente adequadas, mas acusticamente desfavoráveis. A utilização de aberturas nas edificações de regiões de clima quente úmido é conhecida como uma importante estratégia passiva de projeto para se fazer uso da ventilação natural. A utilização do peitoril ventilado é uma ferramenta arquitetônica bem aplicável para esta integração bioclimática. Bittencourt o descreve como sendo 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. O objetivo deste trabalho é mostrar a contribuição acústica do peitoril ventilado para ambientes com climatização natural visando integrar a teoria e a prática da arquitetura bioclimática dos ambientes. A metodologia do trabalho consiste na avaliação do isolamento acústico aéreo comparativo entre quatro diferentes fachadas: com uso de esquadria de vidro, com simples abertura similar a abertura de peitoril ventilado, com janela com uma abertura fixa com aplicação de um peitoril ventilado e finalmente com a mesma janela com abertura fixa e peitoril ventilado com tratamento acústico. Os resultados mostraram uma melhora no desempenho acústico dos ambientes à medida que foram utilizados estes elementos de fachada. Observou-se que ao serem manipuladas as superfícies do peitoril ventilado nas fachadas, as condições acústicas dentro das edificações também apresentaram melhoras.

Palavras-chave: peitoril ventilado, desempenho acústico, integração bioclimática.

ABSTRACT

The interventions to combat the growing in thermal environments discomfort show often thermally appropriate solutions, but acoustically unfavorable. The use of openings in buildings principally in regions of hot humid climate is known as an important passive project strategy to make use of natural ventilation. The use of ventilated sill is an applicable tool to the architectural and bioclimatic integration. Bittencourt describes it as a device generally run on concrete, in a generally "L" inverted, overlapping in an opening at the sill below the window, which is to act as a complementary source of an air movement provided by the openings. The objective of this work is to show the acoustic contribution of the ventilated sill for environments with natural climatization allowing integrated the theory and practice of bioclimatic architectural. The work's methodology consists to analyze the sound insulation performance between four different facades: with the use of glass casing; with simple opening like the one used in ventilated sill opening; with a window opening sets with application of a ventilated sill and finally with the same fixed window with opening and ventilated sill but included acoustic treatment. The results showed an improvement in the performance of acoustic environments when the openings with ventilated sill elements were used in facades. It was also observed that these areas when were introduced acoustic materials, such environments obtained better results.

Keywords: ventilated sill, bioclimatic integration, acoustic performance.

1. INTRODUÇÃO

Para garantir ao edifício uma perfeita interação entre o homem e o meio ambiente em todas as suas escalas, é necessário estudar as variáveis arquitetônicas. As fachadas e paredes divisórias não devem ser entendidas como barreira entre o exterior e as áreas internas, mas como zona de transição entre os dois meios. 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 all (2007), 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”, de 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 pensada 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.

Segundo Duarte (2005), os acontecimentos ao longo da história mostram certo declínio do isolamento acústico das habitações brasileiras nos últimos séculos acentuados principalmente com a chegada do concreto no século XX. Fatos apresentam um decréscimo em torno de 35 dB na perda de transmissão das partições das residências brasileiras, acarretando em uma diminuição da qualidade de vida mediante ao crescente aumento da poluição sonora.

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, publicada em 2005 pela ABNT com recomendações para estratégias de projeto passivo as quais procura atender e abranger as diferentes regiões climáticas no Brasil. Nesta norma é estabelecido um Zoneamento Bioclimático Brasileiro onde o território brasileiro é dividido em 08 Zonas Bioclimáticas. Em três destas Zonas Bioclimáticas a concepção do peitoril ventilado propicia ser utilizado, são elas: Zona Bioclimática Z6 onde abrange 12,6% do território brasileiro, Zona Bioclimática Z7, onde também insere 12,6% do território brasileiro e a Zona Bioclimática Z8, com 53,7% do território brasileiro. Estas áreas estão inseridas no Norte Nordeste Brasileiro e Centro Oeste.

Saber fazer arquitetura não é só focar unilateralmente os problemas físicos, ou os funcionais, ou os estéticos, ou os econômicos. A cada dia é mais presente as soluções e expressões arquitetônicas sem que se realize um estudo a fundo das necessárias adaptações ao meio. Para alguns, a resposta fica por conta que todas as exigências técnicas possam tolher a capacidade criadora, para outros, a busca por um mundo mais sustentável passa a ser um desafio a sua potencialidade criadora.

Maciel (2006) relata em seus estudos de integração de conceitos bioclimáticos ao projeto arquitetônico que nos últimos trinta e cinco anos houve um progresso considerável no campo da bioclimatologia e eficiência energética. Mas, a despeito de todo o progresso, não tem influenciado a prática de projeto.

A arquitetura através das suas formas e espaços urbanos têm propriedades sonoras que podem contribuir para uma boa ou má qualidade do ambiente sonoro. As formas podem permitir a existência de alguns sons e exclusão de outros, influenciando assim para que as decisões de projeto sejam estabelecidas com o objetivo de ser obtida uma maior satisfação aos usuários nos mais diversos aspectos: sócios, econômicos, técnicos e estéticos. Neste conceito, a aplicabilidade das diversas formas utilizadas do elemento peitoril ventilado passa a ser um relevante agregado na melhoria dos citados aspectos.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é mostrar a contribuição acústica do peitoril ventilado para ambientes com climatização natural a fim de facilitar com os seus dados uma maior integração bioclimática entre a teoria e a prática arquitetônica dos ambientes.

3. MATERIAS E MÉTODO

Este trabalho faz parte de uma série de investigações com o objetivo de integrar a ventilação natural com as questões acústicas. A pesquisa teve como enfoque principal mostrar a contribuição acústica 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 desnecessárias em certas épocas e horas do dia nas habitações. Para realização deste trabalho as investigações foram elaboradas em duas fases: a fase experimental e a fase simulativa. A fase experimental foi dividida em duas etapas. A primeira etapa 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. A segunda etapa das investigações procurou investigar a melhoria de desempenho do peitoril ventilado onde foi proposto modificar as suas superfícies utilizando-se de materiais absorvedores e ressonadores. Na segunda fase com base nos dados obtidos nas medições das etapas anteriores, algumas simulações de diversas fachadas com percentagens de área de vidro e abertura com uso de peitoril ventilado foram investigadas e comparadas entre si. As fachadas comumente encontradas nos centros urbanos das regiões nordestinas serviram de base para a elaboração da matriz a ser investigada.

3.1. Parte experimental da investigação

3.1.1. Local do experimento

A área de estudo escolhida para a realização dos ensaios acústicos experimentais é 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. 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 ($\frac{1}{2}$ tijolo / 10 cm espessura), assentados com argamassa comum de cimento, pintados na cor branca (interna e externamente) e montado sobre uma base de concreto 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 elementos avaliados.

3.1.2. 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 (OITICICA, M. L. G.; BERTOLLI, S. R. 2008), 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.

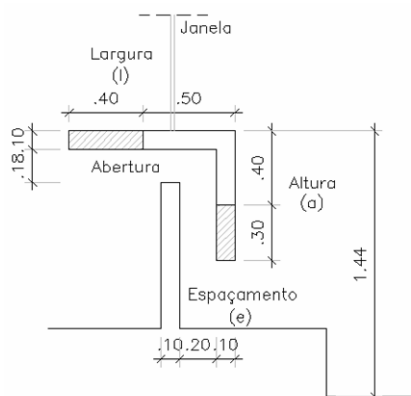


Figura 1 – Croqui do peitoril ventilado representando as configurações dos peitoris “tipo a” (curto) e “tipo b” (longo).

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 0,18 m, sem peitoril ventilado;
- **Configuração 03:** Janela fechada, com peitoril ventilado “tipo a” (curto) e área aberta de 1,15 m por 0,18 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 0,18 m. Peitoril sem elemento interno, largura interna de 0,40m, largura externa de 0,50m e altura de 0,70m.

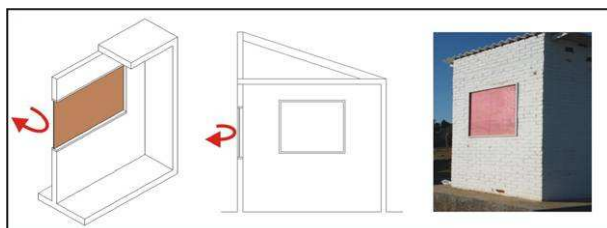


Figura 2 – Configuração 01: Janela fechada.

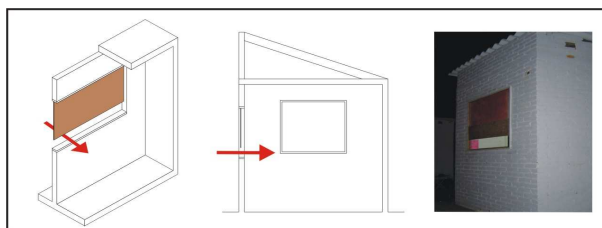


Figura 3 – Configuração 02: Janela com abertura.

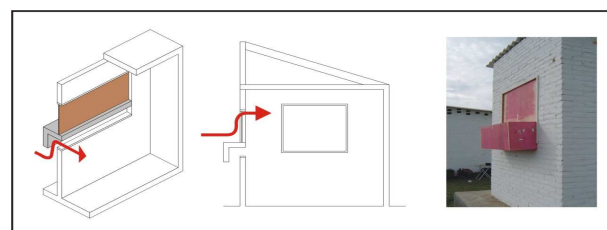


Figura 4 – Configuração 03: Janela com peitoril ventilado “tipo a” (curto).

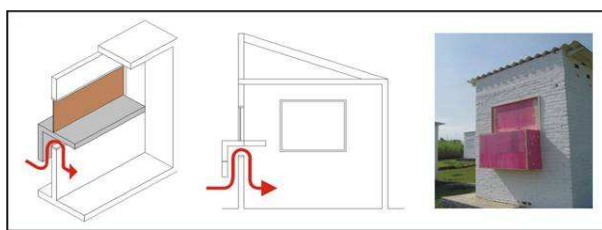


Figura 5 - Configuração 04: Janela com peitoril ventilado “tipo b” (longo).

Na 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 Diferença Padronizada de Nível ponderada a dois metros (D2m,nt,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 com densidade nominal de $32 \text{ kg} / \text{m}^3$. 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 0,80, 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 o 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).

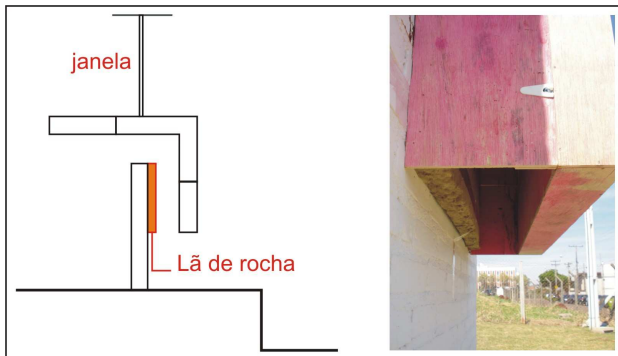


Figura 6 – Configuração 05: Janela com peitoril ventilado - Material absorvedor na superfície da edificação.

Configuração 05: Colocação do material absorvedor (lã de rocha de espessura 50 mm) 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;

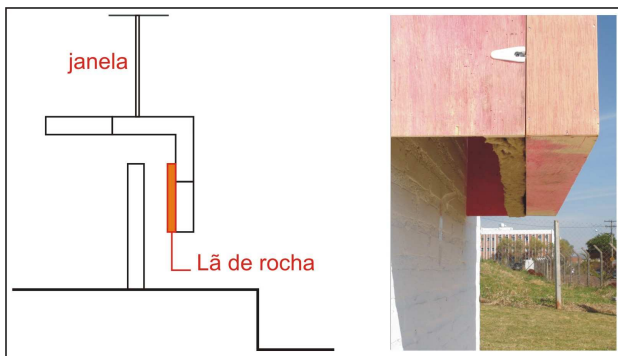


Figura 7 – Configuração 06: Janela com peitoril ventilado - Material absorvedor na superfície interna do canal do peitoril ventilado.

Configuração 06: Colocação do material absorvedor (lã de rocha de espessura 50 mm) na superfície da parede vertical interna do duto de ventilação do peitoril, recobrendo uma área de 1,15 m por 0,70 m;



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

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.



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

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 0,28m x 0,30m x 0,08m, e foi preenchido com lã de rocha de 50 mm de espessura.

3.1.3. Procedimento experimental: Pesquisa

O desempenho acústico das diversas configurações de peitoril ventilado propostas, foi 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). Para as medições foi utilizado o Sistema Building Acoustics da Brüel & Kjaer, 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: 0,70m entre microfones, 0,5m entre qualquer posição de microfone e paredes do ambiente e que estivessem a 1,00m 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 as medições foram realizadas em duas posições diferentes variando as alturas 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). A distância (d) entre a fonte e a fachada analisada foi de 3,5 m;

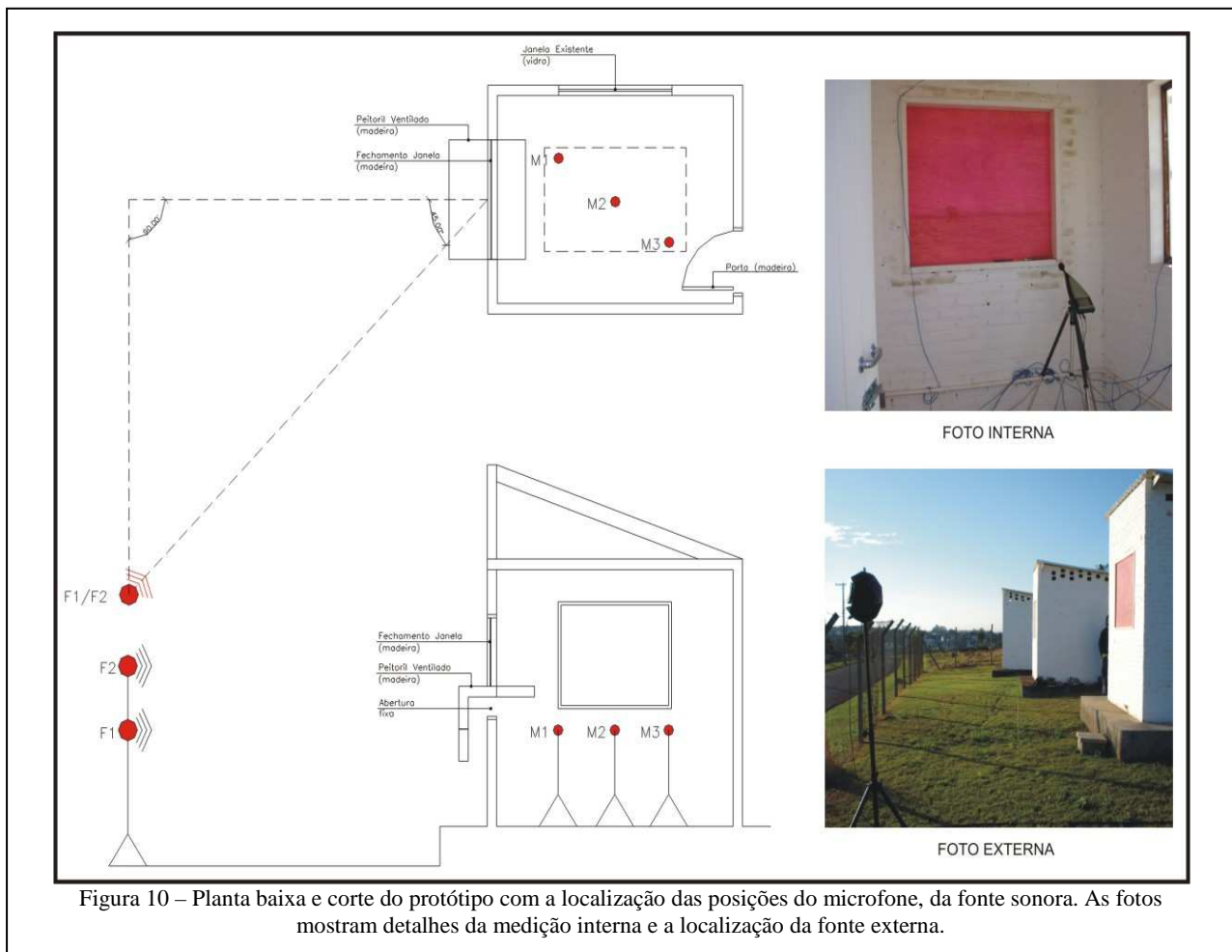


Figura 10 – Planta baixa e corte do protótipo com a localização das posições do microfone, da fonte sonora. As fotos mostram detalhes da medição interna e a localização da fonte externa.

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 ambiente onde a fonte sonora está posicionada, L2 representa o nível de pressão sonora medido no lado oposto da fonte sonora também quando ligada, isto é, dentro do ambiente analisado e T o tempo de reverberação do ambiente de recepção do 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.

$$R = L1 - L2 + 10 \log (T/T0) \quad \text{eq. 1}$$

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. Com a distribuição dos índices em frequência foi calculado o índice de redução sonora ponderado (R_w) segundo a norma ISO 717-1. Nota-se na família de normas ISO 140 que trata sobre isolamento sonora que existe um conjunto de parâmetros acústicos que podem designar a isolamento e que depende se a medida foi feita em campo ou laboratório, se o elemento a ser analisado é o sistema da edificação ou o sistema construtivo, ou ainda se trata de parede piso ou fachada (NETO, M. F. F.; BERTOLI, S. R. 2008). Em todos os casos os parâmetros acústicos necessários para os cálculos são os mesmo (como os da equação). Assim nesse artigo como está sendo analisado elementos de fachada em campo, será adotado para indicar a isolamento sonora os parâmetros $D_{2m,nt}$ (Diferença Padronizada de Nível a 2m) e $D_{2m,nT,w}$ (Diferença Padronizada de Nível Ponderada a 2m)

3.1.4. Resultados Experimentais

Com base nos resultados da Diferença Padronizada de Nível ($D_{2m,nt}$) em função da frequência, também foi possível obter a Diferença de Nível ponderada ($D_{2m,nt,w}$), segundo a norma ISO 717 –1 (1996) que representa um valor único de isolamento. Os resultados das configurações avaliadas na primeira e segunda etapa experimental estão apresentados na tabela 01 onde também aparecem para fins de comparação os resultados da janela fechada e da janela com a simples abertura. Esses resultados confirmam que o comportamento do isolamento sonoro das configurações com peitoril ventilado são superiores ao de uma parede com abertura comum.

Tabela 1–Resultados da Diferença Padronizada de Nível ponderada ($D_{2m,nt,w}$) em dB para as diferentes configurações analisadas.

Etapas	Configurações	Tipologia das Janelas	$D_{2m,nt,w}$ (dB)
Primeira Etapa Experimental	CONF. 1	Fechada	24
	CONF. 2	Com abertura	11,5
	CONF. 3	Com Peitoril Curto	17,8
	CONF. 4	Com Peitoril Longo	17,5
Segunda Etapa Experimental	CONF. 5	Absorvedor aplicado na parede da edificação (com peitoril longo)	21,8
	CONF. 6	Absorvedor aplicado na parede do peitoril (com peitoril longo)	23
	CONF. 7	Ressonador sem absorvedor interno (com peitoril longo)	16,8
	CONF. 8	Ressonador com aplicação de absorvedor interno cavidade (com peitoril longo)	18,3

3.2. Procedimentos investigativos: Cálculos

Com os dados levantados na pesquisa experimental, a terceira etapa deste trabalho baseou-se em ser elaborada uma nova matriz para investigação do Índice de Redução Sonoro Composto relativo a algumas situações e casos com a presença de peitoril ventilado conforme mostra a tabela 2. A nova fachada a ser investigada seria composta de uma janela de vidro com abertura com a presença de peitoril ventilado longo conforme configuração 4 e 6. As janelas com vidro corresponderiam a 10%, 20%, 30% e 40% da área da fachada e a área da abertura para a ventilação natural com a presença do peitoril ventilado corresponderia a 2%, 4%, 6% e 8% da área da fachada.

Tabela 2-Matriz-1 estabelecida para investigação do Índice de Redução Sonoro Composto relativo a diversas situações e casos com peitoril ventilado.

Variantes	Situação A			
	Parede com janelas de vidro+ aberturas+ peitoril ventilado			
Casos	A	B	C	D
% área janela de vidro em relação à parede	10%	20%	30%	40%
% área abertura em relação à parede	2%	4%	6%	8%
Dimensões da janela de vidro	1.0 x 1.0	1.0 x 2.0	1.0 x 3.0	1.0x 4.0
Dimensões abertura para ventilação	0.2 x 1.0	0.2 x 2.0	0.2 x 3.0	0.2 x 4.0
Área de parede (m2) (Sp)	8.8	7.6	6.4	5.2
Área de janela de vidro (m2) (Sj1)	1.0	2.0	3.0	4.0
Área abertura (m2) (Sj2)	0.2	0.4	0.6	0.8
Área total fachada (m2) ($\sum S$)	10.0	10.0	10.0	10.0

Para o procedimento das investigações foi necessário estimar o “Rparede” da pesquisa experimental de 45 dB e assim conhecer os valores de “R” e o coeficiente de transmissão do peitoril ventilado das situações experimentais: Configuração 4 (τ_{jap4} e R_{comp4} - Peitoril Ventilado Longo) com (D2m,nt,w), de 17,5 e Configuração 6 (τ_{jap6} e R_{comp6} - Peitoril Ventilado Longo com melhoramento acústico - lã de rocha) com (D2m,nt,w) de 23 dB. Estes valores foram calculados a partir do valor da Diferença Padronizada de Nível ponderada e empregados nos cálculos do coeficiente de transmissão composto das configurações 2, 4 e 6. Os dados das áreas utilizadas como base de cálculos foram: área da fachada, 4,18 m², área da janela, 0,90 m² e área da abertura, 0,19 m². A área do peitoril ventilado foi considerada a área da abertura. Os valores encontrados e as fórmulas utilizadas (EGAN, 1988) podem ser visualizados na tabela 3. Nesta investigação, o coeficiente de transmissão utilizado para os cálculos do Índice de Redução Sonoro Composto dos casos de “A” a “D” foram os dados compatíveis com os encontrados na configuração 4 (τ_{jap4}) e configuração 6 (τ_{jap6}) da fase experimental.

Tabela 3– Resultados do Índice de Redução Sonoro Composto relativos às diversas situações e casos com peitoril ventilado conforme Configurações 4 e 6.

Variantes	Situação A			
	Parede com (janelas + aberturas+ peitoril ventilado)			
$R_{comp} = 10 \log \left(\frac{\sum S}{\sum \tau S} \right)$ e $R = 10 \log \frac{1}{\tau}$				
Estimado Rparede (dB) – Alvenaria sem reboco	45			
Coeficiente Transmissão Parede (τ_{parede})	0,000031622			
Coeficiente Transmissão Composto Conf 4 (τ_{comp4})	0,0177827			
Coeficiente Transmissão Composto Conf 6 (τ_{comp6})	0,00501187			
Coeficiente Transmissão Janela/Abertura/Peitoril Conf 4 (τ_{jap4})	0,093725692			
Coeficiente Transmissão Janela/Abertura/Peitoril Conf 6 (τ_{jap6})	0,026295709			
Casos	A (10%)	B (20%)	C (30%)	D (40%)
Índice de Redução Sonora Composta (Rcomp4) compatível com janela com peitoril ventilado Conf. 4 (sem melhoramento) (dB)	19,48	16,47	14,71	13,47
Índice de Redução Sonora Composta (Rcomp6) compatível com janela com peitoril ventilado Conf. 6 (melhorado) (dB)	24,97	21,98	20,23	18,98

Com estes resultados novos questionamentos surgiram para ser comparado o desempenho acústico de fachadas com peitoril ou sem peitoril. Assim uma nova investigação foi simulada para conhecer a contribuição acústica do peitoril ventilado em ambientes com climatização natural. Para tal, foi considerado que o Índice de Redução Sonoro das paredes das edificações (Rparede) a serem investigadas seriam de 45dB e das janelas com vidro seriam de 20dB, como também a área total da parede da fachada teria 10m² com dimensões de 4.0 m x 2.5 m. A matriz (2) foi elaborada com a mesma proporção da matriz (1) conforme tabela 4, com as situações B (paredes sem reboco com janela de vidro – sem peitoril ventilado, V1,V2, V3 e V4) e situações C (parede sem reboco com abertura para ventilação natural – sem peitoril ventilado, A1, A2,

A3 e A4).

Tabela 4–Matriz-2 estabelecida para investigação do Índice de Redução Sonoro Composto relativo à diversas situações e casos sem uso do peitoril ventilado.

Variantes	Situação B				Situação C			
	Parede sem reboco com janelas de vidro (sem peitoril ventilado)				Parede sem reboco com rasgo aberto (sem peitoril ventilado)			
Estimado Rparede (dB)	45				45			
Estimado Rjanela vidro (dB)	20				-			
Coefficiente Transmissão Parede (τ_{parede})	0,000031622				0,000031622			
Coefficiente Transmissão Janela (τ_{janela})	0,01				-			
Coefficiente Transmissão Abertura ($\tau_{abertura}$)	-				1			
Casos	V1	V2	V3	V4	A1	A2	A3	A4
% área janela de vidro em relação à parede	12%	24%	36%	48%	-	-	-	-
% área abertura em relação à parede	-	-	-	-	2%	4%	6%	8%
Dimensões da janela de vidro	1.2 x 1.0	1.2 x 2.0	1.2 x 3.0	1.2x 4.0	-	-	-	-
Área de parede (m2)	8.8	7.6	6.4	5.2	9.8	9.6	9.4	9.2
Área abertura (m2)	0.2	0.4	0.6	0.8	0.4	0.6	0.8	0.8
Índice de Redução Sonora Composto (dB)	29,11	26,15	24,41	23,17	16,98	13,97	12,21	10,96

4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

As aberturas são elementos construtivos utilizados em regiões de clima quente como recurso para promover a ventilação natural. As cartas bioclimáticas mostram a importância da utilização da ventilação natural nas edificações e assim o peitoril ventilado é uma ferramenta bastante recomendada como elemento agregado ao projeto arquitetônico.

Observa-se nos resultados que uma determinada fachada com uma simples abertura de 2% a 8% pode ter um índice de redução sonora de 17 dB a 11 dB. Estes valores mostram que quanto maior a abertura, maior a passagem de ruído para o interior das edificações. Já uma fachada com a presença de uma esquadria de vidro, comumente encontrada nas edificações brasileiras apresenta um isolamento sonoro entre 29 dB a 23 dB. Pode-se observar que uma das diferenças entre uma fachada e a outra é a presença da ventilação natural na fachada que apresenta abertura. Estes valores mostram que uma fachada ao receber uma abertura ou um elemento de vidro, quando não apresentarem proteção sonora, faz com que a fachada passe a ficar mais comprometida acusticamente, isto é; quanto maior a abertura ou a janela de vidro, menor o isolamento sonoro destas fachadas.

Nos grandes centros, a presença da poluição sonora já se encontra bem caracterizada pelos altos índices do ruído de tráfego, máquinas e etc., fazendo com que as estratégias passivas de climatização passem a ser inviáveis. Em outro momento, nem todas as edificações encontra-se em locais com poluição sonora. Utilizar a estratégia passiva ainda é uma grande oportunidade de se aproximar da consciência ecológica ou buscar uma economia verde, mais sustentável. A presença do peitoril ventilado nas edificações com sistemas passivos passam a ter uma fundamental importância já que a utilização deste elemento estimula a ventilação natural nas edificações.

Os resultados apresentados com uso de dois tipos de peitoris ventilados mostram que o isolamento sonoro do peitoril ventilado varia conforme sua percentagem de área de fachada, como também pode variar conforme suas características construtivas. O peitoril da Configuração 4 e 6 são similares plasticamente porém apresentam composições construtivas diferenciadas. A configuração 4, a qual não apresenta melhoria nas suas características acústicas obteve valores de isolamento sonoro de 19 dB, para janelas menores com 10% da área da fachada e 13 dB para janelas com maiores laminas de vidro e aberturas (40% de área da fachada). Quando estes elementos (peitoril ventilado) são melhorados acusticamente através da sua composição construtiva, este isolamento acústico obtém melhoras consideráveis passando para 25 dB (para as janelas com menores aberturas -10%) a 19 dB (para janelas com maiores aberturas - 40%). Esta melhora

significou em média um acréscimo de 6dB no desempenho acústico. Estes resultados mostram que a presença do peitoril ventilado quando projetado com a preocupação térmica, energética e acústica, pode contribuir para a melhora do desempenho acústico das edificações que necessitem de climatização natural e assim caracterizar uma maior integração bioclimática.

5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos é possível verificar a importância do projeto do peitoril ventilado nas regiões de clima quente úmido. Os arquitetos através dos seus projetos são responsáveis pela integração entre o homem e o meio ambiente. Um projeto com cuidados bioclimáticos pode favorecer a redução do consumo energético e estimular a integração do conforto térmico, luminoso e acústico. Os resultados apresentados neste trabalho mostram que se pode conciliar a prática e a teoria. A implantação do peitoril ventilado pode assim ser uma rica ferramenta para este propósito. A continuidade deste trabalho será para que novos resultados acústicos do peitoril ventilado possam ser apresentados para que a distância entre ventilação natural, eficiência energética e acústica possa ser cada vez menor. Os dados resultantes deste trabalho mostraram que os cuidados construtivos das variantes de projeto podem fazer a diferença. O que necessita é propiciar e apresentar novos elementos com este fim. Os peitoris ventilados podem e são elementos que contribuem acusticamente para ambientes com climatização natural.

6. REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220**: Desempenho Térmico para Edificações. Rio de Janeiro, 2005b.
- 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.
- 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.
- BUILDING ACOUSTICS SYSTEM - **Technical Documentation**. Bruel & Kjaer Sound & Vibration Measurement A/S. Denmark. 1996.
- DUARTE, Elisabeth de Albuquerque Cavalcanti. **Estudo do isolamento acústico de paredes de vedação da moradia brasileira ao longo da história**. 2005. 1v. 100p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina – Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- EGAN, M. D. **Architectural Acoustics**. Editora McGraw-Hill, Inc. New York. 1988. 411p.
- 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.
- 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.
- MACIEL, Alexandra Albuquerque. **Integração de Conceitos Bioclimáticos ao Projeto Arquitetônico**. 2006. 1v. 187p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina – Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.
- NETO, M.F.F.; BERTOLI, S.R. Critérios de desempenho acústico e níveis de conforto acústico: uma pequena análise em edifícios residenciais de São Paulo, Brasil. FIA 2008. 5 a 7 de Novembro de 2008. Buenos Aires. **Anais...** Buenos Aires, Argentina. 1CD ROM
- OITICICA, M. L. G.; BERTOLI, S. R. Melhoria do desempenho acústico em peitoril ventilado, ACUSTICA, 2008. 20 a 22 de Outubro de 2008. Coimbra. Portugal. **Anais...**Coimbra. 2008. 1 CD ROM.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO), **Guidelines for community noise**. Capturado na internet em 04 de Janeiro de 2002: WWW.who.int/pet/

7. AGRADECIMENTOS

A autora agradece a Capes pelo apoio financeiro concedido na forma de bolsa de doutorado.