



VI Congreso Iberoamericano de Acústica - FIA 2008
Buenos Aires, 5, 6 y 7 de noviembre de 2008

FIA2008-A223

DESENVOLVIMENTO DE ELEMENTO VAZADO ACÚSTICO

Bianca Carla Dantas Araújo ^(a)
Sylvio R. Bistafa ^(b)

(a) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. Rua Maranhão, 88, 01240.000, São Paulo, SP. BRASIL. <dantasbianca@gmail.com>

(b) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. Rua Maranhão, 88, 01240.000, São Paulo, SP. BRASIL. <sbistafa@usp.br>

Abstract

The environmental comfort requires the pursuit of alternative energy project with less impact on architecture. In place of hot and humid climates, natural ventilation is one of the strategies of project; inserted in this view, the elements cast act as architectural components that provide permanent natural ventilation, daylighting and solar protection, and ease of manufacture. Despite the use of secular elements cast, are rare searches in order to determine its environmental use. However, it has been aware of problems related that comes from the natural ventilation as a strategy for cooling, among them, are the acoustic problems. An alternative is the use of elements that permit the passage of ventilation, lighting and control the sunlight and that partially block the noise is to achieve a good result. This work deals with the analysis of the variables involved in the study of the development of the element hollow sound, and the geometric study and its justifications, trying to balance the varying acoustic materials - such as absorption and isolation - and the question of promoting ventilation and natural lighting. Initial results show how likely is the passage of noise in open areas, and the more closed higher acoustic insulation, however minor the ventilation and lighting.

Resumo

O conforto ambiental requer a busca de alternativas de projeto com menos impacto energético na arquitetura. Em locais de climas quentes e úmidos, a ventilação natural é uma das estratégias de projeto; inseridos nesta visão, os elementos vazados agem como componentes arquitetônicos que proporcionam permanente ventilação natural, proteção solar e iluminação natural, além de facilidade de fabricação. Apesar do uso secular dos elementos vazados, são raras pesquisas com vistas a determinar seu uso ambiental. Entretanto, tem-se consciência dos problemas correlatos que advém da ventilação natural como estratégia de resfriamento, dentre eles, destacam-se os problemas acústicos. Uma alternativa é o uso de elementos que permitam a passagem da ventilação, controle a insolação e a iluminação e que parcialmente bloqueiem o ruído para conseguir-se um bom resultado. O presente trabalho trata da análise das variáveis envolvidas no estudo do desenvolvimento do elemento vazado acústico, assim como o estudo geométrico e suas justificativas, procurando equilibrar as variáveis acústicas dos materiais – como absorção e isolamento – e a questão da promoção da ventilação e iluminação natural. Os resultados iniciais revelam o quão susceptível é a passagem do ruído em áreas abertas, e o quanto mais fechado maior isolamento acústico, porém menor a ventilação e a iluminação.

1 Introdução

O conforto ambiental requer atualmente a busca de alternativas de projeto com menos impacto energético na arquitetura. Em locais de climas quentes e úmidos, a ventilação natural é uma das estratégias de projeto; inseridos nesta visão, os elementos vazados, também conhecidos como cobogós ou combogós, agem como componentes arquitetônicos que proporcionam: permanente ventilação natural, proteção solar e iluminação natural, além de apresentarem facilidade de fabricação.

Apesar do uso secular dos elementos vazados, são raras as pesquisas com vistas a determinar seu uso ambiental. Entretanto, tem-se consciência dos problemas correlatos que advém da ventilação natural como estratégia de resfriamento. Dentre eles, destacam-se os problemas acústicos, incidência de chuvas de vento e a presença de insetos. Estes problemas podem ser equacionados se forem considerados nas fases iniciais do projeto. Uma alternativa é o uso, nas edificações, de elementos que permitam a passagem da ventilação, controle a insolação e a iluminação e que parcialmente bloqueiem o ruído para conseguir-se um bom resultado.

O desenvolvimento de proposta de elemento vazado acústico como componente aliado para projetos em climas quentes e úmidos é o objetivo da proposta da presente pesquisa, procurando equilibrar as variáveis das características acústicas dos materiais – como absorção e isolamento – e a questão da promoção da ventilação e iluminação natural.

2 Metodologia

2.1 Caracterização da área e objeto de estudo

Em locais de climas quentes e úmidos, presentes em várias regiões do território brasileiros – caracterizados por altas temperaturas do ar e umidades relativas, e baixas amplitudes diárias e sazonais – a ventilação natural é uma das estratégias passivas de projeto, para melhorar as condições de desconforto térmico e reduzir o consumo de energia elétrica com condicionamento artificial do ar (GIVONI, 1992). Para ser possível o controle do conforto ambiental, em locais de climas quente e úmido, estabelecendo a ventilação como recurso natural e renovável, deve-se lançar mão de alternativas que aproveitem o seu potencial e tornem-se, assim, novas tecnologias de soluções passivas.

O ecossistema objeto da investigação desta pesquisa está inserido na cidade de Natal, capital do Rio Grande do Norte, localizada no litoral oriental do estado, em região de baixa latitude. De acordo com Araújo; Martins; Araújo (1998), Natal caracteriza-se por um clima quente e úmido, e suas coordenadas (latitude 5o 45'54" Sul e longitude 35o 12'05" Oeste) definem sua posição intertropical, muito próxima à linha do equador (Figura 01). Dada sua localização geográfica, em Natal não há quatro estações marcadas, mas duas características épocas anuais com pequenas variações, uma de abril a setembro, e outra de outubro a março.



Figura 1. Mapa do Brasil com localização de Natal
Fonte: Araújo; Martins; Araújo (1998)

As diretrizes de planejamento urbano, segundo as prescrições características do clima quente e úmido de Natal, são priorizar principalmente a ventilação, minimizar o ganho de calor, e a implantação de áreas verdes.

Inseridos nesta visão bioclimática, os elementos vazados, cobogós ou combogós, funcionam como componentes arquitetônicos que proporcionam permanente ventilação natural, iluminação natural e proteção solar, pois filtram a intensa luminosidade da abóbada celeste dessas regiões, também apresentam facilidade de fabricação. “Se constituem em componentes arquitetônicos de uso comum por ser um tipo de envazadura de baixo custo e satisfatório desempenho ambiental” (BITTENCOURT, 1995, p. 378).

Conforme resgatado e divulgado em Tecnologia...(2005), os elementos vazados, no Brasil, têm sido empregados desde 1930, quando os arquitetos Amadeu Coimbra, Ernest Boekman e Antônio de Góis os utilizaram em uma construção em Olinda, Pernambuco. A propósito, os nomes cobogós e combogós são termos criados a partir da primeira sílaba dos nomes dos seus criadores.

Com a utilização pioneira em Pernambuco, o uso dos elementos vazados, aos poucos, foi se estendendo até se tornarem um componente construtivo comum nas edificações de todo território nacional. Inicialmente, fabricados com argamassa, cimento e areia, eram moldados em fôrmas de madeira ou de argila, com cozimento em fornos.

Da década de sessenta em diante, o uso dos elementos vazados começou a entrar em declínio, devido à adoção, pelos arquitetos brasileiros, de um padrão de construção internacional, em que predominavam fachadas "limpas" e envidraçadas, altamente inadequadas às nossas condições climáticas. Infelizmente, com a adoção do modismo importado, o cobogó passou a ser tratado preconceituosamente como popular (TECNOLOGIA ...,2005).

Bittencourt (1995) avaliou o desempenho, em relação à ventilação natural, de quatro elementos vazados, identificando que para construções localizadas em regiões quentes e úmidas, onde a ventilação natural constitui estratégia de fundamental importância, os elementos vazados se constituem em componentes arquitetônicos de grande potencial funcional e plástico.

Em contrapartida, as aplicações desses elementos têm sido baseadas em empirismo, nem sempre com resultados satisfatórios, o que compromete a potencialidade identificada na utilização dos elementos vazados. Apesar do uso secular dos mesmos esta realidade é consequência das raras pesquisas visando determinar seu uso ambiental. “A bibliografia sobre o tema se mostra muito escassa, a despeito de antiguidade e do potencial bioclimático que este elemento construtivo apresenta” (BITTENCOURT, 1995, p. 378).

Pode-se verificar que, do ponto de vista térmico, o cobogó é um elemento potencialmente importante para aproveitamento da ventilação natural em locais de clima quente e úmido, assim com da iluminação natural e filtro da insolação. Entretanto, apesar deste caráter de alternativa passiva conferido ao elemento vazado, hoje não parece ainda se constituir como tecnologia a ser explorada; a menos que outras pesquisas sejam desenvolvidas a fim de aproveitar a vantagem de nova tecnologia passiva que o referido elemento pode apresentar, o que já fora comprovado.

2.2 Métodos adotados

Para o desenvolvimento da pesquisa, primeiramente foi estudado o desenvolvimento de protótipo virtual que seguiu as relações geométricas dos ressonadores de Helmholtz. As proporções das cavidades existentes, assim como o material utilizado para sua confecção serviram de base para o desenho de dois tipos de elementos vazados que possuem a mesma

geometria e material, porém com dimensões e proporções distintas, a fim de proporcionar uma comparação inicial entre eles com a confecção dos protótipos físicos.

Os protótipos físicos foram confeccionados em dois tipos, com a mesma geometria e material, porém se diferenciando pelas dimensões e proporções. Um com menores dimensões e peso, se assemelhando a blocos de alvenaria já existentes no mercado (elemento vazado tipo 1) e outro com dimensões e peso não comuns no mercado para blocos e elementos vazados (elemento vazado tipo 2). Os protótipos foram assentados de maneiras iguais a fim de proporcionar comparações diretas, conforme estabelecido pelo planejamento estatístico de pesquisa de campo.

A avaliação de isolamento sonoro destes prototipos físicos, segundo medições in situ, foi seguida pelo procedimento estabelecido na norma ISO 140-5 – “Medições de isolamento sonoro em edifícios e elementos de edifícios. Parte 5 – Medições em campo do isolamento sonoro a sons aéreos de fachadas e elementos de fachada”.

Para analisar o desempenho dos elementos vazados sob o aspecto do conforto luminoso, foram realizadas medições de iluminação natural. As medições foram realizadas concomitantemente com as medições de isolamento, conforme os elementos foram assentados na fachada, e foram realizadas internamente (e externamente) no cômodo de uma câmara-teste.

Esta etapa da pesquisa foi desenvolvida para a coleta de dados do desempenho do bloco em relação à iluminação natural dos elementos vazados estudados, como forma de subsidiar a pesquisa a partir da avaliação de mais um parâmetro dos blocos estudados. Para as medições foi utilizado um equipamento conhecido como luxímetro, o qual é capaz de medir a intensidade da luz que chega ao ambiente, ou seja, a iluminância (lux). Para uma melhor análise dos dados de iluminação natural sobre o espaço interno da sala (câmara-teste), foi elaborada uma grade de pontos equidistantes na área útil da mesma. Estes pontos do “grid” possuem uma mesma altura (0,70m), formando um plano de trabalho, em 9 pontos, sendo 3 em cada eixo.

As medições foram realizadas nos mesmos horários e dias das medições de isolamento sonoro. O procedimento segue o planejamento de primeiramente montar o “grid” com os pontos de medição, em seguida medir externamente à sala, medir internamente nos pontos pré-estabelecidos e, em seguida, medir externamente para avaliar a diferença dos níveis, tendo em vista a possibilidade de passagem de uma nuvem, ou o tempo ficar nublado, condições estas que devem ser evitadas. A iluminação artificial não pode interferir nas medições de iluminação natural.

Os resultados parciais obtidos no período do presente relatório se referem ao isolamento acústico dos protótipos desenvolvidos; e à iluminância proporcionada pelos elementos vazados analisados.

2.3 Desenvolvimento da geometria preliminar

O protótipo virtual de um elemento vazado foi elaborado a partir de um contato primário com as relações térmicas, para que, assim, evolua o estudo geométrico do bloco. O trabalho intitulado “Propostas de Elementos Vazados para Condições Bioclimáticas da Cidade do Natal” (ARAÚJO et al, 1999), desenvolvido no Laboratório de Conforto Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, com participação da autora, resultou no desenvolvimento de protótipos físicos que levaram em consideração os aspectos bioclimáticos do ambiente de estudo e questões de fabricação, como fôrma, empilhamento e materiais construtivos.

Estudos desta natureza periodicamente têm sido elaborados no referido Laboratório, com o propósito de avaliar os elementos vazados existentes no mercado, bem como propor novos elementos, tendo inclusive já obtido a patente de alguns elementos propostos pelos alunos. Este primeiro contato com o elemento vazado, assim como os estudos subsequentes dos princípios de absorção dos ressonadores, foram utilizados como bases para o escopo geométrico preliminar (virtual) proposto na presente pesquisa.

As primeiras relações levantadas para o desenvolvimento do bloco foram o material comumente utilizado em blocos de alvenaria e em elementos vazados comercializados na região (cimento e areia, na razão de 1:3), a fôrma em uma forma simples (que pode ser confeccionada de madeira ou metálica) e a proteção de chuvas, além da facilidade de empilhamento. Percebeu-se que a geometria do bloco do ressonador atendia a estes componentes, e desta forma foi realizada uma adaptação para transformar o ressonador em um elemento vazado, procurando criar um bloco que possuísse uma fenda não somente para a entrada da onda sonora e de ar, mas a saída. Desta forma, foi pensada em uma geometria em que o bloco possuísse uma cavidade e o mesmo fosse implantado de frente para outro, com um espaço entre eles, de maneira que as cavidades dos blocos ficassem coincidentes, representando assim o volume da “garrafa” e o espaço entre eles a fenda do ressonador.

Tendo em vista o fator também preponderante nesta pesquisa de desenvolver um bloco mantenha sua conotação popular e, portanto, como custos baixos, inclusive porque os únicos componentes no mercado que permitem a passagem da ventilação e isolam o ruído, como os atenuadores e as venezianas acústicas, possuem preços muito elevados, procurou-se utilizar fôrmas já existentes que pudessem ser adaptadas para o objetivo do bloco a ser estudado. Foram identificadas duas dimensões de blocos para adaptação. A primeira menor (elemento vazado tipo 1) foi adaptada de um bloco de cimento utilizado para montagem de alvenaria comum de vedação. O maior (elemento vazado tipo 2) foi adaptado de um bloco de cimento utilizado como caixa de gordura, sendo esta seccionada para se adaptar a geometria desejada (Figuras 2 a 7). A confecção é realizada de uma forma bem artesanal, não sendo necessária uma produção em usina.



Figura 2. Foto dos elementos tipo 1 (menor) e 2 (maior)



Figura 3. Foto da fôrma do elemento menor



Figura 4. Foto da fôrma do elemento maior



Figura 5. Foto da secagem do elemento menor



Figura 6. Foto da secagem do elemento maior



Figura 7. Foto da forma de empilhamento

No elemento vazado tipo 1 (menor) foram consideradas as dimensões: h (altura) = 0,14 m; c (comprimento) = 0,10 m; p (profundidade) = 0,19 m; e (espessura) = 0,02 m. No elemento vazado tipo 2 (maior) foram consideradas as dimensões: h (altura) = 0,25 m; c (comprimento) = 0,29 m; p (profundidade) = 0,25 m; e (espessura) = 0,03 m (Figura 8).

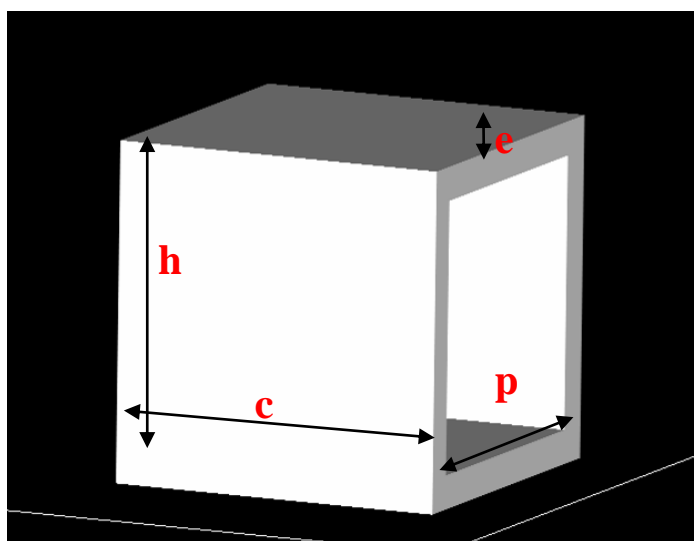


Figura 8. Croqui esquemático das dimensões dos blocos estudados

Com base nesta adaptação foram realizados cálculos a partir da equação do princípio da frequência de ressonância (f_0) para identificar quais seriam estas frequências nos blocos estudados. Considerando o ressonador como dois blocos assentados um de frente para o outro (criando uma cavidade com uma fenda frontal e posterior), encontraram-se as frequências de ressonância de aproximadamente 250 Hz para a composição com o elemento vazado tipo 1 (menor) e de 100 Hz.

Para avaliação das propriedades acústicas do elemento vazado são utilizadas normas ISO – International Organization for Standardization, e métodos alternativos para comparações. Como procedimento para avaliação do isolamento acústico é proposto o método de medição *in situ*, normalizado pela ISO 140 (1998), que tem sido a principal norma internacional para medições de isolamento sonoro (VIVEIROS, 1998). A ISO 140 é uma norma composta de partes, desta forma a Parte 5, que discorre sobre as medições *in situ* do isolamento sonoro a sons aéreos de fachadas e elementos de fachada, será considerada no estudo, porém não desconsiderando as referências normativas necessárias para o estudo.

O método de medição do isolamento sonoro a sons aéreos dos elementos da fachada (método dos elementos) e de toda a fachada (método global), estima o Índice de Redução Sonora, ou Perda na Transmissão, com um alto falante como fonte sonora artificial, microfone em posições variadas e um medidor de nível de pressão sonora com filtro de 1/3 de bandas de oitava. Para análise do desempenho do elemento vazado em relação ao isolamento sonoro, estes são inseridos em uma fachada e, em seguida, procedidas as medições normalizadas na câmara de teste, cuja fachada representa escala suficiente para aplicação do elemento vazado simulando em situações reais.

A sala considerada como câmara teste para a pesquisa possui 15 m², sendo todas as aberturas devidamente vedadas, a porta confeccionada em madeira maciça e borrachas esponjosas para evitar frestas. O teto da sala foi isolado com sistema de gesso acartonado com lâ de vidro, e as demais superfícies são em alvenaria rebocada e pintada e piso em placas de concreto (Figuras 9 e 10). Na sala havia a existência de aberturas em cobogó comum (que foram devidamente isoladas, com exceção dos existentes na fachada de teste), além de prateleiras em alvenaria.

Foi utilizado o método global com alto-falante, o qual estabelece o cálculo da diferença de nível de pressão sonora (D_{2m}) a dois metros da fachada (em três pontos, sendo a medição registrada de 1 minuto em cada ponto – dois nos limites laterais da amostra e no centro da mesma) e dentro da sala receptora (em cinco pontos, sendo 1 minuto cada medição); do nível padrão ($D_{2m,nt}$); e normalizado ($D_{2m,n}$), os quais levam em consideração o tempo de reverberação e a área de absorção da sala receptora, respectivamente. O ruído emitido no alto-falante foi o ruído branco.

Os equipamentos utilizados foram um medidor de nível sonora com filtro de bandas de 1/3 de oitava, com microfone acoplado com diâmetro menor que 13”; um alto-falante cuja diretividade em campo livre é de tal forma que o nível de pressão sonora em cada banda de frequência de interesse é menos que 5 dB; e um computador portátil com microfone e com ligação com a caixa acústica (alto-falante) amplificada, para medir o tempo de reverberação da sala receptora.

A posição do alto-falante foi no chão, e distou 3,5 m da fachada com 45º o ângulo de incidência. Na sala receptora foram estabelecidas as distâncias de 0,7m entre as posições dos pontos medidos, 0,5 m entre cada posição do microfone e os limites da sala, e 1,0 m entre o microfone e a fonte sonora. O ruído de fundo estava a mais de 10 dB abaixo do nível sonoro do sinal.



Figura 9. Planta da sala de teste com detalhe para a fachada onde serão aplicados os elementos vazados



Figura 10. Fotos da sala internamente (visual 1) e externamente (visual 2)

O princípio da medição do tempo de reverberação é realizado a partir da Resposta Impulsiva (RI), que é viabilizada com o uso do software *Aurora*, desenvolvido pelo prof. Angelo Farina (Itália). A obtenção da Resposta Impulsiva (RI) foi realizada a partir de um sinal de 1 minuto, o Multi MLS Signal emitido pelo próprio programa de medição. A fonte sonora foi posicionada no centro da sala e a captação do sinal foi feita no centro da sala.

3 Resultados Preliminares

As medições referentes ao isolamento acústico dos Elementos Vazados confeccionados para a presente pesquisa, tipo 1 (pequeno) e tipo 2 (grande) foram concluídas para uma mesma situação: os blocos assentados juntos e os blocos assentados separados, sendo 5 cm de espaço aberto para os dois blocos.

Uma primeira medição de teste do método foi realizada com o cobogó que existia no local. Foram medidos apenas 1 ponto fora da sala e um dentro, além do ruído de fundo (em um intervalo de 5 minutos). O ruído de fundo apresentou LAeq (dB) de 46,3, o ponto externo LAeq (dB) de 81,8, e o ponto interno LAeq (dB) de 72,4, o que mostra uma diferença de nível de pressão sonora bruto de 9,4 dB entre o ambiente externo e o interno (Figura 41, 42, 43 e 44). A medição foi realizada no dia 20/10/2007.

O elemento tipo 1 (pequeno) fora testado primeiramente fechado, sem abertura para o exterior, a fim de comparar seu desempenho de isolamento. A medição foi realizada no dia 27/10/2007 (Figuras 11 e 12). A velocidade média externa dos ventos foi de 3,3 m/s no sentido sudeste.



Figura 11. Foto do bloco tipo 1 assentado na fachada junto (interno)



Figura 12. Foto do bloco tipo 1 assentado na fachada na fachada junto

O elemento tipo 1 (pequeno) fora testado em um segundo momento aberto com 5 cm de espaçamento entre eles, a fim de comparar seu desempenho de isolamento (Figuras 13 e 14), medição realizada 01/11/2007. A velocidade média externa dos ventos foi de 3,5 m/s no sentido sudeste. Observou-se que pela média aritmética simples dos valores de LAeq (dB) do W-SPL a diferença do nível de pressão sonora externo (85,8 dB) para interno (77,8 dB) foi de 8 dB, portanto menos isolante do que o cobogó anteriormente existente na edificação, apesar de pouca diferença e de critério de avaliação de acordo com os cálculos estabelecidos pela norma, que usam o Tempo de Reverberação da sala receptora na fórmula para estabelecer o isolamento real. Os níveis de iluminação apresentaram dados muito baixos, entre 39 e 115 lux, tendo em vista a área aberta de apenas 26%.



Figura 13. Foto do bloco tipo 1 assentado na fachada separado 5cm



Figura 14. Foto do bloco tipo 1 assentado na fachada separado 5cm

O elemento tipo 2 (grande) fora testado em um segundo momento fechado, a fim de comparar seu desempenho de isolamento (Figuras 15 e 16). A medição foi realizada no dia 05/11/2007.



Figura 15. Foto do bloco tipo 2 assentado na fachada junto



Figura 16. Foto do bloco tipo 2 assentado na fachada junto

A velocidade média externa dos ventos foi de 3,4 m/s no sentido sudeste. Observou-se que pela média aritmética simples dos valores de LAeq (dB) do W-SPL a diferença do nível de pressão sonora externo (78,9 dB) para interno (51,3 dB) foi de 27,6 dB, portanto mais isolante do que o cobogó tipo 1 (pequeno fechado), apesar de pouca diferença e de critério de avaliação de acordo com os cálculos estabelecidos pela norma, que utilizam nos cálculos o Tempo de Reverberação da sala receptora.

O elemento tipo 2 (grande) fora testado em um segundo momento aberto com 5 cm de espaçamento entre eles, a fim de comparar seu desempenho de isolamento (Figuras 17 e 18). A medição foi realizada no dia 06/11/2007.



Figura 17. Foto do bloco tipo 2 assentado na fachada separado 5cm



Figura 18. Foto do bloco tipo 2 assentado na fachada separado 5cm

A velocidade média externa dos ventos foi de 2,7 m/s no sentido sudeste. Observou-se que pela média aritmética simples dos valores de LAeq (dB) do W-SPL a diferença do nível de pressão sonora externo (83,0 dB) para interno (50,0 dB) foi de 33,0 dB, portanto mais isolante do que o cobogó tipo 1 (pequeno aberto).

Os níveis de iluminação apresentaram dados muito baixos, entre 14,5 e 25 lux, tendo em vista a área aberta de apenas 26%, inclusive apresentado níveis menores do que o bloco tipo 1, fato devido a profundidade no elemento maior.

Os resultados iniciais revelam o quão susceptível é a passagem do ruído em áreas abertas, e o quanto mais fechado o bloco maior isolamento acústico, porém, conforme sabido, menor a ventilação e a iluminação. A pesquisa encontra-se em andamento e em breve os resultados finais sobre os blocos estudados e outros em análise serão divulgados.

Referencias

- BITTENCOURT, L. (1995). Efeito da Forma dos Elementos Vazados na Resistência Oferecida à Passagem da Ventilação Natural. In: Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, III, 1995, Gramado. Anais... Gramado. CD-ROM, p. 378.
- GIVONI, B. (1992). Comfort climate analysis and Building Design Guidelines. Energy and Buildings, 1992. (1): p.11-23.
- TECNOLOGIA inova cobogós (2005). Disponível em: www.rei.br/outraEdicao/artigo_08.htm. Acesso em: 3 ago. 2005.
- ISO 140 (1998). Acoustics – measurement of sound insulation in buildings and buildings elements: part 5: field measurement of airborne sound insulation of façades and façades building elements.
- ARAÚJO et al. (1999). Propostas de elementos vazados para condições bioclimáticas na cidade de Natal. In: Congresso de Iniciação científica da UFRN, 1999, Natal. Livro de Resumos. 1999.
- VIVERIOS, E. B. (1998). Evaluation of the Acoustical Performance os Louvre by Impulse Response Analysis. Tese (Doutorado) – POSMEC/UFSC. Florianópolis. 1998.