

REQUISITOS ARQUITETÔNICOS PARA DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DO POTENCIAL DE VENTILAÇÃO NATURAL DE EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS EXISTENTES

Marília Ramalho Fontenelle (1); Carolina Dytz Seoane (2); Leopoldo Eurico Gonçalves Bastos (3)

(1) Arquiteta, doutoranda no PROARQ/FAU-UFRJ, mariliarf@ufrj.br (2) Graduanda em Arquitetura, bolsista de iniciação científica no PROARQ/FAU-UFRJ, carol_dytz@hotmail.com (3) Engenheiro Industrial Mecânico, docente do PROARQ/FAU-UFRJ, leopoldobastos@gmail.com.

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura. Av. Pedro Calmon, 550/sl. 433, Prédio da Reitoria, Ilha do Fundão. Rio de Janeiro-RJ 21941-590. Tel: (21) 3938-1661.

RESUMO

No cenário internacional, observa-se uma tendência crescente de revalorização da ventilação natural nas edificações existentes enquanto estratégia para incrementar o conforto térmico, a qualidade do ar interior e a eficiência energética. Uma das primeiras etapas adotadas na reabilitação da ventilação natural consiste em realizar um diagnóstico do potencial de seu uso na edificação, atentando para as interações entre aspectos de três escalas: meteorológica, urbana e do edifício. Tendo como enfoque esta última, o presente artigo objetiva apresentar orientações para o diagnóstico preliminar do potencial de ventilação de edifícios de escritórios existentes, considerando aspectos arquitetônicos relativos a cinco categorias: dimensão do espaço interno, características das aberturas, compartimentação da planta, outros elementos de captação/exaustão e estrutura. Um estudo de caso é realizado em um edifício de escritórios situado no Rio de Janeiro, de forma a exemplificar sua aplicação. Conclui-se que as orientações de diagnóstico podem ser úteis na definição de cenários de intervenção e no auxílio à interpretação de resultados de análises mais aprofundadas.

Palavras-chave: potencial de ventilação natural, reabilitação, edifício de escritórios.

ABSTRACT

In the international context, there is a growing tendency to retrieve natural ventilation as a strategy to improve thermal comfort, indoor air quality and energy efficiency of existing buildings. One of the first steps when retrofitting a building consists in carrying out an assessment of its natural ventilation potential, considering interactions among aspects from three scales: meteorology, urban and building. This paper aims to guide a preliminary assessment of office buildings natural ventilation potential, indicating some architectural aspects from five categories that should be considered in this process: space dimensions, window features, layout, structure and other elements for air capture/exhaust. A case study is carried out in an office building located in Rio de Janeiro, in order to exemplify an application of the proposed guide. We conclude that a preliminary diagnosis can be very useful when defining retrofit scenarios and interpreting detailed assessment results.

Keywords: natural ventilation potential, retrofit, office buildings.

1. INTRODUÇÃO

Há décadas, estudam-se parâmetros de projeto a serem trabalhados para explorar a ventilação natural em edificações novas (SOBIN, 1981; MASCARÓ, 1991; KENDRICK et al, 1998; BROWN, DEKAY, 2004; YARKE, 2005; BITTENCOURT e CÂNDIDO, 2008; MARCONDES, 2010).

Apesar destes esforços, no âmbito dos edifícios de escritórios, a climatização natural tem sido paulatinamente substituída pelo uso do ar-condicionado. No Brasil, a preferência por sistemas ativos decorreu, dentre outros aspectos, das mudanças na tipologia e materialidade dos espaços corporativos, inspiradas no modelo de edifícios altos norte-americanos. O aumento progressivo da profundidade da planta, a redução do pé-direito, a eliminação de janelas operáveis e o aumento da área envidraçada nas fachadas tornaram os edifícios de escritórios brasileiros cada vez mais inadequados ao seu contexto climático. Somado a isto, o incremento das cargas térmicas decorrentes do aumento no número e potência dos equipamentos elétricos dificultou a garantia do conforto térmico dos usuários exclusivamente pela ventilação natural (MARCONDES, 2010).

Em virtude do anseio de incorporar os princípios de sustentabilidade à arquitetura, progressivamente, a ventilação natural vem ganhando espaço na produção de novos edifícios de escritórios, especialmente em países europeus (MARCONDES, 2010). A revalorização desta estratégia passiva também vem sendo observada na reabilitação de edifícios, impulsionada sobretudo pelo desejo de reduzir o consumo energético do parque edificado.

No cenário internacional, destacam-se os programas IEA Annex 35 - HybVent (IEA, 2015), Revival (GAUDIN, GAUDIN, 2006) e o IEA Annex 62 – Ventilative Cooling (HEISELBERG, 2014), conduzidos em parceria entre diversos países da Europa, Ásia e América do Norte, com o intuito de desenvolver, testar e aplicar estratégias para favorecer a ventilação natural em edifícios existentes. O Brasil se encontra ainda à margem destas discussões e poucas são as pesquisas e práticas realizadas voltadas para a reabilitação do parque edificado que consideram a ventilação natural (MARCHETTI, 1996; LACERDA, 2014).

Para que a ventilação natural seja incorporada ao projeto de reabilitação de edifícios, é imprescindível realizar um diagnóstico do potencial de uso desta estratégia passiva considerando três aspectos primordiais: condições meteorológicas externas, restrições do meio urbano e características arquitetônicas do edifício (LUO et al, 2007).

No que concerne às condições meteorológicas, devem ser consideradas as características de incidência dos ventos dominantes, além da temperatura e umidade relativa do ar externo. Ressalta-se, neste sentido, a metodologia proposta por Luo et al (2007) para mapear o potencial de ventilação natural de uma área a partir de dados como a temperatura externa, com o intuito de auxiliar os arquitetos a identificar as localidades mais propícias ao uso desta estratégia passiva.

Quanto à escala urbana, deve-se considerar a qualidade do ar e o nível de ruído externo, além de aspectos da morfologia urbana que interferem na captação dos ventos. Neste sentido, Barclay, Kang e Sharples (2012) ressaltam os impactos de duas morfologias urbanas distintas e do ruído externo para identificar o potencial de ventilação em edifícios de escritórios. Ramponi et al (2014) investigam os impactos gerados à ventilação noturna em edifícios de escritórios por diferentes cenários de adensamento do entorno, considerando os efeitos do sombreamento e a permeabilidade do tecido urbano.

Na escala do edifício, devem-se considerar a dimensão e distribuição dos espaços, as características das aberturas, outros elementos de captação e exaustão do ar, dentre outros. Neste contexto, Yang et al (2005) consideram o diferencial de pressão interna e externa decorrente de aspectos como percentual de área envidraçada, ocupação do edifício, área e altura do pavimento, além dos ventos dominantes. Zhou et al (2014) analisam o potencial de ventilação em torres residenciais na China considerando a implantação e orientação do edifício em relação aos ventos dominantes, o espaçamento entre unidades habitacionais no pavimento tipo e a localização, dimensão e quantidade de aberturas.

Em todos os trabalhos citados, verifica-se uma interdependência entre aspectos meteorológicos, urbanos e arquitetônicos para analisar o potencial de ventilação. Por outro lado, observa-se uma lacuna na sistematização exclusiva de aspectos arquitetônicos, que possibilite reconhecer o papel de determinados elementos do edifício existente no favorecimento da ventilação natural. Este artigo propõe preencher esta lacuna.

A revisão da literatura possibilitou identificar cinco categorias de aspectos arquitetônicos que podem favorecer a ventilação natural no ambiente construído, quais sejam: dimensão do espaço interno, características das aberturas, compartimentação da planta, outros elementos de captação/exaustão e estrutura.

Com relação ao espaço interno do pavimento, há duas dimensões que influenciam a ventilação natural: a profundidade da planta e o pé-direito. Benedetto (2007), Figueiredo (2007) e Marcondes (2010) recomendam para espaços corporativos com ventilação unilateral (abertura em somente uma face do

ambiente) uma profundidade máxima de 7 a 7,50 m em relação à fachada, para que o fluxo de ar percorra todo o espaço. Para Kendrick et al (1998), a ventilação unilateral só é eficaz para profundidade de até 10 m. No caso de plantas com aberturas em fachadas opostas, a ventilação cruzada é eficiente para plantas com até 15 m de profundidade. Acredita-se que esta distância também possa ser considerada entre fachadas adjacentes com aberturas.

Enquanto que a profundidade do espaço deve ser limitada, o pé-direito deve ser o mais alto possível, de forma que o ar quente, que se concentra na camada superior, fique acima dos usuários (KENDRICK et al, 1998). Marcondes (2010), Kendrick et al (1998) e Benedetto (2007) recomendam, respectivamente, um pé-direito de pelo menos 3,00m; 3,20m e 3,50m. Estas recomendações acima estão em consonância também com as indicadas em ASHRAE (2010) e CIBSE (2005).

Quanto às características das aberturas, estas, por serem os principais elementos responsáveis pela captação e exaustão do ar nos espaços internos, são um dos aspectos arquitetônicos que mais definem o potencial de ventilação natural de um edifício. Algumas de suas características estão diretamente relacionadas a eficiência de captação e exaustão do ar: tipologia da esquadria, posição, forma e proteção da abertura.

A tipologia que melhor favorece a ventilação natural é aquela que garante maior área efetiva de abertura para passagem do vento. Dentre as tipologias citadas pela NBR 10821 (ABNT, 2011), a janela pivotante (horizontal ou vertical) e de abrir tem como vantagem a abertura de 100% do vão (MASCARÓ, 1991; KENDRICK et al, 1998; YARKE, 2005). Mascaró (1991) ressalta que as janelas pivotantes horizontais apresentam como diferencial a separação da corrente de ar frio e de ar quente, o que pode favorecer a ventilação unilateral.

Lacerda (2014) comparou o escoamento do ar em um pavimento tipo de um edifício de escritórios situado no centro do Rio de Janeiro, variando-se a tipologia de esquadria entre projetante (maxim-ar), de correr, pivotante e fixa e projetante. A janela pivotante foi a que gerou melhores resultados em termos de distribuição e velocidade do ar. Lacerda (2014) ressalta, além do amplo vão livre para circulação, a possibilidade que esta tipologia oferece de redirecionar as correntes de ar seja para captar ventos que incidem nas fachadas em direção pouco favorável ou para beneficiar determinadas áreas internas.

As janelas de correr e guilhotina, além de só possibilitarem no máximo 50% de abertura do vão, podem gerar problemas de insegurança para o edifício se desejado aproveitar a ventilação noturna. As janelas projetante e de tombar, apesar de restringirem a área de circulação do ar para até 30% (CIBSE, 2005), possibilitam maior segurança, além de proteção contra a chuva (KENDRICK et al, 1998). Devido à importância destes dois últimos critérios para a atividade corporativa, a facilidade de manuseio e a não inviabilização da instalação de cortinas e persianas internas, a esquadria projetante é mais utilizada nos edifícios de escritório atuais.

No que diz respeito à posição da abertura, Brown e Dekay (2004) ressaltam que a velocidade do ar interno em relação ao externo é maior quando há aberturas em fachadas opostas. A eficiência é decrescente neste sentido: duas aberturas em fachadas adjacentes, duas aberturas na mesma fachada e uma abertura em uma fachada. A altura das aberturas pode definir a finalidade da ventilação: a nível do usuário, para favorecer conforto térmico e qualidade do ar, ou a nível do forro, para higienização e dissipação do calor à noite (KENDRICK et al, 1998).

Quanto à forma da abertura, Sobin (1981) ressalta que, independentemente do ângulo de incidência do vento, as aberturas horizontais garantem uma maior velocidade do ar que as quadradas, que por sua vez são mais eficientes que as verticais.

Finalmente, quanto à proteção da abertura, deve-se atentar para o fato de que a presença de telas contra insetos (YARKE et al, 2005) e *brises* nas janelas (NAKAMISHI et al, 2007) pode reduzir consideravelmente a velocidade e vazão do ar no ambiente. Por outro lado, o posicionamento de anteparos verticais nas extremidades das aberturas pode ser útil para alterar a zona de pressão nas fachadas, redefinir entradas e saídas de ar e induzir o fluxo para o ambiente interno (BROWN, DEKAY, 2004; YARKE, 2005).

A compartimentação dos espaços influencia significativamente na distribuição e intensidade da circulação do ar no interior dos ambientes. Em edifícios de escritórios, o layout tipo planta livre é aquele que melhor favorece a ventilação cruzada, em virtude da permeabilidade gerada pelos espaços integrados. O layout celular, por sua vez, gera maiores turbulências e perdas de energia, pelas mudanças sucessivas de direção do vento e pelas expansões e contrações gerada pelas barreiras internas (MASCARÓ, 1991; YARKE, 2005; MARCONDES, 2010; LACERDA, 2014). Tendo em vista que cada pavimento é compartimentado conforme as necessidades da empresa que o ocupa, o potencial de ventilação natural, nesta categoria, pode variar por andar.

Kendrick et al (1998) recomendam que a área compartimentada seja inferior a 30% da área do pavimento. Em caso de layout misto, deve-se evitar o posicionamento dos espaços fechados junto às aberturas a barlavento. Em caso de planta livre, Lacerda (2014) recomenda que as divisórias entre baias não ultrapassem 0,90m de altura.

A geometria das estações de trabalho também influencia no escoamento do ar. Mesas em formato de L podem gerar barreiras às correntes de ar e criar vórtices próximo aos usuários, enquanto mesas lineares permitem uma incidência direta do vento nos mesmos, a depender da direção do escoamento (LACERDA, 2014).

Além das janelas, outros elementos arquitetônicos podem ser utilizados para realizar a captação ou exaustão do ar. Átrios centrais podem resolver o problema de plantas profundas (KENDRICK et al, 1998). Torres de vento podem fazer a captação pelo topo das edificações ou favorecer a ventilação por termo-sifão em caso de estagnação o vento. O peitoril ventilado favorece a ventilação diurna e noturna, pois complementa a captação do ar pelas janelas ao nível da estação de trabalho, sem comprometer a segurança e a proteção contra chuva (BITTENCOURT e CÂNDIDO, 2008). A presença de escadas internas que conectam pavimentos tipo pode favorecer a exaustão do ar quente (KENDRICK et al, 1998).

Com relação à estrutura do prédio, a depender da forma, localização e dimensão, os pilares no centro da planta livre podem exercer uma influência significativa na distribuição das correntes de ar. Seções prismáticas tendem a gerar zonas de baixa pressão e turbulência maiores que seções circulares, que apresentam formato aerodinâmico. Quanto mais próximo os pilares estão das entradas de ar, maiores os impactos negativos à distribuição do ar interno (LACERDA, 2014).

Deve-se também atentar para o revestimento de elementos estruturais. Pilares e lajes expostas, sem revestimentos, ampliam as trocas térmicas com o ar, facilitando a dissipação do calor por ventilação noturna (KENDRICK et al, 1998; BENEDETTO, 2007; GONÇALVES e BODE, 2015).

2. OBJETIVO

O objetivo geral deste artigo consiste em apresentar orientações para o diagnóstico preliminar do potencial de ventilação de edifícios de escritórios existentes.

3. MÉTODO

O método adotado nesta pesquisa baseou-se em duas etapas principais:

1. Sistematização de aspectos arquitetônicos a serem observados no diagnóstico preliminar do potencial de ventilação natural de edifícios de escritórios.
2. Estudo de caso: diagnóstico do potencial de ventilação natural de um edifício de escritórios situado no Rio de Janeiro.

Este procedimento será detalhado a seguir.

3.1. Sistematização de aspectos arquitetônicos indicativos do potencial de ventilação

Esta etapa é baseada na revisão bibliográfica apresentada no Tópico 1 sobre os aspectos arquitetônicos que indicam o potencial de ventilação natural em edifícios. Serão considerados como “aspectos arquitetônicos” apenas as características e elementos de construção que não dependam de aspectos externos ao edifício, como, por exemplo, a direção dos ventos. Entende-se que, em se tratando de um diagnóstico preliminar de potencial, o atendimento ao conjunto de requisitos indicados neste artigo não indica necessariamente a eficiência da ventilação, mas uma possibilidade, que deverá ser confirmada através de estudos que considerem simultaneamente aspectos meteorológicos e urbanos, por meio de experimentos e/ou simulações computacionais.

Nesta pesquisa, são considerados os trabalhos de Sobin (1981), Mascaró (1991), Kendrick et al (1998), Brown e Dekay (2004), Yarke (2005), Benedetto (2007), Figueiredo (2007), Nakamishi et al (2007), Bittencourt e Cândido (2008), Marcondes (2010), Lacerda (2014), Gonçalves e Bode (2015) e subsídios das normas ASHRAE 62.1 (2010) e CIBSE AM 10 (2005). Os dados coletados são analisados criticamente e adequados ao contexto dos edifícios de escritórios. Os requisitos são por fim agrupados em categorias e apresentados na Tabela 1.

3.2. Estudo de caso

Com a finalidade de mostrar uma aplicação do diagnóstico preliminar, foi escolhido o Ed. Galeria, um edifício de escritórios construído entre as décadas de 20 e 60 no centro do Rio de Janeiro, na quadra

delimitada pelas ruas da Quitanda, do Rosário, do Carmo e do Ouvidor. O edifício foi concebido pelo arquiteto francês Joseph Gire para abrigar a sede da empresa Sul América Seguros, mas foi reabilitado em 2011 para ser transformado em um edifício de escritórios de alto padrão (PINHEIRO, 2011).

A intervenção transformou os oito pavimentos tipo em espaços locáveis de até 3000 m² (Figuras 1 e 2), e manteve muitas das características originais do edifício, como as esquadrias (portas ou janelas de abrir, a depender do pavimento) e o *core* central. Muito embora o edifício tenha sido projetado para funcionar com ventilação natural, atualmente, dispõe de um sistema de ar condicionado central para climatização do ambiente.

O layout do pavimento tipo considerado na análise (Figura 2) equivale ao sugerido em material publicitário de lançamento do empreendimento após reabilitação. O layout é misto, com planta livre na maior parte do pavimento e layout celular junto a três fachadas (NE, NO e SO) e ao *core* central. As aberturas deste pavimento são portas com duas folhas de abrir.



Figura 1 - Ed. Galeria: fachada e vista geral interna.

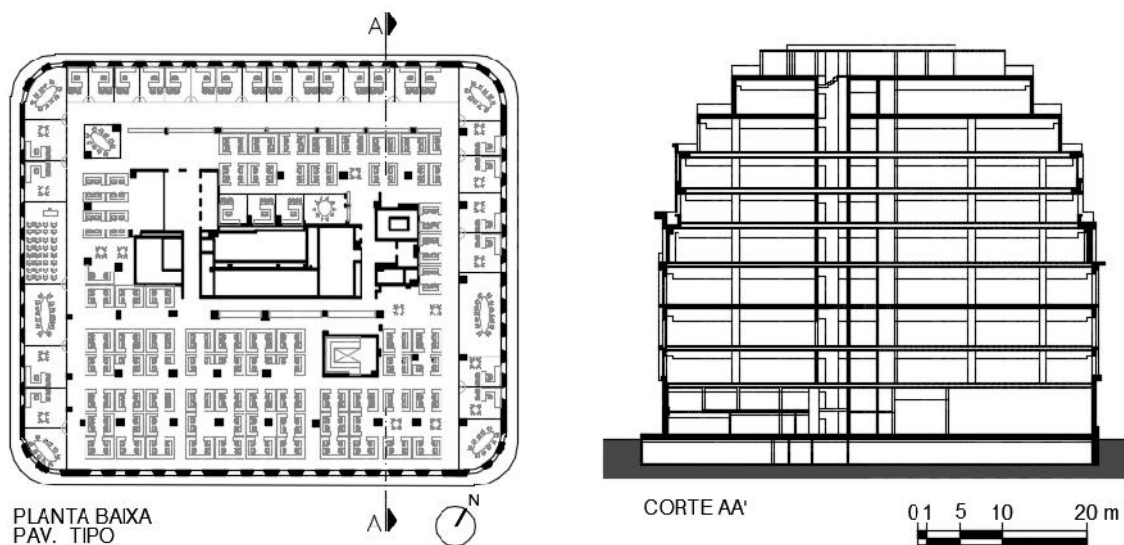


Figura 2 – Ed. Galeria: planta do pavimento tipo e corte.

Ainda que seja um edifício histórico e que não contenha algumas características dos edifícios de escritórios produzidos nas últimas décadas, como múltiplos pavimentos, fachada de vidro e esquadrias projetante, a escolha do ed. Galeria enquanto objeto de estudo se baseia no entendimento que a reabilitação realizada em 2011 adequou a planta do seu pavimento tipo aos padrões de edifícios de escritório produzidos atualmente no Brasil, caracterizados pela planta livre, *core* central e aberturas em todas as fachadas (FIGUEIREDO, 2007; MARCONDES, 2010).

Além disso, este edifício já foi objeto de estudo de pesquisas anteriores sobre seu potencial de ventilação natural considerando sua escala urbana.

Fontenelle et al (2014) analisaram os impactos da transformação de seu entorno na distribuição das pressões sobre as fachadas gerados pela ação dos ventos. Por meio de simulações CFD, verificou-se que o processo de verticalização impulsionado pelas mudanças na legislação urbana da área reduziu o diferencial de pressão entre as fachadas do ed. Galeria, no entanto, não inviabilizou o uso da ventilação natural em seus espaços internos.

Fontenelle e Cortês (2015) produziram mapas de ruído a partir de medições de acústica na região onde se situa o ed. Galeria. Foi constatado que a partir do quinto pavimento tipo, o nível sonoro se encontra abaixo de 60 dB(A), nível máximo aceitável pela NBR 10151 (ABNT, 2003) para área com vocação comercial e administrativa. Verificou-se também que as fachadas com melhores condições sonoras são aquelas voltadas para a direção dominante dos ventos (sudeste) e que o escalonamento dos andares mais altos favorece sobremaneira a atenuação do ruído.

Com relação às condições de temperatura e umidade do Rio de Janeiro (clima quente e úmido), sua carta bioclimática indica que, salvo no período de verão, a ventilação natural e/ou híbrida podem proporcionar condições adequadas de conforto higrotérmico e de qualidade do ar interior. Com base na ASHRAE 55 (2004) e ASHRAE 62.1 (2010), Fontenelle e Bastos (2011), Loura et al (2012), Lacerda (2014) e Gonçalves e Bode (2015) demonstram em estudos de caso que é possível alcançar condições adequadas de conforto e de qualidade do ar em prédios do Rio de Janeiro pelo menos em parte do ano.

Desta forma, considerando exclusivamente as condições meteorológicas e urbanas, é possível afirmar que este edifício apresenta um potencial de uso da ventilação natural, restando identificar se suas características arquitetônicas possibilitam explorá-lo ou não.

4. RESULTADOS

4.1. Aspectos arquitetônicos favoráveis à ventilação natural em edifícios de escritórios

A partir da revisão da literatura, foi possível identificar cinco categorias de aspectos arquitetônicos que podem favorecer a ventilação natural no ambiente construído: dimensão do espaço interno, características das aberturas, compartimentação da planta, outros elementos de captação/exaustão e estrutura. A Tabela 1 apresenta o conjunto de aspectos a serem considerados no diagnóstico do potencial de ventilação de edifícios existentes.

Tabela 1 – Aspectos arquitetônicos favoráveis à ventilação natural em edifícios de escritórios

ASPECTO ARQUITETÔNICO	DESCRIÇÃO
Dimensão do espaço	Profundidade: até 10m (ventilação unilateral) até 15m entre fachadas opostas ou adjacentes (ventilação cruzada) Pé-direito 3,00

Característica das aberturas**Tipologia:**

Ventilação diurna – pelo menos 50% de área efetiva de abertura. Pivotantes e de abrir apresentam o maior potencial de ventilação (100% da área efetiva de circulação).

Ventilação noturna – janela deve restringir área de circulação para possibilitar maior segurança e proteção contra chuva. Referência: janela projetante (30% de área efetiva de circulação)

Posição:

O potencial é decrescente nesta ordem: duas aberturas em fachadas opostas, duas aberturas em fachadas adjacentes, duas aberturas na mesma fachada e uma abertura em uma fachada

Forma:

O potencial é decrescente nesta ordem: horizontal, quadrada e vertical

Proteção:

O potencial é maior para aberturas sem proteção (telas, *brises*, etc).

Compartimentação da planta**Área compartimentada:**

< 30% da área do pavimento.

Layout tipo planta livre: maior potencial de ventilação cruzada.

Layout misto: maior potencial para compartimentação apenas próximo ao *core*

Altura das divisórias:

Quanto menor, maior o potencial. Não deve ultrapassar 0,90 m.

Geometria da estação de trabalho:

Mesa linear tem maior potencial que mesa em L

Outros elementos de captação/exaustão

A presença de alguns elementos pode indicar maior potencial de ventilação: átrios centrais, torres de vento, peitoril ventilado, escadas internas.

Estrutura**Seção do pilar:**

Seção circular oferece menor obstrução e favorece maior potencial de ventilação que a seção prismática

Exposição da massa térmica:

Pilares e lajes expostas promovem maior eficiência da ventilação noturna

4.2. Estudo de caso

Com base na situação de pós-reabilitação do Ed. Galeria, a Tabela 2 apresenta o levantamento das características do edifício considerando os requisitos relacionados na Tabela 1.

Tabela 2 – Características do Ed. Galeria

ASPECTO ARQUITETÔNICO	DESCRIÇÃO
Dimensão do espaço	Profundidade: 9-20 m até o core central; 42-51m entre fachadas opostas; até 5m de profundidade nas salas situadas junto às fachadas Nordeste, Noroeste e Sudoeste. Pé-direito: variado. 2,60 - 2,90m (com forro) / 4,30m (sem forro).
Característica das aberturas	Tipologia: portas de abrir de 2 folhas. Janela não tem proteção contra chuva nem garante segurança para uso da ventilação noturna. Posição: aberturas em todas as fachadas. Forma: vertical. Proteção: ausência de telas e proteção solar.

Compartimentação da planta	Cerca de 35% da área do pavimento tipo é compartimentada (incluído <i>core</i> central). Layout celular adjacente a três das quatro fachadas
Outros elementos de captação/exaustão	Não há outros elementos de captação/exaustão.
Estrutura	Pilar de seção quadrada com dimensão máxima de 0,80 x 0,80m com distância mínima de 4,00m até a fachada.

Os tópicos a seguir apresentam considerações a partir do estudo comparativo das informações constantes nas Tabelas 1 e 2.

4.2.1. Aspectos arquitetônicos que podem elevar o potencial de ventilação do Ed. Galeria

- Aberturas

Algumas características das aberturas do ed. Galeria elevam seu potencial de ventilação natural, como sua tipologia, a ausência de proteções e posicionamento em todas as fachadas, que oferecem flexibilidade de layout e ampla possibilidade de captação do vento.

- Dimensão do espaço

A presença de janelas em todas as fachadas pode compensar, em parte, a grande profundidade da planta, pois possibilita a redução dos percursos dos ventos em incidências oblíquas. A pequena profundidade das salas adjacentes às fachadas indica um potencial de ventilação unilateral nestes espaços. Neste caso, é possível fazer uso de uma ventilação híbrida, com ventilação natural nos espaços fechados e ventilação mecânica nos espaços abertos. Caso o layout celular junto às fachadas fosse substituído pela planta totalmente livre, este potencial poderia ser explorado.

4.2.2. Aspectos arquitetônicos que podem reduzir o potencial de ventilação do Ed. Galeria

- Dimensão do espaço

O pé-direito atual considerando o forro é insuficiente para distanciar a camada superior de ar quente do nível dos usuários.

- Abertura

A forma predominantemente vertical das portas pode reduzir consideravelmente a velocidade do ar interior. A tipologia da esquadria não favorece a ventilação noturna, pois sua abertura fora do horário de ocupação compromete a segurança dos equipamentos e proteção contra a chuva. Uma solução seria transformar os painéis fixos sobre as folhas de abrir (Figura 1) em janelas pivotantes.

- Compartimentação da planta

Mais de 30% da área do pavimento é ocupada por layout celular e *core* central. Somado a isto, a compartimentação dos espaços junto às fachadas Nordeste, Noroeste e Sudoeste pode conformar barreiras, prejudicando a ventilação cruzada no pavimento.

- Outros elementos de captação/exaustão

Não há elementos de captação/exaustão do ar que complementem as aberturas laterais e possibilitem o escoamento do ar em caso de estagnação do vento.

- Estrutura

Todos os elementos estruturais são revestidos, o que dificulta a dissipação do calor pela ventilação noturna. A retirada do forro e tubulações de ar-condicionado possibilitaria a exposição da massa térmica, além de aumentar consideravelmente o pé-direito.

5. CONCLUSÕES

Neste artigo, destacou-se a importância de realizar um diagnóstico do potencial de ventilação natural pré-reabilitação e identificar aspectos arquitetônicos que favorecem ou prejudicam a circulação do ar nos espaços interiores.

Os requisitos apresentados guiam uma análise preliminar quanto à capacidade de captação, distribuição e exaustão do ar, que pode ser realizada por um arquiteto não-especialista. Evidentemente, para certificar o aproveitamento eficiente da ventilação e independência de sistemas mecânicos, convém realizar um diagnóstico mais aprofundado, por meio de experimentos e/ou simulações computacionais térmicas e de CFD. Além de possibilitarem incluir aspectos meteorológicos e urbanos na análise, estes métodos permitem considerar as cargas térmicas internas e externas e a distribuição e intensidade dos ventos. No caso das simulações, a análise preliminar poderá ser útil na interpretação dos resultados obtidos e também na definição de cenários de intervenção a serem comparados.

O estudo de caso possibilitou identificar a necessidade de interpretar alguns requisitos, para adequá-los às especificidades de cada edificação. Como exemplo, cita-se a necessidade de considerar a presença de aberturas em múltiplas fachadas como compensação para a elevada profundidade da planta do pavimento tipo, uma vez que o fluxo de ar pode não ocorrer apenas entre fachadas opostas.

No que concerne ao Ed. Galeria, destaca-se o elevado número de aspectos arquitetônicos que podem reduzir seu potencial de ventilação natural. Ainda assim, verifica-se que, com pequenas intervenções – seja no layout, na eliminação do forro ou nos painéis fixos superiores da esquadria – é possível favorecer esta estratégia passiva na edificação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. **NBR 10821 – Esquadrias externas para edificações. Parte 2: Requisitos e classificação.** Rio de Janeiro: ABNT, 2011.
- ABNT. **NBR 10151 – Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade.** Rio de Janeiro: ABNT, 2003.
- ASHRAE. **ASHRAE 55 – Thermal environmental conditions for human occupancy.** American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Atlanta, 2004.
- _____. **ASHRAE Standard 62.1 – Ventilation for acceptable indoor air quality.** American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Atlanta, 2010.
- BARCLAY, M.; KANG, J.; SHARPLES, S. Combining noise mapping and ventilation performance for non-domestic buildings in an urban area. **Building and Environment**, v. 52, pp. 68-76, 2012.
- BENEDETTO, G. S. **Avaliação da aplicação do modo misto na redução da carga térmica em edifícios de escritórios nas cidades de São Paulo e Rio de Janeiro.** Dissertação (mestrado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 2007.
- BITTENCOURT, L.; CANDIDO, C. **Introdução à Ventilação Natural.** Maceió: edUFAL, 2008
- BROWN, G. Z.; DEKAY, M. **Sol, vento e luz: estratégias para o projeto de arquitetura.** Porto Alegre: Bookmark, 2004.
- CIBSE. **CIBSE Application Manual AM10: natural ventilation in non-domestic buildings.** Norwich: CIBSE Publications, 2005.
- FIGUEIREDO, C. M. de. **Ventilação natural em edifícios de escritórios na cidade de São Paulo: limites e possibilidades do ponto de vista do conforto térmico.** Dissertação (mestrado). Universidade de São Paulo, 2007.
- FONTENELLE, M.R.; BASTOS, L.E.G.; LORENTE, S. Impact Of Urbanization On Air Flow Pattern: The Case of Rio de Janeiro. **International Journal of Green Energy**, v. 12, n. 9, pp. 908-916.
- FONTENELLE, M.R.; CORTÊS, M. M. **Notas sobre medições do ruído urbano no centro do Rio de Janeiro.** PROARQ-FAU/UFRJ, 2015.
- FONTENELLE, M.R.; BASTOS, L.E.G. Análise comparativa da ventilação natural e qualidade do ar em apartamentos de um edifício residencial multifamiliar no Rio de Janeiro”. **Anais do XI ENCAC e VII ELACAC.** Búzios-RJ, 2011.
- GAUDIN, T. de Q.; GAUDIN, G. Sustainable refurbishment of large tertiary buildings from the post-war – Prioritizing of thermal comfort in summer. **Proceedings Climamed**, Lyon, 2006.
- GONÇALVES, J. C. S.; BODE, K. (org.). **Edifício Ambiental.** São Paulo: Oficina & Textos, 2015.
- HEISELBERG, P. Apresentação do Annex 62. **Seminário Ventilative Cooling, International Energy Agency (IEA) - Annex 62.** Londres, 2014. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=8b8GhsxS8t4>. Acesso em: 23/01/2015.
- IEA. **IEA Energy in Buildings and Community Programme (EBC).** Disponível em: <http://www.iea-ebc.org/>. Acesso em: 25/02/2015.
- KENDRICK, C.; MARTIN, A.; BOOTH, W. **Technical Note TN 8/98 – Refurbishment of air-conditioned buildings for natural ventilation.** Berkshire: BSRIA, 1998.
- LACERDA, M. A. **Ventilação natural e qualidade do ar em escritório carioca: análise e propostas para o edifício Barão de Ladário.** Dissertação (mestrado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.
- LOURA, R.M.; ASSIS, E.S.; BASTOS, L.E.G. **Avaliação do desempenho térmico de soluções de envoltória para edifícios multifamiliares localizados no Rio de Janeiro –RJ.** Anais do XIV ENTAC (2012). Juiz de Fora-MG.
- LUO, Z.; ZHAO, J.; GAO, J.; HE, L. Estimating natural-ventilation potential considering both thermal comfort and IAQ issues. **Building and Environment**, v. 42, pp. 2289-2298, 2007.
- MARCHETTI, D. dos S. **Recomendações para a redução do consumo de energia elétrica no prédio do BNDES.** Dissertação (mestrado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1996.

- MARCONDES, M. P. **Soluções projetuais de fachadas para edifícios de escritórios com ventilação natural em São Paulo**. Tese (doutorado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 2010.
- MASCARÓ, L. R. de. **Energia na edificação. Estratégias para minimizar seu consumo**. São Paulo: Projeto, 1991.
- NAKAMISHI, T.; NAKAMURA, T.; WATANABE, Y.; HOWANDOU, K.; KIWATA, T. Investigation of air flow passing through louvers. **Komatsu Technical Report – Technical paper**. Disponível em: www.komatsu.com/CompanyInfo/profile/report/pdf/160-04_E.pdf. Acesso em 10/01/2015.
- PINHEIRO, A. I. de F. **Galeria**. Rio de Janeiro: Tix, 2011.
- RAMPONI, R.; GAETANI, I.; ANGELOTTI, A. Influence of the urban environment on the effectiveness of natural night-ventilation of an office building. **Energy and Buildings**, v. 78, pp. 25-34, 2014.
- SOBIN, H. Window design for passive ventilation. **Proceedings International Passive and Hybrid Cooling Conference**. Newark, 1981.
- YANG, L. et al. Investigating potential of natural driving forces for ventilation in four major cities in China. **Building and Environment**, v. 40, pp. 738-746, 2005.
- YARKE, E. R. **Ventilación natural de edificios**. Buenos Aires: Nobuko, 2005.
- ZHOU, C.; WANG, Z.; CHEN, Q.; JIANG, Y.; PEI, J. Design optimization and field demonstration of natural ventilation for high-rise residential buildings. **Energy and Buildings**, v. 82, pp. 457-465, 2014.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro fornecido pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) e a CAPES - Projeto CAPES/COFECUB (693/10).