

DESEMPENHO TÉRMOENERGÉTICO DE EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS COM SISTEMA HÍBRIDO DE CONDICIONAMENTO

Rafael Piveta Manoel (1); Leticia de Oliveira Neves (2)

(1) Graduando de Engenharia Mecânica na Unicamp, rafael.piveta123@gmail.com

(2) Professora Doutora do Departamento de Arquitetura e Construção da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, leticia@fec.unicamp.br, Universidade Estadual de Campinas, Av. Albert Einstein, 951, Cidade Universitária, Campinas, SP, CEP 13083-852, tel. (19) 3521-2384

RESUMO

Nas últimas décadas, verificou-se um grande aumento no consumo de energia elétrica em edifícios de escritórios. Este aumento está bastante ligado à utilização em larga escala do ar condicionado como principal estratégia de climatização. Uma alternativa a este modelo, que apresenta um potencial significativo para a redução do consumo de energia elétrica, está na utilização do sistema híbrido de condicionamento térmico, que consiste na combinação do sistema natural de ventilação com o sistema de ar condicionado. Diversas pesquisas que analisam o desempenho energético de edifícios híbridos têm sido realizadas nos últimos anos. Para que as conclusões resultantes destas pesquisas sejam verossímeis, a modelagem das características arquitetônicas deve corresponder ao que de fato é encontrado nas construções. Esta pesquisa realiza uma análise das características projetuais de edifícios com sistema híbrido de condicionamento na cidade de São Paulo e as compara com os modelos utilizados na literatura especializada internacional. Para tanto, realiza-se um levantamento de parâmetros arquitetônicos utilizados nas modelagens de edifícios com ventilação híbrida na literatura especializada e um levantamento destes parâmetros em edifícios de escritório construídos na cidade de São Paulo. É feita, então, uma análise dos valores encontrados em cada levantamento e discute-se se os valores utilizados pela literatura correspondem ao que é encontrado nos edifícios construídos.

Palavras-chave: desempenho termoenergético; ventilação híbrida; edifícios de escritórios.

ABSTRACT

In the last decades, there was a sharp increasing of the energy consumption of office buildings. This raising is closely related to a large-scale implementation of the air conditioning as the foremost acclimatization strategy. An alternative for this method, that shows a significant potential for reducing energy consumption, is the hybrid system of thermal conditioning, which consists in the combination of natural ventilation and air conditioning. Many studies analyzing the energy performance of this strategy has been made over years. For the conclusions of these studies to be realistic, the modelling of the architectural parameters should match the properties of real buildings. This research analyses the architectural characteristics of office buildings with hybrid ventilation located in the city of São Paulo and compare it with data from researches from international literature. Therefore, a survey of the architectural parameters used in building models of the scientific literature is carried out. Furthermore, another survey of the same parameters from real buildings is also carried out. Then, data of both surveys are compared and the correspondence between them is analyzed.

Keywords: energy performance, hybrid ventilation, office buildings.

1. INTRODUÇÃO

O sistema híbrido consiste na combinação do sistema natural de ventilação com o sistema mecânico de condicionamento do ar. Tal sistema é adotado em edificações com o objetivo de utilizar a ventilação natural sempre que as condições externas forem favoráveis (BRAGER; BAKER, 2008). A utilização da ventilação híbrida em edificações consiste em uma maneira de combinar as melhores características de edifícios naturalmente ventilados e de edifícios condicionados artificialmente (BRAGER; BAKER, 2008; DEUBLE; DE DEAR, 2012).

A eficiência energética de um edifício com ventilação híbrida depende da interação de diversos fenômenos físicos com variáveis de projeto, dependendo do compromisso entre características relacionadas à geometria do edifício, às propriedades térmicas dos materiais utilizados, às dimensões e posicionamento das esquadrias, às características do sistema de ar-condicionado e aos ganhos internos; características climáticas da região, dentre outros. Para uma análise mais apurada da influência destes parâmetros na eficiência energética da edificação, convém analisar algumas pesquisas encontradas na literatura especializada. Para tanto, realizou-se uma revisão bibliográfica da literatura especializada sobre o tema, tendo como fonte artigos de periódicos indexados, artigos de eventos científicos, teses e dissertações.

Yao et al (2009) estudaram o potencial de resfriamento por ventilação natural de edifícios de escritórios de diferentes cidades no mundo, considerando suas respectivas características climáticas e diferentes cenários de ocupação. Constatou-se, no estudo, que, para cidades com características climáticas similares mas que possuem edifícios com envelopes construtivos (paredes externas e janelas) com diferentes propriedades térmicas, o potencial de resfriamento por ventilação natural varia drasticamente. Demonstra-se então a relevância de propriedades dos materiais, como transmitância térmica, capacidade térmica e fator solar dos vidros, no desempenho energético de uma edificação com sistema híbrido.

Brugnera (2014) realizou medições de temperatura e umidade do ar em um edifício de escritórios com ventilação híbrida para a obtenção das temperaturas de *setpoint* e de parâmetros de conforto térmico. Estes dados foram utilizados em simulações computacionais, considerando-se diversas orientações solares e diferentes características climáticas brasileiras. No estudo, chega-se a obter uma diferença de 23% em graus-hora de desconforto entre diferentes orientações, considerando fatores de ventilação e iluminação naturais. A autora pontua que a orientação solar das fachadas é de extrema importância para a eficiência energética pois, em função da maior ou menor incidência solar, uma orientação desfavorável pode ocasionar grandes ganhos de calor. Além disso, a diferença na intensidade dos ventos em cada direção faz com que a orientação das fachadas influencie no fluxo de ar por ventilação natural.

Benedetto (2007) estudou, através de simulações computacionais, os potenciais de redução da carga térmica em estratégias de projeto arquitetônico e de instalações, considerando as características de um edifício com ventilação híbrida. Simulou-se, na pesquisa, três modelos de edifícios, variando o percentual de área envidraçada na janela, o formato da planta (planta retangular e planta H), a presença de elementos externos de proteção solar, a transmitância das paredes externas e das lajes. Considerando características climáticas de São Paulo, verificou-se, no estudo, uma redução de 19% da utilização do ar-condicionado com a redução do percentual de abertura na fachada (PAF) de 100% para 50% e a inclusão de elementos de sombreamento externos na fachada.

A dimensão das aberturas influencia fortemente as dinâmicas da ventilação natural em um edifício. Chang, Kato e Chikamoto (2004) estudaram, através de simulações de dinâmica de fluidos computacional (CFD), o consumo energético da saleta de um edifício híbrido padrão, para diferentes tamanhos de aberturas. Considerando um aumento de cinco vezes na área da abertura, verificou-se uma redução de um terço no consumo energético do ar-condicionado. Verificou-se também que fatores climáticos como temperatura externa, velocidade dos ventos e umidade do ar influenciaram fortemente no consumo energético. Esta análise, no entanto, não levou em conta o aumento do fluxo de ar gerado pelo aumento das aberturas.

Santesso (2016) analisou a influência de parâmetros de projeto sobre o desempenho energético de saletas comerciais na cidade de São Paulo, com enfoque na integração da ventilação híbrida com a iluminação natural. A autora analisou a influência da forma da sala, o tamanho e a orientação solar das aberturas no consumo de energia e no conforto visual, e concluiu que a forma da sala é essencial para a decisão da área de abertura na fachada, sendo que a orientação ficou em segundo plano, para as geometrias analisadas.

Melo et al (2014) utilizaram um modelo baseado em redes neurais artificiais para realizar uma análise de sensibilidade do consumo energético (considerando apenas o consumo relacionado à climatização) de um edifício de escritórios artificialmente condicionado. Neste estudo, verificou-se os intervalos de variação de alguns parâmetros comumente encontrados em edifícios de Florianópolis, SC, e simulou-se o consumo energético em kWh/m² no pior e no melhor cenário para cada variável. Dentre as variáveis analisadas estão a absorvância solar das paredes externas, que provocou uma variação de 9% no consumo energético do edifício;

o fator solar dos vidros, correspondendo a uma variação de 6%; e a presença de elementos de proteção solar, correspondendo a uma variação de 7%. A pesquisa, no entanto, estuda a influência da absorvância em edifícios artificialmente condicionados. Nenhum estudo sobre a influência deste parâmetro no desempenho termoenergético de edifícios com ventilação híbrida foi encontrado.

No estudo realizado por Shahzad et al (2015), comparou-se duas tipologias de edifícios de escritórios – um edifício de planta aberta e controle central do ar-condicionado e um edifício de planta celular e controle individual do ar, ambos utilizando o sistema híbrido – através de medições *in loco* e da aplicação de questionários. Ao analisar o conforto térmico dos usuários, o edifício com planta celular obteve níveis de conforto 20% maiores e níveis de satisfação 35% maiores. Entretanto, o consumo energético se mostrou bem mais elevado nesta tipologia.

A partir desta análise bibliográfica conclui-se que os parâmetros relacionados ao projeto arquitetônico – como materiais construtivos, orientação solar das fachadas, dimensões das esquadrias, controle das aberturas, elementos de sombreamento externo e geometria da planta – têm grande impacto na eficiência energética de edifícios com ventilação híbrida.

2. OBJETIVO

Esta pesquisa tem por objetivo realizar uma análise comparativa entre os parâmetros arquitetônicos de edifícios de escritórios com ventilação híbrida utilizados pela literatura especializada com os parâmetros encontrados em edifícios construídos na cidade de São Paulo, SP.

3. MÉTODO

Esta pesquisa dividiu-se em três etapas: construção de uma base de dados com informações de edifícios reais, revisão sistemática da literatura e comparação entre dados do campo e da literatura.

3.1. Construção da base de dados

Esta etapa consistiu na construção de uma base de dados de edifícios de escritórios com ventilação híbrida, localizados na cidade de São Paulo, contendo informações sobre os parâmetros de projeto de arquitetura e sistema de ar condicionado. Os parâmetros a serem investigados foram definidos com base em uma primeira aproximação à literatura sobre o tema. Para isso, realizou-se um levantamento detalhado das características de edifícios de escritórios com ventilação híbrida, de modo a escolher parâmetros relacionados ao projeto arquitetônico que seriam capazes de caracterizar, de modo mais completo possível, o desempenho energético do edifício. As variáveis selecionadas estão apresentadas na Tabela 1, abaixo.

Tabela 1 – Parâmetros de projeto selecionados para análise

Parâmetro	Detalhes	Unidade
Orientação solar do eixo longitudinal	-	-
Forma do edifício	Retangular, forma de T, forma de U	-
Razão entre largura e comprimento	-	Adimensional
Área do piso no pavimento	-	m ²
Área da sala de escritório	-	m ²
Profundidade da sala de escritório	Distância da fachada à extremidade oposta da sala	m
Número de andares	-	Adimensional
Pé-direito	-	m
Fator-U (transmitância térmica)	Parede externa, cobertura, piso, vidros	W/m ² .K
Capacidade térmica	Parede externa, cobertura, piso	kJ/m ² .K
Absortância solar	Parede externa	Adimensional
Fator solar	Vidros	Adimensional
Elementos de proteção solar externos	-	-
Estratégia de ventilação natural	Ventilação unilateral, cruzada	-
Tipo de esquadria	Máximo ar, correr, pivotante, etc.	-
Área operável da esquadria	-	%
Controle da abertura	Manual ou automatizada	-
Tipo de sistema de ar-condicionado	Janela, split, etc.	-
Coefficiente de performance do sistema de ar-condicionado	-	W/W
Capacidade térmica do sistema de ar-condicionado	-	kW
Temperatura de setpoint do sistema de ar-condicionado	-	°C

O levantamento de parâmetros para a base de dados considerou a viabilidade de se obter a informação com os métodos disponíveis. Em vista disso, a base de dados possui dois níveis de análise. Primeiramente realizou-se uma análise geral contendo apenas os dados obtidos remotamente, através de um banco de dados da empresa Buildings (2016) e de imagens de satélites. Após isso, selecionou-se dez destes edifícios para uma visita de campo, onde foram medidos parâmetros de projeto mais específicos e detalhados.

Para a busca de dados da primeira etapa, utilizou-se os seguintes filtros de busca: cidade de São Paulo, edifícios de escritórios, classe C, ar-condicionado do tipo individual e edifícios prontos para ocupação; obtendo-se um total de 465 edifícios. Destes, selecionou-se apenas os construídos a partir de 1995, chegando a um resultado final de 153 edifícios. Para cada edifício, as seguintes variáveis foram levantadas: área locável do piso, área da sala comercial, número de pavimentos, ano de construção, cor da parede externa, tipo de vidro, tipo de esquadria e elementos de proteção solar externos.

Para a segunda etapa, selecionou-se dez edifícios para um levantamento mais apurado. Para a seleção dos edifícios, primeiramente utilizou-se um critério de proximidade, para identificar as regiões com maior densidade de edifícios, de modo a viabilizar o deslocamento entre os edifícios durante a visita. Em seguida, procurou-se selecionar os edifícios que melhor correspondessem ao padrão médio de edifícios híbridos encontrados na base de dados geral. Para tanto, calculou-se a média de número de andares, de área locável e de área da sala comercial e selecionou-se os edifícios em que estes parâmetros mais se aproximassem destas médias.

Durante a visita, os seguintes parâmetros foram medidos: profundidade do ambiente em relação à fachada, pé-direito, altura do entreferro, altura do peitoril, espessura da parede externa, geometria das esquadrias, geometria dos elementos de proteção solar, percentual de abertura na fachada e área operável da esquadria.

3.2. Revisão sistemática da literatura

Revisão sistemática de literatura (RSL) é uma metodologia que busca caracterizar um campo de pesquisa de maneira imparcial e completa. Nesta pesquisa, esta metodologia foi utilizada para identificar os parâmetros e intervalos de análise investigados nas pesquisas sobre eficiência energética em edifícios de escritórios com ventilação híbrida.

A revisão sistemática da literatura foi realizada utilizando os bancos de dados da Science Direct e da Scopus. A Tabela 2 abaixo mostra os *strings* de busca utilizados e a quantidade de resultados obtidos.

Tabela 2 – *Strings* de busca e quantidade de resultados encontrados na revisão da literatura

Banco de dados	String de busca	Resultado
Science Direct	mixed-mode ventilation AND office building (abstract, title, Keywords)	17
Science Direct	hybrid ventilation AND office building (abstract, title, Keywords)	16
Science Direct	mixed-mode AND office building (abstract, title, Keywords)	26
Scopus	mixed-mode ventilation OR mixed-mode ventilation OR mixed-mode buildings OR hybrid ventilation AND office (abstract, title, Keywords)	68
TOTAL		127

A partir dos 127 documentos resultantes das buscas, foi realizada uma triagem verificando a compatibilidade do conteúdo do artigo e a presença de informações relevantes para esta pesquisa. Além disso, foram retirados os artigos duplicados (o mesmo artigo proveniente de buscas diferentes). Obteve-se, assim, um total de 41 artigos.

A partir de então, analisou-se cada um deles de forma a levantar dados específicos sobre os parâmetros previamente selecionados. Para cada artigo, registrou-se os valores ou intervalos utilizados para cada parâmetro, adotando uma simbologia específica para identificar se eram utilizados valores fixos ou variáveis. Registrou-se também quando o artigo não informava os valores utilizados ou quando a variável não era aplicável ao estudo.

3.3. Comparação entre dados do campo e da literatura

Os dados obtidos no levantamento de campo foram cruzados e comparados com os dados obtidos na literatura, de modo a investigar os parâmetros que a literatura considera de maior impacto no desempenho energético dos edifícios com ventilação híbrida e analisar como é o projeto de tais parâmetros nos edifícios reais. A partir disso, foram elaborados gráficos de distribuição e foram realizadas análises estatísticas dos resultados encontrados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os gráficos da distribuição de resultados encontrados para a área da sala comercial a partir da literatura são apresentados na Figura 1a e, a partir do banco de dados, na Figura 1b. É possível constatar que, apesar do intervalo de valores utilizados na literatura ser bem maior do que o encontrado nos edifícios reais, boa parte dos estudos utilizam valores compatíveis.

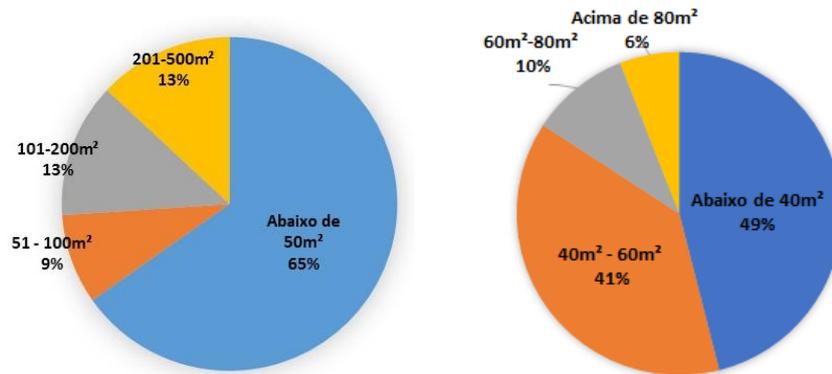


Figura 1 – Área da sala comercial - a) literatura b) banco de dados

A área do pavimento na literatura e no banco de dados estão representados, respectivamente, nas Figuras 2a e 2b. Neste caso, nota-se que os valores comumente pesquisados são bastante discrepantes dos observados na base de dados. Enquanto na literatura estuda-se edifícios de, em média, 1780 m², os edifícios construídos possuem, em média 199 m². Apenas 23% dos estudos trataram de edifícios com menos de 500 m².

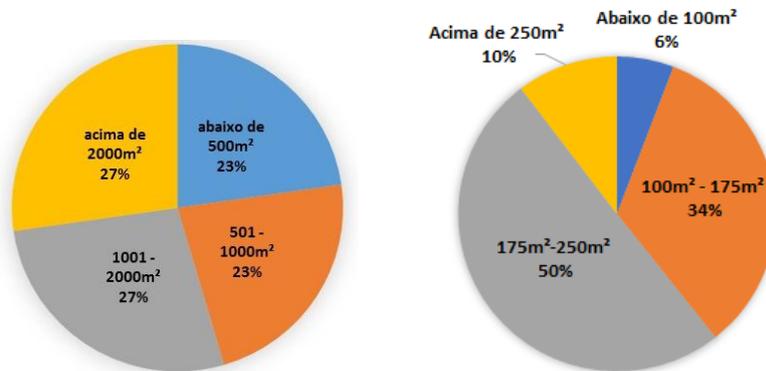


Figura 2 – Área do pavimento - a) literatura b) banco de dados

A Figura 3 apresenta um comparativo entre os tipos de vidro encontrados nos edifícios da literatura e do banco de dados. Como a literatura trata de edifícios localizados, predominantemente, em clima temperado, 75% dos casos encontrados são de vidro duplo/ isolado. Tal solução, no entanto, não foi encontrada em nenhum dos edifícios do banco de dados. O vidro incolor comum, que é a solução mais encontrada nos edifícios da base de dados, não foi utilizado em nenhum estudo da literatura.

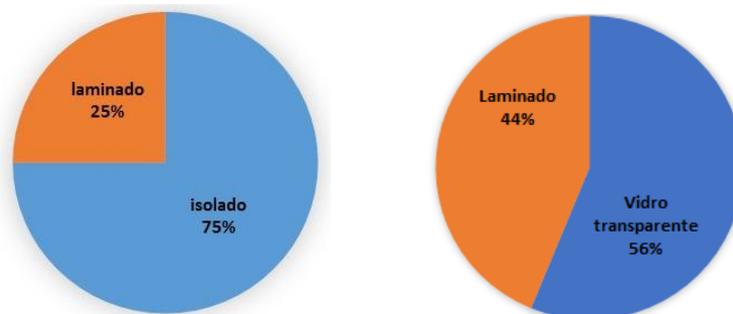


Figura 3 – Tipo de vidro - a) literatura b) banco de dados

A Figura 4 apresenta um comparativo da presença de elementos de proteção solar nos edifícios da literatura e do banco de dados. Na literatura, os resultados foram separados em “presente” e “ausente”, que corresponderam a, respectivamente, 48% e 52% do total. O tipo de elemento de proteção solar mais encontrado na literatura foi o brise. Já no banco de dados, os elementos de proteção solar foram encontrados em 25% dos edifícios, sendo o tipo mais comum a varanda. Foram encontradas também algumas soluções de proteção solar proporcionadas pela caixa de armazenamento da unidade condensadora do sistema de ar-condicionado projetada na fachada, e poucos edifícios utilizando brises.

A Figura 5 apresenta a progressão da percentagem de edifícios da base de dados que utilizam algum tipo de elemento de proteção solar (a maior parte deles varandas externas), por ano de construção do edifício. Verifica-se uma clara tendência de aumento na utilização desta estratégia no projeto de edifícios de escritórios com ventilação híbrida. O principal motivo para tal mudança no projeto da envoltória se dá pela popularização do uso do ar-condicionado do tipo split, que exige uma área técnica específica para locação da unidade condensadora. Este é um dado importante para a análise desta tipologia de edificações, pois o uso de varandas reflete em um importante fator de desempenho termoenergético, aliado ao sombreamento de aberturas.

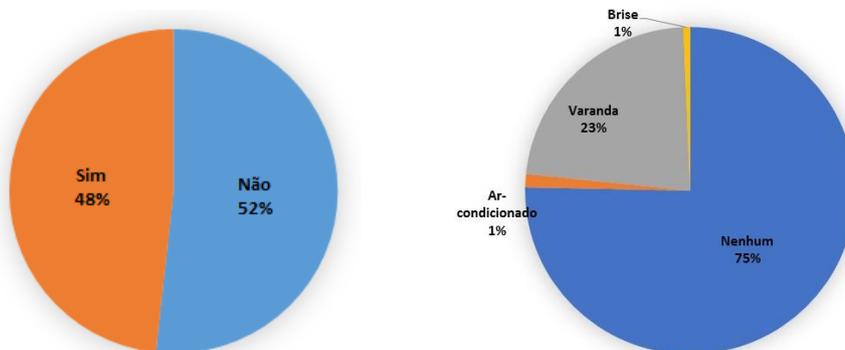


Figura 4 – Elementos de sombreamento externo - a) literatura b) banco de dados

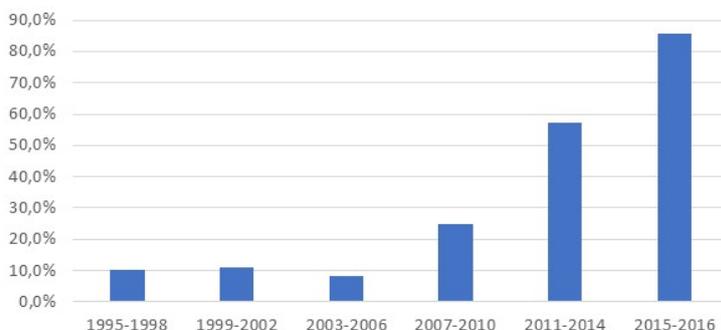


Figura 5 – Porcentagem de edifícios com elementos de proteção solar por ano de construção – banco de dados

A Figura 6 apresenta um comparativo dos tipos de estratégias de ventilação utilizadas pela literatura e pelos edifícios do banco de dados. Na literatura, o tipo de ventilação mais estudada é a unilateral, seguida pela ventilação cruzada, e alguns casos com ventilação cruzada combinada ao efeito chaminé. Já nos edifícios do banco de dados, o tipo mais comum encontrado é a ventilação cruzada por fachadas adjacentes, seguida pela ventilação unilateral e alguns poucos casos de ventilação cruzada por fachadas opostas. Não foram encontrados casos de ventilação por efeito chaminé nos edifícios levantados. É interessante notar que a ventilação cruzada, apesar de ser uma solução mais eficaz do que a ventilação unilateral, tem sido pouco investigada na literatura especializada.

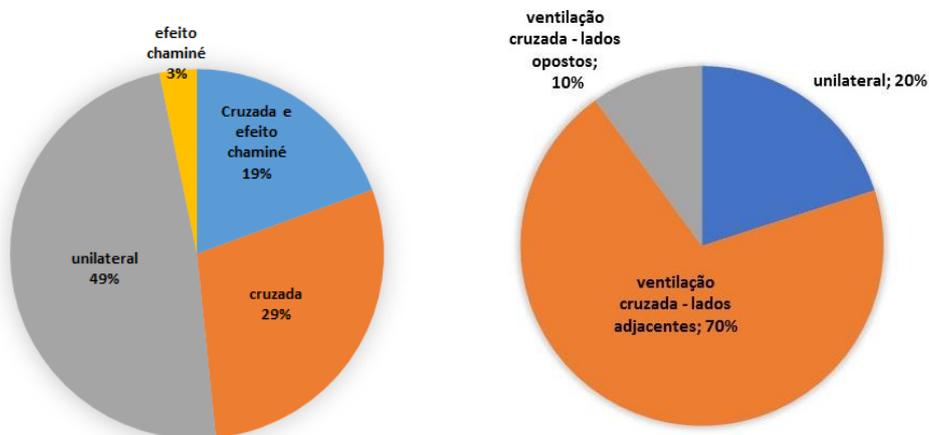


Figura 6 – Estratégia de ventilação natural - a) literatura b) banco de dados

Apresenta-se, na Figura 7, um comparativo entre os valores de percentual de área envidraçada na fachada. Nota-se que a moda para o banco de dados está no intervalo entre 20% a 29% e, para a literatura,

entre 30% e 39%. Nota-se ainda que a literatura estuda opções na faixa entre 90% e 100%, não utilizada nos edifícios levantados.

A Figura 8 apresenta um comparativo da profundidade das salas nos edifícios da literatura e do banco de dados. Nota-se uma moda de valores entre 5 m e 5,9 m na literatura, e valores bem distribuídos na faixa entre 5 m e 8,9 m no banco de dados. Nota-se ainda que a literatura estuda opções de grandes saletas, com mais de 10 m de profundidade, não utilizadas nos edifícios levantados no banco de dados.

A Figura 9 apresenta um comparativo da razão entre largura e comprimento dos edifícios (o número 1 representa um edifício na forma quadrada). Enquanto na literatura a maior parte dos resultados se encontra na faixa entre 0,6 e 0,7, na pesquisa de campo a maior parte se encontra na faixa entre 0,3 e 0,4, ou seja, os edifícios construídos na amostra analisada possuem formato retangular mais estreito do que os encontrados na literatura. Tal informação pode ser indício de maiores possibilidades de trabalho com ventilação natural cruzada.

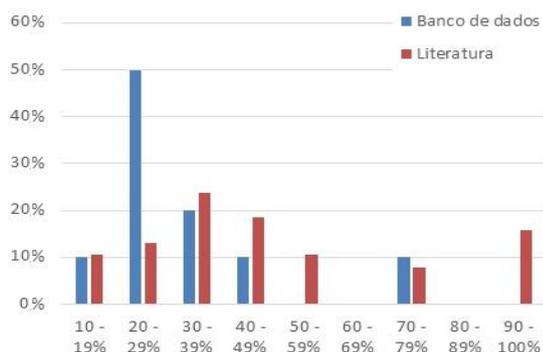


Figura 7 – Percentual de área envidraçada na fachada

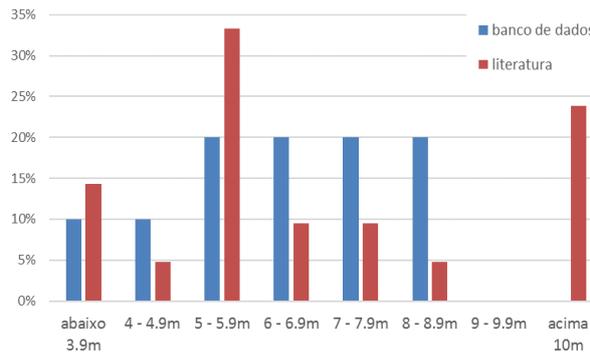


Figura 8 – Profundidade da sala comercial

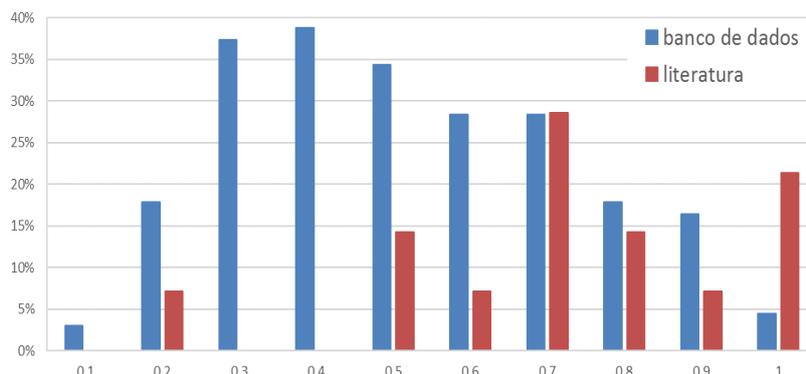


Figura 9 – Razão entre largura e comprimento da edificação

A Figura 10 apresenta os resultados de transmitância térmica das paredes externas obtidos na literatura. Na visita de campo, o componente construtivo identificado para as paredes externas são blocos de concreto com argamassa, o que corresponde a uma transmitância térmica entre 2,5 e 3 W/m².K. Tais valores são bem distantes do encontrado na literatura, cuja maior parte dos resultados encontra-se na faixa entre 0 e 0,49 W/m².K, o que corresponde a componentes construtivos com elevado isolamento térmico.

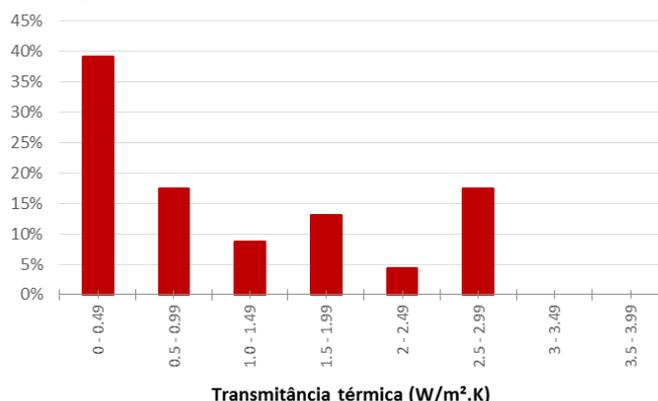


Figura 10 – Transmitância térmica das paredes externas - levantamento da literatura

A Figura 11 apresenta os resultados da absorvância solar das fachadas, para o levantamento de campo. Os resultados foram divididos em três intervalos: cores claras, com absorvâncias variando entre 0 e 0,3, cores médias, variando entre 0,4 e 0,6 e cores escuras, variando entre 0,7 e 1. Observa-se que os resultados ficaram bem distribuídos entre cores escuras, correspondendo a 40%, e cores claras, correspondendo a 38%. Apesar da absorvância solar ser um parâmetro importante para análise de eficiência energética, nenhum dos artigos levantados apresentou ou discutiu este parâmetro de análise.

A Figura 12 apresenta os resultados para o tipo de esquadria dos edifícios do banco de dados. Observa-se uma predominância do tipo máximo-ar, correspondendo a 81% dos resultados. Este tipo de esquadria possui uma área operável para ventilação entre 30 e 50% e não é considerado ideal para ventilação natural de ambientes, pois desvia e dificulta o fluxo de ar. O tipo de esquadria não é um dado disponibilizado pelas pesquisas consultadas na literatura. A área efetiva de abertura para ventilação foi citada em nove dos artigos consultados, sendo, predominantemente, adotado um valor de 100%.

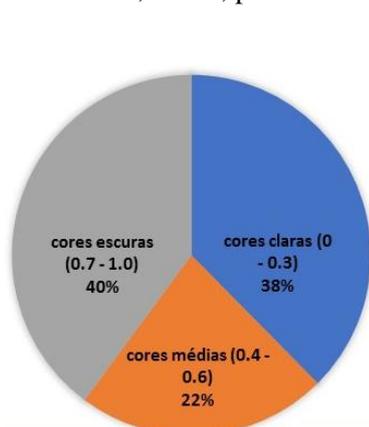


Figura 11 – Absorvância das fachadas - banco de dados

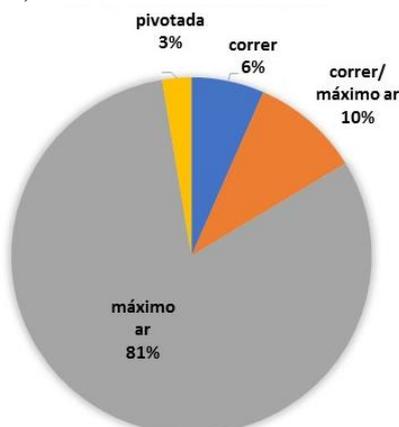


Figura 12 – Tipo de esquadria - banco de dados

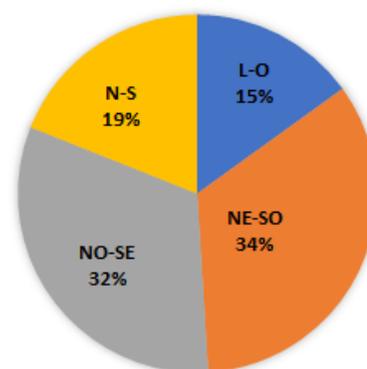


Figura 13 – Orientação Solar - banco de dados

A Figura 13 apresenta os resultados para a orientação solar do eixo longitudinal dos edifícios do banco de dados. Observa-se que a maior parte deles é implantado nas orientações Nordeste-Sudoeste (NE-SO) e Noroeste-Sudeste (NO-SE). Os dados obtidos no levantamento da literatura foram insuficientes para a realização de uma análise comparativa.

A partir dos resultados encontrados, é possível notar que nem sempre os modelos analisados pela literatura coincidem com as características dos edifícios levantados na cidade de São Paulo. Para o parâmetro “tipo de vidro”, por exemplo, a solução mais encontrada no levantamento de campo – vidros com alto fator solar e alta transmitância térmica – não foi considerada em nenhum estudo da literatura. O parâmetro “absorvância solar”, que exerce grande influência nos ganhos de calor pela envoltória, não foi citado por nenhum dos estudos encontrados. O parâmetro “estratégia de ventilação natural” também apresenta uma clara distinção. A ventilação cruzada, apesar de ser uma solução mais eficaz do que a ventilação unilateral, tem sido pouco investigada na literatura especializada, sendo que é bastante recorrente nos edifícios reais. O mesmo também ocorre para o parâmetro “razão entre largura e comprimento da edificação”, que mostra maior recorrência de estudos da literatura em edificações mais próximas à forma quadrada. A “área efetiva de abertura para ventilação”, analisada como 100% nos casos disponíveis na literatura especializada, diferencia-se significativamente da abertura de uma esquadria de mercado, que geralmente gira em torno de 30% a 50% para as esquadrias do tipo máximo-ar, recorrentemente utilizadas nos edifícios construídos analisados.

5. CONCLUSÕES

A análise comparativa entre os dados obtidos no levantamento da literatura e na pesquisa de campo demonstra algumas concordâncias e algumas divergências. Algumas das divergências ocorreram pelo fato de que a literatura utilizada é predominantemente internacional e, deste modo, os edifícios são expostos a diferentes características climáticas, a diferentes técnicas construtivas e recebem diferentes níveis de investimento para sua realização. Isso pode explicar a grande quantidade de vidros do tipo isolado no parâmetro “tipo de vidro” e os baixos valores encontrados no parâmetro “transmitância térmica das paredes”, por exemplo.

As divergências encontradas nos parâmetros “absorvância solar”, “estratégia de ventilação natural” e “área efetiva de abertura”, no entanto, podem indicar que a literatura não está dando a atenção necessária a alguns parâmetros e soluções largamente utilizados nas construções reais. Tais elementos subsidiam e direcionam a necessidade de maior investigação teórica de parâmetros de projeto arquitetônico de edifícios de

escritórios com ventilação híbrida, de forma a melhor contribuir em soluções de projeto que efetivamente incrementem o desempenho termoenergético desta tipologia de edificações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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 em Arquitetura). São Paulo – SP. Universidade de São Paulo, 2007

BRAGER, G. S.; BAKER, L. Occupant satisfaction in mixed-mode buildings. Network for Comfort and Energy Use in Buildings. **Anais...** In: AIR CONDITIONING AND THE LOW CARBON COOLING CHALLENGE. Windsor, UK: jul. 2008.

BRUGNERA, R. R. **Potencial de economia de energia em edifícios de escritórios com estratégias de ventilação híbrida**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). São Carlos – SP. Universidade de São Paulo, 2014.

BUILDINGS. Buildings: pesquisa imobiliária inteligente. Disponível em: <<http://www.buildings.com.br/nossa-pesquisa-imobiliaria-corporativa/>>. Acesso em: 10 de abril de 2016.

CHANG, H.; KATO, S.; CHIKAMOTO, T. Effects of outdoor air conditions on hybrid air conditioning based on task/ambient strategy with natural and mechanical ventilation in office buildings. **Building and Environment**, v. 39, n. 2, p. 153–164, 2004.

DEUBLE, M. P.; DE DEAR, R. J. Mixed-mode buildings: A double standard in occupants' comfort expectations. **Building and Environment**, v. 54, p. 53–60, ago. 2012.

MELO, A. P. et al. Development of surrogate models using artificial neural network for building shell energy labelling. **Energy and Buildings**, v. 69, p. 457–466, 2014.

SANTESSO, C. A. **Integração da ventilação híbrida e da iluminação natural em saletas comerciais na cidade de São Paulo**: influência de parâmetros de projeto. 2017. Dissertação (Mestrado em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia) - Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.

SHAHZAD, S. S. et al. Energy Efficiency and User Comfort in the Workplace: Norwegian Cellular vs. British Open Plan Workplaces. **Energy Procedia**, v. 75, p. 807–812, 2015.

YAO, R. et al. Assessing the natural ventilation cooling potential of office buildings in different climate zones in China. **Renewable Energy**, v. 34, n. 12, p. 2697–2705, 2009.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo apoio financeiro ao desenvolvimento desta pesquisa, e à empresa Buildings, pela disponibilização de dados dos edifícios de escritórios da cidade de São Paulo para a pesquisa de campo.