EFEITOS DAS VARANDAS NO DESEMPENHO TÉRMICO, ENERGÉTICO E LUMINOSO DE EDIFICAÇÕES: REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Íris Maria Costa Fajardo Werneck Loche (1); Leticia de Oliveira Neves (2)
(1) Doutoranda da Universidade Estadual de Campinas, arquiteta e urbanista, i229320@dac.unicamp.br, Rua Saturnino de Brito, 224 – Cidade Universitária Zeferino Vaz, 13083-889, Campinas/ SP
(2) Professora Doutora do Departamento de Arquitetura e Construção da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas, leticia@fec.unicamp.br, Rua Saturnino de Brito, 224 – Cidade Universitária Zeferino Vaz, 13083-889, Campinas/ SP, Tel.: (19) 3521-2384

RESUMO

O sombreamento e a ventilação natural são estratégias de arquitetura passiva eficazes para garantir bom desempenho térmico de edificações em grande parte do território brasileiro. A varanda é um tipo de elemento de proteção solar que atua como um beiral para o pavimento inferior, reduzindo a incidência de luz solar direta, mas permitindo a entrada de luz refletida e difusa e a abertura de janelas para ventilação. Uma revisão sistemática da literatura foi desenvolvida com o objetivo de levantar o estado da arte sobre os efeitos das varandas no desempenho térmico, energético e luminoso de edificações e identificar tendências e lacunas de pesquisa sobre a temática em questão. Identificou-se, no estudo, um crescimento sobre a abordagem do tema nos últimos cinco anos, tendo como principal enfoque os efeitos da presença/ausência de varandas no desempenho térmico de habitações residenciais utilizando, como método, simulações computacionais. A revisão da literatura mostra a complexidade de cruzamento dos resultados para desempenho térmico, luminoso e energético em edificações providas de varandas, apontando a existência de uma interdependência entre as variáveis preditoras de maior influência nos resultados e, muitas vezes, relações negativas entre elas. Como trabalhos futuros evidencia-se, principalmente, a necessidade de estudos no tema para a tipologia de escritórios e da elaboração de diretrizes projetuais que colaborem nas decisões iniciais de projeto, de forma que a varanda possa ser utilizada em seu máximo potencial para promover desempenho térmico, energético e luminoso, concomitantemente.

Palavras-chave: varanda; desempenho térmico; desempenho luminoso; desempenho energético; revisão sistemática da literatura.

ABSTRACT

Shading and natural ventilation are effective passive strategies to assure thermal comfort in most part of the Brazilian territory. Balconies can be used as a solar shading device that behave as an eave to the lower floor, reducing the incidence of direct solar radiation, while allowing reflected and diffuse daylight and natural ventilation through windows openings. A systematic literature review was conducted aiming to present the state of the art about the effect of balconies on thermal, energy and daylight performance of buildings and identify trends and gaps in this subject. The systematic review indicated an increase in the number of publications in the last five years, showing, as a main focus, the analysis of the effect of balconies on the thermal performance of residential buildings, through computational simulations. This study shows the complexity in crossing the results obtained for thermal, daylight and energy performance in buildings provided with balconies, showing the interdependence of the independent variables and, often, negative relation between them. As future work, we identify the need of studies specifically for the office typology and to develop design guidelines for the early design stages, so balconies can behave to their full potential in providing thermal, daylight and energy performance concurrently.

Keywords: balcony; thermal performance; daylight performance; energy performance; systematic review.

1. INTRODUÇÃO

O consumo energético médio nacional de edificações dos setores residencial, comercial e público evidencia a crescente participação dos sistemas de ar-condicionado e de iluminação artificial na demanda energética (EPE, 2018). Diante disso, destaca-se a necessidade de projetos arquitetônicos adequados ao clima em que estão inseridos, visando a otimização do desempenho térmico, energético e luminoso. Estratégias passivas, como o sombreamento e a ventilação natural, são indicadas para a melhoria do desempenho térmico de edificações em grande parte do território brasileiro.

A varanda é uma estratégia passiva de arquitetura que, se adequadamente projetada e dimensionada, pode contribuir na melhoria do desempenho térmico, energético e luminoso de edificações e no bem-estar de seus usuários. Em edifícios multipavimentos, pode funcionar como um elemento de proteção solar para o pavimento inferior, reduzindo a incidência de luz solar direta enquanto permite a entrada de luz refletida e difusa e o uso de grandes aberturas para ventilação. Em relação à ventilação natural, pode interferir na taxa de renovação do ar, na direção do fluxo de ar e, dependendo do seu projeto e localização, pode agir como captadora ou como barreira do vento (WONG; ISTIADJI, 2003).

Por contribuir para o desempenho térmico da edificação, a varanda pode auxiliar na redução do consumo de energia com soluções artificiais de condicionamento (BRANDÃO; MARTINS, 2008). Com relação à iluminação natural, pode reduzir o ofuscamento, melhorando o conforto visual, mas também reduzir a disponibilidade de iluminação natural no interior dos ambientes, podendo acarretar um maior consumo de energia pela utilização de iluminação artificial (WONG; ISTIADJI, 2003). A complexidade de cruzamento dos resultados para desempenho térmico, energético e luminoso reforça a necessidade de uma melhor compreensão de como as varandas e seus parâmetros geométricos afetam o desempenho das edificações, de modo a aproveitar ao máximo o seu potencial.

O papel da varanda na sensação de bem-estar dos usuários vem sendo evidenciado durante a pandemia de COVID-19, emergindo o debate sobre a importância desse elemento durante o confinamento global (BOURNAS, 2021; PETERS; HALLERAN, 2020; RIBEIRO; RAMOS; FLORES-COLEN, 2020). De acordo com Peters e Halleran (2020), as varandas tornaram-se elementos ainda mais desejáveis e relevantes durante a pandemia, sendo utilizadas como ambientes de socialização, protestos, celebrações e promovendo uma janela para a vida pública. Estudos de avaliação pós-ocupação mostram a varanda como um espaço desejado pelos usuários que a associam à promoção do seu bem-estar físico e mental (DAHLAN et al., 2009a; WÅGØ; HAUGE; STØA, 2016; XUE et al., 2016). Os usuários apreciam a experiência sensorial que a varanda oferece ao possibilitar a expansão das vistas para o exterior e o aumento no tamanho das aberturas, permitindo a criação de um espaço privativo de conexão com o ambiente externo (WÅGØ; HAUGE; STØA, 2016).

2. OBJETIVO

Tendo em vista a crescente relevância do assunto em questão, este trabalho tem como objetivo levantar o estado da arte sobre os efeitos das varandas no desempenho térmico, energético e luminoso de edificações, assim como identificar tendências e lacunas de pesquisa sobre o tema.

3. MÉTODO

Utilizou-se como método de pesquisa a Revisão Sistemática da Literatura (RSL), que combina informações de estudos relevantes para responder a determinada pergunta de pesquisa a partir de um método científico. Para a realização da RSL utilizou-se o processo proposto por Jesson, Matheson e Lacey (2011), que propõe sua divisão em seis fases principais (Figura 1).

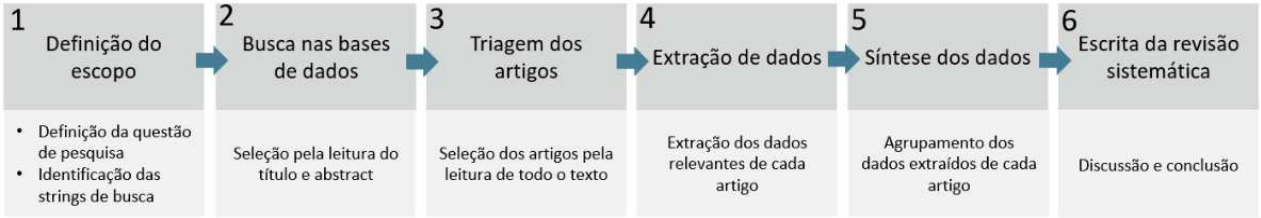


Figura 1: Processo de condução da RSL (JESSON; MATHESON; LACEY, 2011 - adaptado pelos autores)

Uma busca por artigos relevantes ao tema foi feita nas bases de dados Scopus e Web of Science, utilizando as seguintes *strings* de busca: *"daylight" OR "visual comfort" AND veranda OR balcony, e "thermal performance" OR "thermal comfort" OR "natural ventilation" AND veranda OR balcony*. Definiu-se que deveriam ser incluídos nos resultados da busca apenas os artigos que: a) tivessem as *strings* de busca

no título, resumo ou palavras-chave; b) fossem redigidos em língua inglesa; c) fossem publicados em periódicos; d) fossem publicados nos últimos 20 anos (2001 a 2021). Como resultado deste primeiro filtro, foram encontrados 295 artigos. Uma segunda seleção foi feita excluindo os artigos por duplicidade e, a partir da leitura dos resumos e resultados, excluindo aqueles que não se enquadravam ao objetivo da pesquisa, como estudos com abordagem no desempenho acústico e estrutural das varandas. Após a seleção, 28 artigos foram selecionados para análise e desenvolvimento do presente trabalho.

4. RESULTADOS

4.1 Análise bibliométrica da amostra

A categorização dos artigos por ano de publicação permitiu identificar que, no último quinquênio (2016-2021), a frequência de publicação aumentou 150% se comparado à soma das publicações dos anos anteriores, representando 61% das publicações (Figura 2A), o que indica o aumento do interesse em pesquisas sobre o tema nos últimos anos, tendo em vista o aumento da preocupação com as questões climáticas na última década (FERNANDES et al., 2020). Presume-se a tendência de um número crescente de publicações sobre a temática nos próximos anos, fomentado pelas discussões levantadas sobre a qualidade dos ambientes durante o confinamento global provocado pela pandemia de COVID-19, visto que o assunto foi abordado nas produções mais recentes sobre o tema (BOURNAS, 2021; PETERS; HALLERAN, 2020; RIBEIRO; RAMOS; FLORES-COLEN, 2020).

A tipologia residencial foi a mais abordada nos estudos aqui analisados, representando 65% da amostra. A predominância dos estudos nessa tipologia deve-se ao fato de as varandas serem amplamente adotadas em residências unifamiliares e multifamiliares (BRANDÃO; MARTINS, 2008; PETERS; HALLERAN, 2020), embora o uso de varandas na tipologia de escritórios tenha crescido, como mostra o estudo de Manoel e Neves (2017), realizado para a cidade de São Paulo, que contabilizou um aumento de 85% no uso de varandas em edifícios de escritórios nos últimos 20 anos. Destaca-se, entretanto, a ausência de estudos nessa tipologia com enfoque específico em varandas (Figura 2B).

A categorização dos artigos por variável de saída analisada permitiu identificar que a maior parte dos artigos (55%) avalia apenas os efeitos da presença/ausência de varandas no desempenho do ambiente em estudo, sem incluir análises de aspectos relativos ao projeto das varandas. O segundo parâmetro mais avaliado, presente em 27% dos estudos, é a profundidade da varanda, seguido pelo tipo de varanda (tipo de peitoril e formato) e a altura do pavimento onde o ambiente com varandas está localizado, representando 12% e 6% dos artigos da amostra, respectivamente (Figura 2C). Com relação ao método adotado, destaca-se o uso de simulações (58% da amostra), seguido pela avaliação pós-ocupação por meio de questionários (21%) e por meio de medições em campo (21%) (Figura 2D).

Ao categorizar os artigos selecionados na RSL em objetivo do estudo, identificou-se uma maior quantidade de estudos sobre os efeitos das varandas no desempenho térmico (45% da amostra), seguido pelo enfoque na ventilação natural (26% da amostra), o que tem relação direta com o desempenho térmico da edificação. Isso deve-se fato de as varandas serem conhecidamente utilizadas como estratégia de sombreamento, contribuindo positivamente para o conforto térmico e diminuindo o consumo de energia com resfriamento (OMRANI et al., 2017). Uma menor quantia de estudos avaliou os efeitos das varandas no desempenho luminoso e energético de edificações, correspondente a 20% e 9% da amostra, respectivamente. Uma parcela ainda menor, correspondendo a apenas dois artigos da amostra (7%), avaliaram os efeitos das varandas sobre o desempenho térmico e luminoso em conjunto, uma vez que a integração dessas duas variáveis aumenta a complexidade de análise de resultados (OCHOA et al., 2012) (Figura 2E).

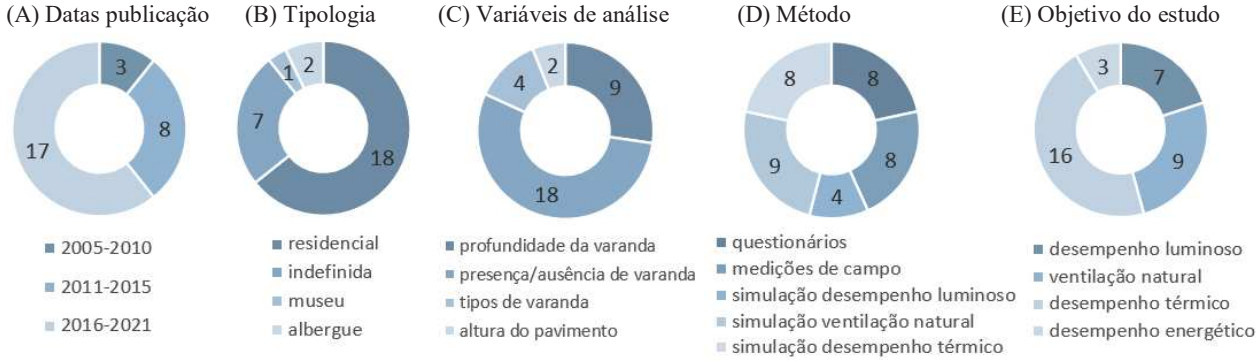


Figura 2: Classificação dos artigos selecionados na revisão sistemática da literatura

4.2 Efeitos das varandas no desempenho térmico e ventilação natural

O uso das varandas foi abordado na literatura como estratégia passiva para edificações situadas em diferentes localizações geográficas e climas, podendo ser utilizada como estratégia de sombreamento ou para aquecimento passivo, dependendo de sua configuração (Figura 3).



Figura 3: Classificação dos artigos por localização do estudo e tipo de estratégia passiva utilizada

A influência das varandas como elementos de sombreamento foi amplamente investigada na literatura devido ao seu conhecido potencial em reduzir a incidência de radiação solar direta e possibilitar amplas aberturas para ventilação natural. Ai et al. (2011), Bhikhoo; Hashemi e Cruickshank (2017), Hashemi (2018), Kisnarini; Krisdianto e Indrawan (2018), Tungnung (2020) confirmaram, por meio de simulações computacionais, a varanda como potencial estratégia para sombreamento de edificações e, consequentemente, redução do sobreaquecimento de ambientes internos. Tungnung (2020), ao analisar uma edificação residencial localizada na Índia, identificou as varandas como espaços agradáveis de conexão entre o interior e o exterior, por apresentarem temperaturas mais amenas que o interior. Kisnarini; Krisdianto e Indrawan (2018), Hassemi (2018) e Bhikhoo; Hashemi e Cruickshank (2017) indicaram a contribuição da varanda para o decréscimo da temperatura de seu cômodo adjacente. Kisnarini; Krisdianto e Indrawan (2018) mostraram que o uso de varanda em uma edificação residencial localizada na Indonésia diminuiu em 1 ºC a temperatura interna do ambiente e, com a adição de dispositivos externos de sombreamento, a redução aumentou para 2 ºC. Hassemi (2018) e Bhikhoo; Hashemi e Cruickshank (2017) avaliaram o efeito das varandas na redução da probabilidade de superaquecimento dos ambientes internos. Ao analisar uma residência localizada na Uganda, Hassemi (2018) concluiu que a varanda reduziu em 50% o risco de superaquecimento. Bhikhoo; Hashemi e Cruickshank (2017) mostraram, para uma residência localizada na Tailândia, que a eliminação da varanda aumentou em 19,94% os dias anuais de superaquecimento. Os autores ressaltaram também a contribuição da ventilação natural na diminuição da probabilidade de superaquecimento, em especial pelo fato de as varandas possibilitarem o uso de grandes aberturas para ventilação natural.

O método dos estudos aqui analisados compreende avaliação pós-ocupação (medições de campo e questionários) e simulação computacional. Al-Absi; Abas e Baharum (2018), Arab; Hassan e Qanaa (2018), Dahlan et al. (2009b), Dahlan; Jones e Alexander (2011) avaliaram as influências das varandas na redução da temperatura de ambientes internos e na percepção de conforto térmico dos usuários de edificações localizadas na Malásia. Arab, Hassan e Qanaa (2018) realizaram medições nas fachadas de duas edificações residenciais e concluíram que, ao obstruir a incidência de radiação solar, as varandas reduziram a temperatura na superfície da fachada, contribuindo para o desempenho térmico do ambiente interno. Em concordância, as medições de campo realizadas por Dahlan, Jones e Alexander (2011) mostraram que os dormitórios sombreados por varandas apresentaram temperatura operativa 1,3 ˚C abaixo dos valores medidos em dormitórios sem varandas.

Em adição, Al-Absi, Abas e Baharum (2018) concluíram que, durante o pico de temperatura no interior da edificação, às 17 h, o ambiente sombreado por varandas apresentou temperatura 1,5 °C inferior ao ambiente sem varandas quando as janelas de ambos os ambientes estavam abertas e 2,5 ˚C inferior quando fechadas, mostrando a importância da ventilação natural em dissipar o calor do ambiente. Os estudos de Dahlan et al. (2009b) não identificaram mudanças significativas na medição de temperatura operativa dos ambientes com e sem varandas. No entanto, os autores identificaram, por meio de questionários, que os ocupantes de dormitórios sombreados por varandas mostraram-se mais satisfeitos com o conforto térmico do ambiente que os ocupantes de dormitórios não sombreados. Resultados semelhantes foram obtidos por Dahlan, Jones e Alexander (2011). Ai et al. (2011) combinaram análises em CFD e cálculos de voto médio estimado (*Predicted Mean Vote* – PMV) e porcentagem de pessoas insatisfeitas (*Predicted Percentage of Dissatisfied* – PPD) para investigar os efeitos das varandas no conforto térmico em um edifício de cinco pavimentos naturalmente ventilado localizado em região de clima tropical. Os resultados mostraram que, embora as varandas tenham reduzido a velocidade do ar no interior da edificação, sua presença melhorou o conforto térmico por aumentar a uniformidade da distribuição interna do ar.

Embora o uso das varandas tenha sido abordado majoritariamente como estratégia de sombreamento do ambiente, os estudos de Fernandes et al. (2020, 2015) e Grudzinska (2016) identificaram que o fechamento da varanda com elementos envidraçados permite sua atuação como estratégia de aquecimento passivo em edificações residenciais localizadas em climas frios. Fernandes et al. (2020, 2015) mostraram, por meio de medições em campo e questionários, que as varandas envidraçadas, ao serem estrategicamente posicionadas na orientação Sul, contribuíram para a entrada de radiação solar, aumentando o ganho de calor no ambiente interno em edificações residenciais localizadas à Norte de Portugal. Grudzińska (2016) comparou, por meio de simulação computacional, a eficácia do uso de varandas constituídas por materiais de alto e baixo isolamento térmico para promover a elevação da temperatura no ambiente interno de edificações residenciais situadas na Polônia. A varanda de alto isolamento mostrou-se mais eficaz, ao reduzir em 64,9% o número de dias com consumo energético para aquecimento, contra uma redução 32,1% resultante da varanda de baixo isolamento térmico, quando comparadas a um modelo sem varandas. Fernandes et al. (2020, 2015) e Grudzińska (2016) evidenciaram a importância de os elementos envidraçados de fechamento das varandas serem operáveis, para evitar o superaquecimento dos ambientes nos períodos quentes do ano, por meio do uso da ventilação natural. Adicionalmente, Fernandes et al. (2020, 2015) ressaltaram a importância de aliar a ventilação natural ao sombreamento das áreas envidraçadas da varanda. Os autores demonstraram a necessidade de uso de elementos fixos de sombreamento externo de modo a suprir, nos períodos sem ocupação, a falta de uma adequada operação de persianas e janelas.

Além dos fatores aqui destacados, a avaliação do desempenho térmico de edificações naturalmente ventiladas depende, em grande parte, do desempenho da estratégia de ventilação natural adotada. A existência de varandas nas fachadas das edificações modifica a distribuição da pressão dos ventos na envoltória, modificando o fluxo de distribuição de ar no interior da edificação (GHADIKOLAEI; OSSEN; MOHAMED, 2013). Entender os efeitos da presença de varandas na ventilação natural auxilia no desenvolvimento de projetos com maior desempenho térmico e energético, já que a ventilação natural interfere diretamente nesses aspectos (GHADIKOLAEI; OSSEN; MOHAMED, 2013; IZADYAR et al., 2020a). Alguns artigos selecionados na RSL abordaram os efeitos das varandas na ventilação natural, avaliando aspectos como o tipo de estratégia de ventilação natural, a direção de incidência dos ventos, a altura do pavimento onde a varanda está localizada, a presença/ausência de varandas na fachada e parâmetros geométricos da varanda como largura, profundidade e projeto de fachada, conforme detalhado a seguir.

4.2.1 Dimensionamento das varandas

O dimensionamento adequado das varandas em acordo com o tipo de estratégia de ventilação adotado pode potencializar o desempenho da ventilação natural em edificações (AI et al., 2011; IZADYAR et al., 2020; OMRANI et al., 2017). Omrani et al. (2017) investigaram os impactos da geometria das varandas comparando as estratégias de ventilação unilateral e cruzada em edifícios residenciais. Os resultados demonstraram que, para ambas as estratégias de ventilação, o aumento da profundidade das varandas (variações de 1 m a 4 m) ocasionou a redução da velocidade do ar no ambiente interno. Izadyar et al. (2020) estudaram os efeitos da profundidade das varandas na ventilação natural e no desempenho térmico de dormitórios residenciais ventilados unilateralmente. Os autores constataram que varandas de 2 m de profundidade provocaram uma distribuição interna do fluxo de ar heterogênea e instável, enquanto varandas mais profundas (2,5 m e 3 m) apresentaram maiores taxas de renovação de ar no ambiente interno, colaborando positivamente para o desempenho térmico. Em relação ao comprimento das varandas, Ai et al. (2011) mostraram que a variação deste parâmetro trouxe variações insignificantes no desempenho da ventilação natural da edificação.

4.2.2 Inserção das varandas na fachada

Omrani et al (2017) identificaram que, para ambas as estratégias de ventilação natural (unilateral ou cruzada), uma varanda aberta e protuberante na fachada, oclusa apenas por um parapeito, proporciona melhor desempenho na ventilação natural do que uma varanda semifechada (oclusa por um parapeito e por paredes laterais). A adição de uma varanda aberta aumentou a velocidade do ar interno em até 80% em ambientes com ventilação unilateral e reduziu a velocidade do ar interno em ambientes com ventilação cruzada. Contudo, os melhores resultados obtidos para os ambientes com ventilação unilateral continuaram sendo inferiores aos resultados obtidos com ventilação cruzada, apresentando a velocidade do ar no interior do ambiente até duas vezes menor. Em contradição, Mirabi; Nasrollahi; Dadkhak (2020) concluíram que varandas semifechadas (oclusas por um parapeito e por paredes laterais) aumentaram a diferença de pressão entre as paredes opostas, aumentando a eficácia da ventilação natural no interior do ambiente quando comparadas às varandas abertas (protuberantes na fachada, oclusa apenas por um parapeito). Em relação ao tipo de peitoril das varandas, Kotani e Yamanaka (2007) identificaram que a distribuição da pressão do vento nas fachadas de um edifício de cinco pavimentos não apresentou modificações significativas na comparação entre varandas providas de peitoril opaco com gradil, sendo a distribuição de pressão mais impactada pela direção incidente dos ventos na fachada (0º, 90º e 180º).

4.2.3 Ângulo de incidência do vento nas aberturas

Os estudos disponíveis na literatura destacam a importância de orientar as aberturas da edificação em relação aos ventos predominantes para a potencialização da ventilação natural nos ambientes internos. Omrani et al. (2017), concluíram que o ângulo de incidência do vento nas aberturas de edificações providas de varandas é um parâmetro de maior influência no desempenho da ventilação natural do que as características geométricas das varandas. Os autores mostraram que, tanto para os ambientes com ventilação cruzada quanto para os ventilados unilateralmente, a velocidade do ar no ambiente interno foi superior para os casos com incidência do vento perpendicular às aberturas (0º) e inferior para os casos com incidência do vento paralela às aberturas (90º). No entanto, Mohamed (2017) identificou que, quando a incidência do vento ocorre perpendicular às aberturas (0°), o uso de varandas provocou o crescimento das taxas de ventilação natural em 99% para ambientes com ventilação unilateral contra uma redução de 44% para ambientes com ventilação cruzada. De maneira oposta, a incidência do vento oblíqua às aberturas (45°) provocou um aumento de 38% nos ambientes com ventilação cruzada contra uma redução de 39% para os ambientes ventilados unilateralmente.

4.2.4 Altura do pavimento

Cui, Mak e Niu (2014) identificaram que, em uma edificação de dez pavimentos, a presença de varandas melhorou o desempenho da ventilação natural nos pavimentos intermediários (4º ao 6º). Ai et al. (2011) chegaram à mesma conclusão ao analisarem ambientes com ventilação cruzada localizados em uma edificação de cinco pavimentos, mostrando que a presença de varandas aumentou o desempenho da ventilação natural nos pavimentos intermediários e diminuiu sua eficácia nos pavimentos superior e térreo. No entanto, para ambientes ventilados unilateralmente, a adição de varandas reduziu o desempenho da ventilação natural nos pavimentos intermediários.

4.3. Efeitos das varandas no desempenho luminoso

Os estudos selecionados na RSL avaliaram os efeitos da presença de varandas e de sua profundidade na disponibilidade de luz natural e probabilidade de ofuscamento nos ambientes, utilizando como método de estudo simulações de desempenho luminoso e avaliação pós-ocupação (questionários e medições em campo).

Kim e Kim (2010a) e Liu e Chen (2017) mostraram, por meio de simulações computacionais, que o aumento da profundidade das varandas pode diminuir a disponibilidade de iluminação natural dentro do ambiente. Adicionalmente, os estudos de Kim e Kim (2010a) e de Liu e Chen (2017) identificaram a profundidade das varandas como o parâmetro de maior impacto no desempenho luminoso do ambiente interno. Kim e Kim (2010a) mostraram que varandas mais profundas (1,5 m, 3 m e 6 m de profundidade) reduziram o valor médio do fator de luz do dia em 46%, 70% e 90%, respectivamente, em relação a um modelo sem varandas, em análise realizada em um edifício de tipologia indefinida com varandas localizadas no átrio central. Em consonância, Liu e Chen (2017), ao analisarem uma edificação residencial localizada em Taiwan, sugeriram que aberturas menores deveriam ser associadas a varandas pouco profundas, de modo a evitar um desempenho luminoso insatisfatório do ambiente interno.

Com relação ao conforto visual e à probabilidade de ofuscamento, Al-Sallal, Abouelhamd e Dalmouk (2018) mostraram que a presença de uma varanda profunda (3 m) foi capaz de reduzir o ofuscamento no ambiente interno de 81% para 0%, quando comparado ao mesmo ambiente sem varanda. A análise foi realizada via simulação computacional, tendo como base a métrica dinâmica de análise Exposição Solar Anual (*Annual Solar Exposure* – ASE). Kim e Kim (2010b) também demonstraram a importância das varandas na promoção do conforto visual do ambiente interno ao investigarem uma prática comum nas edificações residenciais coreanas, que consiste na eliminação das varandas para incorporação de sua área ao cômodo adjacente. Ao remover o sombreamento proporcionado pela varanda, os autores indicaram que a transmitância do vidro deveria ser reduzida para valores abaixo de 0,54, de forma a promover o mesmo nível de conforto visual oferecido por uma varanda de 1,8 m de profundidade. Liu e Chen (2017) identificaram que, para uma edificação isolada (sem interferência do entorno), a altura do pavimento em que o ambiente provido de varandas se localiza apresenta impactos insignificantes no desempenho luminoso do ambiente interno.

Bournas (2021), Dahlan et al. (2009b) e Xue et al. (2016) basearam-se em avaliações pós-ocupação para avaliar os efeitos das varandas no desempenho luminoso de edificações por meio de questionários e medições em campo. Os resultados foram complacentes com os resultados das simulações de desempenho luminoso encontrados na literatura, confirmando que as varandas reduzem a incidência de iluminação natural no ambiente interno, mas melhoram o conforto visual. Bournas (2021) comparou o comportamento dos moradores de apartamentos com e sem varandas de seis edificações residenciais localizadas na Suécia. O autor identificou que a presença de varandas não exerceu influência no acionamento da iluminação artificial durante o dia. O estudo de Dahlan et al. (2009b), realizado em albergues estudantis localizados na Malásia, identificou que 78% dos ocupantes de dormitórios sem varandas mostraram-se satisfeitos com a iluminação natural, contra 60% dos ocupantes de dormitórios com varandas. As medições em campo, realizadas em dormitórios localizados no primeiro pavimento e orientados a Norte, ecoaram os resultados dos questionários, indicando que a presença de varandas reduziu em três vezes o nível de iluminação natural, medido através da métrica razão de iluminação natural (*daylight ratio*). Não obstante, os dormitórios com varandas continuaram apresentando *daylight ratio* complacente com os níveis mínimos de iluminação exigidos pela CIBSE (CIBSE, 1987), o que explica a baixa diferença entre o número de usuários satisfeitos com os níveis de iluminância dos dormitórios com e sem varandas, obtido pelos questionários aplicados.

Xue et al. (2016) e Dahlan et al. (2009b) analisaram o comportamento dos usuários na operação de elementos internos de sombreamento em apartamentos residenciais com e sem varandas. De acordo com Xue et al. (2016), os usuários consideram que as varandas proporcionam pouca privacidade, induzindo-os a fechar as cortinas com mais frequência do que usuários de dormitórios sem varandas, aumentando, por consequência, a necessidade do uso de iluminação artificial. Em contradição, de acordo com Dahlan et al. (2009b) os moradores de dormitórios com varandas raramente fecham as cortinas, devido à percepção de que seus quartos não possuem iluminação natural suficiente, enquanto os moradores de dormitórios sem varandas disseram fechar as cortinas com mais frequência em função do ofuscamento provocado pela falta de proteção solar.

4.4 Efeitos das varandas no desempenho energético

O desempenho energético de uma edificação está diretamente relacionado ao seu desempenho térmico e luminoso, que irão definir a demanda energética por aquecimento, resfriamento e iluminação artificial dos ambientes. Os estudos de Liu e Chen (2017), Grudzińska (2016) e Nikolic et al. (2020) investigaram, por meio de simulações computacionais, os efeitos das varandas no desempenho energético de edificações residenciais.

Liu e Chen (2017) analisaram o efeito da profundidade das varandas no desempenho termoenergético de uma edificação localizada em Taiwan e concluíram que, quanto mais profunda a varanda, maior a energia economizada no uso de ar-condicionado. Ao relacionarem a profundidade das varandas com o tamanho das aberturas das janelas, os autores indicaram que varandas mais profundas devem ser associadas com aberturas maiores. Para um cenário de percentual de abertura na fachada de 50%, os autores sugeriram o uso de varandas de 2,5 m de profundidade para reduzir o consumo energético anual em 22% em comparação a uma edificação sem varandas. Para um percentual de abertura na fachada de 75% ou 100%, os autores sugeriram o uso de varandas com 3 m de profundidade, de forma a reduzir o consumo energético anual em 30%. Grudzińska (2016) comparou a eficácia do uso de varandas de alto e baixo isolamento térmico na redução da demanda energética para aquecimento de edificações residenciais situadas na Polônia. Quando comparada a uma residência sem varandas, a varanda de alto isolamento mostrou-se mais eficaz em reduzir a demanda energética, atingindo até 30% de redução no ambiente da própria varanda e até 90% no cômodo adjacente. Já a varanda de baixo isolamento atingiu até 15% de redução no ambiente da varanda e até 70% de redução no cômodo adjacente. Nikolic et al. (2020) investigaram, por meio de simulações computacionais, como a

profundidade das varandas impacta no consumo energético para aquecimento, resfriamento e iluminação artificial em edificações residenciais localizadas na Sérvia. Os autores indicaram a profundidade da varanda correspondente ao melhor cenário de redução do consumo energético, para cada orientação solar: 2,6 m para a fachada leste, 0,7 m para a fachada sul, 2,4 m para a fachada oeste e 0,4 para a fachada norte. A redução da incidência direta de radiação solar diminuiu a demanda energética para resfriamento em 44,15% enquanto o consumo energético com aquecimento e iluminação artificial aumentou em 16,33% e 4,98%, respectivamente, em comparação a uma edificação sem varandas. O consumo total de energia da edificação reduziu em 7,12%.

4.5 Lacunas de pesquisa e indicação de trabalhos futuros

Dentre os trabalhos levantados que trataram dos efeitos das varandas no desempenho luminoso, 50% utilizaram simulações computacionais como método de estudo. No entanto, apenas o estudo de Al-Sallal, Abouelhamd and Dalmouk (2018) utilizou métricas dinâmicas de análise dos resultados. As métricas dinâmicas são consideradas mais eficientes do que as métricas estáticas por considerarem as condições reais do céu presentes nos arquivos climáticos. Dessa forma, destaca-se a necessidade de mais estudos que avaliem os efeitos das varandas no desempenho luminoso por meio de métricas dinâmicas de análise, como *Daylight Autonomy* (DA), *Annual Solar Exposure* (ASE), *Spatial Daylight Autonomy* (sDA) e *Useful Daylight Illuminance* (UDI). Além disso, outros parâmetros de projeto da edificação devem ser considerados na abordagem do desempenho luminoso de edifícios providos de varandas, como a transmitância visível do vidro, o tamanho da abertura das janelas e a profundidade do ambiente, sendo que, o último não foi abordado em nenhum dos estudos da amostra selecionada.

Não foram identificados estudos que abordem os efeitos das varandas no desempenho térmico, luminoso e/ou energético para a tipologia de edifícios de escritórios. A necessidade de estudos específicos para esta tipologia é evidenciada tendo em vista características específicas da tipologia, como o período de ocupação, por exemplo, que difere significativamente entre edifícios residenciais e edifícios de escritórios (INMETRO, 2020, 2021). Outro exemplo é o nível mínimo de iluminância exigido pela NBR ISO/CIE 8995 (ABNT, 2013), que é mais elevado para salas de escritórios (mínimo de 300 lux) do que para ambientes residenciais (mínimo de 100 lux). Outros fatores que diferem entre ambas as tipologias e que influenciam na avaliação do desempenho térmico e energético do ambiente são a densidade de ocupação, a carga térmica de equipamentos internos e o isolamento térmico da vestimenta dos usuários. Assim, evidencia-se a necessidade de estudos que abordem os efeitos do desempenho térmico, energético e luminoso para a tipologia específica de escritórios.

A maior parte dos estudos aqui analisados compararam a presença e a ausência de varandas no desempenho de edificações habitacionais, em especial com enfoque em desempenho térmico. Dessa forma, evidencia-se a importância de estudos que avaliem, simultaneamente, o desempenho térmico, energético e luminoso de varandas em edificações, bem como os impactos de sua geometria. É importante ressaltar também a necessidade de estudos nesta vertente que indiquem diretrizes de projeto que auxiliem os projetistas nas tomadas de decisão nas etapas iniciais de projeto, visando a inserção das varandas nas edificações tendo em vista seu máximo potencial para contribuir no desempenho térmico, energético e luminoso.

5. CONCLUSÕES

Este artigo apresentou uma revisão sistemática da literatura sobre os efeitos das varandas no desempenho térmico, energético e luminoso de edificações, com o intuito de identificar tendências e lacunas de pesquisa sobre o tema. Como tendências, evidencia-se um aumento do interesse pelo tema, indicado pelo crescimento do número de publicações nos últimos cinco anos. Evidencia-se também a abordagem majoritária dos efeitos das varandas no desempenho térmico de edificações residenciais, realizadas por meio de simulações computacionais. As principais variáveis preditoras analisadas consistem na presença/ ausência de varandas, seguida pela sua profundidade.

Evidencia-se, na revisão da literatura aqui empreendida, a complexidade do cruzamento de análises dos efeitos das varandas sob o enfoque em desempenho térmico, energético e luminoso, devido ao fato de que cada abordagem apresenta parâmetros específicos, que podem ser interdependentes e apresentar relações positivas ou negativas. De fato, as pesquisas aqui analisadas confirmam a existência de potenciais conflitos que precisam ser melhor explorados. O aumento da profundidade das varandas, por exemplo, pode aumentar o conforto visual ao reduzir a probabilidade de ofuscamento, mas também diminuir a disponibilidade de iluminação natural no ambiente interno, aumentando o consumo energético com iluminação artificial. Pode também ocasionar a redução da velocidade do ar no ambiente interno, causando interferência direta no seu desempenho térmico. Por outro lado, pode reduzir a incidência direta de radiação solar, reduzindo o sobreaquecimento do ambiente interno.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. **NBR ISO/CIE 8995-1: Lighting of workplaces – Part 1: Indoor**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=196479>.

AI, Z. T. et al. The assessment of the performance of balconies using computational fluid dynamics. **Building Services Engineering Research and Technology**, v. 32, n. 3, p. 229–243, 2011.

AL-ABSI, Z.; ABAS, N.; BAHARUM, F. WINDOWS OPERATION FOR RESIDENTS' THERMAL COMFORT IN NATURALLY VENTILATED RESIDENTIAL BUILDING IN MALAYSIA. v. 9, n. 3, p. 173–183, 2018.

AL-SALLAL, K. A.; ABOUELHAMD, A. R.; DALMOUK, M. BIN. UAE heritage buildings converted into museums: Evaluation of daylighting effectiveness and potential risks on artifacts and visual comfort. **Energy and Buildings**, v. 176, p. 333–359, 2018.

ARAB, Y.; HASSAN, A. S.; QANAA, B. Study on thermal surface performance on post-modern apartment façades in Penang, Malaysia. **Arab World Geographer**, v. 21, n. 2–3, p. 183–192, 2018.

BHIKHOO, N.; HASHEMI, A.; CRUICKSHANK, H. Improving thermal comfort of low-income housing in Thailand through passive design strategies. **Sustainability (Switzerland)**, v. 9, n. 8, 2017.

BOURNAS, I. Association between Perceived Daylit Area and Self-reported Frequency of Electric Lighting Use in Multi-dwelling Buildings. **LEUKOS - Journal of Illuminating Engineering Society of North America**, v. 00, n. 00, p. 1–20, 2021.

BRANDÃO, H. C. L.; MARTINS, A. M. M. **70-A Varanda e suas contribuições para a Sustentabilidade The Porch And Its Contribution To Sustainability**. Seminário Internacional NUTAU. **Anais**...São Paulo: 2008

CIBSE: **Applications Manual: Window Design: in Copping**, B.W. (ed.) Daylighting, London, Chartered Institution of Building Services Engineers, 1987

CUI, D. J.; MAK, C. M.; NIU, J. L. Effect of balconies and upper-lower vents on ventilation and indoor air quality in a wind-induced, naturally ventilated building. **Building Services Engineering Research and Technology**, v. 35, n. 4, p. 393–407, 2014.

DAHLAN, N. D. et al. Evidence base prioritisation of indoor comfort perceptions in Malaysian typical multi-storey hostels. **Building and Environment**, v. 44, n. 10, p. 2158–2165, 2009a.

DAHLAN, N. D. et al. Daylight ratio, luminance, and visual comfort assessments in typical malaysian hostels. **Indoor and Built Environment**, v. 18, n. 4, p. 319–335, 2009b.

DAHLAN, N. D.; JONES, P. J.; ALEXANDER, D. K. Operative temperature and thermal sensation assessments in non-air-conditioned multi-storey hostels in Malaysia. **Building and Environment**, v. 46, n. 2, p. 457–467, 2011.

EPE. Uso de Ar Condicionado no Setor Residencial Brasileiro: Perspectivas e contribuições para o avanço em eficiência energética. **Nota Técnica EPE 030/2018 -**, p. 43, 2018.

FERNANDES, J. et al. Contribution of Portuguese vernacular building strategies to indoor thermal comfort and occupants' perception. **Buildings**, v. 5, n. 4, p. 1242–1264, 2015.

FERNANDES, J. et al. Thermal performance and comfort condition analysis in a vernacular building with a glazed balcony. **Energies**, v. 13, n. 3, 2020.

GHADIKOLAEI, F. M.; OSSEN, D. R.; MOHAMED, M. F. A review of the effects of balcony on indoor ventilation performance. **Asian Journal of Microbiology, Biotechnology and Environmental Sciences**, v. 15, n. 4, p. 639–645, 2013.

GRUDZIŃSKA, M. Glazed balconies as passive greenhouse systems - Potential of their use in Poland. **Building Services Engineering Research and Technology**, v. 37, n. 5, p. 555–572, 2016.

HASHEMI, A. Assessment of solar shading strategies in low-income tropical housing: The case of Uganda. **Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Engineering Sustainability**, v. 172, n. 6, p. 293–301, 2018.

INMETRO. **Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações ResidenciaisInmetro**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/documents/INIC_Dez_2020.pdf>.

INMETRO. **Instrução normativa INMETRO para a classificação de eficiência enegética de edificações comerciais, de serviços e públicas**. [s.l: s.n.].

IZADYAR, N. et al. Numerical simulation of single-sided natural ventilation: Impacts of balconies opening and depth scale on indoor environment. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 463, n. 1, p. 0–8, 2020.

JESSON, J.; MATHESON, L.; LACEY, F. M. **Doing your systematic review - Taditional and systematic techniques**. [s.l: s.n.].

KIM, G.; KIM, J. T. Luminous impact of balcony floor at atrium spaces with different well geometries. **Building and Environment**, v. 45, n. 2, p. 304–310, 2010a.

KIM, G.; KIM, J. T. Healthy-daylighting design for the living environment in apartments in Korea. **Building and Environment**, v. 45, n. 2, p. 287–294, 2010b.

KISNARINI, R.; KRISDIANTO, J.; INDRAWAN, I. A. Contribution of balcony of Rusunawa Surabaya on the use of space. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 213, n. 1, 2018.

KOTANI, H.; YAMANAKA, T. Wind Pressure Coefficient and Wind Velocity Along. n. January 2007, 2003.

LIU, K. S.; CHEN, C. C. The effects of deep balcony of different building heights on indoor lighting and thermo-environment. **Applied Ecology and Environmental Research**, v. 15, n. 2, p. 103–109, 2017.

MANOEL, R.; NEVES, L. DE O. **Desempenho termoenergético de edifícios de escritório com sistema híbrido de condicionamento**. Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído: ENTAC. **Anais**...Balneário Camboriú: 2017

MIRABI, E.; NASROLLAHI, N.; DADKHAH, M. Investigating the effect of balcony types on the naturally-ventilated buildings. **Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering**, v. 26, n. 1, p. 74–86, 2020.

MOHAMED, M. F. Computational analysis on the effects of façade modifications on wind-driven natural ventilation performance of a single-cell room. **ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences**, v. 12, n. 10, p. 3093–3100, 2017.

MONTAZERI, H.; BLOCKEN, B. CFD simulation of wind-induced pressure coefficients on buildings with and without balconies: Validation and sensitivity analysis. **Building and Environment**, v. 60, p. 137–149, 2013.

NIKOLIC, D. et al. Energy analyses of serbian buildings with horizontal overhangs: A case study. **Energies**, v. 13, n. 17, 2020.

OCHOA, C. E. et al. Considerations on design optimization criteria for windows providing low energy consumption and high visual comfort. **Applied Energy**, v. 95, p. 238–245, 2012.

OMRANI, S. et al. On the effect of provision of balconies on natural ventilation and thermal comfort in high-rise residential buildings. **Building and Environment**, v. 123, p. 504–516, 2017.

PETERS, T.; HALLERAN, A. How our homes impact our health: using a COVID-19 informed approach to examine urban apartment housing. **Archnet-IJAR**, 2020.

RIBEIRO, C.; RAMOS, N. M. M.; FLORES-COLEN, I. A review of balcony impacts on the indoor environmental quality of dwellings. **Sustainability (Switzerland)**, v. 12, n. 16, 2020.

TUNGNUNG, K. Parametric strategy on passive design affordances in cool-humid climate zones of North-East India. **Solar Energy**, v. 207, n. June, p. 1–9, 2020.

WÅGØ, S.; HAUGE, B.; STØA, E. Between indoor and outdoor: Norwegian perceptions of well-being in energy-efficient housing. **Journal of Architectural and Planning Research**, v. 33, n. 4, p. 329–346, 2016.

WONG, N. H.; ISTIADJI, A. D. Effects of External Shading Devices on Daylighting and Natural Ventilation. **Eighth International IBPSA Conference Eindhoven, Netherlands August 11-14, 2003**, n. January 2003, p. 475–482, 2003.

XUE, P. et al. Post-occupancy evaluation of sunshades and balconies' effects on luminous comfort through a questionnaire survey. **Building Services Engineering Research and Technology**, v. 37, n. 1, p. 51–65, 2016.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), processo 2019/01579-9, pelo financiamento da pesquisa.