XVIII ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
XIV ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
AMBIENTE CONSTRUÍDO E USUÁRIO: PERSPECTIVAS LATINO-AMERICANAS

Ventilação Natural, Configuração Urbana e Estratégias para Edificações Residenciais: Revisão Bibliométrica

Ventilación Natural y Configuración Urbana: Una Revisión Bibliométrica sobre Estrategias para Edificaciones Residenciales

Natural Ventilation and Urban Configuration: A Bibliometric Review on Strategies for Residential Buildings

Clima e Planejamento Urbano / *Clima y Planificación Urbana / Climate and Urban Planning*

Borges, Jamille Brito
Mestranda em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil, jamillebborges@gmail.com

Oliviera, Daiana Fauro de
Doutoranda em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil, *daianafauro@gmail.com*

Medeiros, Ana Dias de Medeiros
Mestranda em Arquitetura e Urbanismo, Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Carlos, Brasil, *anamedeiros46@gmail.com*

Grigoletti, Giane de Campos
Professora Associada, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil, *giane.c.grigoletti@ufsm.br*

Resumo

A ventilação natural é uma estratégia sustentável que pode mitigar impactos ambientais e melhorar a qualidade de vida nas cidades. Este estudo investigou como diferentes configurações urbanas influenciam a ventilação natural em contextos residenciais. Para isso, foi realizada uma análise bibliométrica da literatura, com buscas nas bases ScienceDirect, Scopus e SciELO, e análise quantitativa dos dados no software Start. Os resultados indicaram que os estudos analisados focaram na compreensão dos efeitos das configurações espaciais nos fluxos de ar e no desenvolvimento de abordagens metodológicas para a análise da ventilação urbana, sendo a simulação computacional CFD o método mais utilizado. Esses achados evidenciam a crescente preocupação em otimizar o planejamento urbano para melhorar a ventilação natural e mitigar impactos negativos no microclima urbano, reforçando a importância de estratégias para cidades mais sustentáveis.

Palavras-chave: Ventilação natural. Configuração urbana. Edifícios residenciais. Revisão bibliométrica.

Resumen

La ventilación natural es una estrategia sostenible que puede mitigar los impactos ambientales y mejorar la calidad de vida en las ciudades. Este estudio investigó cómo diferentes configuraciones urbanas influyen en la ventilación natural en contextos residenciales. Para ello, se realizó un análisis bibliométrico de la literatura, con búsquedas en las bases de datos ScienceDirect, Scopus y SciELO, y un análisis cuantitativo de los datos en el software StArt. Los resultados indicaron que los estudios analizados se centraron en comprender los efectos de las configuraciones espaciales en los flujos de aire y en el desarrollo de enfoques metodológicos para el análisis de la ventilación urbana, siendo la simulación computacional CFD el método más utilizado. Estos hallazgos evidencian una creciente preocupación por optimizar la planificación urbana para mejorar la ventilación natural y mitigar los impactos negativos en el microclima urbano, reforzando la importancia de estrategias para ciudades más sostenibles.

Palabras clave: Ventilación natural. Configuración urbana. Edificios residenciales. Revisión bibliométrica.

Abstract

Natural ventilation is a sustainable strategy that can mitigate environmental impacts and improve quality of life in cities. This study investigated how different urban configurations influence natural ventilation in residential contexts. To achieve this, a bibliometric analysis of the literature was conducted, with searches in the ScienceDirect, Scopus, and SciELO databases, and a quantitative data analysis using the Start software. The results indicated that the analyzed studies focused on understanding the effects of spatial configurations on airflow and developing methodological approaches for urban ventilation analysis, with CFD computational simulation being the most commonly used method. These findings highlight the growing concern about optimizing urban planning to enhance natural ventilation and mitigate the negative impacts of the built environment on the urban microclimate, reinforcing the importance of strategies for more sustainable cities.

Keywords: Natural ventilation. Urban configuration. Residential buildings. Bibliometric review.

Introdução

A ventilação natural é um elemento essencial para o conforto térmico, a qualidade do ar e a eficiência energética em edificações residenciais, especialmente em um contexto de crescente urbanização e mudanças climáticas (Makvandi *et al*., 2023; Mao *et al*., 2024). A dependência de sistemas de climatização artificial em áreas urbanas tem aumentado consideravelmente o consumo de energia, destacando a necessidade de soluções passivas que integrem estratégias arquitetônicas e urbanas (Simpeh *et al*., 2022; López-Guerrero *et al*., 2024). Nesse cenário, a ventilação natural surge como uma estratégia sustentável, capaz de mitigar impactos ambientais e melhorar a qualidade de vida nas cidades (Liu *et al*., 2022; Chakrabortty *et al*., 2024).

Diversos estudos têm demonstrado que a ventilação natural é fortemente condicionada por aspectos da configuração urbana, como a densidade construtiva, os afastamentos entre edificações, a presença de vegetação, a orientação das vias e os materiais utilizados no ambiente construído (Oke, 1988, Guo *et al*., 2017; Palusci e Cecere, 2022). Configurações inadequadas, como alta compactação volumétrica, ausência de áreas verdes e corredores de ventilação, podem comprometer significativamente o desempenho da ventilação nos edifícios, agravando os problemas de sobreaquecimento e desconforto térmico (Guo *et al*., 2017; Asfour, 2022; Kubilay *et al*., 2024).

No entanto, a maior parte da literatura científica ainda se concentra em análises fragmentadas, como estudos em escala de pedestre, simulações de microclima urbano ou investigações sobre tipologias arquitetônicas específicas, sem abordar de forma integrada a relação entre a forma urbana e os sistemas de ventilação natural em habitações multifamiliares (Ali-Toudert e Mayer, 2007; Li, Zhang, Cui, 2023). Compreender como as variáveis urbanas influenciam o comportamento do ar ao redor e no interior das edificações residenciais é essencial para orientar decisões projetuais, políticas públicas e estratégias de mitigação às mudanças climáticas. Ainda é necessário consolidar uma base teórica e metodológica que articule a escala urbana e arquitetônica em estudos sobre ventilação natural, especialmente em regiões de clima subtropical úmido, onde os desafios de conforto térmico são recorrentes.

Diante desse cenário, o presente estudo realiza uma análise bibliométrica da literatura científica publicada entre janeiro de 2013 e abril de 2024, com foco na relação entre ventilação natural, configuração urbana e arranjos construtivos em contextos residenciais. A pesquisa abrange bases de dados relevantes, como Scopus, ScienceDirect e SciELO, e busca mapear tendências, identificar lacunas e apoiar estratégias sustentáveis para o ambiente construído. Ao compreender as interações entre as escalas urbana e arquitetônica, o estudo visa contribuir tanto para o avanço acadêmico quanto para a formulação de políticas e diretrizes projetuais voltadas à sustentabilidade e à resiliência climática.

Objetivo

Este artigo tem como objetivo analisar como a ventilação natural em edificações residenciais é abordada na literatura científica a partir de sua relação com a configuração urbana e os arranjos construtivos, por meio de uma análise bibliométrica e temática da produção publicada entre 2013 e 2024.

Método

A busca se concentrou em três bases de dados: ScienceDirect, Scopus e SciELO, selecionadas pela sua relevância para o campo de estudo, abrangência temática e qualidade das publicações. Para delimitar a amostra, foi utilizada a *string* de busca: "*Natural ventilation*" (ventilação natural) OR "*Urban ventilation*" (ventilação urbana) OR "*outdoor ventilation*" (ventilação externa) AND "*Urban configuration*" (configuração urbana) OR "*urban morphology*" (morfologia urbana) OR "*Constructive arrangements*" (arranjos construtivos) OR "*Urban form*" (forma urbana) AND "*residential buildings*" (edifícios residenciais), com o objetivo de identificar pesquisas que abordassem a ventilação natural em contexto urbano e sua relação com configurações urbanas e edificações residenciais. O período de análise compreendeu publicações entre 2013 e abril de 2024, resultando em 141 documentos na Scopus, 240 na ScienceDirect e 3 na SciELO, gerando um total de 384 documentos.

Os resultados das buscas foram exportados em formato ".RIS", contendo informações sobre título, palavras-chave e resumo dos artigos obtidos. Utilizou-se o software StArt (*State of the Art through Systematic Review*), versão 3.03, desenvolvido pela Universidade Federal de São Carlos

(UFSCar), para a triagem e organização dos artigos. O processo foi realizado em três etapas: pré-triagem, com remoção automática de duplicatas pelo próprio software StArt; triagem primária, com exclusão de artigos por meio da leitura de títulos e resumos, identificando-se trabalhos com pouca ou nenhuma relação com o tema, capturados acidentalmente pela string de busca; e triagem secundária, com leitura integral dos textos e aplicação dos critérios de inclusão e exclusão.

Os critérios de inclusão exigiam a consideração da ventilação natural como variável principal ou secundária, e que o estudo ocorresse em escala urbana com interface residencial. Por outro lado, foram excluídos estudos que tratavam apenas de ventilação em nível do pedestre nas ruas, sem considerar desdobramentos nas edificações adjacentes ou estudavam o microclima urbano sem considerar a ventilação natural como variável, uma vez que o objetivo central desta revisão era compreender especificamente a ventilação no contexto habitacional. A decisão por critérios de exclusão mais restritivos justifica-se pela necessidade de manter o foco temático na relação entre ventilação natural e morfologia urbana no âmbito residencial.

Após a triagem, foi realizado um fichamento dos trabalhos aceitos em uma planilha online. Foram extraídas informações como Nome do trabalho, Nomes dos autores, Ano de publicação, País de origem, Objetivo do estudo, Variáveis consideradas, Metodologia, entre outras informações. Esta etapa possibilitou verificar tendencias dos dados e analisar os resultados.

Resultados

A triagem de 3 etapas para refinar os documentos obtidos durante a pesquisa nas bases de dados e chegar à seleção final de trabalhos aderentes pode ser visualizada na Tabela 1. Foram selecionados 56 artigos adequados para a análise bibliométrica.

. Tabela 1: Processo de filtragem de artigos.

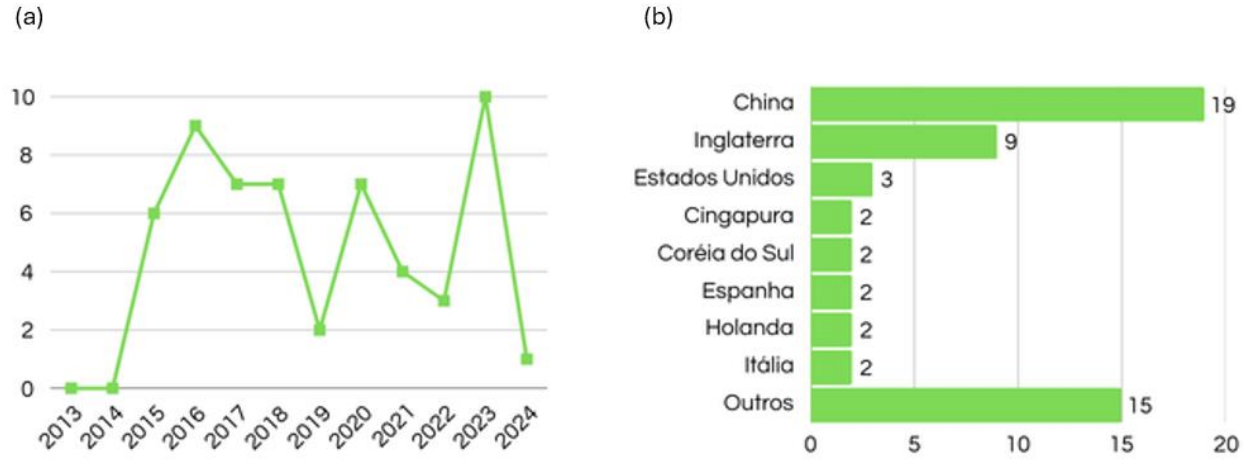
Etapa	Retirados na etapa	Total de documentos
Busca nas bases de dados	0	384
Busca de duplicatas	8	376
Análise de títulos, palavras chave e resumo	297	79
Leitura na íntegra	23	56

Fonte: Autores (2024).

Foi analisada a distribuição dos trabalhos aderentes por ano ao longo da última década (Figura 1a) e o local de origem dessas pesquisas (Figura 1b). O tema demonstrou dois picos notáveis de adesão em 2016 e 2023, indicando momentos de maior interesse ou relevância. A partir de 2019, houve uma diminuição no número de aderentes, com valores mínimos registrados em 2019 e 2022. No entanto, em 2023, o número de aderentes voltou a crescer significativamente, sugerindo uma retomada do interesse no tema. Os picos de interesse podem estar relacionados a eventos de escala global, como o Acordo de Paris em 2015 ou a pandemia de COVID-19 em 2020, quando a sustentabilidade e a qualidade do ar se tornaram pauta central em muitas pesquisas (Ministério do Meio Ambiente, 2016; Ministério da Saúde, 2023). Vale destacar que os dados de 2024 apresentam um número reduzido de registros, uma vez que o período de coleta ocorreu até abril. Essa análise reforça a importância contínua do tema, mesmo com oscilações no número de aderentes ao longo dos anos.

Com relação aos países que mais publicaram o tema (Figura 1b), foi considerada a nacionalidade do autor principal. Observa-se que a China lidera amplamente as publicações sobre o tema, com 19 artigos, seguida pela Inglaterra, que soma 9 artigos. Outros países, como Estados Unidos, Coreia do Sul, Holanda e Austrália, apresentam menor participação, com três e dois artigos. Esse panorama sugere que em países como a China e a Inglaterra há maior investimento ou interesse no tema. O resultado também pode estar relacionado à rápida urbanização da China, em conjunto a um esforço em otimizar a ventilação em contextos de alta densidade urbana (Liu et al., 2021). O Brasil possui apenas 1 trabalho aderente, essa lacuna pode indicar uma menor internacionalização da produção científica na área, uma vez que a busca se concentrou em bases de dados internacionais.

Figura 1: Número de artigos publicados por ano e número de artigos publicados por país.



Fonte: Autores (2025).

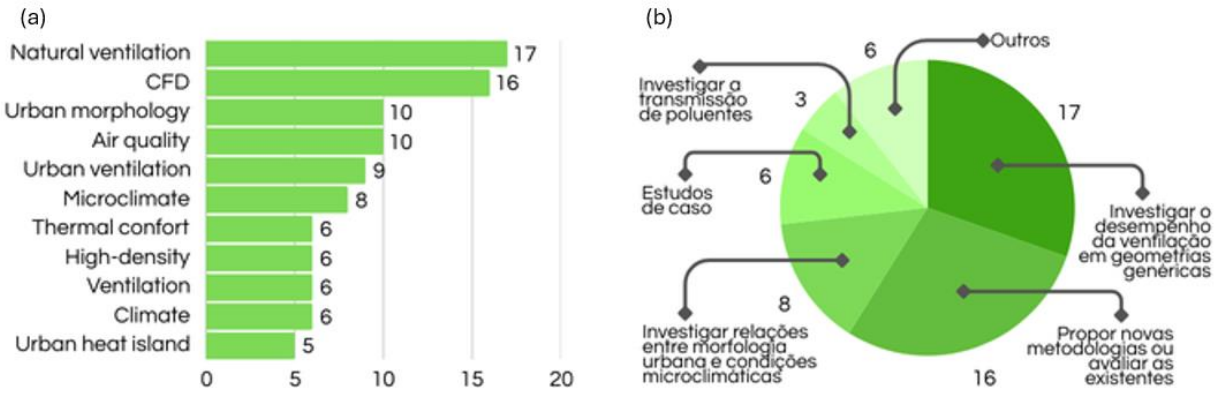
Os periódicos *Procedia Engineering* e *Building and Environment* destacam-se como os principais veículos de publicação do tema, com 16 e 14 artigos, respectivamente. O periódico *Procedia Engineering*, descontinuado em 2021, focava na disseminação de trabalhos apresentados em conferências, abrangendo diversas áreas de engenharia, incluindo a sustentabilidade e o ambiente construído. Já *Building and Environment* é amplamente reconhecido por sua ênfase na interação entre o ambiente construído e os fatores ambientais, abordando temas como eficiência energética, conforto ambiental e sustentabilidade. Outros periódicos como *Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics* e *Buildings* também apresentam contribuições relevantes, reforçando a importância de revistas de escopos relacionados ao ambiente construído e sustentabilidade, mas também focados no comportamento físico e matemático do vento.

As palavras-chave mais frequentes (Figura 2a) incluem "velocidade do vento" (45 ocorrências), "ventilação natural" (17) e "CFD" (16), evidenciando o uso significativo da dinâmica dos fluidos computacional para estudos de ventilação urbana. Isso se relaciona à complexidade e à escala de medição in loco em centros urbanos, tornando as simulações computacionais uma alternativa eficiente. Além disso, termos como "qualidade do ar" (10), "microclima" (8) e "conforto térmico" (6) refletem a interdependência entre a ventilação natural e fatores ambientais que impactam o bem-estar humano e o desempenho ambiental das cidades. Outros tópicos de interesse incluem

"coeficientes de pressão" (10) e "morfologia urbana" (10), que reforçam a importância da interação entre o ambiente construído e os fluxos de ar.

Os objetivos mais frequentes nos estudos analisados (Figura 2b) destacam a investigação do desempenho da ventilação urbana em diferentes geometrias genéricas (17 ocorrências) e a proposição ou avaliação de metodologias (16 ocorrências). Esses resultados indicam um foco predominante em compreender como diferentes configurações espaciais impactam os fluxos de ar e em desenvolver ou validar abordagens metodológicas robustas para a análise de ventilação urbana. A utilização de geometrias genéricas se torna relevante pelo desafio de isolar variáveis ao se estudar espaços existentes, além da complexidade de representar o espaço urbano real em maquetes digitais ou físicas. Outro objetivo relevante é a relação entre a morfologia urbana e as condições microclimáticas (8 ocorrências), refletindo o interesse em conectar aspectos do desenho urbano ao conforto ambiental. Estudos de caso (6 ocorrências) também aparecem com destaque, evidenciando a aplicação prática de teorias e metodologias em contextos específicos já existentes. Menos frequentes, estão objetivos como a investigação da transmissão de poluentes (3 ocorrências) e o estudo das características físicas do fluxo de ar em espaços urbanos (2 ocorrências), demonstrando um interesse mais direcionado a questões específicas relacionadas ao comportamento físico da ventilação.

Figura 2: Número de ocorrências de palavras-chave e número de ocorrências por objetivos do estudo.

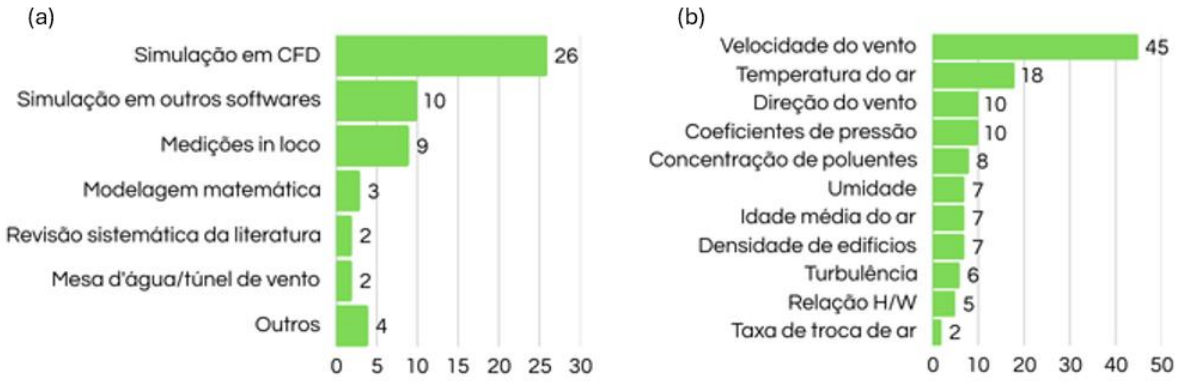


Fonte: Autores (2025).

Os métodos mais utilizados (Figura 3a) evidenciam a predominância das simulações em softwares de CFD (26 ocorrências), como ANSYS Fluent, Autodesk CFD e PHOENICS, reforçando a importância da dinâmica dos fluidos computacional como ferramenta essencial para estudos sobre ventilação urbana, por sua capacidade de representar com alto nível de detalhe os fluxos de ar em geometrias complexas, como áreas urbanas de alta densidade, com baixo custo operacional em comparação com experimentos físicos (Blocken, 2015). Outros tipos de simulações também são comuns, utilizados em 10 estudos, demonstrando a variedade de abordagens computacionais, por meio de outros *softwares* como o EnviMet e o EnergyPlus. As medições *in loco* aparecem em 9 trabalhos, e são de grande importância para a fornecer dados reais para validar e ajustar as simulações computacionais, uma vez que simulações não validadas podem gerar resultados inconsistentes e não confiáveis; além disso, são muito utilizadas para capturar variações microclimáticas específicas em objetos de estudo com menor escala. Portanto, a integração de simulações com medições empíricas e métodos experimentais pode ampliar a robustez dos resultados e garantir maior aderência às condições reais. Recomenda-se, portanto, uma abordagem metodológica híbrida.

Já as variáveis mais estudadas nos trabalhos analisados (Figura 3b) incluem a velocidade do vento, com 45 ocorrências, destacando-se como a principal métrica para avaliar o desempenho da ventilação urbana. A temperatura do ar (18 ocorrências) também é amplamente investigada, refletindo sua importância na análise de conforto térmico e microclima. Variáveis como a direção do vento e os coeficientes de pressão (10 ocorrências cada) aparecem com frequência, devido a relevância das características do fluxo de ar e sua interação com as edificações para a ventilação interna. A concentração de poluentes (8 ocorrências), a umidade (7 ocorrências), idade média do ar (7 ocorrências) e a taxa de troca de ar (2 ocorrências) indicam preocupações com a qualidade do ar interna e externa. A densidade de edifícios (7 ocorrências), relação H/W (5 ocorrências) e a intensidade da turbulência (6 ocorrências) demonstram o interesse em compreender o impacto da forma do ambiente construído nos fluxos de ventilação.

Figura 3: Número de artigos publicados por métodos utilizados e número de ocorrências de variáveis.



Fonte: Autores (2025).

A Tabela 2 apresenta os trabalhos mais citados dentre os 56 aderentes. O trabalho de Ramponi *et al*. (2015) explora como diferentes densidades urbanas e larguras de ruas afetam a ventilação externa. Ele se destaca pela utilização de geometrias genéricas, permitindo uma análise mais controlada e comparável dos efeitos morfológicos na ventilação, sendo uma referência para estudos de modelagem paramétrica. O estudo de Antoniou *et al.* (2017) combina simulações CFD com experimentos em túnel de vento para avaliar a ventilação em áreas urbanas compactas e heterogêneas. A introdução do conceito de "air delay" como métrica de avaliação tornou-se uma abordagem relevante para a análise de microclimas urbanos complexos. Liu *et al.* (2018) investigam o impacto de estruturas vizinhas no fluxo de vento ao redor de um edifício, enfatizando como o ambiente construído modifica padrões de ventilação. King *et al*. (2017) utilizam simulações CFD para estudar a ventilação natural em um edifício cúbico em escala real, considerando a influência de estruturas vizinhas. O uso de medições experimentais para validação dos resultados reforça a credibilidade do estudo. Gusson e Duarte (2016) apresentam uma análise do microclima urbano em São Paulo, calibrando o modelo ENVI-met para condições subtropicais. Este estudo é particularmente relevante para regiões tropicais e subtropicais, onde a ventilação natural é uma solução crucial para o conforto térmico.

Tabela 2: Síntese dos artigos mais citados.

Título	Autores	Ano	Periódico	Nº de citações
CFD simulation of outdoor ventilation of generic urban configurations with different urban densities and equal and unequal street widths	Ramponi *et al*.	2015	Building and Environment	277
CFD and wind-tunnel analysis of outdoor ventilation in a real compact heterogeneous urban area: Evaluation using “air delay”	Antoniou *et al.*	2017	Building and Environment	129
Influence of surrounding buildings on wind flow around a building predicted by CFD simulations	Liu, S. *et al*.	2018	Building and Environment	75
Investigating the influence of neighbouring structures on natural ventilation potential of a full-scale cubical building using time-dependent CFD	King, M. F. *et. al.*	2017	Journal of Wind Engineering & Industrial	68
Effects of Built Density and Urban Morphology on Urban Microclimate - Calibration of the Model ENVI-met V4 for the Subtropical Sao Paulo, Brazil	Carolina, S. *et. al*.	2016	Procedia Engineering	65

Fonte: Autores (2025).

Conclusão

Este estudo bibliométrico evidenciou os principais eixos de pesquisa sobre a relação entre ventilação natural e morfologia urbana em contextos residenciais, destacando a predominância de abordagens que associam geometrias genéricas simplificadas com simulações computacionais. As 56 publicações analisadas revelam um campo em expansão relacionado à contínua densificação dos espaços urbanos, assim como a preocupação com sustentabilidade e qualidade do ar. Entre as contribuições deste trabalho, destaca-se a sistematização das tendências temáticas e metodológicas, com ênfase na recomendação da utilização de simulações CFD validadas por medições in loco. As limitações do estudo incluem a reduzida presença de trabalhos brasileiros na amostra, pela escolha das bases de dados, e a exclusão de trabalhos relacionados apenas à ventilação a nível do pedestre, para reduzir a extensão da amostra. Para trabalhos futuros, recomenda-se: (1) incluir bases mais utilizadas por periódicos e eventos brasileiros, como o Google Acadêmico; (2) uma análise dos tipos de geometrias estudadas e os principais resultados obtidos; (3) gerar recomendações para o planejamento urbano a partir das análises realizadas.

Agradecimentos

Á CAPES, FAPERGS, PIBIC e FIPE.

Referências

ASFOUR, O. S. The impact of housing densification on shading potential of open spaces: A case study. **Sustainability**, v. 14, n. 3, p. 1294, 2022. DOI: https://doi.org/10.3390/su14031294

ALI-TOUDERT, F.; MAYER, H. Effects of asymmetry, galleries, overhanging facades and vegetation on thermal comfort in urban street canyons. Solar Energy, v. 81, n. 6, p. 742–754, 2007. DOI: https://doi.org/10.1016/j.solener.2006.10.007

BLOCKEN, B. Computational Fluid Dynamics for urban physics: Importance, scales, possibilities, limitations and ten tips and tricks towards accurate and reliable simulations. **Building and Environment**, v. 91, p. 219–245, 2015. DOI: https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.02.015

CHAKRABORTTY, R., PRAMANIK, M., HASAN, M. M., HALDER, B., PANDE, C. B., MOHARIR, K. N., ZHRAN, M. Mitigating Urban Heat Islands in the Global South: Data-driven Approach for Effective Cooling Strategies. **Earth Systems and Environment**, p. 1-28, 2024. DOI: https://doi.org/10.1007/s41748-024-00449-2

GUO, F., ZHU, P., WANG, S., DUAN, D., JIN, YL. Improving natural ventilation performance in a high-density urban district: a building morphology method. **Procedia Engineering**, v. 205, p. 952-958, 2017. DOI: https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.10.149

KUBILAY, A., RUBIN, A., DEROME, D., CARMELIET, J. Wind-comfort assessment in cities undergoing densification with high-rise buildings remediated by urban trees. **Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics**, v. 249, p. 105721, 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jweia.2024.105721

LI, R.; ZHANG, Y.; CUI, Y. Assessment of Outdoor Pedestrian Ventilation Performance While Controlling Building Array Scale and Density. **Sustainability**, v. 15, n. 8, p. 6742, 2023. DOI: https://doi.org/10.3390/su15086742

LIU, Y. S., YIGITCANLAR, T., GUARALDA, M., DEGIRMENCI, K., LIU, A., KANE, M. Leveraging the Opportunities of Wind for Cities through Urban Planning and Design: A PRISMA Review. **Sustainability**, v. 14, n. 18, p. 11665, 2022. DOI: https://doi.org/10.3390/su141811665

LIU, Z.; HE, C.; ZHOU, Y.; GUO, Q. How much of the world's land has been urbanized, really? A hierarchical framework for avoiding confusion. **Landscape and Urban Planning**, v. 215, p. 104180, 2021. DOI: https://doi.org/10.1007/s10980-014-0034-y

LÓPEZ-GUERRERO, R. E., CRUZ, A. S., HONG, T., CARPIO, M. Optimizing urban housing design: Improving thermo-energy performance and mitigating heat emissions from buildings–A Latin American case study. **Urban Climate**, v. 57, p. 102119, 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.uclim.2024.102119

MAKVANDI, M., LI, W., OU, X., CHAI, H. Urban heat mitigation towards climate change adaptation: An eco-sustainable design strategy to improve environmental performance under rapid urbanization. **Atmosphere**, v. 14, n. 4, p. 638, 2023. DOI: https://doi.org/10.3390/atmos14040638

MAO, R., MA, Z., NING, H., CAO, J. Exploring the natural ventilation potential of urban climate for high-rise buildings across different climatic zones. **Journal of Cleaner Production**, v. 475, p. 143722, 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.143722

Ministério da Saúde (Brasil). Covid-19. Brasília: Ministério da Saúde, [2023]. Disponível em: https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/c/covid-19. Acesso em: 22 abr. 2025.

Ministério do Meio Ambiente (Brasil). Acordo de Paris. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, [2016]. Disponível em: https://antigo.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris.html. Acesso em: 22 abr. 2025.

OKE, T. R. Street design and urban canopy layer climate. **Energy and Buildings**, v. 11, p. 103–113, 1988. DOI: https://doi.org/10.1016/0378-7788(88)90026-6

PALUSCI, O., CECERE, C. Urban ventilation in the compact city: a critical review and a multidisciplinary methodology for improving sustainability and resilience in urban areas. **Sustainability**, v. 14, n. 7, p. 3948, 2022. DOI: https://doi.org/10.3390/su14073948

SIMPEH, K., PILLAY, G., NDIHOKUBWAYO, R., NALUMU, D. J. Improving energy efficiency of HVAC systems in buildings: A review of best practices. **International Journal of Building Pathology and Adaptation**, v. 40, n. 2, p. 165-182, 2022. DOI: https://doi.org/10.1108/IJBPA-02-2021-0019