



SINGEURB
Simpósio Nacional de Gestão e Engenharia Urbana



Como citar:

SILVA, Luiza Maria Cavalcante da;
MEDEIROS, Emanuel Davi; LEAL, Limber Patric Santos;
BARBOSA, Ricardo Victor Rodrigues.
Influência da verticalização no microclima urbano em cidades tropicais: uma revisão da literatura. In: III SIMPÓSIO NACIONAL DE GESTÃO E ENGENHARIA URBANA: SINGEURB, 2021, Maceió. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2021. p. 270-280.
Disponível em:
<https://eventos.antac.org.br/index.php/singeurb/issue/view/14>

Artigo Compacto

Influência da verticalização no microclima urbano em cidades tropicais: uma revisão da literatura

Effects of verticalization on urban microclima in tropical cities: a literature review

Luiza Maria Cavalcante da Silva, Universidade Federal de Alagoas,
luiza.silva@fau.ufal.br

Emanuel Davi Medeiros, Universidade Federal de Alagoas,
emanuel.medeiros@fau.ufal.br

Limber Patric Santos Leal, Universidade Federal de Alagoas,
limber.leal@arapiraca.ufal.br

Ricardo Victor Rodrigues Barbosa, Universidade Federal de Alagoas,
rvictor@fau.ufal.br

RESUMO

O adensamento urbano oriundo do processo de verticalização provoca alterações no comportamento térmico que, a depender da localidade, podem beneficiar ou prejudicar a qualidade microclimática urbana local. Este artigo parte de uma pesquisa de Iniciação Científica e objetivou realizar revisão narrativa da literatura recente acerca da influência da verticalização no microclima urbano em cidades tropicais. A revisão foi realizada a partir da busca nas plataformas Scopus e Web of Science, da qual foram selecionados e analisados 37 artigos em língua inglesa. Os artigos analisados mostraram que o Fator de Céu Visível (FCV) e a relação H/W dos cânions urbanos estão fortemente relacionados à formação das Ilhas de Calor e ao conforto térmico no ambiente urbano. Em cidades tropicais, onde o ganho térmico deve ser evitado, a verticalização traz benefícios quanto ao aumento da velocidade do ar no nível do pedestre e o aumento das áreas sombreadas, podendo, ainda, ser aliada ao incremento de vegetação, áreas permeáveis e corpos d'água auxiliando na regulação do microclima em cidades tropicais. Espera-se que a compilação obtida nesta revisão possa fomentar novas pesquisas e discussões sobre a temática de modo a subsidiar políticas públicas, com vistas à melhoria dos aspectos bioclimáticos no ambiente urbano.

Palavras-chave: Clima urbano, Adensamento urbano, Ventilação natural, Sombreamento, Conforto térmico externo.

ABSTRACT

The urban density resulting from the verticalization of buildings causes changes in thermal behavior that can benefit or harm the urban microclimatic quality depending on the location. This article is part of Scientific Initiation research and aimed to carry out a narrative review of recent literature on the influence of verticalization on the urban microclimate in tropical

cities. The review was carried out by searching the Scopus and Web of Science platforms, where 37 articles in English were selected and analyzed. The articles analyzed showed that the Visible Sky Factor (FCV) and the H/W ratio of urban canyons are strongly related to the formation of Heat Islands and urban thermal comfort. In tropical cities, where thermal gain should be avoided, verticalization brings benefits in terms of increased air velocity at pedestrian level and increased shaded areas, which can be combined with increased vegetation, permeable areas, and water bodies to assist in regulating the microclimate. It is expected that the compilation obtained in this review can encourage further research and discussions on the subject to support public policies aimed at improving bioclimatic aspects in the urban environment.

Keywords: Urban climate, Urban densification, Natural ventilation, Shading, Thermal comfort outdoor.

1 INTRODUÇÃO

A Organização das Nações Unidas prevê que 60% da população global estará vivendo em áreas urbanas até 2030 e que o número de cidades com populações superiores a 1 milhão de habitantes irá aumentar de 512, em 2016, para 662, em 2030 (ZLOTNIK, 2017; JAMEI et al., 2020). No Brasil, 84% da população já residiam em áreas urbanas, em 2010 (IBGE, 2010). O acelerado crescimento populacional das cidades deve-se, especialmente, à maior concentração de atividades comerciais e de serviços e à busca por melhores condições socioeconômicas e de infraestrutura.

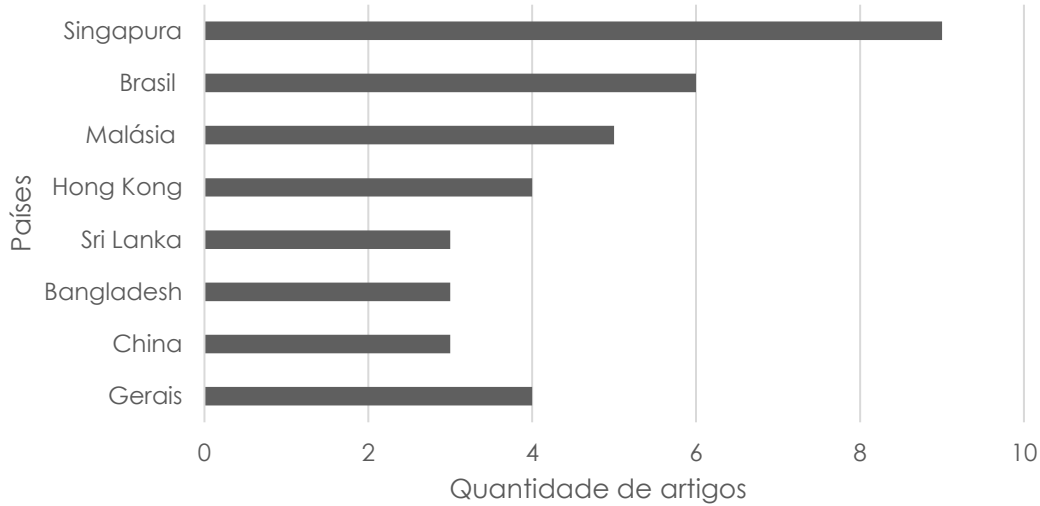
O processo de verticalização surge, nesse contexto, como uma forma de solucionar a problemática da demanda habitacional, principalmente nas cidades onde há escassez de solo urbano. Entretanto, o maior adensamento provoca alterações no comportamento térmico que, a depender da localidade, podem beneficiar ou prejudicar a qualidade microclimática urbana. Assim, é importante analisar os desdobramentos e definir parâmetros para o ordenado planejamento das cidades (MELO; MATANA JÚNIOR, 2020). Segundo Silva et. al. (2018), a verticalização impacta significativamente na disponibilidade de iluminação natural, no aumento de áreas sombreadas e na visibilidade do céu, gerando aumento da absorção da radiação solar pelos edifícios, bem como alterações na velocidade dos ventos.

Jamei et al. (2020), salientam que a falta de conexão entre planejamento e clima representam um desafio para as cidades, principalmente devido aos efeitos adversos do aumento da temperatura do ar na saúde humana, no consumo de energia e na emissão de CO₂. Assim, torna-se imprescindível avaliar a influência do desenho urbano na qualidade ambiental, a fim de investigar a relação das massas edificadas nos elementos climáticos (SANTOS; SAUER, 2020).

Givoni (1992) destacou que, em cidades tropicais, a adequação do desenho urbano ao clima é ainda mais desafiadora devido ao desconforto térmico no verão. O autor reforçou que a estrutura da cidade afeta o conforto humano e as questões do microclima urbano dos ambientes internos e externos. Segundo Oke (1988), os principais pontos para o desenho urbano de cidades de latitude média e alta são a maximização da proteção solar contra o aquecimento urbano e o incremento da ventilação para resfriamento e favorecimento da dispersão de poluentes.

Tendo em vista a importância do tema para o planejamento urbano e a relevância do entendimento das alterações ocasionadas pela verticalização nos aspectos bioclimáticos, este artigo objetivou realizar revisão

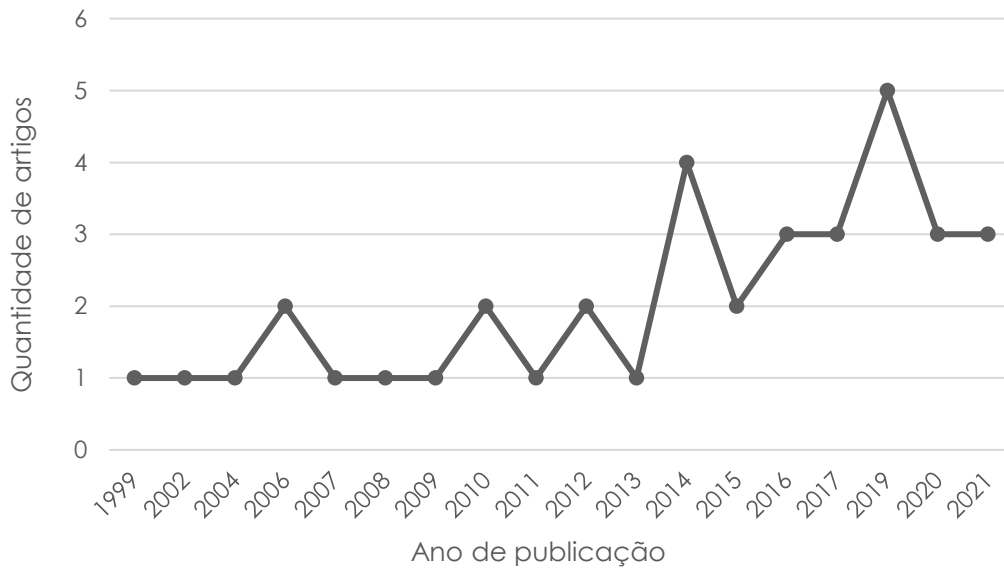
Figura 2 – Países onde se localizam as cidades dos estudos



Fonte: Os autores, 2021

Verifica-se o aumento do número de estudos por ano nos últimos 10 anos (Figura 3). Assim, percebe-se o crescente interesse dessa temática em cidades de clima tropical e subtropical em países em desenvolvimento, onde o processo de urbanização tem se intensificado.

Figura 3 – Quantidade de artigos publicados por ano de publicação

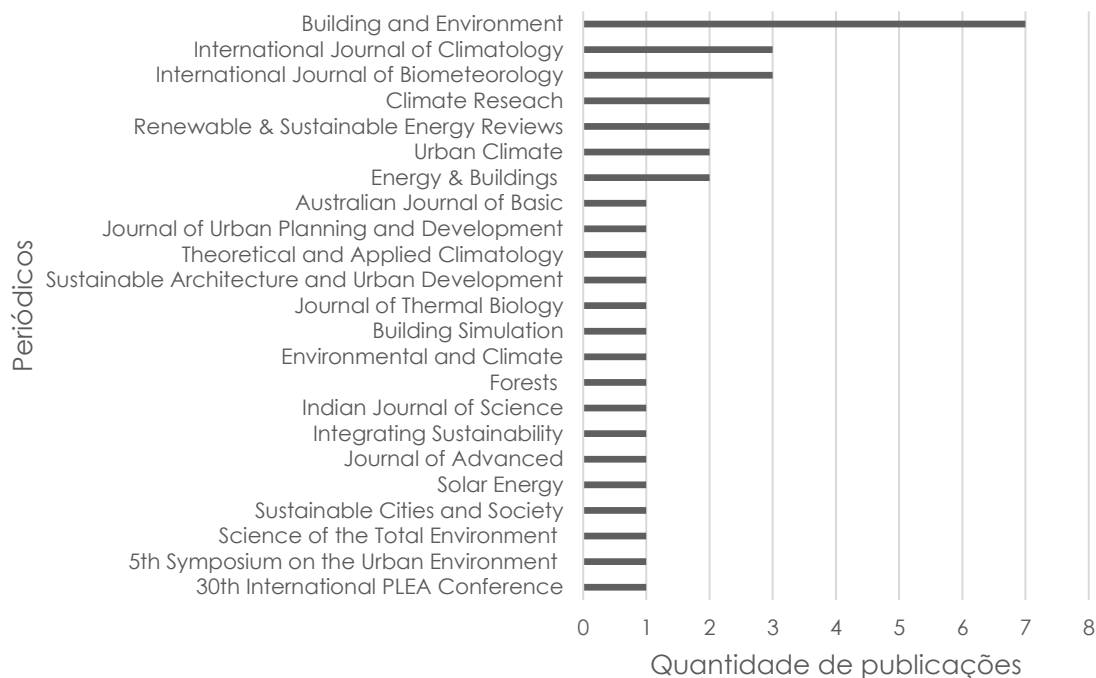


Fonte: Os autores, 2021

Dos 37 periódicos e eventos científicos levantados na revisão da literatura (Figura 4), nota-se que 81% dos artigos foram publicados em periódicos ou eventos distintos, enquanto cerca de 19% dos artigos estão contidos no periódico Building and Environment, o qual possui o maior número de artigos publicados sobre os impactos da verticalização no microclima em cidades de clima tropical. A Building and Environment

publica artigos de pesquisa originais e artigos de revisão relacionados à ciência da construção, física urbana e interação humana com o ambiente interno e externo.

Figura 4 – Relação da quantidade de publicações por periódicos



Fonte: Os autores, 2021

A classificação dos artigos selecionados de acordo com o tema abordado (Quadro 1) expõe as variantes estudadas que apresentam influência no conforto térmico urbano em cidades de clima tropical.

Quadro 1 – Classificação dos artigos de acordo com o tema de estudo

Tema de estudo
Relação H/W às intensidades das ilhas de calor (GOH; CHANG, 1999)
Impacto da geometria urbana para formação de ilhas de calor (SHARMIN; STEEMERS; MATZARAKIS, 2015)
Efeito do microclima e mudanças de fator de céu visível na sensação térmica de pedestres (KRÜGER; DRACH; BROEDE, 2017)
Efeitos das diferentes geometrias urbanas no fluxo do vento (RAJAGOPALAN; LIM; JAMEI, 2014)
Relação da morfologia urbana e cobertura verde com a temperatura externa (CHEN et al., 2020)
Diferenças de condições microclimáticas e sensação térmica de pedestres em zonas de clima local de Hong Kong (LAU; CHUNG; REN, 2019)
Benefício do ENVI-met para análise de dados medidos e dados simulados das condições climáticas do entorno (SHARMIN; STEEMERS; MATZARAKIS, 2017)

Efeito da microescala da forma urbana e densidade no potencial de vegetação externa (YANG; QIAN; LAU, 2013)
Análise da relação entre o ambiente urbano construído e a variação espacial da temperatura do ar e umidade em Chennai, Índia (HARRISON; AMIRTHAM, 2016)
Análise do efeito da geometria urbana nas diferenças de temperatura do ar em dias de verão nos cânions urbanos de Hong Kong (CHEN et al., 2012)
Aumento do estresse térmico em climas quentes e úmidos ocasionados pela urbanização (EMMANUEL; JOHANSSON, 2006).
Orientação e geometria urbana impactam no conforto térmico ao ar livre (ACERO et al., 2021).
Desenvolvimento de um quadro conceitual dos efeitos da geometria das ruas no microclima urbano das cidades costeiras tropicais da Malásia (SHAFAGHAT et al., 2016).
O impacto do FCV no microclima, com foco na Temperatura do Ar no centro da cidade de clima tropical seco, Kano (IBRAHIM et al., 2011).
Disponibilidade de irradiação na envoltória de edifícios em um estudo de caso para a cidade tropical brasileira de Maceió (MARTINS et al., 2016).
Análise da dinâmica temporal da ilha de calor urbano no nível da cobertura em Singapura durante 1 ano (MANATSA; CHINGOMBE; MATARIRA, 2008).
Efeitos das paredes reflexivas no uso de energia urbana e no clima externo (NAZARIAN et al., 2019).
Técnicas de mitigação do calor que aliviam seus efeitos em cidades tropicais através de cinco perspectivas: sombreamento, ventilação urbana, ecologia urbana, albedo e corpos d'água (JAMEI et al., 2020).
Parâmetros geométricos das ruas dos cânions urbanos afetam seus microclimas e o conforto térmico dos pedestres (MUNIZ-GÄAL et al., 2020.)
Contribuição da vegetação para o balanço de radiação de uma paisagem urbana (DISSEGNA et al., 2019).
Estudo do potencial do efeito de resfriamento a partir da combinação de corpos d'água com geometria urbana na cidade de clima quente e úmido, Melaka (MANTEGHI; SHUKRI; LAMIT, 2019).
Estudo preliminar paramétrico numérico da associação entre variáveis morfológicas, fluxo da ventilação urbana e uma variável morfológica da <i>Gross Building Coverage Ratio (GBCR)</i> (LEE et al., 2012).
Relação entre o FCV, orientação do cânion urbano e consumo de energia elétrica de bairros residenciais (SOUZA; PEDROTTI; LEME, 2004).
A influência da geometria do cânion da rua no conforto térmico externo em Colombo, Sri Lanka (JOHANSSON; EMMANUEL, 2006).
Análise da sensibilidade da temperatura do ar e temperatura média radiante de núcleos urbanos construídos para a geometria de áreas urbanas, albedo e vegetação em 2 cidades de clima quente: Pettah e Phoenix (EMMANUEL; FERNANDO, 2007).
Efeito da presença de árvores no microclima de regiões de diferentes FCV (TAN; LAU; NG, 2017).

Estudo do conforto térmico urbano a partir da análise das regras de construção urbana propostas para Dhaka, Bangladesh (KAKON; MISHIMA; KOJIMA, 2009).
Relação da desigualdade socioespacial com as condições de conforto térmico em duas Zonas de Clima Local em Santos, Brasil (PEREIRA; MASIERO; BOURSCHEIDT, 2021).
Relação entre conforto térmico urbano e traçados de construção. (MD DIN et al., 2014).
Comportamento térmico da superfície urbana e os efeitos das ilhas de calor na cidade de Putrajaya, Malásia (AHMED et al., 2014).
Estudo das características da geometria urbana que influenciam o desempenho em áreas de alta densidade de habitação (STEEMERS; LEUNG, 2010).
Relação do FCV com a temperatura do ar e obstrução das árvores (HIEN; JUSUF, 2010).
Análise da variabilidade da temperatura em espaços urbanos externos em três escalas destacando os efeitos climáticos causados por formas urbanas únicas ou agregadas em São Paulo, Brasil (PACIFICI; RAMA; DE CASTRO MARINS, 2019).
Identificação de áreas termicamente desconfortáveis e suas características físicas e de configuração em um campus universitário no clima tropical de Kuala Lumpur, Malásia (GHAFARIANHOSEINI et al., 2019).
Investigação das variações espaciais e temporais da temperatura do ar e suas relações com três categorias de parâmetros de projeto paisagístico em uma escala local em Pequim (YAN et al., 2014).
Emprego de um modelo numérico para avaliar as variações espaciais e temporais da temperatura radiante média (LAU et al., 2016).
Influência de parâmetros de projeto urbano, como proporções de rua e orientações, nas demandas de refrigeração de edifícios na área central das cidades (DENG; WONG; ZHENG, 2021).

Fonte: Os autores, 2021

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os artigos analisados mostraram que o FCV e a relação H/W dos cânions urbanos estão fortemente relacionados à formação das Ilhas de Calor e ao conforto térmico no ambiente urbano. Em cidades tropicais, onde o ganho térmico deve ser evitado, a verticalização traz benefícios no que tange ao aumento da velocidade do ar no nível do pedestre e o aumento das áreas sombreadas, podendo, ainda, ser aliada ao incremento de vegetação, áreas permeáveis e corpos d'água auxiliando na regulação do microclima em cidades tropicais.

Assim, o presente artigo mostrou-se relevante ao apresentar uma compilação de pesquisas recentes acerca dos efeitos da verticalização no microclima urbano em cidades tropicais, de modo a mostrar um panorama da produção do conhecimento sobre a temática e, assim, fomentar novas pesquisas e discussões que possam subsidiar políticas públicas, com vistas à melhoria dos aspectos bioclimáticos no ambiente urbano.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas (FAPEAL) pela concessão de bolsas de estudo por meio do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) da Universidade Federal de Alagoas.

REFERÊNCIAS

ACERO, J. A.; KOH, E. J.Y., RUEFENACHT, L. A.; NORFORD, L. K. Modelling the influence of high-rise urban geometry on outdoor thermal comfort in Singapore. **Urban Climate**, [s. l.], v. 36, n. January, p. 100775, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100775>.

AHMED, A. Q.; OSSEN, D. R.; JAMEI, E.; MANAF, N. A.; SAID, I. AHMAD, M. H. Urban surface temperature behaviour and heat island effect in a tropical planned city. **Theoretical and Applied Climatology**, [s. l.], v. 119, n. 3–4, p. 493–514, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00704-014-1122-2>.

CHEN, L.; NG, E.; AN, X.; REN, C.; LEE, M.; WANG, U.; HE, Z. Sky view factor analysis of street canyons and its implications for daytime intra-urban air temperature differentials in high-rise, high-density urban areas of Hong Kong: A GIS-based simulation approach. **International Journal of Climatology**, [s. l.], v. 32, n. 1, p. 121–136, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/joc.2243>.

CHEN, S.; ZHANG, W.; WONG, N. H.; IGNATIUS, M. Combining CityGML files and data-driven models for microclimate simulations in a tropical city. **Building and Environment**, [s. l.], v. 185, n. May, p. 107314, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107314>.

DENG, J. Y.; WONG, N. H.; ZHENG, Xi. Effects of street geometries on building cooling demand in Nanjing, China. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 142, n. April 2020, p. 110862, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110862>.

DISSEGNA, M. A.; YIN, T.; WEI, S.; RICHARDS, D.; GRÊT-REGAMEY, A. 3-D reconstruction of an urban landscape to assess the influence of vegetation in the radiative budget. **Forests**, [s. l.], v. 10, n. 8, p. 1–19, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/f10080700>.

EMMANUEL, R.; FERNANDO, H. J.S. Urban heat islands in humid and arid climates: Role of urban form and thermal properties in Colombo, Sri Lanka and Phoenix, USA. **Climate Research**, [s. l.], v. 34, n. 3, p. 241–251, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.3354/cr00694>.

EMMANUEL, R.; JOHANSSON, E. Influence of urban morphology and sea breeze on hot humid microclimate: The case of Colombo, Sri Lanka. **Climate Research**, [s. l.], v. 30, n. 3, p. 189–200, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.3354/cr030189>.

GHAFFARIANHOSEINI, A.; BERARDI, U.; GHAFFARIANHOSEINI, A.; AL-OBAIDI, K. Analyzing the thermal comfort conditions of outdoor spaces in a university campus in Kuala Lumpur, Malaysia. **Science of the Total Environment**, [s. l.], v. 666, p. 1327–1345, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.284>.

GIVONI, B. Comfort, climate analysis and building design guidelines, **Energy Build.** 18. 1992, p. 11–23, [https://doi.org/10.1016/0378-7788\(92\)90047-K](https://doi.org/10.1016/0378-7788(92)90047-K).

GOH, K. C.; CHANG, C. H. The relationship between height to width ratios and the heat island intensity at 22:00 h for Singapore. **International Journal of Climatology**, [s. l.], v. 19, n. 9, p. 1011–1023, 1999. Disponível em: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0088\(199907\)19:9<1011::AID-JOC411>3.0.CO;2-U](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0088(199907)19:9<1011::AID-JOC411>3.0.CO;2-U).

HIEN, W. N.; JUSUF, S. K. Air Temperature Distribution and the Influence of Sky View Factor in a Green Singapore Estate. **Journal of Urban Planning and Development**, [s. l.], v. 136, n. 3, p. 261–272, 2010. Disponível em: [https://doi.org/10.1061/\(asce\)up.1943-5444.0000014](https://doi.org/10.1061/(asce)up.1943-5444.0000014).

HORRISON, E.; AMIRTHAM, L. R. Role of built environment on factors affecting outdoor thermal comfort - A case of T. Nagar, Chennai, India. **Indian Journal of Science and Technology**, [s. l.], v. 9, n. 5, p. 3–6, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.17485/ijst/2016/v9i5/87253>.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico**, 2010. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br>>. Acesso em: jul. 2021.

IBRAHIM, A. A., NDUKA, I. C., IGUISI, E. O., & ATI, O. F. An assesment of the impact of sky view factor (SVF) on the micro-climate of Urban Kano. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, 5(7), 81–85. 2011.

JAMEI, E.; OSSEN, D. R.; SEYEDMAHMOUDIAN, M.; SANDANAYAKE, M.; STOJCEVSKI, A; HORAN, B. Urban design parameters for heat mitigation in tropics. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 134, n. August 2019, p. 110362, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110362>.

JOHANSSON, E.; EMMANUEL, R. The influence of urban design on outdoor thermal comfort in the hot, humid city of Colombo, Sri Lanka. **International Journal of Biometeorology**, [s. l.], v. 51, n. 2, p. 119–133, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00484-006-0047-6>.

KAKON, A. N.; MISHIMA, N.; KOJIMA, S. Simulation of the urban thermal comfort in a high-density tropical city: Analysis of the proposed urban construction rules for Dhaka, Bangladesh. **Building Simulation**, [s. l.], v. 2, n. 4, p. 291–305, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12273-009-9321-y>.

KRÜGER, E.; DRACH, P.; BROEDE, P. Outdoor comfort study in Rio de Janeiro: site-related context effects on reported thermal sensation. **International Journal of Biometeorology**, [s. l.], v. 61, n. 3, p. 463–475, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00484-016-1226-8>.

LAU, K. K. L.; CHUNG, S. C.; REN, C. Outdoor thermal comfort in different urban settings of sub-tropical high-density cities: An approach of adopting local climate zone (LCZ) classification. **Building and Environment**, [s. l.], v. 154, n. November 2018, p. 227–238, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.03.005>.

LAU, K. K. L.; REN, C.; HO, J.; NG, E. Numerical modelling of mean radiant temperature in high-density sub-tropical urban environment. **Energy and Buildings**, [s. l.], v. 114, p. 80–86, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.06.035>.

LEE, R. X.; WONG, N. H.; TAN, A. Y. K.; JUSUF, S. K. The study of variation in Gross Building Coverage Ratio on estate-level outdoor ventilation. ICSDC 2011: Integrating Sustainability Practices in the

Construction Industry - Proceedings of the International Conference on Sustainable Design and Construction 2011, 255–264. 2012. [https://doi.org/10.1061/41204\(426\)33](https://doi.org/10.1061/41204(426)33).

MANATSA, D.; CHINGOMBE, W.; MATARIRA, C. H. TEMPORAL DYNAMICS OF THE URBAN HEAT ISLAND OF SINGAPORE. **International Journal of Climatology**, [s. l.], v. 2029, n. March 2008, p. 2011–2029, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/joc>.

MANTEGHI, G.; SHUKRI, S. M.; LAMIT, H. Street geometry and river width as design factors to improve thermal comfort in Melaka City. **Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences**, [s. l.], v. 58, n. 1, p. 15–22, 2019.

MARTINS, T.; ADOLPHE, L.; BASTOS, L. E. G.; MARTINS, M. A. L. Sensitivity analysis of urban morphology factors regarding solar energy potential of buildings in a Brazilian tropical context. **Solar Energy**, [s. l.], v. 137, p. 11–24, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2016.07.053>.

MD DIN, M. F.; LEE, Y. Y.; PONRAJ, M.; OSSEN, D. R.; IWAO, K.; CHELLIAPAN, S. Thermal comfort of various building layouts with a proposed discomfort index range for tropical climate. **Journal of Thermal Biology**, [s. l.], v. 41, n. 1, p. 6–15, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2014.01.004>.

MELO, E. F. R. Q.; MATANA JÚNIOR, S. Análise da verticalização urbana no eixo estruturador de Passo Fundo – RS. Urbe. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, 12, e20190369, 2020. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.012.e20190369>.

MUNIZ-GÄAL, L. P.; PEZZUTO, C. C.; CARVALHO, M. F. H.; MOTA, L. T. M. Urban geometry and the microclimate of street canyons in tropical climate. **Building and Environment**, [s. l.], v. 169, p. 106547, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106547>.

NAZARIAN, N.; DUMAS, N.; KLEISSL, J.; NORFORD, L. Effectiveness of cool walls on cooling load and urban temperature in a tropical climate. **Energy and Buildings**, [s. l.], v. 187, n. April 2002, p. 144–162, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.01.022>.

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

PACIFICI, M.; RAMA, F.; DE CASTRO MARINS, K. R. Analysis of temperature variability within outdoor urban spaces at multiple scales. **Urban Climate**, [s. l.], v. 27, n. June 2018, p. 90–104, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2018.11.003>.

PEREIRA, C. T.; MASIERO, E.; BOURSCHIEDT, V. Socio-spatial inequality and its relationship to thermal (dis)comfort in two major Local Climate Zones in a tropical coastal city. **International Journal of Biometeorology**, [s. l.], n. Santos 1993, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00484-021-02099-9>.

RAJAGOPALAN, P.; LIM, K. C.; JAMEI, E. Urban heat island and wind flow characteristics of a tropical city. **Solar Energy**, [s. l.], v. 107, p. 159–170, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2014.05.042>.

SANTOS, J. S. A.; SAUER, A. S. A influência da verticalização na sensação térmica urbana: estudo de caso em Vila Velha/ES. **Mix Sustentável: Florianópolis**, v.6, n.4, p.29-42. 2020. <https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2020.v6.n4.29-42>.

SHAFAGHAT, A.; KEYVANFAR, A.; MANTEGHI, G.; LAMIT, H. B. Street geometry factors influence urban microclimate in tropical coastal cities: A review. **Environmental and Climate Technologies**, [s. l.], v. 17, n. 1, p. 61–75, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1515/rtuct-2016-0006>.

SHARMIN, T.; STEEMERS, K.; MATZARAKIS, A. Analysis of microclimatic diversity and outdoor thermal comfort perceptions in the tropical megacity Dhaka, Bangladesh. **Building and Environment**, [s. l.], v. 94, p. 734–750, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.10.007>.

SHARMIN, T.; STEEMERS, K.; MATZARAKIS, A. Microclimatic modelling in assessing the impact of urban geometry on urban thermal environment. **Sustainable Cities and Society**, [s. l.], v. 34, n. July, p. 293–308, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.07.006>.

SILVA, I.; SANTOS, R.; LOPES, A.; ARAÚJO, V. Morphological indices as urban planning tools in northeastern Brazil. **Sustainability**, 10(12), 2018. <http://dx.doi.org/10.3390/su10124358>.

SOUZA, L. C. L.; PEDROTTI, F. S.; LEME, F. T. Urban geometry and electrical energy consumption in a tropical city. 5th Symposium on the Urban Environment, 215–222. 2004.

STEEMERS, K.; LEUNG, K. S. Urban Geometry, Indoor Thermal Comfort and Cooling Load: An Empirical Study on High-Density Tropical Housing. **Sustainable Architecture and Urban Development**, [s. l.], p. 63–78, 2010.

TAN, Z.; LAU, K. K. L.; NG, E. Planning strategies for roadside tree planting and outdoor comfort enhancement in subtropical high-density urban areas. **Building and Environment**, [s. l.], v. 120, p. 93–109, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.05.017>.

YAN, H.; FAN, S.; GUO, C.; WU, F.; ZHANG, N.; DONG, L. Assessing the effects of landscape design parameters on intra-urban air temperature variability: The case of Beijing, China. **Building and Environment**, [s. l.], v. 76, p. 44–53, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.03.007>.

YANG, F.; QIAN, F.; LAU, S. S. Y. Urban form and density as indicators for summertime outdoor ventilation potential: A case study on high-rise housing in Shanghai. **Building and Environment**, [s. l.], v. 70, p. 122–137, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.08.019>.

ZLOTNIK, H. World urbanization: trends and prospects. In: **New forms of urbanization**. Routledge; 2017. p. 43–64.