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

Variabilidade térmica de cânions urbanos em bairros litorâneos de Maceió, Alagoas

Variabilidad térmica de cañones urbanos en barrios costeros de Maceió, Alagoas

Thermal variability of urban canyons in coastal neighborhoods of Maceió, Alagoas

Clima e Planejamento Urbano / *Clima y planificación urbana /* Climate and Urban Planning

Batista, Raphaele Rodrigues
Graduanda de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Brasil, raphaele.batista@fau.ufal.br

Portela, Rafael Fernandes
Graduando de Arquitetura e Urbanismo,Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Brasil, rafael.portela@fau.ufal.br

Lima, Bárbara Victória Pereira
Graduanda de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Brasil, barbara.lima@fau.ufal.br

Barbosa, Ricardo Victor Rodrigues
Doutor em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Brasil, rvictor@fau.ufal.br

Resumo

Este estudo analisa a variabilidade térmica de cânions urbanos em bairros litorâneos de Maceió, Alagoas, visando compreender a influência da morfologia urbana, vegetação e proximidade do mar no microclima. Foi realizado monitoramento térmico em quatro pontos amostrais, com registro contínuo de dados por 34 dias. Os resultados indicaram diferenças de até 3,4 °C no mesmo horário, evidenciando a influência de fatores físico-ambientais na temperatura do ar. O estudo destaca a importância de integrar variáveis climáticas ao planejamento urbano e propõe estratégias para mitigar o calor urbano e promover conforto térmico, contribuindo para o desenvolvimento sustentável e a qualidade ambiental em cidades tropicais.

Palavras-chave: Microclima Urbano. Verticalização. Configurações urbanas. Clima Tropical. Pesquisa experimental.

Resumen

Este estudio analiza la variabilidad térmica en cañones urbanos de barrios costeros de Maceió, Alagoas, para comprender la influencia de la morfología urbana, la vegetación y la proximidad al mar en el microclima. Se realizó un monitoreo térmico en cuatro puntos de muestreo, registrando datos continuamente durante 34 días. Los resultados mostraron diferencias de hasta 3,4 °C en el mismo horario, evidenciando la influencia de factores físico-ambientales. El estudio resalta la importancia de integrar variables climáticas en la planificación urbana y propone estrategias para mitigar el calor urbano y mejorar el confort térmico, contribuyendo al desarrollo sostenible y la calidad ambiental en ciudades tropicales.

Palabras clave: Microclima Urbano. Verticalización. Configuraciones Urbanas. Clima Tropical. Investigación Experimental.

Abstract

This study analyzes the thermal variability of urban canyons in coastal neighborhoods of Maceió, Alagoas, aiming to understand the influence of urban morphology, vegetation, and proximity to the sea on the microclimate. Thermal monitoring was conducted at four sampling points, with continuous data recording for 34 days. Results indicated temperature differences of up to 3.4 °C at the same time, highlighting the influence of physical-environmental factors. The study emphasizes the importance of integrating climatic variables into urban planning and proposes strategies to mitigate urban heat and enhance thermal comfort, contributing to sustainable development and environmental quality in tropical cities.

Keywords: Urban Microclimate. Verticalization. Urban Configurations. Tropical Climate. Experimental Research.

Introdução

A análise dos fatores físicos urbanos e sua influência na temperatura microclimática é central nos estudos de climatologia urbana e planejamento ambiental. A configuração do ambiente construído, incluindo edificações, vegetação e pavimentação, influencia diretamente a distribuição térmica e a formulação de estratégias para adaptação ao clima urbano (Oke, 1982; Oke et al., 2017). Em cidades litorâneas de baixa latitude, a ocupação urbana modifica a dinâmica dos ventos e a dissipação do calor, intensificando os desafios térmicos.

O estudo do microclima urbano revela como as configurações espaciais afetam as condições térmicas e ambientais. Analisando a variabilidade térmica nos setores urbanos, é possível desenvolver estratégias para mitigar impactos climáticos e melhorar o conforto térmico. As medições microclimáticas identificam padrões de aquecimento e resfriamento, orientando um planejamento urbano mais adaptado às condições locais (Lima, 2018; Carvalho, 2023). Pesquisas com dados *in situ* fornecem diagnósticos precisos sobre os fatores críticos que influenciam a temperatura, ajudando a otimizar o desempenho ambiental das cidades (Barros et al., 2016; Romero et al., 2020).

Estudos mostram que a morfologia urbana influencia a regulação térmica. Nascimento e Mendonça (2017) observaram que áreas adensadas podem ser até 3,0 °C mais quentes que regiões com mais vegetação, apontando esta como estratégia eficaz contra o calor urbano. Silva et al. (2021) indicaram que arranjos compactos limitam a ventilação, enquanto corredores de vento reduzem as temperaturas. Esses achados reforçam a necessidade de considerar variáveis climáticas no planejamento urbano.

No entanto, a interação entre elementos urbanos e o microclima ainda é negligenciada em muitos projetos, intensificando o efeito de ilha de calor e elevando a demanda energética para resfriamento (Ferreira et al. 2019). Compreender esses processos é essencial para o desenvolvimento de estratégias de mitigação, promovendo cidades mais resilientes e sustentáveis (Barbosa; Oliveira, 2021).

Diante desse cenário, este estudo investiga a influência dos fatores físicos urbanos na temperatura do ar em Maceió, Alagoas, uma cidade tropical litorânea. Embora a relação entre

morfologia urbana e variações térmicas já tenha sido abordada, ainda há lacunas sobre sua atuação em cidades costeiras de baixa latitude. Assim, este estudo busca identificar padrões espaciais de aquecimento e resfriamento, fornecendo subsídios para um planejamento urbano mais eficiente e estratégias eficazes de mitigação do calor urbano, visando ao conforto térmico e à eficiência climática dos espaços urbanos.

Metodologia

Maceió, capital de Alagoas, localiza-se na latitude −9,66625S e longitude −35,735O, na região Nordeste do Brasil. Apresenta clima tropical quente e úmido (Köppen), com temperatura média do ar anual de 25,1 °C, máximas de 29,9 °C e mínimas de 20,8 °C. No verão, a temperatura média sobe para 25,7 °C, podendo ultrapassar 30,0 °C, enquanto o volume de chuvas se mantém baixo, em torno de 60 mm mensais.

Segundo a NBR 15220-3 (ABNT, 2005), Maceió está na Zona Bioclimática 8, onde se recomenda o uso de aberturas amplas sombreadas, materiais de alta refletância e ventilação cruzada para conforto térmico. A ocupação urbana apresenta variações estruturais que influenciam a temperatura microclimática.

O estudo analisou dois bairros litorâneos: Ponta Verde, com alta densidade e edificações verticais, e Jatiúca, com adensamento moderado e uso urbano misto. Quatro pontos amostrais foram definidos com base no fator H/W (relação entre altura e espaçamento das edificações), densidade construtiva, materiais das fachadas, vegetação, orientação das vias e proximidade do mar. A Figura 1 mostra a localização dos pontos: P1 – Rua Prof. Sandoval Arroxelas; P2 e P4 – Rua Dep. Elizeu Teixeira; P3 – Rua Paulina Maria de Mendonça.

Figura 1: Mapa de localização dos pontos amostrais.



Fonte: Autor (2025).

A tabela 1 e a figura 2 apresentam informações detalhadas sobre diversos aspectos das localizações analisadas no estudo.

Tabela 1: Caracterização dos pontos amostrais.

Ponto	Materiais das fachadas próximas	Vegetação no entorno	Altura mediana dos edifícios	Largura da via	H/W	Pavimentação das vias	Distância do mar
1	Pastilha cerâmica e cerâmica nas cores bege, branco, marrom, preto, azul e amarelo.	Arbóreas e arbustivas com densidade moderada.	36 m	17,12 m	2,10	Asfalto	820 m
2	Pastilha cerâmica, vidro espelhado, PVC e alumínio composto nas cores cinza, branco, vermelho, marrom e preto.	Palmeiras com densidade escassa.	42 m	15,80 m	2,65	Asfalto	710 m

3	Tinta, porcelanato e pastilha cerâmica nas cores branco, azul, cinza, preto, amarelo, laranja e bege.	Arbórea com densidade escassa.	30 m	15 m	2,00	Asfalto	210 m
4	Pastilha cerâmica nas cores branco, azul, cinza, preto, marrom e laranja.	Arbóreas e arbustivas com densidade moderada.	31,5 m	15,80 m	1,99	Asfalto	660 m

Fonte: Autor (2025).

Figura 2: Fotos para visualização do entorno dos pontos amostrais.

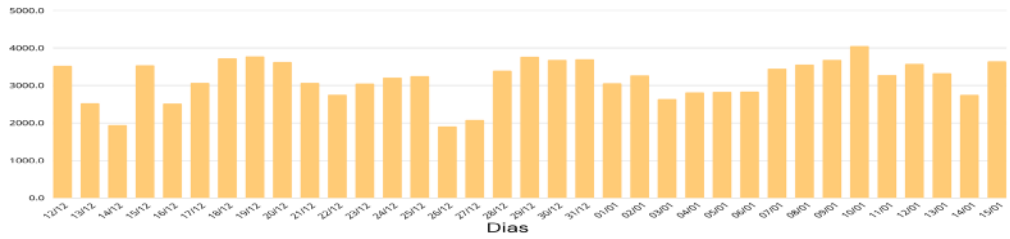


Fonte: Autor (2025).

A campanha de monitoramento da temperatura do ar foi realizada utilizando sensores HOBO U23-001, que possuem precisão de ±0,21 °C no intervalo de 0 °C a 50 °C. Os sensores foram instalados a uma altura padronizada de aproximadamente 3,90 m acima do solo, fixados em postes de iluminação pública para minimizar interferências térmicas de superfícies pavimentadas e outros elementos urbanos.

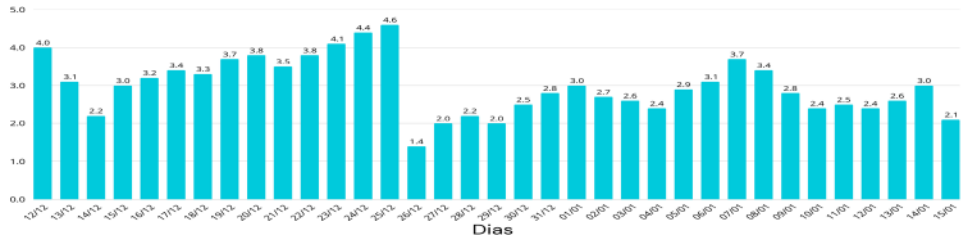
A coleta de dados ocorreu durante 34 dias consecutivos, entre 12 de dezembro de 2021 e 15 de janeiro de 2022, registrando temperaturas em intervalos horários. Além dos dados locais, foram consideradas dados meteorológicos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para contextualizar a análise. As figuras (Figuras 3 e 4) apresentam os dados de radiação e ventilação registrados pelo INMET.

Figura 3: Gráfico da radiação solar máxima diária (kj/m²).



Fonte: Autor (2025).

Figura 4: Gráfico da velocidade do vento (m/s)



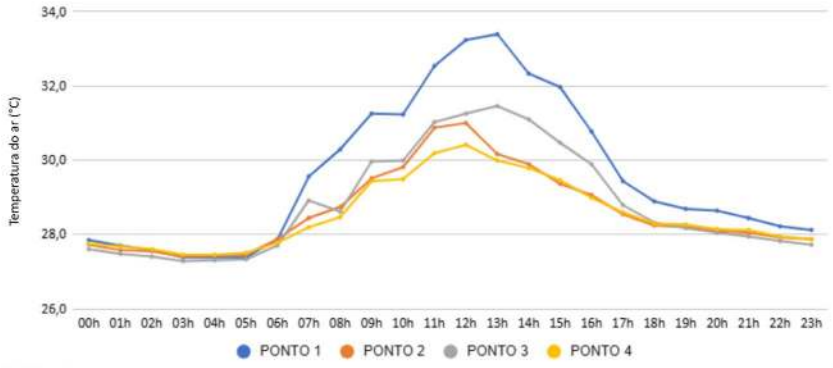
Fonte: Autor (2025).

Para aprofundar a investigação das variações microclimáticas, foram analisados dois dias específicos com base nas características térmicas e meteorológicas observadas: (i) 18 de dezembro de 2021, que apresentou a maior diferença de amplitude térmica entre os pontos analisados e (ii) 15 de janeiro de 2022, que se destacou por apresentar a menor velocidade do vento e a maior intensidade de radiação solar.

Resultados

A Figura 5 mostra a variação da temperatura do ar nos quatro pontos de medição em 18 de dezembro de 2021.

Figura 5: Gráfico referente ao dia 18 de dezembro, temperatura do ar x hora/ponto.



Fonte: Autor (2025).

Durante a madrugada, as temperaturas do ar nos quatro pontos analisados foram semelhantes (cerca de 27,5 °C), mas divergiram pela manhã devido às características morfológicas locais. O P1 teve a maior temperatura (33,0 °C às 12h), enquanto o P4 registrou a menor (30,4 °C), atribuída ao seu fator H/W de 1,99, o mais baixo entre os pontos, que favoreceu a exposição ao céu, ventilação e dissipação térmica. A orientação norte-sul da via facilitou a entrada de ventos predominantes, e a vegetação moderada ajudou no sombreamento. Segundo Oke (1988), baixos valores de H/W (entre 0,5 e 2,0) promovem ventilação e conforto térmico em climas quentes. Bowler et al. (2010) afirmam que áreas com construções baixas e vegetação densa podem ser até 4 °C mais frescas que regiões verticalizadas e com pouca arborização. P2 e P3 registraram 31,0 °C e 31,3 °C, com diferença máxima de 2,8 °C entre os extremos.

No período da tarde (12h às 18h), a temperatura do ar atingiu seu pico diário às 13h, com 33,4 °C no P1. O P3 registrou 31,5 °C, P2 registrou 30,2 °C, enquanto o P4, novamente com a menor temperatura (30,0 °C), resultando em uma diferença térmica de 3,4 °C entre os extremos. Durante a noite (18h às 00h), os quatro pontos voltaram a apresentar um comportamento térmico semelhante, embora o P1, que recebeu maior radiação solar ao longo do dia, tenha registrado temperaturas ligeiramente superiores.

Essas variações térmicas resultam de características morfológicas e ambientais combinadas. O P1, com as maiores temperaturas do ar, está a 820 metros da orla, o que reduz a influência da brisa marítima. A via leste-oeste favorece a insolação direta ao longo do dia e possui sombreamento limitado. Apesar da vegetação moderada no canteiro central, ela não foi

suficiente para mitigar o aquecimento. A pavimentação asfáltica contribui para a absorção e retenção de calor, intensificada pelo fator H/W de 2,10, um dos mais altos, que limita a troca de calor com a atmosfera. Além disso, edificações com mais de 30 metros, típicas do cânion urbano local, dificultam a ventilação natural e retardam a dissipação térmica acumulada (Santamouris, 2015).

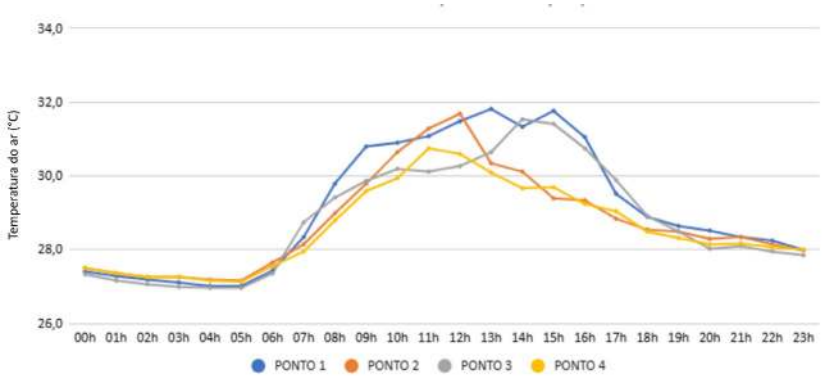
O P2 registrou temperaturas mais amenas que o P1, com pico de 30,2 °C às 13h. A orientação norte-sul da via favorece a ventilação leste, ajudando a compensar os efeitos da verticalização. As edificações, com altura média de 42 m, poderiam intensificar a retenção térmica, mas, segundo Oke (1987), ruas com prédios altos alinhados ao vento retêm menos calor que as perpendiculares ao fluxo. Com H/W de 2,65 — o mais extremo do estudo —, o P2 indica forte obstrução ao resfriamento natural e tendência a maior aquecimento superficial, embora a orientação da via atenue parte dos impactos. Johansson (2006) destaca que, em climas quentes, H/W acima de 2,0 aumenta o tempo de permanência do ar quente e dificulta trocas térmicas com camadas superiores.

O P3 registrou um pico térmico intermediário de 31,5 °C às 13h. Sua proximidade ao mar pode ter amenizado o aquecimento, embora a orientação leste-oeste da via aumente a exposição solar pela manhã e à tarde. O índice H/W de 2,00 está no limiar de conforto apontado por Oke, o que pode explicar o comportamento térmico intermediário. Voogt & Oke (2003) apontam que a proximidade com corpos d'água pode reduzir a temperatura do ar em até 2,0 °C devido à brisa marítima, mas esse efeito depende da orientação da via e de barreiras urbanas.

Durante a noite (18h às 00h), o P1 apresentou maior retenção térmica, com média de 28,4 °C, enquanto os demais pontos registraram em torno de 28,0 °C. Esse efeito resulta do acúmulo de calor durante o dia, intensificado pela radiação solar e pela vegetação arbórea e arbustiva moderada. Embora a vegetação reduza a temperatura do ar diurna por sombreamento e evapotranspiração, à noite, libera o calor absorvido, retardando o resfriamento. Estudos indicam que áreas vegetadas podem manter temperaturas noturnas mais altas devido à menor perda de calor por irradiação (Spronken-Smith; Oke, 1998).

A Figura 6 apresenta a variação térmica dos quatro pontos de medição no dia 15 de janeiro de 2022.

Figura 6: Gráfico referente ao dia 15 de janeiro, temperatura do ar x hora/ponto. .



Fonte: Autor (2025).

Durante a madrugada, as temperaturas nos quatro pontos foram semelhantes, em torno de 27,3 °C, mostrando um comportamento térmico homogêneo nesse período de menor radiação solar. Pela manhã, as temperaturas aumentaram gradualmente em todos os pontos, com variações na elevação da temperatura máxima do ar entre os pontos 1, 2 e 3, influenciadas pela quantidade e tipos de vegetação, além dos diferentes materiais das fachadas, que geram distintos padrões de aquecimento e resfriamento. O P3 teve a temperatura do ar mais alta às 7h (28,7 °C), mas a partir das 8h, o P1 registrou as maiores temperaturas (30,9 °C às 10h). Nos horários seguintes (11h e 12h), o P2 apresentou o maior aquecimento, atingindo 31,7 °C. Apesar da proximidade com o P1 (110 m), esse comportamento pode estar relacionado ao uso de materiais refletivos nas fachadas, como vidro espelhado e alumínio composto (ACM), que intensificam o aquecimento do cânion urbano.

Enquanto isso, P4 registrou as menores temperaturas, com 28,8 °C às 8h, permanecendo mais ameno até às 10h. Às 11h, atingiu seu pico do dia (30,7 °C), ainda inferior aos outros pontos. Esse comportamento pode ser atribuído à orientação norte-sul da via, o menor fator H/W e à vegetação arbórea e arbustiva, que favorecem maior ventilação e sombreamento parcial durante o dia.

Durante a tarde, as temperaturas atingiram os valores mais elevados do dia. Os Pontos 1 e 3 alternavam-se quanto à maior temperatura do ar do período. O P1 destacou-se às 13h (31,8 °C), enquanto o P3 foi o mais quente às 14h (31,5 °C). Às 15h, o P1 registrou novamente a

temperatura máxima do dia (31,8 °C), a mais alta observada. Esse comportamento corrobora os dados apresentados para justificar as temperaturas registradas no dia 18 de dezembro de 2021.

Durante o período crítico de aquecimento, o P4 registrou as menores temperaturas (30,1 °C às 13h), embora o P2 tenha apresentado 29,4 °C às 15h, começando o resfriamento antes dos outros pontos. A diferença máxima registrada entre os pontos foi de 1,7 °C (P1 em relação ao P4, às 13h) e 2,4 °C (P1 em relação ao P2, às 15h). Essas variações podem ser atribuídas a fatores como a orientação das vias, H/W, a cobertura vegetal e os materiais das fachadas. O P4 possui uma via larga de 15,80 m e edificações mais baixas, vegetação densa e, favorecendo a circulação do vento e um resfriamento mais eficiente.

Durante a noite, as temperaturas apresentaram comportamento semelhante entre os quatro pontos, com uma redução gradual e média de 28,3 °C. Essa homogeneização térmica está relacionada à diminuição da radiação solar e ao resfriamento das superfícies urbanas, embora a dissipação térmica tenha sido mais lenta no P1.

Conclusão

Os resultados evidenciam a influência da morfologia urbana, vegetação e proximidade do mar nas variações térmicas em Maceió. Áreas com alta densidade construtiva, grandes edifícios, materiais de alta emissividade, vias desalinhadas aos ventos e pavimento asfáltico apresentaram temperaturas mais elevadas. Já os cânions com menor H/W, materiais de baixa absorção térmica, mais vegetação e vias alinhadas aos ventos mostraram temperaturas mais amenas, devido à ventilação natural e menor retenção de calor. O P4 teve as melhores condições térmicas; o P1, os maiores índices de aquecimento. Apesar das contribuições, o estudo tem limitações, como o número restrito de pontos e o período específico de monitoramento. Pesquisas futuras podem ampliar locais, incluir outras épocas e usar simulações para avaliar cenários urbanos alternativos, contribuindo com diretrizes mais eficientes e resilientes às mudanças climáticas.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade Federal de Alagoas pela concessão das bolsas do Programa Institucional de Iniciação Científica (PIBIC).

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.

BARBOSA, J. P.; OLIVEIRA, R. T. Estratégias de adaptação climática para cidades sustentáveis. **Revista de Planejamento Ambiental**, v. 8, n. 3, p. 101-115, 2021.

BOWLER, D. E.; BUYUNG-ALI, L.; CAVALEIRO, T. M.; PULLIN, A. S. Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. **Landscape and Urban Planning**, v. 97, n. 3, p. 147-155, 2010.

BARROS, C. P. G.; COSTA, S. B.; BARBOSA, R. V. R. Vegetação e microclima urbano: estudo de caso em Maceió. In: **PLURIS 2016 – 7º Congresso Luso-Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável**, 2016, Maceió. Anais [...]. Maceió: Universidade Federal de Alagoas, 2016. Disponível em: https://fau.ufal.br/evento/pluris2016/files/Tema%201%20-%20Ambiente%20e%20Energia/Paper1224.pdf.

CARVALHO, G. B. M. de. **Verticalização, microclima e o conforto térmico dos espaços abertos públicos: estudo de caso em João Pessoa-PB**. 2023. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal da Paraíba, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, João Pessoa, 2023.

FERREIRA, A. L.; PEREIRA, B. S.; LABAKI, L. C. Influência do planejamento urbano na intensificação das ilhas de calor. **Caderno de Arquitetura e Urbanismo**, v. 26, n. 1, p. 75-89, 2019.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Normais climatológicas 1981-2010. Brasília, 2018. Disponível em: https://portal.inmet.gov.br/normais. Acesso em: 15 mar. 2020.

JOHANSSON, E. Influence of urban geometry on outdoor thermal comfort in a hot dry climate: a study in Fez, Morocco. Building and Environment, v. 41, n. 10, p. 1326–1338, 2006.

LIMA, I. M. de. **A influência do entorno urbano na carga térmica de edificações de escritório condicionadas artificialmente em uma cidade de clima quente e úmido**. 2018. 129 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Florianópolis, 2018.

NASCIMENTO, L. F.; MENDONÇA, F. Relação entre densidade construtiva e temperatura do ar em centro urbano de clima tropical. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 20, p. 123-139, 2017.

OKE, T. R. **Climatologia Urbana**. Cambridge: Cambridge University Press, 1982.

OKE, T. R.; MILLS, G.; CHRISTEN, A.; VOOGT, J. A. **Urban Climates**. Cambridge: Cambridge University Press, 2017.

SANTAMOURIS, M. Regulating the damaged thermostat of the cities—Status, impacts and mitigation challenges. **Energy and Buildings**, v. 91, p. 43-56, 2015.

SILVA, P. R.; SANTOS, M. A.; PEREIRA, T. F. Impacto da configuração espacial na ventilação e conforto térmico em cidade litorânea. **Revista de Climatologia Urbana**, v. 15, n. 2, p. 45-60, 2021.

SPRONKEN-SMITH, R. A.; OKE, T. R. The thermal regime of urban parks in two cities with different summer climates. **International Journal of Climatology**, v. 18, n. 6, p. 901-913, 1998. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0088(19980630)18:6<901::AID-JOC305>3.0.CO;2-C>. Acesso em: 11 jan. 2025.

TORRES, S. C. P. **Forma e conforto:** estratégias para (re)pensar o adensamento construtivo urbano a partir dos parâmetros urbanísticos integrados à abordagem bioclimática. 2017. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco.

VOOGT, J. A.; OKE, T. R. Thermal remote sensing of urban climates. **Remote Sensing of Environment**, v. 86, n. 3, p. 370-384, 2003.