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

Influência da Morfologia Urbana nos Microclimas do Centro Comercial de Maceió, Alagoas

Influencia de la morfología urbana en el microclima del centro comercial de Maceió, Alagoas

Influence of urban morphology on the microclimate of the shopping center of Maceió, Alagoas

Clima e Planejamento Urbano / Clima y planificaciónurbana/ Climate and Urban Planning

Santos, Rhuan Nicolas da Silva
Mestre, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Brasil, rhuannicolas92@gmail.com

Barbosa, Ricardo Victor Rodrigues

Doutor em Ciências da Engenharia Ambiental e Professor Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Brasil, rvictor@fau.ufal.br

Resumo

Esta pesquisa teve como objetivo investigar a influência da morfologia urbana na variabilidade térmica no centro de Maceió-AL. Os procedimentos metodológicos adotados nesta pesquisa experimental foram organizados em três etapas sucessivas: a caracterização da cidade de Maceió, caracterização dos pontos amostrais e a realização das medições das variáveis. Os resultados mostraram que pontos com maior absorção de radiação solar, como áreas com pavimentação em granilite, apresentaram temperaturas mais altas, com 67,8°C de temperatura média radiante. Em contraste, áreas sombreadas, com maior presença de vegetação e edifícios que bloqueiam a radiação solar, registraram temperaturas mais amenas, com 29,6°C de temperatura do ar. A análise revelou que o tipo de pavimentação, altura dos edifícios e a vegetação são os principais fatores que afetam o microclima urbano local. As conclusões ressaltam a importância de estratégias bioclimáticas no planejamento urbano, visando mitigar e adaptar o desconforto térmico em cidades tropicais.

Palavras-chave: Clima Urbano. Planejamento urbano. Clima Tropical. Centro. Pesquisa Experimental.

Resumen

Esta investigación tuvo como objetivo investigar la influencia de la morfología urbana en la variabilidad térmica en el centro de Maceió-AL. Los procedimientos metodológicos adoptados en esta investigación experimental se organizaron en tres etapas sucesivas: caracterización de la ciudad de Maceió, caracterización de los puntos de muestreo y medición de las variables. Los resultados mostraron que los puntos con mayor absorción de radiación solar, como las zonas con pavimento de granito, presentaron temperaturas más elevadas, con una temperatura radiante promedio de 67,8°C. En cambio, las zonas sombreadas, con mayor presencia de vegetación y edificaciones que bloquean la radiación solar, registraron temperaturas más suaves, con una temperatura del aire de 29,6°C. El análisis reveló que el tipo de pavimento, la altura de los edificios y la vegetación son los principales factores que afectan el microclima urbano local. Las conclusiones destacan la importancia de las estrategias bioclimáticas en la planificación urbana, con el objetivo de mitigar y adaptar el malestar térmico en las ciudades tropicales.

Palabras clave: Clima urbano. Planificación urbana. Clima tropical. Centro. Investigación experimental.

Abstract

This research aimed to investigate the influence of urban morphology on thermal variability in downtown Maceió, AL. The methodological procedures adopted in this experimental research were organized into three successive stages: characterization of the city of Maceió, characterization of the sampling points, and measurement of the variables. The results showed that points with greater absorption of solar radiation, such as areas with granite paving, presented higher temperatures, with 67.8°C of average radiant temperature. In contrast, shaded areas, with greater presence of vegetation and buildings that block solar radiation, registered milder temperatures, with 29.6°C of air temperature. The analysis revealed that the type of paving, height of buildings, and vegetation are the main factors that affect the local urban microclimate. The conclusions highlight the importance of bioclimatic strategies in urban planning, aiming to mitigate and adapt thermal discomfort in tropical cities.

Keywords: Urban Climate. Urban Planning. Tropical Climate. Center. Experimental Research.

Introdução

A contínua transformação do processo de urbanização, aliada ao rápido crescimento populacional, tem impactado significativamente os sistemas naturais e construídos das cidades, resultando em mudanças no clima local e na qualidade de vida urbana (Martins; Bonhomme; Adolphe, 2013). Nesse cenário, o crescimento desordenado da urbanização, somado ao aumento das temperaturas globais, tem contribuído para a formação de ilhas de calor nas áreas urbanas, um fenômeno que agrava as condições climáticas locais (Chow; Brazel, 2012; Batista et al., 2016; Neres, 2024).

Como consequência, as áreas urbanas enfrentam os efeitos das ilhas de calor (ICU), onde as temperaturas do ar e da superfície são significativamente mais elevadas do que nas áreas suburbanas, o que intensifica o desconforto térmico e aumenta a demanda por climatização artificial (Padilha et al., 2018; Oke, 1988). A busca por soluções para melhorar o conforto térmico em espaços urbanos, especialmente nas áreas centrais das cidades, tem se tornado cada vez mais urgente (Padilha et al., 2018).

A morfologia urbana, que estuda as formas e a organização dos centros urbanos, tem um papel crucial na aplicação de estratégias bioclimáticas e na formação do microclima local (Diniz; Oldoni, 2016). Estudo de Rego, Meneguetti e Beloto (2020) destaca como a morfologia urbana pode explicar a persistência ou propagação de determinadas formas urbanas, com implicações diretas na regulação térmica das cidades.Além disso, a relação entre a morfologia urbana e o clima das cidades envolve uma série de fatores, como a geometria das ruas, a presença de vegetação e as propriedades térmicas dos materiais de superfície, que podem contribuir para a modulação da temperatura e da umidade (Brandão; Barbosa, 2023). A variabilidade do clima urbano é influenciada também por aspectos como o uso de pavimentos impermeáveis, a falta de vegetação e a presença de edifícios altos, que intensificam o aumento das temperaturas e o desconforto térmico (Leal; Barbosa, 2019; Barros, 2022).

A partir do exposto, este estudo teve como objetivo analisar a influência de diferentes morfologias urbanas na variabilidade térmica no Centro comercial de Maceió-AL.

Método

Os procedimentos metodológicos adotados nesta pesquisa experimental envolveram três etapas consecutivas, as quais são descritas a seguir.

Caracterização da Cidade de Maceió

A cidade de Maceió está localizada na costa leste do nordeste brasileiro, nas coordenadas de latitude 9° 57’37” sul e longitude 35° 44’7” oeste. Sua geografia é marcada por características singulares, com a presença de duas grandes massas d’água: o Oceano Atlântico e o Complexo Lagunar Mundaú (Figura 1).

Figura 1: Localização da cidade de Maceió.



Fonte: Autor (2024).

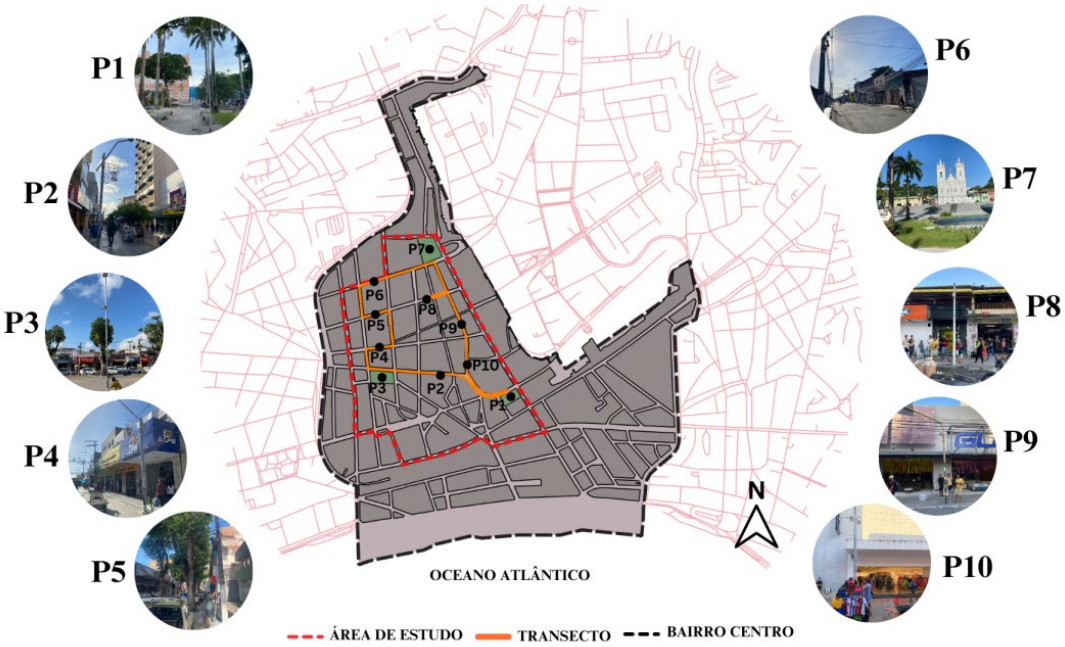
O clima de Maceió é classificado como Am, segundo a classificação de Köppen-Geiger, caracterizando-se por ser quente e úmido, com pequenas variações térmicas diárias, sazonais e anuais. Segundo Batista *et al.* (2021), Maceió possui estações bem definidas: uma estação seca, que vai de setembro a fevereiro, e uma estação chuvosa, que se estende de março a agosto.

De acordo com as Normais Climatológicas 1981-2010 (INMET, 2024), a temperatura média anual é de 25,1°C, com temperaturas máxima e mínima anuais de 29,8°C e 20,9°C, respectivamente. A umidade relativa média é de 77,8%. Em relação à ventilação natural, os ventos predominantes ao longo do ano vêm das direções Leste e Sudeste, com velocidades máximas de 3,93 m/s e 4,5 m/s, respectivamente (INMET, 2024).

Caracterização dos pontos amostrais

Foram selecionados dez pontos amostrais na área de estudo, esses pontos foram numerados de P1 a P10 (Figura 2). A área de estudo, situada no centro de Maceió-AL, apresenta morfologia urbana variada, com cobertura do solo composta por concreto, granilite e pequenas áreas de grama. As vias são asfaltadas ou exclusivas para pedestres. O entorno é formado por edificações de um a doze pavimentos, incluindo prédios históricos, com fachadas revestidas em cerâmica, vidro ou pintadas. Predominam os usos comercial, de serviços, institucional, cultural e religioso, com forte presença de comércio informal. As praças e ruas contam com mobiliário urbano, árvores de diferentes portes, monumentos, esculturas e bancas de revistas. Em algumas áreas, sistemas de climatização de lojas afetam o microclima externo. Os cânions urbanos variam em altura, densidade e orientação, refletindo a complexidade morfológica da região.

Figura 2: Localização dos pontos amostrais.



Fonte: Autor (2024).

Medições das variáveis climáticas

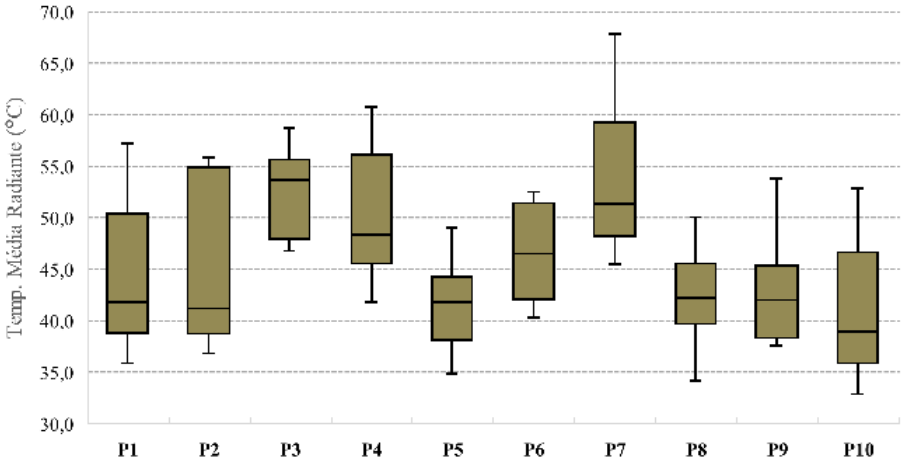
As medições microclimáticas foram realizadas nos dias 08, 24 e 26 de janeiro e 13 e 14 de novembro de 2024, nos horários de 9h, 12h e 15h. As coletas de dados ocorreram em dez pontos amostrais, utilizando um termômetro de globo portátil (para medir temperatura de globo, temperatura do ar e umidade relativa) modelo ITWTG-2000 e um anemômetro (para medir a velocidade do vento) marca Davis, modelo LCA 6000. Os equipamentos foram posicionados a uma altura de 1,50 m do solo. Os registros realizados com o termômetro de globo portátil foram protegidos da radiação solar direta.

Resultado e Discussões

As análises foram realizadas por meio de estatística exploratória, a qual proporciona uma visão clara da distribuição dos dados. Na sequência, serão apresentados e discutidos os dados obtidos nas duas campanhas de monitoramento automático e transecto, nos períodos seco e de transição.

A Figura 3 apresenta o gráfico boxplot da temperatura média radiante, com base nos registros obtidos nos três dias e horários definidos para a campanha de monitoramento do transecto no período seco.

Figura 3: Boxplot com os dados de temperatura média radiante registrada nos pontos amostrais da primeira campanha, no período seco.



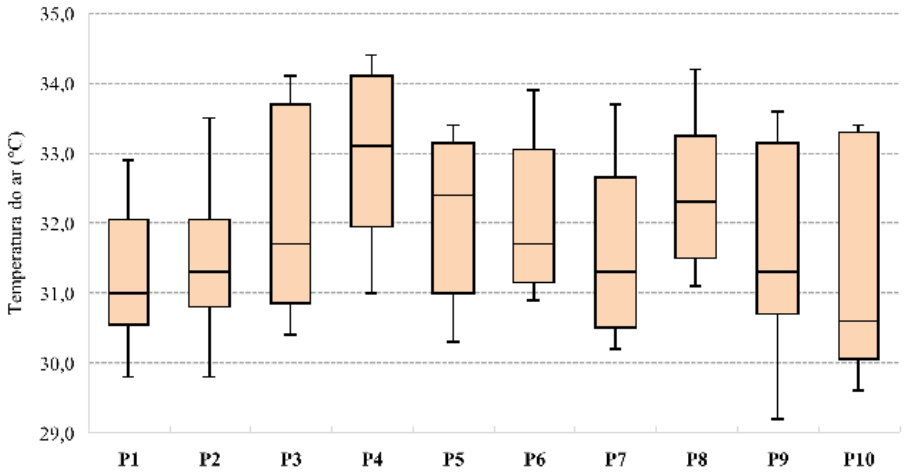
Fonte: Autor (2024).

Os resultados mostram que o P7, situado na Praça dos Martírios, alcançou a temperatura máxima mais alta, de 67,8°C. Esse aumento expressivo pode ser atribuído à ampla cobertura de granilite no solo, que favorece a alta absorção da radiação solar, intensificada pela falta de vegetação arbórea.

Adicionalmente, o P10, localizado Rua do Comercio, registrou a temperatura mínima mais baixa, de 32,9°C. O menor aquecimento nesse ponto pode ser explicado pela alta obstrução da radiação solar promovida pelas edificações circundantes, que proporcionam sombreamento,e o sistema de ar-condicionado das lojas na área que pode estar contribuindo para o resfriamento local. Vale destacar que o P2 apresentou maior variabilidade, enquanto o P3 mostrou uma mediana mais elevada em comparação aos demais pontos.

A Figura 4 apresenta o gráfico boxplot da temperatura do ar, com base nos registros obtidos nos três dias e horários definidos para a campanha de monitoramento do transecto no período seco.

Figura 4: Boxplot com os dados de temperatura do ar registrada nos pontos amostrais da primeira campanha, no período seco.



Fonte: Autor (2024).

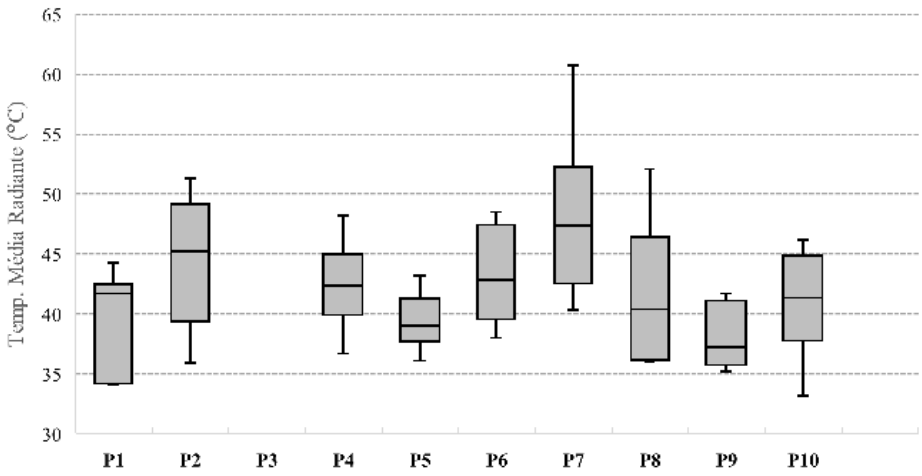
Os resultados mostram que o P4, situado em uma avenida no calçadão comercial, apresentou a temperatura máxima mais elevada, atingindo 34,4°C. O maior aquecimento do ar nesse ponto

pode ser explicado pela presença de uma grande área com recobrimento de solo em granilite, que promove alta absorção da radiação solar, além da baixa obstrução da radiação direta pelas edificações circundantes, o que reduz o sombreamento.

Ademais, o P9, posicionado na Rua do Comércio (Seção 1), registrou a temperatura mínima mais baixa, de 29,6°C, durante o período de coleta de dados. O menor aquecimento nesse ponto pode ser explicado pela considerável obstrução da radiação solar causada pelas edificações ao redor, que geram sombreamento durante parte do dia. O P10 apresentou maior variabilidade, enquanto o P4 exibiu a maior mediana entre os pontos.

A Figura 6 apresenta o gráfico boxplot da temperatura média radiante, com base nos registros obtidos nos três dias e horários definidos para a campanha de monitoramento do transecto no período de transição.

Figura 6: Boxplot com os dados de temperatura média radiante registrada nos pontos amostrais da segunda campanha, no período de transição.



Fonte: Autor (2024).

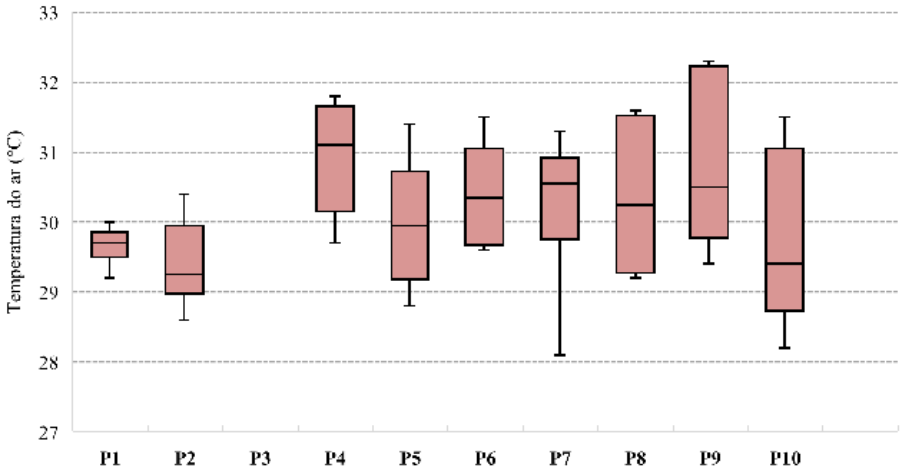
Os resultados demonstram que o P7, localizado na Praça dos Martírios, registrou a temperatura máxima mais alta, de 60,7°C. O aumento significativo da temperatura nessa área pode ser explicado pela extensa cobertura da superfície em granilite, que promove alta absorção da

radiação solar, agravada pela ausência de vegetação arbórea. Apenas uma parcela da praça é arborizada, o que não é suficiente para proporcionar sombreamento total da mesma.

Adicionalmente, o P10, localizado na Rua do Comércio (Seção 2), registrou a temperatura mínima mais baixa, de 33,2°C. O menor aquecimento nesse ponto pode ser explicado pela alta obstrução da radiação solar promovida pelas edificações circundantes, que proporcionam sombreamento em parte do dia. Além disso, o sistema de ar-condicionado das lojas na área pode estar contribuindo para o resfriamento local. Vale destacar que o P7 apresentou maior variabilidade e a mediana mais elevada, de 47,1°C, em comparação aos demais pontos.

A Figura 7 apresenta o gráfico boxplot da temperatura do ar, com base nos registros obtidos nos três dias e horários definidos para a campanha de monitoramento do transecto no período de transição.

Figura 7: Boxplot com os dados de temperatura do ar registrada nos pontos amostrais da segunda campanha, no período de transição.



Fonte: Autor (2024).

Os resultados indicam que o P9, localizado na Rua do Comércio (seção 1), registrou a temperatura máxima mais alta, alcançando 32,3°C. O aquecimento mais intenso do ar nesse ponto pode ser explicado pela extensa área com revestimento asfáltico e pela grande quantidade de superfícies impermeabilizadas, que promovem alta absorção da radiação solar.

Além disso, a baixa obstrução da radiação direta pelas construções ao redor e a ausência de áreas vegetadas, que liberam vapor na atmosfera e ajudam a reduzir a temperatura local, contribuem para tal efeito.

Além disso, o P2, localizado na Rua do Livramento, registrou a temperatura mínima mais baixa, de 28,6°C, durante o período de coleta de dados. O menor aquecimento nesse ponto pode ser atribuído à significativa obstrução da radiação solar pelas edificações circundantes, que proporcionam sombreamento em parte do dia. Ademais, o corredor de vento gerado pela brisa marítima próxima ao Oceano Atlântico também influencia diretamente as condições climáticas da área.O P9 apresentou maior variabilidade, enquanto o P4 registrou a maior mediana, de 31,3°C, entre os pontos.

Considerações Finais

A análise microclimática mostra a influência das características morfológicas, tais como, tipo de solo, altura dos edifícios, disposição das fachadas, estrutura das vias públicas, presença de praças, monumentos, árvores, vegetação e mobiliário urbano, na variabilidade higrotérmica.

Os gráficos mostram como a morfologia urbana influencia diretamente o microclima local. Áreas com maior absorção de radiação térmica resultam em maior temperatura média radiante, temperaturas do ar elevadas e baixa umidade. Já áreas mais sombreadas, proporcionam um ambiente mais ameno e úmido. Essas conclusões são cruciais para o planejamento urbano sustentável, com ênfase na mitigação das ilhas de calor urbanas.

Logo, foi possível concluir que, entre as morfologias urbanas consideradas nesta pesquisa, o tipo de pavimentação, a altura dos edifícios e a presença de áreas arborizadas foram os principais fatores determinantes no comportamento microclimático dos pontos de amostragem, particularmente em relação à temperatura e à umidade relativa do ar.Além disso, as conclusões destacadas apresentam subsídios importantes para revisão de códigos de obra, regulamentação do uso do solo e estratégias de planejamento urbano.

Por fim, cabe destacar que a integração de estratégias bioclimáticas no planejamento urbano busca mitigar os efeitos da intensa radiação solar, sobretudo em cidades tropicais de clima

quente e úmido, onde a radiação solar é elevada durante todo o ano. Isso visa garantir condições climáticas mais favoráveis, além de conforto térmico e bem-estar nas áreas urbanas.

Referências

BARROS, K. J. C. **Parque urbano, conforto térmico e comportamento dos usuários:** o caso do parque do Kartódromo na cidade de São Carlos/SP. Dissertação (Mestrado em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia) – Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2022.

BATISTA, B. A.; CORREIA FILHO, W. L. F.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. F.; SANTIAGO, D. B.; SANTOS, C. T. Avaliação de expansão urbana na cidade de Maceió, Alagoas – Nordeste do Brasil. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 11, e253101119537, 2021. DOI: dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i11.19537.

BATTISTA, G.; CARNIELO, E.; VOLLARO Lieto de, R. (2016). Thermal impact of a redeveloped area on localized urban microclimate: A case study in Rome. **Energy and Buildings**, 133. DOI: doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.10.004.

BRANDÃO, L. K. V.; BARBOSA, R. V. R. Relação entre morfologia urbana e microclima a partir cenários parametrizados em cidade de clima tropical de savana. In: **Diversitas Journal**, ISSN 2525-5215, v. 8, nº 1, p. 0480 – 0493, 2023. DOI: 1048017/dj.v8i1.2368.

CHOW, W. T. L.; BRAZEL, A. J. (2012). Assessing xeriscaping as a sustainable heat island mitigation approach for a desert city. **Building and Environment**, 47(1), 170–181. DOI: doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.07.027.

DINIZ, M. P.; OLDONI, S. M. Morfologia Urbana: um instrumento de análise dos elementos da forma das cidades. In: **14º Encontro Científico Cultural Inter institucional**, ISSN 1980-7406, 2016, FAG. Anais [...] FAG, 2016.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil. Página inicial. 2024. Disponível em:https://portal.inmet.gov.br/normais. Acesso em: 30 nov. 2024.

LEAL, L. P. S.; BARBOSA, R. V. R. Morfologia Urbana e Microclimas: estudo de frações urbanas na cidade de Arapiraca/AL. *In*: **XV ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO E XL ENCONTRO LATINOAMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO**, 2019, João Pessoa. Anais [...]. João Pessoa, 2019.

MARTINS, T. A. de L.; BONHOMME, M.; ADOLPHE, L. Análise do Impacto da Morfologia Urbana na Demanda Estimada de Energia das Edificações: um estudo de caso na cidade de Maceió, AL. **Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**. Ambiente Construído, v. 13, n. 4, p. 213-233, ISSN 1678- 8621, Porto Alegre, 2013.

NERES, D. L.; SILVA, L. R. C. da.; PEREIRA, M. A. B. Influence of vegetation on thermal and urban comfort in a municipality in the south of Tocantins. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 6, p. e47810615999, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i6.15999. Disponível em:https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/15999. Acesso em: 2 ago. 2024.

OKE, T. R. (1988). Street Design and Urban Canopy Layer Climate. **Energy and Buildings** (Vol. 11). 103–113. DOI: doi.org/10.1016/0378-7788(88)90026-6.

PADILHA, J. C.; GIACOMELLI, B; BENCHE, F.; MANTOVANI, P. R. A.; ECKERT, N. H.; NOGUEIRA, B. T. M. V. Estratégias de mitigação do efeito ilha de calor em centros urbanos. **XIV Encontro Nacional de Paisagismo em escolas de Arquitetura e Urbanismo no Brasil**. Santa Maria, 2018.

REGO, R. L.; MENEGUETTI, K. S.; BELOTO, G. E. Morfologia urbana como instrumento projetual. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, 12, e20190266, 2020.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade Federal de Alagoas, ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo (PPGAU), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoas de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de mestrado, e ao Grupo de Estudos da Atmosfera Climática Urbana (GATU), por todo apoio e equipamento cedido.