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

Análise morfológica de recorte urbano da cidade de São Carlos, Brasil

Análisis morfológico de un área urbana de la ciudad de São Carlos, Brasil

Morphological analysis of an urban area in the city of Sao Carlos, Brazil

Clima e planejamento urbano / *Clima y urbanismo / Climate and urban planning*

Barros, Kamyla
Mestra, Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, Brasil, kamylabarros@usp.br

Dornelles, Kelen
Doutora, Professora do Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, Brasil, kelend@usp.br

Resumo

O objeto deste trabalho é investigar a utilização de pavimentos frios associados à vegetação em um recorte urbano da cidade de São Carlos nas condições climáticas atuais e nas projeções climáticas futuras como forma de adaptação aos efeitos das mudanças climáticas em cidades de médio porte. A metodologia consiste em revisão sistemática de literatura, elaboração de mapas morfológicos, medições de variáveis climáticas e simulações computacionais através do ENVI-met. A partir dos mapas morfológicos é possível analisar qualitativamente a interferência da morfologia no microclima local. Posteriormente às simulações computacionais será possível compreender a interferência quantitativa da morfologia urbana no microclima.

Palavras-chave: Morfologia urbana. Clima urbano. ENVI-met. Parque urbano.

Resumen

El objetivo de este trabajo es investigar el uso de pavimentos frescos asociados al cultivo en un área urbana de la ciudad de São Carlos bajo las condiciones climáticas actuales y proyecciones climáticas futuras como forma de adaptación a los efectos del cambio climático en ciudades de tamaño medio. La metodología consiste en una revisión sistemática de literatura, elaboración de mapas morfológicos, variaciones de temperatura climática y simulaciones computacionales a través de ENVI-met. A partir de los mapas morfológicos es posible analizar cualitativamente la interferencia de la morfología en el microclima local. Luego de las simulaciones por computadora, será posible comprender la interferencia cuantitativa de la morfología urbana en el microclima.

Palabras clave: Morfología urban. Clima urbano. ENVI-met. Parque urbano.

Abstract

The objective of this study is to investigate the use of cool pavements associated with cultivation in an urban area of the city of São Carlos under current climate conditions and future climate projections as a way of adapting to the effects of climate change in medium-sized cities. The methodology consists of a systematic literature review, elaboration of morphological maps, climatic temperature variations and computer simulations through ENVI-met. From the morphological maps it is possible to qualitatively analyze the interference of morphology in the local microclimate. After the computer simulations it will be possible to understand the quantitative interference of urban morphology in the microclimate.

Keywords: Urban morphologic. Urban climate. ENVI-met. Urban Park.

Introdução

As cidades desempenham um papel importante no alcance das políticas globais de mitigação e adaptação aos efeitos das mudanças climáticas (ONU, 2019; Tavares *et al*., 2022). Para tal, existem algumas possibilidades de adaptação a tais efeitos, como através da implementação de sistemas de infraestrutura verde e utilização de materiais frios. Entretanto, o clima urbano é caracterizado por múltiplas interações entre a morfologia urbana, a cobertura do solo urbano, o tecido urbano propriamente dito e, por fim, o metabolismo urbano (Oke *et al*., 2017). Desse modo, a infraestrutura verde, é capaz de proporcionar ambientes termicamente confortáveis e colaborar na mitigação dos efeitos de ilhas de calor urbanas[1], expandindo a resiliência das cidades às mudanças climáticas (Momm *et al*., 2020). Nesse sentido, a utilização de pavimentos frios é uma alternativa para mitigar o impacto causado pelas ilhas de calor. Denominam-se "frios" materiais que possuem índices elevados de refletância solar (habilidade de refletir radiação solar) e alta emissividade térmica (habilidade de irradiar calor) quando sob incidência da radiação solar (Levinson *et al*., 2007).

Objetivo

O objetivo deste trabalho é investigar a utilização de pavimentos frios associados à vegetação em um recorte urbano na cidade de São Carlos nas condições climáticas atuais e nas projeções climáticas futuras como forma de adaptação aos efeitos das mudanças climáticas em cidades de médio porte.

Método

Mapas morfológicos

Inicialmente foi selecionado um parque urbano para estudo de caso. O Parque do Kartódromo foi selecionado a partir dos seguintes critérios: ser um espaço com frequência de usuários, conter diferentes tipos de revestimentos do solo, apresentar área livre para possível inserção de vegetação. Como o limite de área permitido pelo ENVI-met é de 500 x 500 metros, optou-se por

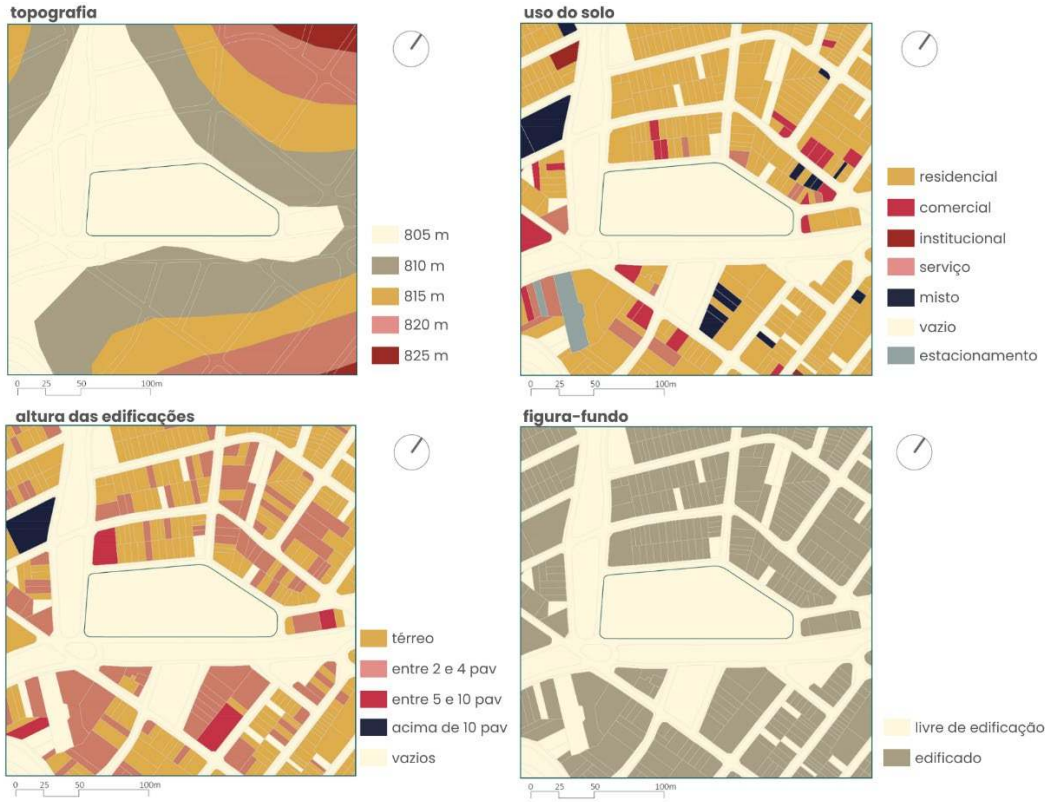
[1] O efeito ilha de calor urbana é o impacto meteorológico da urbanização que leva a uma temperatura mais alta nas áreas urbanas em comparação com suas contrapartes rurais (Oke, 1982). Elas provocam a elevação da temperatura média do ar em torno de 5ºC, podendo atingir até 10ºC, embora seus impactos variem conforme as características da cidade (Santamouris; Yun, 2020).

considerar esta área e delimitar o entorno imediato ao Parque do Kartódromo e compor este recorte de estudo. Foram produzidos mapas morfológicos, segundo parte da metodologia proposta por Katzchner (1997). A partir desses mapas é possível caracterizar morfologicamente a área de estudo, e posteriormente, analisar a influência dessa morfologia no comportamento microclimático da região.

Resultados preliminares

A Figura 1 expõe os mapas morfológicos produzidos compreendendo o parque e seu entorno imediato. Analisando a topografia do recorte, esta pode estabelecer desvios laterais ou verticais das massas de ar, visto que acaba interferindo no direcionamento dos ventos.

Figura 1: Mapas morfológicos.



Fonte: Autoras (2024).

O parque está situado a 805 metros de altitude, sendo o ponto mais baixo do recorte, cuja área mais alta está a 815 metros de altitude. Hipoteticamente, a situação topográfica do recorte estudado tende a influenciar no regime dos ventos, cuja predominância é de ventos nordeste e sudeste. Isto será avaliado com mais precisão diante dos dados das medições microclimáticas em campo. Entretanto, estudos anteriores (Barros, 2022) já comprovaram a influência desta situação topográfica no microclima local, especificamente durante o mês de setembro.

Através do mapa de uso do solo foi possível perceber que o recorte é predominantemente residencial (80,3%) e o uso tende a interferir, ocasionalmente, na altura das edificações, cuja maioria do recorte é composta por edificações térreas (66,9%). Essa conformação tende a beneficiar a penetração dos ventos predominantes no interior do recorte, já que as edificações altas funcionam como barreiras para ventilação, o que também será analisado posteriormente por meio de simulações computacionais com o ENVI-met. Ademais, os vazios urbanos existentes (6,1%) também contribuem para o desempenho satisfatório da ventilação.

A presença dos córregos nos arredores caracteriza um ponto positivo para o microclima local e, consequentemente, para a qualidade de vida das pessoas. Existem vegetações de médio e grande porte nas margens dos córregos, que proporcionam sombreamento para as vias públicas, as quais são pavimentadas com asfalto. O asfalto é um material que absorve grande parte da radiação solar incidente e aumenta a temperatura do ar naquele espaço. O sombreamento propende a amenizar esse incremento visto que a vegetação atua como barreira contra a radiação solar direta, além de contribuir para a renovação do ar.

Etapas futuras

Revisão sistemática da literatura

Reunir referencial teórico acerca das mudanças climáticas, políticas públicas vigentes na cidade objeto de estudo, Infraestrutura Verde, pavimentos frios, e simulação computacional.

Medições das variáveis ambientais

Serão realizadas medições de temperatura (ºC) e umidade relativa do ar (%) no recorte de estudo, com a finalidade de, seguidamente, validar o modelo na simulação computacional. Essas medições serão realizadas através de *dataloggers* modelo HO8-003-02 da ONSET/HOBO,

protegidos por abrigos meteorológicos alternativos (Barros *et al*., 2023), durante o período de 72h, com intervalor de medições de 10 em 10 minutos.

Simulações computacionais no ENVI-met

Serão simulados cenários reais nas condições atuais do recorte, cenários hipotéticos fazendo uso de pavimentos frios, infraestrutura verde, além da combinação dessas duas estratégias através do ENVI-met. Os pavimentos frios inseridos serão modelados no ENVI-met, bem como a infraestrutura verde. Além disso, ao fornecer os dados climáticos da área de estudo, serão simulados tanto o clima atual, como projeções climáticas do cenário SSP5-8.5 (cenário de altas emissões)[2] para os anos de 2050 (tempo de planejamento estratégico) e 2080. Os arquivos climáticos futuros utilizados para entrada de dados no ENVI-met serão gerados a partir do *Future Weather Generator*[3].

Considerações parciais

Os mapas morfológicos contribuem para uma análise prévia e qualitativa da interação existente entre a morfologia urbana e o microclima local, uma vez que essa relação será analisada quantitativamente a partir das simulações computacionais. Assim, reforça-se que as análises morfológica e microclimática urbana devem ser associadas, visto que a análise isolada não é suficiente para identificar e tratar problemas urbanos relacionados ao conforto ambiental, conforme corroborado por Momm *et al*. (2020) e Santamouris e Yun (2020).

Assim, as etapas futuras preveem um conjunto amplo de análises, de forma a investigar os efeitos da utilização combinada de pavimentos frios e vegetação em recorte urbano de São Carlos e compará-lo com outra cidade de médio porte e clima semelhante, considerando-se as condições climáticas atuais e as projeções climáticas futuras como forma de adaptação aos efeitos das mudanças do clima.

[2] Os cenários dos SSP cobrem uma gama mais ampla de futuros de gases de efeito estuda e poluentes atmosféricos do que os RCPs. São semelhantes, mas não idênticos, com diferenças nas trajetórias de concentração. A forçante radiativa efetiva geral tende a ser maior para os SSPs em comparação com os RCPs com a mesma denominação (*confiança média*) (IPCC, 2023).

[3] O Future Weather Generator é um aplicativo que transforma arquivos em formato EPW para inserir em programas de simulação e corresponder a cenários futuros de mudanças climáticas. Disponível em: https://future-weather-generator.adai.pt/.

Referências

BARROS, Kamyla Jannine Costa. **Parque urbano, conforto térmico e comportamento dos usuários**: o caso do Parque do Kartódromo na cidade de São Carlos/SP. 2022. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2022.

BARROS, K. et al. Desenvolvimento de abrigos de baixo custo para medições de temperatura e umidade relativa do ar. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2023. **Anais [...].**, 2023. p. 1–9. DOI: 10.46421/encac.v17i1.4072.

IPCC, 2023. Mudanças Climáticas 2023: Relatório de Síntese. IPCC, Genebra, Suíça.

KATZCHNER, Lutz. Urban climate studies as tools for urban planning and architecture; *In*: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 4. ENCAC, Salvador; ANTAC, 1997.

LEVINSON, R. et al. Methods of Creating Solar Reflective Nonwhite Surfaces and Their Application to Residential Roofing Materials. Solar Energy Materials and Solar Cells, v. 91, n. 4, p. 304-314, fev. 2007.

MOMM, S. et al. Planning and Urbanization in Climate Change Scenarios. **Ambiente & Sociedade**. v.23. 2020.

OKE, T.R. The energetic basis of the urban heat island. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 108 (455), p. 1–24. 1982. DOI: 10.1002/qj.49710845502.

Oke, T. R.; Mills, G.; Christen, A.; Voogt, J. A. **Urban climates**. Cambridge University Press. 2017.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. **Nova Agenda Urbana**. **Conferência Habitat III**. Quito: ONU. 2019. Disponível em: http://uploads.habitat3.org/hb3/NUA-Portuguese-Brazil.pdf

SANTAMOURIS, M.; YUN, Geun Young. Recent development and research priorities on cool and super cool materials to mitigate urban heat island. **Renewable Energy**, v. 161, p. 792-807, 2020. DOI: https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.07.109.

TAVARES, S. G.; SELLARS, D.; DUPRÉ K.; MEWS, G. H. Implementation of the New Urban Agenda on a local level: an effective community engagement methodology for human-centred urban design, **Journal of Urbanism**, 2022. DOI: https://doi.org/10.1080/17549175.2021.2021972.

Agradecimentos

Ao apoio financeiro fornecido pela Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).