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

Oásis urbanos: o potencial dos pátios escolares para adaptação ao aquecimento urbano

Oasis Urbanos: El Potencial de los Patios Escolares para la Adaptación al Calentamiento Urbano

Urban Oases: The Potential of Schoolyards for Adapting to Urban Heating

Clima e Planejamento Urbano

Madi, Vívian Siqueira
Arquiteta e Urbanista, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, vivian.madi@usp.br

Denise Helena Silva Duarte

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, dhduarte@me.com

Resumo

Diante do cenário atual das mudanças climáticas e do aumento de eventos extremos, torna-se essencial qualificar infraestruturas urbanas existentes para adaptação aos impactos do aquecimento urbano. Este estudo tem como objetivo avaliar o desempenho microclimático e o conforto térmico de uma rede potencial de oásis urbanos em pátios escolares de São Paulo, combinando infraestruturas verdes com outras estratégias de resfriamento. A metodologia inclui revisão bibliográfica, análise de planos urbanos, mapeamento de iniciativas, medições de campo e simulações microclimáticas. Os resultados preliminares apontam diferenças significativas nos parâmetros microclimáticos entre áreas vegetadas e não vegetadas, evidenciando o papel da vegetação na modulação do conforto térmico. A pesquisa contribui para a compreensão do potencial adaptativo dos pátios escolares, subsidiando políticas públicas e estratégias de resiliência urbana.

Palavras-chave: Mudanças climáticas. Resiliência urbana. Oásis urbanos. Pátios escolares. Infraestrutura verde.

Resumen

Ante el escenario actual de cambios climáticos y el aumento de eventos extremos, es esencial adaptar las infraestructuras urbanas para mitigar los impactos del calentamiento urbano. Este estudio tiene como objetivo evaluar el desempeño microclimático y el confort térmico de una red potencial de oasis urbanos en patios escolares de São Paulo, combinando infraestructuras verdes y otras estrategias de enfriamiento. La metodología incluye revisión bibliográfica, análisis de planes urbanos, mapeo de iniciativas, mediciones de campo y simulaciones microclimáticas. Los resultados preliminares muestran diferencias significativas en los parámetros microclimáticos entre áreas vegetadas y no vegetadas, destacando el papel de la vegetación en el confort térmico. La investigación contribuye a la comprensión del potencial adaptativo de los patios escolares, apoyando políticas públicas y estrategias de resiliencia urbana.

Palabras clave: Cambio climático. Resiliencia urbana. Oasis urbanos. Patios escolares. Infraestructura verde.

Abstract

Given the current scenario of climate change and the increase in extreme events, it is essential to adapt existing urban infrastructures to mitigate the impacts of urban heating. This study aims to evaluate the microclimatic performance and thermal comfort of a potential network of urban oases in schoolyards in São Paulo, combining green infrastructures and other cooling strategies. The methodology includes literature review, analysis of urban plans, mapping of initiatives, field measurements, and microclimatic simulations. Preliminary results indicate significant differences in microclimatic parameters between vegetated and non-vegetated areas, highlighting the role of vegetation in thermal comfort modulation. The research contributes to understanding the adaptive potential of schoolyards, supporting public policies and urban resilience strategies.

Keywords: Climate change. Urban resilience. Urban oases. Schoolyards. Green infrastructure.

Introdução e Justificativa

As mudanças climáticas, intensificadas pela atividade humana desde a década de 1950, têm aumentado a frequência e a intensidade das ondas de calor, com projeções de crescimento contínuo no futuro, conforme o Sexto Relatório de Avaliação do IPCC (2023). O aumento da concentração de gases de efeito estufa intensifica os extremos climáticos, como ondas de calor mais intensas, frequentes e duradouras (WMO, 2023). O ano de 2024 registrou temperaturas globais recordes, ultrapassando o limite de 1,5°C acima do período pré-industrial, conforme dados do Copernicus[1], e, no Brasil, foi o ano mais quente desde 1943[2], quando o INMET iniciou as medições, evidenciando uma tendência de aumento de temperatura nas últimas décadas[3]. Ademais, a exposição da população às ondas de calor tenderá a crescer com esse aquecimento adicional, agravando a mortalidade e a morbidade, especialmente as populações mais vulneráveis, a menos que se implementem medidas de adaptação à infraestrutura existente (WHO, 2018; SANTOS, 2024)

Nas áreas urbanas, as ondas de calor são frequentemente exacerbadas pelo fenômeno de ilha de calor urbana. Esse efeito resulta da urbanização e da alta concentração de construções feitas com materiais inertes, em que as cidades acabam absorvendo e retendo mais calor do que as áreas rurais (STONE, 2012; OKE, 2017).

Para que haja chance de alcançar o limite de 1,5°C estabelecido pelo Acordo de Paris, o mundo deve ter como objetivo a mitigação, ou seja, a redução em 50% das emissões de GEE até 2030 e a remoção do CO2 da atmosfera até 2050[4]. O AR6 do IPCC destaca a necessidade de ações de governos, sociedade civil e setor privado, incluindo o redesenho de cidades e a transição para transporte de baixo carbono (IPCC, 2023).

---

[1] **COPERNICUS**. *Copernicus Global Climate Report 2024 confirms last year as the warmest on record, first ever above 1.5°C annual average temperature*. Disponível em: https://www.copernicus.eu/en/news/news/copernicus-global-climate-report-2024-confirms-last-year-warmest-record-first-ever-above. Acesso em: 15 jan. 2025.

[2] LACERDA, Lucas. "2024 é o ano mais quente já registrado no Brasil". **Folha de São Paulo**. São Paulo, janeiro 2025. Disponível em: https://www1.folha.uol.com.br/ambiente/2025/01/2024-e-o-ano-mais-quente-ja-registrado-no-brasil.shtml. Acesso em: 05 janeiro 2025

[3] PIVETTA, M. Ano de 2023 é o mais quente do planeta desde 1850. **Revista Pesquisa FAPESP**. São Paulo, fevereiro 2024. Disponível em: https://revistapesquisa.fapesp.br/ano-de-2023-e-o-maisquente-do-planeta-desde-1850/#grafico-mostra. Acesso em: 09 abr. 2024.

[4] Webinário FAPESP Mudanças Climáticas Globais (PFPMCG). São Paulo, abril 2022. Disponível em: https://fapesp.br/15403/webinario-fapesp-mudancas-climaticas

No entanto, desastres como os ocorridos em 2024[5] [6] [7] mostram a urgência em adotar estratégias de adaptação das cidades que resistam à intensificação dos desastres climáticos. É fundamental identificar infraestruturas vulneráveis e desenvolver soluções adaptativas, especialmente enquanto as medidas mitigatórias ainda estão sendo implementadas.

A resiliência urbana, conforme a conferência Habitat III (ONU, 2015), denota a capacidade de adaptação e transformação dos sistemas urbanos. A adaptação, inserida no conceito de resiliência urbana, trata da adequação aos eventos extremos, preservando a vegetação nativa em áreas naturais e controlando e amenizando danos potenciais em áreas urbanas. As infraestruturas verdes, que consistem em redes multifuncionais de elementos permeáveis e vegetados, preferencialmente arborizados, podem atuar no controle de temperatura de edifícios e do microclima urbano, diminuindo os picos de temperatura durante o dia, na melhora da regulação térmica, manejo das águas, biodiversidade e qualidade de vida (CORMIER; PELLEGRINO, 2008).

Trabalhos recentes discutem o projeto de uma rede de oásis urbanos adequada ao contexto nacional e, particularmente, em São Paulo. Essas iniciativas visam contribuir para adaptação das cidades e acolhimento da população vulnerável em casos de ondas de calor (SOUSA, 2024). Os edifícios escolares são equipamentos públicos numerosos, de uso diário, bem distribuídos pelas cidades, incluídas as periferias, e que podem ter o seu uso ampliado para a comunidade durante os eventos de calor extremo. Os pátios escolares - muitas vezes locais áridos e impermeáveis - são espaços que podem abrigar intervenções para ampliar a rede de áreas verdes urbanas, contribuir com aspectos microclimáticos e, consequentemente, de adaptação à mudança do clima e promoção da resiliência urbana. A melhoria desses ambientes e seus entornos terá impacto em alunos, professores, famílias e a comunidade, promovendo bem-estar, inclusão e equidade social (RUIZ-MALLÉN, 2023). O projeto de naturalização de pátios escolares já ocorre em diversas cidades, como Paris, Barcelona, Madri,

[5] ARTAXO, Paulo. Chuva no Rio Grande do Sul e crise climática. Entrevista concedida a Juliana Domingos de Lima. **Estadão**, São Paulo, maio 2024. Disponível em: https://www.estadao.com.br/sustentabilidade/chuva-no-rio-grande-do-sul-e-crise-climatica-ate-quando-vamos-correr-atras-do-prejuizo/. Acesso em: 05 maio 2024.

[6] AFP. Índia enfrenta a onda de calor mais longa já registrada no país. **Metsul**, junho 2024. Disponível em:https://metsul.com/india-enfrenta-a-onda-de-calor-mais-longa-ja-registrada-no-pais/. Acesso em: 20 junho 2024

[7] VINOGRAD, Cassandra; MEKAY, Emad. Calor durante peregrinação a Meca deixa dezenas de mortos na Arábia Saudita. **Folha de São Paulo**. São Paulo, junho 2024. Disponível em: https://www1.folha.uol.com.br/mundo/2024/06/calor-durante-peregrinacao-a-meca-deixa-dezenas-de-mortos-na-arabia-saudita.shtm. Acesso em: 20 junho 2024

Milwaukee e São Paulo, através de iniciativas governamentais e de ONGs como Formigas-de-Embaúba[8] e Green Schoolyards[9].

Objetivos / Questão central da pesquisa

Este trabalho objetiva avaliar o desempenho microclimático e o conforto térmico de uma rede potencial de oásis urbanos em pátios escolares e suas envolventes, considerando sua contribuição para a adaptação ao aquecimento urbano em São Paulo, tanto no clima atual quanto nas projeções futuras. O estudo também busca identificar estratégias de integração entre infraestrutura verde e educação ambiental, promovendo benefícios para a comunidade escolar e o entorno.

Materiais e métodos

A pesquisa parte de revisão bibliográfica abordando mudanças climáticas, ondas de calor, microclima urbano, infraestruturas verdes, e estratégias de mitigação e adaptação. Então, serão analisados planos urbanos que utilizam pátios escolares como espaços de adaptação climática, em cidades como Paris, Barcelona, Madri, Los Angeles, São Francisco e Milwaukee. Em seguida, será realizado um mapeamento de iniciativas em São Paulo voltadas à mitigação e adaptação às mudanças climáticas. A investigação também identificará pátios escolares com potencial para intervenções, a partir de bases cartográficas do CESAD/FAUUSP, dados do Quapá e GeoSampa, estudos sobre morfologias urbanas e índices de vegetação (FERREIRA, 2019), além de dados do MapBiomas e levantamentos realizados pela ONG Formigas-de-Embaúba, especialmente voltados para o contexto escolar.

As medições de campo serão realizadas em dois pontos: um localizado dentro de uma mini-floresta e outro em um pátio descoberto, coberto por materiais inertes. Inicialmente, as medições ocorrerão em uma floresta já implantada, objetivando avaliar a diferença de conforto térmico entre as áreas interna e externa à vegetação. Em seguida, serão feitas medições em uma floresta em processo de implantação, observando seu estado atual e após 20 meses. Os instrumentos utilizados incluirão termo-higrômetros, termômetros de globo, anemômetros e câmeras termográficas.

[8] **Formigas-de-Embaúba.** Disponível em: https://linktr.ee/formigasdeembauba

[9] **Green Schoolyards America**. Disponível em: https://www.greenschoolyards.org/

Na etapa seguinte, serão realizadas simulações computacionais para avaliar o impacto das mini-florestas em cenários climáticos futuros. Elas utilizarão dados do INMET, IAG/USP e projeções do CPTEC/INPE para o horizonte até 2100, conforme cenários propostos pelo IPCC. Serão empregados o modelo ENVI-met V5.6 e o software QGIS 3.36.3.

Por fim, a pesquisa buscará identificar estratégias adaptativas adequadas aos diversos padrões urbanos da cidade, com base em medições, experimentações e simulações microclimáticas. As condições de conforto térmico serão avaliadas por meio dos índices PET (HÖPPE, 1999) e TEP (MONTEIRO, 2018).

Resultados esperados

Os resultados preliminares demonstram que, apesar da similaridade nas temperaturas de bulbo seco entre os dois pontos analisados, há variações expressivas nos níveis de umidade relativa do ar e, especialmente, na temperatura de superfície e na temperatura média radiante. Tais discrepâncias evidenciam a influência significativa da vegetação na modulação do microclima e na promoção do conforto térmico. As medições e simulações microclimáticas previstas na pesquisa permitirão uma avaliação mais robusta da eficácia das intervenções em pátios escolares na mitigação do estresse térmico decorrente de eventos extremos de calor. A análise será conduzida via comparação entre cenários com e sem intervenção, considerando tanto as condições climáticas contemporâneas quanto projeções futuras sob eventos de calor extremo.

Conclusão

O estudo evidencia o potencial dos pátios escolares como espaços estratégicos para a adaptação ao aquecimento urbano, especialmente em cidades densas como São Paulo. A integração de infraestruturas verdes nesses ambientes contribui para a modulação do microclima, promoção do conforto térmico e fortalecimento da resiliência urbana. Os resultados preliminares reforçam a importância de políticas públicas que incentivem a naturalização de pátios escolares.

Referências bibliográficas

CORMIER, Nathaniel S.; PELLEGRINO, Paulo R. M. **Infraestrutura verde**: uma estratégia paisagística para a água urbana. Paisagem e ambiente, São Paulo, v. 25, p.125-142, 2008.

FERREIRA, Luciana S. **Vegetação, temperatura de superfície e morfologia urbana:** um retrato da região metropolitana de São Paulo. 2019. Tese (Doutorado em Tecnologia da Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 2019.

HÖPPE, P. **The physiological equivalent temperature**: a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. Int J Biometeorol 43, 71–75 (1999). Disponível em: https://doi.org/10.1007/s004840050118

IPCC (Intergovenmental Panel on Climate Change): **Summary for Policymakers.** In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Disponível em: https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001

MONTEIRO, Leonardo Marques. **Conforto térmico em espaços urbanos abertos:** verificações modelares como aportes à exploração de abordagens. Tese (Livre-Docência em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

OKE, Timothy R.; CRISTEN, A.; VOOGT J. A.; MILLS, G. **Urban Climates.** London; New York: John Wiley & Sons, 2017.

ONU. Diretrizes Internacionais para Planejamento Urbano e Territorial. **Habitat III**, 2015.

RUIZ-MALLÉN, Isabel. **Nature-Based Solutions for Climate Adaptation in School Environments**: an interdisciplinary assessment framework. Barcelona: Universitat Oberta de Catalunya, 2023.

SANTOS, Djacinto Monteiro *et al*. Twenty-first-century demographic and social inequalities of heat-related deaths in Brazilian urban areas. **Plos One**, jan 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0295766

STONE Jr., Brian. **The city and the coming climate.** Climate Changes in the Places we live. New York: Cambridge, 2012.

WMO - World Meteorological Organization. **Climate change and heatwaves.** Disponível em: https://wmo.int/content/climate-change-and-heatwaves

WHO - World Health Organization. **Information and public health advice: heat and health.** Disponível em: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-heat-and-health