III SIMPOSIO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA HUMANA
26 a 28 de agosto de 2026

AVALIAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA, VULNERABILIDADE SOCIAL E A OCORRÊNCIA DE ILHAS DE CALOR SUPERFICIAIS NO MUNICÍPIO DE RIBEIRÃO PRETO, SP.

Janine Bottosso Passos (1); Emerson Galvani (2)
(1) Graduanda, Universidade de São Paulo, janinepassos@usp.br
(2) Professor Dr., Universidade de São Paulo, egalvani@usp.br

RESUMO

O processo de expansão e adensamento urbano, aos quais as cidades de médio e grande porte do interior paulista estão submetidas tornou-se notável, principalmente, após a década de 2000. Foi neste momento que a cidade de Ribeirão Preto, localizada na região nordeste do estado de São Paulo atingiu o status de município de grande porte. Este processo de intensificação da urbanização está atrelado à crescente modificação da cobertura da terra original, onde o solo e a vegetação naturais dão lugar à impermeabilização, materiais construtivos e verticalização construtiva. É notado na literatura que tal cenário está intimamente vinculado à modificações microclimáticas do espaço, agora altamente antropizado, resultando em um complexo mosaico térmico moldado à partir do sítio urbano consolidado e em bolsões de altas temperaturas que se destacam como ilhas de calor. Esta pesquisa surgiu da necessidade do melhor entendimento e análise quantitativa e qualitativa das dinâmicas microclimáticas do oitavo maior município do estado, associadas e relacionadas entre si. Objetivou-se a análise dessas correlações entre dinâmicas climáticas e os índices de urbanização, também associados à vulnerabilidade populacional, uma vez que são os habitantes da cidade que sentem e vivem o clima diariamente. Para tal, o sensoriamento remoto de imagens orbitais foi utilizado como método investigativo dos locais de ocorrência de áreas de maior intensidade térmica, para que assim se direcionasse um olhar analítico qualitativo em tais localidades. Desta forma, foi destacado um bairro, Ipiranga, identificado como a ilha de calor mais recorrente e intensa, no período de 11 anos, se destacando, não apenas por altas temperaturas superficiais, como também por sua escassez de equipamentos públicos voltados à mitigação de desconfortos térmicos, e, não coincidentemente, seu índice de vulnerabilidade social classificado em sua maioria como médio.

Palavras-chave: climatologia urbana, ilhas de calor, sensoriamento remoto, conforto térmico.

1. INTRODUÇÃO

O processo de intensificação e expansão da malha urbana, constatado em cidades do interior do estado de São Paulo, intensificou-se a partir da década de 1990, (Fundação Seade, 2025, Ayer, 2021). Neste cenário a climatologia insere-se no contexto urbano, uma vez que a configuração espacial é agente responsável pela geração de diferentes microclimas dentro de um recorte (Monteiro, 1976, Sant'anna Neto, 2011), decorrentes das modificações das características climáticas originais do local por atividade antrópica.

Como consequência destes microclimas, são formadas as ilhas de calor urbanas (ICU), fenômeno entendido como bolsões de ar quente, definidos pela diferença de temperatura entre áreas rurais e urbanizadas e também por variações espacialmente próximas, existentes no interior da própria cidade (Amorim, 2021, Oke, 1978). As ICU são altamente perceptíveis ao homem, uma vez que o desconforto térmico, já inerente à área de estudo, é acentuado pelo fenômeno. O município de Ribeirão Preto, surge como recorte desta pesquisa devido à sua inserção no cenário de expansão e adensamento de seu sítio urbano e à sua relevância econômica e populacional no estado de São Paulo, serem inversamente proporcionais à quantidade de estudos climáticos já publicados acerca do local. Assim, objetivou-se uma avaliação não apenas do local de ocorrência das ICU, mas também uma análise das variáveis independentes, tidas como causadoras do fenômeno estudado

Como metodologia, respalda-se o sensoriamento remoto como ferramenta amplamente utilizada em estudos de ICU superficiais (Tomlinson et al, 2011), devido à grande abrangência de dados, possibilitando o estudo de superfície em escala municipal para uma visualização da espacialização do fenômeno (Barros, Lombardo, 2016). Na atualidade, a análise remota continua sendo potente ferramenta no estudo das ICU e amplamente utilizada em relevantes publicações ao redor do mundo (Li et al., 2023; Nascimento et al, 2022; Porangaba, Galvani e Amorim, 2024; Freitas et al, 2024; Yue et al, 2023). Tais estudos reafirmam as possibilidades da correlação entre temperaturas de superfícies e outras variáveis correlacionáveis. O entendimento primário do local de ocorrência das áreas de destaque térmico conduziu a investigação focada

das características qualitativas dos mesmos. Tais características foram expressas pelas variáveis correlacionáveis sendo estas o uso e cobertura da terra, os padrões construtivos e posteriormente, os índices de vulnerabilidade social indicados pela Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE).

Desta forma, o estudo surgiu da notabilidade de haver uma lacuna em análises microclimáticas para o município de Ribeirão Preto. Não apenas notável como também alarmante, uma vez que o município vive intensa fase de urbanização, verticalização, impermeabilização e em decorrência disto, maiores índices de supressão vegetal de seu entorno, tendo em vista que a malha urbana se expande não apenas verticalmente como também horizontalmente. Estudos microclimáticos no contexto urbano servem como importantes subsídios informacionais para o direcionamento de políticas públicas, quando estas podem ter alguns de seus interesses voltados à mitigação de desconfortos térmicos associados à problemática climática atual, principalmente quando tais desconfortos, decorrentes de temperaturas mais elevadas, acometem o espaço e a população urbana de forma desigual.

2. OBJETIVO

O estudo teve como objetivo principal analisar a correlação entre ocorrência do fenômeno de ilhas de calor dentro do município de Ribeirão Preto, SP, com os padrões de uso e ocupação da terra e diferentes materiais construtivos urbanos, para a mesma localidade, no período de 2015 a 2025.

Como objetivos específicos, foram propostos: mapear a distribuição espacial da temperatura de superfície no município em diferentes recortes temporais em série e também correlacionar a produção do espaço urbano, expressa pelo uso e ocupação do solo e materiais presentes na superfície, as dinâmicas térmicas do clima urbano no município e os índices de vulnerabilidade ao quais a população está exposta.

3. MÉTODO

A metodologia consistiu no uso do sensoriamento remoto como ferramenta investigativa para a análise da espacialização da ocorrência das ilhas de calor superficiais, dentro do limite municipal de Ribeirão Preto, expressa em temperatura de superfície terrestre (TST). Foram utilizadas imagens termais captadas pelo satélite Landsat 8, oriundas de sua banda 10, a qual possui um sensor de captação termal que opera na região do infravermelho termal de ondas longas, capaz de registrar temperaturas emitidas pela superfície terrestre e de todos os materiais emissores de radiação que a compõem. Foram selecionadas 22 cenas, compreendendo o período de 2015 a 2025, separadas em concordância com a sazonalidade verão e inverno, resultando em 11 cenas termais referentes ao verão e 11 cenas termais referentes ao inverno, compondo uma série temporal de 11 anos.

O geoprocessamento das imagens foi realizado através do software QGIS 3.4 e as imagens termais adquiridas, gratuitamente, na plataforma Earth Explorer (https://earthexplorer.usgs.gov/), pertencente ao Serviço Geológico Norte Americano (USGS). Tais imagens raster, contendo os dados brutos da cena, foram adquiridas da Collection 2 e no nível 2 de processamento, a fim de maior padronização da série temporal. Para que tais cenas representassem a real temperatura emitida pelos materiais presentes na superfície da área estudada, em graus celsius, foi necessário uma série de procedimentos, expressos em fórmulas, aplicados à imagem inicial, por meio da calculadora raster. O processamento para obtenção da TST, foi possível a partir dos fatores multiplicativo e aditivo, encontrados nos metadados (arquivo .MTL) fornecidos juntamente do produto Landsat 8 Banda 10. As fórmulas utilizadas foram retiradas da plataforma da USGS, como a mesma indica que sejam processadas.

Após esta etapa, foi feita a padronização das legendas cartográficas, para que toda a escala de cores referente à TST pudesse ser equivalente e comparável entre si em todos os mapas da série, mas ainda distinguidos entre inverno e verão.

Ademais, para a determinação de uma ICU superficial, foi adotada a metodologia de Oke, (1978) a qual indica a escolha de uma área rural controle, para que se tenha uma base comparativa de temperaturas para definição das ICU.

Desta forma, foram obtidas cartografias de temperaturas superficiais para o município, em uma série temporal compreendendo 11 anos, tornando-se possível a visualização espacializada da ocorrência do fenômeno das ICU em Ribeirão Preto.

4. RESULTADOS

Como resultado primário, obteve-se uma série cartográfica representativa do comportamento da temperatura superficial de 2015 a 2025, recortada para a totalidade do perímetro urbano definido pelo Plano Diretor Municipal de Ribeirão Preto, SP e segmentada respeitando a sazonalidade inverno e verão. A análise da distribuição espacial das ICU superficiais permitiu a identificação de diferentes núcleos térmicos, onde

observou-se um contíguo de ilhas de calor superficiais, localizadas na região centro-oeste do sítio urbano, constituída por 11 bairros vizinhos entre si. Dentre estes bairros, destacou-se o denominado Ipiranga, o qual apresentou, durante toda a série temporal, a maior ocorrência de ICU superficiais, tanto em temperaturas quanto em recorrência. Com média de 50ºC no verão e 31,9ºC no inverno, o bairro apresentou 15,1ºC e 6,6º, mais altos, respectivamente, do que a área rural controle, configurando de fato uma ICU superficial. A figura 1 indica a localização do bairro em relação ao município e sua TST no verão de 2018, representativa como o ano de ICU superficial mais intensa registrada.

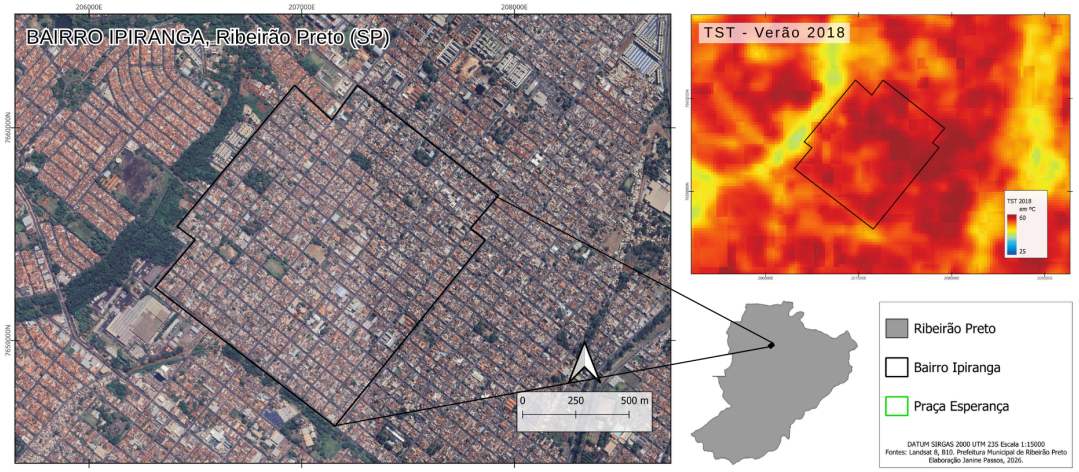

Figura 1 - Mapa de localização e temperatura superficial do bairro Ipiranga (A AUTORA, 2026).

As análises qualitativas da localidade indicaram que sua população está submetida à vulnerabilidade social entre baixa e alta, sendo sua maior parte classificada como média, segundo dados do Índice Paulista de Vulnerabilidade Social de 2023. Para além disto, o estudo em campo revelou que os padrões construtivos e de uso do solo do Ipiranga são fatores explicativos pela alta emissividade de calor do bairro, onde a alta taxa de impermeabilização somada à escassez vegetacional e à densidade construtiva, refletem na formação da ilha de calor. O bairro é predominantemente residencial, abrigando aproximadamente 17 mil habitantes, segundo dados censitários do IBGE 2020. O único refúgio de frescor de administração pública e uso coletivo, pouco possível de se constatar por TST, foi atribuído à Praça Esperança, que ocupa uma área de 0,009 km² de média cobertura vegetal, compondo poucas áreas de dossel denso, características que conferem uma parcela pequena quando comparada à totalidade de 1,44 km² de área do bairro. Em adição as maiores TST registradas ao longo da série temporal local se deram no verão do ano de 2018, superando os 50ºC médios, enquanto no mesmo dia a área rural registrava 38,8ºC. Já a maior TST registrada no período do inverno ocorreu em 2021, contando com 34,6ºC, registro de 7,4ºC superiores à área rural, no mesmo momento.

5. CONCLUSÕES

Os resultados das análises remotas, atrelados aos dados de campo, demonstraram com clareza o mosaico térmico das diferentes TST presentes no sítio urbano e recorrentes durante o período analisado. Também concluiu-se a correlação positiva entre a temperatura superficial e os padrões construtivos urbanos, enquanto a correlação entre a presença e densidade vegetacional e a variável de temperatura apresentou-se negativa. Tal resultado reafirma o referencial teórico em estudos de ICU, onde estas estão intrinsecamente ligadas à urbanização e consequentemente à modificação da cobertura original da terra. Ribeirão Preto teve sua maior ocorrência espaço-temporal de ICU superficial localizada no bairro Ipiranga, fato este conclusivo atrelado à escassez, ou quase nulidade, de refúgios de frescor pertencentes à localidade. A correlação entre tais parâmetros e o índice de vulnerabilidade social local também apresentaram uma paridade, indicando omissão do poder público no planejamento local voltado à qualidade de vida dos moradores, por ao menos 11 anos, principalmente no âmbito de mitigações climáticas urbanas e ao conforto térmico populacional.

Para além dos resultados obtidos, ressalta-se a necessidade do prosseguimento da pesquisa no âmbito da correlação entre TST e temperaturas do ar locais, uma vez que esta última é a real sentida e vivida pela população, determinante do conforto ou stress térmico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade. "**Ilhas de Calor Urbanas: Métodos e Técnicas de Análise."** Revista Brasileira de Climatologia, v. 25, 2021. Disponível em: https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/14136. Acesso em: abr. 2026.

AYER, J. E. B.; LÄMMLE, L.; GAROFALO, D. F. T.; MINCATO, R. L.; SERVIDONI, L. E.; PEREIRA, S. Y. **"Dinâmica espaço-temporal do uso e ocupação da terra no Município de Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil."** Revista de Geografia e Ordenamento do Território, n.º 21 (2021). Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território, p. 88-120,dx.doi.org/ 10.17127/got/2021.21.004.

BARROS, Hugo Rogério; LOMBARDO, Magda, Adelaide. "**A ilha de calor urbana e o uso e cobertura do solo em São Paulo-SP."** Geousp – Espaço e Tempo, v. 20, n. 1. 2016. Disponível em: http://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/97783. Acesso em jun. 2025.

FREITAS, Cley Anderson Silva de; SILVA, Sabrina Lopes da; MIRANDA, Ingrydy Magaélia Felix; ALMEIDA, Davi Silva Fernandes de; FIGUEIREDO, José Vidal de; MOREIRA, Luís Clenio Jário; CALOU, Vinícius Bitencourt Campos. **"Dinâmica Temporal de Ilhas de Calor na Região do Crajubar - CE: Causas, Efeitos e Medidas de Mitigação"** Revista Brasileira de Meteorologia. nº39, 2024 Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbmet/a/gPZxJcfcpT3nZHBfDL7MJZM/?lang=pt#. Acesso em: jan/2026.

FUNDAÇÃO SEADE **"Urbanização avança no estado de SP, e população rural apresenta média de idade maior, aponta Fundação Seade"** 2025. Disponível em: https://www.agenciasp.sp.gov.br/urbanizacao-avanca-no-estado-de-sp-e-populacao-rural-apresenta-media-de-idade-maior-aponta-fundacao-seade/. Acesso em abr. 2026.

LI, Y., Zhao; Hua Wu; Si-Bo Duan; Wei Zhao; Pei Leng, Ronglin Tang, Jinshun Zhu, Yingwei Sun, Menglin Si, Meng Liu, Jiahao Li, Xia Zhang, Bo-Hui Tang, Guangjian Yan, Chenghu Zhou **"Satellite Remote Sensing of Global Land Surface Temperature: Definition, Methods, Products, and Applications".** Reviews of Geophysics. Vol. 61 Issue 1. 2023. Disponível em: https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2022RG000777. Acesso em fev. 2026.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. "Teoria e Clima Urbano." São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia, 1976.

NASCIMENTO, Augusto Cezar Lima do; GALVANI, Emerson; GOBO, João Paulo Assis; WOLLMANN, Cassio Arthur. **"Comparison between Air Temperature and Land Surface Temperature for the City of São Paulo, Brazil."** Atmosphere 2022, 13, 491. Disponível em: https://www.mdpi.com/2073-4433/13/3/491#B25-atmosphere-13-00491. Acesso em set. 2025

OKE, Timothy R. **"Boundary Layer Climates."** London: Methuen, 1978.

PORANGABA, Gislene Figueiredo Ortiz; GALVANI, Emerson; AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade. **"Ilhas de calor superficiais e ondas de calor em Três Lagoas, MS: análise pela ótica do risco e da vulnerabilidade socioambiental.**" Revista Brasileira de Climatologia, [S. l.], v. 35, n. 20, 2024. Disponível em: https://ojs.ufgd.edu.br/rbclima/article/view/18319. Acesso em: fev. 2026.

SANT'ANNA NETO, João Lima. **"O Clima Urbano como Construção Social: Da Vulnerabilidade Polissêmica das Cidades Enfermas ao Sofisma Utópico das Cidades Saudáveis."** Revista Brasileira de Climatologia, [S. l.], v. 8, 2011. Disponível em: https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/25794. Acesso em: jan. 2026

TOMLINSON, C.J., CHAPMAN, L., THORNES, J.E. and BAKER, C. **"Remote sensing land surface temperature for meteorology and climatology: a review."** Met. Apps, 18: 296-306. 2011. Disponível em: https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/met.287. Acesso em mar. 2026

YUE, W., XU, J., TAN, W., XU, L. "**The relationship between land surface temperature and NDVI with remote sensing: application to Shanghai Landsat 7 ETM+ data."** International Journal of Remote Sensing, 28(15), p. 3205–3226. Disponível em: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01431160500306906 Acesso em mar. 2026.