

CONFORTO TÉRMICO DOS MORADORES DO MUNICÍPIO DE INDAIATUBA: UMA ANÁLISE MULTIFATORIAL

Palavras-Chave: Climatologia, Clima Urbano, Fatores Socioeconômicos, Vulnerabilidade Climática

Autoras:

FERNANDA CRISTINA ZANNI PESTANA – IG, UNICAMP

Dr^(a). LARISSA VIEIRA ZEZZO (coorientadora) – IG, UNICAMP

Prof^(a). Dr^(a). PRISCILA PEREIRA COLTRI (orientadora) – CEPAGRI, UNICAMP

INTRODUÇÃO:

As cidades brasileiras, em sua grande maioria, mal planejadas e carentes de infraestrutura adequada, geram alterações ambientais e problemáticas sociais. As desigualdades sistêmicas e as condições de vulnerabilidade têm sido temas centrais em estudos ambientais, geralmente associados a fatores como renda, educação, cultura e poder político (Confalonieri, 2015).

No meio urbano, os impactos ambientais se intensificaram, resultando em altas taxas de poluição do ar e da água, degradação do solo e fenômenos extremos como ilhas de calor, chuvas intensas, inundações e desabamentos (Lombardo, 1985). O clima urbano, conforme Monteiro (1976), pode ser entendido como um sistema que engloba o clima de um determinado espaço terrestre resulta da interação entre o ambiente natural e o processo de urbanização, configurando um sistema aberto que influencia e é influenciado pelas condições locais.

A Ilha de Calor Urbana (ICU) é uma manifestação dessas alterações, representando anomalias térmicas causadas por modificações no uso e ocupação do solo (Amorim et al., 2009). Sua intensidade varia conforme características urbanas, materiais de construção, atividades industriais e condições atmosféricas (Neto e Amorim, 2017). Em cidades tropicais, a ICU pode provocar estresse térmico e afetar o bem-estar humano, tornando essencial o estudo do conforto térmico. Este é definido como a condição de equilíbrio entre o organismo humano e o ambiente, sem esforço fisiológico (Fante, 2019), embora seja influenciado por múltiplos fatores e grupos sociais. A maioria dos estudos sobre essa temática, se concentra em cidades de grande porte e de clima temperado, com isso, há poucos estudos em cidades de médio e pequeno porte, de clima tropical (Amorim et al., 2009; Zezzo et al., 2025).

Diante disso, este trabalho teve como objetivo a realização de uma análise multifatorial do conforto térmico dos moradores do município de Indaiatuba (SP), mapeando e investigando-o em relação aos aspectos socioeconômicos, climáticos e ambientais.

METODOLOGIA:

Área de estudo

O município de Indaiatuba (Figura 1), localizado no sudoeste do Estado de São Paulo, possui clima tropical do tipo Cwa, com verões quentes e úmidos e invernos frios e secos (Dubreuil et al., 2018). Situado a uma altitude média de 575 metros, o município abriga 255.748 habitantes em uma área de 311,5 km² (IBGE, 2022). Trata-se de uma cidade de porte médio, com destaque no contexto do desenvolvimento regional (Zezzo et al., 2024).

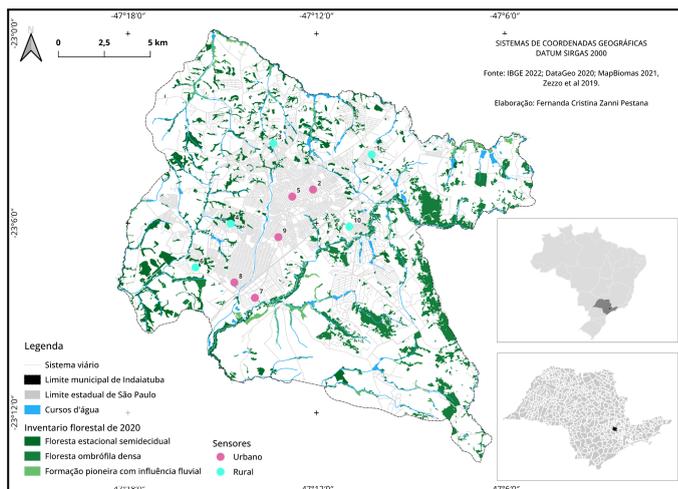


Figura 1 - Mapa de localização do município de Indaiatuba (SP) e dos sensores
Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Para as análises, foram investigados quatro fatores: (i) índice socioeconômico, (ii) uso e ocupação do solo, (iii) magnitude das Ilhas de Calor Urbanas (ICUs) e, (iv) conforto térmico. O índice socioeconômico foi obtido a partir do Indicador de Nível Socioeconômico (INSE, 2021), posteriormente georreferenciado no QGIS. O uso e cobertura do solo foram mapeados com dados do projeto MapBiomas, somado às imagens extraídas do satélite Sentinel-2, permitindo o cálculo do índice de vegetação NDVI. As ICUs foram analisadas com base em dados de temperatura de sensores fixos instalados no município (Zezzo et al., 2025). Por fim, para o conforto térmico, selecionou-se os meses de fevereiro e julho, representativos da estação chuvosa e seca, respectivamente, além disso, foram selecionados dois sensores (sendo um deles instalado em área urbana e o outro, em área rural), e aplicado o Índice de Temperatura Efetiva (TE) (Figura 2), considerando os dados coletados de temperatura e umidade. Os resultados foram organizados por médias horárias e classificados segundo a adaptação de Fanger (1972) por Fante (2019).

Equação	$TE = Ta - 0,4 (Ta - 10) (1 - UR / 100)$
Variáveis	TE é temperatura efetiva (°C) Ta = temperatura do ar o (°C) HR= humidade relativa (%)

Figura 2 - Equação do Índice de Temperatura Efetiva
Fonte: Carvalho (2006); Fante (2019).

Resultado dos índices	Sensação térmica	Grau de estresse fisiológico
<13	Muito frio	Extremo estresse ao frio
13 - 16	Frio	Trintar
16-19	Frio moderado	Ligeiro resfriamento do corpo
19 - 22	Ligeiramente frio	Vasoconstrição
22 - 25	Confortável	Neutralidade Térmica
25 - 28	Ligeiramente quente	Ligeiro suor e vasodilatação
28 - 31	Quente moderado	Suando
31 - 34	Quente	Suor em profusão
>34	Muito quente	Falha na termorregulação

Figura 03 - Classificação de conforto térmica aplicada ao resultado do Índice TE
Fonte: Elaborado pelos autores (2025) e adaptado de Fante (2019, p. 114).

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Descrição dos resultados

Constatou-se que, para a cidade de Indaiatuba estão presentes os níveis 4, 5, 6 e 7 do SAEB. Embora todas as escolas que compõem o índice sejam classificadas como urbanas, algumas delas estão afastadas do centro da cidade. O nível mais baixo encontrado na área de estudo foi o 4 (Figura 4),

Localização	Quantidade de Escolas	Níveis do SAEB			
		Nível 4	Nível 5	Nível 6	Nível 7
Centro urbano	39	0	18	19	2
Entorno do centro urbano	9	1	5	3	0

Figura 04 - Localização do Indicador de Nível Socioeconômico (INSE) do SAEB
Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

verificado em apenas 1 escola, que está situada a 18 minutos de carro ou a 1 hora de transporte público do centro, ou seja, além da distância física, existe a distância social do centro da cidade.

Os níveis 5 e 6, do SAEB, foram os mais observados nas escolas classificadas (Figura 4). A diferença entre os índices está na contratação de empregada mensalista e conclusão de graduação dos responsáveis para o nível 6, enquanto o nível 5 não possui esses requisitos (Ministério da Educação, 2021). Já as escolas que possuem o nível 7 estão localizadas no centro urbano.

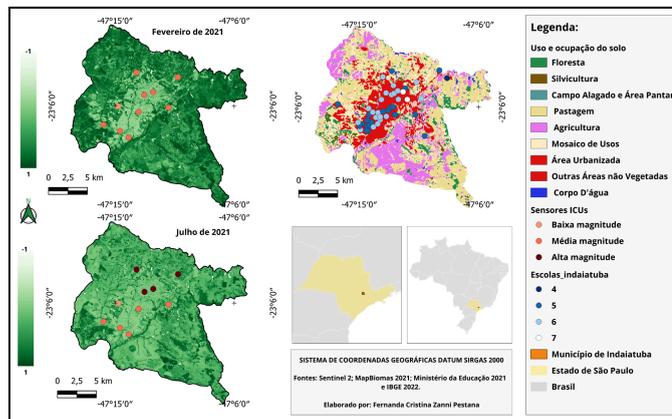


Figura 05 - Coleção de mapas para o Município de Indaiatuba (SP)
Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

As classes de uso e ocupação mais frequentes na cidade são a agropecuária (72%), seguida pela área urbanizada (20%) e em menor escala, a floresta e os corpos d'água (7% e 1%, respectivamente) (Figura 05). O maior índice de vegetação foi de 0,92 nos locais em que há a presença de florestas urbanas, predominantemente no entorno da cidade, ou em fragmentos presentes em parques ou praças. Já no centro da cidade, área desprovida de vegetação, o NDVI está próximo de 0,08.

Destaca-se que o NDVI variou entre a estação seca (julho) e a chuvosa (fevereiro), onde seu valor foi maior na estação chuvosa em função de cenários atmosféricos distintos que exercem influências sobre as ICUs.

Nessa perspectiva, os sensores que estimaram alta magnitude para as ICUs na estação seca (julho), foram os sensores instalados no centro da cidade, situados em locais densamente urbanizados, com o NDVI variando de 0,09 a 0,2 para ambos os períodos calculados. Para a estação chuvosa (fevereiro), os mesmos sensores apresentaram uma magnitude média da ICU, demonstrando que há relação entre sazonalidade e intensidade da ICU (Zezzo et al., 2024). Assim, o único sensor que apresenta baixa magnitude para as ICUs em ambos os períodos deve-se à presença de uma área florestada no seu entorno, que possui NDVI de 0,7 na estação seca (julho) e 0,9 na chuvosa (fevereiro).

A partir da aplicação da fórmula de conforto térmico, evidencia-se que no sensor 4 (Figura 6), instalado em uma área rural, a maior frequência de dados ocorreu na classe "ligeiramente frio" para estação chuvosa. A estação seca (julho), obteve-se maior predominância da classe "frio moderado". Para o sensor 5 (Figura 6), instalado na área urbana, os resultados indicam maior frequência de dados na classe "ligeiramente frio".

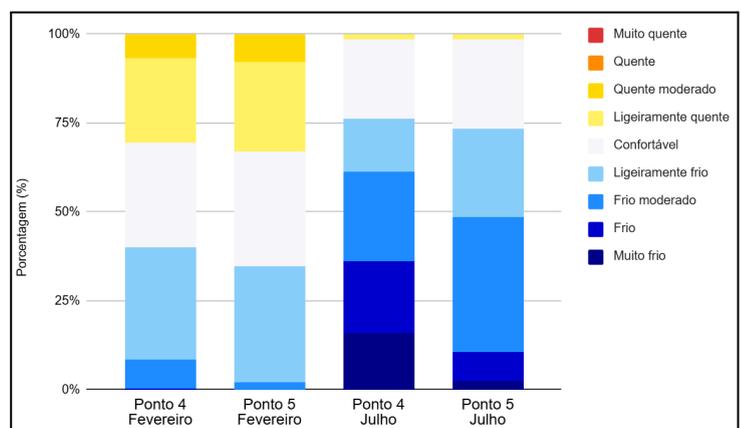


Figura 06 - Frequência do Conforto Térmico para Indaiatuba-SP
Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Para o período seco (julho), houve maior predominância da classe "frio moderado" e evidenciou-se maiores variações quanto ao conforto térmico (Figura 6). As classes "quente" e "muito quente" não foram encontradas para o período analisado.

Discussões

Abarcando os diferentes usos do solo no município, que sublinham a relação entre elevados valores de magnitude de ICU em zonas altamente urbanizadas, nota-se a presença de vegetação como importante fator na regulação térmica, sendo a implantação de espaços verdes, uma das principais medidas de adaptação e mitigação das ICUs (Spyrou et al., 2023). Outrossim, são nesses locais com acentuada urbanização em que as escolas municipais e estaduais estão concentradas, destacando-se a ocorrência de escolas com índices socioeconômicos elevados atrelada às áreas com maiores magnitudes de ICU, especialmente no centro da cidade. Em contraponto, às escolas com menor índice socioeconômico estão localizadas na periferia da cidade com magnitudes menores de ICU.

A análise dos resultados indica que o desconforto térmico está relacionado à ICU, porém não é exclusivamente determinado por ela. As diferenças entre o ponto 4 e 5 estão fortemente associadas ao uso e ocupação do solo, considerando que o sensor 4 está próximo a um fragmento de mata, enquanto o sensor 5 está localizado no centro do município, uma área densamente urbanizada e com elevado índice de construções (Zezzo et al., 2024; Zanni Pestana et al., 2024). Além disso, nota-se que próximo aos sensores situam-se escolas classificadas no nível 6 do SAEB (Figura 07).

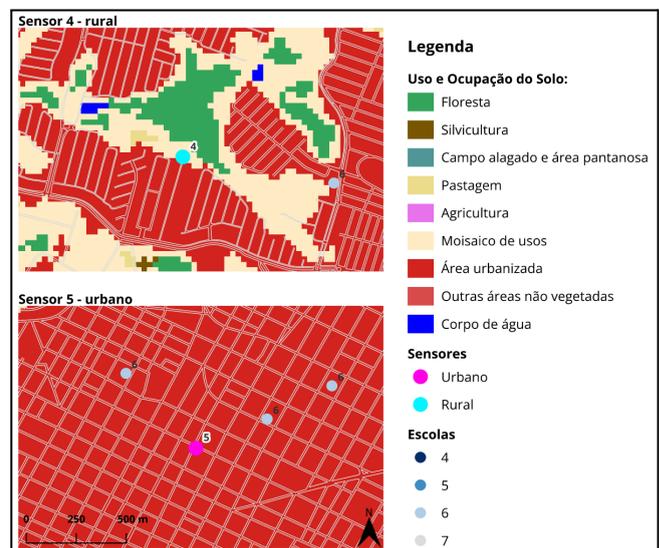


Figura 07 - Uso e ocupação do solo nas áreas próximas aos sensores selecionados e escolas presentes

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

CONCLUSÕES:

Em Indaiatuba, cidade tropical de médio porte, não foi observada uma relação direta entre a condição socioeconômica das famílias e as áreas com maiores magnitudes de ICU, desafiando os achados de estudos urbanos em grandes cidades. A dinâmica urbana local mostrou que o uso do solo e a presença ou ausência de vegetação desempenham um papel central na formação e espacialização das ICUs. Embora a magnitude e a frequência de ICU sejam maiores em julho, isso não necessariamente corresponde ao aumento do desconforto térmico para classes quentes, já que é influenciado por fatores meteorológicos, como a instabilidade climática, comum em fevereiro, e a presença de frentes frias em julho. A ICU é um fenômeno multifatorial, moldado pela geografia, uso do solo e áreas verdes, impactando de maneira distinta os moradores conforme sua proximidade com

esses elementos. Embora o índice socioeconômico não tenha sido determinante na vulnerabilidade, é importante ressaltar que o poder aquisitivo afeta a resiliência durante eventos extremos.

BIBLIOGRAFIA

AMORIM, M. C. C. T.; DUBREUIL, V.; QUENOL, H.; SANT'ANA NETO, J. L.. Características das ilhas de calor em cidades de porte médio: exemplos de Presidente Prudente (Brasil) e Rennes (França). **Confins**, n. 7, 2009.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). **Saeb 2021: Indicador de Nível Socioeconômico do Saeb 2021: nota técnica**. Brasília, DF: Inep, 2023.

CARVALHO, V. F. M.. **Contributos bioclimáticos para o planejamento urbano sustentável: medidas de mitigação e de adaptação enquanto resposta às alterações climáticas**. 2006. Dissertação de Mestrado. Universidade do Porto (Portugal).

CONFALONIERI, U. E. C.. Variabilidade climática, vulnerabilidade social e saúde no Brasil. **Terra livre**, n. 20, p. 193-204, 2003.

DUBREUIL, Vincent et al. Os tipos de climas anuais no Brasil: uma aplicação da classificação de Köppen de 1961 a 2015. **Confins. Revue franco-brésilienne de géographie**, n. 37, 2018.

FANGER, P. O. **Thermal comfort, analysis and application in environmental engineering**. 1ª edição. New York: McGraw Hill, 1972.

FANTE, Karime Pechutti. **Eventos extremos de temperatura e seus impactos no conforto térmico humano: estudo de caso em Presidente Prudente, Brasil, na perspectiva da geografia do clima**. 2019. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/indaiatuba/panorama>. Acesso em: 19 de Fev. 2025.

LOMBARDO, M. A.. **Ilha de Calor nas Metrôpoles: o exemplo de São Paulo**. São Paulo: Editora HUCITEC, 1985.

MONTEIRO, C. A. F.. **Teoria e clima urbano**. Tese de livre docência. São Paulo, 1976.

NETO, A. T.; AMORIM, M. C. C. T.. **Ilha de Calor Urbana e desconforto térmico: uma análise episódica em Cuiabá/MT**. Os desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento, v. 1, p. 1492-1506, 2017.

SPYROU, G.; IOANNOU, B.; SOULIOTIS, M.; SAVVIDES, A.L.; FOKAIDES, P. A.. The adaptability of cities to climate change: evidence from cities' redesign towards mitigating the UHI effect. **Sustainability**, v. 15, n. 7, 6133p, 2023.

ZANNI PESTANA, F. C.; ZEZZO, L. V.; COLTRI, P. P.. Ilhas de calor urbanas e os aspectos socioeconômicos e ambientais para o município de Indaiatuba (SP). . In: XX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 2024, João Pessoa. **Anais [...]**. Campina Grande: Editora Realize, 2024.

ZEZZO, L. V.; COLTRI, P. P.; DUBREUIL, V.. Frequência e intensidade de ilhas de calor urbano em Indaiatuba (São Paulo). In: **Cidades, clima e vegetação: modelagem e políticas públicas ambientais**. Org: Amorim, M.C.C.T & Dubreuil, V. Porto Alegre (RS). **TotalBooks**, 105-123, 2024.

ZEZZO, L. V.; COLTRI, P. P.; DUBREUIL, V.. **Dados de temperatura e umidade de Indaiatuba - Ano 2022**. Disponível em: <https://doi.org/10.25824/redu/RMGPU1>. Acesso em: 21 de Fev. 2025.