

DINÂMICA DE FORMAÇÃO DE ILHAS DE CALOR URBANAS EM DOIS NÍVEIS ALTIMÉTRICOS DA CIDADE DE PRESIDENTE PRUDENTE (SP)¹

Igor Vinícius Barbosa Duchini²
Danielle Cardozo Frasca Teixeira³
Margarete Cristiane De Costa Trindade Amorim⁴

INTRODUÇÃO E REFERENCIAL TEÓRICO

Os estudos climáticos na atualidade se encontram em um contexto de bastante destaque. Primeiro, pelo fato de a humanidade estar inserida em um processo de crise climática devido ao aquecimento global por ação humana, o qual se origina com o início da atividade industrial, produtora de gases que favorecem o efeito estufa (SCHURER *et al.*, 2017; ALLEN *et al.*, 2018). Porém, para além dessa problemática em escala global, é relevante estudar o clima enquanto uma condicionante da vida da população humana nas escalas locais (MONTEIRO, 2009). Logo, quando se pensa em habitações humanas em uma escala local é inegável a consideração das cidades como os principais ambientes de ocupação dos seres humanos na superfície terrestre e, portanto, como um ambiente cujas atividades geram alterações no clima (MONTEIRO, 2009; BULKELEY, 2013).

Assim sendo, o presente trabalho é fruto de uma pesquisa elaborada justamente tendo como foco a compreensão das dinâmicas climáticas da cidade a partir de duas metodologias complementares de estudo desse ambiente. Primeiramente, a compreensão da atmosfera urbana como composta por camadas, nas quais se manifestam diferentes ilhas de calor urbanas, conforme expõem Oke *et al.* (2017). Além disso, o entendimento de um “Sistema Clima Urbano” (SCU) composto por interações de diferentes subsistemas, resolução proposta por Monteiro (2009).

¹ O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Brasil. Processo nº 2024/10061-1.

² Graduando do Curso de Geografia da Universidade Estadual Paulista – Unesp igor.vb.duchini@unesp.br

³ Professora Doutora do Departamento de Geografia da Universidade Estadual Paulista – Unesp danielle.frasca@unesp.br

⁴ Professora Doutora do Departamento de Geografia da Universidade Estadual Paulista – Unesp margarete.amorim@unesp.br

Os referidos autores trazem perspectivas bastantes relevantes para o estudo do clima urbano e como ele é condicionado e condiciona as atividades humanas que são particularmente intensas nas cidades. Em especial, as propostas são relevantes para o estudo das ilhas de calor urbanas, fenômeno que é caracterizado pelo aquecimento diferenciado do ambiente urbano em relação ao ambiente rural próximo (AMORIM, 2005; AMORIM, 2019).

Oke *et al.* (2017) estabelecem uma análise a partir da formação das ilhas de calor em diferentes camadas atmosféricas. A “*canopy layer*”, ou camada atmosférica inferior (abaixo da altura média das construções), a camada acima desta, a “*boundary layer*”, ou camada atmosférica superior (acima da altura média das construções), a camada superficial, ou seja, a temperatura dos alvos e a camada da subsuperfície, no subsolo. Cada uma dessas camadas é regida por dinâmicas particulares que promovem a formação de ilhas de calor urbanas.

Monteiro (2009), por sua vez, traz uma percepção do clima urbano por meio de três subsistemas, que se manifestam em “canais de percepção”. São eles os subsistemas “termodinâmico”, que trata das condições de conforto térmico, “físico-químico”, que diz respeito a qualidade do ar e “hidrometeorológico”, que destaca os “impactos meteorológicos”. Além disso, a proposta do autor é sistêmica, isto é, leva em consideração que o clima urbano se manifesta e desenvolve dentro de um ambiente que possui diferentes fontes, repercussões e efeitos na cidade e em seus habitantes, entre outras consequências que dizem respeito diretamente aos indivíduos que ocupam e produzem o espaço urbano.

Nesse contexto, a pesquisa desenvolvida tem como objetivo principal o estudo da formação das ilhas de calor urbanas na atmosfera inferior (abaixo da altura média das construções) em dois níveis altimétricos de um microclima da cidade de Presidente Prudente (SP).

METODOLOGIA

A cidade de Presidente Prudente se configura como porte médio, com 225.668 habitantes (IBGE, 2022), e que está localizada nas coordenadas 22° 07' 33"S 51° 23' 20"O. Nela, foram analisadas as temperaturas da atmosfera inferior em duas alturas distintas (cerca de 15 metros de diferença) em dois pontos urbanos em relação a um ponto no ambiente rural próximo. Como ambiente rural próximo em Presidente Prudente entende-se uma área com baixíssima densidade construtiva, vegetação rasteira extensa e presença esparsa de árvores. No local está instalado um sensor térmico semelhante àqueles localizados na cidade.

Para o desenvolvimento do projeto foram utilizados sensores modelos HOBO Data Logger U23-00X (HOBO Data Loggers, 2017) instalados em três localidades distintas em Presidente Prudente. Dois sensores estão localizados no ambiente urbano com distância de cerca de 200 metros horizontalmente e cerca de 15 metros verticalmente (Figura 1). Outro sensor, como apontado anteriormente, está localizado no ambiente rural próximo (cerca de 6 km dos pontos urbanos) a fim de determinar o processo de formação das ilhas de calor urbanas.

Figura 1 – Sensores instalados no ambiente urbano; próximo à superfície (primeira imagem) e a cerca de 15 metros de altura (segunda imagem).



Fonte: O autor (2024).

Os dados obtidos registram a temperatura média do ar obtida em cada hora a partir de leituras realizadas a cada 15 minutos. Com tais informações, é possível estabelecer o comportamento da temperatura de cada localidade e destacar a formação das ilhas de calor urbanas. Esse fenômeno climático é definido pela diferença entre a temperatura do ar em um determinado ambiente caracterizado como urbano em relação a uma localidade rural ou com maior densidade vegetativa localizada nos arredores da cidade estudada (OKE *et al.*, 2017, p. 199; AMORIM, 2019; AMORIM, 2020).

Para se determinar uma ilha de calor urbana na atmosfera inferior, geralmente valem-se de sensores térmicos instalados tanto na área urbana, quanto no ambiente rural (OKE *et al.*, 2017, p. 46). Desse modo, uma sequência de dados de temperatura pode ser obtida, permitindo uma comparação da diferença entre elas ΔT ($T_U - T_R$) (onde T_U é a temperatura aferida na cidade e T_R , a aferida no ambiente rural).

Desse modo, a análise da ocorrência do fenômeno em duas alturas distintas do ambiente urbano pretende, justamente, observar o comportamento da temperatura da atmosfera em duas condições urbanas distintas. Na altura dos telhados a temperatura do ar tende a cair de maneira

mais rápida após o pôr do Sol, uma vez que o fator de visão do céu (*sky view factor*) é maior nessa localidade (OKE *et al.*, 2017). Assim, esperou-se que tal comportamento se manifestasse no local de estudo.

Logo, munido dessas informações, é possível a elaboração das tabelas dinâmicas (por meio do *software* Excel, marca registrada *Microsoft Corporation*), as quais permitem a definição das intensidades das ilhas de calor urbanas para cada dia do mês de janeiro. As intensidades são determinadas de forma horária, justamente para observar o padrão de ocorrência do fenômeno, a qual é mais propícia a ocorrer durante a noite (AMORIM *et al.*, 2021).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Destaca-se, primeiramente, as condições gerais do clima em Presidente Prudente e as condições sinóticas observadas em janeiro de 2024. De modo geral, o verão em Presidente Prudente é caracterizado pela atuação de massas de ar tropicais, sendo originadas no Oceano Atlântico, a qual é quente e úmida, ou do interior do continente, sendo esta quente e seca. Algumas massas de ar polar também se deslocam sobre o continente durante a estação de verão, porém são pouco intensas, sendo, contudo, as principais responsáveis por gerarem os eventos de precipitação no período (SANT'ANNA NETO e TOMMASELLI, 2009).

Sendo assim, janeiro de 2024 em Presidente Prudente foi caracterizado pela predominância de massas de ar tropicais e por sistemas instáveis (como frentes polares atlânticas)⁵. Não obstante, o mês apresentou certos períodos de resfriamento com a atuação de massas polares pontuais. Por outro lado, houve baixa quantidade de precipitação, não chegando a 70mm de chuva no total dos 31 dias.

Para a ocorrência de ilhas de calor urbanas, condições atmosféricas mais úmidas tendem a ser um cenário desfavorável, visto que há maior homogeneização das condições térmicas de ambos os ambientes urbano e rural. Por estar mais úmido, o solo rural é capaz de admitir maior quantidade de calor, apresentando, posteriormente, um ritmo de resfriamento menor durante a noite (OKE *et al.*, 2017, p. 221). A cidade, por já apresentar menor capacidade de eliminar calor (OKE *et al.*, 2017, p.128), também continua aquecida durante a noite. Em suma, em condições

⁵ Informações obtidas por meio da análise rítmica (Monteiro, 1971), elaborada a partir dos dados disponíveis para janeiro de 2024 na estação meteorológica automática A707 do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) localizada em Presidente Prudente, de imagens de satélite fornecidas pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) e de cartas sinóticas elaboradas pela Marinha do Brasil.

úmidas, como após um período de chuvas, as intensidades das ilhas de calor urbanas tendem a ser menores.

Portanto, as maiores intensidades do fenômeno costumam ocorrer em meses mais secos, tipicamente no inverno, no caso do clima em Presidente Prudente (SANT’ANNA NETO e TOMMASELLI, 2009; AMORIM, 2020). Contudo, o mês de janeiro de 2024, como já exposto anteriormente, foi particularmente seco, proporcionando alguns dias com maiores diferenças de temperatura entre o ambiente urbano e rural, conforme será exposto adiante.

Logo, é possível observar na Tabela 1, representando o sensor próximo à superfície urbana em comparação com aquele no ambiente rural, as maiores intensidades do fenômeno se dão no período noturno, conforme aponta a literatura (OKE *et al.*, 2017; Amorim *et al.*, 2024). Ou seja, é após o pôr do Sol até pouco antes do amanhecer quando há a maior diferença de temperatura entre a cidade e o rural próximo, sendo aquela mais quente. Isso pode ser explicado pelo fato de que os materiais construtivos e a geometria que caracterizam a cidade resulta em menor eficiência da liberação do calor dessa porção da atmosfera (DA SILVA LOPES e HORA, 2024), além do “fluxo de energia antrópica”, proveniente das atividades desenvolvidas pelos indivíduos nas cidades (OKE *et al.*, 2017, p. 160). Em contrapartida, o meio rural possui capacidade muito maior de liberação de calor e, em especial, possui um fator de visão do céu consideravelmente maior, proporcionando resfriamento mais eficiente.

Tabela 1 – Tabela dinâmica do ponto urbano próximo à superfície em relação ao ponto rural, destacando os níveis de intensidade da ilha de calor para cada horário no decorrer do mês de janeiro de 2024.

Dias	Horários																								Média Diária	Precip. (Total em mm)
	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00		
1/1	2.6	2.7	3.1	3.7	4.1	3.3	2.0	-1.1	-0.7	-0.9	0.5	0.1	0.3	0.5	0.8	-0.3	0.0	0.6	2.9	3.9	5.2	4.9	4.4	3.8	1.9	0
2/1	3.5	3.2	2.8	2.9	3.0	2.8	1.9	1.2	-1.0	-0.4	0.4	-0.2	1.2	0.5	2.9	2.1	0.2	0.6	2.1	2.7	2.8	3.5	3.8	4.1	1.9	0
3/1	3.9	3.3	3.1	3.2	3.1	2.9	1.8	-0.7	-0.6	-0.6	0.2	0.3	1.4	0.0	-0.1	0.8	1.7	2.3	2.3	4.1	4.3	4.7	4.5	4.7	2.1	0
4/1	4.2	3.3	2.1	2.2	2.5	2.8	1.8	-0.8	-1.1	-0.4	-0.7	0.5	0.5	1.2	0.4	-0.9	1.9	2.2	2.9	4.0	4.8	5.4	4.4	4.0	2.0	0
5/1	4.0	4.1	3.8	3.3	3.5	3.4	2.3	-0.8	-1.3	-0.8	-0.4	0.5	0.5	-0.1	-0.2	0.0	1.5	2.1	3.2	4.9	4.8	2.9	3.0	4.0	2.0	0
6/1	4.6	4.1	4.9	4.0	3.9	3.8	2.8	-0.9	-0.7	-0.5	0.1	0.6	1.0	0.2	1.1	0.7	1.8	1.9	1.6	3.3	4.5	5.1	4.7	5.3	2.4	0
7/1	5.0	4.8	5.8	5.1	3.9	3.6	2.8	-0.7	-0.2	-0.2	1.0	1.1	1.1	0.5	0.9	1.4	1.7	3.4	2.4	3.7	3.0	4.4	4.5	4.4	2.6	0
8/1	4.2	4.5	4.2	3.3	3.8	3.9	2.6	-0.4	-0.1	0.5	0.7	2.0	2.2	-0.2	-0.5	0.9	5.1	7.9	5.3	6.2	5.9	5.5	4.8	3.3	3.1	8.6
9/1	3.0	3.2	3.3	3.1	2.6	3.3	2.9	-0.2	0.0	0.0	0.9	0.5	1.6	0.8	0.7	1.8	-1.2	1.5	3.1	3.9	3.2	5.1	4.6	3.5	2.1	0
10/1	3.9	2.5	2.2	1.6	1.3	1.9	2.2	-0.5	0.4	-0.4	-0.1	-0.4	0.0	0.1	0.8	0.3	0.9	3.4	2.2	3.2	4.2	3.2	2.9	2.3	1.6	3.6
11/1	2.3	2.0	2.0	1.8	1.9	1.6	1.2	0.6	-0.3	1.2	1.7	4.5	3.9	4.9	6.2	2.4	1.8	2.3	2.1	2.8	3.2	1.9	1.4	1.7	2.3	0.2
12/1	1.6	1.8	1.8	2.0	1.7	2.0	1.7	1.0	0.2	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	0.7	3.9	2.7	1.6	1.2	2.2	3.0	2.2	1.8	1.6	2.0	1.5	0.4
13/1	1.6	2.0	1.8	1.6	1.6	1.6	1.3	0.0	0.0	-0.4	-0.6	0.0	0.0	-0.1	2.4	2.4	2.0	2.3	2.3	3.6	2.9	2.2	2.1	1.5	0	
14/1	2.3	2.5	2.5	2.3	2.2	2.1	1.6	-1.1	-0.9	-1.0	-0.2	0.0	0.4	1.0	0.5	-0.3	0.9	3.3	2.1	3.3	3.0	3.3	3.3	2.4	1.5	0
15/1	1.7	1.7	1.3	1.2	1.3	1.2	1.0	0.5	0.9	0.8	1.1	0.8	0.7	-0.1	1.1	0.5	0.9	-1.8	-2.2	-0.4	1.4	2.2	1.8	2.1	0.8	15.4
16/1	1.8	1.9	2.4	2.6	2.1	2.0	1.3	-0.4	-0.4	0.6	0.5	0.6	0.7	1.7	0.9	1.6	2.5	4.1	2.9	2.6	3.5	4.0	3.0	2.7	1.9	0.4
17/1	2.7	3.2	2.0	2.2	2.5	2.5	2.0	0.1	0.9	0.9	0.7	1.4	1.1	4.8	2.3	2.4	1.7	2.3	2.8	3.2	3.3	3.5	2.9	3.3	2.3	0
18/1	3.4	3.2	3.2	2.7	3.2	3.0	1.8	-0.3	-0.6	0.3	1.0	1.4	2.1	2.4	1.9	1.4	1.3	2.9	3.6	4.9	4.2	4.4	4.3	3.9	2.5	0
19/1	3.9	3.3	3.4	3.9	3.5	3.3	2.8	1.1	0.2	0.6	0.3	1.8	1.6	0.9	1.7	4.0	7.1	1.9	0.3	0.8	0.7	1.0	1.6	1.4	2.1	34.9
20/1	1.4	1.4	1.3	1.5	1.6	1.5	1.5	1.0	1.3	0.7	0.4	0.7	1.1	2.1	-1.5	0.2	1.1	0.7	2.0	2.1	1.9	1.6	1.3	1.2	1.2	4.6
21/1	1.4	1.8	2.0	1.5	1.5	1.6	1.0	0.2	0.8	0.7	0.5	0.6	0.8	0.9	0.9	0.4	1.4	2.0	2.2	3.6	3.8	3.7	3.5	3.7	1.7	0.2
22/1	3.1	2.8	2.5	2.3	2.4	2.2	1.6	0.7	0.0	-0.9	-0.4	-0.4	0.2	0.4	1.1	1.4	2.1	2.7	2.0	1.9	2.2	1.8	1.7	1.6	1.5	0
23/1	1.7	1.7	1.7	1.2	1.2	1.4	1.8	1.3	0.5	0.2	-0.2	-0.3	0.8	1.0	1.9	0.9	1.1	1.6	1.7	1.8	1.6	1.3	1.3	1.5	1.2	1.6
24/1	1.6	1.8	2.5	2.2	2.6	2.7	1.7	-0.9	-1.1	-1.3	-0.4	0.0	0.2	-0.1	0.1	1.7	2.2	1.2	1.9	3.4	4.1	3.9	3.1	2.1	1.5	0
25/1	2.6	2.7	2.9	2.6	2.5	2.2	1.6	-0.3	-0.7	-1.2	-0.1	-0.1	0.3	-0.2	-0.6	-0.3	0.8	1.4	4.5	4.0	3.1	2.3	2.6	2.6	1.5	0
26/1	2.7	2.8	2.8	3.2	3.0	2.7	2.0	-0.7	-1.6	-1.8	-1.0	-0.2	0.2	0.4	0.5	1.1	0.1	1.6	2.7	4.0	3.9	4.2	3.8	3.4	1.6	0
27/1	3.3	2.8	2.8	2.6	2.4	2.7	2.2	-0.4	-1.6	-1.7	-1.3	0.6	0.0	0.1	-1.0	0.3	0.7	2.4	2.5	4.6	4.9	5.8	4.7	4.8	1.8	0
28/1	4.1	3.4	3.5	3.9	4.0	4.2	2.7	-0.9	-1.0	-1.2	-0.2	0.1	1.1	0.5	-0.9	0.4	0.0	1.1	0.3	3.1	3.4	4.3	4.0	3.2	1.8	0
29/1	2.8	2.6	3.0	3.0	3.6	3.3	2.9	-0.8	-1.3	-1.3	0.7	0.5	1.0	1.3	2.1	2.6	2.2	2.5	2.6	3.0	2.9	2.7	3.0	2.3	2.0	0
30/1	1.5	2.1	1.6	2.4	2.3	2.7	2.3	0.3	-0.4	-0.3	0.9	1.0	1.5	1.2	2.0	3.3	2.4	3.1	3.0	3.8	3.5	3.2	3.8	3.0	2.1	0
31/1	2.8	2.5	2.6	2.6	2.6	3.0	3.1	0.9	0.9	-0.2	0.3	0.8	1.0	1.4	2.6	8.2	5.5	4.1	3.9	5.8	5.1	4.5	4.7	1.6	2.9	0
Média Horária	2.9	2.8	2.7	2.6	2.6	2.6	2.0	-0.1	-0.3	-0.3	0.2	0.6	0.9	0.9	1.1	1.4	1.7	2.2	2.4	3.3	3.5	3.5	3.3	3.0	1.9	69.9

ΔT em °C ($T_U - T_R$)		Intensidades
	< 0	Ilha de Frescor
	0 a 2	Baixa
	2,1 a 4	Média
	4,1 a 6	Alta
	> 6	Altíssima

Elaboração: Os autores (2024).

Por outro lado, durante o dia, particularmente nas primeiras horas após o nascer do Sol, é possível visualizar na Tabela 1 que as intensidades das ilhas de calor são menores ou mesmo negativas⁶. Isso ocorre pois durante esse período o ambiente rural se aquece mais rapidamente – devido ao mesmo fator que posteriormente o auxilia no resfriamento, o alto fator de visão do céu – enquanto a cidade leva mais tempo para se aquecer, tanto devido as características térmicas de seus materiais construtivos, quanto devido ao “efeito sombra”, o qual ocorre quando certas áreas do meio urbano se aquecem menos devido a projeção de sombra de construções adjacentes (OKE *et al.*, 2017; Amorim, 2020)

Para o outro sensor instalado na cidade, localizado a cerca de 15 metros de distância da superfície, o padrão de formação das ilhas de calor urbanas é bastante semelhante (Tabela 2). Porém, a principal diferença em relação ao ponto anterior diz respeito às intensidades, as quais, de modo geral, foram mais baixas. Enquanto o sensor próximo à superfície registrou diversos horários com intensidades acima de 4°C ou mesmo 6°C, o sensor em maior altura apresentou, intensidades em torno de 2,1°C a 4°C, com poucos dias tendo momentos de intensidades acima de 4,1°C. Além disso, nesse último ponto, as maiores intensidades começaram mais tarde se comparado ao outro ponto urbano. Uma possível explicação para esse comportamento é o maior fator de visão do céu no ponto mais alto – promovendo maior circulação do ar e, consequentemente, maior resfriamento – e uma menor interferência de superfícies próximas, como paredes e o próprio chão.

⁶ Intensidades negativas das ilhas de calor urbanas representam um fenômeno conhecido como “Ilha de Frescor”, o qual diz respeito a um momento em que as temperaturas no ambiente rural são maiores do que as da cidade (MEMON *et al.*, 2009).

Tabela 2 – Tabela dinâmica do ponto urbano a 15 metros da superfície em relação ao ponto rural, destacando os níveis de intensidade da ilha de calor para cada horário no decorrer do mês de janeiro de 2024.

Dias	Horários																							Média Diária	Precip. (Total em mm)	
	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00			23:00
1/1	1,3	1,7	2,3	2,8	3,1	2,1	1,2	-0,3	-0,7	-1,2	0,1	0,1	0,0	0,5	-0,2	-0,7	-1,4	-0,1	1,7	3,1	4,4	4,2	3,8	3,2	1,3	0
2/1	2,8	2,5	2,2	2,2	2,3	2,1	1,4	0,9	-0,3	-0,4	0,8	0,0	0,6	0,1	1,6	1,7	0,6	1,3	2,0	1,5	2,3	3,0	3,2	3,6	1,6	0
3/1	3,3	2,6	2,5	2,4	2,4	2,1	1,7	-0,2	-0,7	-0,5	0,4	0,1	3,0	-0,1	1,5	0,8	1,2	1,1	1,6	3,4	3,7	4,3	3,8	3,8	1,8	0
4/1	3,3	1,8	1,2	1,2	1,8	2,0	2,2	-0,1	-1,1	-0,7	-1,2	0,1	0,2	1,6	0,0	0,4	0,7	1,0	1,7	3,4	4,2	4,3	3,6	3,2	1,5	0
5/1	3,1	3,1	2,9	2,6	2,6	2,4	2,3	-0,3	-1,3	-0,8	-0,5	0,8	1,2	-0,3	1,4	0,8	0,8	1,4	2,4	4,4	3,6	1,8	1,6	3,2	1,4	0
6/1	3,5	3,2	3,6	2,7	2,9	2,9	3,2	-0,2	-0,9	-0,7	0,2	1,0	0,8	0,4	1,1	1,4	1,1	0,8	0,7	2,2	4,1	4,6	3,8	4,6	2,0	0
7/1	4,3	4,3	5,1	4,1	3,0	2,8	3,1	0,5	-0,4	0,3	1,5	1,9	1,5	1,5	1,0	1,1	0,9	1,8	1,4	2,6	2,4	3,8	3,7	3,1	2,3	0
8/1	3,2	3,7	3,1	2,3	3,0	3,1	3,1	1,3	0,8	1,3	1,4	2,2	1,5	-1,0	0,3	1,6	3,0	5,7	4,6	5,4	5,2	4,7	4,2	2,3	2,7	8,6
9/1	2,0	2,2	2,1	1,8	1,6	2,6	4,2	1,3	0,6	0,5	1,1	0,8	1,1	-0,4	0,8	-2,2	0,4	1,0	2,4	3,3	2,8	4,8	3,6	2,9	1,7	0
10/1	1,7	2,0	1,1	1,0	0,8	1,5	1,8	0,2	0,5	-0,7	0,3	-0,7	-0,2	-0,7	-0,2	-0,7	0,0	1,6	1,9	2,8	3,3	2,7	2,1	1,6	1,0	3,6
11/1	1,5	1,1	1,1	1,0	1,3	0,9	0,9	0,8	0,0	0,9	1,1	3,7	4,9	4,9	3,4	2,4	1,6	1,3	1,1	2,0	2,3	0,5	0,9	0,9	1,7	0,2
12/1	0,9	1,2	1,1	1,3	1,0	1,3	1,3	1,6	0,6	1,4	0,7	-0,1	0,3	0,4	3,2	2,9	2,0	1,3	1,4	2,0	1,5	0,9	0,4	1,3	1,2	0,4
13/1	0,9	1,4	1,2	1,0	0,9	1,0	1,1	0,2	-0,2	-0,4	-0,6	0,4	-0,5	0,8	2,0	2,3	1,5	1,1	1,4	1,6	2,6	1,8	1,5	1,6	1,0	0
14/1	1,7	1,8	1,9	1,8	1,4	1,4	1,8	-0,4	-0,8	-0,8	0,0	0,9	1,3	1,0	0,3	0,4	0,8	0,0	1,7	2,8	2,6	3,0	2,1	1,3	1,2	0
15/1	0,9	1,0	0,8	0,7	0,5	0,5	0,6	0,3	0,0	0,3	0,9	0,9	0,1	0,7	1,1	0,9	0,5	-4,7	-2,7	0,3	2,1	1,8	1,8	1,7	0,5	15,4
16/1	1,4	1,6	2,0	2,0	1,8	1,6	2,4	1,9	0,6	1,1	0,9	1,0	1,6	1,4	1,4	1,4	2,4	4,2	1,5	1,7	3,4	3,8	2,4	2,2	1,9	0,4
17/1	2,3	2,8	1,5	1,6	1,8	1,9	2,1	1,0	1,0	0,8	1,2	1,2	1,2	3,2	3,4	1,9	1,7	1,5	1,8	2,3	2,5	2,7	2,0	2,3	1,9	0
18/1	2,6	2,5	2,5	2,0	2,5	2,4	2,9	1,5	0,5	1,4	2,3	1,5	2,1	2,4	1,1	0,5	0,8	0,3	3,0	4,4	3,7	3,5	3,6	3,1	2,2	0
19/1	3,1	2,5	2,8	3,1	2,7	2,4	2,2	1,0	0,5	1,7	1,5	3,5	3,4	2,7	3,3	3,8	4,5	0,3	0,5	0,8	1,1	1,6	1,1	0,8	2,1	34,9
20/1	0,8	0,8	0,8	1,1	1,2	1,2	0,9	0,8	1,0	1,1	0,5	0,5	0,5	-0,2	-0,4	0,4	0,9	0,8	1,3	1,2	1,1	0,8	0,8	0,8	4,6	0
21/1	1,0	1,5	1,4	0,8	1,0	0,8	1,0	2,0	4,6	3,7	2,2	3,0	2,4	1,8	3,1	0,5	1,3	0,9	1,0	3,2	3,3	3,0	3,0	3,2	2,1	0,2
22/1	2,4	2,0	1,8	1,5	1,7	1,5	1,2	1,1	0,0	-0,6	-0,6	-0,6	-0,5	0,3	0,3	0,9	1,4	1,7	1,7	1,5	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	0
23/1	1,3	1,2	1,0	0,8	0,7	0,9	1,2	0,9	0,3	-0,3	0,0	0,2	0,1	0,6	1,2	0,1	0,3	0,4	0,9	1,1	1,0	0,8	0,9	1,1	0,7	1,6
24/1	1,0	1,3	1,7	1,5	1,8	1,8	1,7	0,1	-0,7	-1,5	-0,7	-0,2	0,4	-0,6	-0,6	1,2	0,4	-0,2	0,9	2,6	3,4	3,2	1,4	1,2	0,9	0
25/1	1,8	2,0	1,7	1,6	1,6	1,5	1,7	0,3	-0,3	-1,3	-1,0	-0,3	-0,3	-1,7	-1,8	-0,8	-0,7	0,1	2,3	1,9	1,9	1,6	2,0	1,8	0,7	0
26/1	1,8	1,9	2,0	2,3	2,2	1,9	2,0	0,1	-1,1	-1,8	-0,8	-1,1	-0,7	-0,7	0,2	0,0	-0,5	0,2	1,3	2,9	3,2	3,2	2,8	2,4	1,0	0
27/1	2,4	2,1	1,9	1,7	1,7	2,0	2,3	0,7	-1,4	-0,8	-0,9	0,7	2,8	0,0	0,2	-0,4	0,4	1,3	1,5	3,5	4,3	5,1	4,0	4,3	1,4	0
28/1	3,6	3,0	2,8	3,1	3,0	3,1	2,6	0,4	-0,5	-0,6	0,8	0,9	0,5	-3,0	1,4	0,7	-0,5	-0,3	-0,1	2,4	3,0	3,9	3,8	2,6	1,5	0
29/1	2,3	1,9	2,3	2,4	3,0	2,5	3,7	1,3	-0,7	0,0	3,0	1,8	1,4	2,4	1,9	2,4	1,2	0,4	1,7	1,9	1,6	1,6	1,9	1,3	1,8	0
30/1	0,6	1,5	1,3	2,1	2,6	3,1	3,8	1,8	1,0	0,8	1,2	1,8	1,2	-0,1	1,0	3,0	2,6	2,2	2,3	2,8	2,2	2,0	2,8	2,0	1,9	0
31/1	1,8	1,3	1,5	1,8	1,8	2,1	4,1	4,2	3,5	2,6	2,9	2,2	1,8	1,4	2,5	5,9	4,4	2,1	2,8	4,4	3,9	3,6	2,0	1,5	2,8	0
Média Horária	2,1	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9	2,1	0,8	0,1	0,2	0,6	0,9	1,1	0,6	1,1	1,1	1,1	1,0	1,5	2,6	2,8	2,8	2,4	2,3	1,5	69,9

ΔT em °C ($T_U - T_R$)	Intensidades
< 0	Ilha de Frescor
0 a 2	Baixa
2,1 a 4	Média
4,1 a 6	Alta
> 6	Alfíssima

Elaboração: Os autores (2024).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As ilhas de calor urbanas são uma das formas de manifestação de características climáticas inerentes ao espaço urbano. Logo, analisar esse fenômeno por meio de coleta de dados primários em campo em diferentes tipos de configurações urbanas é fundamental para que haja uma verdadeira compreensão das condicionantes climáticas que são intrínsecas à vida nas cidades.

A pesquisa desenvolvida, portanto, visa auxiliar nesses estudos e trazer um exemplo de manifestação desse tipo de fenômeno do clima urbano levando em consideração uma cidade de médio porte, onde o processo de expansão urbana é ainda bastante ativo (PEREIRA, 2021). Outrossim, o estudo também auxilia na compreensão do fenômeno em si, ao realizar a análise de dois pontos urbanos com diferentes alturas, corroborando o que é proposto por Oke *et al.* (2017), que trazem diferentes formas de classificar as ilhas de calor urbanas.

Logo, a partir do que foi observado para o mês de janeiro de 2024, a dinâmica climática urbana se manifestou de maneira bastante relevante, visto que foi viável observar padrões de temperatura e diferentes formas de aquecimento dos ambientes urbano e rural. Desse modo, o

estudo realizado reforça o que é apontado pela literatura, além de atuar como um estudo de caso que auxilia no entendimento dos processos climáticos urbanos, em particular para cidades situadas em climas tropicais.

Palavras-chave: Atmosfera urbana; Clima urbano; Ilhas de calor urbanas; Cidade de médio porte.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Brasil. Processo nº 2024/10061-1. Os autores também agradecem ao Laboratório de Climatologia da FCT Unesp de Presidente Prudente (ClimaLab) e ao Grupo de pesquisa Interações na Superfície, Água e Atmosfera (GAIA).

As opiniões, hipóteses e conclusões ou recomendações expressas neste material são de responsabilidade do(s) autor(es) e não necessariamente refletem a visão da FAPESP.

REFERÊNCIAS

ALLEN, Myles et al. Global warming of 1.5 C. **An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5 C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty**. Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty, 2018.

AMORIM, M. C. C. T. **Ilhas de calor em cidades tropicais de médio e pequeno porte: teoria e prática**. 1. Ed. Curitiba: Appris, 2020.

AMORIM, M. C. C. T. Ilhas De Calor Urbanas: Métodos E Técnicas De Análise. **Revista Brasileira de Climatologia**, 2019.

AMORIM, M. C. C. T. Intensidade e forma da ilha de calor urbana em Presidente Prudente/SP: episódios de inverno. **Geosul**, Florianópolis, v. 20, n. 39, p 65-82, jan./jun. 2005.

AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade *et al.* Exceptional heat island intensities also occur in medium-sized cities. **Urban Climate**, v. 53, p. 101821, 2024.

AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade; DUBREUIL, Vincent; AMORIM, Amanda Trindade. Day and night surface and atmospheric heat islands in a continental and temperate tropical environment. **Urban Climate**, v. 38, p. 100918, 2021.

BULKELEY, Harriet. **Cities and climate change**. Routledge, 2013.

DA SILVA LOPES, Estéfane; HORA, Karla Emmanuela Ribeiro. Impact of urban morphology on the intensity of nocturnal heat islands: Analysis through the validation of simulation models in central-west Brazil. **Urban Climate**, v. 56, p. 102047, 2024.

HOBO Data Loggers, 2017. **HOBO® Pro v2 (U23-00x) Manual**. Disponível em: <https://www.hobodataloggers.com.au/hobo-pro-v2-u23-002-external-temperaturerh->. Acesso em 9 de agosto de 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Panorama Cidades e Estados**. 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/presidente-prudente/panorama>. Acesso em 9 de agosto de 2024.

MEMON, Rizwan Ahmed; LEUNG, Dennis YC; LIU, Chun-Ho. An investigation of urban heat island intensity (UHII) as an indicator of urban heating. **Atmospheric Research**, v. 94, n. 3, p. 491-500, 2009.

MONTEIRO, C. A. F. **Análise Rítmica Em Climatologia Problemas Da Atualidade Climática Em São Paulo E Achegas Para Um Programa De Trabalho**. São Paulo: USP, 1971.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. Teoria e clima urbano: um projeto e seus caminhos. In: MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. (org.). **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 2009.

OKE, Timothy R., MILLS, Gerald, CHRISTEN, Andreas, VOOGT, James A. **Urban Climates**. Cambridge University Press, 2017.

PEREIRA, Claudinei Da Silva. A Produção do Espaço e Morfologia Urbana em Presidente Prudente-SP. Uberlândia (MG), **Caminhos da Geografia**, v. 22, n. 83, 2021, p.200-218.

SANT'ANNA NETO, João Lima, TOMMASELLI, José Tadeu Garcia. **O Tempo e o Clima de Presidente Prudente**. FCT/UNESP, 2009.

SCHURER, Andrew P. et al. Importance of the pre-industrial baseline for likelihood of exceeding Paris goals. **Nature climate change**, v. 7, n. 8, p. 563-567, 2017.