Revista Brasileira de Climatologia
Brazilian Journal of Climatology
OPEN ACCESS

VARIABILIDADE TEMPORAL DA TEMPERATURA DO AR E CONTRASTES TÉRMICOS ENTRE ÁREAS URBANA E RURAL EM ERECHIM - RS

Temporal variability of air temperature and thermal contrasts between urban and rural areas in Erechim - RS

Variabilidad temporal de la temperatura del aire y contrastes térmicos entre áreas urbana y rural en Erechim - RS

Eduarda Regina Agnolin
Programa de Pós-graduação em Geografia
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
Florianópolis, Santa Catarina, Brasil
eduardagnolin@gmail.com

Pedro Murara
Professor Associado do Curso de Geografia
Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS)
Chapecó, Santa Catarina, Brasil
pedro.murara@uffs.edu.br

Resumo: Este estudo apresenta uma análise da variabilidade de temperatura na área urbana e entorno próximo de Erechim - RS. A pesquisa foi fundamentada no Sistema Clima Urbano (SCU) de Monteiro, com foco no subsistema termodinâmico. Contou com quatro pontos fixos (termo-higrômetros), sendo três na área urbana e um na área rural, os quais realizaram a coleta de dados para o monitoramento da temperatura do ar às 09h, 15h e 21h, no período de maio a outubro do ano de 2023. Para a caracterização da área de estudo foi realizado NDVI e a classificação supervisionada de Uso da Terra com Landsat 8. Os resultados apontam para predominância de temperaturas elevadas nos pontos urbanos, principalmente naqueles que têm cobertura artificial maior que a cobertura vegetal. Os

maiores contrastes térmicos ocorreram principalmente às 15h e 21h, com destaque para os Pontos 02 e 03. Os resultados indicam que a magnitude dos contrastes térmicos varia temporal e espacialmente, em função da interação entre as características locais e as condições atmosféricas, evidenciando condições favoráveis à formação de ilhas de calor urbana em Erechim.
Palavras-chave: Clima urbano. Ilha de calor urbana. Temperatura do ar. Sensores. Subtropical.

Abstract: This study presents an analysis of temperature variability in the urban area and immediate surroundings of Erechim - RS. The research was based on Monteiro's Urban Climate System (SCU) framework, focusing on the thermodynamic subsystem. It utilized four fixed monitoring points (equipped with thermo-hygrometers) three in the urban area and one in the rural area to collect hourly air temperature data at 09:00, 15:00, and 21:00 from May to October 2023. To characterize the study area, NDVI analysis and supervised land-use classification were performed using Landsat 8 imagery. The results reveal a predominance of high temperatures at urban sites, particularly those where artificial surface cover exceeds vegetation cover. The most significant thermal contrasts occurred at 15:00 and 21:00, notably at Points 02 and 03. The findings indicate that the magnitude of thermal contrasts varies both temporally and spatially, driven by the interaction between local characteristics and atmospheric conditions, highlighting conditions conducive to the formation of urban heat islands in Erechim.
Keywords: Urban climate. Urban heat island. Air temperature. Sensors. Subtropical.

Resumen: Este estudio presenta un análisis de la variabilidad de la temperatura en el área urbana y su entorno inmediato en Erechim - RS. La investigación se fundamentó en el Sistema de Clima Urbano (SCU) de Monteiro, centrándose en el subsistema termodinámico. Se utilizaron cuatro puntos fijos (termohigrómetros) tres en el área urbana y uno en la rural, para la recolección de datos horarios destinados al monitoreo de la temperatura del aire a las 09:00, 15:00 y 21:00 horas, durante el periodo comprendido entre mayo y octubre de 2023. Para caracterizar el área de estudio, se calcularon el NDVI y la clasificación supervisada del uso del suelo utilizando imágenes Landsat 8. Los resultados señalan un predominio de temperaturas elevadas en los puntos urbanos, especialmente en aquellos donde la cobertura artificial supera a la cobertura vegetal. Los mayores contrastes térmicos se registraron principalmente a las 15:00 y a las 21:00 horas, destacándose los puntos 02 y 03. Los hallazgos indican que la magnitud de los contrastes térmicos varía temporal y espacialmente en función de la interacción entre las características locales y las condiciones atmosféricas, evidenciando condiciones propicias para la formación de islas de calor urbano en Erechim.
Palabras clave: Clima urbano. Isla de calor urbana. Temperatura del aire. Sensores. Subtropical.

Submetido em: 02/06/2025
Aceito para publicação em: 03/11/2026
Publicado em: 15/11/2026

1. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e a urbanização se tornam um desafio global. Estima-se que 60% da população mundial viverá em cidades até 2050 (UNITED NATIONS, 2018) isso acarreta um processo intensivo de urbanização, velado pela substituição da cobertura vegetal, por superfícies impermeáveis que se desdobram em alterações no balanço da radiação e criam microclimas dentro de uma cidade (Li *et al.,* 2019; Rech *et al.,* 2024).

A ilha de calor urbana (ICU) é um fenômeno caracterizado pela ocorrência de temperaturas do ar mais elevadas nas áreas urbanizadas em comparação com áreas rurais ou menos urbanizadas do entorno. A diferença térmica urbano-rural constitui uma das principais manifestações do clima urbano e pode variar espacial e temporalmente em função das características físicas e climáticas de cada localidade (Oke, 1982; Amorim, 2017; Stewart, 2019).

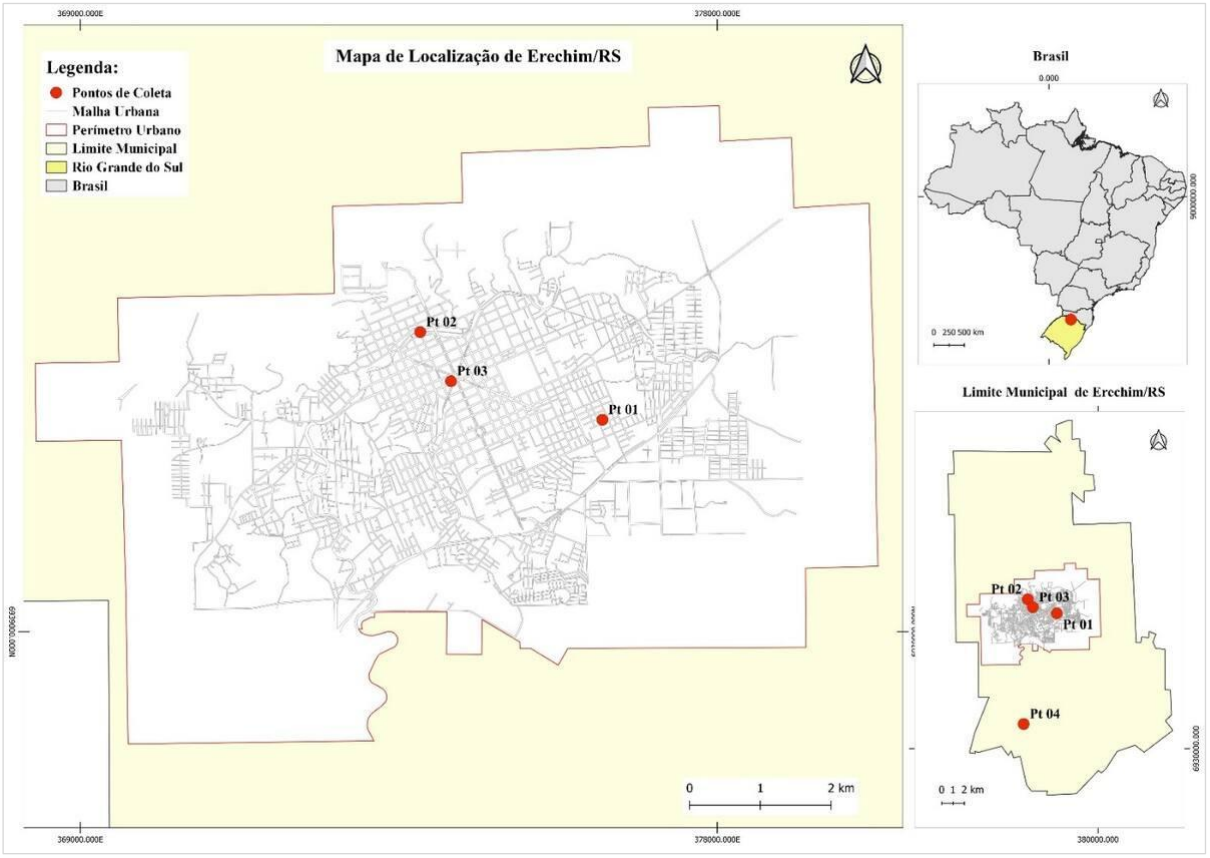
A formação e a intensidade da ICU estão relacionadas às modificações provocadas pela urbanização no balanço de energia da superfície. A substituição da vegetação por superfícies impermeáveis, como asfalto, concreto e edificações, altera a capacidade de armazenamento e liberação de calor, reduz a evapotranspiração e modifica as trocas radiativas e turbulentas na atmosfera. Além disso, a geometria urbana e a emissão de calor antropogênico podem contribuir para a manutenção de temperaturas mais elevadas no ambiente urbano, especialmente em determinados períodos do ciclo diário (Oke, 1982; Amorim, 2019; Stewart, 2019).

Os estudos de clima urbano iniciaram em grandes cidades como Londres em 1833 e Paris no ano de 1868 (Stewart, 2019). No Brasil, estudos de clima urbano em cidades de grande porte, foram realizados inicialmente em: São Paulo (Lombardo, 1985), Rio de Janeiro (Brandão, 1987) e Curitiba (Mendonça; Dubreuil, 2005) e com o passar dos anos, as pesquisas expandiram-se para cidades de pequeno e médio porte como Presidente Prudente-SP (Amorim, 2000), Jales-SP (Ugeda, 2012), Parnaíba-PI (Oliveira, 2015), Salto do Jacuí-RS (Hoppe, 2018), entre outras.

Com intuito de contribuir com as pesquisas do clima urbano em cidades de porte médio, é apresentado o estudo realizado em Erechim (Figura 01), localizada na porção norte-noroeste do estado do Rio Grande do Sul. Uma cidade com cerca de 106.633 habitantes (IBGE, 2025), altitudes que variam de 735 a 800 metros e, caracterizada como nó da rede urbana que

liga cidades de Santa Catarina (Oeste Catarinense) com a porção Norte do estado do Rio Grande do Sul.

Figura 1 - Mapa de Localização de Erechim - RS



Fonte: Os autores, 2026.

Erechim destaca-se como um centro urbano e regional da região do alto Uruguai, conhecida pela influência econômica, social, educacional e como polo de saúde, além do parque industrial que conta com setores agroindustrial, metal mecânico, alimentício, moveleiro e de serviços. Tudo isso reverbera na urbanização e na malha municipal, por meio de fluxos e arranjos relacionados aos comércios a moradia e áreas de lazer como parques (PME, 2016).

A dinâmica de tempo no município é marcada principalmente pela atuação de massas polares e tropicais, associadas a frequente atuação de sistemas frontais e ciclones extratropicais (Agnolin *et al.*, 2022). Além disso, há influência Jato de Baixos Níveis e a formação de Sistemas Convectivos de Mesoescala que também contribuem para a variabilidade térmica e de precipitação com eventos extremos de precipitação ou aporte de umidade para a região (MARENGO *et al.*, 2009).

O município de Erechim tem um tipo climático subtropical úmido (Cfa), caracterizado por chuvas bem distribuídas ao longo do ano é de aproximadamente 1.600 a 2.100 milímetros anuais, sem estação seca definida, verões relativamente quentes e invernos frios com ocorrência frequente de geadas e a temperatura média anual varia de 16ºC a 18ºC (Alvares *et al*., 2013).

O município de Erechim já foi área de estudo dos autores Kegler *et al.,* (2016) que por meio da técnica de transectos móveis, detectaram amplitudes térmicas de 8ºC entre os bairros no período de inverno. Os autores constataram que as áreas verdes atuam como amenizadora do clima urbano e que, sob domínio da massa de ar polar em processo de tropicalização, o espaço urbano apresentou temperaturas mais elevadas onde o solo era impermeável (Kegler; Wollmann *et al.,* 2016).

Posteriormente, mapeamentos da temperatura de superfície elaborado por Murara *et al.*, (2020) identificaram que em condições de tempo atmosférico frio (com atuação da massa de ar polar), típicos do outono e inverno, as temperaturas de superfície mais frias foram identificadas nos pontos mais elevados, sugerindo que as características do relevo e da altitude podem contribuir para a distribuição espacial das temperaturas no município de Erechim.

Nas estações da primavera e verão, os autores identificaram que há uma retração das temperaturas de superfície associadas a espaços com vegetação, logo, o material construtivo da cidade (o asfalto, as construções), retém calor sugerindo a formação de ilhas de calor, que sob condições de sistemas atmosféricos tropicais detém a maioria dos espaços urbanos de Erechim (Murara *et al*., 2020).

Neste contexto, já sabemos que Erechim apresenta heterogeneidade térmica espacial. O que ainda não está suficientemente caracterizado é como essa heterogeneidade se manifesta na escala horária a partir da temperatura do ar. Cabe ainda verificar como a temperatura do ar varia ao longo do ciclo diário entre diferentes setores da área urbana e seu entorno, e em quais períodos do dia o contraste urbano–não urbano é mais evidente?

Portanto, o presente estudo tem como objetivo analisar a variação horária da temperatura do ar em diferentes setores da área urbana e do entorno de Erechim - RS, buscando identificar a magnitude e a persistência dos contrastes térmicos entre os pontos monitorados e verificar sua relação com as características do uso e cobertura da terra e da estrutura urbana. Parte-se da hipótese de que os setores com maior grau de

impermeabilização e menor presença de cobertura vegetal apresentam temperaturas do ar mais elevadas, sobretudo nos períodos de maior aquecimento diurno e durante as primeiras horas da noite, enquanto áreas com maior presença de vegetação apresentam maior capacidade de amenização térmica.

2. METODOLOGIA

2.1. Procedimentos Metodológicos

A pesquisa fundamentou-se no aporte teórico-metodológico do Sistema Clima Urbano (SCU), proposto por Monteiro (1976), particularmente no subsistema termodinâmico, relacionado às trocas de energia e às variações térmicas no ambiente urbano. O SCU compreende os subsistemas termodinâmico, físico-químico e hidrometeórico, os quais possibilitam analisar as interações entre os elementos naturais e as características da organização do espaço urbano e suas repercussões sobre o clima local.

A definição dos pontos de monitoramento considerou três critérios principais: (i) a ocorrência de diferentes padrões de temperatura da superfície identificados por Agnolin (2021); (ii) as características de uso e cobertura da terra e de ocupação urbana; e (iii) a variação altimétrica no espaço urbano de Erechim (Agnolin, 2021). Esses critérios buscaram contemplar áreas com diferentes condições de ocupação, cobertura vegetal e características do sítio urbano, permitindo comparar a variação da temperatura do ar entre os pontos monitorados.

Para a proteção dos sensores, foram confeccionados abrigos meteorológicos artesanais utilizando seis pratos circulares de poliestireno branco (Figura 02), dispostos de modo a permitir a circulação do ar e, simultaneamente, reduzir a incidência direta da radiação solar sobre o sensor. A utilização desse tipo de abrigo é descrita em estudos que empregaram estruturas semelhantes para o monitoramento da temperatura do ar em pesquisas de clima urbano (Hoppe et al., 2015; Valin, 2019).

Figura 2 - Abrigo meteorológico utilizado na proteção dos sensores.



Fonte: Os autores (2026).

A temperatura e a umidade relativa do ar foram monitoradas por meio de quatro termo-higrômetros da marca *Weather Hub*, instalados em pontos fixos. O sistema de monitoramento é composto por sensores/transmissores sem fio, fonte de alimentação por pilhas e uma unidade receptora (*gateway*), responsável pela comunicação dos dados com o aplicativo utilizado para o acompanhamento das informações. Cada transmissor foi associado a um dos pontos de monitoramento, permitindo a identificação individual dos registros.

Os sensores foram configurados para realizar e transmitir as medições de temperatura em um intervalo fixo de 7 minutos. Entretanto, a análise foi delimitada a três horários representativos do dia, nos períodos da manhã (9h), tarde (15h) e noite (21h), selecionados com o objetivo de caracterizar as diferenças na temperatura do ar ao longo dos distintos períodos diários. Dessa forma, embora os equipamentos tenham registrado dados continuamente, o tratamento e a interpretação dos resultados consideraram exclusivamente as observações correspondentes aos três horários estabelecidos.

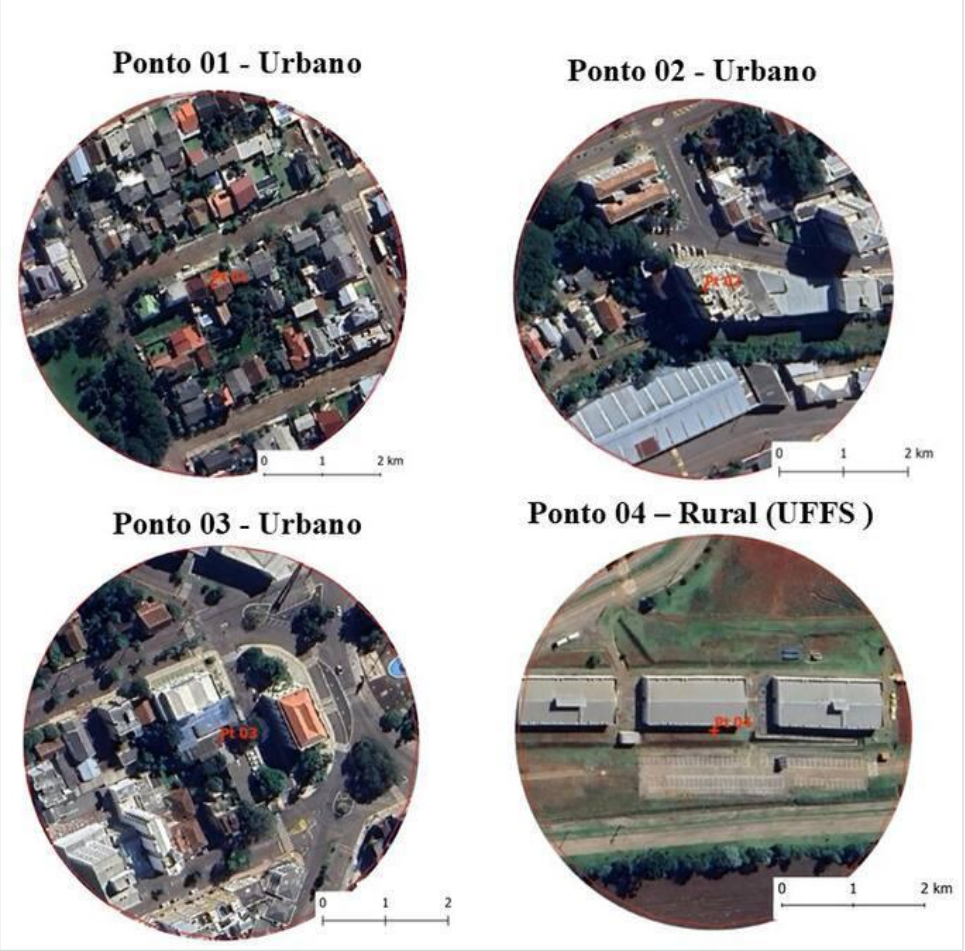
Foram estabelecidos quatro pontos de monitoramento, sendo três localizados no espaço urbano de Erechim (Pontos 01, 02 e 03) e um em área rural (Ponto 04) (Figura 03). A distribuição dos pontos buscou representar diferentes condições de ocupação e cobertura da terra, possibilitando a análise dos contrastes térmicos entre setores urbanizados e uma área de referência rural.

O Ponto 01, localizado no bairro Linho, caracteriza-se pela presença de lotes de menor dimensão e elevada densidade de ocupação, diferenciando-se da configuração espacial predominante na área central. Observa-se reduzida disponibilidade de terrenos vazios e predominância de uso residencial, associado a áreas de moradia popular.

O Ponto 02 está localizado na área central de Erechim, caracterizada pela concentração de atividades comerciais e de serviços e por constituir parte da área de ocupação mais antiga da cidade. Apesar da intensa atividade comercial e de serviços, o entorno do ponto apresenta também uso residencial e presença de arborização, além de espaços destinados ao lazer.

O Ponto 03 também está localizado na área central do município, em setor caracterizado pela presença de quadras de maiores dimensões, associadas à configuração do primeiro loteamento urbano realizado pelo poder público estadual.

Figura 3 - Localização dos pontos de monitoramento da temperatura do ar em Erechim (RS).



Fonte: Os autores (2026).

O Ponto 04 foi instalado em área rural, nas proximidades do campus universitário, a aproximadamente 10,6 km da área urbana de Erechim. O entorno do ponto apresenta predominância de atividades agropecuárias, com destaque para o cultivo de soja, configurando uma condição de ocupação e cobertura da terra distinta daquela observada nos pontos urbanos. A distância e as características do entorno justificaram sua utilização como ponto de referência para a análise dos contrastes térmicos entre o espaço urbano e a área rural.

Por fim, para a caracterização sinótica foi realizada a coleta de cartas sinóticas disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e, por análise visual das cartas meteorológicas disponíveis para as datas selecionadas e associação com os boletins mensais disponíveis pelo INMET, foi possível identificar a atuação de sistemas atmosféricos.

2.2. Caracterização da cobertura vegetal e do uso da terra

Para caracterizar as condições de cobertura vegetal no entorno dos pontos de monitoramento, foi utilizado o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada *(Normalized Difference Vegetation Index – NDVI)*, calculado a partir de imagem do satélite *Landsat 8*, correspondente ao dia 06 de junho de 2023. Foram utilizadas as bandas 4 (vermelho) e 5 (infravermelho próximo), obtidas por meio do *United States Geological Survey* (USGS) e processadas no software QGIS. O NDVI foi calculado conforme a equação proposta por Tucker (1979):

$$NDVI = \rho 5 - \rho 4 \,/\, \rho 5 + \rho 4$$

em que ρ5 corresponde à reflectância da banda do infravermelho próximo e ρ4 à reflectância da banda do vermelho. Os valores do índice variam teoricamente entre −1 e +1, sendo que valores mais elevados, em geral, indicam maior presença e vigor da vegetação.

O mapeamento do uso e cobertura da terra foi realizado a partir da mesma imagem *Landsat 8/OLI*, adquirida no *USGS* e selecionada em função da baixa cobertura de nuvens. Após a composição colorida em cores naturais, utilizando as bandas RGB 4-3-2, procedeu-se à classificação supervisionada por meio do complemento *Dzetsaka* no QGIS. Foram estabelecidas cinco classes de uso e cobertura da terra: (1) área urbanizada; (2) vegetação herbácea/gramínea; (3) vegetação arbórea; (4) pastagem e solo exposto; e (5) corpos d'água.

A representação cartográfica do NDVI e do uso e cobertura da terra foi realizada considerando a distribuição espacial dos pontos de monitoramento. Como o Ponto 04 está localizado a aproximadamente 10,6 km da área urbana, foram utilizados recortes espaciais distintos para os pontos urbanos e para o ponto rural, de modo a permitir maior detalhamento das características do entorno imediato de cada local de monitoramento. Essa representação não altera a classificação do Ponto 04 como área rural, utilizada como referência para a análise do contraste térmico urbano-rural.

2.2 Determinação da intensidade da ilha de calor urbana

A intensidade da ilha de calor urbana foi determinada a partir da diferença entre a temperatura do ar registrada nos pontos urbanos e aquela observada no ponto de referência rural, conforme a expressão:

$$\Delta T = TC^{\circ} \text{ urbano} - TC^{\circ} \text{ rural}$$

Valores positivos de ΔT indicam temperaturas mais elevadas no ponto urbano em relação ao ponto rural, enquanto valores negativos representam temperaturas inferiores no ambiente urbano.

A intensidade do fenômeno foi posteriormente classificada conforme os intervalos de diferença. Adotou-se, neste estudo, a classificação de Oke (1987), conforme apresentado no quadro 01, que permitiu identificar episódios de menor ou maior contraste entre os ambientes urbano e rural.

Quadro 1– Classificação da intensidade das ilhas de calor urbanas

Fraca	> 0°C a ≤ 2°C
Moderada	> 2°C a ≤ 4°C
Forte	> 4°C a ≤ 6°C
Muito forte	>6°C

Fonte: Oke, 1987.

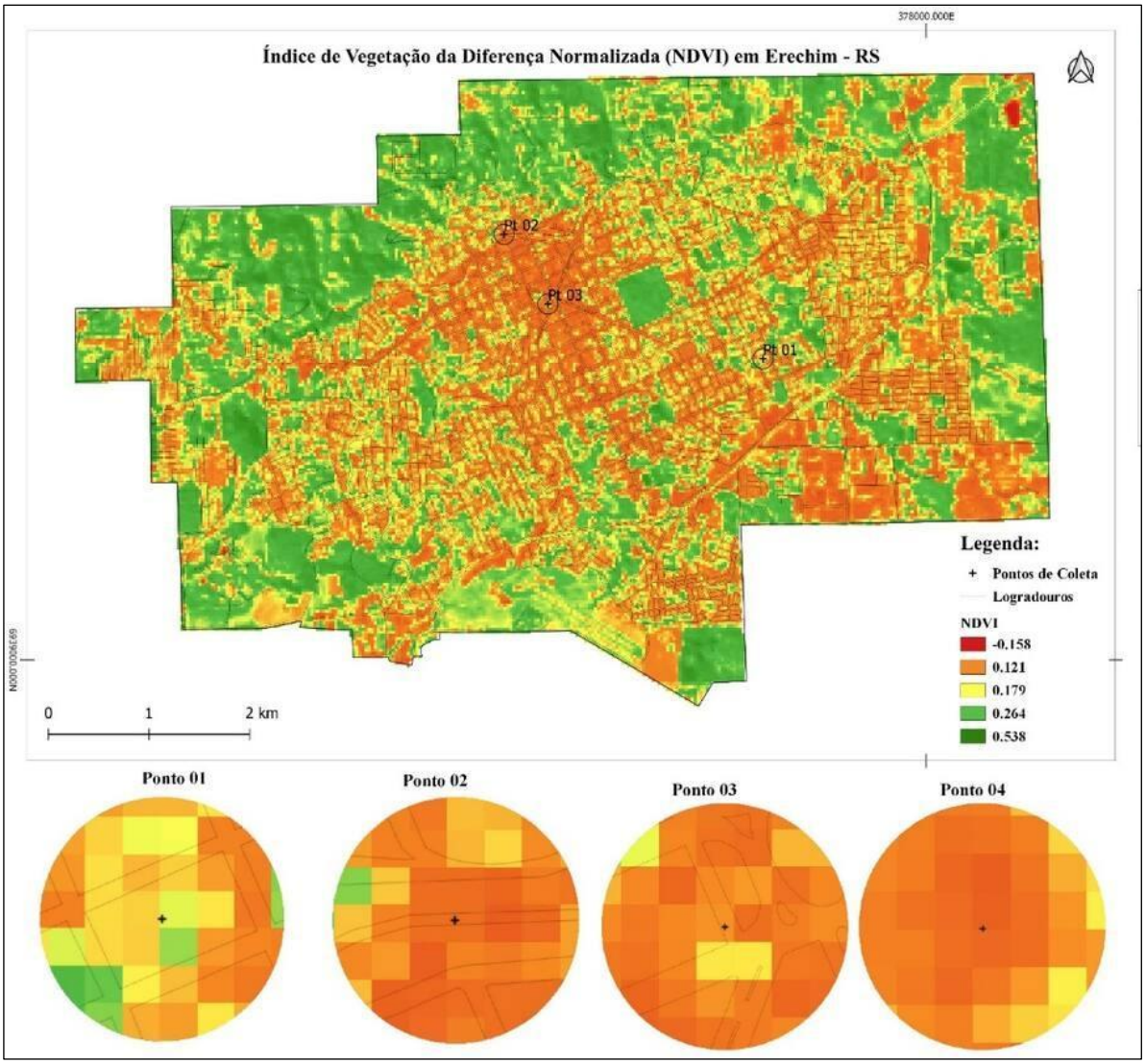
3. RESULTADOS

3.1. Caracterização da vegetação e do uso da terra

O NDVI evidenciou diferenças na cobertura vegetal no entorno dos pontos de monitoramento (Figura 04), com valores variando entre −0,158 e 0,538. Os menores valores foram associados às superfícies urbanizadas e áreas com pouca ou nenhuma cobertura

vegetal, enquanto os maiores valores ocorreram em setores com maior presença de vegetação arbórea e herbácea.

Figura 4 - NDVI nos pontos de coleta



Fonte: Os autores (2026).

No Ponto 01, observou-se maior heterogeneidade espacial dos valores de NDVI, representada pela ocorrência de diferentes classes espectrais entre as áreas edificadas. A presença de vegetação arbórea e herbácea entre as edificações diferencia esse setor dos demais pontos urbanos e indica maior heterogeneidade da cobertura da terra no entorno do sensor.

Nos Pontos 02 e 03, predominam valores mais baixos de NDVI associados às superfícies construídas e à menor presença de vegetação. Embora possam ocorrer áreas vegetadas de

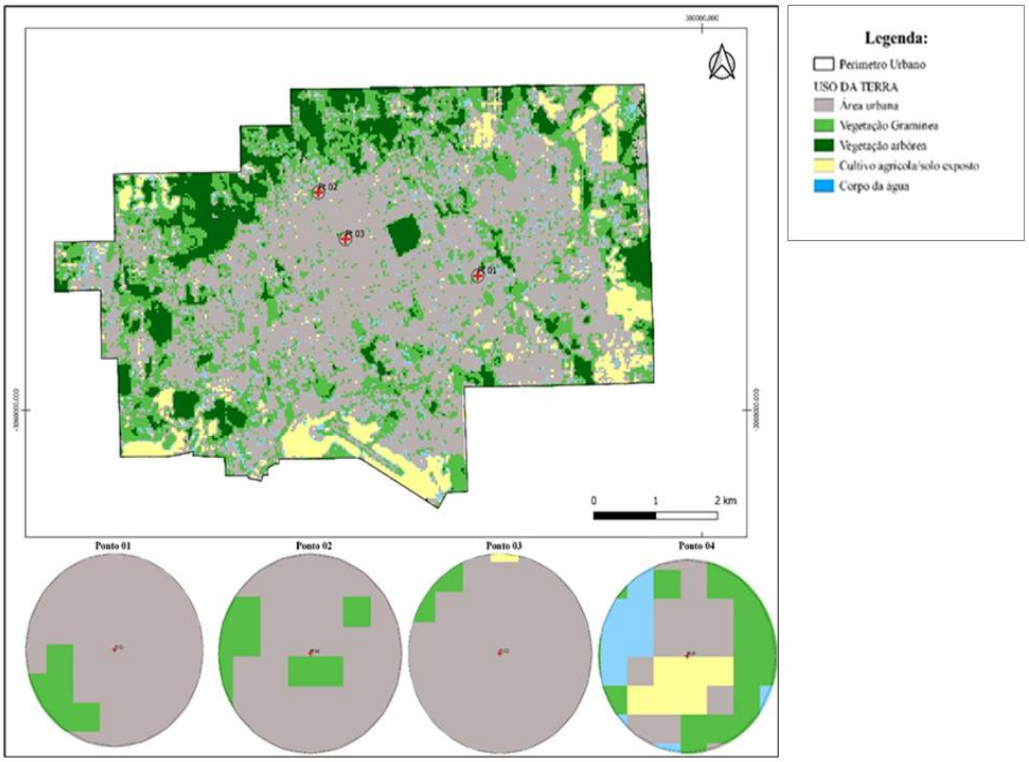
pequena extensão, a maior continuidade das superfícies edificadas reduz a expressão espacial da cobertura vegetal no entorno dos pontos. No Ponto 04, localizado em área rural, os valores de NDVI estão relacionados predominantemente à cobertura herbácea, áreas agrícolas e setores de solo exposto, além da presença localizada de vegetação arbórea.

Os resultados do NDVI devem ser interpretados em conjunto com o uso e cobertura da terra, uma vez que o índice representa a resposta espectral da vegetação e não constitui, isoladamente, uma medida direta da qualidade ambiental ou da capacidade de resfriamento do ambiente.

3.2. Uso e cobertura da terra

O mapeamento do uso e cobertura da terra (Figura 05) permitiu identificar diferenças na composição espacial dos ambientes monitorados. Nos pontos urbanos, predominam superfícies construídas, intercaladas por áreas vegetadas de pequena extensão, principalmente associadas a jardins, arborização viária e espaços livres. No Ponto 01, observa-se maior presença relativa de vegetação no entorno das edificações, corroborando o padrão identificado pelo NDVI.

Figura 5 - Usos e ocupação da terra nos pontos de coleta



Fonte: Os autores (2026).

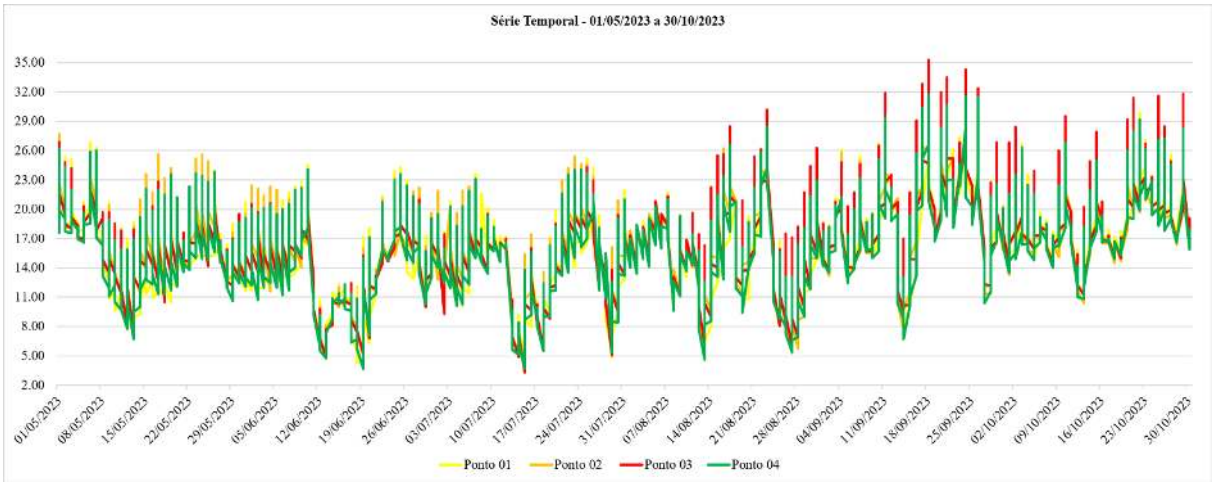
Os Pontos 02 e 03 apresentam maior predominância de superfícies construídas e menor participação relativa de áreas vegetadas no entorno imediato dos sensores. Essa configuração representa uma condição urbana distinta daquela observada no Ponto 01, permitindo avaliar se as diferenças na cobertura e estrutura do espaço se refletem na variabilidade da temperatura do ar.

No Ponto 04, localizado em área rural, observa-se a presença de áreas agrícolas, vegetação herbácea, corpo d'água e superfícies construídas associadas ao campus universitário. A composição do entorno diferencia-se substancialmente dos pontos urbanos, possibilitando sua utilização como referência para a avaliação do contraste térmico entre os ambientes urbano e rural.

3.3. Variabilidade temporal da temperatura do ar

A série temporal da temperatura do ar registrada entre maio e outubro de 2023 apresentou variabilidade temporal semelhante entre os quatro pontos de monitoramento, com variações associadas às condições atmosféricas ao longo do período (Figura 06). Apesar da resposta geral semelhante aos episódios de aquecimento e resfriamento, observa-se diferença na magnitude das temperaturas registradas entre os pontos urbanos e o ponto rural, indicando a existência de contrastes térmicos entre os ambientes monitorados.

Figura 6 – Série de dados Coletados:



Fonte: Os autores (2026).

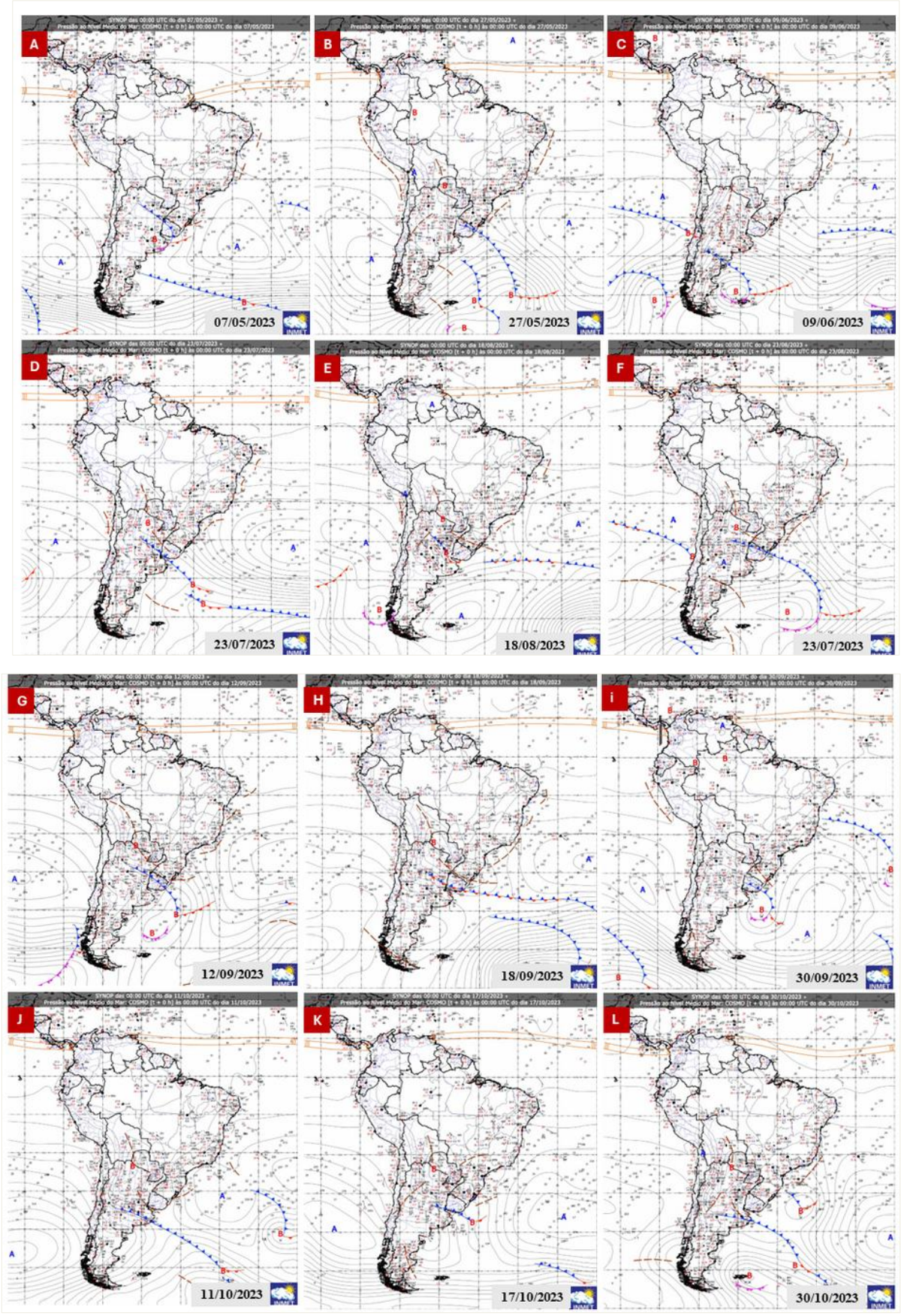
Em diversos episódios, os quatro pontos apresentaram redução simultânea da temperatura, acompanhada pela diminuição temporária do contraste térmico entre os ambientes urbano e rural. Destacam-se as datas de 15/05, 12/06, 19/06, 17/07, 31/07, 14/08, 28/08, 11/09, 25/09 e 16/10. A ocorrência simultânea dessas reduções nos diferentes pontos indica a atuação de condições atmosféricas de escala regional sobre a variabilidade térmica local. A associação desses episódios à passagem de sistemas frontais e à atuação de massas de ar frio, foram confirmadas a partir da análise das condições sinóticas correspondentes.

As temperaturas elevadas da série foram observadas com maior frequência no Ponto 03, especialmente em períodos que antecederam episódios de resfriamento atmosférico. Entre as datas se destacam os dias: 07/05, 27/05, 09/06, 23/07, 18/08, 23/08, 12/09, 18/09, 30/09, 11/10, 17/10, 30/10 (Figura 07). A recorrência de temperaturas elevadas nesse ponto sugere que suas características locais podem favorecer maior aquecimento do ar, hipótese que deve ser discutida conjuntamente com as características de uso e cobertura da terra, morfologia urbana e condições atmosféricas observadas durante os episódios.

Pode-se identificar nas cartas selecionadas dos dias de aquecimento, um padrão sinótico frontal (Figura 07), que tem por característica a advecção de ar quente, mudança/intensificação dos ventos e aquecimento, antes da chegada da frente fria. Deste modo, antes do padrão sinótico frontal chegar, Erechim ainda estava no setor quente, à frente da situação predominante.

Foram identificados para os dias em questão as seguintes situações predominantes: A) 07/05 - Sistema frontal associado a baixa pressão ao sul, B) 27/05 - Frente fria avançando pelo Sul, C) 09/06 - Sistema frontal ao sul/RS, com baixa pressão associada, D) 23/07 - Frente fria + baixa pressão/ciclone extratropical, E) 18/08 - Sistema frontal atuando no Sul, F) 23/08 - Influência de baixa pressão/frente sobre o Sul, G) 12/09 - Sistema frontal, com ciclone extratropical ao sul, H) 18/09 - Frente fria atravessando o Sul, I) 30/09 - Sistema frontal associado a baixa pressão, J) 11/10 - Frente fria sobre/ao sul do RS, K) 17/10 - Sistema frontal/baixa pressão influenciando o Sul, L) 30/10 -Sistema frontal associado a baixa pressão/ciclone.

Figura 7 – Cartas Sinóticas:

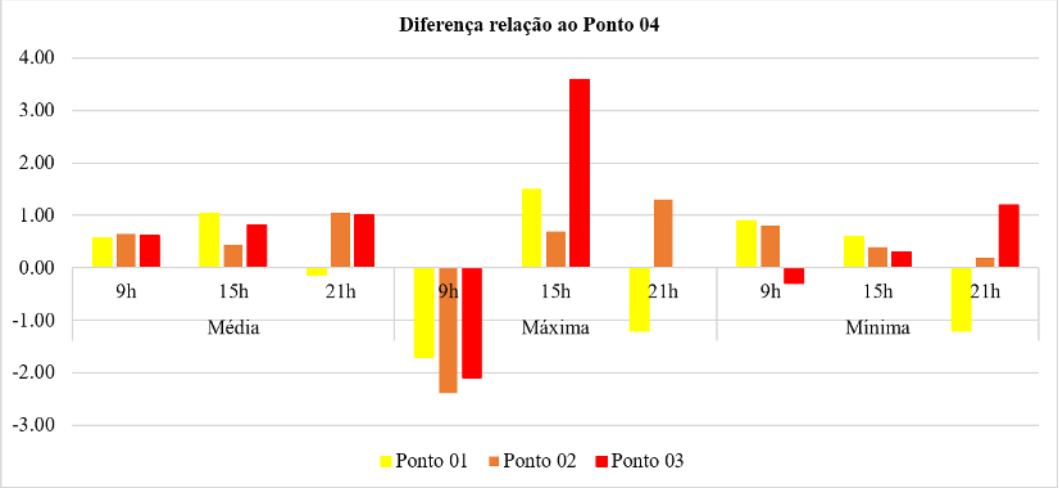


Fonte: Os autores (2026).

3.4. Contraste térmico urbano-rural

A Figura 08 apresenta as diferenças de temperatura do ar entre os pontos urbanos (01, 02 e 03) e o Ponto 04, utilizado como referência rural, considerando as temperaturas média, máxima e mínima nos horários de 9h, 15h e 21h. O contraste térmico foi calculado pela diferença entre a temperatura registrada em cada ponto urbano e aquela observada no ponto rural (ΔT = TCº urbano – TCº rural).

Figura 8 – Diferenças em relação ao ponto 04 rural.



Fonte: Os autores (2026).

Para a temperatura média, os Pontos 01, 02 e 03 apresentaram, às 9h e às 15h, diferenças positivas próximas de 0,6 °C em relação ao Ponto 04. Às 21h, o contraste foi mais evidente nos Pontos 02 e 03, que apresentaram temperaturas aproximadamente 1,0 °C superiores às registradas no ponto rural, enquanto o Ponto 01 apresentou diferença negativa.

Considerando as temperaturas máximas, às 9h os três pontos urbanos apresentaram diferenças negativas em relação ao Ponto 04. Às 15h, verificou-se o maior contraste térmico entre os pontos, com destaque para o Ponto 03, cuja temperatura máxima apresentou diferença de aproximadamente 3,6 °C em relação ao ponto rural. Às 21h, o Ponto 02 permaneceu com diferença positiva, enquanto o Ponto 01 apresentou diferença negativa e o Ponto 03 valores próximos da condição de referência.

Para as temperaturas mínimas, às 9h os Pontos 01 e 02 apresentaram diferenças positivas, enquanto o Ponto 03 apresentou valor negativo. Às 15h, os três pontos urbanos apresentaram diferenças positivas em relação ao Ponto 04. Às 21h, o maior contraste positivo

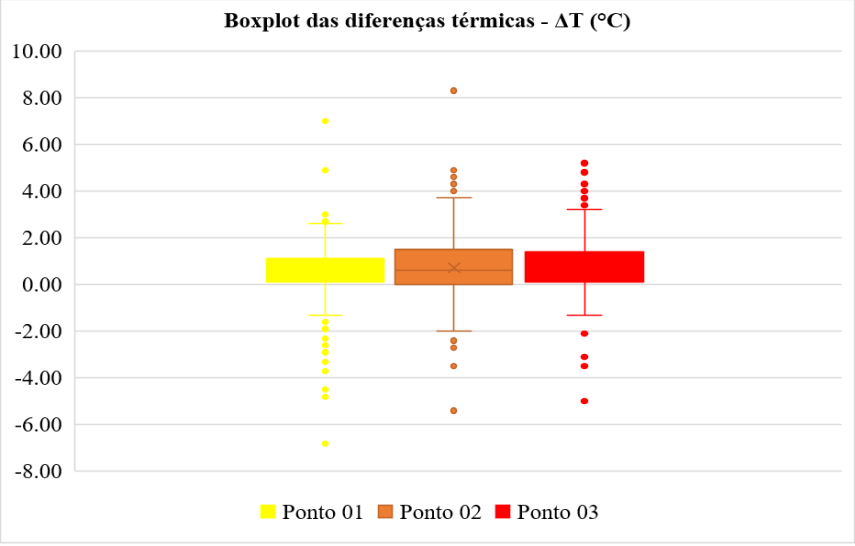
foi observado no Ponto 03, com aproximadamente 1,2 °C, enquanto o Ponto 01 apresentou diferença negativa.

Os resultados evidenciam que o contraste térmico entre os ambientes urbano e rural não apresenta variação uniforme ao longo do dia. Sua magnitude e seu sinal variam conforme o horário e a variável térmica considerada, indicando que a resposta térmica dos diferentes setores urbanos é dependente tanto das características locais quanto das condições atmosféricas presentes durante o período de monitoramento.

3.5. Distribuição dos contrastes térmicos

Os boxplots das diferenças térmicas (ΔT) entre os Pontos 01, 02 e 03 e o Ponto 04 evidenciam a variabilidade temporal dos contrastes térmicos entre os ambientes urbano e rural (Figura 09). As medianas positivas observadas nos três pontos indicam que, considerando o conjunto dos registros analisados, as temperaturas dos ambientes urbanos foram, em geral, superiores às registradas no ponto rural.

Figura 9 – Diferenças térmicas



Fonte: Os autores (2026).

O Ponto 01 apresentou mediana próxima de 0,5 °C e menor dispersão dos valores centrais em comparação com os demais pontos, indicando maior estabilidade do contraste térmico ao longo da série. Apesar disso, foram registrados valores extremos entre aproximadamente −7,0 °C e 7,0 °C, demonstrando que episódios específicos podem produzir diferenças térmicas expressivas.

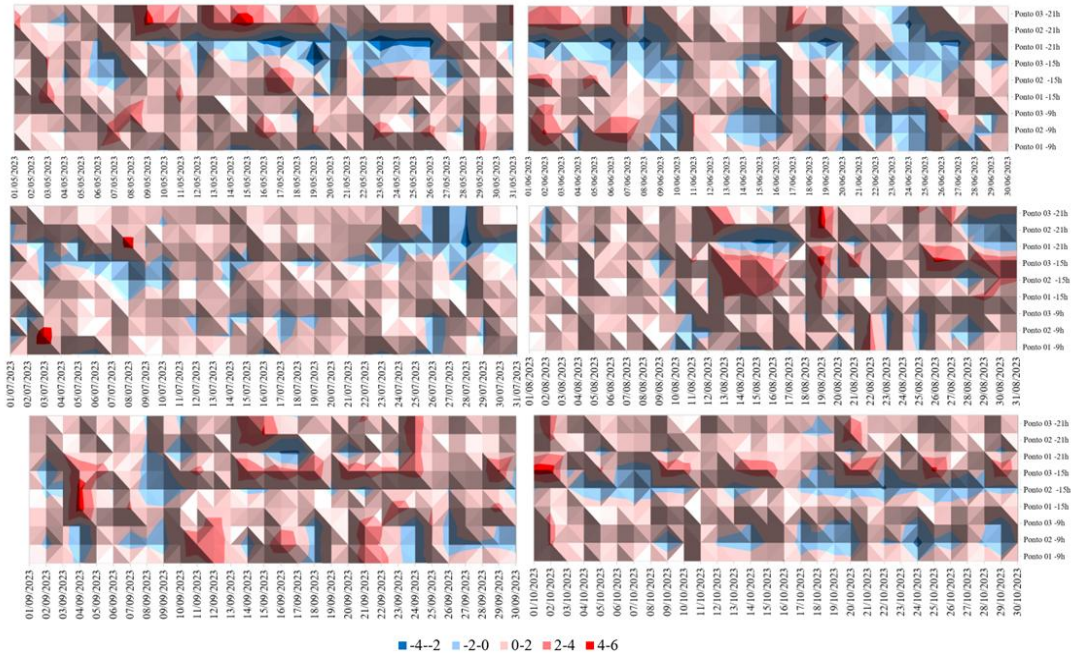
Os Pontos 02 e 03 apresentaram medianas positivas e maior variabilidade dos contrastes térmicos. No Ponto 02, os valores extremos alcançaram aproximadamente 8,3 °C e −5,5 °C, enquanto no Ponto 03 foram observados extremos próximos de 5,2 °C e −5,5 °C. A ocorrência de valores negativos demonstra que o ambiente urbano não apresentou temperaturas sistematicamente superiores ao ponto rural em todos os períodos, reforçando o caráter temporalmente variável do contraste térmico.

De modo geral, os resultados indicam predominância de temperaturas mais elevadas nos pontos urbanos em relação ao Ponto 04, mas também evidenciam episódios de inversão desse padrão. Portanto, a diferença térmica urbano-rural deve ser interpretada considerando a interação entre características locais e condições atmosféricas, e não como uma diferença constante entre os ambientes.

3.6. Intensidade da ilha de calor

A Figura 10 apresenta a distribuição temporal da intensidade do contraste térmico entre os pontos urbanos e o Ponto 04, nos horários de 9h, 15h e 21h, ao longo dos meses de maio a outubro de 2023. Os resultados evidenciam que a magnitude do contraste térmico varia tanto entre os pontos quanto ao longo do ciclo diário.

Figura 10 – Magnitude da ilha de calor



Fonte: Os autores (2026).

Predominam diferenças térmicas positivas de menor magnitude, indicando que, na maior parte dos registros, os pontos urbanos apresentaram temperaturas superiores às observadas no ponto rural, embora com contrastes relativamente reduzidos. Episódios de maior intensidade ocorreram de forma pontual, com destaque para os horários de 15h e 21h nos Pontos 02 e 03. Entre os maiores valores identificados estão 3,7 °C no Ponto 02 em 13/08 às 15h, 3,6 °C no Ponto 03 em 29/08 às 15h e 3,7 °C no Ponto 03 em 20/09 às 15h.

Os episódios de maior contraste térmico concentram-se principalmente nos meses de agosto, setembro e outubro. Entretanto, a identificação dos mecanismos responsáveis por estes eventos exige a consideração simultânea das condições meteorológicas, especialmente radiação, nebulosidade, velocidade e direção do vento e estabilidade atmosférica. Assim, os resultados permitem identificar os episódios de maior intensidade do contraste térmico, mas não permitem atribuir sua ocorrência exclusivamente às características da superfície urbana sem a análise das condições atmosféricas correspondentes.

Também foram observados valores negativos de ΔT, indicando episódios em que determinados pontos urbanos apresentaram temperaturas inferiores às registradas no Ponto 04. Esses resultados evidenciam a ocorrência de condições de resfriamento relativo do ambiente urbano e demonstram que a diferença térmica urbano-rural apresenta forte variabilidade temporal. Dessa forma, a intensidade da ilha de calor urbana não deve ser interpretada como uma característica permanente dos pontos monitorados, mas como uma condição que emerge com diferentes magnitudes em função da interação entre o espaço urbano e a dinâmica atmosférica.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo analisou a variabilidade temporal e espacial da temperatura do ar e os contrastes térmicos entre áreas urbanizadas e uma área rural de referência em Erechim - RS, a partir do monitoramento de quatro pontos com diferentes características de uso e cobertura da terra, durante o período de maio a outubro de 2023. Os resultados evidenciaram diferenças na resposta térmica entre os pontos monitorados, indicando que as características da superfície e da estrutura urbana contribuem para a diferenciação do comportamento da temperatura do ar em escala local.

Os maiores valores de temperatura foram observados, de maneira recorrente, nos pontos urbanos, especialmente nos setores caracterizados por maior predominância de superfícies construídas e menor presença relativa de vegetação. Em contraste, o Ponto 04, localizado em área rural, apresentou temperaturas inferiores em grande parte dos registros. Entretanto, a ocorrência de diferenças térmicas negativas em determinados períodos demonstra que o contraste urbano-rural não é permanente, apresentando variações ao longo do dia e entre diferentes condições atmosféricas.

A análise dos contrastes térmicos (ΔT) evidenciou predominância de valores positivos entre os pontos urbanos e o Ponto 04, reforçando a ocorrência de condições favoráveis à formação de ilha de calor urbana em Erechim. A magnitude do fenômeno, contudo, apresentou elevada variabilidade temporal e espacial. Predominaram diferenças de menor intensidade, enquanto episódios de maior contraste ocorreram de forma pontual, especialmente nos horários de 15h e 21h e nos meses de agosto, setembro e outubro. A ocorrência de valores negativos em determinados episódios também evidencia a existência de condições de resfriamento relativo dos setores urbanos em relação ao ponto rural de referência.

Os resultados obtidos indicam que a distribuição da vegetação e a predominância de superfícies construídas constituem fatores relevantes para compreender as diferenças térmicas observadas entre os pontos de monitoramento. O Ponto 01, caracterizado por maior heterogeneidade da cobertura da terra e presença de vegetação entre as edificações, apresentou comportamento térmico distinto dos Pontos 02 e 03, nos quais predominam superfícies construídas. Esses resultados reforçam a importância da vegetação e da manutenção de áreas permeáveis na composição do ambiente urbano e na amenização das condições térmicas locais.

Ressalta-se, ainda que, a utilização de um único ponto rural (Ponto 04) como referência limita a generalização do contraste térmico para toda a área não urbanizada do município, uma vez que diferenças de altitude, cobertura da terra e exposição podem contribuir para a variabilidade térmica observada.

Embora os resultados permitam identificar contrastes térmicos consistentes entre os ambientes monitorados, a atribuição dos episódios de maior ou menor intensidade exclusivamente às características da urbanização deve ser evitada. A dinâmica atmosférica exerce papel fundamental na modulação do clima urbano, podendo alterar a magnitude dos

contrastes térmicos entre diferentes setores. Dessa forma, a compreensão dos mecanismos responsáveis pelos episódios extremos identificados requer a integração dos dados de temperatura com outras variáveis meteorológicas e com a caracterização das condições atmosféricas predominantes em cada episódio.

Do ponto de vista do planejamento urbano, os resultados reforçam a necessidade de considerar a distribuição da vegetação, a preservação de áreas permeáveis e a configuração das superfícies construídas na organização do espaço urbano de Erechim. Estratégias como a ampliação e conservação da arborização urbana, a proteção de áreas verdes e a adoção de soluções baseadas na natureza podem contribuir para a redução da exposição da população a condições de maior aquecimento, especialmente em setores urbanos mais densamente ocupados.

Como perspectiva para estudos futuros, recomenda-se a ampliação do período de monitoramento, contemplando todas as estações do ano e diferentes condições atmosféricas, bem como a incorporação de variáveis como umidade relativa do ar, velocidade e direção do vento, radiação solar e precipitação. Recomenda-se também ampliar o número de pontos de monitoramento e utilizar a abordagem das Zonas Climáticas Locais (Local Climate Zones – LCZ) para caracterizar de forma mais sistemática a estrutura urbana. Essas estratégias poderão contribuir para identificar os mecanismos responsáveis pela variabilidade térmica intraurbana e aprimorar a compreensão da dinâmica da ilha de calor urbana em cidades médias do Sul do Brasil.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

AGNOLIN, Eduarda Regina. **Estudo da temperatura de superfície na área urbana de Erechim-RS.** 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) – Universidade Federal da Fronteira Sul, Erechim, 2021.

ÁLVARES, Clayton Alcarde; Stape, J. L.; Sentelhas, P. C.; Gonçalves, J. D. M.; Sparovek, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013. DOI: https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507.

AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade. **O clima urbano de Presidente Prudente/SP.** 2000. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade. Detecção remota de ilhas de calor superficiais: exemplos de cidades de porte médio e pequeno do ambiente tropical, Brasil. **Finisterra**, v. 52, n. 105, p. 111–133, 2017. DOI: https://doi.org/10.18055/Finis6888.

AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade. Ilhas de calor urbanas: métodos e técnicas de análise. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 25, 2019. DOI: https://doi.org/10.5380/abclima.v0i0.65136.

BRANDÃO, Ana Maria de Paiva Macedo. **Tendências e oscilações climáticas na área urbana metropolitana do Rio de Janeiro.** 1987. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.

HOPPE, Ismael Luiz. **O campo termo-higrométrico e a qualidade ambiental urbana em Salto do Jacuí/RS.** 2018. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2018.

HOPPE, Ismael Luiz; Iensse, A. C.; Simioni, J. P. D.; Wollmann, C. A. Comparação entre um abrigo meteorológico de baixo custo e a estação meteorológica oficial no INMET, em Santa Maria (RS). **Ciência e Natura**, v. 37, n. 1, p. 132–137, 2015. DOI: https://doi.org/10.5902/2179460X16228.

IBGE – **INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA.** Estimativas da população residente para os municípios e para as unidades da Federação com data de referência em 1º de julho de 2025. Rio de Janeiro: IBGE, 2025. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativasde-populacao.html. Acesso em: 9 nov. 2026.

INMET – **INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA**. Portal do Instituto Nacional de Meteorologia. Brasília, DF: INMET, [s. d.]. Disponível em: https://portal.inmet.gov.br/. Acesso em: 12 out. 2023.

KEGLER, Jonathan Júlio; Wollmann, C. A.; Duarte, V. A.; Hoppe, I. L.; Iensse, A. C. Variabilidade espacial da temperatura do ar com uso de transectos móveis em Erechim/RS, sob domínio polar em processo de tropicalização. **Ciência e Natura**, v. 38, n. 1, p. 215–231, 2016. DOI: https://doi.org/10.5902/2179460X19357.

LI, X.; Zhou, Y.; Eom, J.; Yu, S.; Asrar, G. R. Projecting global urban area growth through 2100 based on historical time series data and future shared socioeconomic pathways. **Earth's Future**, v. 7, p. 351–362, 2019. DOI: https://doi.org/10.1029/2019EF001152.

LOMBARDO, Magda Adelaide. **Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo.** São Paulo: Hucitec, 1985.

MARENGO, José A.; AMBRIZZI, Tércio; SOARES, Wagner R. **Jatos de baixos níveis ao longo dos Andes.** In: CAVALCANTI, Iracema F. A. et al. (org.). Tempo e clima no Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 160–180.

MENDONÇA, Francisco; DUBREUIL, Vincent. Termografia de superfície e temperatura do ar na RMC (Região Metropolitana de Curitiba/PR). **Ra'e Ga: o Espaço Geográfico em Análise**, Curitiba, v. 9, 2005. DOI: https://doi.org/10.5380/raega.v9i0.3444.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. **Teoria e clima urbano**. São Paulo: Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, 1976.

MURARA, Pedro; AGNOLIN, Eduarda; PRINA, Bruno. Perfis térmicos de verão em Erechim/RS. **Geo UERJ**, Rio de Janeiro, n. 41, 2022. DOI: https://doi.org/10.12957/geouerj.2022.54647. Disponível em: https://www.e-publicacoes.uerj.br/geouerj/article/view/54647. Acesso em: 9 nov. 2026.

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

OKE, Timothy R. Boundary layer climates. 2. ed. London: Routledge, 1987.

OLIVEIRA, Benedito Gledson de Araújo. **Uso da terra e clima urbano e suas influências sobre a população de Euglossini na cidade de Parnaíba, PI, Brasil.** 2015. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2015.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ERECHIM. Lei nº 6.256, de 2016. Dispõe sobre o desenvolvimento urbano e o zoneamento de uso do solo urbano: **Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental Sustentável de Erechim**. Erechim: Prefeitura Municipal, 2016.

RECH, Bruno; Moreira, R. N.; Mello, T. A. G.; Klouček, T.; Komárek, J.Assessment of daytime and nighttime surface urban heat islands across local climate zones: a case study in Florianópolis, Brazil. **Urban Climate**, v. 55, art. 101954, 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.uclim.2024.101954.

STEWART, Iain D. **Why should urban heat island researchers study history? Urban Climate**, v. 30, art. 100484, 2019. DOI: https://doi.org/10.1016/j.uclim.2019.100484.

TUCKER, Compton J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. **Remote Sensing of Environment**, v. 8, n. 2, p. 127–150, 1979. DOI: https://doi.org/10.1016/0034-4257(79)90013-0.

UGEDA JÚNIOR, José Carlos. **Clima urbano e planejamento na cidade de Jales-SP.** 2012. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2012.

UNITED NATIONS. Department of Economic and Social Affairs. Population Division. **World urbanization prospects: the 2018 revision**. New York: United Nations, 2018.

VALIN JÚNIOR, Marcos de Oliveira. **Análise de abrigos termo-higrométricos alternativos para transectos móveis. 2019.** Tese (Doutorado em Física Ambiental) – Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2019.