Revista Brasileira de Climatologia
Brazilian Journal of Climatology
OPEN ACCESS

TRAJETÓRIA SOLAR E PADRÃO TÉRMICO EM DUAS ÁREAS URBANAS EM PRESIDENTE PRUDENTE, SÃO PAULO

Sun path and thermal pattern on two urban areas in Presidente Prudente, São Paulo

Trajectoire solaire et configuration thermal dans deux aires urbaines à Presidente Prudente, São Paulo

Igor Vinícius Barbosa Duchini
Programa de Pós-Graduação em Geografia
Universidade Estadual Paulista (UNESP)
Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente
Presidente Prudente, São Paulo, Brasil
igor.vb.duchini@unesp.br

Danielle Cardozo Frasca Teixeira
Departamento de Geografia
Universidade Estadual Paulista (UNESP)
Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente
Presidente Prudente, São Paulo, Brasil
danielle.frasca@unesp.br

Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim
Departamento de Geografia
Universidade Estadual Paulista (UNESP)
Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente
Presidente Prudente, São Paulo, Brasil
margarete.amorim@unesp.br

Resumo: O ambiente urbano é caracterizado por uma morfologia particular resultado da forma como se dá a produção material desse espaço geográfico. Tal morfologia urbana proporciona uma dinâmica climática característica ao ambiente da cidade. Soma-se a isso a própria complexidade das dinâmicas naturais do clima terrestre. Um dos fatores de maior influência nesse cenário é a inserção de energia solar, a qual apresenta variação sazonal considerável na região dos trópicos. Sendo assim, o objetivo do presente artigo é analisar a correspondência entre o padrão térmico de duas localidades urbanas definidas por morfologias distintas e o perfil de deslocamento solar. Para tanto, foram empregados tanto diagramas de trajetória solar e dados obtidos *in loco* a partir de sensores instalados em ambas as localidades. O recorte temporal da análise são os meses de janeiro e julho de 2024, visando justamente aferir os perfis de deslocamento solar do verão e inverno. Os resultados obtidos revelam uma correspondência relevante entre a geometria do ambiente construído, a entrada de energia solar e o padrão de aquecimento dos locais. Em ambas as estações, as temperaturas absolutas foram maiores no local com maior proximidade de superfícies horizontais adjacentes, as quais foram aquecidas durante as tardes. No local com maior abertura para a entrada de radiação solar, o aquecimento foi maior no final da manhã, porém, logo sofreu reduções no fim da tarde. A principal diferença entre o período de verão e inverno foi em relação aos valores de temperatura máxima, maiores naquela estação.

Palavras-chave: Clima urbano. Morfologia urbana. Diagrama solar.

Abstract: The urban ambience is characterized by a particular morphology which is a result of the material production of this geographical space. Such urban morphology proportionates a climatic dynamic that characterizes the city environment. In addition to that, there is the complexity of terrestrial natural climatic dynamics. One of the most influential factors in this scenario is the insertion of solar energy, which shows a considerable seasonal variability in tropical regions. Thus, the objective of this article is to analyze the correspondence between the thermal pattern of two urban locations defined by distinct urban morphologies and the solar pattern profile. To reach such ends, it was utilized both sun-path diagrams and locally collected data through sensors. The time frame of the analyzes were the months of January and July of 2024, aiming to assess the solar pattern on both summer and winter. The results obtained demonstrate a relevant correspondence between the geometry of built environment, the insertion of solar energy and the heating pattern of the locales. On both seasons, the absolute temperatures were higher on the local closer to adjacent horizontal surfaces, which were heated during afternoons. On the local with greater opening to solar radiation entrance, heating was greater during the end of morning, however, it quickly suffered reductions during the end of afternoon. The main difference between summer and winter was related to the maximum temperatures, which were higher at the former.

Keywords: Urban climate. Urban morphology. Solar diagram.

Résumé: L’ambiance urbaine est caractérisée par une morphologie particulière résultat de la forme comment la production matérielle de cet espace géographique est réalisée. La morphologie urbaine engendre une dynamique climatique associée à l'environnement de la ville. Parallèlement, il y a la complexité des dynamiques naturelles du climat terrestre. L’un des facteurs le plus influent dans ce scénario est l’insertion d’énergie solaire, laquelle montre une variation saisonnière considérable dans la région tropicale. Ainsi, l’objectif de cet article c’est d’analyser la correspondance entre la configuration thermique de deux localités urbaines définies par des morphologies distinctes et le profil de déplacement solaire. En tant que tel, il a été utilisé des diagrammes de trajectoire solaire et des données recueillies dans les deux aires. Les mois de janvier et juillet ont été choisis pour l’analyse, visant l'identification de la trajectoire solaire de l’été et de l’hiver. Les résultats obtenus montrent une correspondance pertinente entre la géométrie de l'environnement construit, l’entrée d’énergie solaire et la tendance de réchauffement des locales. Pendant les deux saisons, les températures absolues ont

été plus élevées dans l'aire avec une proximité majeure avec les surfaces horizontales, lesquelles ont été chauffées pendant l'après-midi. Dans l'aire avec plus d'ouverture pour l'entrée de radiation solaire, le réchauffement a été plus élevé à la fin du matin, toutefois, il a subi des réductions à la fin de l'après-midi. La principale différence entre le période de l'été et de l'hiver a été les valeurs de température maximale, plus élevées à l'été.
Mots-clés: Climat urbain. Morphologie urbaine. Diagramme solaire.

Submetido em: 01/04/2026
Aceito para publicação em: 25/08/2026
Publicado em: 15/11/2026

1. INTRODUÇÃO

O ambiente urbano, enquanto um espaço produzido e que propicia profunda modificação das dinâmicas naturais (Lefebvre, 1981; Santos, 1993), pode ser compreendido a partir da análise de diferentes perspectivas que evidenciem essa interface entre os aspectos artificiais e naturais inerentes a ele. Uma dessas perspectivas de análise é o clima urbano, o qual diz respeito às modificações causadas nas dinâmicas climáticas locais em decorrência dos aspectos materiais e funcionais das cidades lhes atribuindo um clima específico (Monteiro, 2009).

Dentre as diferentes formas de se compreender as influências do ambiente construído nos processos atmosféricos, destaca-se a percepção dos elementos morfológicos como proporcionadores de diferentes padrões térmicos para os ambientes urbanos (Mascaró, 2004). A geometria das tipologias da cidade tem efeito direto no balanço energético dos locais, ao passo que influencia nos fluxos de calor das superfícies (Oke, 1987).

Considerando a grande diversidade de configurações morfológicas do ambiente urbano, é relevante que se desenvolvam estudos que visem expor essa relação entre as condições geométricas dos locais e as implicações para os fluxos de energia. Dessa forma, torna-se possível uma melhor compreensão das interferências do meio construído na dinâmica climática, além de favorecer futuras práticas de concepção do espaço (Lefebvre, 1981).

Uma das formas de se realizar esse tipo de análise é a partir do estudo da inserção de energia solar no sistema local. O sol é a fonte de energia primária para todo o ambiente terrestre, sendo, portanto, a principal condicionante dos padrões climáticos nas mais diferentes escalas (Mendonça; Danni-Oliveira, 2007). Para o ambiente urbano, a incidência da luz solar pode encontrar barreiras físicas, as quais são ocasionadas pela geometria das construções.

Nesse sentido, o fluxo de energia gerado pela entrada de ondas eletromagnéticas curtas (radiação solar) varia a depender das condições físicas do local (Mascaró, 2004). Assim, áreas com verticalização expressiva (Giyasov *et al.*, 2018; Nugroho *et al*., 2022), com certa densidade vegetativa (Bernatzky, 1982; Mascaró; Mascaró, 2010), ou mesmo com relevo mais acentuado, podem provocar sombreamento, limitando a inserção de energia solar no

ambiente. A orientação do relevo pode, também, assumir importância na distribuição da radiação e, por consequência, do calor nas superfícies (Nunes *et al*., 2024).

Isso posto, é necessário levar em conta, igualmente, que a quantidade de luz solar que chega à superfície do planeta apresenta uma variação sazonal em escala global (Rohli e Veja, 2017). Nos meses de solstício, por exemplo, a incidência total de luz solar durante os dias nas faixas tropicais, subtropicais e polares apresentam grande variação. No verão, há a máxima possibilidade de entrada de luz solar, enquanto no inverno ocorre o oposto.

Nessa conjuntura, é relevante destacar os principais elementos que compõem o balanço energético dos ambientes em escala local. Acerca disso, Oke (1987) apresenta um panorama geral das principais componentes energéticas e fluxos de calor associados ao ambiente urbano. Assim, o autor define que o estoque de calor de um local é definido pelo total de energia solar (Q*) somado ao calor antropogênico (Q_F), oriundo das atividades humanas, e subtraído dos fluxos de calor latente (Q_E), do fluxo de calor sensível (Q_H) e da advecção de calor (transporte horizontal de calor, ocasionado pelo fluxo do ar).

Cabe ressaltar que a entrada da radiação solar não é integral e tem relação direta com as condições de cobertura de nuvens, obstáculos à passagem da luz, grau de refletividade dos objetos na superfície, entre outros fatores (Oke *et al.*, 2017).

Contudo, como apontado anteriormente, as características morfológicas do terreno influenciam diretamente em como essa energia interage com o ambiente. Nas áreas urbanas, devido à complexidade da geometria dos elementos construídos, a propagação, absorção e reflexão dessa energia ocorre de maneira bastante desigual. O balanço energético dessas áreas torna-se, portanto, atrelado às modificações materiais nelas realizadas.

Soma-se a isso o fato de que os próprios materiais construtivos utilizados no ambiente urbano apresentam aspectos térmicos particulares, os quais também influenciam a dinâmica microclimática (Gartland, 2008; Oke *et al*., 2017). Certos materiais apresentam maior ou menor capacidade de reflexão de radiação solar, assim como também apresentam capacidades distintas de reter o calor inserido (Jensen, 2009). Comumente, uma variedade de materiais com aspectos térmicos distintos compõe o ambiente urbano, o que torna o balanço energético local ainda mais variável.

O presente artigo tem como principal objetivo analisar a relação entre o padrão da trajetória solar em dois meses de 2024 e a temperatura do ar em duas áreas urbanas com

morfologias distintas. Dessa forma, o estudo foi conduzido na cidade de Presidente Prudente, localizada no Estado de São Paulo, nas coordenadas 22°07’33”S 51°23’20”W. A cidade é caracterizada por um tipo climático tropical. Segundo a classificação de Köppen para o local, predomina o tipo climático Aw, um clima quente com verões chuvosos e invernos secos (Dubreuil *et al.* 2018).

Além disso, o ritmo atmosférico da região caracteriza-se pela atuação mais incisiva de massas de ar tropicais - atlântica (Ta) e continental (Tc) - e da massa polar atlântica (Pa), bem como pela ocorrência de diferentes tipos de instabilidades atmosféricas, como frentes polares atlânticas (FPA), frentes estacionárias (FE) e instabilidades tropicais (IT) (Sant’Anna Neto e Tommaselli, 2009).

2. METODOLOGIA

Uma das ferramentas que possibilitam a análise dessa variabilidade inerente às movimentações dos corpos celestes é o diagrama de trajetória solar (*sun path diagram*), o qual põe em evidência o deslocamento aparente do sol no período do dia em diferentes meses do ano para uma determinada latitude (Rohli e Vega, 2017). O diagrama é relevante para a inferência do balanço energético local, considerando a entrada de energia primária da radiação solar. Assim, torna-se possível a inferência dos padrões de aquecimento de diferentes pontos a partir da relação entre a morfologia local e a trajetória do sol na abóboda celeste (Lechner, 2015).

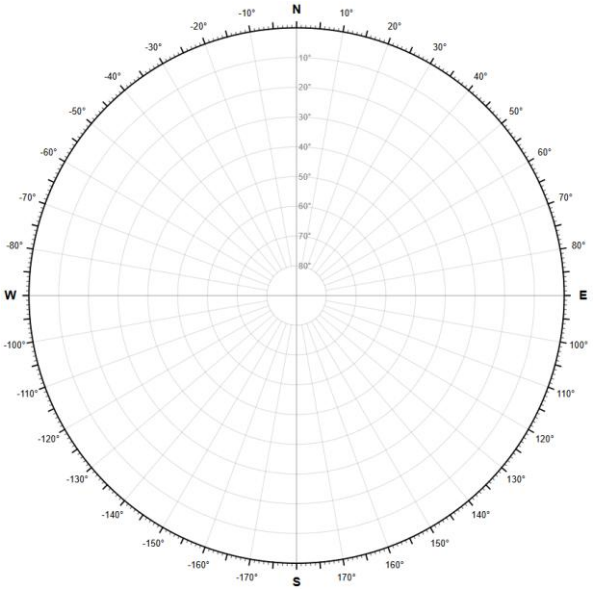
O diagrama é composto por um gráfico em representação circular (Figura 1), no qual é possível observar alguns elementos importantes. Primeiro, as linhas concêntricas dizem respeito ao ângulo de azimute, o qual indica a posição do sol em relação ao norte expressa em graus. Os círculos concêntricos, por sua vez, denotam o ângulo de inclinação em relação ao horizonte. Assim, o centro do diagrama indica o zênite, a 90^{o} (Rohli e Vega, 2017).

A partir dessa base, as trajetórias solares são definidas a depender da latitude do ponto de análise. As trajetórias plotadas tem relação com a variação dos ângulos de incidência de luz solar na superfície terrestre a depender do período do ano. Dessa forma, um ponto a 0^{o} de latitude apresentaria, durante o equinócio, uma trajetória solar em linha reta de leste a

oeste, passando exatamente pelo zênite. Nos solstícios, contudo, a trajetória desloca-se para sul (verão no hemisfério sul) ou para norte (verão no hemisfério norte) (Rohli e Vega, 2017).

Com essas informações, torna-se viável plotar a posição do sol no céu em diferentes momentos do dia para qualquer ponto na superfície do planeta. Portanto, a fim de realizar essa análise, valeu-se dos diagramas calculados digitalmente a partir do site *Sun Earth Tools* (disponível no endereço eletrônico: https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php), o qual possibilita a definição de diferentes parâmetros para a geração dos diagramas de trajetória solar a partir de qualquer ponto na superfície terrestre.

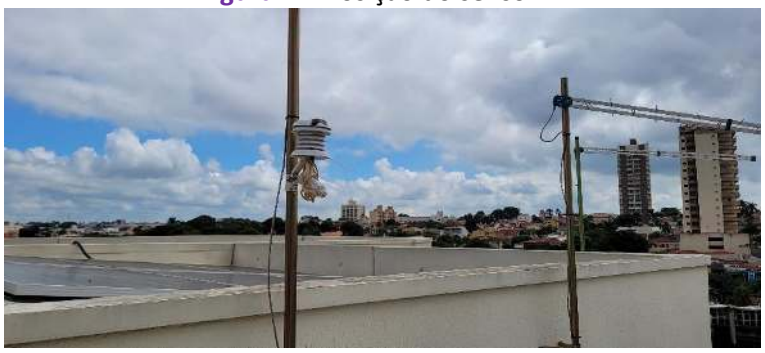
Figura 1 – Diagrama de trajetória solar base.



Fonte: Marsh (2014).

Foram definidos dois pontos de análise no ambiente urbano para que se desenvolvesse os objetivos do estudo proposto. Em cada um desses locais, foi instalado um sensor do modelo HOBO Data Logger U23-00X (Marca registrada Hobo) no interior de um pequeno abrigo meteorológico, o qual evita incidência direta da luz solar e permite passagem de ar. O posicionamento dos sensores pode ser visualizado nas Figuras 2 e 3.

Figura 2 – Posição do sensor 1.



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2024).

Figura 3 – Posição do sensor 2.



Fonte: Arquivo pessoal do autor (2024).

Os sensores realizaram o registro da temperatura e da umidade relativa do ar seguindo uma programação de amostragem a cada 15 minutos e uma média para cada hora cheia. Esta última foi considerada para as análises realizadas. Atentou-se aos dados de temperatura do ar para o recorte proposto no estudo. Foram coletados dados de todos os dias de janeiro e julho de 2024, observando a sazonalidade do clima local.

As Figuras 2 e 3 também põe em evidência as características morfológicas de cada uma das localidades. Quanto a primeira fotografia, o sensor representado encontra-se instalado no topo de uma edificação, totalizando cerca de 15 metros de distância da superfície. Dessa forma, o sensor encontra-se desobstruído de planos verticais adjacentes.

O segundo ponto amostral, por sua vez, destaca o posicionamento do sensor na altura do telhado de uma residência, portanto, mais próximo à superfície em relação ao ponto anterior. Nesse caso, é evidente a proximidade com superfícies verticais adjacentes ao sensor, caracterizando o ar comprometido pelas construções (Oke *et al*., 2017).

Ressalta-se, igualmente, que a distância linear entre as edificações em que se encontram os sensores é de, aproximadamente, 165 metros. Essa proximidade é importante, uma vez que minimiza a interferência de demais elementos físicos do ambiente, como o

relevo, sobre os padrões térmicos dos locais. Assim, potencializa-se a identificação da condicionante morfológica das edificações.

A Figura 4 expõe essa proximidade dos sensores, além de situá-los em um contexto espacial mais amplo no plano da cidade e do estado de São Paulo, estabelecendo as áreas de interesse do estudo. O mapa também auxilia na percepção da relação de posicionamento dos sensores no plano da trajetória solar a ser analisada.

Figura 4 – Mapa de localização da área de estudo.



Fonte: Google Earth (2025) / Elaborado pelos autores (2025).

2.1 Procedimento de Análise

A análise morfológica proposta no contexto do estudo diz respeito aos aspectos formais e geometrias das tipologias nas áreas urbanas analisadas. Os procedimentos visam trazer à tona a relação da posição dos elementos no espaço local (suas justa e/ou sobreposições) com as entradas de calor provenientes da luz solar.

A partir disso, estabelece-se um recorte que contempla apenas os elementos construídos do ambiente local, situados nas imediações dos sensores. Assim, a análise é

espacialmente delimitada pelas vias que circundam as quadras de cada uma das áreas urbanas monitoradas.

Efetivamente, a caracterização dos aspectos morfológicos foi realizada por aquisição e exame de imagens em nível de superfície e orbitais da área. As primeiras foram obtidas a partir de visitas em campo dos locais de estudo. Para as segundas, foram utilizadas imagens do aplicativo *Google Earth*® disponibilizadas pela empresa *Google*, as quais possuem resolução espacial adequada para detalhamento do terreno.

Após a aquisição das imagens, realizou-se o processamento em Sistema de Informação Geográfica (SIG), por meio do *software* QGIS® (QGis, marca registrada da Associação Internacional do Projeto QGIS.org). O procedimento desenvolvido nessa etapa foi, essencialmente, voltado a interpretação da morfologia urbana local e das tipologias que compõem as áreas de interesse.

Essa análise a partir de metodologias de sensoriamento remoto, somadas as imagens superficiais, propiciaram a compreensão das relações geométricas dos planos das áreas urbanas. A fim de facilitar o procedimento analítico dos elementos no terreno, foram elaborados painéis com combinação das imagens superficiais, de segmentos das vias locais, e das imagens orbitais.

Um dos procedimentos de análise da morfologia possíveis de serem aplicados ao ambiente urbano é a comparação entre a altura das edificações comparado à largura da via em determinado local (Mascaró, 2004; Oke *et al*., 2017). Dessa forma, essa comparação indica o quão "enclausurado" determinada área urbana está considerando a obstrução da entrada da radiação solar na superfície.

Dessa forma, em áreas urbanas caracterizadas por vias largas e edificações adjacentes não muito elevadas a entrada de luz solar é favorecida, desde que não existam outros elementos que produzam sombreamento nas vias (tais como árvores). Por outro lado, em áreas com vias mais estreitas e edificações de maior altura a entrada de luz solar é limitada, uma vez que as construções atuam como barreiras à incidência direta da radiação solar.

Essas duas configurações implicam em diferentes padrões térmicos. Mascaró (2004) ressalta que a combinação de diferentes áreas urbanas, com relações distintas entre altura das edificações, largura das vias e configurações geométricas, na composição geral da cidade, propiciam uma maior complexidade do balanço energético local. Áreas sombreadas

favorecem temperaturas amenas e maior umidade relativa do ar. Assim, em relação a áreas mais aquecidas, esta diferenciação térmica pode gerar circulações de ar em microescala (Mascaró, 2004).

A autora também salienta que as características radiativas dos materiais, tais como albedo e emitância, conferem às áreas diferentes graus de aquecimento e resfriamento. A relação altura das edificações e largura das vias também tem relação direta com o padrão de aquecimento local, uma vez que ambientes mais fechados tendem a perder calor com menor facilidade.

Outro elemento relevante no contexto da análise proposta é o sentido das vias. Uma rua em sentido Norte-Sul apresenta um perfil de entrada de radiação solar que se difere de uma outra no sentido Leste-Oeste, sendo que aquela tende a receber menor quantidade de luz solar em relação a esta, mesmo com ambas em condições morfológicas semelhantes. Sendo assim, é igualmente relevante que essas orientações sejam consideradas ao estabelecer as condições térmicas dos ambientes em relação à trajetória solar.

Sendo assim, na presente investigação foi levado em consideração às características morfológicas das edificações e das vias presentes em cada localidade analisada, a fim de salientar as relações entre o aquecimento local e o perfil morfológico.

É necessário apontar que a análise morfológica da área urbana estudada visa possibilitar inferências quanto aos padrões de aquecimento dos pontos monitorados. Assim, não foram obtidos dados de temperatura diretamente das vias avaliadas morfologicamente. Não obstante, justifica-se a importância de tal consideração levando em conta o contexto de balanço energético local (Oke, 1987) e os efeitos da incidência solar nos ambientes adjacentes aos sensores térmicos.

Para as comparações dos dados de temperatura auferidos pelos sensores foram elaborados gráficos no *software Excel®* (Marca registrada Microsoft Corporation). Incialmente, foram gerados gráficos de linhas indicando a variação da temperatura média para cada horário em cada mês analisado. Somado às temperaturas médias, foram calculados os desvios padrão associado à cada um dos valores horários médios.

Posteriormente, foram feitas tabelas dinâmicas visando a representação visual das temperaturas horárias em cada ponto em ambos os meses. Assim, foram definidas 6 faixas de temperaturas, considerando o valor mínimo geral de 12,2°C e máximo geral de 40,2°C, a fim

de realizar uma análise comparativa mais efetiva dos padrões térmicos observados. A faixa "A" corresponde às temperaturas de 10°C a 15°C, a "B", de 15°C a 20°C, a "C", de 20°C a 25°C, a "D", de 25°C a 30°C, a "E", de 30°C a 35°C, a "F", de 35°C a 40°C e a "G", para mais de 40°C.

A fim de analisar a quantidade de radiação solar global incidente no sistema local, foram considerados os valores de radiação disponibilizados pela estação meteorológica automática A707 do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) localizada em Presidente Prudente na cota de altitude de 435m. Ela dista cerca de 1 quilômetro a Oeste dos locais de monitoramento. Com isso, foram elaborados gráficos que demonstrassem a variação diária dos valores de radiação global total, auxiliando na compreensão dos efeitos da incidência de luz solar nas dinâmicas térmicas dos locais.

Considerando a inerente influência das condições sinóticas nos padrões térmicos dos ambientes monitorados, foram adotados procedimentos que possibilitassem a identificação dos sistemas atmosféricos atuantes durantes os períodos de análise. Para tanto, valeu-se da metodologia de análise rítmica, proposta por Monteiro (1971).

O autor aponta que o principal objetivo da análise rítmica é estabelecer a sequência dos tipos de tempo observados em determinada localidade. Dessa forma, é possível inferir as condições sinóticas que atuaram no ambiente, por meio da identificação dos sistemas atmosféricos. Para tanto, vale-se do conhecimento das características climáticas locais, – estabelecidas para Presidente Prudente mais detalhadamente por Sant'Anna Neto e Tommaselli (2009) – além do uso de dados meteorológicos relevantes.

Tais dados puderam ser obtidos a partir da mencionada estação meteorológica automática do INMET. A estação oferece dados horários de temperatura do ar, umidade relativa do ar, ponto de orvalho, pressão atmosférica, direção e velocidade do vento, radiação global e precipitação.

Para além desse conjunto de dados, foram consideradas também as cartas sinóticas elaboradas pelo Centro de Hidrografia Marinha da Marinha do Brasil, disponibilizadas gratuitamente no site da entidade. Elas abrangem todo o continente da América do Sul e destacam linhas de frente, as isóbaras e os centros de alta e baixa pressão localizados sobre o continente e sobre o oceano Atlântico Sul. Essas informações permitem a determinação dos centros dos sistemas atmosféricos e seus deslocamentos.

Finalmente, lançou-se mão das imagens do satélite Goes-16, disponibilizadas pelo Departamento de Satélites e Sistemas Ambientais (DSA), do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). As imagens consideradas representam a atmosfera da América do Sul na banda de 10,35 µm, portanto destacando a cobertura de nuvens no espectro infravermelho. Tal configuração facilita a visualização de certos processos atmosféricos, particularmente as frontogêneses.

Com esse conjunto de dados, elaborou-se o gráfico de análise rítmica para os dois períodos de monitoramento, o qual considera os dados de temperatura do ar, umidade relativa, pressão atmosférica, precipitação, direção e velocidade do vento das 12 horas UTC, portanto, 9 horas do horário local (GMT -3), para cada dia do mês. Estabelece-se esse recorte temporal devido à disponibilidade das cartas sinóticas, as quais são elaboradas para as 12 e 0 horas UTC. Foram considerados também os dados de temperatura máxima e mínima do dia, obtidas a partir dos dados da estação meteorológica automática.

Ressalta-se que essa identificação das condições sinóticas é relevante, pois elas não apenas influenciam diretamente nos padrões térmicos, mas também porque apontam para as condições de entrada de radiação solar no ambiente, particularmente por possibilitar a inferência da cobertura de nuvens para o local.

3. RESULTADOS

A primeira metade do mês de janeiro de 2024 foi marcado por temperaturas elevadas, com máximas de 38,6^{o}C e mínimas acima de 20^{o}C. Predominou a atuação de vários sistemas instáveis (frentes frias, frentes estacionárias, repercussão de frentes e instabilidades tropicais (Mendonça e Danni-Oliveira, 2007)). Perdurou, por alguns dias, massas de ar tropicais, durante as quais foram registradas as maiores temperaturas do ar.

Na segunda metade do mês, as temperaturas sofreram uma leve queda. As mínimas chegaram, em certos dias, a 17^{o}C. Nesse período houve entrada de frentes frias mais intensas, configurando a atuação de massas de ar polares. Ao final do mês as temperaturas voltaram a subir, assim como os sistemas tropicais voltaram a adentrar a região.

A precipitação no mês de janeiro totalizou 70mm. As chuvas ocorreram de maneira dispersa durante o período, e estiveram associadas a passagem de frentes frias ou a

instabilidades tropicais. A umidade relativa do ar também se manteve bastante elevada, estando sempre acima de 50% às 9 horas da manhã.

Já no mês de julho, as condições térmicas foram consideravelmente mais amenas, devido a condição do período de inverno. As temperaturas máximas durante todo o mês não ultrapassaram os 32°C e as mínimas chegaram a 11°C. A primeira metade do mês foi marcada pela entrada consecutiva de frentes frias e a atuação de massas polares.

Na segunda metade do mês registraram-se massas de ar tropicais, atlânticas e continentais, o que manteve as temperaturas consideravelmente mais elevadas para o período de inverno.

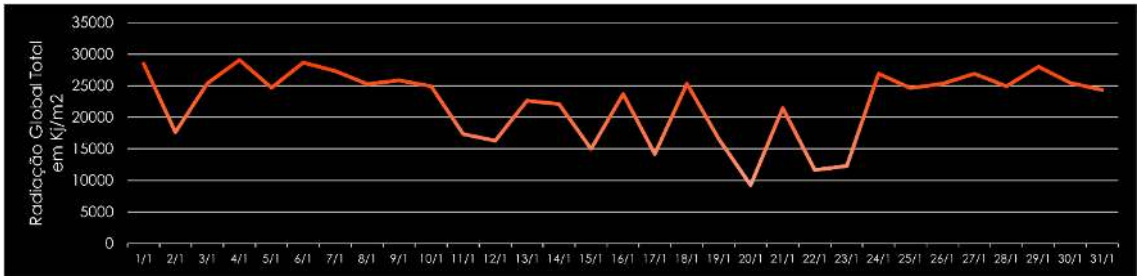
A precipitação total em julho foi de 66,1mm. Porém, ressalta-se que em apenas um dia (dia 9) foram registrados 56,9mm. Assim, predominou uma condição seca durante a maior parte do mês. A umidade relativa do ar teve variações consideráveis no mês, chegando, às 9 horas da manhã, a mínimos de 38% e picos de quase 100%, estes durante os episódios de precipitação. De modo geral, as maiores umidades ocorreram nos dias chuvosos e nos dias subsequentes àqueles.

Quanto à entrada de radiação nos ambientes monitorados, o cálculo da radiação global diária nos meses de janeiro e julho permitiu uma compreensão mais precisa das condições de entrada de radiação de ondas curtas e longas nos ambientes estudados, permitindo, assim, inferir o balanço de radiação líquida (Q*).

Ressalta-se que os dados de radiação são referentes à estação meteorológica A707, logo, os valores não dizem respeito diretamente as condições morfológicas das áreas urbanas monitoradas. Todavia, tais informações são relevantes para um entendimento aproximado dos padrões térmicos de interesse para o ambiente urbano estudado.

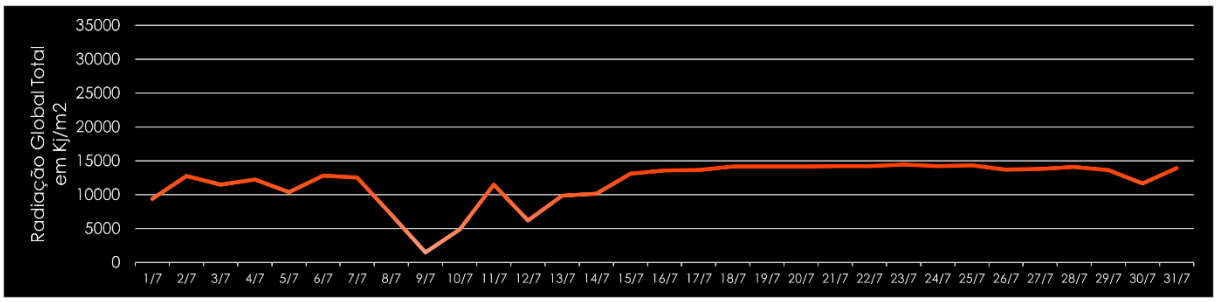
Os Gráficos 1 e 2 destacam a variação diária, em Kj.m^{-2}, da radiação solar incidente na superfície solar local.

Gráfico 1 – Radiação global total diária em janeiro de 2024.



Fonte: INMET (2024) / Elaborado pelos autores (2025).

Gráfico 2 – Radiação global total diária em julho de 2024.



Fonte: INMET (2024) / Elaborado pelos autores (2025).

A entrada de radiação nos períodos de análise esteve fortemente relacionada com as condições de encobrimento do céu por nuvens. Os sistemas atmosféricos que provocaram instabilidade – processo convectivo e formação de nuvens – possivelmente foram os principais responsáveis pelas alterações nos padrões de radiação solar incidente na superfície.

Sendo assim, para janeiro, os dias com as menores quantidade de radiação de ondas curtas incidentes ocorreram na metade do mês, quando sucessivas frentes frias avançaram pelo continente, propiciando formação de nuvens conforme o deslocamento dos sistemas. Antes desse período, perduraram condições estáveis, com céu aberto e temperaturas elevadas. O mesmo pôde ser observado no final do período. De fato, nesses intervalos, a máxima entrada de radiação total chegou próxima a 30000 $Kj.m^{-2}$.

Já em julho, foi possível observar outro aspecto relevante que condiciona a entrada de radiação no sistema terrestre: a variação sazonal da elevação solar. Durante o inverno, a elevação do sol é mínima, implicando em menor quantidade de luz sobre a superfície. Desse modo, observou-se uma significativa redução nos valores de radiação total diária.

Isto posto, a condicionante sinótica ainda se faz presente. No dia 9, quando houve a entrada de uma intensa massa de ar frio, a instabilidade da atmosfera local propiciou a formação de nuvens e o encobrimento do céu. O efeito foi uma entrada mínima de radiação, que não ultrapassou 2000 $Kj.m^{-2}$.

No restante do mês, quando perduraram condições de estabilidade e tempo firme, os níveis de entrada de luz solar se mantiveram semelhantes. Contudo, os valores máximos de radiação ficaram pouco abaixo de 15000 $Kj.m^{-2}$, praticamente metade dos valores observados para o verão, em janeiro.

Reitera-se que a aferição da radiação global implica também nas componentes de radiação difusa que permeiam o ambiente. Dessa forma, são representadas nos valores,

igualmente, as ondas curtas refletidas pelas diferentes superfícies, e as ondas longas, as quais irradiam dos materiais no entorno do ponto de monitoramento.

É importante ressaltar que a entrada de radiação no ambiente não implica em um aquecimento de ordem linear. O aquecimento dos elementos superficiais depende dos aspectos térmico dos materiais que os compõem (Mascaró, 2004; Oke *et al*., 2017). Assim, destaca-se, mais uma vez, a importância da consideração das características físicas e morfológicas dos recintos urbanos, os quais apresentam particularidades que implicam em padrões térmicos específicos.

A Figura 5 destaca a sobreposição dos diagramas de trajetória solar obtidos no site *Sun Earth Tools* em relação ao recorte do ambiente urbano em questão. A linha vermelha diz respeito ao período de solstício de verão, enquanto a linha rosa, ao solstício de inverno. As linhas destacam a trajetória solar no dia 15 de cada mês.

Visto que a imagem de satélite tem direção em nadir, a sobreposição do diagrama não possibilita a identificação direta das relações morfológicas de iluminação e sombreamento dos elementos construtivos na superfície. Todavia, ainda é viável que sejam inferidas as interferências da geometria urbana em relação com a trajetória solar.

Figura 5 – Diagrama de trajetória solar no ambiente urbano em julho (linha rosa) e janeiro (linha vermelha) sobreposto às áreas de estudo.



Fonte: SunEarthTools (2024) e Google Earth (2024). Elaborado pelos autores (2025).

No mês de janeiro foi possível observar o ápice de horas diárias de iluminação solar, caracterizadas pelo nascer do sol anterior às sete horas da manhã e pôr do sol posterior às oito horas da noite, totalizando mais de 13 horas de incidência de luz solar. Tal fato corrobora os valores de radiação global apresentados anteriormente para o mês de janeiro.

O nascer do sol apresentava um azimute na ordem de 113º, enquanto o pôr do sol, por volta de 250º. No pico da elevação solar, no período da tarde, o sol passava pelo zênite, alcançando 90º de elevação.

No mês de julho, por outro lado, a elevação solar é quase mínima, com ângulo de azimute de aproximadamente 67º no nascer do sol e de 292º no pôr do sol. A máxima elevação solar no período é de cerca de 46º. No total, foram pouco menos de 11 horas de luz solar chegando ao ambiente.

Essa dinâmica da trajetória solar em julho explica os valores consideravelmente mais baixos de radiação solar global incidindo sobre a superfície da área de estudo. Grosso modo, cerca de duas horas a menos de luz solar disponível representaram uma diminuição em aproximadamente metade da quantidade de radiação global total em dias de céu claro e tempo firme.

É necessário, porém, considerar igualmente aspectos morfológicos locais para a devida compreensão dos padrões térmicos dos recintos monitorados. As Figuras 6 e 7 apresentam imagens superficiais de trechos das vias adjacentes aos locais onde os sensores foram instalados.

Figura 6 – Vias adjacentes ao Sensor 1 na Área 1.



Fonte: Google Earth (2024) e trabalho de campo. Arquivo pessoal (2025). Elaborado pelos autores (2025).

Figura 7 – Vias adjacentes à Area 2, na Área 2.



Fonte: Google Earth (2024) e trabalho de campo. Arquivo pessoal (2025). Elaborado pelos autores (2025).

As vias selecionadas para a análise morfológica foram aquelas localizadas mais próximas dos sensores. Além disso, considerou-se o sentido das vias, sendo feita seleção de duas em sentido do quadrante norte (N) ao sul (S), e outras duas do quadrante leste (E) ao oeste (W). Ressalta-se, igualmente, que, aproximadamente, as vias da área urbana estudada tem 12 metros de largura, considerando o muro de uma edificação à outra.

Na Área 1, o Trajeto AB é caracterizado por construções com baixa projeção vertical de ambos os lados da via. Contudo, há de se destacar que o lado norte (parte direita da fotografia) não apresenta a mesma densidade construtiva em comparação ao lado sul (parte esquerda da fotografia). Ao norte da via se encontra um clube de recreação, o qual se configura como um tipo de uso do solo bastante distinto do restante das áreas no entorno. Desta feita, o padrão morfológico também reflete tal diferenciação.

A via do Trajeto AB é particularmente arborizada, apresentando algumas seções onde o sombreamento é mais marcante. Contudo, a arborização não é homogênea, tanto nas espécies plantadas, quanto na distribuição espacial das plantas. Somado a isso, o sentido E-W da via implica em maior quantidade de horas de luz solar durante os dias. O efeito de sombreamento das árvores é possivelmente mais intenso no período de maior elevação solar (Mascaró, 2004).

O Trajeto BC, também na Área 1, por sua vez, difere-se por apresentar elementos com verticalização mais expressiva. Primeiro, uma edificação de cinco pavimentos (na qual está instalado o Sensor 1) e uma outra com onze pavimentos. Ressalta-se que durante o solstício de verão, a inclinação solar pode gerar sombreamento, no final da tarde, do edifício mais alto sobre o outro.

A arborização do Trajeto BC também é significativa, sobressaindo-se por se tratar de uma via de menor extensão, logo concentrando ainda mais o efeito de sombreamento das árvores. Além disso, o próprio sentido dela (NE-SW) também favorece o sombreamento, especialmente durante a manhã e no final da tarde.

Salienta-se que o Sensor 1 não está instalado na mesma altura das vias, logo sofrendo efeitos indiretos delas.

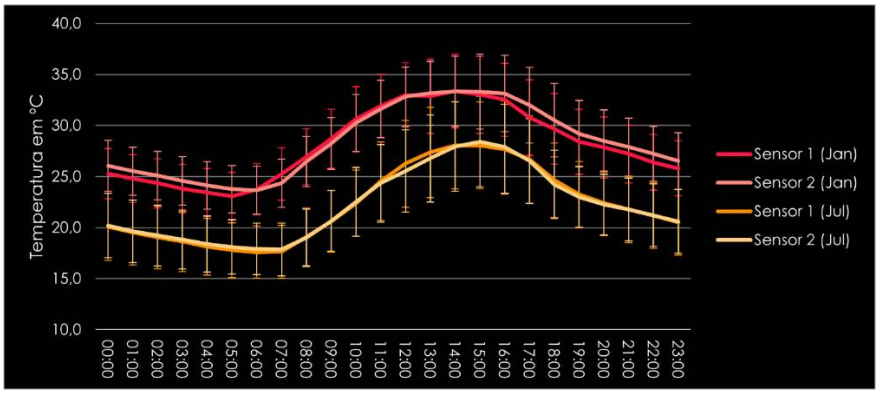
Quanto à Área 2, o Trajeto A'A apresenta um padrão morfológico semelhante ao Trajeto AB. Contudo, as principais diferenças são a densidade construtiva, que no caso do A'A é semelhante em ambos os lados da via, e a arborização, que é menos expressiva neste trajeto. As edificações do Trajeto A'A são majoritariamente térreas, com algumas apresentando mais um pavimento além do térreo (sobrados), ademais, a arborização do local é baixa.

O Trajeto A'B', por sua vez, apresenta um padrão construtivo e arbóreo semelhante ao Trajeto A'A, porém, a diferença mais perceptível diz respeito à presença de maior quantidade de edificações com dois pavimentos (térreo e primeiro andar).

Corroborando o sentido da via, NE-SW, infere-se que a incidência de luz solar seja inferior nesse trecho da Área 2, logo, o efeito de sombreamento é mais significativo, possivelmente resultando em um padrão de aquecimento menos intenso.

O Gráfico 3 diz respeito às temperaturas médias horárias do ar em cada um dos sensores instalados em ambos os meses de monitoramento. Como é possível observar, as diferenças são bastantes sutis e ocorrem principalmente no período noturno e por volta dos horários de nascer e pôr do sol. Janeiro apresentou maior divergência entre os valores de temperatura dos dois recintos.

Gráfico 3 – Temperatura média horária do ar nos recintos urbanos em janeiro e julho de 2024.



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Para uma compreensão mais clara dessa dinâmica, são apresentadas, nas Figuras 8 e 9, as tabelas com os valores horários de temperatura. A partir delas torna-se viável detectar padrões temporais mais detalhados de cada área, ressaltando as particularidades das diferenças no ritmo de aquecimento delas.

As datas destacadas em laranja nas tabelas representam os dias de maior entrada de radiação solar, definidos segundo os Gráficos 1 e 2.

Para o mês de janeiro, observa-se uma nítida diferença no padrão temporal de aquecimento entre os dois sensores. O Sensor 1 é marcado por faixas de temperatura “E” e “F” que ocorrem mais cedo, em torno de uma hora, em relação ao Sensor 2. Em contrapartida, o Sensor 2 apresentou as mesmas faixas de temperatura se estendendo por uma hora a mais no período do final da tarde. Tal fato é mais perceptível durante os dias com maior entrada de radiação solar.

De modo geral, portanto, o período do início da manhã até o meio da tarde (*i.e.* das 8 horas até às 14 horas), o Sensor 1 apresentou temperaturas máximas mais altas, enquanto no final da tarde e por todo o período noturno (*i.e.* das 16 horas até às 5 horas) configurou-se o inverso.

Às 6 horas e às 15 horas, as temperaturas nas duas áreas foram as mesmas. De fato, os dois horários marcam uma “guinada” no padrão térmico dos locais. Infere-se que essa variação esteja diretamente relacionada à incidência solar e à morfologia dos ambientes.

Figura 8 - Valores horários de temperatura para janeiro de 2024.

Sensor 1 - Janeiro de 2024

Datas	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	Temp. Máx.	Sist. Atm.	Precip. (mm)
1/1/24	24,6	24,6	24,6	24,0	23,4	22,3	21,8	23,9	26,0	27,5	29,8	31,4	32,3	33,2	33,8	32,9	33,5	33,5	32,2	31,0	29,9	29,1	28,4	27,8	33,9	Pt	0
2/1/24	27,1	26,3	25,9	25,2	24,5	24,0	23,7	24,5	26,8	28,9	31,7	31,7	32,9	32,6	30,9	27,3	28,8	29,8	29,7	27,4	27,3	27,8	27,8	27,7	32,9	Ta	0
3/1/24	27,3	26,6	26,4	25,4	24,8	24,3	24,5	25,8	27,4	29,1	31,6	32,3	33,7	33,9	36,7	36,1	36,2	35,0	33,8	32,3	31,2	30,7	29,9	28,9	36,7	Ta	0
4/1/24	27,8	26,0	24,8	24,0	23,7	23,6	24,5	25,5	27,4	29,0	30,8	32,3	33,2	35,4	34,7	36,5	36,1	35,2	33,4	32,6	31,9	30,3	29,0	28,3	36,5	Ta	0
5/1/24	27,4	26,6	25,5	24,8	24,0	23,3	23,9	24,8	26,5	28,8	30,6	32,2	34,4	33,5	36,6	36,1	35,6	34,6	32,7	32,1	30,3	28,0	26,5	26,9	36,6	Ta	0
6/1/24	26,6	26,2	25,6	24,3	23,8	23,3	24,4	25,4	26,9	29,0	31,3	33,5	34,3	35,4	35,6	37,4	37,1	36,6	35,2	32,5	32,0	31,8	30,4	29,8	37,4	Ta	0
7/1/24	29,3	29,2	28,6	27,0	26,0	25,5	26,2	27,5	29,3	31,9	34,9	35,7	36,9	37,6	38,5	38,9	38,0	36,4	34,1	32,1	31,4	30,9	30,4	29,0	38,9	Pt	0
8/1/24	28,4	28,0	27,2	26,5	26,2	25,9	26,9	28,5	31,3	33,4	35,8	37,2	37,5	36,5	38,7	39,2	38,1	31,8	32,9	31,4	31,3	30,5	29,4	28,6	39,2	IT	8,6
9/1/24	27,0	26,0	25,3	24,3	24,0	24,4	27,2	28,4	30,4	31,8	34,1	35,3	35,5	35,7	37,0	33,5	30,8	34,4	33,8	32,9	32,2	32,0	30,5	29,6	37,0	Pt	0
10/1/24	25,8	24,6	23,2	22,8	22,5	22,7	23,1	24,8	27,1	28,3	31,4	32,0	33,3	33,6	33,6	34,0	33,1	32,5	28,8	28,7	28,8	28,1	27,7	27,1	34,0	REP	3,6
11/1/24	26,6	25,8	25,4	24,7	24,7	24,5	24,8	26,1	28,2	29,8	32,9	30,4	34,1	36,0	30,6	30,6	29,9	28,7	26,5	26,5	26,7	24,9	24,8	24,6	36,0	Pt	0,2
12/1/24	24,3	24,3	24,2	24,3	24,0	24,1	24,6	26,4	27,6	29,2	29,7	30,9	32,2	32,5	30,3	29,3	28,8	28,9	28,4	27,4	26,4	25,6	24,2	24,6	32,5	FPA	0,4
13/1/24	24,2	24,7	24,5	24,5	24,4	23,9	24,2	25,1	25,3	26,4	28,4	30,0	30,8	32,4	32,9	32,9	31,8	30,4	29,7	28,8	27,8	25,9	25,4	25,6	32,9	FE	0
14/1/24	25,4	24,9	24,8	24,5	24,0	23,4	23,9	25,2	26,9	28,7	30,9	32,8	34,3	33,4	34,1	35,2	35,2	28,0	27,9	27,6	27,7	27,8	27,1	26,0	35,2	Pt	0
15/1/24	25,8	25,5	25,2	25,1	24,6	24,0	24,3	25,4	25,6	26,3	27,8	30,1	31,0	32,9	32,9	33,0	31,9	26,3	23,7	23,9	25,3	25,1	25,1	25,1	33,0	FPA	15,4
16/1/24	24,5	24,5	24,6	24,5	24,3	24,2	25,9	28,4	29,7	30,9	31,9	33,1	34,3	34,7	35,1	33,8	33,6	33,8	31,8	29,4	29,7	29,7	29,1	28,4	35,1	Pt	0,4
17/1/24	28,3	27,9	27,4	26,9	26,3	26,0	26,7	28,7	29,9	30,6	32,9	33,3	34,7	31,8	33,3	31,9	31,6	30,4	29,3	28,3	28,0	27,7	27,1	26,5	34,7	Ta	0
18/1/24	26,2	26,0	26,1	25,7	25,5	25,4	27,1	28,9	31,0	33,7	36,0	35,6	37,1	37,2	37,0	36,8	36,0	33,1	29,9	31,1	30,8	30,0	29,4	28,6	37,2	Ta	0
19/1/24	28,5	27,9	27,9	27,7	27,3	26,7	26,7	27,4	28,7	31,3	32,9	35,9	36,1	36,9	38,1	36,8	32,5	23,0	23,3	23,6	23,9	24,6	23,8	23,4	38,1	FPA	34,9
20/1/24	23,4	23,3	23,4	23,6	23,7	23,8	23,7	24,7	25,2	27,1	28,0	28,7	29,2	26,6	26,4	26,1	25,1	25,0	24,3	22,9	22,5	22,4	22,8	23,1	29,2	FE	4,6
21/1/24	23,4	23,6	23,5	22,9	23,1	23,2	23,7	26,1	30,5	31,8	31,4	32,4	33,2	33,1	35,3	32,8	33,3	32,5	31,2	30,1	29,5	28,4	27,8	27,4	35,3	Pt	0,2
22/1/24	26,1	25,3	24,6	23,7	23,0	22,4	22,4	23,5	24,0	25,8	27,2	27,6	27,5	28,7	28,0	28,0	27,5	26,1	25,2	25,0	24,6	24,4	24,1	23,3	28,7	FPA	0
23/1/24	22,9	22,7	21,8	21,3	21,2	21,2	20,9	21,3	22,0	22,7	23,9	25,4	25,5	25,5	25,7	24,8	24,8	24,5	23,5	22,8	22,4	22,2	22,1	21,8	25,7	FPA	1,6
24/1/24	21,1	20,7	19,9	19,2	18,7	18,2	18,8	20,6	22,5	24,0	25,8	27,3	28,8	28,8	30,0	29,7	29,4	29,4	28,7	27,0	26,0	25,4	22,0	20,6	30,0	Pa	0
25/1/24	20,3	20,1	19,2	18,5	18,3	18,2	19,2	20,6	22,9	24,7	25,5	27,4	28,4	28,3	28,3	29,3	29,7	29,2	27,5	23,0	21,8	21,5	21,7	21,1	29,7	Pa	0
26/1/24	20,3	19,5	18,9	18,5	18,1	17,8	18,4	20,0	22,2	23,7	26,0	26,6	27,3	28,6	29,4	29,2	29,6	29,4	28,0	26,2	25,3	24,3	22,9	21,8	29,6	Pa	0
27/1/24	20,9	20,5	19,8	18,9	18,4	18,0	18,8	20,7	22,5	25,2	26,8	29,0	32,5	30,8	31,6	31,8	32,2	31,9	30,2	27,4	27,0	26,4	25,5	25,2	32,5	Ta	0
28/1/24	24,5	24,4	24,1	23,2	22,3	21,2	21,5	23,1	25,1	27,2	30,3	32,2	32,0	24,0	30,5	31,3	31,3	27,2	27,7	26,4	25,6	25,6	25,5	24,7	32,3	Ta	0
29/1/24	24,2	23,2	22,6	22,5	22,3	22,0	23,2	25,6	26,7	29,6	34,1	35,1	35,2	36,8	36,1	36,4	35,7	34,1	33,1	30,4	28,7	27,5	26,4	25,5	36,8	Ta	0
30/1/24	24,8	24,5	25,0	24,9	24,7	24,4	25,6	27,0	28,8	31,4	33,7	35,8	36,3	35,4	35,4	36,4	37,3	35,6	34,3	32,2	30,2	28,5	27,7	27,1	37,3	Ta	0
31/1/24	26,6	25,3	24,8	24,4	24,2	23,7	25,3	28,3	30,4	32,0	34,5	35,6	36,3	36,9	37,5	34,0	30,1	28,0	29,0	28,0	27,0	26,7	23,8	21,5	37,5	Ta	0
Temp. Máx.	29,3	29,2	28,6	27,7	27,3	26,7	27,2	28,9	31,3	33,7	34,0	37,2	37,5	37,6	38,7	39,2	38,1	36,6	35,2	32,9	32,2	32,0	30,5	29,8	39,2		

Sensor 2 - Janeiro de 2024

Datas	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	Temp. Máx.	Sist. Atm.	Precip. (mm)
1/1/24	25,9	25,5	25,4	24,9	24,4	23,5	22,6	23,1	26,0	27,8	30,2	31,4	32,2	33,4	34,4	34,3	34,8	34,6	33,4	31,8	30,2	29,8	29,0	28,4	34,8	Pt	0
2/1/24	27,8	27,0	26,6	25,9	25,2	24,7	24,3	24,8	26,1	28,9	30,7	31,5	30,5	33,0	32,3	27,8	28,3	29,2	29,8	28,6	27,8	28,3	28,4	28,2	33,5	Ta	0
3/1/24	27,9	27,3	27,0	26,2	25,5	25,1	24,7	25,4	27,5	29,0	31,4	32,4	34,1	34,0	35,1	36,2	36,8	36,1	34,6	32,9	31,8	31,1	30,4	29,9	36,8	Ta	0
4/1/24	28,6	27,4	25,7	25,0	24,4	24,3	24,1	24,8	27,4	29,3	30,9	32,4	33,3	35,1	35,0	35,2	37,3	36,3	34,6	33,2	32,4	31,6	29,8	29,1	37,3	Ta	0
5/1/24	28,3	27,6	26,5	25,6	24,9	24,2	23,9	24,3	26,5	28,8	30,7	32,5	33,6	35,7	35,0	35,3	36,3	35,3	33,8	32,6	31,6	29,1	28,0	27,7	36,3	Ta	0
6/1/24	27,7	27,1	26,8	25,6	24,8	24,2	24,1	24,7	27,1	29,1	31,1	32,7	34,5	35,3	35,6	36,7	37,8	37,6	36,1	33,8	32,5	32,6	31,3	30,7	37,8	Ta	0
7/1/24	30,1	29,7	29,3	28,0	26,9	26,3	25,9	26,4	29,5	31,4	34,4	34,7	36,4	36,5	38,4	39,2	38,8	38,0	36,1	33,7	32,0	31,3	31,3	30,3	39,2	Pt	0
8/1/24	29,3	28,8	28,3	27,5	27,1	26,8	26,4	26,8	28,5	32,3	35,2	37,1	38,1	37,3	38,0	38,5	40,2	34,0	33,6	32,3	31,9	31,3	30,0	29,6	40,2	IT	8,6
9/1/24	28,0	27,1	26,4	25,6	24,9	25,1	25,9	26,9	29,8	31,3	33,8	35,0	36,1	36,9	36,9	37,3	37,3	34,8	34,4	33,4	32,7	32,3	31,5	30,5	37,3	Pt	0
10/1/24	27,9	25,2	24,3	23,4	23,0	23,0	23,5	24,2	26,9	28,6	31,0	32,3	33,0	34,4	34,6	35,0	34,4	32,6	29,1	29,1	29,7	28,5	28,6	27,9	35,0	REP	3,6
11/1/24	27,4	26,7	26,2	25,6	25,3	25,2	25,1	25,9	27,8	30,0	31,5	33,1	36,0	33,4	30,6	30,8	30,8	29,7	27,6	27,2	27,6	26,3	25,3	25,4	36,0	Pt	0,2
12/1/24	25,0	24,9	24,8	25,0	24,8	24,8	25,1	25,8	27,1	27,6	29,0	30,9	31,9	30,8	31,1	29,1	28,4	28,7	29,2	28,3	27,1	26,5	25,5	25,3	32,8	FPA	0,4
13/1/24	24,9	25,2	25,2	25,1	25,0	24,5	24,3	25,0	25,5	26,3	28,4	29,6	31,7	31,6	33,3	35,1	32,5	31,8	30,3	29,6	28,9	27,0	26,1	26,1	33,3	FE	0
14/1/24	26,0	25,5	25,3	25,1	24,7	24,1	23,7	24,4	26,8	28,6	30,6	31,6	33,4	33,4	34,3	34,4	35,3	31,4	28,3	28,1	28,1	28,2	28,2	27,0	35,3	Pt	0
15/1/24	26,5	26,2	25,8	25,6	25,3	24,7	24,6	25,5	26,5	26,7	28,0	30,0	31,6	32,1	32,9	32,6	32,6	29,2	24,2	23,2	24,6	25,5	25,2	25,5	32,9	FPA	0,4
16/1/24	24,8	24,8	25,0	25,1	24,6	24,6	24,7	26,1	28,7	30,4	31,6	33,1	33,5	35,0	34,7	34,1	33,7	33,1	33,2	30,5	29,7	29,8	29,6	29,0	35,0	Pt	0,4
17/1/24	28,6	28,3	28,0	27,6	27,1	26,6	26,6	27,8	29,8	30,8	32,8	33,1	34,7	33,3	32,7	32,7	31,9	31,3	30,3	29,2	28,8	28,5	27,9	27,5	34,7	Ta	0
18/1/24	27,0	26,7	26,7	26,4	26,2	26,0	26,1	27,1	29,9	32,6	34,7	35,5	37,1	37,1	37,8	37,6	36,5	34,4	34,1	31,8	30,9	30,1	29,4	29,4	37,8	Ta	0
19/1/24	29,2	28,8	28,5	28,4	28,0	27,6	27,2	27,4	28,4	30,2	31,7	34,2	34,3	35,0	36,5	37,0	36,1	24,6	23,2	23,7	23,6	23,9	24,3	24,0	37,0	FPA	34,9
20/1/24	23,9	23,9	23,9	24,1	24,2	24,1	24,4	25,0	25,5	26,6	27,9	28,9	29,8	28,9	25,3	25,9	25,3	24,9	25,1	23,8	23,3	23,2	23,3	23,5	29,8	FE	4,6
21/1/24	23,8	23,9	24,1	23,5	23,7	23,9	23,7	24,2	26,7	28,8	29,7	30,6	33,4	32,2	33,1	32,7	33,5	33,7	32,4	30,6	29,9	29,0	28,3	27,9	33,7	Pt	0,2
22/1/24	26,8	26,1	25,2	24,5	23,8	23,1	22,8	23,0	24,0	25,5	27,4	27,8	28,2	28,8	28,9	28,6	28,2	27,2	25,5	25,4	25,2	24,8	24,6	23,8	28,9	FPA	0
23/1/24	23,3	23,2	22,4	21,7	21,7	21,6	21,5	21,7	22,2	23,1	23,8	25,0	26,1	25,9	26,4	25,7	25,7	25,7	24,4	23,6	23,0	22,7	22,5	22,3	26,4	FPA	1,6
24/1/24	21,8	21,3	20,6	19,9	19,5	19,1	18,7	19,6	22,2	24,2	26,1	27,5	28,6	29,3	30,5	30,2	31,1	30,7	29,8	27,8	26,8	26,0	23,7	21,6	31,1	Pa	0
25/1/24	21,1	20,9	20,4	19,6	19,1	18,8	19,0	19,9	22,5	24,8	26,4	27,6	29,0	29,8	29,4	29,8	31,1	30,5	29,7	25,1	23,0	22,2	22,3	21,9	31,1	Pa	0
26/1/24	21,2	20,4	19,7	19,3	18,9	18,5	18,4	19,2	21,7	23,8	25,9	27,5	28,2	28,9	29,7	30,3	30,3	30,7	29,3	27,2	26,1	25,2	23,9	22,7	30,7	Pa	0
27/1/24	21,8	21,2	20,7	19,8	19,1	18,8	18,7	19,6	22,2	24,3	26,5	28,9	29,7	32,2	33,4	32,4	32,6	33,0	33,2	28,5	27,6	27,1	26,1	25,7	33,0	Ta	0
28/1/24	25,0	24,8	24,8	24,0	23,3	22,3	21,6	21,9	24,6	26,6	29,4	31,4	32,6	27,5	28,3	31,0	31,8	28,5	28,0	27,1	26,1	26,0	25,8	25,3	32,6	Ta	0
29/1/24	24,8	23,9	23,2	23,1	22,9	22,7	22,5	23,4	26,0	28,3	31,7	33,8	34,8	35,8	36,3	36,6	36,7	36,2	34,0	31,7	30,0	28,6	27,5	26,5	36,7	Ta	0
30/1/24	25,7	25,1	25,2	25,1	24,4	23,9	24,6	25,5	27,3	30,3	33,0	35,0	36,6	36,7	36,4	36,6	37,1	36,5	35,0	33,1	31,5	29,7	28,7	28,1	37,1	IT	0
31/1/24	27,6	26,6	25,9	25,2	24,9	24,6	24,3	25,0	27,7	29,1	31,8	34,2	35,6	36,9	37,6	36,4	33,8	30,0	30,2	29,4	28,2	27,4	26,5	21,6	37,6	Pt	0
Temp. Máx.	30,1	29,7	29,3	28,4	28,0	27,6	27,2	27,8	30,5	32,6	35,2	37,1	38,1	37,3	38,4	39,2	40,2	38,0	36,1	33,6	32,7	32,3	31,6	30,5	40,2		

Legenda	
10°C a 15°C	A
15°C a 20°C	B
20°C a 25°C	C
25°C a 30°C	D
30°C a 35°C	E
35°C a 40°C	F
> 40°C	G

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Em julho (Figura 9), contudo, as diferenças nos padrões térmicos são bem mais tênues. O padrão temporal observado em janeiro também se configurou no mês de inverno, todavia ele foi bem mais pontual e consideravelmente menos intenso.

Figura 9 - Valores horários de temperatura para julho de 2024.

Sensor 1 - Julho de 2024

Data	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	Temp. Máx.	Sist. Alm.	Precip. (mm)
1/7/24	18,6	17,8	17,4	17,1	15,6	14,8	15,0	14,7	15,7	16,7	17,4	19,1	20,5	20,6	22,6	23,5	23,3	22,3	21,0	19,7	18,5	17,6	17,1	16,6	23,5	FPA	2,1
2/7/24	16,2	15,9	15,5	15,5	15,1	14,8	14,8	15,8	17,7	19,5	21,2	23,7	25,6	27,6	28,2	28,1	27,8	26,1	24,2	23,2	22,1	20,9	20,4	19,5	28,2	Pa	0
3/7/24	20,2	18,7	19,2	19,1	19,6	18,9	19,0	20,0	21,3	22,6	25,6	28,7	30,2	30,8	30,5	30,3	29,6	29,3	26,6	25,7	24,4	23,6	23,5	23,8	30,8	Pt	0
4/7/24	23,6	23,9	23,7	22,7	21,1	21,7	21,4	21,1	23,2	24,7	26,8	29,0	30,7	30,7	31,3	31,1	30,8	29,4	26,8	25,1	24,3	23,3	23,9	23,6	31,5	Pt	0
5/7/24	23,6	23,2	23,0	23,1	22,9	22,8	22,6	23,2	23,8	24,1	24,5	26,4	28,5	30,8	30,9	30,9	30,8	29,6	27,3	26,0	24,9	24,3	23,4	22,9	30,9	Pt	0
6/7/24	22,3	21,8	21,4	21,0	20,7	20,3	19,4	19,0	22,6	23,8	25,8	28,1	29,7	30,4	31,4	31,3	30,9	29,9	27,7	25,8	24,9	24,7	24,1	23,6	31,4	Pt	0
7/7/24	23,6	21,6	20,8	19,7	19,0	18,4	17,9	17,9	20,4	21,9	23,9	26,9	28,5	29,6	30,5	30,7	30,6	29,1	26,4	25,1	24,9	24,0	22,4	21,3	30,7	Pt	0
8/7/24	20,7	19,6	19,1	18,5	18,1	17,5	17,4	16,6	16,6	17,9	20,3	21,7	23,5	24,3	22,9	20,4	17,7	16,4	15,9	15,8	15,5	15,4	15,4	15,3	24,3	FPA	4,6
9/7/24	15,1	15,2	15,1	15,0	15,2	15,0	15,2	15,0	15,2	15,1	15,1	14,9	15,3	15,7	16,2	16,5	16,5	16,3	15,8	15,6	15,3	15,2	15,0	14,5	16,5	FE	56,9
10/7/24	14,2	14,2	14,1	13,9	13,7	13,7	13,6	13,5	13,5	13,6	15,5	16,5	15,6	15,1	16,4	17,0	16,1	15,6	15,2	14,8	14,5	14,2	13,9	13,6	17,0	FE	2,5
11/7/24	13,4	13,5	13,9	14,1	14,3	14,3	14,1	14,3	15,3	18,2	20,2	22,6	24,8	27,3	29,2	29,6	29,3	28,3	25,4	23,1	20,9	18,4	17,6	16,6	29,6	Pa	0
12/7/24	15,9	15,7	15,8	15,6	15,3	15,4	17,4	18,4	19,2	21,3	21,3	21,9	22,6	22,9	23,4	23,2	22,7	22,1	21,4	20,7	20,0	19,2	18,3	18,1	23,4	FPA	0
13/7/24	17,8	17,4	15,3	14,7	14,8	15,2	15,8	16,6	18,8	19,8	21,3	22,9	24,4	25,1	25,5	25,7	25,3	24,6	22,9	21,2	20,4	19,4	18,6	17,8	25,7	FE	0
14/7/24	17,1	16,6	16,4	15,9	15,1	14,8	14,3	13,9	14,1	14,6	16,2	17,1	19,1	21,9	23,3	24,1	24,3	23,2	21,2	20,1	18,9	17,9	16,7	15,1	24,3	Pa	0
15/7/24	13,9	13,3	12,9	12,8	12,5	12,3	12,2	12,3	15,5	17,5	19,5	23,0	25,4	26,6	27,0	26,5	26,3	24,8	22,5	21,3	20,5	20,4	20,1	19,2	27,0	Pa	0
16/7/24	18,6	18,0	17,4	16,8	16,3	16,0	15,8	16,0	17,4	19,5	21,4	23,9	26,3	27,6	28,7	28,8	28,8	28,0	25,5	23,7	22,8	23,2	22,6	21,4	28,8	Pt	0
17/7/24	20,4	19,5	18,8	18,2	17,8	17,3	17,2	17,4	19,2	21,3	24,0	26,7	28,5	29,1	30,1	30,1	29,5	28,7	25,3	23,5	22,4	21,1	20,3	20,1	30,1	Pt	0
18/7/24	21,3	20,8	20,6	21,7	21,2	20,5	20,0	19,6	20,6	22,9	25,1	27,4	28,9	29,8	30,3	30,0	30,0	29,2	26,5	24,0	23,6	24,2	23,5	22,2	30,3	Ta	0
19/7/24	21,7	21,1	20,4	20,0	19,8	19,4	19,0	18,7	19,8	20,8	22,8	25,9	27,6	29,1	29,5	29,7	29,7	28,6	26,6	25,4	24,5	23,8	22,8	21,8	29,7	Ta	0
20/7/24	21,2	20,9	20,3	20,0	19,6	18,4	17,1	17,1	18,7	20,5	22,4	24,2	26,5	27,4	28,7	28,8	28,5	27,7	25,8	24,6	23,9	23,5	22,7	21,8	28,8	Ta	0
21/7/24	21,5	20,9	20,4	19,5	19,2	18,3	17,5	17,2	19,3	21,1	22,7	25,1	27,6	29,3	30,7	30,5	30,3	29,5	27,5	26,1	24,9	23,9	23,4	22,9	30,7	Ta	0
22/7/24	22,3	21,8	21,1	20,4	19,8	20,5	19,9	19,4	21,8	23,8	26,0	27,9	29,2	30,8	30,5	31,1	30,3	29,5	27,5	26,1	25,6	24,6	23,6	23,1	31,1	Ta	0
23/7/24	22,4	21,7	20,9	20,2	19,4	19,0	18,2	17,7	18,8	20,8	23,1	25,4	27,1	28,9	29,9	30,2	29,8	28,6	26,9	25,3	23,9	23,1	22,3	22,0	30,2	Ta	0
24/7/24	21,5	20,9	20,3	19,9	19,2	18,8	18,0	17,7	19,5	21,5	24,8	26,9	29,0	30,5	30,9	31,0	30,5	29,6	27,4	25,9	24,5	23,9	23,5	22,7	31,0	Ta	0
25/7/24	22,5	22,2	21,3	19,4	17,7	17,6	18,1	18,3	21,5	23,3	24,5	27,4	29,2	30,3	31,2	31,4	30,8	29,7	26,9	25,3	24,2	25,7	24,5	23,4	31,4	Ta	0
26/7/24	24,6	22,9	23,1	22,1	20,6	20,2	20,6	20,9	21,9	23,6	25,3	27,7	29,2	30,0	31,0	30,5	30,2	29,3	27,1	25,4	24,7	24,5	24,1	23,8	31,0	Tc	0
27/7/24	23,1	22,9	22,5	22,2	21,3	20,9	20,4	20,2	20,9	22,8	25,3	27,8	29,3	30,9	31,4	31,7	30,8	29,8	28,0	25,8	26,3	25,7	25,2	24,4	31,7	Tc	0
28/7/24	24,0	23,2	22,8	22,4	21,3	21,0	21,1	21,0	22,4	23,1	25,6	29,1	31,4	33,0	33,3	33,4	32,9	31,9	28,4	26,1	25,3	24,7	24,5	24,1	33,4	Tc	0
29/7/24	23,7	22,8	21,2	21,2	21,4	20,0	19,1	20,0	22,2	24,9	25,7	28,6	31,9	32,2	31,2	29,3	28,6	26,9	24,6	23,5	22,5	22,0	21,8	20,8	32,2	Tc	0
30/7/24	20,9	20,5	20,0	19,7	19,1	18,7	18,5	18,3	18,4	19,2	19,3	20,6	22,1	23,2	24,4	24,5	24,8	23,9	22,9	21,8	20,4	19,1	18,2	17,5	24,8	FPA	0
31/7/24	16,8	16,2	15,6	15,1	14,9	14,7	14,5	14,7	16,0	18,4	21,2	23,8	26,1	27,6	28,5	29,5	29,6	28,7	26,5	25,1	24,4	23,8	22,9	22,2	29,6	Pa	0
Temp. Máx.	24,6	23,9	23,7	23,1	22,9	22,8	22,6	23,2	23,8	24,9	26,8	29,1	31,9	33,0	33,3	33,4	32,9	31,9	28,4	26,1	26,3	25,7	25,2	24,4	33,4		

Sensor 2 - Julho de 2024

Datas	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	Temp. Máx.	Sist. Alm.	Precip. (mm)
1/7/24	19,1	18,2	18,0	17,5	16,5	15,3	15,6	15,1	16,2	17,0	17,6	18,7	20,2	20,7	22,3	24,0	23,5	22,8	21,4	20,3	19,3	18,4	17,8	17,4	24,0	FPA	2,1
2/7/24	17,0	16,5	16,1	16,0	15,8	15,5	15,4	15,7	16,9	18,9	20,9	23,0	24,3	25,9	27,9	28,7	27,8	26,3	24,5	23,1	22,2	21,1	20,3	19,5	28,7	Pa	0
3/7/24	19,8	18,8	18,3	18,4	18,9	19,2	18,9	19,5	20,5	22,1	24,9	27,2	28,7	29,6	30,1	29,9	29,3	29,1	25,8	24,6	23,6	22,9	22,9	23,4	30,1	Pt	0
4/7/24	23,4	23,3	23,3	22,1	21,0	21,1	20,7	21,1	22,9	24,7	26,6	28,4	29,5	30,0	30,7	31,0	30,7	29,0	26,1	24,4	23,3	23,0	23,3	23,4	31,0	Pt	0
5/7/24	23,4	23,3	23,0	22,9	22,9	23,0	22,9	23,2	24,0	24,3	24,7	26,4	28,6	29,9	30,7	31,0	30,8	29,2	26,9	25,8	25,0	24,5	23,7	23,1	31,0	Pt	0
6/7/24	22,5	22,2	21,6	21,4	21,2	20,8	20,1	19,8	22,2	23,9	25,8	27,9	28,9	29,9	31,2	31,9	30,7	29,6	26,9	24,9	24,4	24,0	24,1	23,7	31,9	Pt	0
7/7/24	23,5	21,9	21,3	20,3	19,6	19,0	18,7	18,8	20,1	21,9	23,8	26,1	28,3	29,6	30,9	31,4	30,8	29,1	26,9	25,4	25,0	24,1	22,6	21,6	31,4	Pt	0
8/7/24	20,7	19,8	19,2	18,6	18,2	17,7	17,5	16,7	16,5	17,8	19,5	21,3	22,2	23,3	22,4	20,1	17,5	16,5	16,1	16,0	15,6	15,6	15,6	15,4	23,3	FPA	4,6
9/7/24	15,4	15,2	15,3	15,2	15,1	15,3	15,2	15,1	15,1	15,2	15,1	15,2	15,5	15,9	16,4	16,8	17,0	16,6	15,8	15,6	15,3	15,1	15,0	14,4	17,0	FE	56,9
10/7/24	14,3	14,3	14,3	14,2	13,8	13,9	13,9	13,7	13,6	13,6	14,9	15,9	15,0	14,8	15,8	16,4	15,8	15,6	15,4	15,3	15,2	14,8	14,3	14,1	16,4	FE	2,5
11/7/24	14,0	14,1	14,3	14,5	14,6	14,8	14,5	14,7	15,7	18,2	20,2	22,3	24,3	26,4	28,6	29,3	28,7	26,9	24,8	22,8	20,6	18,3	17,5	16,7	29,3	Pa	0
12/7/24	16,1	15,9	16,0	15,6	15,6	15,9	17,7	18,5	19,2	21,2	21,4	22,1	22,7	23,0	23,3	23,1	22,6	22,0	21,3	20,6	20,1	19,4	18,6	18,3	23,3	FPA	0
13/7/24	18,1	17,3	15,4	15,1	15,1	15,5	16,3	16,8	18,5	19,8	21,4	22,8	24,1	25,1	25,4	25,5	25,0	24,0	22,5	21,3	20,5	19,6	18,9	18,1	25,5	FE	0
14/7/24	17,4	16,9	16,6	16,0	15,3	14,9	14,3	13,9	14,0	14,6	15,9	16,6	18,1	20,4	22,7	24,4	24,4	23,2	21,2	20,0	19,1	18,0	16,7	15,1	24,4	Pa	0
15/7/24	14,0	13,4	13,1	12,9	12,8	12,6	12,4	12,5	14,2	17,1	19,7	21,8	23,2	24,6	26,1	26,7	26,3	24,7	22,6	21,3	20,7	20,4	20,1	19,4	26,7	Pa	0
16/7/24	18,7	18,2	17,6	17,1	16,6	16,3	16,1	16,2	17,4	19,6	21,4	23,8	25,6	27,0	28,4	29,1	29,0	27,6	24,1	22,4	21,6	22,6	22,4	21,4	29,1	Pt	0
17/7/24	20,5	19,7	18,9	18,4	18,0	17,6	17,5	17,6	19,1	21,4	24,2	26,1	27,1	28,1	29,8	30,7	30,1	28,3	24,9	23,0	21,8	20,8	20,2	19,9	30,7	Pt	0
18/7/24	20,9	19,8	20,4	21,4	20,9	20,4	19,9	19,6	20,6	23,0	25,4	27,2	28,0	29,0	30,3	31,1	30,6	29,1	25,4	23,4	22,8	24,1	23,4	22,3	31,1	Ta	0
19/7/24	21,8	21,4	21,1	20,5	20,3	19,8	19,3	18,9	19,6	21,1	23,3	25,9	27,2	28,6	29,9	30,3	30,1	28,4	26,3	25,2	24,4	23,9	22,9	21,9	30,3	Ta	0
20/7/24	21,5	21,0	20,5	20,2	19,6	18,7	17,7	17,2	18,9	20,8	23,1	24,3	25,5	26,8	28,6	29,3	29,1	27,5	25,2	24,4	23,7	23,4	22,6	21,8	29,3	Ta	0
21/7/24	21,5	20,9	20,5	19,7	19,4	18,7	18,0	17,6	19,1	20,8	23,1	25,2	27,2	28,6	30,5	31,6	31,2	29,2	26,0	25,7	24,7	24,0	23,4	22,8	31,6	Ta	0
22/7/24	22,4	21,9	21,4	20,6	20,1	20,5	20,0	19,9	21,5	23,7	26,2	27,8	28,8	29,6	31,0	31,7	31,2	29,3	27,0	25,8	25,4	24,5	23,7	23,1	31,7	Ta	0
23/7/24	22,4	21,7	21,1	20,4	19,7	19,3	18,6	18,0	19,1	21,1	23,6	25,6	27,1	28,3	30,0	30,5	30,1	28,5	26,4	25,1	24,0	23,3	22,5	22,1	30,5	Ta	0
24/7/24	21,6	21,1	20,7	20,2	19,6	19,2	18,4	18,1	19,6	21,7	25,2	27,1	28,2	29,6	31,0	31,3	31,0	29,3	26,7	25,6	24,6	23,9	23,6	22,9	31,3	Ta	0
25/7/24	22,6	22,1	21,0	19,2	18,2	17,6	18,0	17,6	20,4	22,9	25,0	27,7	28,4	30,3	31,7	31,8	31,5	29,5	25,9	24,1	23,6	25,3	24,3	24,2	31,8	Ta	0
26/7/24	24,3	23,2	23,2	22,3	21,0	20,9	21,0	21,1	22,1	23,9	25,6	27,9	28,5	29,7	30,8	31,4	31,2	29,3	26,8	25,5	24,9	24,6	24,1	23,8	31,4	Tc	0
27/7/24	23,4	23,2	23,0	22,7	21,7	21,2	21,0	21,0	21,5	23,1	25,6	27,8	28,9	30,4	31,5	31,9	31,2	29,8	27,0	25,3	26,0	25,6	25,2	24,5	31,9	Tc	0
28/7/24	24,1	23,6	23,2	22,7	22,0	21,4	21,3	21,2	22,4	23,6	26,2	28,8	30,3	32,3	33,7	33,7	33,0	31,3	27,8	26,3	25,2	24,0	23,5	22,9	33,8	Tc	0
29/7/24	22,6	21,9	21,0	21,7	21,6	20,4	19,8	20,5	22,2	24,0	26,0	28,2	29,1	31,1	30,9	29,8	28,8	27,0	25,0	23,9	22,9	22,5	22,2	21,4	31,1	Tc	0
30/7/24	21,5	21,0	20,5	20,1	19,6	19,2	19,0	18,9	18,9	19,9	20,0	21,4	22,3	23,6	24,8	25,0	25,1	24,1	23,0	22,0	20,7	19,5	18,7	17,9	25,1	FPA	0
31/7/24	17,3	16,6	16,1	15,6	15,4	15,2	15,1	15,1	16,7	19,1	21,8	23,9	25,9	27,5	28,9	29,7	29,5	28,3	25,3	23,9	23,9	23,7	23,0	22,2	29,7	Pa	0
Temp. Máx.	24,3	23,6	23,3	22,9	22,9	23,0	22,9	23,2	24,0	24,7	26,6	28,8	30,5	32,3	33,7	33,7	33,0	31,9	27,8	26,3	26,0	25,6	25,2	24,5	33,8		

Legenda	
10°C a 15°C	A
15°C a 20°C	B
20°C a 25°C	C
25°C a 30°C	D
30°C a 35°C	E
35°C a 40°C	F
> 40°C	G

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Partindo para uma comparação entre os dois períodos de solstícios, destacam-se alguns aspectos relevantes para a investigação realizada. Um primeiro ponto é a relação direta entre os dias com maiores temperaturas, condições sinóticas de tempo estável e céu predominantemente aberto. Em dias com massas de ar tropicais ou polares, nos quais a incidência solar também foi mais intensa, as temperaturas máximas atingiram seus ápices.

Contudo, no ponto em maior altura (Sensor 1) esse pico de temperatura ocorreu por volta das 15h, enquanto no outro ponto, ele ocorreu cerca de uma hora mais tarde.

Em dias de passagem de sistemas instáveis (*i.e.* frentes polares ou estacionárias) houve uma homogeneização nos padrões térmicos, isso para ambos os meses analisados. Ainda assim, o Sensor 1 apresentou maior quantidade de horários com temperaturas levemente menores.

Outra diferença notória entre os períodos é o grau de aquecimento dos locais. No verão predominam faixas de temperatura entre "C" e "E" e não há ocorrências da faixa "A". No inverno, por outro lado, as temperaturas máximas não ultrapassam a faixa "E" e predominam as faixas "B" a "D".

Com isso, destaca-se que no mês de maior incidência solar, no solstício de verão, as diferenças de temperatura entre as áreas urbanas foram mais expressivas.

A partir do que foi estabelecido anteriormente é possível destacar algumas considerações gerais. Primeiro, as vias da Área 1 analisadas apontam que o ambiente local é caracterizado por maior quantidade de sombreamento, seja relação altura das edificações e largura das vias, – no caso do Trajeto BC – seja pela presença de árvores – Trajeto AB. No caso do Trajeto BC, o sombreamento é ainda mais significativo em decorrência da orientação NE-SW. As vias da Área 2, por outro lado, são caracterizadas por uma maior incidência de luz solar, em decorrência de edificações mais baixas, somada a uma arborização igualmente inferior.

Assim, afirma-se que, em ampla análise, o balanço energético das vias analisadas na Área 1 é delimitado por um aquecimento superficial mais expressivo durante meados da tarde, quando a altura solar é maior. No início da manhã e final da tarde, contudo, o aquecimento é bastante reduzido em decorrência dos obstáculos na superfície, os quais impedem passagem direta da luz solar. No solstício de verão essa dinâmica é ainda mais intensa, haja vista que a altura solar atinge o ápice (zênite).

Outro fator relevante quanto à Área 1 é o efeito da arborização enquanto um elemento favorável ao Q_E, o que pode auxiliar em temperaturas do ar mais amenas, especialmente nas áreas mais próximas à vegetação.

As duas vias da Área 2, por sua vez, são marcadas por um balanço energético com maior entrada de radiação solar. O aquecimento superficial, portanto, possivelmente é mais significativo, induzindo um Q_H também maior.

Dadas essas condições, o que é observado nas tabelas de temperaturas do ar de ambos os sensores refletem, em certa medida, essa dinâmica térmica. No solstício de verão, ocorreram as divergências mais significativas de horário do pico de aquecimento entre os sensores pelo fato de que, sendo o período de maior insolação diária e de maior elevação solar, a condicionante solar teve maior efeito no padrão térmico local.

Por outro lado, quando a condicionante solar foi menos expressiva, durante o solstício de inverno, esse descompasso dos picos de temperaturas não foi tão perceptível.

Ademais, as características geométricas dos ambientes dos sensores também tiveram papel importante nessa dinâmica. Por estar em uma área mais aberta, o Sensor 1 apresentou uma taxa de resfriamento maior durante o período noturno, em comparação ao Sensor 2, o qual esteve sobre maior influência de superfícies adjacentes, as quais se aqueceram durante o dia e liberaram calor à noite. Mais uma vez, esse padrão foi mais notório no verão.

Com isso, apesar de os sensores não estarem instalados diretamente nas vias, foi viável perceber uma relação importante entre a quantidade de luz solar incidente durante os dias e o padrão de aquecimento dos recintos, especialmente na estação do verão.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos a partir do estudo realizado destacam alguns elementos relevantes acerca da íntima relação entre o microclima e os aspectos morfológicos dos ambientes urbanos, levando em consideração a influência da condicionante solar.

Em primeiro lugar, destaca-se que no período de solstício de verão, as temperaturas nas áreas urbanas analisadas apresentaram maior sensibilidade à dinâmica da trajetória solar diária. Em segundo lugar, o Sensor 2, mais próximo, no âmbito altimétrico, das vias, apresentou temperaturas máximas mais elevadas em relação ao Sensor 1, localizado a aproximadamente 15 metros de distância vertical das vias. Tal fato implica em um possível aquecimento propiciado pela maior quantidade de superfícies adjacentes ao Sensor 2.

Além disso, a Área 2, onde estava localizado o Sensor 2, também apresentou uma morfologia mais propícia para a entrada de luz solar, favorecendo o aquecimento da área, em especial no mês de janeiro, quando houve maiores índices de radiação solar.

Um terceiro ponto de destaque foi a influência da geometria das áreas no padrão temporal de aquecimento de cada uma delas. O Sensor 1 – localizado em um ambiente aberto, sem superfícies verticais adjacentes – aqueceu e resfriou mais cedo, em cerca de uma hora, em relação ao Sensor 2, localizado em um ambiente mais fechado.

Outro ponto de destaque diz respeito a como o período de solstício de inverno, quando a entrada de radiação solar diária foi mínima, esses padrões de aquecimento se mostraram muito mais tênues. As faixas de temperaturas também foram menores, porém, a relação maior, nesse caso, é com a sazonalidade e as condições climáticas do período de inverno.

Em suma, conclui-se que, no contexto do recorte temporal e espacial do estudo conduzido, no período do solstício de verão, a relação entre a condicionante solar e os aspectos morfológicos do ambiente construído foram fortemente consideráveis.

Isto posto, cabe ressaltar algumas limitações do estudo desenvolvido e dos procedimentos adotados. Primeiramente, a falta de sensores instalados diretamente nas vias selecionadas para a análise morfológica limita a precisão dos padrões térmicos observados, em especial para o Sensor 1, que estava mais distante da superfície.

Seria relevante, além disso, a obtenção de dados da temperatura superficial e o fluxo da radiação solar dos ambientes monitorados, idealmente a partir de termômetros infravermelhos e termômetros de globo. Esse procedimento favoreceria a compreensão dos fluxos de ondas longas e curtas locais, permitindo uma delimitação mais precisa do balanço de radiação líquida (Q*).

Finalmente, uma análise mais ampla dos aspectos morfológicos, como a determinação do fator de céu visível, também seria de grande relevância para o escopo de estudos no âmbito proposto.

Em suma, são possíveis diferentes avanços a partir dessa metodologia de análise que possibilitem a compreensão da condicionante solar no ambiente urbano de forma integrada. Apesar de ser frequente o uso de diagramas solares para projetos arquitetônicos, seu uso também pode ser bastante efetivo para uma análise mais aprofundada de áreas já construídas, as quais apresentam considerável complexidade geométrica em decorrência da combinação de diversos tipos de edificações.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente, aos colegas dos Grupo de Pesquisa Interações na Superfície Terrestre, Água e Atmosfera (GAIA) e ao Conselho Nacional de desenvolvimento Científico e tecnológico (CNPq) (Processo 407511/2023-7). 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.

REFERÊNCIAS

BERNATZKY, A. The contribution of trees and green spaces to a town climate. **Energy and buildings**, v. 5, n. 1, p. 1-10, 1982.

DUBREUIL, V.; FANTE, K. P.; PLANCHON O.; SANT'ANNA NETO, J. L. Os tipos de climas anuais no Brasil: uma aplicação da classificação de Köppen de 1961 a 2015. **Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasilera de geografia**, n. 37, 2018.

GARTLAND, L. M. **Heat islands**: understanding and mitigating heat in urban areas. Earthscan, 2008.

GIYASOV, B.; GIYASOVA, I. The impact of high-rise buildings on the living environment. In: E3S Web of Conferences. **EDP Sciences**, 2018. P. 01045.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente**: uma perspectiva em recursos terrestres. Tradução: José Carlos Neves Epiphanio. *et al*. São José dos Campos: Parênteses, 2009.

LECHNER, N. **Heating, cooling, lighting**: Sustainable design methods for architects. 4th ed. John wiley & sons, 2015.

LEFEBVRE, H. **La Production de L'Espace**. 2émè édition. Éditions Anthropos, Paris, 1981.

MARSH, A. J. **Sun Path 2D**. 2014. Disponível em: https://andrewmarsh.com/apps/releases/sunpath2d.html. Acesso em 9 de julho de 2025.

MASCARÓ, L. R. **Ambiência Urbana**. 2ª Edição. Porto Alegre: Masquatro, 2004.

MASCARÓ, L. R.; MASCARÓ, J. L. **Vegetação Urbana**. 1ª Edição. Masquatro, 2010.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia**: noções básicas e climas do Brasil. Oficina de textos, 2007.

MONTEIRO, C. A. F. Análise rítmica em climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. **Climatologia**, n. 1, p. 1-21, 1971.

MONTEIRO, C. A. F., Mendonça, F., Danni-Oliveira, I. M., Brandão, A. M. P. M., Gonçalves, N. M. S. **Clima Urbano**. São Paulo: Editora Contexto, 2009.

NUGROHO, N. Y.; TRIYADI, S.; WONORAHARDJO, S. Effect of high-rise buildings on the surrounding thermal environment. **Building and Environment**, v. 207, p. 108393, 2022.

NUNES, J. O. R.; AMORIM, M. C. C. T.; TEIXEIRA, D. C. F.; FIRMINO, G. V. A influência das formas de relevo e do uso e ocupação da terra na formação de ilhas de calor na cidade de Presidente Prudente, SP, Brasil. In: AMORIM, M. C. C. T.; DUBREUIL, V. (Org.). **Cidades, clima e vegetação**: modelagem e políticas públicas ambientais. 1ed.Porto Alegre: Totalbooks, 2024, p. 44-58.

OKE, T. R. **Boundary Layer Climates**. 2nd ed. London: Methuen; New York: John Wiley & Sons, 1987.

OKE, T. R.; MILLS, G.; CHRISTEN, A.; VOOGT, J. A. **Urban Climates.** Cambridge University Press, 2017.

ROHLI, R. V.; VEGA, A. J. **Climatology**. Jones & Bartlett Learning, 2017.

SANT'ANNA NETO, J. L.; TOMMASELLI, J. T. G. **O Tempo e o Clima de Presidente Prudente**. FCT/UNESP, 2009.

SANTOS, M. A aceleração contemporânea: tempo mundo e espaço mundo. **Boletín geográfico**, n. 19, p. 1-10, 1993.

SUN EARTH TOOLS. **Sun Position**. 2025. Disponível em: https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=pt. Acesso em 21 de julho de 2025.