



ANÁLISE DO MICROCLIMA URBANO DO BAIRRO DO COROADO, MANAUS, AMAZONAS

Analysis of the urban microclimate of the Coroado neighborhood, Manaus, Amazonas

Análisis del microclima urbano del barrio Coroado, Manaus, Amazonas

 <https://doi.org/10.35701/rcgs.v27.1018>

Matheus Silveira de Queiroz¹

Kenya Correa de Souza²

Gabriela Mendonça Silva³

Histórico do Artigo:

Recebido em 10 de maio de 2024

Aceito em 20 de janeiro de 2025


Publicado em 05 de fevereiro de 2025

RESUMO


O processo de urbanização, aliado ao padrão e forma de uso e ocupação da terra, possui fatores capazes de transformar o estado das condições atmosféricas no microclima urbano. Este trabalho tem por objetivo analisar o comportamento da temperatura do ar do bairro do Coroado, na cidade de Manaus, no período noturno. Utilizou-se a técnica de monitoramento da temperatura do ar e umidade relativa por meio do transecto móvel em 40 pontos. Além disso, utilizaram-se imagens do satélite Landsat 8 sensor TIRS para determinar a temperatura de superfície no período de 2013-2021. Os dados de temperatura do ar apresentam uma média de 28,7°C nos cinco dias analisados, com uma amplitude que pode atingir 6,5°C. A temperatura de superfície apresentou uma média de 26,7° para o período de 2013-2021. Além disso, a umidade relativa média foi de 73,40%. Foi possível identificar que a área urbanizada do bairro funciona como uma ilha de calor e que a vegetação da Área de Proteção Ambiental Floresta Manaós funciona como uma ilha de frescor devido à alta amplitude da temperatura em uma curta distância.

Palavras-Chave: Temperatura do ar. Clima urbano. Transecto móvel.


¹ Doutorando em Geografia da Universidade Federal do Amazonas – UFAM. Email: matheussilveiradequeiroz@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-8722-7715>

² Doutoranda em Geografia da Universidade Federal do Amazonas – UFAM. Email: geo.kenyasouza@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-8886-2550>

³ Doutoranda em Geografia da Universidade Federal do Amazonas – UFAM. Email: gabisg444@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-3385-7655>

ABSTRACT

The process of urbanization, combined with the pattern and form of land use and occupation, has factors capable of transforming the state of atmospheric conditions in the urban microclimate. The aim of this study is to analyze the behavior of the air temperature in the Coroado neighborhood in the city of Manaus at night. The technique of monitoring air temperature and relative humidity using a mobile transect at 40 points was used. In addition, images from the Landsat 8 TIRS satellite were used to determine the surface temperature for the period 2013-2021. The air temperature data showed an average of 28.7°C over the five days analyzed, with a range of up to 6.5°C. The surface temperature showed an average of 26.7° for the period 2013-2021. In addition, the average relative humidity was 73.40%. It was possible to identify that the urbanized area of the neighborhood acts as a heat island and that the vegetation of the Manaós Forest Environmental Protection Area acts as a cooling island due to the high temperature amplitude over a short distance.

Keywords: Air temperature. Urban climate. Mobile transect.

RESUMEN

El proceso de urbanización, combinado con el patrón y la forma de uso y ocupación del suelo, tiene factores capaces de transformar el estado de las condiciones atmosféricas en el microclima urbano. El objetivo de este estudio es analizar el comportamiento de la temperatura del aire en el barrio de Coroado, en la ciudad de Manaus, durante la noche. Se utilizó la técnica de monitorización de la temperatura del aire y de la humedad relativa mediante un transecto móvil en 40 puntos. Además, se utilizaron imágenes del satélite Landsat 8 TIRS para determinar la temperatura de la superficie en el período 2013-2021. Los datos de temperatura del aire mostraron una media de 28,7°C durante los cinco días analizados, con un rango de hasta 6,5°C. La temperatura de la superficie mostró una media de 26,7° para el periodo 2013-2021. Además, la humedad relativa media fue del 73,40%. Se pudo identificar que la zona urbanizada del barrio actúa como isla de calor y que la vegetación del Área de Protección Ambiental del Bosque de Manaós actúa como isla de enfriamiento debido a la gran amplitud de temperatura en una distancia corta.

Palabras clave: Temperatura del aire. Clima urbano. Transecto móvil.

INTRODUÇÃO

A urbanização, aliado ao padrão e forma de uso e ocupação da terra, possui fatores capazes de transformar o estado das condições atmosféricas no microclima urbano. A temperatura do ar e umidade relativa têm fundamental importância nas condições de conforto e de saúde das sociedades, conforme discutido por Monteiro (1976) as cidades, por meio de seus aparelhos urbanos, modificam o clima através das alterações da superfície. Silva e Ribeiro (2006) apontam que vários fatores interferem na caracterização do microclima de uma cidade, tais como, a orientação das ruas implica em diferenças na incidência do ângulo solar, as características dos materiais de construção e da geometria da rua (relação largura/altura).

A falta de planejamento urbano, juntamente com as características dos materiais de construções e a impermeabilização do solo, agravam os efeitos da influência natural da radiação na temperatura do ar sem a incidência do sol. A liberação de energia de onda longa vai ocorrer até 5 horas depois, fazendo com que as superfícies se mantenham aquecidas durante a noite, assim elevando as temperaturas no período noturno (OKE, 1987).

Na Amazônia brasileira, vários estudos buscam relacionar como as mudanças no uso e ocupação da terra podem influenciar na temperatura. O desmatamento, a substituição da vegetação nativa por pastagens ou monocultura e a expansão das cidades levam ao aumento da temperatura no entorno e em escala regional a diminuição da precipitação e períodos de seca mais prolongados (NOBRE, 2001; BUARQUE et al., 2010; BAGLEY, 2014; ALEIXO; SILVA-NETO, 2018; ALEIXO et al., 2021). Esse conjunto de atividades humanas, principalmente nas cidades, altera o equilíbrio energético e libera um calor para a atmosfera que eleva a temperatura dos meios urbanos em comparação com o rural, isto forma um fenômeno denominado Ilhas de Calor (ARNFIELD, 2003; OKE, 1978).

A cidade de Manaus, conforme o Censo demográfico de 2022, apresentou um aumento populacional de mais de 14% em comparação com o último censo (IBGE, 2022). Com o expresso aumento populacional nas áreas urbanas, acarretou em mais projetos de infraestrutura para atender as necessidades de habitação, reduzindo drasticamente as áreas verdes. O Censo de 2010 já apresentou um panorama da arborização de Manaus, sendo ela a segunda cidade no Brasil menos arborizada, com apenas 25,1% de cobertura vegetal na área urbana.

Devido à perda de espaços arborizados, a cidade tende a enfrentar temperaturas mais elevadas, agravando o desconforto térmico e os desafios ambientais. Lombardo (1985) salienta que a variação da temperatura atmosférica de diferentes tipos de uso da terra em áreas com temperaturas mais altas ocorre em locais de intensa verticalização, alta densidade demográfica e pouca vegetação.

A distribuição dos equipamentos urbanos faz com que a cidade apresente, em determinadas localidades, variações de temperatura e essas anomalias térmicas são conhecidas como ilhas de calor. Segundo Amorim (2019), as ilhas de calor são definidas como bolsões de ar quente registrados em ambientes urbanos, resultantes da capacidade diferenciada dos materiais presentes na superfície de armazenar e refletir a energia solar.

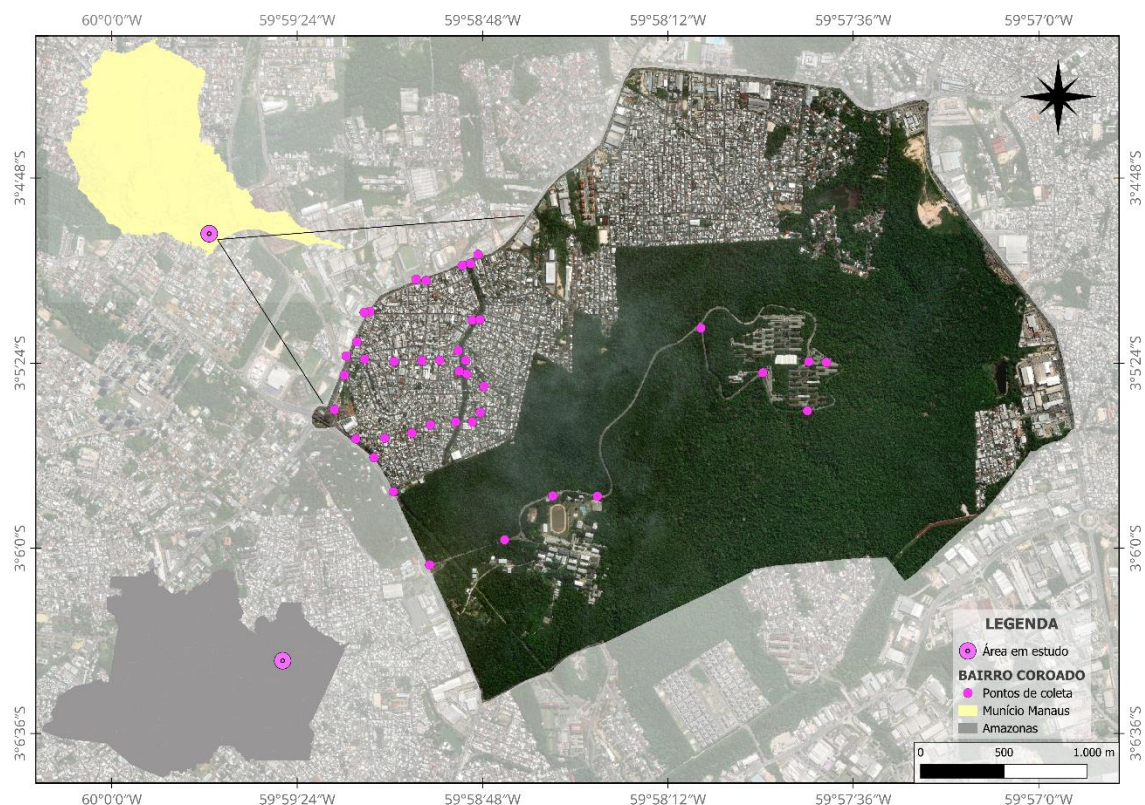
Considerando as influências do padrão e forma de uso e cobertura da terra, este trabalho tem por objetivo analisar o comportamento da temperatura do ar, de superfície e umidade relativa do bairro do Coroado, localizado na zona leste da cidade de Manaus, durante o período noturno. Para Santos e Nóbrega (2015), o ambiente urbano libera o calor absorvido durante o dia e mantém as temperaturas altas durante a noite. O bairro em estudo funciona como um ponto de conexão, especialmente por meio da avenida Cosme Ferreira, que liga o centro da cidade aos bairros da zona leste. Assim, o Coroado possui uma intensa circulação de automóveis e pessoas, tanto no período matutino quanto no noturno, contribuindo para alterações no clima local.

Além disso, o bairro tem na sua localizada a APA da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), sendo uma área natural destinada à conservação ambiental. Mediante isso, de que forma a floresta da UFAM influencia o clima local? Qual é o comportamento do microclima do bairro do coroadado durante os dias em estudo?

ÁREA DE ESTUDO: CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA

O bairro do Coroadado (Figura 1). Está situado na zona Leste da cidade de Manaus, com 51.354 habitantes, no ano de 2010, e com uma estimativa de 64.289, no ano de 2021, distribuídos em uma área de 10,3 km² (IBGE, 2010; SEDECTI, 2021). A forma de ocupação do bairro do Coroadado surgiu, principalmente, pelo processo de migrações oriundas da criação da Zona Franca de Manaus – ZFM, na década de 60, onde áreas do poder público passaram a ser ocupadas de forma irregular, dando origem à formação de favelas (BARBOSA, 2009; 2017).

Figura 1: Localização da área de estudo.

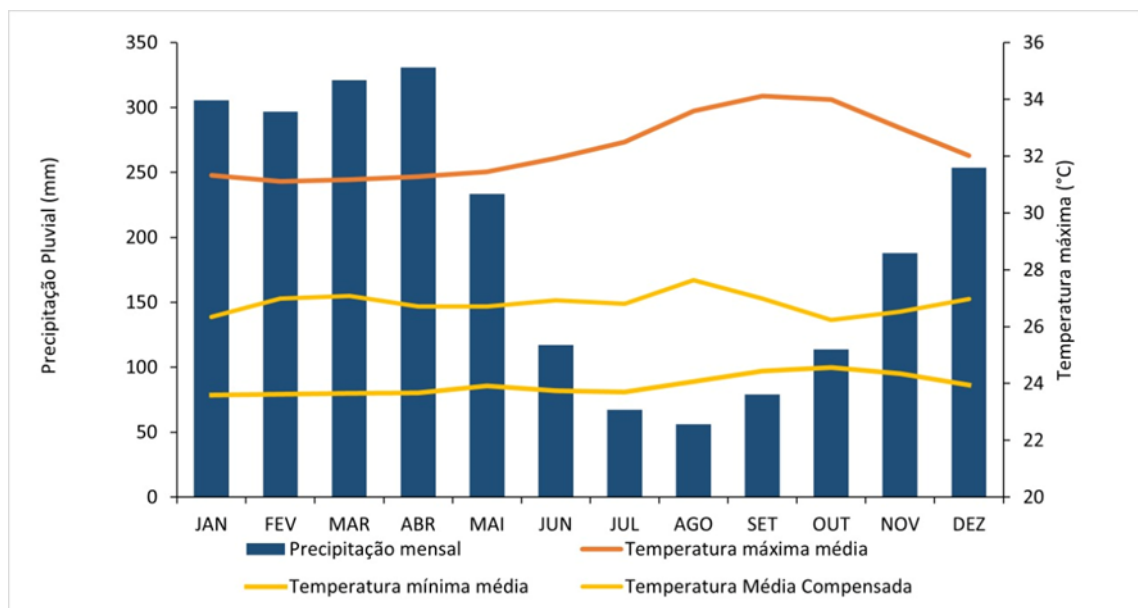


Fonte: Autores (2024).

O fragmento florestal APA Floresta Manáos (Unidade de Conservação de Uso Sustentável, pelo Decreto nº 4.515 de 26/07/2019) ocupa grande parcela do bairro do Coroadó, essa área possui 759,15 ha sendo formada pelos fragmentos florestais da Universidade Federal do Amazonas – UFAM, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, Universidade Luterana do Brasil – ULBRA, Parque Lagoa do Japiim e área verde do Conjunto Acariquara, sendo o campus da UFAM o terceiro maior em área urbana do mundo e o primeiro do País, apresentando um equilíbrio térmico para a cidade. Segundo Silva e Aguiar (2012), o campus da UFAM é considerado uma ilha de frescor.

Do ponto de vista climático, usando a classificação de Köppen, a cidade de Manaus se subdivide em dois tipos: Clima tropical de monção e Clima tropical úmido (ALVARES et al., 2013). A precipitação anual na cidade é de 2362,4 mm/ano para o período de 1990-2020 e a temperatura média anual na cidade é de 27,4°C, com mínima média de 24 °C e máxima média de 32,3°C. Nos meses de dezembro a abril, variam de 24°C a 30°C, com a precipitação máxima de 300 mm. Nos meses de maio a novembro, as temperaturas variam de 30°C a 34°C, com a precipitação abaixo de 50 mm (Figura 2).

Figura 2: Localização da área de estudo.



Fonte: Autores (2024).

MATERIAIS E MÉTODOS

Coleta de dados de temperatura do ar e umidade relativa com transecto móvel

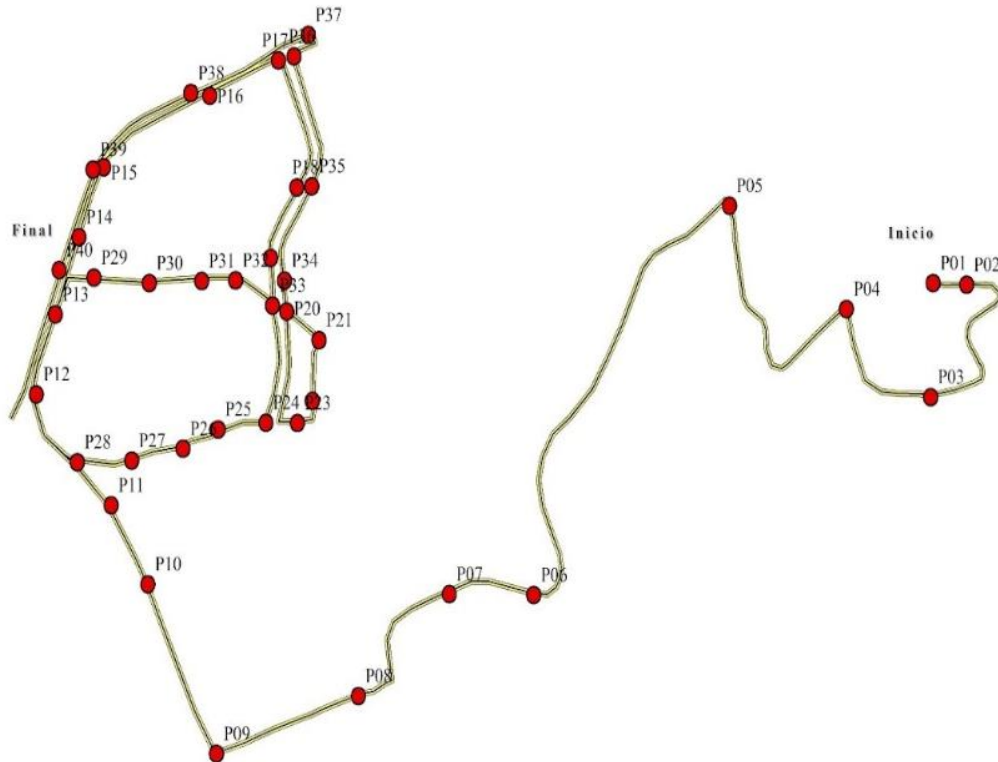
As medições foram realizadas via transecto móvel no horário noturno, às 19h entre o dia 15 ao dia 19 de junho de 2022, no polígono entre o Campus UFAM - Av. Rodrigo Otávio - Av. Beira Rio -

Av. Cosme Ferreira em velocidade igual ou inferior a 40km/h, utilizando o equipamento termohigrômetro Digital modelo MT-241A Minipa. Foi definido o horário noturno para a coleta dos dados, pois a intensidade da ilha de calor é maior no período noturno (SOUZA; ALVALÁ, 2014; OKE, 1987).

Vale ressaltar que a escolha do mês de junho pelo início do inverno (verão Amazônico), sendo marcado pelo aumento da temperatura e pela redução da pluviometria. Conforme Vieira e D'ávila Junior (2020), os meses de julho, agosto e setembro são caracterizados como o período menos chuvoso na cidade de Manaus, com base nos dados pluviométricos de 1986 a 2015.

Os procedimentos metodológicos aplicados para a coleta dos dados de temperatura e umidade relativa dados segue as recomendações de Araújo et al. (2010). É necessário que os sensores do termohigrômetro sejam montados em um veículo, e ao longo do trajeto, a diferença de tempo entre o início e a última medida não pode ser significativa, portanto, é necessário utilizar métodos de interpolação para ajustar as medidas climáticas com as diferenças de horários de medição (PEZZUTO, 2007). Assim, considerando o objetivo da pesquisa, optou-se por 40 pontos de coleta distribuídos espacialmente em locais com maior circulação de pessoas e veículos (Figura 3).

Figura 3: Pontos de coleta do transecto móvel.



Para mais detalhes da distribuição cartográfica dos pontos ver Figura 1. **Fonte:** Autores (2024).

O método utilizado para interpolar os pontos e espacializar a temperatura do ar e umidade relativa foi o Splines Regulares com Tensão – RST, conforme descrito por Mitasova e Mitas (1993) (Completely Regularized Spline) e Mitasova et al. (1995) (formulação geral d -dimensional com aplicações para dados 2D, 3D e 4D). Os mapas foram elaborados no software Quantum-GIS 3.36.2, com uma resolução espacial de 5 metros.

Estimativa da temperatura de superfície por imagem de satélite

A análise da Temperatura de Superfície do bairro do Coroado foi a partir de imagens Landsat 8 que opera a 705 km de altitude, numa órbita heliossíncrona com inclinação de 98,2° (ligeiramente retrógrada), disponibilizadas pelo Serviço Levantamento Geológico Americano – USGS. Utilizou-se a banda 10, obtida do Sensor TIRS, que corresponde à faixa do infravermelho termal (10,6 – 11,19 μm), com resolução espacial de 100 metros, redimensionada e disponibilizada com 30 metros. As imagens foram capturadas entre 10:00 e 11:00 horas, representando um recorte do período matutino.

Foram analisadas 15 cenas no período de 2013-2021, os meses janeiro, março, abril, maio e dezembro não foram acrescentados à análise devido à alta incidência de nuvem na região amazônica nesta época do ano, que impossibilita cenas com boa visualização. Os procedimentos adotados no tratamento das imagens seguem Coelho e Correa (2013) e Amorim (2017). Foram aplicados parâmetros físicos para converter os valores de nível de cinza em Radiância de Topo de Atmosfera - TOA (Equação 1):

$$L\lambda = M_I Q_{cal} + A_I \quad (1)$$

Onde $L\lambda$ é a Radiância Espectral de Topo de Atmosfera do sensor de abertura em Watts ($\text{m}^2 \text{sr} \mu\text{m}$). M_I é o Fator multiplicativo de redimensionamento da banda 10 = $3,34 \times 10^{-4}$. Q_{cal} é o Valor quantificado calibrado pelo pixel em DN = Imagem termal da banda 10. A_I é o Fator de redimensionamento aditivo específico da banda 10 = 0,10000. Após a transformação, foi aplicada a Equação 2 para converter os valores em temperatura (Kelvin):

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L\lambda} + 1\right)} \quad (2)$$

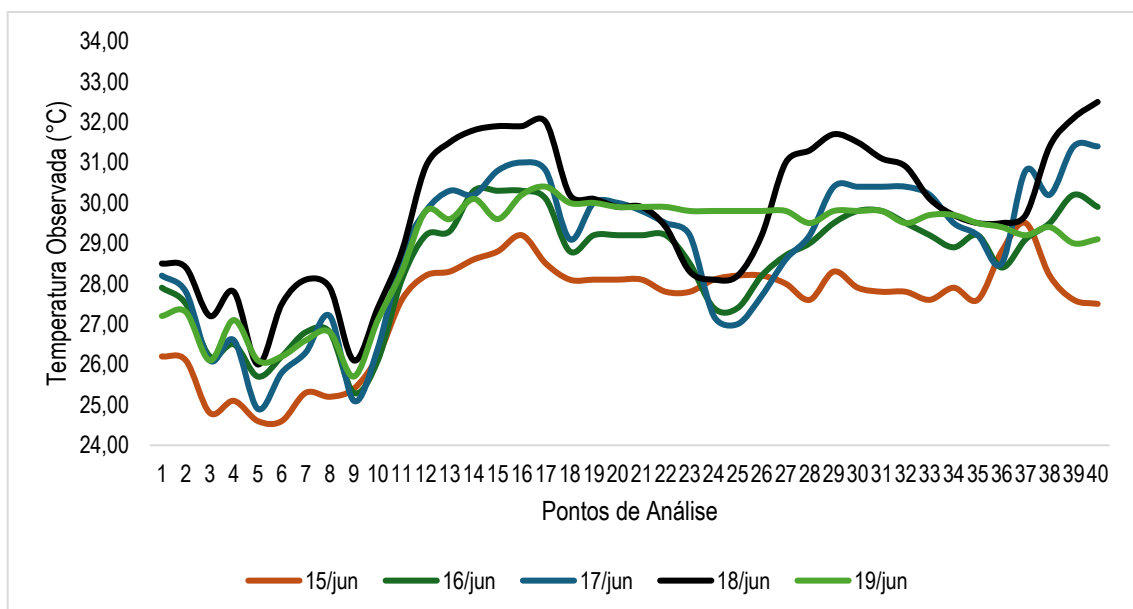
Onde T é a temperatura em Kelvin. K_2 É uma constante de calibração que para a banda 10 corresponde a 1321,08. K_1 É uma constante de calibração que corresponde a 774.89. $L\lambda$ é a Radiância

Espectral de Topo de Atmosfera do sensor de abertura em Watts ($m^2 sr \mu m$). Para transformar os dados em Celsius se subtraiu o resultado pelo valor absoluto de Kelvin (273,15).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se nos 40 pontos uma variação da temperatura, até o ponto 9 a média observada foi de 25,2 °C e a partir desse ponto foi de 28,1 °C. A variação ocorre devido ao ambiente da coleta dos dados. Os primeiros pontos estão localizados na Área de Proteção Ambiental Floresta Manaós. Os demais pontos estão localizados em áreas densamente construídas (asfalto e concreto) e com grande circulação de veículos (Figura 4).

Figura 4: Pontos de Análise de temperatura do Bairro Coroado.



Fonte: Autores (2024).

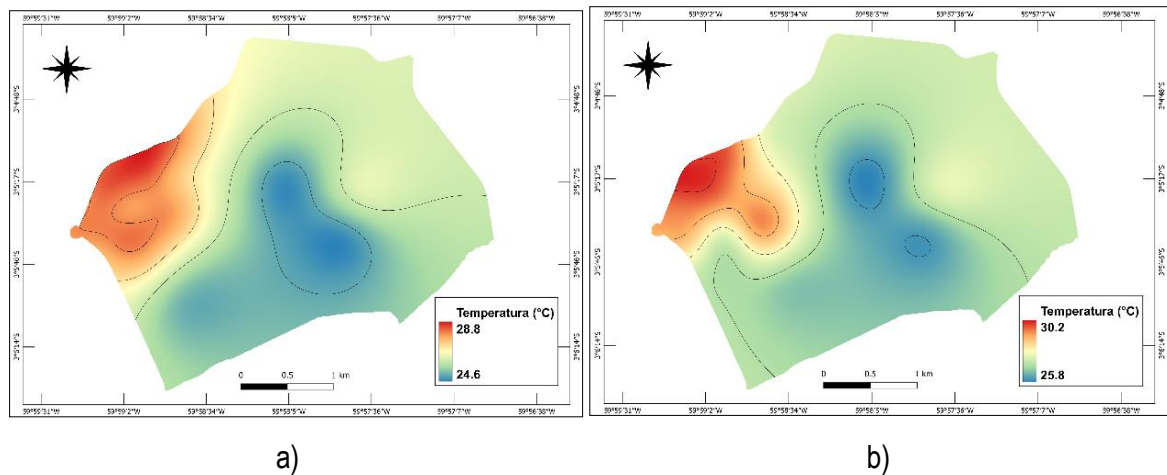
A média dos 5 dias analisados foi de 28,7°C, com o menor valor no dia 15/06 (quarta-feira) e o maior 18/06 (sexta-feira) (Tabela 1). A amplitude entre os valores máximos e mínimos pode chegar a 6,5°C no mesmo dia, indicando uma alta variação da temperatura. Os testes de hipótese indicam não haver variação significativa entre os dias analisados (nível de significância menor que 0,05). Portanto, descarta-se, nesses dias, a influência da circulação de pessoas e veículos na temperatura. Visto que o dia 15/06, quarta-feira, possui a menor temperatura média observada, enquanto o fim de semana (18/06 e 19/06) apresentou as maiores médias e nesses dias a circulação de veículos e pessoas foi significativamente menor no dia útil.

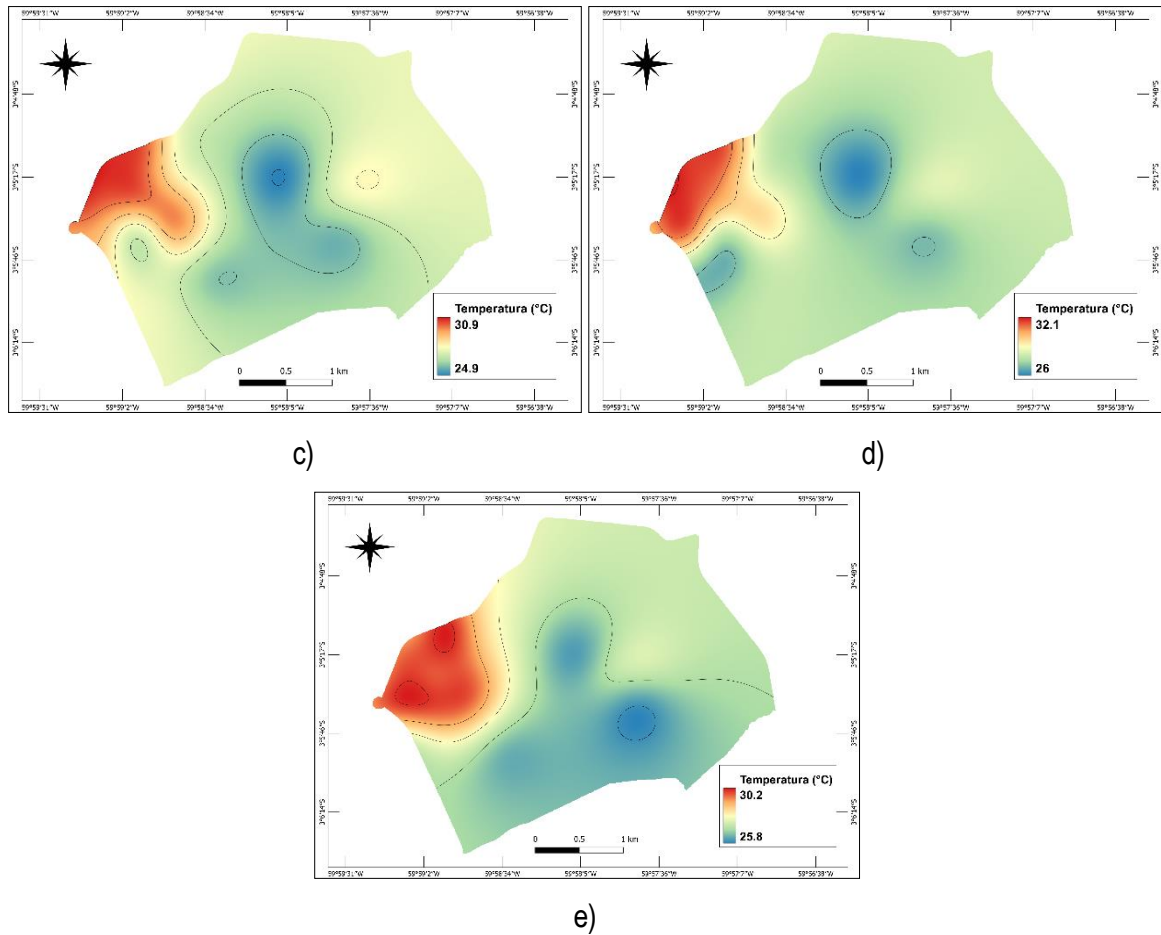
Tabela 1: Variáveis estatísticas dos dados de temperatura do ar.

Variáveis (°C)	15/06	16/06	17/06	18/06	19/06
Média	27,43	28,51	28,90	29,73	28,91
Mediana	27,85	29,05	29,35	29,80	29,60
Mínimo	24,60	25,30	24,90	26,00	25,70
Máximo	29,50	30,30	31,40	32,50	30,40
Amplitude	4,90	5,00	6,50	6,50	4,70
25th percentil	26,53	27,43	27,33	28,23	27,55
75th percentil	28,2	29,5	30,38	31,38	29,8
Desvio Padrão	1,30	1,38	1,79	1,73	1,39
Coefficiente de Variação (%)	5%	5%	6%	6%	5%

Fonte: Autores (2024).

Todos os dias analisados apresentam uma concentração das maiores temperaturas no setor leste dos mapas, que corresponde às áreas construídas do bairro, e as menores temperatura no entorno do campus da UFAM. Nos cinco dias analisados, a distribuição de temperatura alterou pouco no bairro, sendo que nos dias 17/06 e 18/06 as áreas com maior temperatura diminuíram. Porém, não foi possível identificar um padrão comparativo para os dias da semana (Figura 5).

Figura 5: Pontos de Análise de temperatura do Bairro Coroadó.

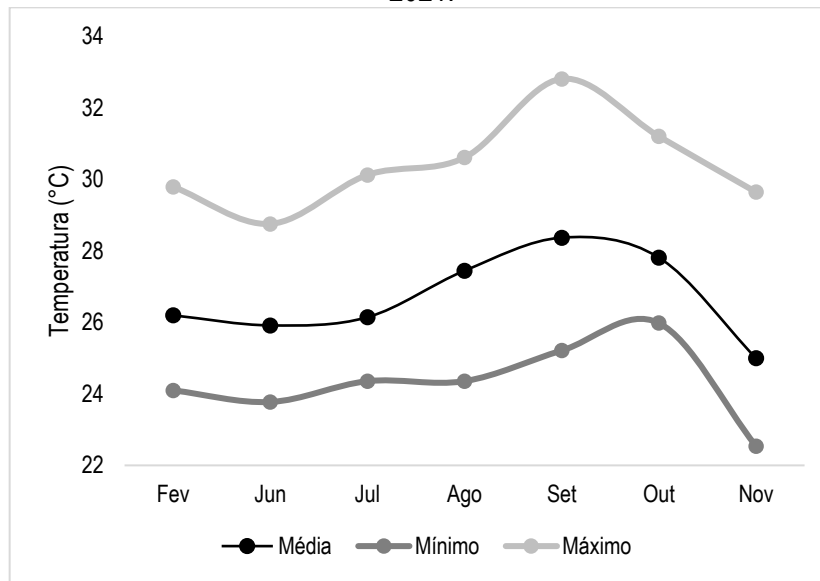


a- Dia 15/16. b- Dia 16/06. c- Dia 17/06. d- Dia 18/06. e- Dia 19/06. **Fonte:** Autores (2024).

Temperatura de superfície

A temperatura de superfície média anual do bairro do coroadado é de 26,7 °C, com mínimas de 24,3 °C e máximas de 30,4 °C. É possível inferir, apesar da pouca disponibilidade de imagens na época mais chuvosa do ano em Manaus (nov-maio), que a distribuição mensal da temperatura de superfície nesses primeiros meses é menor se comparado com agosto, setembro e outubro. Dessa forma, foi possível identificar um padrão mensal de temperatura de superfície no bairro do Coroadado (Figura 6).

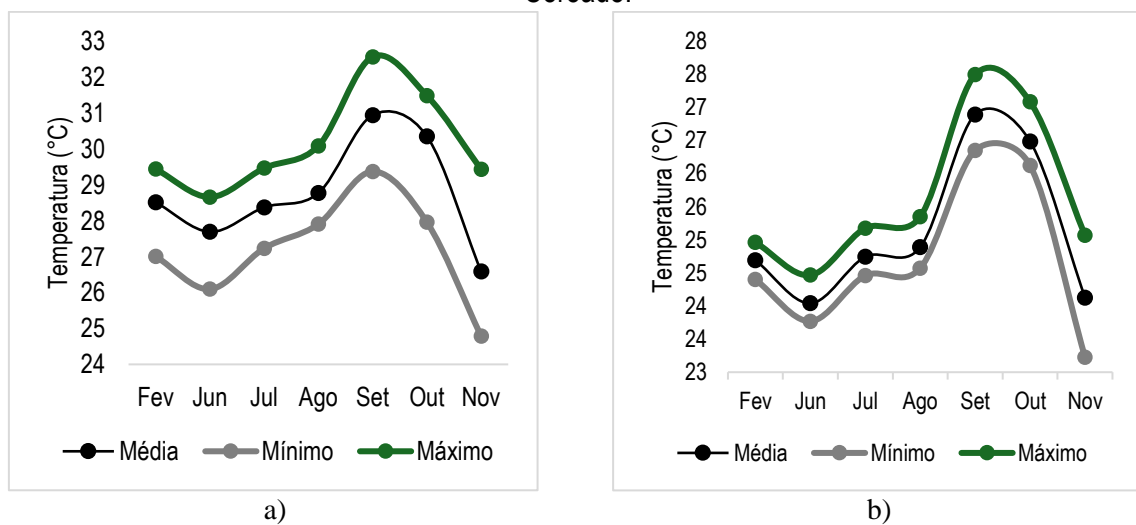
Figura 1: Distribuição da temperatura de superfície mensal do bairro do Coroadó no período de 2013-2021.



Fonte: Autores (2024).

Observa-se uma diferença entre as áreas de vegetação e construídas (Figuras 7). A temperatura média nas áreas construídas foi de 28,7°C com mínimas de 27,2°C e máximas de 30,2°C, com amplitude de 3°C. Enquanto nas áreas de vegetação a média foi de 25,1°C com mínimas de 24,7°C e máximas de 25,7°C, com amplitude de 1°C, dois graus menor que a amplitude das áreas construídas indicando uma maior homogeneidade da temperatura nessas áreas.

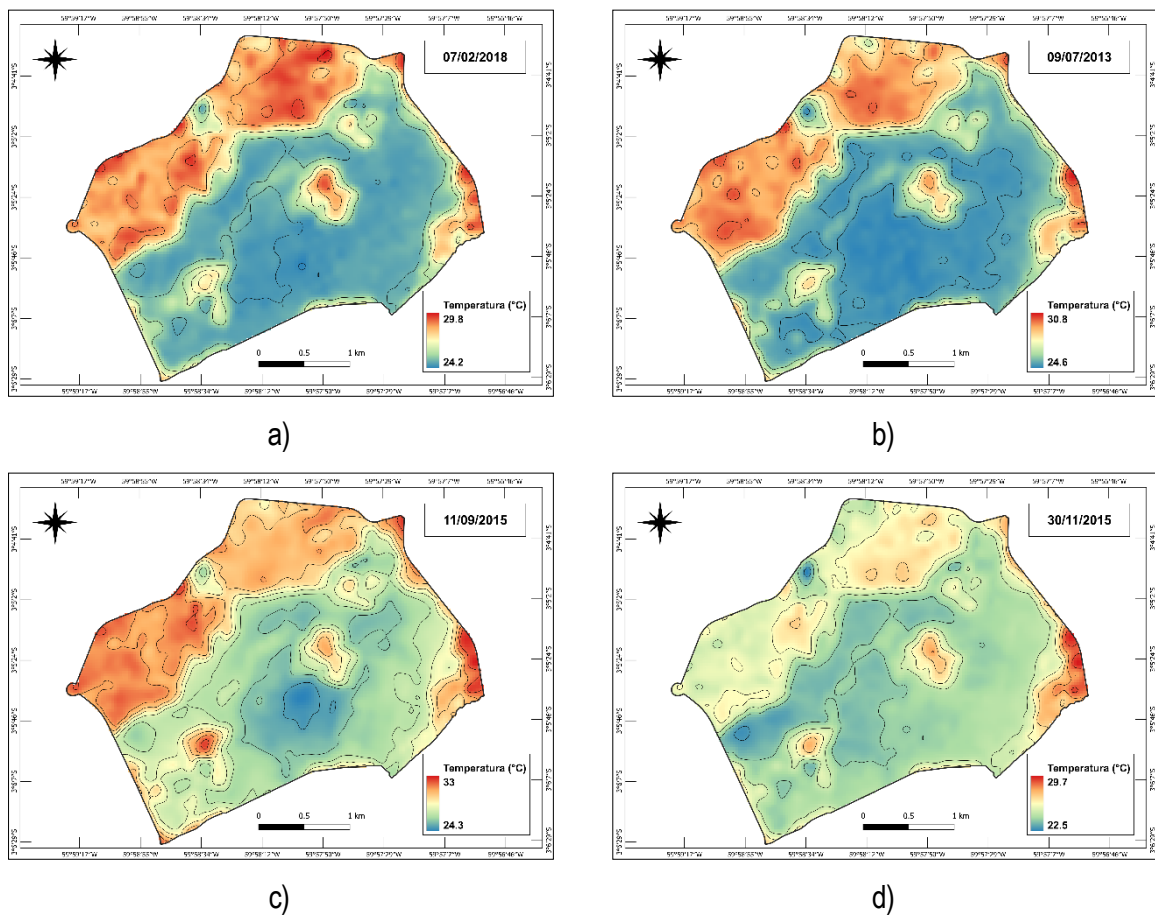
Figura 2: Temperatura médias de superfície das áreas construídas e de vegetação no bairro do Coroadó.



a – Temperatura das Áreas construídas. b – Temperatura das Áreas com Vegetação. Fonte: Autores (2024).

A distribuição da temperatura de superfície para o bairro do coroado indica que os setores leste e nordeste do bairro possuem uma temperatura maior. A amplitude no mês de setembro é de $8,6^{\circ}\text{C}$ com máximas que podem atingir 33°C . Além disso, as áreas do campus da UFAM estão bem delimitadas com temperaturas menores em todos os períodos do ano. Logo, observa-se uma variação de temperatura entre as áreas construídas e de vegetação (Figura 8).

Figura 3: Distribuição da Temperatura de Superfície em Diferentes Estações do Ano.



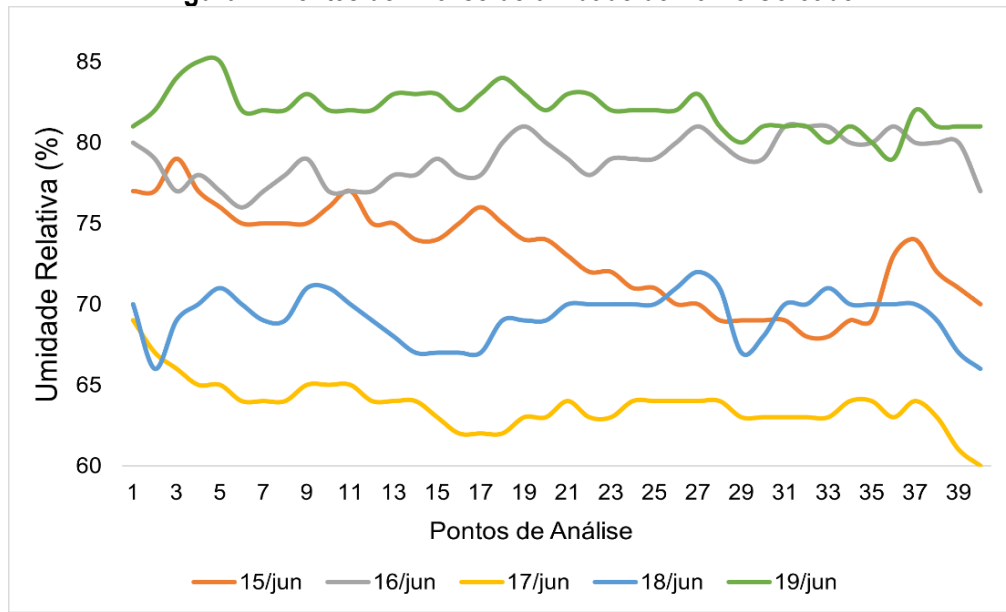
a – Dia 07/02/2018. b – Dia 09/07/2013. c – Dia 11/09/2015. d – Dia 30/11/2015. **Fonte:** Autores (2024).

Umidade relativa do ar

No que se refere à umidade relativa, observou-se uma variação mínima nos 40 pontos analisados em cada dia de coleta. Nos dias 15/06, 17/06, 18/06 e 19/06, a média dos primeiros 9 pontos de coleta, correspondentes ao trajeto vegetado da UFAM, apresentou uma umidade um tanto superior em comparação com os demais pontos localizados na área construída com grande circulação (Coroado), com uma média de -3%. Importante destacar que no dia 18/06, essa diferença foi ainda mais sutil, registrando uma variação mínima de -0,4% em relação aos dias 15/06, 17/06 e 19/06.

No entanto, no dia 16/06, uma mudança significativa ocorreu, destacada pela coleta nos 9 primeiros pontos (UFAM) em comparação ao trajeto do Coroado, registrando uma diferença percentual de umidade de 2%. Esse resultado sugere que a umidade na área vegetada foi menor do que na área de grande tráfego (Figura 9).

Figura 4: Pontos de Análise de umidade do Bairro Coroado.



Fonte: Autores (2024).

Com base na análise dos dados de umidade relativa ao longo de cinco dias, destaca-se uma ligeira tendência de aumento na média, sugerindo possíveis variações diárias nas condições climáticas. A média geral foi de 73,40%. O dia 17/06 (Sexta-Feira) registrou o valor mais baixo, atingindo 60%, enquanto o dia 19/06 (Domingo) apresentou o valor mais alto, atingindo 85%. Essa variação entre os extremos destaca a dinâmica da umidade relativa durante o período analisado, fornecendo uma compreensão inicial das condições climáticas nesses dias específicos.

Apesar dessa variação, os valores de média e mediana permaneceram próximos, sugerindo uma distribuição simétrica e uma estabilidade geral. Os valores mínimo e máximo revelaram variações moderadas, com o dia 17/06 destacando-se por apresentar tanto o mínimo mais baixo quanto o máximo mais alto. Os percentis indicaram uma dispersão moderada dos dados, enquanto o desvio padrão mais elevado no dia 17/06 apontou para uma maior variabilidade nesse dia específico. O coeficiente de variação manteve-se em torno de 5-6%, sugerindo uma variação percentual relativamente constante ao longo dos dias (Tabela 2).

Tabela 2: Variáveis estatísticas dos dados de umidade relativa.

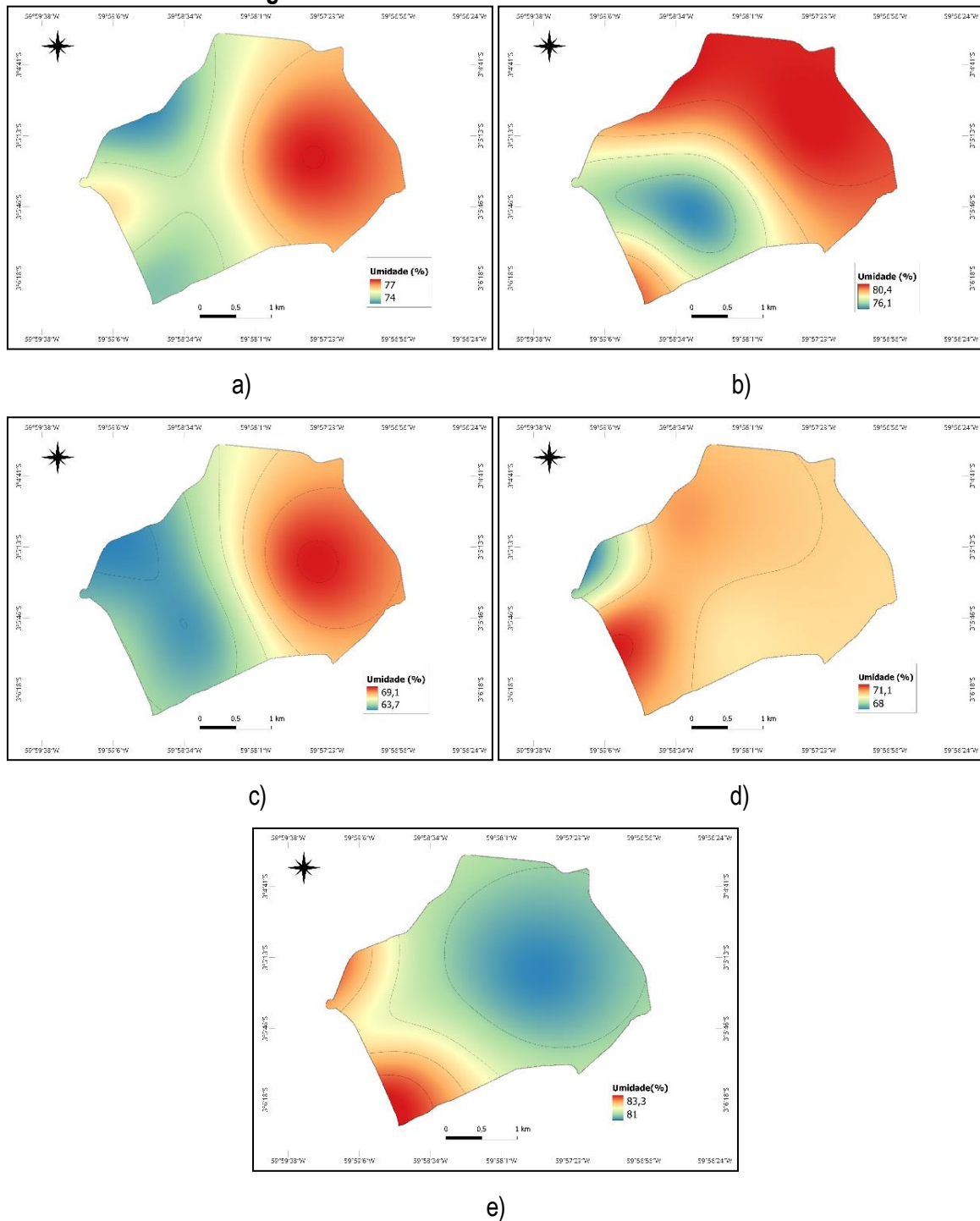
Variáveis (%)	15/06	16/06	17/06	18/06	19/06
Média	73,00	78,95	63,75	69,25	82,03
Mediana	74	79	64	70	82
Mínimo	68	76	60	66	79
Máximo	79	81	69	72	85
Amplitude	11	5	9	6	6
25th percentil	70,00	78,00	63,00	68,25	81
75th percentil	75	80	64	70	83
Desvio Padrão	2,97	1,40	1,50	1,50	1,27
Coefficiente de Variação (%)	4%	2%	2%	2%	2%

Fonte: Autores (2024).

Durante a análise da umidade relativa, observou-se uma estabilidade nos níveis de umidade ao longo dos cinco dias de coleta (Figura 10). A variação foi mínima nos 40 pontos analisados em cada dia, indicando condições relativamente consistentes. Nos dias 15/06, 17/06, 18/06 e 19/06, foram observadas diferenças na umidade entre áreas vegetadas e áreas construídas. Os primeiros 9 pontos de coleta, localizados no trajeto vegetado da UFAM, apresentaram uma umidade superior, em média, cerca de 3%, em comparação com os pontos na área construída mais densamente povoada (Coroadó).

Esta diferença foi especialmente evidente nestes dias, sugerindo que a vegetação exerceu influência na retenção de umidade e na criação de microclimas mais frescos. No entanto, no dia 18, essa diferença foi menos notada, registrando uma variação mínima de 0,4% em relação aos outros dias observados. Isso pode indicar que as condições meteorológicas específicas desse dia moderaram os efeitos da vegetação na distribuição da umidade relativa.

Figura 10: Umidade relativa no bairro do Coroado.



a- Dia 15/06. b- Dia 16/06. c- Dia 17/06. d- Dia 18/06. e- Dia 19/06. **Fonte:** Autores (2024).

Análise das ilhas de calor e frescor no bairro do coroado

Segundo Souza e Alvalá (2014) comparando os dados de temperatura e umidade relativa entre as áreas construídas e vegetadas na cidade de Manaus indicam claramente a presença de uma ilha de calor

urbana, sendo que a área urbana é mais quente e seca durante todo o ano. Na estação chuvosa a intensidade da ilha de calor é menor e na estação seca é menor.

Nos últimos anos na cidade de Manaus evidenciou-se um aumento na temperatura e uma diminuição da umidade do ar que está intimamente relacionado com o aumento e densidade das construções antrópicas (SILVA et al., 2021). As formas de construções no bairro do Coroado caracterizam-se, predominantemente, por casas de alvenaria com laje estrutural ou com cobertura de telha amianto/alumínio galvanizada, e com as ruas asfaltadas (impermeabilização do solo) e com número elevado de circulação de pessoas e veículos.

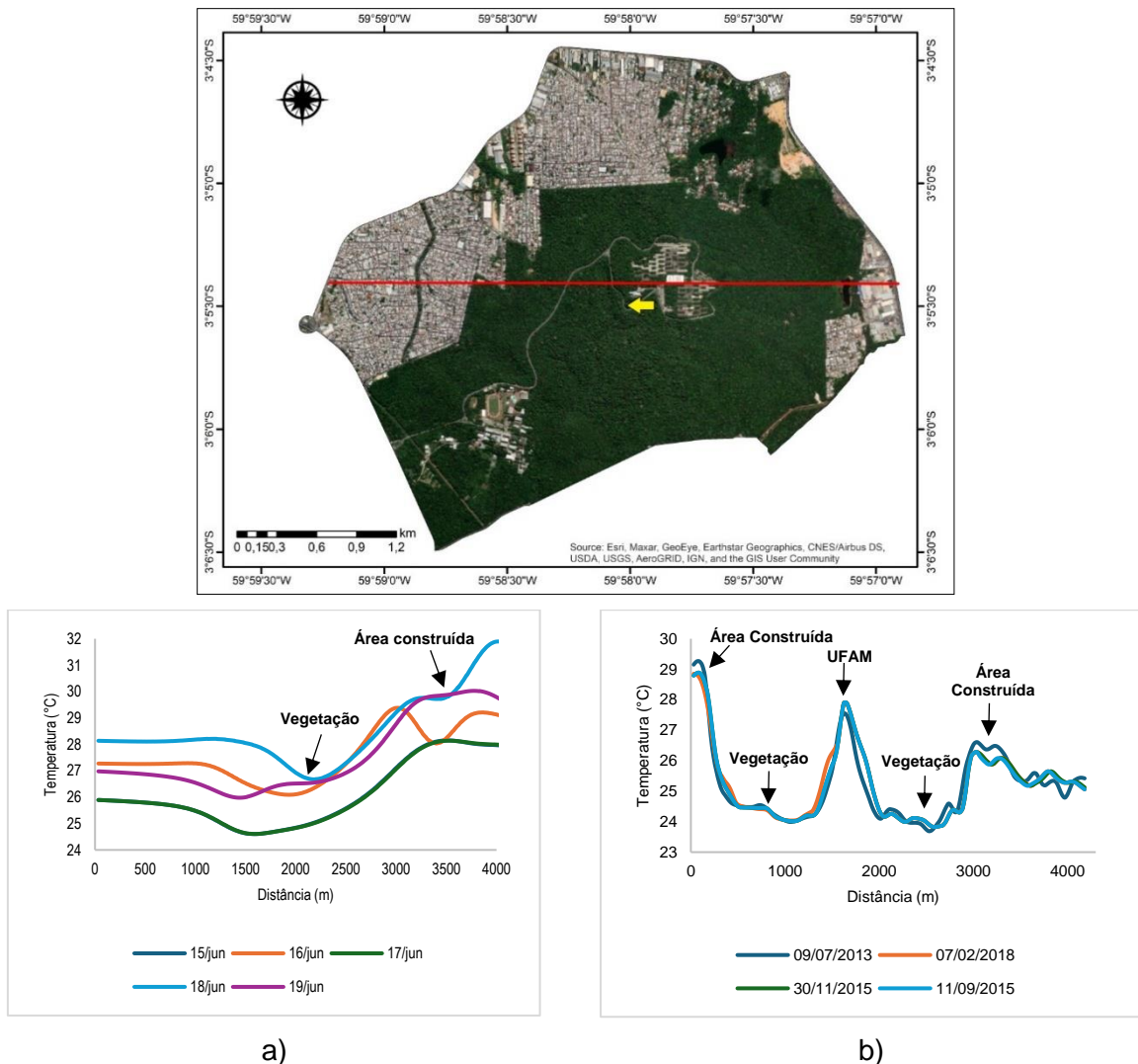
Assim, permite uma maior absorção da insolação, favorecendo a elevação das temperaturas, justificando temperaturas do ar acima de 29 °C e temperaturas de superfície acima de 30 °C, o que pode caracterizar a área como uma ilha de calor. Nota-se que o mês de junho é o segundo maior em insolação na região de Manaus, com aproximadamente 8 horas de insolação média mensal, o que pode ter influenciado nas temperaturas observadas em campo (SILVA et al., 2021).

A vegetação e a umidade proveniente dessas áreas são parâmetros importantes e influentes nos valores de emissividade de superfície, visto que a vegetação possui uma emissividade maior que as construções urbanas (BARBOSA, 2017). Logo, a vegetação do campus da UFAM possui uma função ecológica, em especial, na área de estudo, pois minimiza os efeitos da radiação e absorção solar ao seu entorno, assim, exercendo a função de ilha de frescor.

Segundo Cruz (2021) a vegetação presente nas áreas urbanas provoca interferência em praticamente todos os elementos climáticos, sendo que ao influenciar em um, acaba influenciando outros. Assim, a floresta do Campus da UFAM, em análise estatística de médias de temperatura em 53,3% dos casos em 2008, configura-se como uma ilha de frescor, isso se justifica pelas características físicas do local (SILVA, 2009; SILVA; AGUIAR, 2012). Os dados climatológicos dos dias de monitoramento, a floresta do campus da UFAM exibe temperaturas de ar média de 25,2 °C e temperatura de superfície média de 25,1 °C.

As áreas de vegetação no perfil longitudinal do bairro do Coroado indicam que a diferença de temperatura se comparando a ilha de calor com a ilha de frescor. Observa-se que tanto na temperatura do ar quanto na temperatura de superfície as áreas de vegetação são menores e a amplitude entre as mínimas e máximas corroboram para essa diferenciação. A temperatura de superfície no campus da UFAM é maior se comparado ao entorno devido aos materiais das construções, porém os dados da temperatura do ar parecem indicar que a influência dessas construções não é tão marcante (Figura 11).

Figura 11: Perfil Longitudinal de Temperatura de Superfície e do Ar no bairro do Coroado.



a – Temperatura do ar. b – Temperatura de Superfície. **Fonte:** Autores (2024).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi possível identificar no bairro do Coroado uma ilha de calor nas áreas com maior densidade de construções (maior temperatura) e uma ilha de frescor com menores temperaturas na área com vegetação do bairro. Os dados de temperatura do ar apresentam uma média de $28,7^{\circ}\text{C}$ nos cinco dias analisados, com uma amplitude que pode atingir $6,5^{\circ}\text{C}$. Os testes de hipótese indicam que a maior circulação de pessoas e veículos não alterou significativamente os dados de temperatura, isto fica claro quando a maior temperatura média obtida ocorreu no sábado.

A temperatura de superfície apresentou uma média de $26,7^{\circ}$ para o período de 2013-2021. Devido à grande incidência de nuvem na região amazônica, principalmente nos quatro primeiros meses do

ano, alguns meses não foram acrescentados na análise da temperatura de superfície. Portanto, recomenda-se que, quando houver uma maior série histórica de imagens disponíveis, se faça uma comparação com os dados apresentados neste trabalho. Da mesma forma, recomenda-se que os dados de temperatura do ar sejam obtidos em diferentes épocas do ano para acompanhar a variação mensal desses dados, visto que o foco deste trabalho foi a variação diária.

A coleta dos dados no período noturno se provou eficiente para identificar as ilhas de calor e frescor no bairro do Coroadó, Manaus. Portanto, recomenda-se que esta metodologia seja aplicada para outras zonas da cidade para obter um conjunto de dados de maior escala para analisar a ilha de calor da cidade de Manaus. Contudo, é importante destacar que a pesquisa apresentou limitações, pois os dados foram coletados em apenas uma estação climática (inverno), o que pode não representar a totalidade das variações climáticas do bairro ao longo de todo o ano, como também, concentrou-se em um único período (noturno), assim, limitando a compreensão do comportamento do microclima em outros horários.

REFERÊNCIAS

- ALEIXO, N. C. R.; SILVA NETO, J. C. A.; ALVES, C. DE S.; FIGUEIRA FILHO, A. Ilhas de calor em Cidade de Pequeno Porte na Amazônia Brasileira: Análise de Uarini-AM. **Revista Geoaraguaia**, v. 11(Especial), 166-186, 2021.
- ALEIXO, N.C.R.; SILVA NETO, J. C. A. Vegetation Index and Air Temperature Behavior in Tefé-Amazonas, Brazil. **REVISTA BRASILEIRA DE GEOGRAFIA FÍSICA**, v. 11, p. 864-876, 2018.
- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- AMORIM, M. C. C. T. Ilhas de calor urbanas: métodos e técnicas de análise, **Revista Brasileira de Climatologia**, Ano 15 – Edição Especial 2019.
- AMORIM, M. C. C. T. **Teoria e método para o estudo das ilhas de calor em cidades tropicais de pequeno e médio porte**. Tese (Tese de Livre-Docência) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente - São Paulo – Brasil, 2017.
- ARAÚJO, A.P.; ALEIXO, N.C.R. ; MENEZES, B.B.; SOUZA, C. G.; RIVERO, C.A.V. ; MONTEZANI, E. ; BRAIDO, L.M. H. ; AMORIM, M. C. T. . Ensaio metodológico sobre a utilização de transectos móveis no período diurno em Presidente Prudente/SP. **Formação (Presidente Prudente)**, v. 1, p. 77-95, 2010.
- ARNFIELD, A. J. Two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. **International Journal of Climatology**. 23 (1), 1-26, 2003.
- BAGLEY, J.E. Drought and Deforestation: Has Land Cover Change Influenced Recent Precipitation Extremes in the Amazon? **Journal of climate** 27, 345-361, 2014.
- BARBOSA, T. R. **Ocupações Irregulares e a (re) produção do espaço urbano da zona Leste de Manaus (AM): da ilegalidade do processo à legalidade da questão da moradia**. 217f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

BARBOSA, T. R. **Ocupações urbanas e a (re) produção das moradias populares em Manaus: estudos no bairro do Coroadó e loteamento Rio Piorini**. 2009. 136 f. Dissertação (Mestrado em Sociedade e Cultura na Amazônia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2009.

BUARQUE, D.C. CLARK, R. MENDES, C. Spatial correlation in precipitation trends in the Brazilian Amazon. **Journal of geophysical research-atmospheres**, v. 115, 2010.

CALDAS, S. R. **Impactos ambientais sobre a floresta da UFAM**. 2016. 174 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2016.

COELHO, A.L.N; CORREA, W.S.C. Temperatura de superfície celsius do sensor tirs/landsat-8: metodologia e aplicações. *Revista Geográfica Acadêmica. Boa Vista*: v. 7, n.1 p. 31-45, 2013.

COSTA, E. R. **O campo termo-higrométrico intra-urbano e a formação de ilhas de calor e de frescor urbanas em Santa Maria/RS**. 2009. 118f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

CRUZ, G. C. F. Clima urbano e vegetação: o papel de uma área de mata na formação de uma ilha fria. In: **Brazilian Journal of Development**, v.7, n.2, p. 12870-12888, 2021.

IBGE, **Censo Brasileiro de 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

IBGE. **Censo Brasileiro de 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023.

Lombardo, M. A. **Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo**. Hucitec, São Paulo. 244. Pp. 1985.

MITASOVA, H.; MITAS, L. Interpolation by regularized spline with tension: I, Theory and implementation. In: **Mathematical Geology**, v.25, p. 641-655, 1993.

MITASOVA, H.; MITAS, L. Interpolation by regularized spline with tension: I, Theory and implementation. In: **Mathematical Geology**, v.25, p. 641-655, 1993.

MITASOVA, H.; MITAS, L.; BROWN, B. M.; GERDES, D. P.; KOSINOVSKY, I. Modeling spatially and temporally distributed phenomena: New methods and tools for GRASS GIS. In: **International Journal of Geographical Information Systems** v. 9, p. 433-446 , 1995.

MITASOVA, H.; MITAS, L.; BROWN, B. M.; GERDES, D. P.; KOSINOVSKY, I. Modeling spatially and temporally distributed phenomena: New methods and tools for GRASS GIS. In: **International Journal of Geographical Information Systems** v. 9, p. 433-446 , 1995.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e Clima Urbano**. Série Teses e Monografias, n. 25. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1976.

NOBRE, C. Mudanças climáticas globais: possíveis impactos nos ecossistemas do país. **Revista Parcerias estratégicas**, v. 12, 239- 258, 2001.

OKE, T. R. **Boundary Layer Climates**. London: Methuen & Ltd. A. Halsted Press Book, John Wiley & Sons, New York, 1978.

OKE, TR. **Boundary Layer Climates**. Methuen: London, 1987, 435 pp.

PEZZUTO, C. C. **Avaliação do ambiente térmico nos espaços urbanos abertos. estudo de caso em Campinas, SP**. 2007. 197. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, 2007.

QUEIROZ, M.S.; ALVES, N.S. Conditioning Factors of "Terras Caídas" in Lower Solimões River – Brazil. **Caminhos de Geografia**, v. 22, pp. 220-233, 2021.

SANTOS, P. F. C.; NÓBREGA, R. S. Diagnóstico de intensidade das ilhas de calor em Recife/Pe. IV Encontro de Iniciação Científica **Anais**, Recife, 2015.

SEDECTI. **População Estimada por Bairro**, 2021.

SILVA, D. A. **A influência das áreas verdes no clima da cidade de Manaus**. 2009. 293f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal do Amazonas, Manaus: UFAM, 2009.

SILVA, D. A.; AGUIAR, F. E. O. Ilha de calor na cidade de Manaus: especulação ou realidade?. In: **Revista GEONORTE**, v.1, n.6, p.49 – 65, 2012.

SILVA, D.T.C.; ALMADA, N.B.; MATIAS, L.V.S.; MACAMBIRA, A.C.S.; COSTA, G.B.; SOUSA, J.T.R.; HEIDEMANN, M.A. Caracterização Climatológica da Cidade de Manaus/AM. **Biodiversidade Brasileira**, 11(4): 60-71, 2021.

SILVA, E. N. RIBEIRO, H. Alterações da temperatura em ambientes externos de favela e desconforto térmico. In: **Rev Saúde Pública**, n. 40 v. 4p . 663-670, 2006.

SOUZA, D.O.; ALVALÁ, R.C. Observational evidence of the urban heat island of Manaus City, Brazil. **Meteorol. Appl.**, vol. 21, n° 2, p. 186–193, 2014.

VIEIRA, A. F. S. G.; D'AVILA JUNIOR, J. C. M. Padrões pluviométricos da cidade de Manaus - Am: 1986 a 2015. **Boletim Paulista de Geografia**, v. 1, n. 102, p. 1–31, 2020.