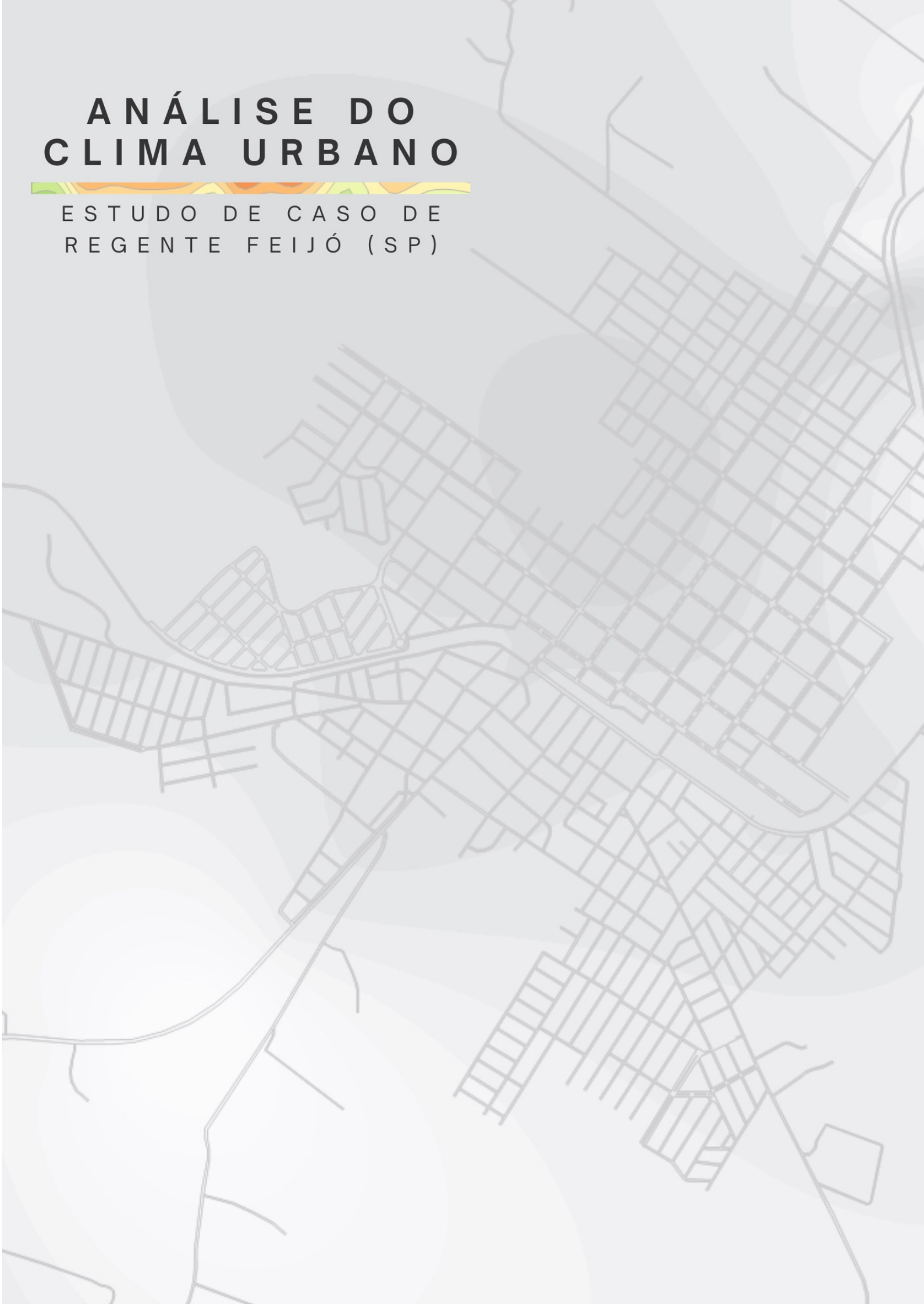


ANÁLISE DO CLIMA URBANO

ESTUDO DE CASO DE
REGENTE FEIJÓ (SP)





UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

ISADORA APARECIDA NOZAWA

ANÁLISE DO CLIMA URBANO: ESTUDO DE CASO DE REGENTE FEIJÓ (SP)

PRESIDENTE PRUDENTE/SP
2024

ISADORA APARECIDA NOZAWA

ANÁLISE DO CLIMA URBANO: ESTUDO DE CASO DE REGENTE FEIJÓ (SP)

Trabalho Final de Graduação apresentado à
Universidade Estadual Paulista “Júlio de
Mesquita Filho”, campus de Presidente
Prudente, como requisito para obtenção do
título de Engenheira Ambiental.

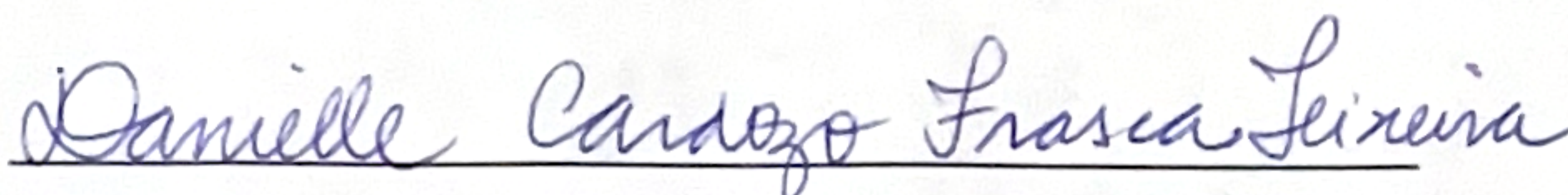
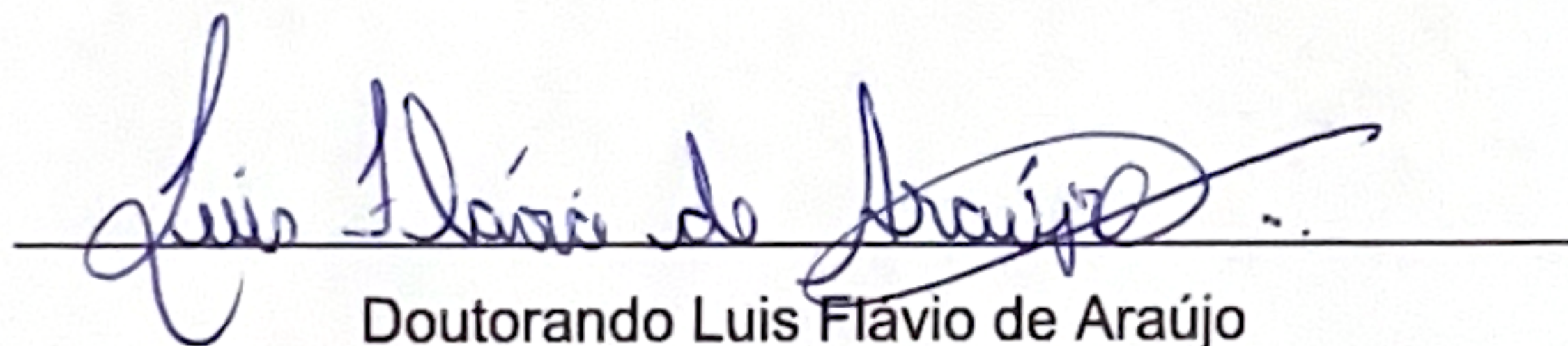
Orientador(a): Prof^a. Dr^a. Danielle Cardozo
Frasca Teixeira.

PRESIDENTE PRUDENTE/SP
2024

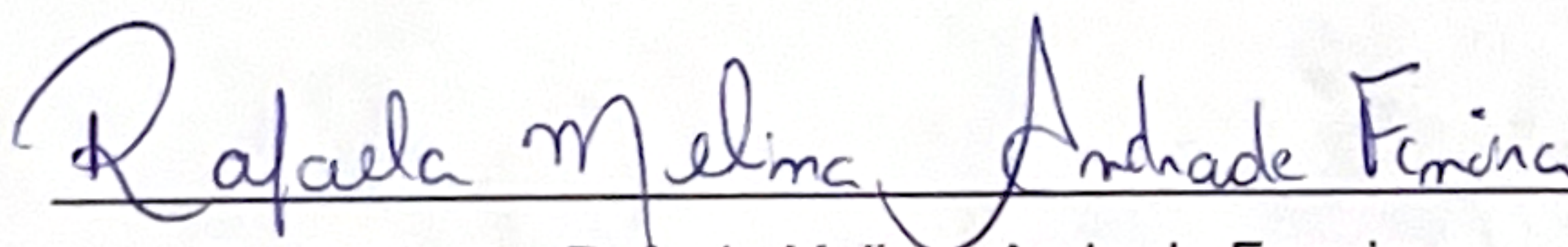
N961a	Nozawa, Isadora Aparecida Análise do Clima Urbano : Estudo de Caso de Regente Feijó (SP) / Isadora Aparecida Nozawa. -- Presidente Prudente, 2024 95 f. : il., tabs., fotos, mapas Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente Orientadora: Danielle Cardozo Frasca Teixeira 1. Ilhas de Calor Urbanas. 2. Campo Térmico. 3. Conforto Térmico. 4. Análise Rítmica. 5. Índice de Conforto Térmico. I. Título.
-------	--

TERMO DE APROVAÇÃO**Isadora Aparecida Nozawa****"Análise do Clima Urbano: Estudo de Caso de Regente Feijó (SP).".**

Trabalho de graduação aprovado como um dos requisitos parciais para a obtenção do título de Engenheiro(a) Ambiental da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – Faculdade de Ciências e Tecnologia, câmpus de Presidente Prudente – SP, pela seguinte banca examinadora:

Prof^a. Dr^a. Danielle Cardozo Frasca Teixeira (Orientadora)

Doutorando Luis Flávio de Araújo

Prof^a. Mestra Rafaela Melissa Andrade Ferreira

Presidente Prudente, 12 de dezembro de 2024.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para o meu percurso até aqui. Em especial, agradeço imensamente:

Aos meus pais, Miriam e Alexandre, e ao meu irmão, Gabriel, pelo amor incondicional e por sempre me apoiarem.

Aos meus tios, prima e avô, por todo o carinho e suporte.

À minha orientadora, Prof^a. Dr^a. Danielle Cardozo Frasca Teixeira, minha gratidão pelo suporte essencial ao longo de toda a trajetória. Sua constante disposição, paciência e atenção em cada momento em que precisei foram fundamentais. Além disso, todas as oportunidades que foram alcançadas com este trabalho são reflexo direto do seu inestimável apoio e orientação.

À Prof^a. Dr^a. Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim por emprestar os sensores utilizados na pesquisa e por todo conhecimento e sugestões dadas durante as reuniões do Grupo de Pesquisa “ClimaLab – Laboratório de Climatologia” ao qual este trabalho encontra-se vinculado.

Ao amigo que conquistei ao longo dessa jornada, Igor Vinícius Barbosa Duchini, minha gratidão, principalmente pelo apoio nas análises rítmicas.

À Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais (APAE) de Regente Feijó e aos familiares, Elisa e Fábio, por apoiarem esta pesquisa e terem permitido a instalação dos sensores em suas propriedades.

Aos amigos de longa data, por estarem sempre presentes e tornarem esse processo mais leve.

Aos amigos da graduação em Engenharia Ambiental, por sempre me passarem o conteúdo que perdi em razão das aulas e eventos exigidos pelo mestrado.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) por financiar essa pesquisa, à qual encontra-se vinculada pelo Processo nº 2023/13375-4.

Todos foram e são especiais para mim, e este trabalho não seria possível sem o carinho e apoio de vocês!

“Try. Fail. But don’t fail to try”.
Stephen Kaggwa.

RESUMO

O clima urbano é um produto direto da dinâmica atmosférica e dos diferentes elementos que compõem a superfície terrestre, sendo o fenômeno das ilhas de calor urbanas (ICUs), um dos efeitos gerados por essas interações que conformam o clima. E, apesar desses eventos serem mais perceptíveis em grandes aglomerações urbanas, cidades médias e pequenas também são afetadas. Nesta perspectiva, o objetivo principal do trabalho foi analisar o campo térmico do município de Regente Feijó (SP) e suas interações com os aspectos urbanos, ambientais e sistemas atmosféricos atuantes, como forma de compreender, parcialmente, o clima urbano. Para isso, o estudo foi desenvolvido em quatro etapas metodológicas principais: (01) revisão da Literatura; (02) caracterização urbana do município e das suas condicionantes ambientais a partir da elaboração de produtos cartográficos de formação do município, uso e cobertura do terra, densidade das edificações, índice NDVI, hipsometria, declividade, relevo sombreado e orientação das vertentes; (03) análise do clima urbano através da realização de três transectos móveis e monitoramento da temperatura e umidade relativa do ar durante 41 dias (23 de abril a 02 de junho de 2024) por meio da instalação de quatro pontos fixos (03 no meio urbano e 01 no meio rural); e (04) análise comparativa entre as parcelas amostrais que consistiu na realização de identificação das ICUs e classificação das suas magnitudes, elaboração do índice de conforto térmico (ICT) dos pontos fixos de monitoramento e análise rítmica do período analisado. Os resultados destacaram que a maior parte da malha urbana apresenta alta densidade construtiva e baixos índices de NDVI, além de estar concentrada em áreas planas ou suavemente ondulada. Alinhado à essas características, a atuação da massa Tropical Continental no maior período do monitoramento, são fatores que contribuíram para a identificação de uma intensidade de ICU máxima de $7,2^{\circ}\text{C}$, classificada como de “muito forte” magnitude. Em complementação, os ICT encontrados nos pontos urbanos apresentaram vários episódios classificados no “limite superior da zona de conforto”, “leve desconforto ao calor” e “limite inferior da zona de conforto” foram observados. Todos esses resultados são essenciais para a compreensão da dinâmica climática da área estudada, e os dados gerados podem ser utilizados no planejamento urbano do município, especialmente no tange ao enfrentamento de eventos climáticos extremos.

Palavras-chave: Ilhas de Calor Urbanas. Campo Térmico. Conforto Térmico. Análise Rítmica. Índice de Conforto Térmico.

ABSTRACT

The urban climate is a direct product of atmospheric dynamics and the various elements that make up the Earth's surface, with the phenomenon of urban heat islands (UHI) being one of the effects generated by these interactions that shape the climate. Although these events are more noticeable in large urban agglomerations, medium and small cities are also affected. In this context, the main objective of the study was to analyze the thermal field of the municipality of Regente Feijó (SP) and its interactions with urban, environmental, and atmospheric system aspects, as a way to partially understand urban climate. To achieve this, the study was developed in four main methodological stages: (01) Literature review; (02) urban characterization of the municipality and its environmental conditioning factors through the creation of cartographic products, such as the municipality's formation, land use and cover, building density, NDVI index, hypsometry, slope, shaded relief, and orientation of slopes; (03) Urban climate analysis through three mobile transects and monitoring of air temperature and relative humidity over 41 days (from April 23 to June 2, 2024) using four fixed monitoring points (three in urban areas and one in rural areas); and (04) comparative analysis of the sample plots, which consisted of identifying UHIs and classifying their magnitudes, developing a thermal comfort index (TCI) for the fixed monitoring points, and conducting a rhythmic analysis of the study period. The results highlighted that most of the urban fabric has high construction density and low NDVI indices, and is concentrated in flat or gently undulating areas. In line with these characteristics, the influence of the Tropical Continental air mass during most of the monitoring period were factors that contributed to the identification of a maximum UHI intensity of 7.2°C, classified as having a "very strong" magnitude. Furthermore, the TCIs observed in urban monitoring points revealed several episodes classified within the "upper limit of the comfort zone," "slight heat discomfort," and "lower limit of the comfort zone". All these results are essential for understanding the climatic dynamics of the studied area, and the data generated can be used in the urban planning of the municipality, especially in addressing extreme climate events.

Keywords: Urban Heat Islands. Thermal Field. Thermal Comfort. Rhythmic Analysis. Thermal Comfort Index.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Estrutura geral do trabalho de graduação	17
Figura 02 – Distribuição das temperaturas mínimas do ar (°F)	24
Figura 03 – Dinâmicas que contribuem na formação das ICUs	28
Figura 04 – Índice esquemático do bioclima com destaque para a zona de conforto ...	31
Figura 05 – Localização da cidade de Paranavaí	32
Figura 06 – Rotas dos transectos móveis	33
Figura 07 – Temperaturas registradas em janeiro e julho de 2014 relacionadas ao relevo da superfície.....	34
Figura 08 – Modelo ICU no verão	35
Figura 09 – Modelo ICU no inverno	35
Figura 10 – Localização dos Pontos Fixos.....	36
Figura 11 – Localização da área de estudo	38
Figura 12 – Comparação de imagens em 2000 e 2021 da área urbana de Yangling	38
Figura 13 – Distribuição das ICUs	39
Figura 14 – Distribuição das construções	39
Figura 15 – Mapa de classificação das ZCLs.....	40
Figura 16 – Etapas metodológicas	41
Figura 17 – Mapa de Localização da Área de Estudo	43
Figura 18 – Exemplo da classificação das manchas que classificam a densidade de edificações.....	45
Figura 19 – Registrador.	47
Figura 20 – Escudo <i>Ambient weather</i>	47
Figura 21 – Termômetro digital usado no transecto.	48
Figura 22 – Proteção do sensor.....	48
Figura 23 – Localização dos pontos fixos e percurso do transecto móvel.....	49
Figura 24 – Mapa de evolução da malha urbana	55

Figura 25 – Mapa de Uso e Cobertura da Terra	57
Figura 26 – Mapa da Espacialização da Densidade de Edificações.....	58
Figura 27 – Mapa de Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (NDVI).....	60
Figura 28 – Destaque D com culturas desenvolvidas.	61
Figura 29 – Destaque D sem culturas ou culturas não desenvolvidas.	61
Figura 30 – Mapa Hipsométrico.	62
Figura 31 – Mapa de Declividade.	63
Figura 32 – Mapa do Relevo Sombreado	65
Figura 33 – Mapa de Orientação das Vertentes.....	66
Figura 34 - Modelagem da intensidade das Ilhas de Calor Urbanas (ICUs) e gráficos da análise rítmica	72
Figura 35 – Transecto móvel 01 (01/05/2024).....	78
Figura 36 – Transecto móvel 02 (07/05/2024).....	79
Figura 37 – Transecto móvel 03 (31/05/2024).....	80
Figura 38 – Localização dos pontos fixos	81
Figura 39 – Índice de Conforto Térmico nos Pontos Fixos.....	82

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Categorias taxonômicas da organização geográfica do clima e suas articulações com o “Clima Urbano”	22
Quadro 02 – Sistema Clima Urbano: articulações dos subsistemas segundo os canais de percepção	23
Quadro 03 – Resumo das classificações das ICUs	26
Quadro 04 – Potenciais causas de ICU (<i>urban canopy layer</i>)	27
Quadro 05 – Dados levantados para análise rítmica	52
Quadro 06 – Descrição do Ponto 01	68
Quadro 07 – Descrição do Ponto 02	69
Quadro 08 – Descrição do Ponto 03	70
Quadro 09 – Descrição do Ponto 04	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Classes do NDVI.....	45
Tabela 02 – Reclassificação do NDVI.....	46
Tabela 03 – Classes de declividade	46
Tabela 04 – Faixas de conforto térmico	51

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

Ec – Massa equatorial Continental.

FE – Frente Estacionária.

FPA – Frente Polar Atlântica.

FQ – Frente Quente.

FR – Frente Reflexa.

ICT - Índice de Conforto Térmico.

ICUs – Ilhas de Calor Urbanas.

IT – Instabilidade Tropical.

NDVI - Índice de Vegetação da Diferença Normalizada.

Pa – Massa Polar Atlântica.

Pt – MPA Tropicalizada.

Rep – Repercussões FPA.

S.C.U. – Sistema Clima Urbano.

Ta – Massa Tropical Atlântica.

Tac – MTA Continentalizada.

Tc – Massa Tropical Continental.

ZCAS – Zona de Conversão do Atlântico Sul.

ZCLs – Zonas Climáticas Locais.

ZCOU – Zona de Convergência de Umidade.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 Justificativa e Relevância do Tema	18
1.2.1 Objetivo Geral	19
1.2.2 Objetivos Específicos	19
2 REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1 As Ilhas de Calor Urbanas (ICU): Formação e Tipologias	24
2.2 Conforto Térmico	28
2.3 Estudos de Casos	32
3 MATERIAIS E MÉTODOS	41
3.1 Área de Estudo	42
3.1.1 Formação histórica do município	42
3.2 Caracterização Urbana e Aspectos Geoambientais	44
3.3 Caracterização do Clima Urbano do Município.....	46
3.4 Análise Comparativa entre as Parcelas Amostrais	50
4 OS ASPECTOS URBANOS E GEOAMBIENTAIS DE REGENTE FEIJÓ	53
5 AS CARACTERÍSTICAS ESPACIAIS, TEMPORAIS E DE PERCEPÇÃO DO CAMPO TÉRMICO DE REGENTE FEIJÓ	67
5.1 Análise dos Pontos Fixos.....	67
5.2 Análise dos Transectos Móveis	73
5.3 Índice de Conforto Térmico (ICT).....	81
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	83
REFERÊNCIAS	88

1 INTRODUÇÃO

O clima urbano é um reflexo direto da intervenção humana no meio ambiente, gerando condições variáveis de conforto e desconforto térmico, poluição do ar e chuvas intensas. Essas alterações são causadas pelas atividades humanas, que modificam o balanço de energia por meio de mudanças nas características das superfícies urbanas (Amorim, 2020b).

Dessa forma, o clima local é diretamente influenciado pelos materiais que compõem sua superfície. Romero (2015) explica que os materiais urbanos, por sua maior capacidade térmica em comparação aos das áreas rurais do entorno próximo, apresentam melhor condutividade térmica. Assim, as superfícies das edificações funcionam como refletoras e irradiadoras, contribuindo para o aumento dos efeitos da radiação incidente. Além dessas características construtivas, fatores climáticos, como temperatura e umidade relativa do ar; direção e velocidade do vento; e a quantidade de vegetação, também influenciam diretamente nas características do clima local (Mangal *et al.*, 2024).

Nesse cenário, uma das consequências mais evidentes da urbanização é a formação das ilhas de calor urbanas (ICUs), fenômeno em que as cidades apresentam temperaturas mais altas do que seu entorno e entre as áreas rurais adjacentes (Amorim, 2020b). Esse efeito interage de forma sinérgica com ondas de calor (altas temperaturas do ar) e secas prolongadas (baixa umidade relativa do ar), cada vez mais frequentes devido aos eventos climáticos extremos (Shen *et al.*, 2024).

A exposição a esses fatores impacta diretamente a saúde humana, provocando desde desconforto até o risco de morte (Monteiro *et al.*, 2021). Isso se deve à interação do ser humano com o clima, que ocorre por meio da percepção do conforto térmico, da qualidade do ar e das manifestações meteorológicas que se articulam em diversas escalas (Ortiz-Porangaba *et al.*, 2021).

Diante das problemáticas decorrentes das ilhas de calor e dos diversos fatores que envolvem a sua formação, estudos sobre a temática tem aumentado e evoluído em tratamento de dados e técnicas (Liu; Wang, 2023). Contudo, apesar dos problemas relacionados ao clima urbano serem mais perceptíveis em grandes aglomerações urbanas, cidades médias e pequenas também são afetadas (Amorim, 2020a). Conforme

explica Teixeira (2019), o estudo de cidades médias e pequenas é importante, pois, mesmo apresentando dimensões reduzidas, essas cidades podem promover alterações na atmosfera próximas à superfície capazes de gerar um clima próprio e específico.

Apensas como critério elucidativo, este trabalho está organizado em seis capítulos (Figura 01), conforme a descrição a seguir.

O primeiro capítulo contextualiza o objeto de estudo, destacando suas características, justificando a sua importância e delimitando os objetivos geral e específicos.

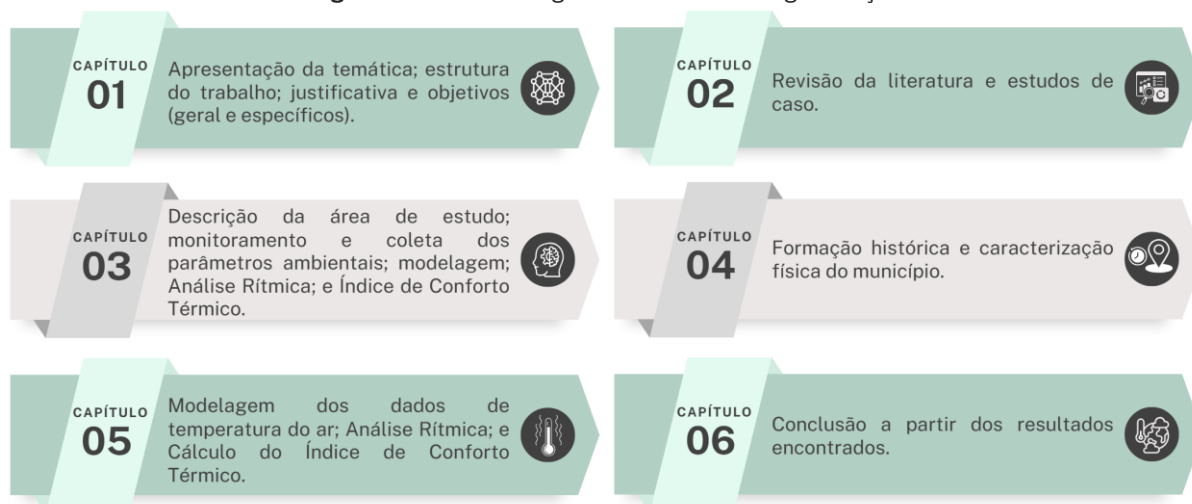
O segundo capítulo aborda os temas “clima urbano” e “ilhas de calor urbanas”, apresentando definições e os fatores que influenciam as suas formações e as diferentes tipologias apresentadas por esses fenômenos. Além disso, são analisados estudos de caso para proporcionar uma compreensão mais detalhada do funcionamento desses eventos.

O terceiro capítulo detalha os materiais e metodologias empregadas no estudo e apresenta a área de estudo e os parâmetros ambientais levantados.

O quarto capítulo apresenta como se deu a formação do município e caracteriza seus aspectos físicos. Já no quinto capítulo estão expostos os resultados obtidos pelos monitoramentos e medições realizadas, acompanhado de discussões e análises sobre os dados levantados.

Por fim, o sexto capítulo sintetiza as informações e dados adquiridos durante a pesquisa e apresenta as conclusões alcançadas pelo estudo.

Figura 01 – Estrutura geral do trabalho de graduação



Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

1.1 Justificativa e Relevância do Tema

De acordo com dados das Nações Unidas Brasil (2019), a população mundial já alcança 7,7 bilhões de pessoas. Até 2050, esse total deverá crescer em 2 bilhões, atingindo 9,7 bilhões. Em 2100, projeta-se que a população atinja seu pico, com aproximadamente 11 bilhões de indivíduos.

No Brasil, de acordo com o último censo populacional realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2023) em 2022, a população no país chegou a 203,1 milhões, um aumento de 6,5% frente ao último censo demográfico realizado em 2010. Desse total populacional nacional, cerca de 61%, isso é 124,1 milhões de pessoas, se encontravam abrigadas em concentrações urbanas (Our Word in Data, 2024).

Frente a esta perspectiva, a urbanização tem impactado diretamente o meio natural, especialmente quando ocorre de forma acelerada e sem planejamento adequado, ou mesmo quando planejada, mas desconsiderando as potencialidades e limitações do ambiente. Além do mais, a partir do aumento populacional, as demandas também progredirão, levando ao aumento de uma série de outros eventos, aos quais destacam-se: a exploração de recursos naturais; a produção de produtos, alimentos e energia; a geração de resíduos; e a construção de edificações (Mello; Sathler, 2020).

Todos esses fatores irão acarretar o aumento da demanda de terra e, como resultado dessa combinação, os impactos ambientais dessas mudanças do solo serão mais intensos e acelerados, e impulsionarão nos efeitos da mudança climática (Souto; Cohen, 2021).

Segundo o relatório “*State of the Global Climate*”¹ da *World Meteorological Organization* (2023), o ano de 2023 registrou as temperaturas globais mais altas já documentadas, com uma média global $1,45 \pm 0,12^{\circ}\text{C}$ acima da média do período pré-industrial (1850-1900). Esse valor se aproxima do limite inferior de $1,5^{\circ}\text{C}$ definido pelo Acordo de Paris para mitigar as mudanças climáticas (IPCC, 2021).

No Brasil, conforme dados do Instituto Nacional de Meteorologia (2024), nove dos doze meses de 2023 tiveram temperaturas mensais superiores à média histórica

¹ Estado do Clima Global (tradução nossa).

(1991-2020). Destaca-se o mês de setembro, que apresentou um desvio recorde desde 1961, com temperaturas 1,6°C acima da média.

Esses dados reforçam a necessidade de reflexão não apenas sobre o consumo de recursos, mas também sobre o papel das cidades, cujas características antrópicas interferem nas trocas de calor e intensificam fenômenos como as ilhas de calor (Amorim; Sant'anna Neto; Monteiro, 2013).

Diante os fatos expostos, este estudo se justifica por investigar parâmetros ambientais que poderão subsidiar políticas de ordenamento territorial adequadas às condições climáticas locais. Espera-se que os resultados contribuam para a formulação de diretrizes voltadas ao planejamento urbano sustentável do município, alinhando-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas, como os objetivos 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis) e 13 (Ação Contra a Mudança Global do Clima).

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar o campo térmico do município de Regente Feijó (SP) e suas interações com os aspectos urbanos, ambientais e sistemas atmosféricos atuantes, como forma de compreender, parcialmente, o clima urbano.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Compreender a organização espacial apresentada pelo município e que contribuem para a alteração da qualidade ambiental.
- Analisar a distribuição tempo-espacial das ilhas de calor da área de estudo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O clima resulta do funcionamento de um sistema dinâmico e aberto, que atua a partir da energia solar e é composto por cinco elementos inter-relacionados e interdependentes. São eles: a atmosfera, responsável pela regulação dos gases ao redor do planeta; os oceanos, que desempenham papel crucial na distribuição de calor e umidade; a criosfera, representada pelas áreas cobertas por gelo; a superfície terrestre, que envolve o solo e as formações geológicas; e a biosfera, que compreende todos os organismos vivos (Fernández García, 1996).

Nesse cenário, o clima desempenha um papel essencial na configuração do meio natural, tanto por definir suas características essenciais quanto por atuar como força organizadora. Dessa forma, ele condiciona a vegetação, influencia os processos de transformação da paisagem e regula a distribuição dos organismos vivos, incluindo os seres humanos, cuja sobrevivência e atividades estão profundamente conectadas às condições climáticas predominantes (Fernández García, 1996).

Em relação ao clima urbano, o mesmo é moldado pelas transformações intensas que as atividades humanas impõem ao ambiente natural das cidades. Assim, a urbanização modifica o solo e a cobertura vegetal, substituindo-os por superfícies que retêm mais calor, enquanto a emissão de poluentes altera a composição do ar. Todas essas mudanças alteram profundamente características como a ventilação, a umidade relativa do ar e o regime de precipitações, além de aumentar significativamente o calor acumulado na atmosfera, fenômeno conhecido como ilha de calor urbana (ICU) (Monteiro, 1975).

Como resultado, a interação de todos os fatores citados acima desempenha um papel central na formação de um microclima urbano específico. Esse processo resulta em uma complexa rede de impactos no ambiente local, que modifica as condições climáticas de maneira significativa. Com isso, as mudanças refletem tanto a distribuição espacial das atividades humanas quanto as características físicas das superfícies urbanas, evidenciando a profunda influência do ambiente construído na dinâmica climática da cidade (Swamy *et al.*, 2024).

Landsberg (1956, p. 584-606 *apud* Monteiro, 1975, p.60) apresenta uma análise meteorológica do clima urbano de forma sintetizada.

- a) o clima urbano é uma modificação substancial de um clima local, não sendo possível ainda decidir sobre o ponto de concentração populacional ou densidade de edificações em que essa notável mudança principia;
- b) admite-se que o desenvolvimento urbano tende a acentuar ou eliminar as diferenças causadas pela posição ou sítio;
- c) da comparação entre a cidade e o campo circundante, emergiram os seguintes fatos fundamentais:
 - 1) a cidade modifica o clima através de alterações em superfície;
 - 2) a cidade produz um aumento de calor, complementada por modificações na ventilação, na umidade e até nas precipitações, que tendem a ser mais acentuadas;
 - 3) a maior influência manifesta-se através da alteração na própria composição da atmosfera, atingindo condições adversas na maioria dos casos. A poluição atmosférica representa, no presente, o problema básico da climatologia das modernas cidades industrializadas.

Com o objetivo de compreender essa organização climática específica na cidade, o Sistema Clima Urbano (S.C.U) é proposto por Monteiro (1975). Nesse sistema, o autor explica que a atmosfera atua como o operador principal, regulando os processos climáticos que influenciam o ambiente urbano. Já os operandos incluem todos os elementos presentes no espaço urbano, como: edificações, vegetação, infraestrutura e os seres vivos. Todos esses elementos interagem dinamicamente com a atmosfera, moldando e sendo moldados por ela em um processo complexo e dinâmico.

Em complementação, o sítio geoecológico que sustenta a cidade é definido por unidades morfológicas distintas, cuja análise deve abranger não apenas suas formas primitivas ou naturais, mas também as transformações decorrentes de intervenções humanas, como acréscimos e supressões ao ambiente original. A estrutura urbana, entendida como a integração entre a morfologia e as funções urbanas, não pode ser vista como uma simples sobreposição ao sítio natural, mas como uma adaptação dinâmica. Um exemplo claro é a ocupação de várzeas com edificações altas, uma modificação topográfica significativa no contexto urbano real. Esse processo evidencia o dinamismo urbano, onde múltiplas funções moldam a morfologia de forma integrada e contínua (Monteiro, 1990).

Em termos de magnitude, o clima urbano apresenta variações dentro da cidade. Tanto na climatologia quanto na geomorfologia, as unidades espaciais de estudos abrangem uma ampla diversidade de designações e escalas de observação e representação, o que pode dificultar a análise e até inibir a compreensão desses fenômenos (Monteiro, 1975). O Quadro 01 apresenta a taxonomia proposta pelo autor com base na geomorfologia.

Quadro 01 – Categorias taxonômicas da organização geográfica do clima e suas articulações com o “Clima Urbano”

Ordens de grandeza (Cailleux & Tricart)	Unidade de superfície	Escala cartográfica de tratamento	Espaços climáticos	Espaços urbanos	Estratégias de abordagem		
					Meios de observação	Fatores de organização	Técnicas de análise
II	10 ⁶ milhões de km	1 : 45.000.000 1 : 10.000.000	Zonal	-	Satélites nefanálises	Latitude Centros de ação atmosférica	Caracterização geral comparativa
III	10 ⁴ milhões de km	1 : 5.000.000 1 : 2.000.000	Regional	-	Cartas sinóticas Sondagens aerológicas Rede meteorológica de superfície	Sistemas meteorológicos (circulação secundária)	Redes transectos
IV	10 ² centenas de km	1 : 1.000.000 1 : 500.000	Sub-regional	Megalópole Grande área metropolitana	Posto meteorológico Rede complementar	Fatores geográficos regionais	Mapeamento sistemático
V	10 dezenas de km	1 : 250.000 1 : 100.000	Local	Área metropolitana Metrópole	Registros móveis (episódios)	Integração geoecológica Ação antrópica	Análise espacial
VI	10 ⁻² centena de km	1 : 50.000 1 : 25.000	Mesoclima	Cidade grande Bairro ou Subúrbio de metrópole	(Detalhe)	Urbanismo	Especiais
-	Dezenas de metros	1 : 10.000 1 : 5.000	Topoclima	Pequena cidade Fáceis de bairro/subúrbio de cidade	Bateriais de instrumentos especiais	Arquitetura	
-	Metros	1 : 2.000	Microclima	Grande edificação Edificação Habitação Setor de habitação		Habitação	

Fonte: Monteiro (1975, p. 137).

Dada a complexidade de sua organização, o clima urbano exige uma abordagem sistêmica, caracterizada por múltiplos níveis de hierarquia funcional e diferentes graus de resolução. O Quadro 02 ilustra o S.C.U. articulado de acordo com os canais de percepção humana (Termodinâmico, Físico-Químico e o Hidrometeorológico), conforme proposto por Monteiro (1975).

Nessa perspectiva, Monteiro (1975) destaca que as componentes termodinâmicas do clima fornecem a base essencial para a compreensão do conforto térmico urbano, além de constituírem o nível fundamental de resolução climática, no qual todas as outras componentes se interconectam e convergem. Além disso, a componente térmica está diretamente associada às componentes barométrica, de ventilação, condensação e precipitação, que são restritas ao núcleo do S.C.U.

A qualidade do ar é influenciada por fontes localizadas, que difundem poluentes pela área urbana e, eventualmente, os exportam para o ambiente circundante. Nas concentrações urbanas, fatores como a circulação de veículos a combustão, a atividade industrial e outras formas de produção são os principais responsáveis pela contaminação atmosférica (Monteiro, 1975).

Por outro lado, o impacto meteórico abrange manifestações intensas e variadas, como tempestades, granizos, tornados, furacões, fortes nevadas e aguaceiros. Esses eventos representam desvios extremos do ritmo climático habitual, caracterizando-se como disritmias que refletem variações abruptas e violentas. Sua ocorrência, além de apresentar uma tipologia diversificada, é marcada por irregularidades de frequência, sendo, em algumas regiões, fenômenos raros ou até excepcionais, à depender dos mecanismos de circulação regional nos quais se inserem (Monteiro, 1975).

Quadro 02 – Sistema Clima Urbano: articulações dos subsistemas segundo os canais de percepção

Subsistemas canais	I. Termodinâmico	II. Físico – Químico	III. Hidrometeórico
Caracterização	Conforto Térmico	Qualidade do Ar	Impacto Meteórico
Fonte	Atmosfera Radiação Circulação Horizontal	Atividade urbana Veículos automotores Indústrias Obras - Limpeza	Atmosfera Estados especiais (Desvios Rítmicos)
Trânsito no Sistema	Intercâmbio de Operador e Operando	De operando ao operador	Do operador ao operando
Mecanismo de Ação	Transformação no Sistema	Difusão através do sistema	Concentração no sistema
Projeção	Interação Núcleo Ambiente	Do núcleo ao ambiente	Do ambiente ao núcleo
Desenvolvimento	Contínuo (permanente)	Cumulativo (renovável)	Episódico (eventual)
Observação	Meteorológica Especial (t. de campo)	Sanitária e Meteorológica Especial	Meteorológica Hidrológica (t. de campo)
Correlações Disciplinares e Tecnológicos	Bioclimatologia Arquitetura Urbanismo	Engenharia Sanitária	Engenharia Sanitária e Infraestrutura Urbana
Produtos	“Ilha de calor” Ventilação Aumento de Precipitação	Poluição do Ar	Ataques à integridade urbana
Efeitos Diretos	Desconforto e redução do desempenho humano	Problemas Sanitários Doenças Respiratórias, oftalmológicas etc.	Problemas de circulação e comunicação urbana
Reciclagem Adaptativa	Controle do uso do solo Tecnologia de conforto habitacional	Vigilância e controle dos agentes de poluição	Aperfeiçoamento da infraestrutura urbana e regularização fluvial – uso do solo
Responsabilidade	Natureza e Homem	Homem	Natureza

Fonte: Monteiro (1975, p. 161).

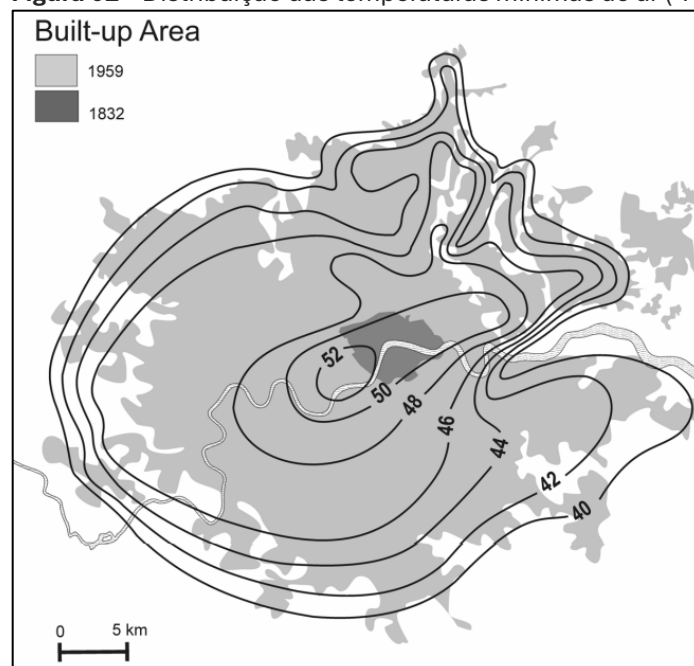
Diante todo o exposto, Amorim (2020b) expõem que o S.C.U. é a principal referência utilizada no Brasil para os estudos de clima urbano, sendo adotada não somente por geógrafos, como por profissionais de outras áreas também, como engenheiros, arquitetos e urbanistas.

2.1 As Ilhas de Calor Urbanas (ICU): Formação e Tipologias

A ICU é um fenômeno observado desde 1818, quando Luke Howard, ao estudar o clima de Londres, destacou que as temperaturas no centro da cidade eram significativamente mais elevadas em comparação às áreas rurais vizinhas (Landsberg, 1979). Embora não tenha realizado medições simultâneas em diferentes pontos da cidade e em seus arredores, Howard já apontava a relação entre o aumento das temperaturas e o ambiente urbano (International Association for Urban Climate, s.d.).

Posteriormente, estudos com mapeamentos mais detalhados confirmaram a presença de uma “massa” de ar mais quente nas áreas construídas, cuja intensidade era maior no núcleo do assentamento, onde a densidade de edificações era mais alta. Em contrapartida, elementos naturais, como parques e rios, destacaram-se como “bolsões” de ar mais fresco nesse contexto (Figura 02) (International Association for Urban Climate, s.d.).

Figura 02 – Distribuição das temperaturas mínimas do ar (°F)



Fonte: International Association for Urban Climate (s.d.).

Nesse cenário, a ICU configura-se como um dos principais desafios ambientais decorrentes do processo dinâmico de produção do espaço urbano. Esse fenômeno, caracterizado pelo aumento das temperaturas em áreas urbanas em comparação com zonas rurais adjacentes, reflete os impactos da transformação do espaço natural em ambientes construídos (Amorim, 2020b).

Conforme explicam Vujovic *et al.* (2021), a expansão urbana altera significativamente o balanço energético da superfície, aumentando o fluxo de calor sensível e reduzindo o de calor latente. Isso ocorre devido à substituição de superfícies permeáveis por impermeáveis, que modificam a paisagem e impactam diretamente a hidrologia das bacias hidrográficas, por exemplo.

Com isso, essas alterações incidem em menor capacidade de infiltração, menor recarga de águas subterrâneas e queda na taxa de evapotranspiração. Além disso, com o rápido escoamento superficial, há menos água disponível para evapotranspiração, o que influencia o balanço energético e a interação entre os sistemas atmosférico, terrestre e hídrico nas áreas urbanas (Vujovic *et al.*, 2021).

À exemplo desses impactos, Xu, Lin e Tang (2012) investigaram, ao longo de 20 anos (1989 a 2009), como as mudanças na cobertura da superfície influenciam a ICU em uma cidade subtropical na China. A modelagem matemática realizada pelos autores revelou que, em áreas com alta densidade de superfície impermeáveis (>70%), cada aumento de 10% na cobertura impermeável pode elevar a temperatura da superfície em mais de 3,3°C. Em contrapartida, em áreas de baixa densidade (<30%), esse incremento resulta em um aumento de aproximadamente 2°C.

Dessa forma, o calor adicional nas cidades, gerado pelas ICUs, pode ter impactos variados, a depender do clima predominantes da região. Assim, em áreas de clima frio ou com estações inverniais, as ICUs podem oferecer benefícios, como a redução dos custos de aquecimento residencial, melhores condições para atividades externas, menor risco de formação de gelo e neblina nas vias, e um ambiente mais favorável ao crescimento de vegetação e à manutenção de habitats urbanos (Stewart; Oke, 2012).

Por outro lado, em climas quentes ou durante períodos de altas temperaturas (como em regiões de clima Tropical, por exemplo), esses efeitos podem agravar o desconforto térmico, reduzir a qualidade de vida, aumentar os riscos à saúde, como

estresse por calor e mortalidade, além de elevar significativa o consumo de energia e os custos com ar-condicionado (Teobaldo Neto, 2019).

Outro aspecto relevante é que, embora as ICUs estejam interligadas pelas trocas de massa e energia do S.C.U, elas apresentam diferenças devido à heterogeneidade e rugosidade das superfícies, além da forma como cada feição interage com forças externas, como aquecimento solar, precipitações e fluxo de ar. Essas características influenciam diretamente a propagação do calor, resultando em variações significantes entre as ICUs (Teixeira, 2019; Amorim, 2020b; Moreira, 2021).

Em relação as suas tipologias, os três tipos de ICU que se destacam na literatura são: a ilha de calor de superfície (ICU_{sup.}), a ilha de calor da camada atmosférica inferior (*urban canopy layer*) e a ilha de calor da camada atmosférica superior (*urban boundary layer*) (Teixeira, 2019; Amorim, 2020b; Moreira, 2021; Kim; Brown, 2021). O Quadro 03 apresenta um resumo das classificações das ICUs.

Quadro 03 – Resumo das classificações das ICUs

Tipos de ICU		Alcance horizontal	Camada vertical	Impactos
ICU não atmosférica	ICU de superfície	Microescala (1 – 100 s m)	Camada superficial terrestre (10 s m)	Conforto térmico humano
		Escala local (1 – 10 km)		
ICU atmosférica	ICU da camada de dossel (<i>urban canopy layer</i>)	Mesoescala (10 s km)	Camada de cobertura de edifícios (10 s – 100 s m)	Conforto térmico humano, Consumo de energia em edifícios
		Escala local (1 – 10 km)		
	ICU da camada limite (<i>urban boundary layer</i>)	Microescala (1 – 100 s m)	Camada de cobertura urbana (25 – 250 m)	Qualidade do ar, Poluição do ar
		Meso-escala (10 s km)	Camada limite urbana (250 s – 2500 m)	

Fonte: Kim e Brown (2021, p. 09, tradução nossa).

Considerando esse contexto, a ilha de calor superficial, diagnosticada por sensoriamento remoto (Amorim, 2020b), é definida pela diferença de temperatura entre as superfícies urbanas, incluindo solos e estruturas subterrâneas, e as áreas rurais ao

redor. Esse fenômeno resulta da interação entre a atmosfera e os materiais sólidos da cidade abrangendo todas as superfícies que absorvem a radiação solar (Moreira, 2021).

A ilha de calor na camada atmosférica inferior (*urban canopy layer*) é identificada por registros de temperatura do ar realizadas abaixo do topo dos edifícios, utilizando métodos como transectos móveis e pontos fixos em áreas urbanas e rurais (Amorim, 2020b). Conforme explica Teixeira (2019), esse fenômeno resulta de fatores como: o armazenamento excessivo de calor pelos materiais urbanos; a redução da evapotranspiração devido à impermeabilização intensa das superfícies; a obstrução da visão do céu causada pelos edifícios, que aprisionam o calor; e as alterações nos ventos, seja por desaceleração ou aumento da turbulência, que concentram o calor próximo à superfície.

O Quadro 04 destaca as potenciais causas identificadas por Oke (1982) que podem influenciar a formação de ilhas de calor (*urban canopy layer*).

Quadro 04 – Potenciais causas de ICU (*urban canopy layer*)

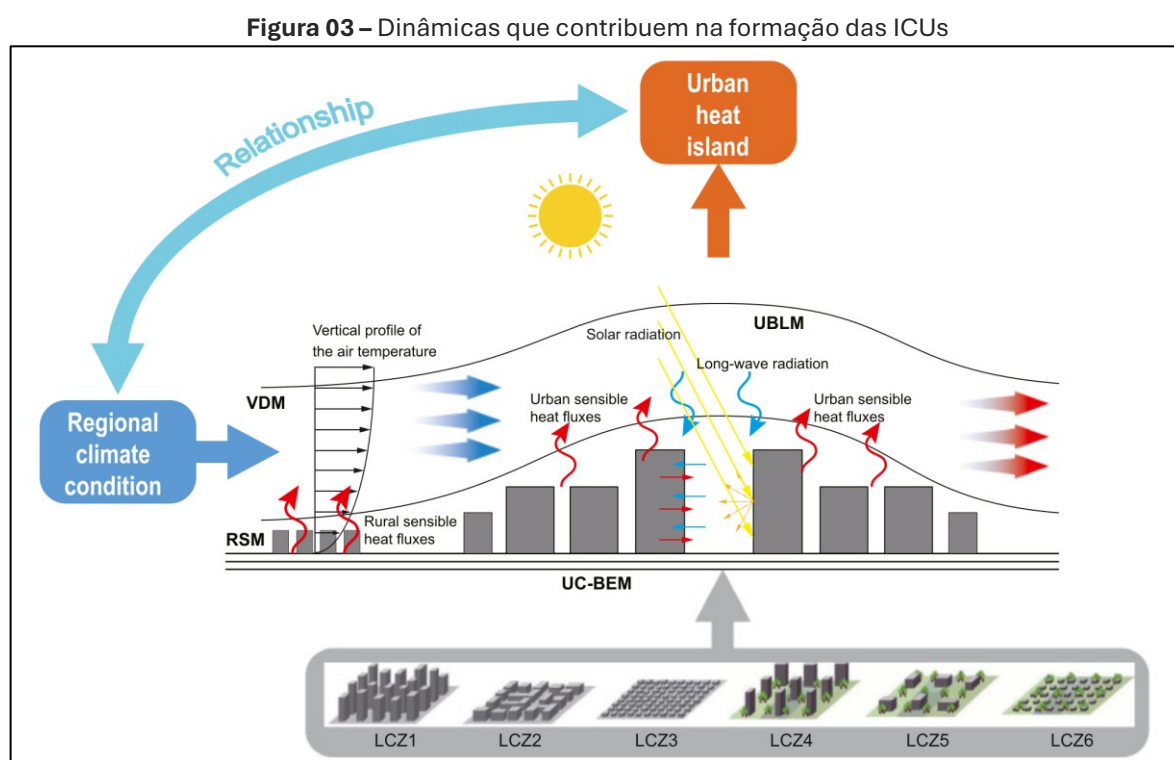
Termos de balanço energético alterados que levam a uma anomalia térmica positiva	Características da urbanização subjacentes às mudanças no balanço energético
A. Camada de dossel	
1. Aumento da absorção de radiação de onda curta	Geometria do cânion – área de superfície aumentada e reflexões múltiplas
2. Aumento da radiação de ondas longas do céu	Poluição atmosférica – maior absorção e reemissão
3. Diminuição da perda de radiação de onda longa	Geometria do cânion – redução do fator de visão do céu
4. Fonte de calor antropogênica	Perdas de calor em edifícios e tráfego
5. Aumento do armazenamento do calor sensível	Materiais de construção – maior admissão térmica
6. Diminuição da evapotranspiração	Materiais de construção – maior impermeabilidade
7. Diminuição do transporte turbulento total de calor	Geometria do cânion – redução da velocidade do vento
B. Camada limite	
1. Aumento da absorção da radiação de onda curta	Poluição do ar – aumento da absorção de aerossóis
2. Fonte de calor antropogênica	Perdas de calor em chaminés
3. Aumento da entrada de calor sensível – fluxo descendente	Ilha de calor do dossel – aumento do fluxo de calor da camada do dossel e dos telhados
4. Aumento da entrada de calor sensível – fluxo ascendente	Ilha de calor, rugosidade – aumento da captura turbulenta

Fonte: Oke (1982, p. 17, tradução nossa).

Em relação à ilha de calor urbana superior (*urban boundary layer*), ela abrange a camada inferior e pode se estender até atingir a atmosfera livre. Esse fenômeno ocorre

devido à adição de calor proveniente de estruturas urbanas, como telhados e edifícios altos que compõem os *canyons* urbanos, cuja rugosidade reduz a circulação dos ventos (Teixeira, 2019). Desse modo, essa camada reflete as influências da urbanização sobre variáveis climáticas, como temperatura, umidade, turbulências e composição atmosférica, sendo diretamente impactada pela presença da cidade e suas características estruturais (Amorim, 2020b; Moreira, 2021).

Em suma, a Figura 03, organizada por Liu *et al.* (2020), apresenta de forma simplificada o funcionamento das ICUs. Nesse modelo, as condições climáticas regionais interagem com as diversas tipologias e configurações das superfícies, tanto urbanas quanto rurais. A partir dessa interação, resultante da dinâmica dos fluxos de energia, são geradas as ICUs.



2.2 Conforto Térmico

O ser humano é homeotérmico, o que significa que sua temperatura interna se mantém constante, independentemente das variações climáticas externas. No entanto, o seu corpo realiza, constantemente, trocas de calor com o ambiente por meio de

condução, convecção, radiação, evaporação e respiração. Essas trocas térmicas podem resultar em ganho ou perda de calor, o que pode alterar a temperatura interna do corpo (Lamberts; Dutra; Pereira, 2014).

Então, para manter a temperatura interna constante, o ser humano possui mecanismos termorreguladores que auxiliam na restauração do equilíbrio energético do organismo. Dessa forma, quanto menos o corpo precisar ativar esses mecanismos para regular sua temperatura, menor será o esforço para manter o equilíbrio térmico, o que ocorre quando as condições ambientais se aproximam do limiar do conforto (Corbella; Corner, 2011; Lamberts; Dutra; Pereira, 2014).

É importante destacar que, quando a temperatura do corpo sofre variações extremas e por um tempo prolongado, o organismo é afetado em seu equilíbrio biológico, o que pode acarretar danos físicos, psicológicos e em casos mais graves, até mesmo a morte (Olgyay, 2013).

Diante o exposto, o conforto térmico é definido como uma das dimensões do conforto ambiental, que também inclui o conforto acústico, visual, olfativo, psicológico e social. Ele se refere à condição física e ambiental resultante da interação entre o ser humano (variáveis individuais) e os fatores ambientais (Corbella; Corner, 2011).

Conforme expõem Monteiro e Alucci (2007), as variáveis individuais estão relacionadas ao funcionamento específico de cada organismo, sendo influenciado também pelo tipo de atividade realizada pelo usuário, seu vestuário e a aclimação. Já as variáveis ambientais estão relacionadas aos fatores específicos do ambiente, como: temperatura, umidade, velocidade do ar, radiação solar recebida pelo corpo e a temperatura das superfícies ao redor.

Dentre esses parâmetros ambientais, Olgyay (2013) destaca que a temperatura do ar, radiação solar, velocidade do ar e umidade são os principais elementos que influenciam no conforto humano. Em complementação, Romero (2015) ressalta que a interação térmica entre esses elementos e o ambiente urbano afeta diretamente os materiais das edificações e exerce assim, influência significativa no conforto térmico dos espaços construídos.

Tendo em vista essa a relação: “elementos climáticos, edifícios e conforto”, Romero (2015), sob a ótica de diversos autores especialistas no assunto, como Givoni (1988), Carmona (1988), Mazria (1985), Olgyay (1963, 1968) e Serra (1989), propõem

normas de desenho urbano e arquitetônico para melhor converter o edifício em um elemento de controle do clima. Com isso, a autora destaca os seguintes elementos (Romero, 2015, p. 145-146):

- 1) O sítio selecionado pelas vantagens microclimáticas é projetado para maximizá-las.
- 2) Localização, forma, volume e configuração geométrica do edifício. Compacidade, superfície exposta, aproveitamento do volume. Tipos de moradia, individuais, coletivas, em altura, compacidade ante os ganhos e perdas de calor. Inclui-se aqui a solução da fachada, o tipo de cobertura, a melhor localização das zonas de serviço e a altura do piso ao teto.
- 3) Cobertura: sua importância relativa é dada segundo o impacto da radiação, a ventilação, o volume de radiação solar, marquises, a reflexibilidade e a emissividade dos materiais.
- 4) Orientação. A massa do edifício seria configurada e orientada para a maximização desejada, minimizando as exposições negativas, incluindo as fachadas principais.
- 5) Plantas, compacidade, grau de liberdade (circulação de ar), superfícies expostas, localização dos serviços, elementos para receber radiação controlada: terraços e solário.
- 6) Tamanho, localização e detalhes das janelas.
- 7) Propriedades físicas e térmicas dos materiais de construção.
- 8) Cores das superfícies externas. Tonalidades e sua relação com a radiação (absorção, brilhos e ofuscamentos).
- 9) Dispositivos de proteção e ganho solar. Incluem-se neste item as proteções naturais no exterior, como pátios internos, domos, beirais, balanços, pórticos e brises, sombreamento das janelas, tetos e muros. São também relevantes as membranas externas que oferecem o fechamento do edifício e que seriam selecionadas pela transparência ou pela opacidade com relação às forças ambientais específicas.

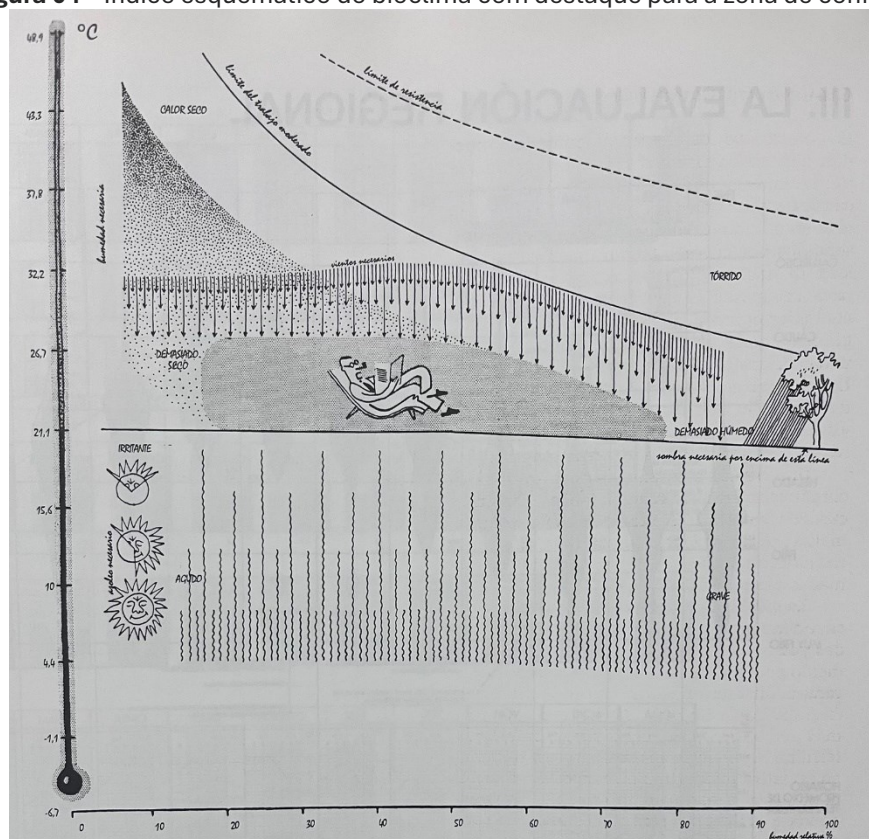
Assim, os edifícios se configuram como sistemas que mantêm relações energéticas complexas com o ambiente ao seu redor. O equilíbrio entre os ganhos e perdas de energia, em relação à sua capacidade de acumulação, determina o estado de energia interno do edifício em um dado momento. Esse equilíbrio energético é fundamental para o conforto térmico dos ocupantes, pois influencia diretamente as condições de temperatura dentro do espaço construído. Quando o edifício consegue gerenciar adequadamente a troca de energia com o ambiente externo, mantendo a temperatura interna estável, ele contribui para um ambiente mais confortável e saudável para seus ocupantes (Lamberts; Dutra; Pereira, 2014; Romero, 2015).

Por fim, todos os elementos elencados acima por Romero (2015) são fundamentais no planejamento bioclimático, pois levam em consideração a individualidade e as particularidades de cada ambiente. Esses aspectos são essenciais

para garantir o conforto térmico em diferentes zonas climáticas, tipos de edifícios e períodos de aquecimento. Além do mais, Wang *et al.* (2024) destacam também a importância de estabelecer um modelo de conforto térmico capaz de alcançar temperaturas neutras e faixas térmicas aceitáveis, como proposto no índice esquemático de bioclima de Olgyay (2013).

O índice de Olgyay (2013) apresentado na Figura 04, é uma ferramenta importante para determinar as condições ideais de conforto térmico, levando em conta variáveis ambientais. Ele permite o desenvolvimento de soluções arquitetônicas que não apenas atendem às necessidades climáticas específicas de cada região, mas também refletem diretamente no meio urbano, contribuindo para o aprimoramento das condições de habitabilidade e sustentabilidade nas cidades.

Figura 04 – Índice esquemático do bioclima com destaque para a zona de conforto



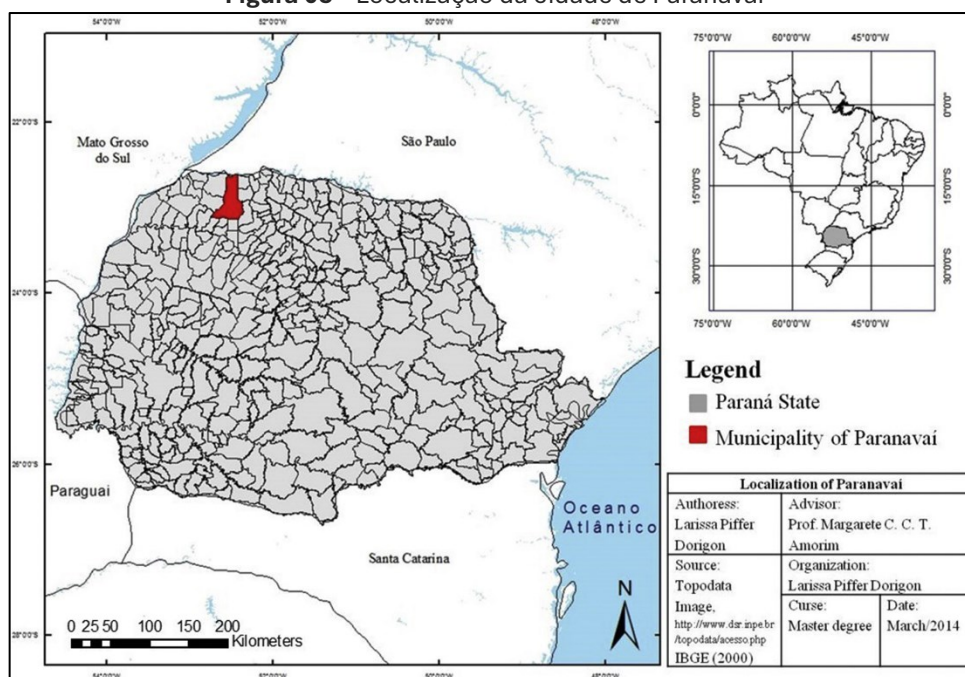
Fonte: Olgyay (2013).

2.3 Estudos de Casos

Como parte do esforço para explorar e compreender melhor as metodologias empregadas nas investigações sobre o clima urbano, este subitem tem como objetivo analisar estudos de caso conduzidos em cidades de pequeno e médio porte. Essa abordagem permitirá identificar padrões, características e estratégias específicas que têm sido aplicadas a esse contexto.

O primeiro estudo selecionado foi o de Dorigon e Amorim (2019), que teve como objetivo investigar as variações de temperatura do ar no ambiente intraurbano por meio da modelagem espacial de um ICU na camada do dossel. O estudo foi realizado na cidade de Paranavaí (Figura 05), no estado do Paraná, classificada como uma cidade de médio porte, cuja população era de 81.590 (dado referente a 2010, levantado pelas autoras no IBGE) e o clima é do tipo Aw (tropical continental).

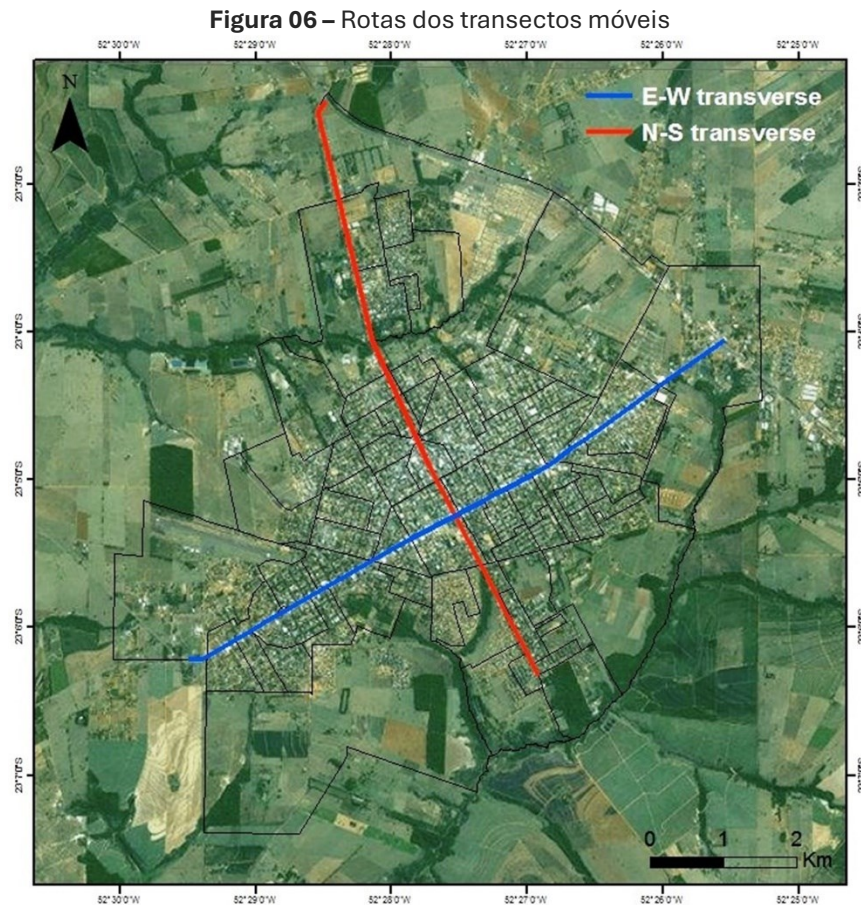
Figura 05 – Localização da cidade de Paranavaí



Fonte: Dorigon e Amorim (2019).

A metodologia se pautou na coleta de dados de temperatura do ar por meio de transectos móveis (percursos indicados na Figura 06), realizado das 21h até 21h50. Os dados analisados foram referentes aos dias: 30 de janeiro e 13 de julho de 2014, período do verão e inverno, respectivamente.

Em relação aos equipamentos, foi utilizado um termo-higrômetro digital, modelo 7664.01.0.00, acoplado a uma haste de madeira com cerca de 1,8 metro de comprimento, conduzido para fora do veículo automotor. Os dados foram coletados a cada 100 metros a uma velocidade média de 20 km/h, totalizando ao final do percurso 118 pontos.

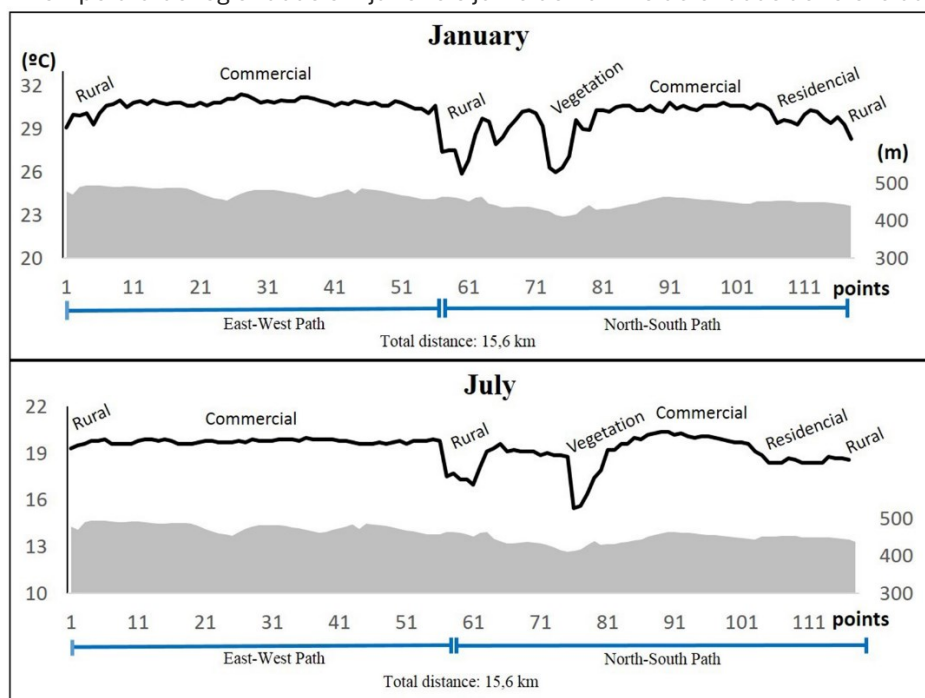


Fonte: Dorigon e Amorim (2019).

A magnitude das ICU foi determinada pela diferença entre os valores de temperatura registrados e a temperatura mínima identificada no período. A modelagem dos dados foi realizada utilizando o *software* IDRISI, por meio de regressão linear. Dados complementares incluíram a geração do NDVI, o mapeamento do uso do solo e a da temperatura da superfície terrestre, todos elaborados a partir de imagens *Landsat 8* capturadas em 30 de janeiro e 27 de julho de 2014. Além disso, foi produzido um mapa de hipsometria, obtido através do processamento de imagens de radar do projeto TOPODATA, utilizando técnicas de geoprocessamento.

Os resultados revelaram ilhas de calor de alta magnitude, conforme a classificação de Garcia (1996), com diferenças de 5,5°C no verão (30 de janeiro de 2014) e 4,9°C no inverno (13 de julho de 2014). Além disso, gráficos relacionando as altitudes às temperaturas registradas em cada ponto do transecto móvel foram elaborados (Figura 07). Esses gráficos destacaram que o centro urbano, caracterizado por uma alta densidade de edificações e intensa circulação de veículos e pessoas, concentra as temperaturas mais elevadas. Em contrapartida, as áreas referentes aos fundos de vale, cobertas por vegetação, apresentaram as temperaturas mais baixas. A hipsometria entre os pontos coletados variou entre 464 e 478 metros.

Figura 07 – Temperaturas registradas em janeiro e julho de 2014 relacionadas ao relevo da superfície



Fonte: Dorigon e Amorim (2019).

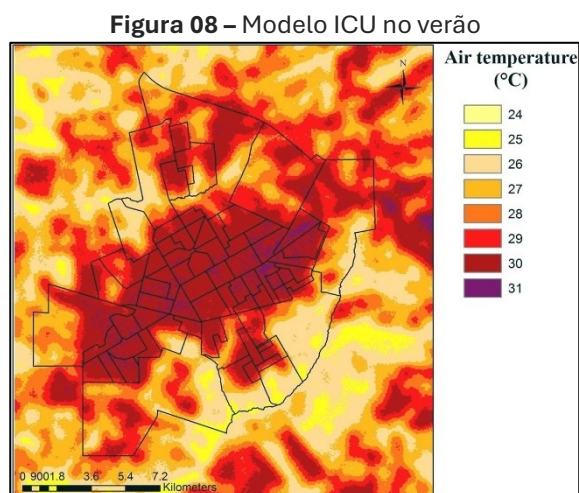
Modelos de ICU para o período de verão e inverno também foram organizados (Figura 08 e 09).

No verão, as temperaturas do ar variaram entre 24°C até 31°C. As autoras destacaram quatro pontos principais: o Ponto 1 e o Ponto 3, com temperaturas de 29°C e 30°C, respectivamente, correspondendo a áreas de loteamentos residenciais; o Ponto 2, que registrou a temperatura mais alta, 31°C, localiza-se na área central, próxima a uma avenida com alta densidade de construções e pouca vegetação, predominada por

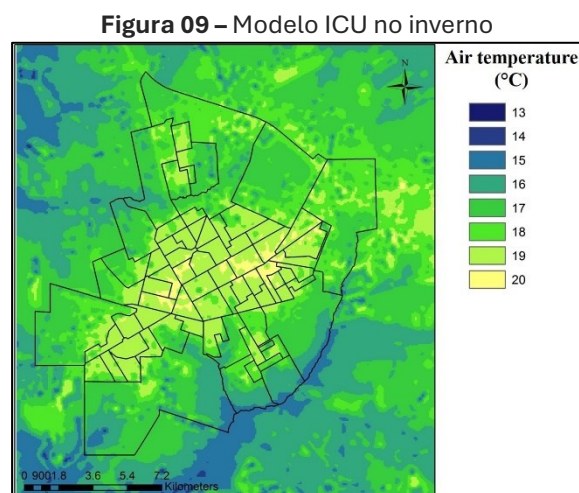
palmeiras; e o Ponto 4, situado em uma área de expansão urbana, caracterizada por terraplanagem e remoção da vegetação, deixando o solo exposto.

No inverno, a amplitude térmica também foi de 7°C, com temperaturas que variaram entre 13°C e 20°C. De acordo com as autoras, esses resultados estão relacionados à qualidade da vegetação. No verão, a maior precipitação melhorou a qualidade da vegetação nas áreas rurais, destacando sua influência na regulação térmica. Entretanto, no inverno, a menor precipitação resultou em estresse hídrico, reduzindo a capacidade da vegetação de exercer esse efeito de maneira significativa.

Além do mais, Dorigon e Amorim (2019) também destacaram que a área urbana foi onde as temperaturas mais altas se concentraram no inverno (18°C e 20°C). Enquanto que, as áreas de fundos de vales, principalmente aqueles com cobertura vegetal arbórea, foram as que apresentaram as menores temperaturas (13°C e 15°C).



Fonte: Dorigon e Amorim (2019).



Fonte: Dorigon e Amorim (2019).

Como conclusão, Dorigon e Amorim (2019) destacaram que o uso de transectos móveis, combinado com dados de temperatura da superfície, uso e ocupação do solo e altitude, mostrou-se eficiente na compreensão das distribuições de temperatura. Essa metodologia se revelou uma ferramenta valiosa para a modelagem de ICUs, evidenciando seu potencial como suporte para o planejamento e a implementação de políticas públicas.

O segundo estudo selecionado foi realizado por Milani e Amorim (2024), cujo objetivo foi investigar a manifestação das ilhas de calor e a sua relação com o conforto

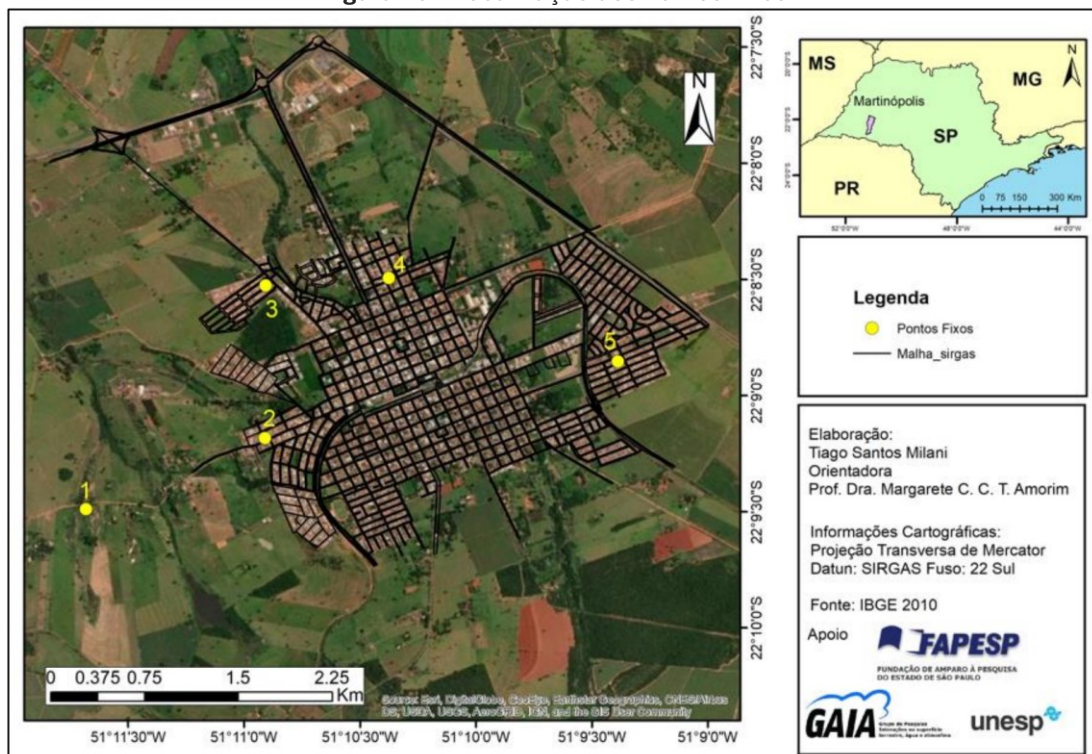
térmico em conjuntos habitacionais localizados na cidade de Martinópolis, estado de São Paulo.

Para a metologia, foram utilizados cinco pontos fixos que foram instalados dentro e fora das residências. A Figura 10 indica a localização desses pontos dentro da malha urbana da cidade, no qual: o Ponto 1 está no rural próximo; o Ponto 2 é representativo de médio padrão construtivo; os Pontos 3 e 5 são representativos de habitações da CDHU; e o Ponto 4 é representativo de uma residência de alto padrão construtivo.

Cada um desses pontos registraram a temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e a umidade relativa do ar (%), interno e externo das residências, a partir de sensores do tipo Klima Logger TFA. O monitoramento ocorreu diariamente no mês de novembro de 2019 às 0h, 3h, 6h, 9h, 12h, 15h, 18h e 21h.

Para a análise do conforto térmico, foram considerados os horários em que os moradores tendiam a estar em suas residências. Assim, foram selecionados os seguintes horários: 0h, 6h, 12h, 15h e 18h. Em complementação, foi realizada a análise rítmica para o mês de novembro de 2019, a partir de dados da estação meteorológica A707 de Presidente Prudente (SP), cidade localizada à cerca de 22 km da área de estudo.

Figura 10 – Localização dos Pontos Fixos



Fonte: Milani e Amorim (2024).

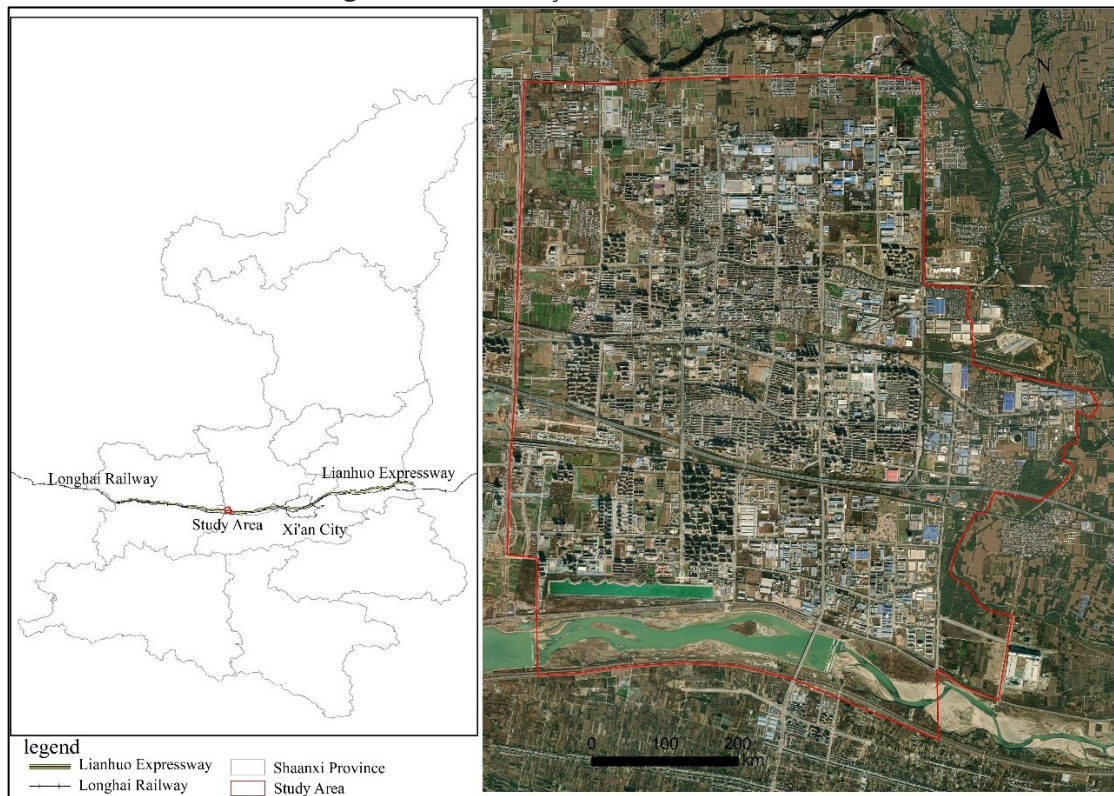
Durante o período de monitoramento, as temperaturas máximas do ar raramente ficaram abaixo de 30°C, chegando a atingir até 39°C. Os ventos predominantes vieram dos quadrantes sul, sudeste e leste, com velocidades que variaram entre 1,6 m/s e 4,5 m/s. Quanto às massas de ar, foram registradas a atuação da Massa Polar Tropicalizada (Pt) e, no início do mês, a Massa Tropical Atlântica Continentalizada (Tas), que contribuiu para a elevação das temperaturas máximas.

Dessa forma, durante os episódios de estabilidade atmosférica, Milani e Amorim (2024) destacaram as maiores intensidades e magnitudes das ICUs se concentram no período da tarde (12h, 15h e 18h), principalmente nos Pontos 2 e 5, residência de médio padrão construtivo e residência CDHU, respectivamente.

As faixas de conforto térmico foram classificadas de acordo com Besancenot (2001), e os autores priorizaram as seguintes faixas: frio (-1,6 a 12,9), fresco (13 a 14,9), confortável (15 a 19,9), quente (20 a 26,4), muito quente (26,5 a 29,9) e tórrido (30). Assim, nos horários das 12h e 15h, os maiores índices de desconforto térmico foram observados. No horário das 12h, os Pontos 3 e 5 (ambos representando a residência CDHU) foram os mais comprometidos, com a faixa de conforto térmico classificada como tórrido. Já no horário das 15h, os Pontos 2 e 5 apresentaram as condições mais desfavoráveis. De modo geral, o ponto 5 foi o mais afetado, apresentando os maiores registros de ICU de forte e muito forte magnitude, além de ser o local que mais demonstrou desconforto térmico externo devido ao calor.

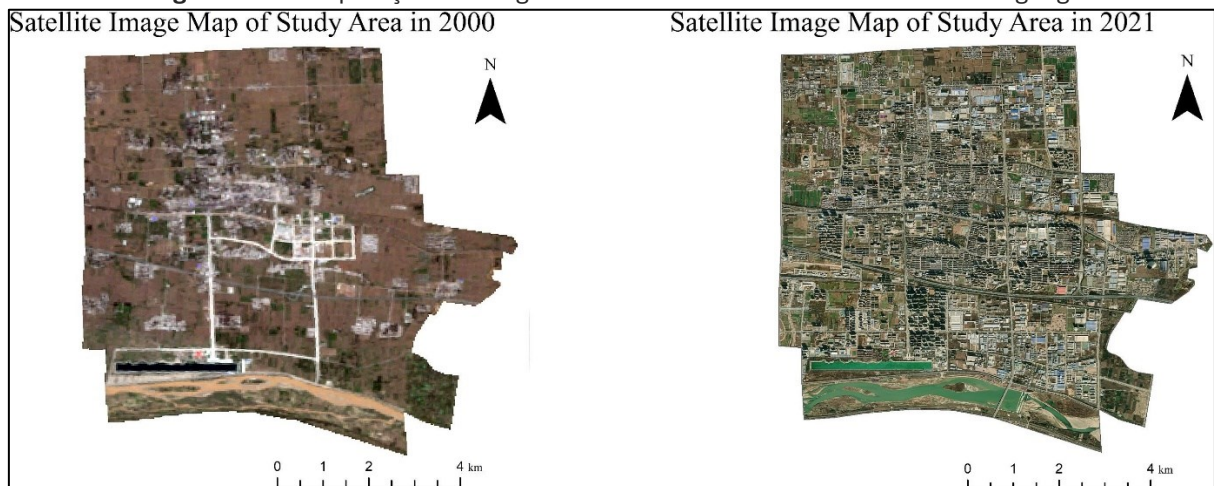
A partir desse estudo, Milani e Amorim (2024) concluíram que, embora as ICUs de magnitude muito forte tenham impactado o conforto térmico externo nas residências da CDHU em Martinópolis (SP), não foi observada uma relação direta com o conforto interno. Isso se deve ao padrão construtivo das habitações, que não favorece a ventilação natural e não considera adequadamente o clima local, resultando em um ambiente interno mais condicionado pelas variáveis atmosféricas. Assim, as ICUs afetaram principalmente o exterior, enquanto que o conforto térmico interno permaneceu mais relacionado às características climáticas da região.

No contexto internacional, o terceiro estudo analisado, realizado por Zhang *et al.* (2024), teve como objetivo explorar a relação entre as Zonas Climáticas Locais (ZCLs) e as ICUs na pequena cidade de Yangling, localizada na China (Figura 11).

Figura 11 – Localização da área de estudo

Fonte: Zhang *et al.* (2024).

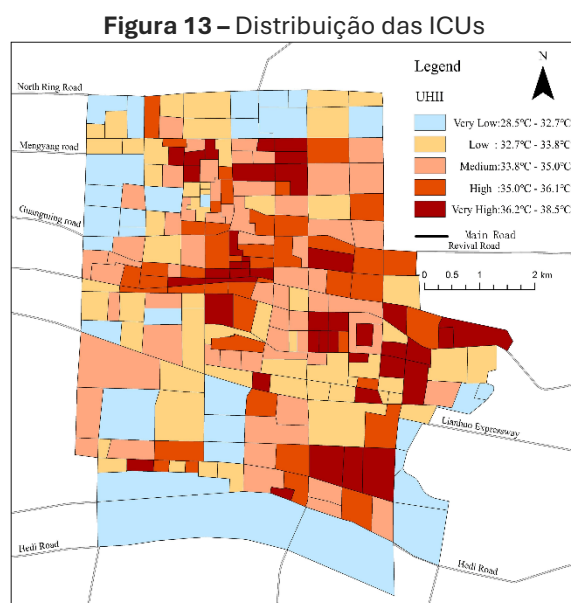
De acordo com Zhang *et al.* (2024), a cidade de Yangling passou por um rápido desenvolvimento nos últimos anos, com sua população aumentando em 50.000 habitantes entre 2010 e 2022, conforme ilustrado na Figura 12. Em decorrência da expansão urbana, os autores destacam que, no mês de agosto, a temperatura máxima registrou um aumento de 34,98°C para 35,58°C no período de 2001 a 2021.

Figura 12 – Comparação de imagens em 2000 e 2021 da área urbana de Yangling

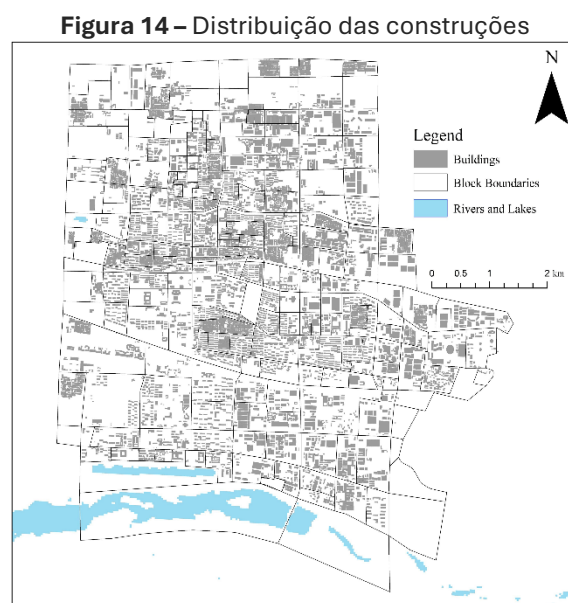
Fonte: Zhang *et al.* (2024).

Para a realização do estudo, foram utilizadas imagens do satélite Landsat 8, capturadas em 10 de setembro de 2021, para determinar a temperatura da superfície terrestre e o NDVI. Esses dados foram processados no *software* ENVI, o que possibilitou a análise da intensidade das ICUs e a obtenção de parâmetros relacionados ao dossel urbano, através de métodos de *boxplot* e regressão múltipla *stepwise*.

Os resultados da classificação das ICUs indicaram que as áreas categorizadas como “alto” (temperaturas entre 35°C e 36,1°C) e “muito alto” (temperaturas acima de 36,1°C) corresponderam a 19% e 18% da área de estudo, respectivamente (Figura 13). Essas regiões se destacaram por abrigar zonas densamente ocupadas, predominantemente residenciais e industriais (Figura 14).



Fonte: Zhang *et al.* (2024).

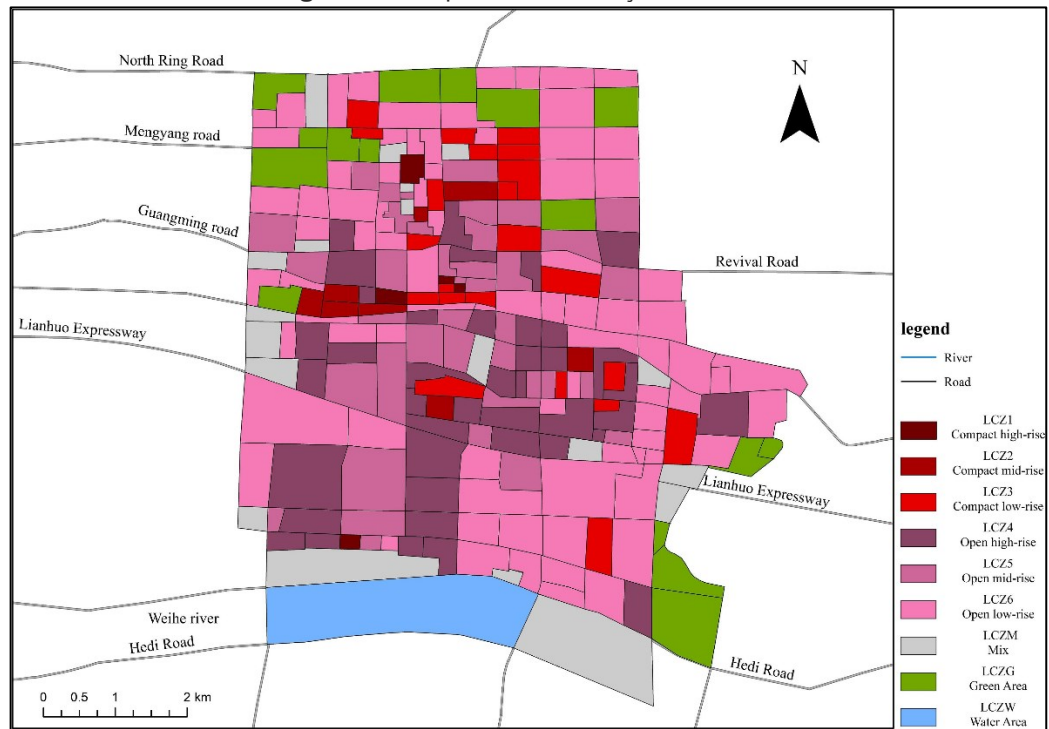


Fonte: Zhang *et al.* (2024).

Em relação às ZCLs, foram identificadas nove classes na cidade, são elas: LCZ1 Edifício compacto alto; LCZ2 Compacto de altura média; LCZ3 Compacto de baixa altura; LCZ4 Arranha-céu aberto; LCZ5 Aberto de altura média; LCZ6 Aberto de baixa altura; LCZM Mistura de LCZ6, LCZW e LCZG; LCZG Área verde; e LCZW Área de água (Figura 15).

Dentre as zonas identificadas, as LCZs dos tipos 4 a 6 representaram a maior parcela da malha urbana, abrangendo aproximadamente 82%, enquanto as LCZs dos tipos 1 a 3 ocuparam os 18% restantes. Além disso, as intensidades de ICUs foram mais elevadas nas ZCLs compactas (2,01°C), quando comparadas às ZCLs abertas (-0,61°C).

Figura 15 – Mapa de classificação das ZCLs

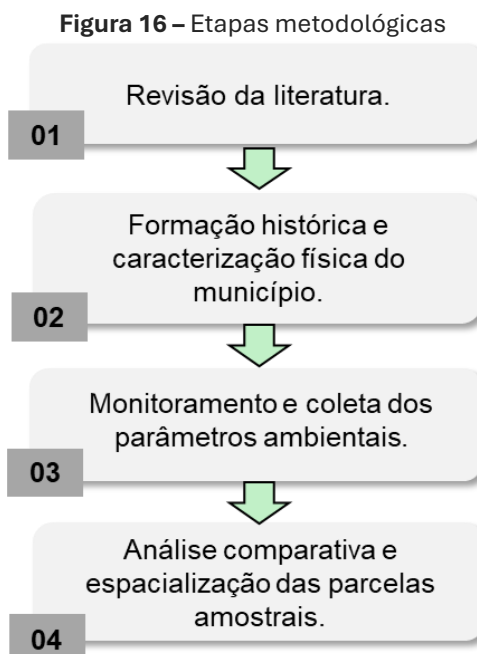


Fonte: Zhang *et al.* (2024).

Por fim, Zhang *et al.* (2024) destacam que o estudo apresentou contribuições significativas ao aplicar métodos inovadores para mapear as ZCLs e analisar a relação entre as intensidades de ICUs e parâmetros urbanos em pequenas cidades.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Com a finalidade de concretizar os objetivos propostos, o trabalho foi desenvolvido em quatro etapas metodológicas, conforme mostra a Figura 16.



Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

De caráter bibliográfico, a primeira etapa referiu-se à revisão de literatura, a qual consistiu no aprofundamento e melhor embasamento do tema, de modo a proporcionar um panorama das variáveis ambientais e urbanas que influenciam o clima urbano e o comportamento dos efeitos de ilhas de calor. Nesta etapa também foram realizados estudos de casos para identificação de padrões, aplicação de critérios comparativos e validação dos resultados obtidos neste trabalho.

A segunda etapa diz respeito à caracterização urbana do município selecionado e das condicionantes ambientais que o compõe. Para elucidá-la melhor, esta etapa foi subdividida em duas fases, sendo elas: a **Formação Histórica do Município** e a **Caracterização Física do Município: Análise dos Aspectos Geoambientais**.

A terceira etapa refere-se ao monitoramento e à coleta de dados de temperatura do ar, realizados por meio de pontos fixos e transectos móveis. Por fim, a quarta etapa foi realizada por método indutivo, a partir de uma análise comparativa entre as parcelas

amostrais obtidas pelo monitoramento climático, sendo complementado pela análise rítmica e Índice de Conforto Térmico (ICT) dos pontos fixos amostrados.

3.1 Área de Estudo

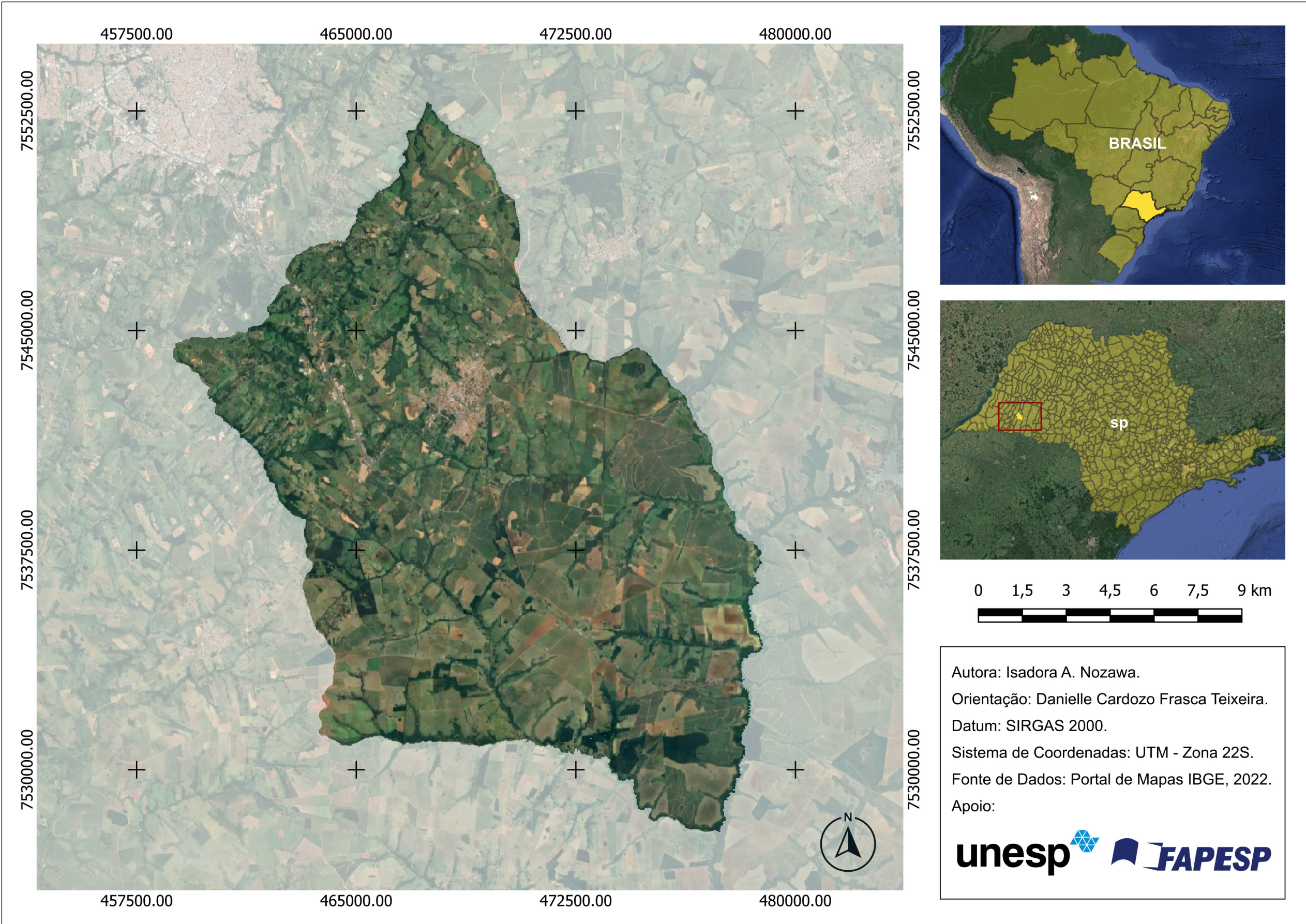
3.1.1 Formação histórica do município

O objeto de estudo desta pesquisa é o município de Regente Feijó, localizado no Estado de São Paulo, na Região do Oeste Paulista, conforme indica a Figura 17. Com uma área territorial total de 263.280,00 km², incluindo o Distrito de Espigão, o município possui uma população de 20.145 habitantes, de acordo com estimativa do censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), caracterizando-se como um município de pequeno porte.

Além do mais, Regente Feijó se enquadra na classificação climática de Köppen-Geiger, apresentando um clima tropical com estação seca do tipo Aw, onde a temperatura média do ar varia de 15°C a 31°C ao longo do ano, enquanto a precipitação média varia de 36 mm no mês menos chuvoso, julho, a 187 mm no mês mais chuvoso, janeiro (DB CITY, 2021; Weather Spark, 2024).

Neste contexto, com o objetivo de compreender o processo de formação do município, foram realizadas revisões de literatura em fontes eletrônicas. Essa etapa incluiu a análise de artigos científicos, dissertações e teses que abordam os principais eventos históricos, sociais e ambientais que contribuíram para a configuração territorial e urbana do município. Essa abordagem permitiu reunir informações essenciais para contextualizar as transformações ocorridas ao longo do tempo e subsidiar as demais etapas do estudo.

Figura 17 – Mapa de Localização da Área de Estudo



Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

3.2 Caracterização Urbana e Aspectos Geoambientais

A configuração do espaço físico de uma cidade desempenha um papel crucial na intensificação ou mitigação de fenômenos como as ICUs. Assim, o uso e cobertura do solo variam conforme a geometria e estrutura urbana, na qual fatores como a dimensão e orientação dos edifícios e ruas e a composição das superfícies, influenciam diretamente a dinâmica dos elementos climáticos (Stewart; Oke, 2009; Mansouri; Zarghami, 2025).

Para compreender o uso e a ocupação da terra urbana e rural da área de estudo, a metodologia utilizada por Vieira *et al.* (2024) foi aplicada. Assim, imagens (Coleção 9.0) adquiridas na plataforma MapBiomas Brasil (2022) foram processadas no *software* QGis versão 3.30.1 para classificação do uso e cobertura da terra nas seguintes classes: formação florestal, área urbanizada, silvicultura, pastagem, agricultura, mosaico de usos (mais de um uso ao mesmo tempo), campo alagado, rios e lagos.

Em complementação, a densidade de edificações e vazios urbanos foi verificada por meio de uma adaptação da metodologia de Camargo (2007). Esse processo também utilizou o *software* QGis versão 3.30.1, e, com o *plugin* “QuickMapService”, foi baixada uma imagem do *Google Satellite* de 2024, onde círculos de 12 metros de diâmetro foram utilizados para “cobrir” as áreas edificadas e permitir com que “manchas de densidade” e os vazios urbanos fossem visualizados.

Ao final, as áreas foram classificadas em: sem edificações (áreas sem a presença de construções); densidade baixa (áreas onde os vazios urbanos são predominantes); densidade média (áreas onde a quantidade de vazios urbanos e as áreas edificadas possuam um valor aproximado); e densidade alta (áreas que apresentem muitas edificações).

A Figura 18 mostra um exemplo de como as áreas foram identificadas e, posteriormente, classificadas.

Figura 18 – Exemplo da classificação das manchas que classificam a densidade de edificações



Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Para a análise da cobertura vegetal, foi aplicado o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI). Amplamente utilizado no meio científico para o monitoramento de áreas vegetadas (Jensen, 2011), o NDVI foi calculado por meio da Equação 01 e segue a classificação indicada pela Embrapa (2024), exposta na Tabela 01.

$$NDVI = \frac{(PIVP - PV)}{(PIVP + PV)} \quad (01)$$

Onde:
NDVI – Índice de Vegetação da Diferença Normalizada;
PIVP – Reflectância do Infravermelho Próximo;
PV – Reflectância no Vermelho.

Tabela 01 – Classes do NDVI

Classes	Valores de NDVI
Alvo não vegetal ou planta sem atividade fisiológica	-1 a 0
Planta não saudável	0 a 0,33
Planta moderadamente saudável	0,33 a 0,66
Planta muito saudável	0,66 a 1

Fonte: Embrapa (2024).

Entretanto, devido a constatação de apenas duas classes de NDVI na área de estudo, os índices foram subdivididos em intervalos menores para melhor visualização e, conseqüentemente, de uma análise mais detalhada da qualidade da vegetação no município. Dessa forma, a Tabela 02 expõe essa adaptação da metodologia.

Tabela 02 – Reclassificação do NDVI

Classes	Declividade (%)	Índices Adaptados
Alvo não vegetal ou planta sem atividade fisiológica	-1 a 0	0,01
Planta não saudável	0 a 0,33	0,01 a 0,14 0,14 a 0,27
Planta moderadamente saudável	0,33 a 0,66	0,27 a 0,41 0,41 a 0,54
Planta muito saudável	0,66 a 1	0,54 a 1

Fonte: Adaptado pela autora da Embrapa (2024).

O processamento para aquisição do NDVI ocorreu por meio do *software* QGis versão 3.30.1, sendo utilizadas imagens do satélite *Landsat 8* correspondentes às bandas 4 e 5 do sensor *Operational Land Imager* (OLI), referentes ao dia 07 de maio de 2024 e capturadas às 10h20 (horário de Brasília). Todas as imagens foram adquiridas na plataforma *United States Geological Survey Service* (USGS Earth Explorer, 2024).

Quanto aos demais aspectos geoambientais, as análises também foram conduzidas utilizando o *software* QGis versão 3.30.1. Para isso, os dados relacionados à hidrografia foram obtidos no Portal de Mapas IBGE (2023), enquanto as informações sobre hipsometria, relevo sombreado e orientação das vertentes foram extraídas do Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil (TOPODATA, 2011), garantindo uma base abrangente para a interpretação das características do terreno.

Cabe destacar que a declividade da área de estudo seguiu as classes determinadas pela Embrapa (1979), expostas na Tabela 03.

Tabela 03 – Classes de declividade

Classes	Declividade (%)
Plano	0 – 3
Suave Ondulado	3 – 8
Ondulado	8 – 20
Forte Ondulado	20 – 45
Montanhoso	45 – 75
Forte Montanhoso	>75

Fonte: Embrapa (1979).

3.3 Caracterização do Clima Urbano do Município

Para caracterizar o clima urbano do município, foram coletados dados relacionados à temperatura do ar, através das orientações expostas por Ortiz-Porangaba, Teixeira e Amorim (2017), que fizeram a mensuração dessa variável por meio de pontos

fixos e transectos móveis. De acordo com as autoras, esse método permite captar medições do ar considerando as interferências causadas pelas construções, proporcionando uma análise mais detalhada do ambiente urbano.

Diante o exposto, a pesquisa aplicou ambos os procedimentos, pontos fixos e transecto móvel. Assim, os pontos fixos foram instalados no dia 22 de abril de 2024 e permaneceram nos locais selecionados até o dia 03 de junho de 2024, sendo posicionados à aproximadamente 1,50 m do solo. Cada um desses pontos fixos (03 no meio urbano e 01 no rural próximo) era composto por um registrador “*ThermaData® Loggers humidity & temperature recording meters*” (Figura 19), modelo HTD e precisão de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ (0 a 45°C), $\pm 1^{\circ}\text{C}$ (-20 a 70°C), $\pm 1,5^{\circ}\text{C}$ (70 a 85°C) e $\pm 2\%$ rh/ 25°C (10 a 90%rh) e um abrigo meteorológico contra a ação de intempéries do tipo *Ambient weather*, modelo SRS 100 (Marca Ambient LLC) (Figura 20). Todos os registradores foram programados para coletar e registrar dados de temperatura do ar e umidade a cada uma hora.

Figura 19 – Registrador.



Fonte: autora, 2024.

Figura 20 – Escudo *Ambient weather*.



Fonte: autora, 2024.

Em relação ao transecto móvel para a coleta de medidas itinerantes, o mesmo foi realizado com um termômetro digital de temperatura interna e externa (Figura 21), da marca *Incoterm*, com precisão de $0,1^{\circ}\text{C}$ a $50^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ (temperatura interna) e -50°C a $0^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ / $50,1^{\circ}\text{C}$ a $70^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ (temperatura externa). Esse termômetro foi acoplado a uma haste de bambu com cerca de 1,50m, onde em sua ponta foi fixado meia esfera de isopor (Figura 22) para proteção do seu sensor.

Os monitoramentos para coleta da temperatura do ar por transecto móvel foram realizados por meio de um veículo automotor, cuja velocidade não ultrapassou os 20 km/h. Esta etapa foi realizada nos dias 01, 07 e 31 de maio de 2024, das 20h40 às 21h40 (horário de Brasília), sendo que a temperatura do ar foi registrada a cada 100 metros, totalizando assim, 81 pontos de coleta. Desse modo, o trajeto vertical (sentido sul – norte) percorreu cerca de 5,85km e o trajeto horizontal (sentido leste – oeste) 6,05km.

Figura 21 – Termômetro digital usado no transecto.



Fonte: autora, 2024.

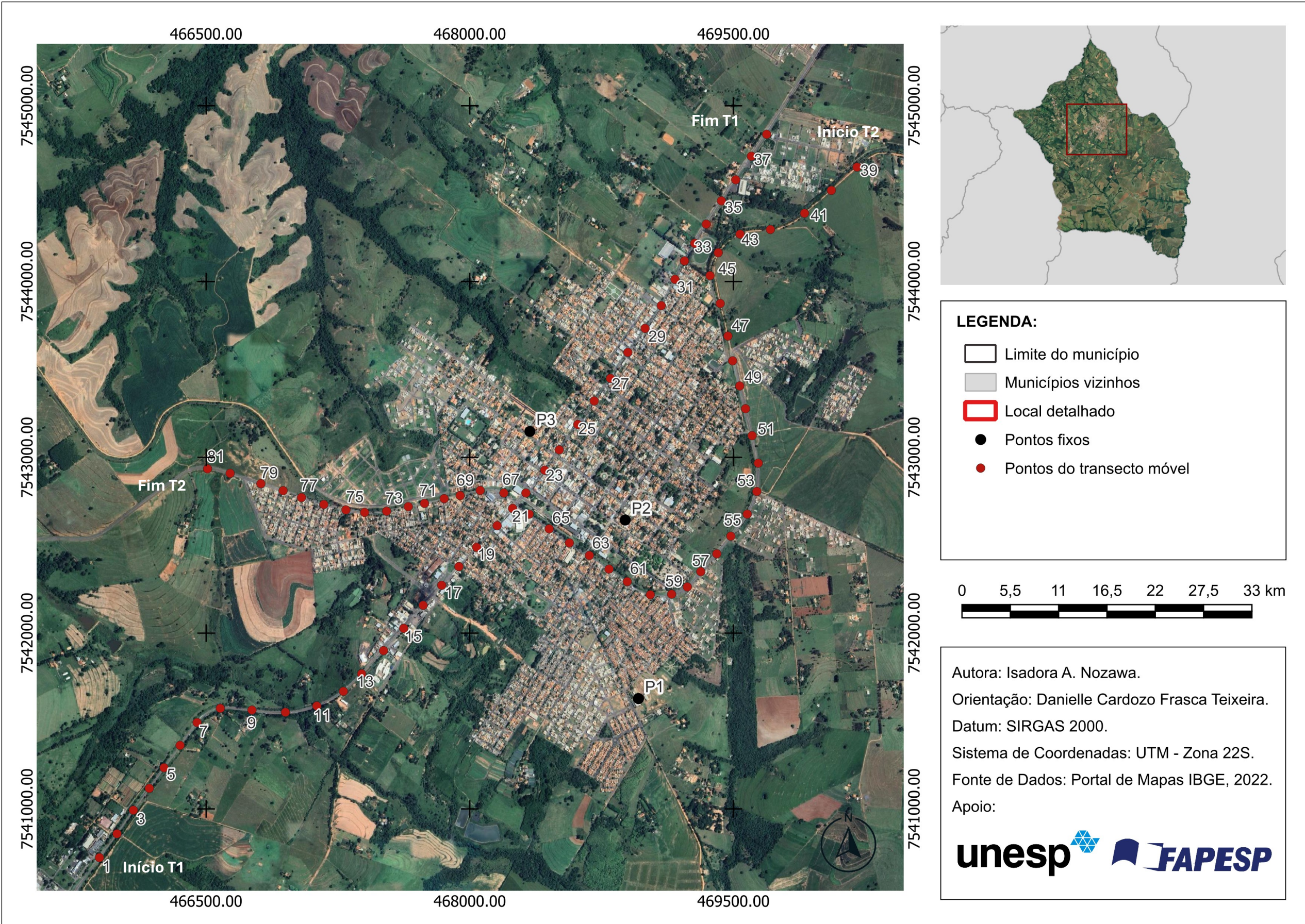
Figura 22 – Proteção do sensor.



Fonte: autora, 2024.

Em complementação, a Figura 23 indica os locais onde os pontos fixos foram instalados e o trajeto delimitado para a realização do transecto móvel.

Figura 23 – Localização dos pontos fixos e percurso do transecto móvel



Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

3.4 Análise Comparativa entre as Parcelas Amostrais

Esta etapa consistiu na organização, processamento e análise dos dados coletados em campo. Para isso, todos os dados referentes às temperaturas do ar e umidade relativa do ar coletados a partir dos pontos fixos e transectos móveis foram organizados em planilhas no *software Microsoft Excel v. 2101* (2016).

Em seguida, aplicou-se a metodologia descrita por Fernández García (1996), que identifica a ocorrência de ilhas de calor ou frescor com base nos valores de intensidade da temperatura do ar, calculados conforme a Equação 02.

$$\Delta T = T_{\text{urbano}} (^{\circ}\text{C}) - T_{\text{rural}} (^{\circ}\text{C}) \quad (02)$$

Onde:

ΔT – Diferença entre as temperaturas (urbano e rural);

$T_{\text{urbano}} (^{\circ}\text{C})$ – temperatura do ar registrada no meio urbano;

$T_{\text{rural}} (^{\circ}\text{C})$ – temperatura do ar registrada no meio rural.

Para a análise da distribuição térmica na malha urbana da área de estudo, cartas isotérmicas foram geradas. Desse modo, os dados obtidos da intensidade da temperatura do ar foram processados no *software Surfer® v.11.0.642* (2002) (Marca registrada *Golden software*) e interpolados através da *Krigagem* como método interpolador (Ortiz-Porangaba; Amorim, 2017).

As intensidades e magnitudes alcançadas foram classificadas em (Fernández García, 1996, p. 264):

a) *Débil*, cuando las diferencias oscilan entre 0°C y 2°C.

b) *Moderada*, entre 2°C y 4°C.

c) *Fuertes*, entre 4°C y 6°C.

d) *Muy fuertes*, cuando las diferencias com superiores a 6°C².

Os dados coletados por meio dos pontos fixos permitiram também a análise do conforto térmico utilizando o Índice de Thom & Bosen (1959). Conforme explica Milani (2022), este índice considera variáveis climáticas como a temperatura e a umidade relativa do ar, sendo adaptado ao ambiente tropical e por isso, é aplicado em diversos estudos brasileiros conforme a Equação 03.

² a) Fraca, quando as diferenças variam entre 0°C e 2°C; b) Moderada, entre 2°C e 4°C; c) Forte, entre 4°C e 6°C; d) Muito forte, quando as diferenças são superiores a 6°C (tradução nossa).

$$TE = 0,4 \times (Ts + Tu) + 4,8 \text{ (03)}$$

Onde:

TE – Temperatura Efetiva;

Ts – Temperatura de bulbo seco;

Tu – Temperatura do bulbo úmido.

Os resultados obtidos foram classificados de acordo com as faixas de conforto estabelecida por Funari (2006), conforme mostra a Tabela 04.

Tabela 04 – Faixas de conforto térmico

Classes	Valores THI
Resfriamento Muito Elevado	≤5,9
Resfriamento Elevado	6,0 a 8,9
Frio	9,0 a 11,9
Desconforto ao Frio	12,0 a 14,9
Leve Desconforto ao Frio	15,0 a 17,9
Limite Inferior da Zona de Conforto	18,0 a 20,9
Centro da Zona de Conforto	21,0 a 23,9
Limite Superior da Zona de Conforto	24,0 a 26,9
Leve Desconforto ao Calor	27,0 a 29,9
Desconforto ao Calor	30,0 a 32,9
Aquecimento Elevado	≥33

Fonte: Funari (2006).

Para complementar as análises das intensidades das ilhas de calor e do Índice de Conforto Térmico (ICT), foi realizada uma análise rítmica detalhada, com o objetivo de identificar individualmente os tipos de tempo predominantes ao longo do período de medições. Essa abordagem permitiu compreender melhor as dinâmicas atmosféricas que influenciam diretamente os resultados observados (Amorim, 2020b).

Dessa forma, os dados para a análise rítmica foram coletados nas seguintes plataformas digitais: Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa INMET da Estação A707 de Presidente Prudente (SP) esta que é a estação meteorológica mais próxima à área de estudo; Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC); e Centro de Hidrografia da Marinha do Brasil. Todos os dados coletados foram organizados no *software Microsoft Excel* v. 2101 (2016) para a geração de gráficos.

O Quadro 05 apresenta quais os dados foram levantados em cada uma das plataformas citadas acima.

Quadro 05 – Dados levantados para análise rítmica

Dados	Plataformas de Aquisição
Temperatura do ar (°C)	Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (INMET) da Estação A707 de Presidente Prudente/SP
Temperatura Máxima do Ar (°C)	
Temperatura Mínima do Ar (°C)	
Umidade Relativa (%)	
Precipitação acumulada (mm)	
Pressão Atmosférica (hPa)	
Velocidade do Vento (m/s)	
Direção do Vento (°)	
Nebulosidade	Interpretação de imagens do Satélite GOES, canal 13 (12h), obtidas no Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC)
Sistema atmosférico	Interpretação de imagens do Satélite GOES, canal 13 (12h), obtidas no Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) e cartas sinóticas obtidas no Centro de Hidrografia da Marinha do Brasil

Fonte: Organizado pela autora, 2024.

4 OS ASPECTOS URBANOS E GEOAMBIENTAIS DE REGENTE FEIJÓ

A formação do município de Regente Feijó está diretamente interligada ao modo de produção econômica e urbanização do espaço que compõe a região do Oeste Paulista (Miyazaki, 2008). Então, em meados do século XIX, Santana (2011) explica que chegaram à região os primeiros “desbravadores” de terra, estes que eram, em sua maioria, mineiros desamparados pela decadência das atividades de mineração em Minas Gerais, que buscavam no local, terras apropriadas para o cultivo de pastagens. Contudo, uma ressalva feita por este autor e reforçado por outros autores como Miyazaki (2008) e Marques (2009) e que é importante de ser mencionada é que, muito antes da chegada desses colonizadores, essas terras já eram habitadas por diversos povos indígenas.

Assim, durante esse conflito, frequentemente marcado por disputas violentas, ocorreu a expulsão ou até mesmo a dizimação dos povos originários. Paralelamente, florestas milenares foram devastadas para a abertura de espaços nas chamadas “terras férteis” da Alta Sorocabana, que posteriormente serviriam como base para o surgimento dos municípios da região.

Nesse cenário, a formação espacial do município de Regente Feijó teve início em 1906, quando o Coronel Diederichsen doou uma área de 10 alqueires, dando origem ao “Patrimônio da Memória” (Miyasaki, 2008). De acordo com Marques (2009), o termo “patrimônio” designava uma gleba de terra que os fazendeiros frequentemente doavam às igrejas para impulsionar a criação de novos núcleos urbanos. No caso de Regente Feijó, o próprio fazendeiro assumiu as responsabilidades pela fundação do patrimônio, e, posteriormente, o novo povoado foi batizado em sua homenagem.

Em 1919, devido ao prolongamento da Estrada de Ferro Sorocabana, esta que foi fundada em 1872 e era considerada como uma das quatro grandes Companhias férreas do país na época (Boscoli *et al.*, 2014), houve a implantação da estação “Memória”, mais tarde denominada de Estação de Ferro (ou Ferroviária) de Regente Feijó³ (Marques, 2009).

³ Destaca-se que aqui alguns autores, como Boscoli *et al.* (2014), Melo e Francisco (2017) e Marques (2009) definem a Memória como o local que posteriormente foi denominado como Estação de Ferro de Regente Feijó. No entanto, Giesbrecht (2023) questiona essa relação, citando o relatório da Sorocabana de 1917, o qual menciona que na época já existia duas estações: Memória e Regente Feijó. Diante disso, o autor levanta a dúvida se atual Estação de Ferro de Regente Feijó seria de fato a apropriação da antiga Memória ou se seria a estação atual Distrito de Espigão (antiga Mandaguari).

Com isso, a ocupação no local foi impulsionada, servindo como ponto de descanso e passagem para tropeiros e boiadeiros que se dirigiam ao estado do Mato Grosso (Melo; Francisco, 2017; Hirao; Chaparim, 2019). Quanto à questão econômica, a partir deste surto migratório devido à grande oferta de trabalho, este povoado, assim como grande parte dos demais que foram se formando ao redor das estações ferroviárias do país, realizaram o plantio de café até 1937, passando depois ao cultivo de algodão, amendoim e, por fim, a pecuária (IBGE, 2022).

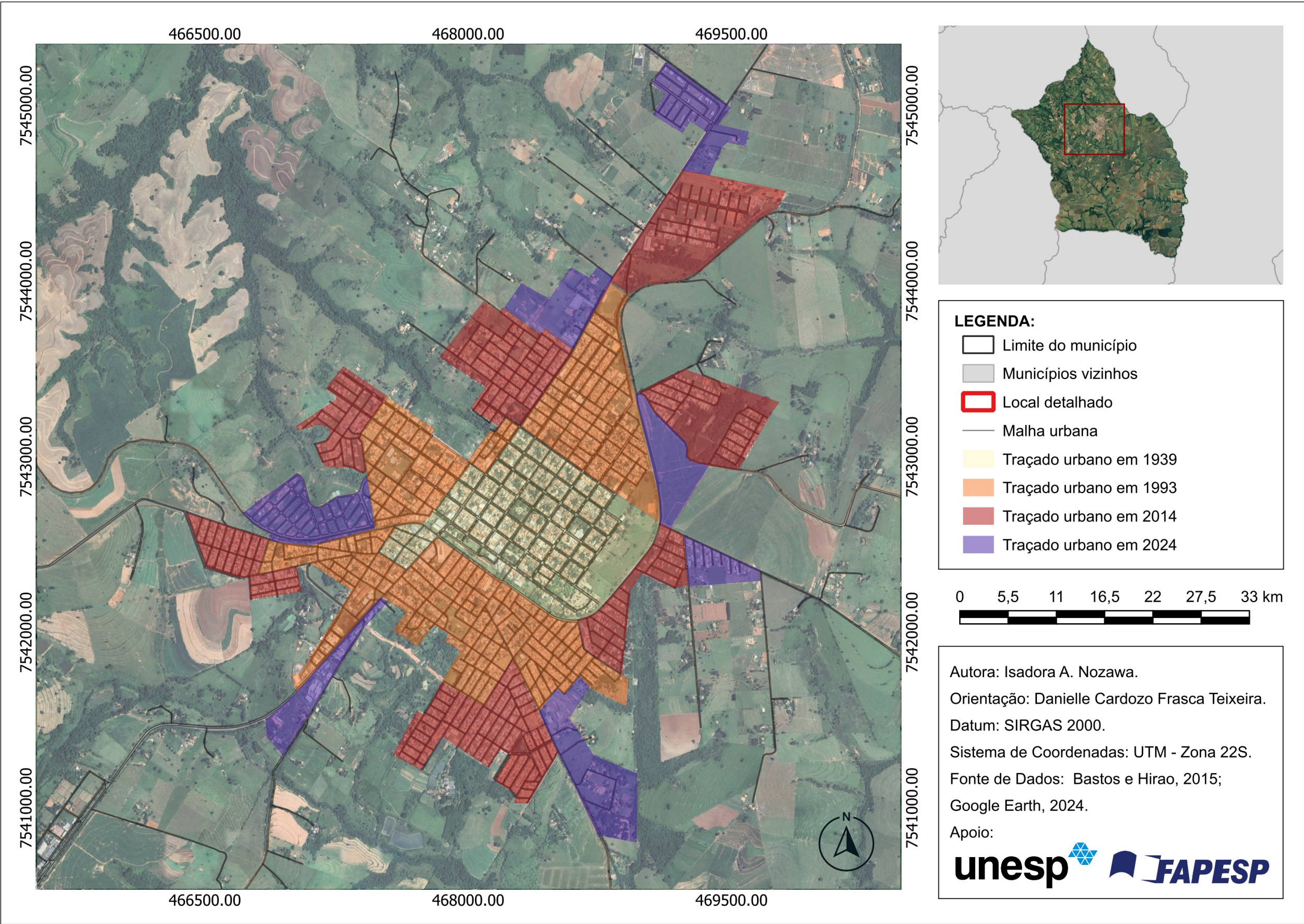
Dessa forma, é evidente que as ferrovias carregam um valor histórico significativo para as cidades do Oeste Paulista, incluindo Regente Feijó. Pois, elas não apenas representaram o principal meio de chegada do desenvolvimento econômico, político e cultural, mas também influenciaram diretamente o traçado urbano da cidade (Boscoli *et al.*, 2014; Pedrosa; Borges, 2017).

Outro marco significativo na história do município foi a construção da Estrada Boiadeira, projetada para interligar as áreas de criação de gado nos Campos de Vacária, no sul do Estado de Mato Grosso. A estrada foi aberta na floresta entre Indiana e Porto Tibiriçá, no rio Paraná, permitindo que o gado criado nas franjas pioneiras fosse destinado ao abastecimento da cidade de São Paulo (Santana, 2011).

Diante do exposto, Bastos e Hirao (2015) descrevem que tanto a linha férrea como a Estrada Boiadeira serviram de guia para a delimitação do traçado urbano do município, auxiliando na abertura das principais e primeiras vias. Assim, o município apresenta um traçado ortogonal, onde a área central (traçado urbano de 1939) foi planejada com quadras de 100x100m e terrenos de 20m de testada e 30, 40 ou 50m de fundo. Em contrapartida, os bairros mais recentes (traçados urbanos de 1993 e 2014) possuem ruas mais estreitas, traçados irregulares e estão mais afastadas do tecido urbano consolidado (Bastos; Hirao, 2015).

A Figura 24 mostra a evolução da malha urbana ao longo dos anos.

Figura 24 – Mapa de evolução da malha urbana



Fonte: Adaptado pela autora de Bastos e Hirao (2015).

Tomando a relevância desse histórico para a formação do núcleo urbano de Regente Feijó, procedeu-se à elaboração da cartografia do sítio urbano de modo a reconhecer suas características geoambientais e urbanas. Assim, foram elaborados sete produtos cartográficos referentes aos seguintes aspectos: Uso e Cobertura da Terra, Densidade das Edificações, Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), Hipsometria, Declividade, Relevo Sombreado e Orientação das Vertentes. Esses produtos são importantes para compreensão da relação entre os aspectos geoambientais, tipológicas construtivas e condições climáticas locais.

Dessa forma, o primeiro aspecto a ser analisado é o uso e cobertura da terra exposto na Figura 25. Conforme explicam Hurduc *et al.* (2024), o entendimento do uso e cobertura do solo é importante, especialmente nas áreas rurais, uma vez que estas experimentam maior sazonalidade em sua cobertura vegetal, onde a vegetação natural segue o ciclo sazonal de crescimento e decadência, enquanto as plantações têm períodos de crescimento e colheita. Toda essa variabilidade na cobertura do solo impacta diretamente na temperatura da superfície, afetando também as áreas presentes em seu entorno.

Verifica-se a partir da Figura 25 que o município de Regente Feijó apresenta uma utilização e ocupação do solo predominantemente voltada para atividades de pastoreio e agricultura. Outro uso com presença expressiva dentro do município é o misto (mosaico de usos), onde há a integração entre essas duas atividades: pastoreio e agricultura. Dessa forma, as atividades agropecuárias ocupam cerca de 87,08% do município.

Em menor escala e com uma distribuição mais dispersa, encontram-se as áreas de formação florestal, com um total representativo de 9,83% (8,13% florestas e 1,70% vegetação arbustiva e herbácea) do território. Já a área urbanizada ocupa apenas 3,06% da área do município.

Em complementação à análise do uso e cobertura da terra, a Figura 26 apresenta a distribuição da densidade de edificações dentro da área de estudo.

Figura 25 – Mapa de Uso e Cobertura da Terra

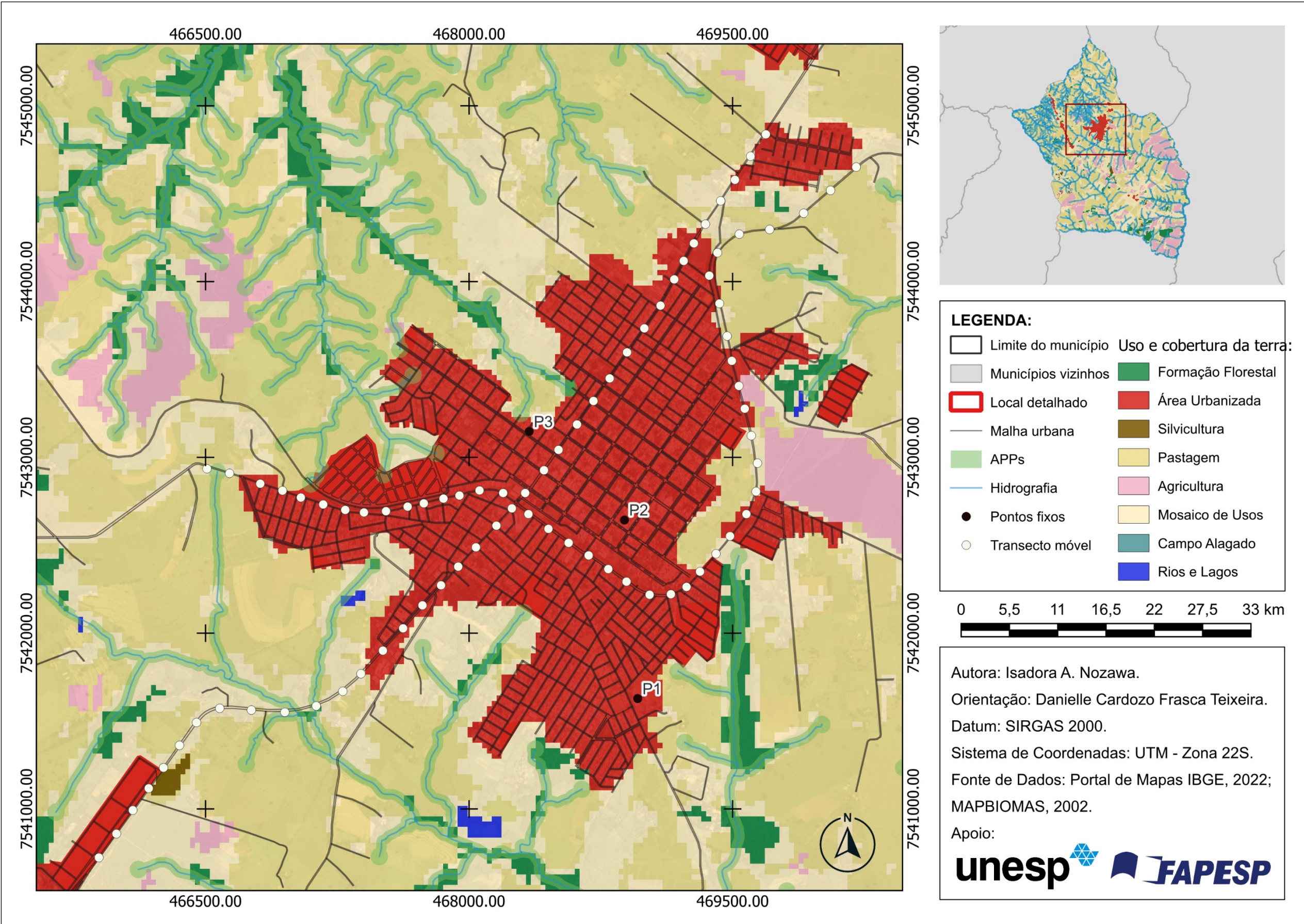
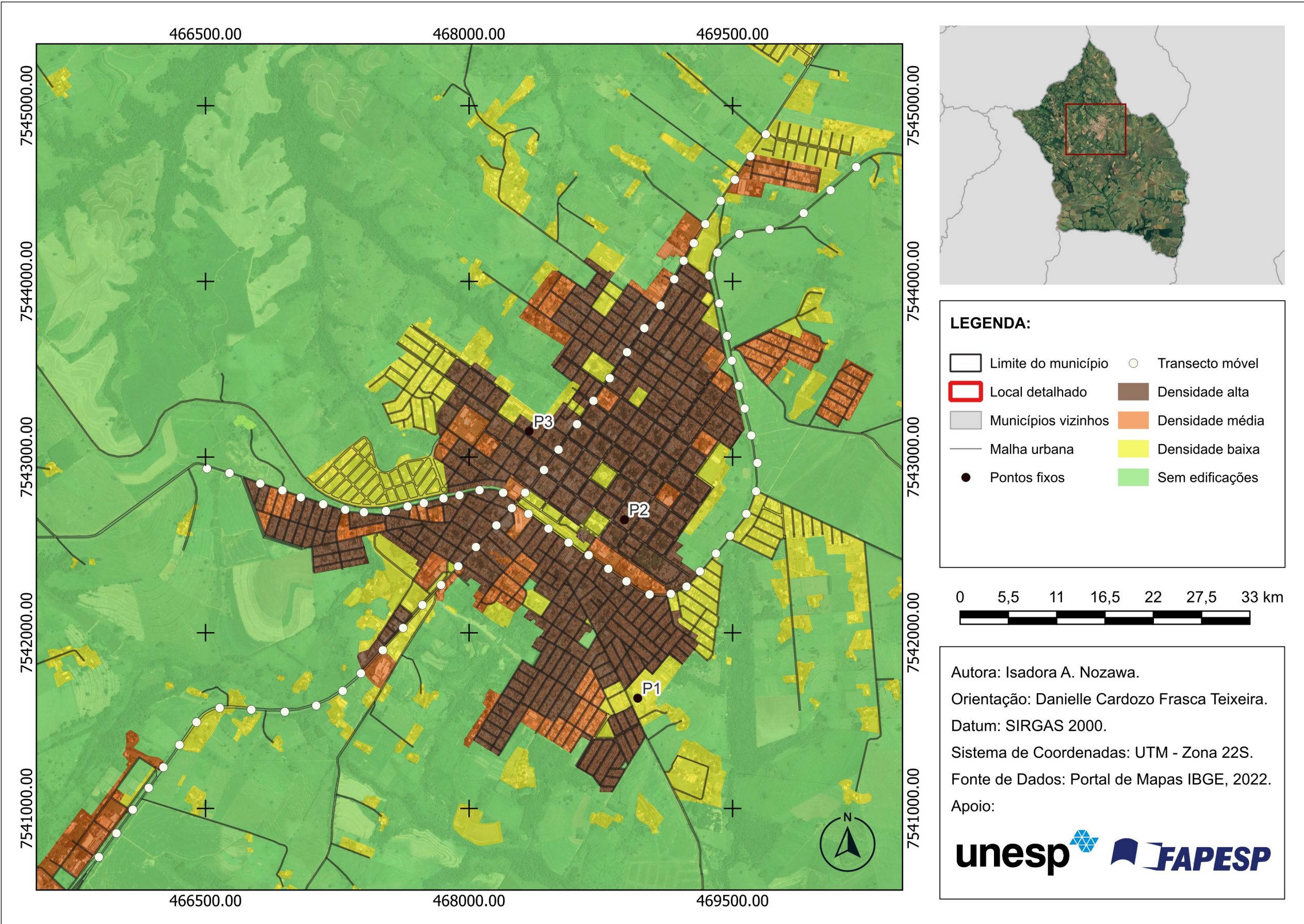


Figura 26 – Mapa da Espacialização da Densidade de Edificações



Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Observa-se na Figura 26 o predomínio de alta densidade nas áreas urbanizadas a mais tempo, entre 1939 e 1993 (Figura 24). Contudo, também se destacam pontos de densidade baixa nesse contexto, correspondentes a espaços como praças (Ponto 1) e a antiga estação ferroviária (Ponto 2).

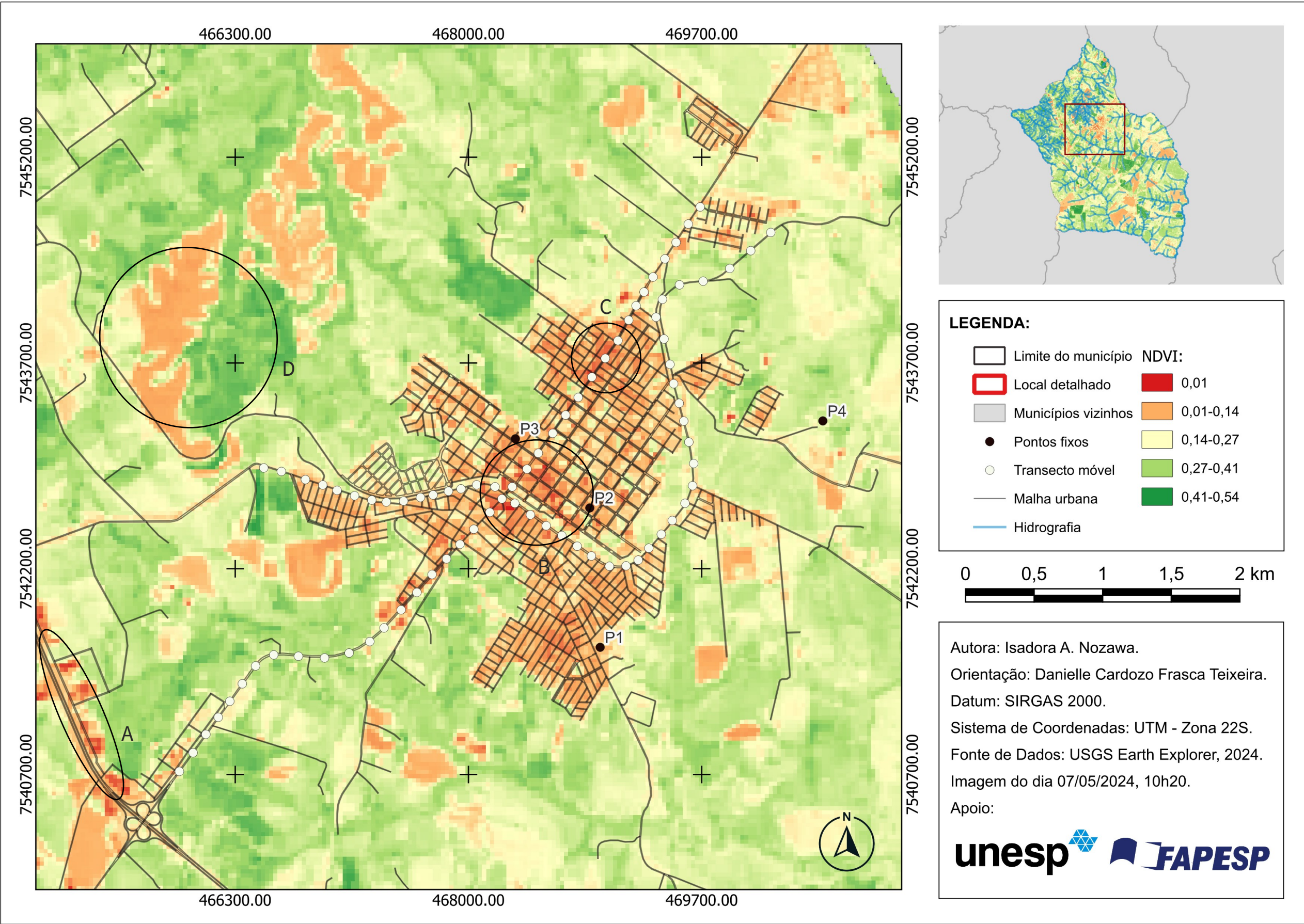
As zonas de baixa densidade são mais frequentemente encontradas nas áreas periféricas e em pontos isolados das regiões rurais adjacentes. Esses espaços correspondem, principalmente, a novos loteamentos residenciais e chácaras de lazer, além de fazendas e sítios nas áreas rurais próximas. Essa distribuição reflete a expansão urbana recente e a coexistência de usos urbanos e rurais no entorno imediato.

Nesse cenário, os diferentes usos e cobertura do solo, assim como a configuração do espaço, impactam diretamente o NDVI do município. De acordo com a Embrapa (2024), o NDVI tende a ser mais baixo em áreas onde existem limitações ao pleno crescimento da vegetação. Essas áreas são marcadas por impactos na biomassa e na cobertura do solo, o que pode indicar condições ambientais adversas, como baixa fertilidade, escassez hídrica ou degradação do solo. Essa relação destaca a importância do NDVI como um indicador eficiente na identificação de zonas com restrições ao desenvolvimento vegetal e na avaliação da saúde ambiental.

A Figura 27 expõe os níveis de NDVI no município em maio de 2024 (época correspondente ao maior período de monitoramento da temperatura e umidade relativa do ar). A classificação desse índice mostrou que cerca de 52,24% da vegetação no município foi classificada como moderadamente saudável (índices entre 0,33 e 0,66), enquanto 47,76% estavam classificadas como não saudável (índices entre 0 e 0,33).

A análise da Figura 27 expõe que a área urbana consolidada apresenta os piores índices de NDVI, sendo que o distrito industrial (destaque A), o centro da cidade (destaque B) e a zona mista (destaque C) são as áreas onde esses índices mais se aproximam de zero (alvo não vegetal ou planta sem atividade fisiológica).

Figura 27– Mapa de Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (NDVI)



Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Outro aspecto relevante são as áreas do entorno imediato, predominantemente compostas por pastagens e terras agricultáveis. Nessas regiões, a variabilidade no uso do solo, decorrente dos diferentes cultivos, faz com que o índice de NDVI apresente grandes flutuações ao longo do ano, influenciado pela sazonalidade das culturas. Um exemplo disso pode ser observado no destaque D, indicado na Figura 27, onde as Figuras 28 e 29 ilustram as mudanças na cobertura do solo.

Figura 28 – Destaque D com culturas desenvolvidas.



Fonte: GoogleEarth Pro (2023).

Figura 29 – Destaque D sem culturas ou culturas não desenvolvidas.

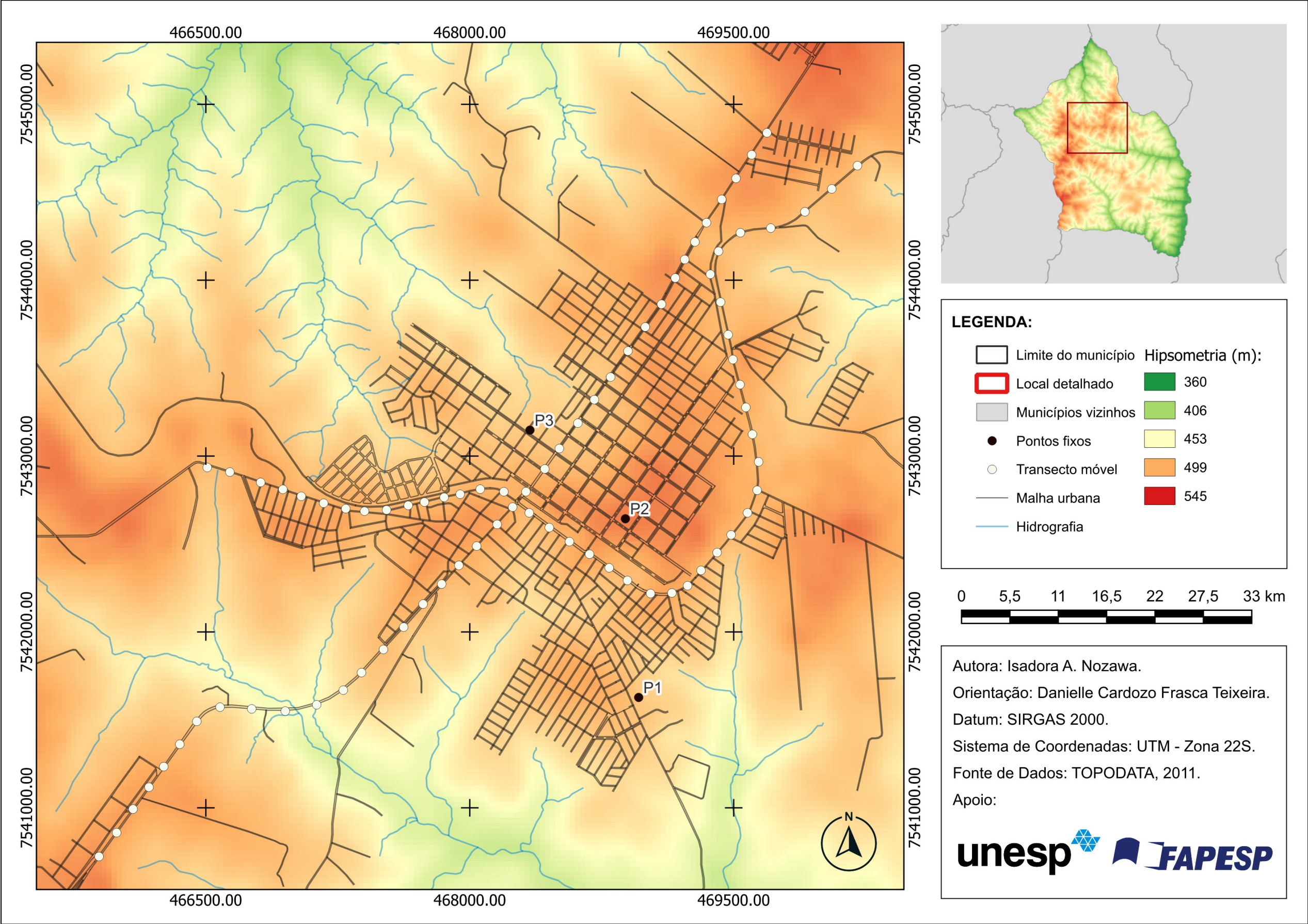


Fonte: GoogleEarth Pro (2024).

Outra característica relevante da superfície urbana para compreender os efeitos térmicos no ambiente urbano é a topografia. Ela desempenha um papel crucial ao influenciar as circulações de ar na área analisada, ajudando a determinar as regiões mais suscetíveis à incidência de radiação solar. Essas variações topográficas podem amplificar ou atenuar os impactos das condições térmicas locais, dependendo da orientação, declividade e elevação do terreno, destacando sua importância no estudo de fenômenos como as ICUs (Wu *et al.*, 2022; Zheng *et al.*, 2024).

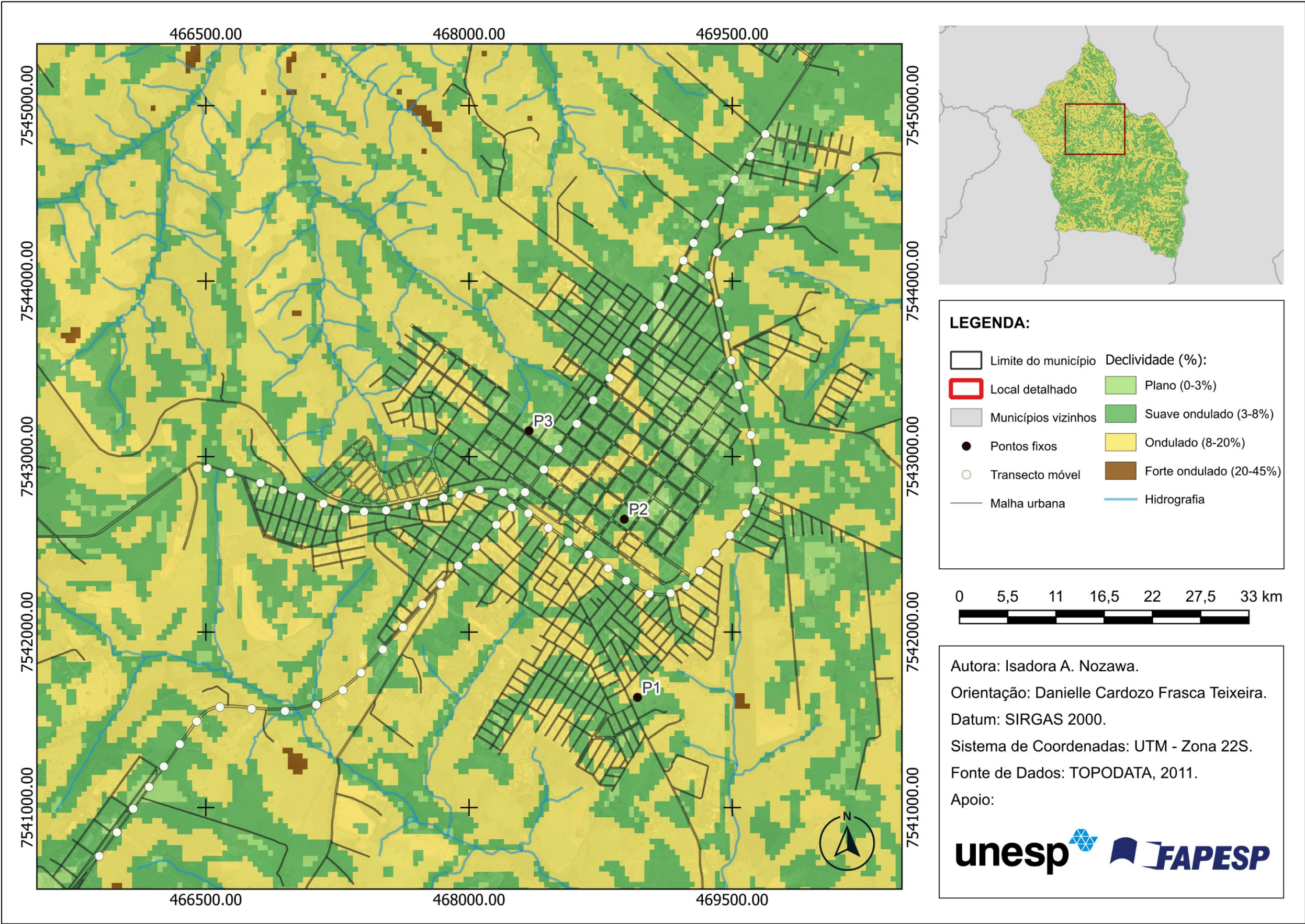
As Figuras 30 e 31 apresentam a hipsometria e a declividade do município, respectivamente.

Figura 30 – Mapa Hipsométrico.



Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Figura 31 – Mapa de Declividade.



Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

A análise da Figura 30 demonstra que a altitude no município varia em um intervalo de 185 metros em todo o território, com a área urbana concentrada em uma região cuja variação altimétrica é de aproximadamente 46 metros.

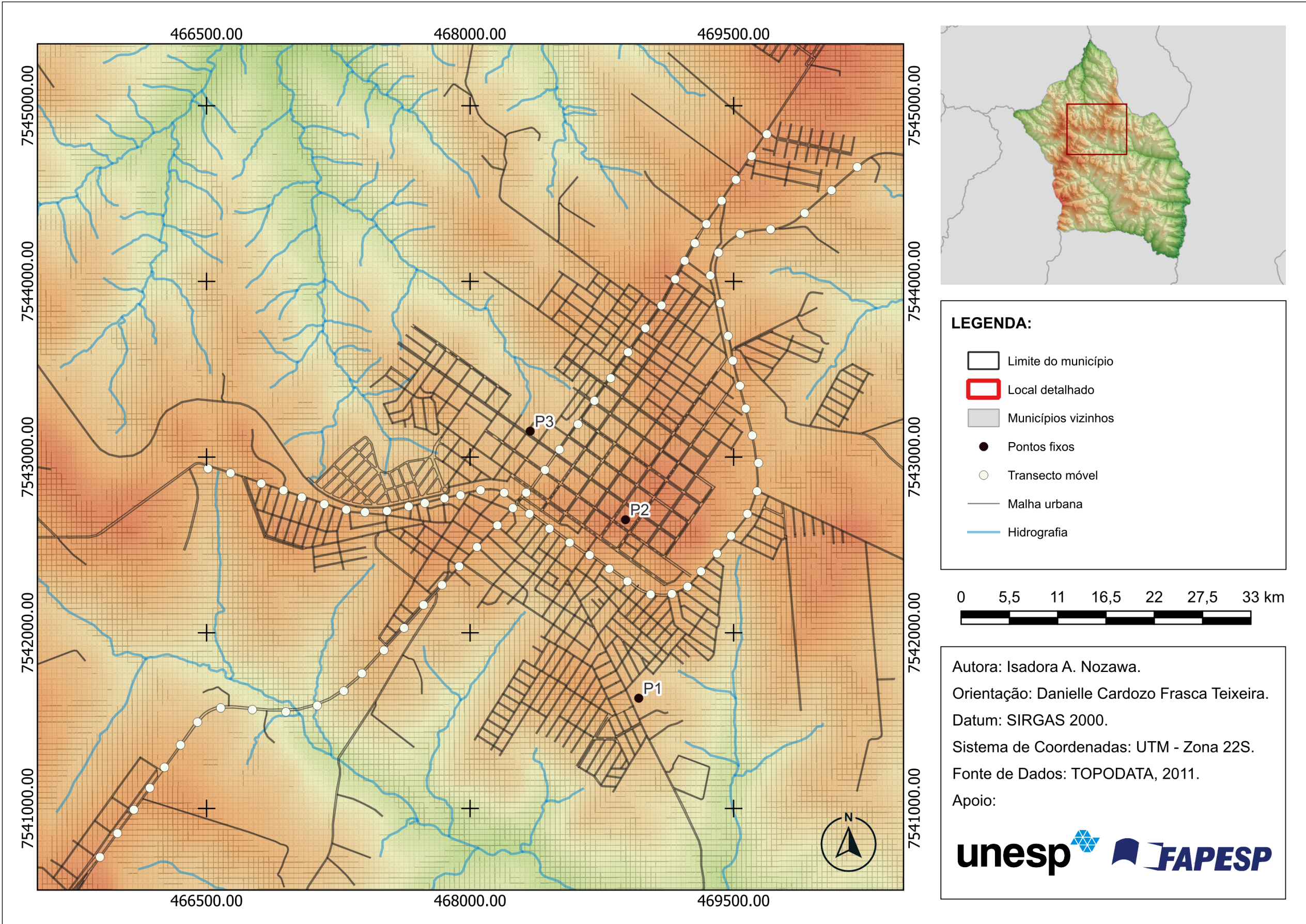
Em complementação, a Figura 31 apresenta a variação de declividade ao longo do município, conforme os critérios estabelecidos pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2006). A área municipal, está majoritariamente localizada em áreas que variam entre o plano (0 a 3%), suave ondulado (3 a 8%) e ondulado (8 a 20%). Já a malha urbana, por sua vez, está majoritariamente localizada em áreas mais planas, com declividades entre 0 e 8%. Entretanto, com a expansão urbana e a consequente implantação de novos loteamentos, observa-se a ocupação de terrenos com declividades mais acentuadas (8 a 20%).

Mapas de relevo sombreado (Figura 32) e orientação das vertentes (Figura 33) também foram elaborados para complementar a análise topográfica, permitindo a identificação de iluminação e exposição solar ao longo do município.

As Figuras 32 e 33 indicam que a área urbana, por estar situada em uma vertente predominantemente plana, encontra-se altamente exposta à radiação solar, especialmente nas áreas urbanas mais antigas, ocupadas entre 1939 e 1993 (Figura 24). Essa característica de relevo plano contribui para a maior incidência de radiação solar, uma vez que não existem elevações, como morros ou depressões que atuem de forma significativa na criação de áreas sombreadas.

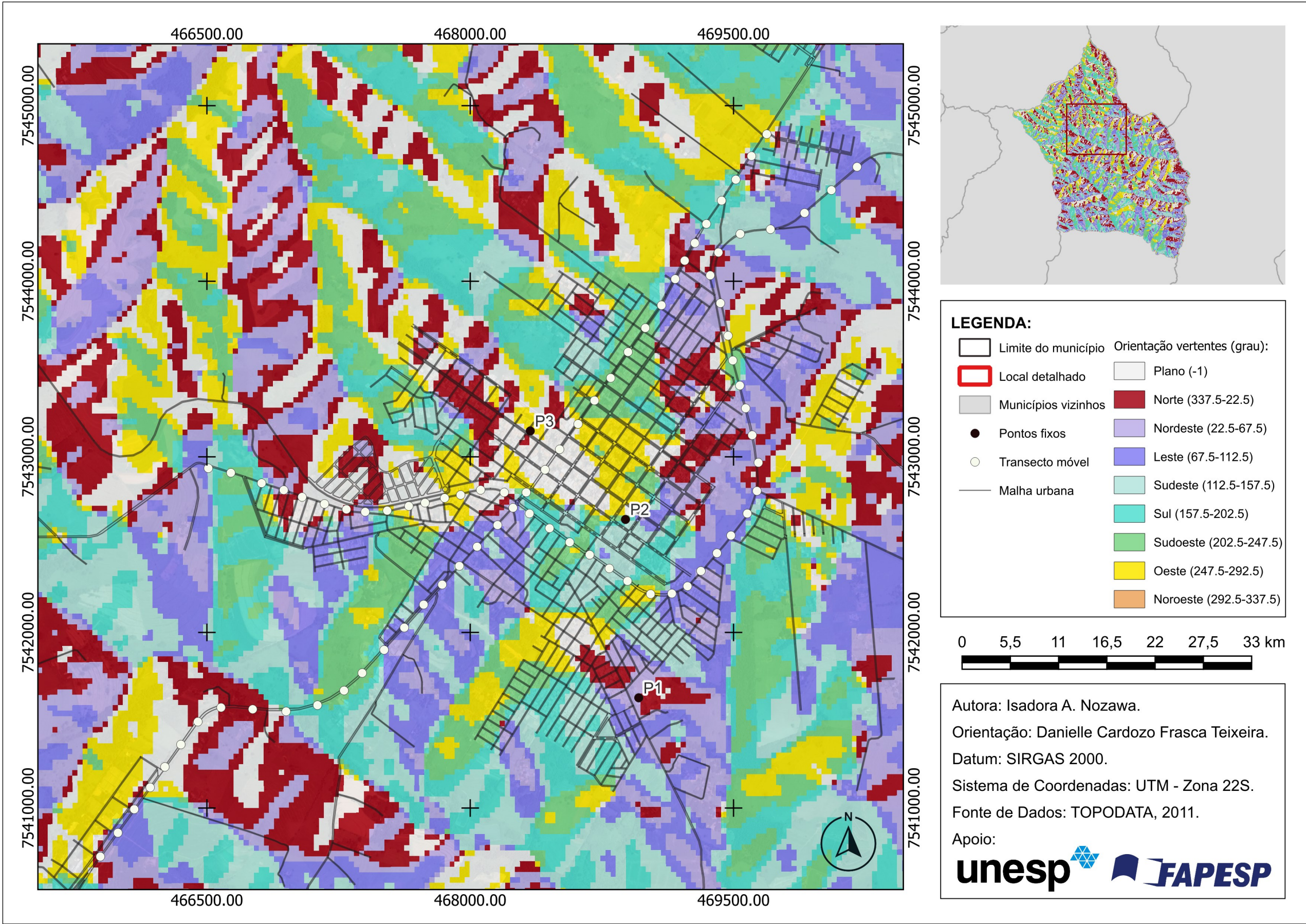
Além disso, as Figuras 32 e 33 mostram que a área central da cidade, que também corresponde ao bairro do Centro, e que por isso apresenta maior circulação de pessoas e veículos e atividades mais intensas, é particularmente mais vulnerável à radiação solar devido à uniformidade na declividade, o que favorece a absorção térmica pelas superfícies urbanas e por acentuar os efeitos das ICUs. Resultados semelhantes foram detectados por Teixeira (2019) em um estudo que envolveu cidades da região Oeste Paulista, inseridas no mesmo compartimento do planalto ocidental paulista.

Figura 32 – Mapa do Relevo Sombreado



Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Figura 33– Mapa de Orientação das Vertentes



Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

5 AS CARACTERÍSTICAS ESPACIAIS, TEMPORAIS E DE PERCEPÇÃO DO CAMPO TÉRMICO DE REGENTE FEIJÓ

5.1 Análise dos Pontos Fixos

O registro da temperatura e umidade relativa do ar através de pontos fixos é a forma mais comum de se investigar a interferência urbana nestes elementos (Amorim, 2020b). Neste estudo, foram utilizados quatro pontos fixos, sendo três localizados na malha urbana e um na zona rural próxima. Os sensores permaneceram instalados entre 22 de abril e 03 de junho de 2024. Contudo os dias de instalação e retirada foram desconsiderados para uniformidade, o que totalizou 41 dias completos de monitoramento.

Os Quadros 06 a 09 descrevem as características dos ambientes em que os pontos fixos foram instalados, destacando aspectos relevantes para a compreensão das dinâmicas locais. Já a Figura 34 apresenta os resultados da espacialização da intensidade das ilhas de calor urbana e os gráficos da análise rítmica referentes ao período de monitoramento climático que serão considerados também nas intensidades alcançadas pelos transectos móveis e índice de conforto térmico.

Quadro 06 – Descrição do Ponto 01**Ponto 01 – Limite da malha urbana.**

Endereço: Rua Capitão Francisco Whitaker, Bairro Nosso Teto II, CEP: 19570-000, Regente Feijó-SP.

Coordenadas geográficas: 468960.31 m E; 7541628.77 m S.

Altitude: 482 metros.

Localização na malha urbana: sudeste.

Densidade de Construção: Densidade baixa.

Orientação da vertente: nordeste.

Características do local: edifício institucional ao qual abriga a Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais (APAE) de Regente Feijó. O sistema previamente montado foi instalado em um poste de madeira que compõe a cerca na parte dos fundos da instituição. Este local é caracterizado por ser um ambiente aberto (sem a presença de cobertura, vegetação ou edifícios que possam sombrear o equipamento), onde o solo é coberto por vegetação do tipo gramínea.

Características do entorno: bairro de uso misto, mas apesar de possuir alguns comércios e serviços, o uso predominante é o residencial. As construções possuem de um a dois pavimentos e as coberturas são de telhas cerâmicas ou fibrocimento. No entorno não existem canteiros centrais, sendo que a vegetação nas calçadas é menor, quando comparada aos demais pontos. Além do mais, próximo à instituição, está implantado um dos conjuntos habitacionais do município.

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Quadro 07 – Descrição do Ponto 02**Ponto 02 – Área correspondente ao centro.**

Endereço: Avenida José Bonifácio, Bairro Centro, CEP: 19570-000, Regente Feijó-SP.

Coordenadas geográficas: 468883.30 m E; 7542643.74 m S.

Altitude: 514 metros.

Localização na malha urbana: leste.

Orientação da vertente: sudeste.

Densidade de Construção: Densidade alta.

Características do local: trata-se de um edifício residencial de um pavimento, com cobertura de telha cerâmica e paredes de alvenaria tradicional. O sistema previamente montado foi instalado em um poste de madeira presente no quintal dos fundos da residência. Este local é caracterizado por ser um ambiente aberto (sem a presença de cobertura, vegetação ou edifícios que possam sombrear o equipamento), onde o solo encontra-se parcialmente exposto e coberto em parte por vegetação do tipo gramínea.

Características do entorno: bairro de uso misto, onde há a presença de residências, mas o uso predominante é de comércio e serviços. A região é classificada por apresentar alta densidade, sendo que as construções do entorno possuem de um a dois pavimentos e as coberturas são de telhas cerâmicas ou fibrocimento. Todas as quadras são caracterizadas por apresentarem arborização na maior parte de suas calçadas e as residências possuem quintais. Além disso, há a presença de canteiros centrais com vegetação arbustiva nas ruas e duas das principais praças do município e a antiga Estação Ferroviária se encontram próximas ao local. Embora a quantidade de vegetação no entorno pareça expressiva, o índice de NDVI na região é em sua maioria classificada como “não saudável” (0,01 a 0,27).

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Quadro 08 – Descrição do Ponto 03**Ponto 03 – Próximo ao centro.**

Endereço: Rua Martins Francisco, Bairro Jardim Tênis Clube, CEP: 19570-000, Regente Feijó-SP.

Coordenadas geográficas: 468340.31 m E; 7543145.94 m S.

Altitude: 482 metros.

Localização na malha urbana: norte.

Densidade de Construção: Densidade alta.

Orientação da vertente: plano.

Características do local: edifício residencial de dois pavimentos (térreo + porão) localizado à menos de 200m do Centro do município. A residência possui um pé-direito de 2,70m, sendo as paredes e a laje pintadas com tinta acrílica na cor branca, enquanto o piso e as telhas são cerâmicos.

Características do entorno: bairro residencial, de um a dois pavimentos, sendo que os terrenos são amplos (acima de 200m²), o que permite com que as residências possuam quintais maiores. Em relação às coberturas das edificações, destaca-se o predomínio de telhas cerâmicas ou fibrocimento. O entorno possui a presença de vazios urbanos (decorrentes, principalmente, dos novos loteamentos). Há arborização na maior parte das calçadas, sendo que as ruas também são providas de canteiros centrais com vegetação arbustiva. Da mesma forma como ocorre no Ponto 02, apesar da quantidade de vegetação no entorno pareça expressiva, o índice de NDVI na região é em sua maioria classificada como “não saudável” (0,01 a 0,27).

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Quadro 09 – Descrição do Ponto 04**Ponto 04 – Rural próximo.**

Endereço: Estrada Rural no prolongamento da Rua Eichi Nozawa, CEP: 19570-000, Regente Feijó-SP.

Coordenadas geográficas: 470584.11 m E; 7543284.22 m S.

Altitude: 478 metros.

Localização na malha urbana: nordeste.

Densidade de Construção: Densidade baixa.

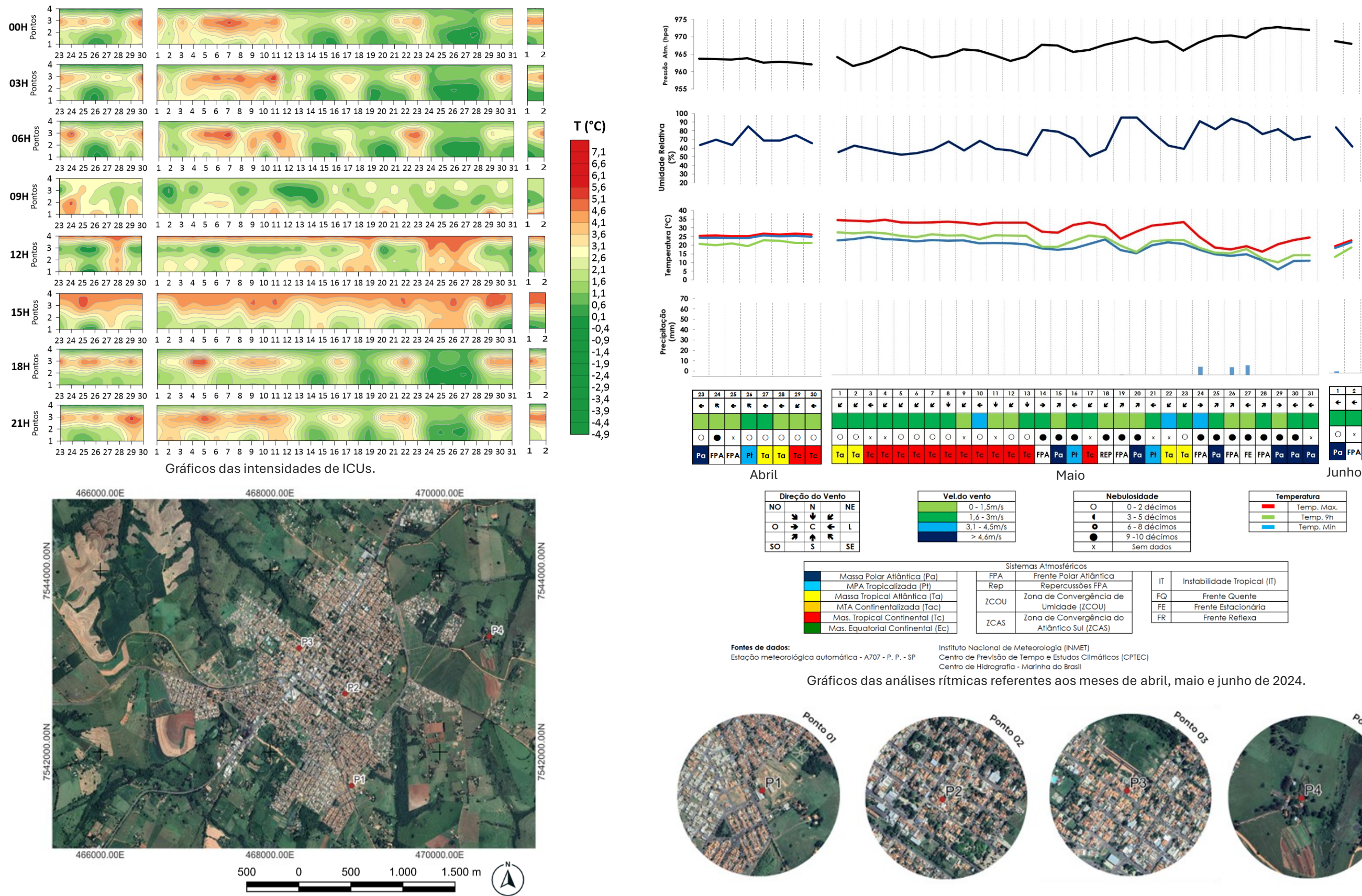
Orientação da vertente: nordeste.

Características do local: sítio de um pavimento, localizado à cerca de 250m do bairro mais próximo e à 1,80km do Centro do município. O sistema previamente montado foi instalado em um poste de madeira presente na área dos fundos. Este local é caracterizado por ser um ambiente aberto (sem a presença de cobertura, vegetação ou edifícios que possam sombrear o equipamento), onde o solo é coberto por vegetação do tipo gramínea, estando presentes também culturas arbustivas.

Características do entorno: área rural, onde há o predomínio de áreas permeáveis e atividades destinadas à agricultura e pastagens, só que mais voltadas à produção familiar (em menores escalas). As poucas edificações possuem telhas cerâmicas ou fibrocimento, e a arborização é de média a grande porte (índice de NDVI de 0,27 a 0,54). Outro ponto que se destaca é a expansão urbana, principalmente voltada a áreas residências, o que está provocando a proximidade da área urbana com a rural.

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Figura 34 - Modelagem da intensidade das Ilhas de Calor Urbanas (ICUs) e gráficos da análise rítmica



Nota-se que a massa de ar predominante durante o período de monitoramento foi a Tropical Continental (Tc). Segundo Mendonça e Danni-Oliveira (2007), essa massa se caracteriza como um bolsão de ar com propriedades específicas, que se desloca e interage com o ar de outras regiões. Formada em condições atmosféricas de contraste, a Tc apresenta características de calor e baixa umidade, limitada, basicamente, às faixas de instabilidade das frentes.

Outra massa de ar que se destacou durante o período de monitoramento foi a Polar Atlântica (Pa), conhecida por sua forte subsidência, alta umidade relativa e temperaturas mais baixas (Barbosa, 2009). Essa massa, frequentemente associada à Frente Polar Atlântica (FPA) e suas repercussões (Rep), contribui para a ocorrência de instabilidade atmosférica, promovendo alterações no padrão climático regional (Mendonça; Danni-Oliveira, 2007).

Os dados climáticos registrados durante o período de análise refletiram as variações da dinâmica atmosférica. Assim, a temperatura oscilou entre 6,5°C às 7h no dia 29 de maio de 2024 até 34,7°C às 15h no dia 1 de maio de 2024. Já a umidade relativa do ar variou de 25% no dia 5 de maio de 2024 a 98% no dia 26 de maio de 2024, dia este que foi marcado por uma precipitação acumulada de quase 10 mm.

Em relação às intensidades das ICUs, a maior intensidade registrada como 7,2°C, classificada como de “Muito Forte” magnitude (Fernández Garcia, 1996), ocorreu no Ponto 03 (Próximo ao Centro) às 18h do dia 5 de maio de 2024, em um contexto de atuação da massa Tc. Esse período, caracterizado como quente e seco (Mendonça; Danni-Oliveira, 2007), apresentou temperatura máxima de 33,9°C e umidade relativa instantânea de apenas 26%, condições típicas dessa massa de ar que intensificam o desconforto térmico.

Nesse contexto, observa-se que o Ponto 04 (Rural Próximo) apresenta intensidades mais elevadas durante o período vespertino, especialmente às 12h e às 15h. No entanto, às 18h, no início do período noturno, essa tendência se inverte. Assim, a partir desse horário, os Pontos 02 e 03, localizados no centro e próximo ao centro, respectivamente, exibem intensidades mais altas ao longo de toda a noite, com esse panorama se estendendo até o início da manhã do dia seguinte, por volta das 6h.

Esse comportamento é característico das ICUs, nas quais as áreas rurais tendem a apresentar temperaturas mais baixas em comparação às urbanas, em especial

no período noturno (Amorim, 2020b). Isso ocorre, principalmente, devido à desigual distribuição de vegetação entre essas regiões. Conforme ilustrado no mapa de NDVI na Figura 27, a zona rural exibe índices significativamente superior aos das áreas urbanas, onde a vegetação, em muitos casos, é praticamente inexistente.

Conforme explica Romero (2015), a vegetação possui menor capacidade calorífica e condutibilidade térmica em comparação aos materiais de construção. Além disso, a radiação solar é majoritariamente absorvida pelas folhas, devido ao seu baixo albedo, e a taxa de evaporação nas áreas vegetadas tende a ser mais elevada, contribuindo então, para a redução das temperaturas locais.

Em complementação, Amorim, Sant'anna Neto e Monteiro (2013) destacam que, na zona rural, o comportamento térmico segue um padrão característico. Após o pôr do sol, a superfície resfria rapidamente, com uma queda de temperatura de aproximadamente 2°C a 3°C. Esse fenômeno ocorre porque a superfície drena energia radiativa, retirando calor da fina camada de ar estável logo acima. Conforme a temperatura diminui, a taxa de emissão radiativa também se reduz, o que provoca uma desaceleração gradual no resfriamento à medida que a noite avança. Assim, a temperatura do ar rural continua a cair progressivamente até o nascer do sol.

No que diz respeito ao Ponto 01, localizado em uma área de limite urbano, as intensidades das ICUs foram menores em comparação aos Pontos 02 e 03, situados mais ao centro da malha urbana. Desse modo, a intensidade máxima registrada nesse ponto foi de 3,8°C, classificada como de magnitude “Moderada” (Fernández Garcia, 1996), observada às 21h do dia 02 de maio de 2024. Data esta que sucedeu o dia com a temperatura mais elevada registrada durante o período de monitoramento.

Percebe-se, ainda, que o Ponto 01 apresentou intensidades mais elevadas de ICUs apenas durante o período caracterizado por condições quentes e secas, especialmente entre 28 de abril e 13 de maio de 2024, quando predominava a atuação da massa Tc.

Por fim, ressalta-se que, durante os períodos de instabilidade causados pela atuação da massa Pa e frentes frias, as intensidades das ICUs apresentaram valores mais baixos e homogêneos entre as áreas rurais e centrais. Esse comportamento foi mais evidente nos dias de precipitação (24, 26 e 27 de maio de 2024), corroborando episódios

semelhantes relatados por Silva (2017) e Teixeira (2019), que também observaram a influência moderadora de condições atmosféricas instáveis sobre a distribuição térmica.

5.2 Análise dos Transectos Móveis

Neste trabalho, foram realizados três transectos móveis nos dias 1, 7 e 31 de maio de 2024, no intervalo das 20h40 às 21h40. Segundo Rodríguez *et al.* (2020), a coleta de dados por transectos móveis apresenta diversas vantagens, como facilidade e agilidade de execução e baixo custo durante o período de medição. Além disso, essa metodologia contribui para identificar locais representativos, fundamentais para o desenvolvimento de estratégias de planejamento urbano mais eficazes.

As Figuras 35 a 37 organizam os dados intensidade das ICUs, os gráficos que relacionam a temperatura do ar e altitude dos pontos e as feições de cada um dos percursos dos transectos móveis.

A análise dos gráficos contidos nas Figuras 35 a 37 revela que a altitude nos percursos variou em 57 metros, com o ponto mais baixo sendo o Ponto 10 (451 m) e o mais alto, o Ponto 31 (508 m). Em relação às temperaturas do ar registradas durante os transectos móveis, no dia 1 de maio de 2024, elas oscilaram entre 23,9°C no Ponto 11 e 26,9°C no Ponto 28. No dia 07 de maio de 2024, a variação foi de 22,9°C no Ponto 12 a 29,6°C no Ponto 01. Já no dia 31 de maio de 2024, as temperaturas variaram de 11,8°C no Ponto 11 a 18,8°C no Ponto 01.

As intensidades das ICUs classificadas de acordo com Fernández-Garcia (1996) foram de: “Forte” magnitude no transecto móvel em 01 de maio de 2024 e “Muito forte” magnitude nos transectos dos dias 07 e 31 de maio de 2024.

Em relação à ventilação, nos dias 01 e 07 de maio de 2024, a velocidade do vento no horário das medições foram de 3,1 m/s e 3 m/s, respectivamente, com direção predominante nordeste (NE). Já no dia 31 de maio de 2024, a velocidade foi de 2,1 m/s, com direção predominante leste (L). Nesses dias, foram constatadas a atuação da massa tropical atlântica (Ta) no dia 01, massa Tc no dia 07 e a massa Pa em 31 de maio de 2024.

Dessa forma, ao relacionarmos as intensidades das ICUs com as massas de ar atuantes, observa-se que a massa Tc, conforme mencionado no subcapítulo anterior e

reforçado por Araújo *et al.* (2010), está diretamente associada ao aumento das temperaturas, à diminuição da umidade relativa do ar e à queda na pressão atmosférica, fatores que intensificam os efeitos negativos da ilha de calor, como o desconforto térmico. Por outro lado, a massa Ta é caracterizada pela alta temperatura e umidade que adiciona à atmosfera (Mendonça e Danni-Oliveira, 2007), enquanto a massa Pa, embora associada a temperaturas mais baixas, também pode contribuir para o aumento das intensidades das ICUs, gerando impactos significativos sobre o clima local.

Conforme exposto no estudo de Amorim (2020b), durante o monitoramento realizado entre junho de 2015 e fevereiro de 2016 na cidade de Presidente Prudente (SP), as magnitudes das ilhas de calor classificadas como “Forte” (entre 4°C e 6°C) e “Muito Forte” (acima de 6°C) foram observadas sob condições de baixa velocidade do vento e ausência de precipitação, ocorrendo predominantemente no período noturno (entre 18h e 6h). Essas intensidades foram associadas principalmente à atuação das massas de ar Pa e Ta.

A partir das análises das cartas isométricas geradas por meio da espacialização e modelagem dos dados coletados, destacam-se quatro áreas de interesse, que estão também representadas nas Figuras 35 a 37.

Dessa forma, observa-se que a região sudoeste (Destaque A) apresentou as menores intensidades de ilhas de calor, o que pode ser atribuído à sua característica de fundo de vale (correspondente ao Ponto 10, que registrou a altitude mais baixa durante o percurso do transecto móvel). Além disso, essa área é predominantemente permeável e arborizada, o que resulta em índices de NDVI mais elevados (Figura 27).

As maiores intensidades de ilhas de calor foram observadas nas regiões norte (Destaque C) e central (Destaque B), respectivamente. Ambas as regiões são caracterizadas por apresentarem alta densidade construtiva (Figura 26), sendo que o Destaque B é caracterizado por ser uma zona residencial, enquanto o Destaque C é uma zona mista (comércios e residências). Essas também foram as regiões com os piores índices de NDVI dentro da malha urbana (Figura 27), com vegetações inexistentes ou não saudáveis.

Já a região leste (Destaque D) registrou intensidades de ICUs superiores a 5°C, sendo classificadas como de magnitude “Forte” (Fernández-Garcia, 1996). Embora essa área tenha sido classificada como de baixa densidade (Figura 26) e esteja próxima a um

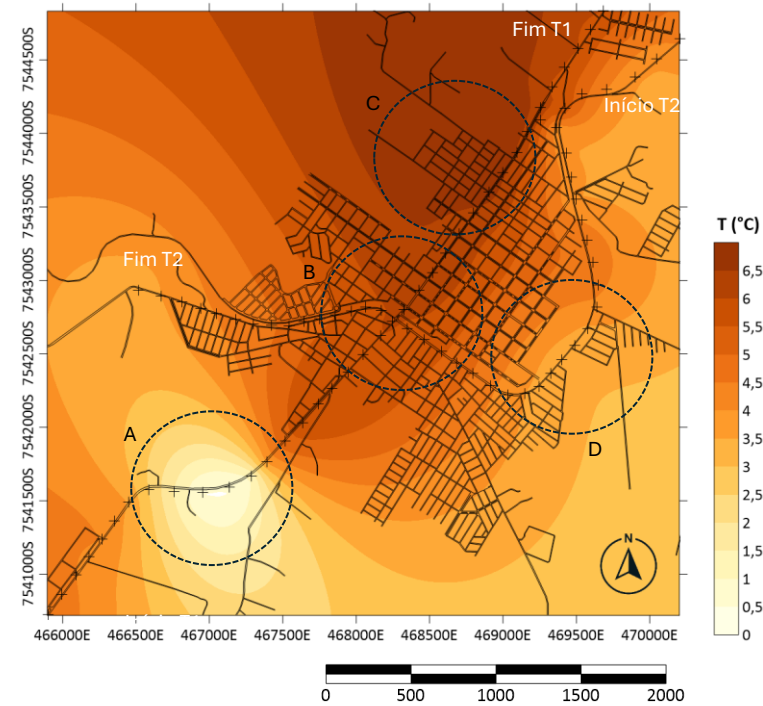
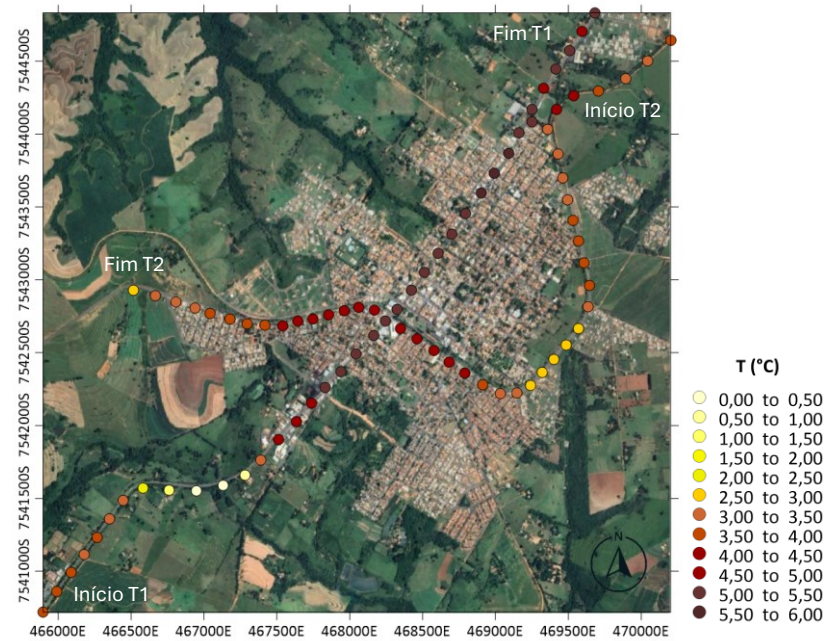
dos limites urbanos da cidade, ela é caracterizada como uma zona de expansão urbana, onde novos loteamentos estão em andamento.

A comparação dos resultados com os vistos na literatura é destacada. Nesse contexto, Dorigon e Amorim (2019) destacam o papel fundamental do relevo na distribuição das temperaturas do ar. Em seu estudo realizado no município de Paranaíba (PR), citado anteriormente, as autoras observaram uma amplitude térmica de 7°C tanto no verão quanto no inverno. As menores temperaturas foram registradas em regiões de fundo de vale, que apresentavam uma maior cobertura vegetal arbórea, enquanto as maiores temperaturas ocorreram na área central do município, onde a densidade de construções era mais alta e a vegetação, mas escassa.

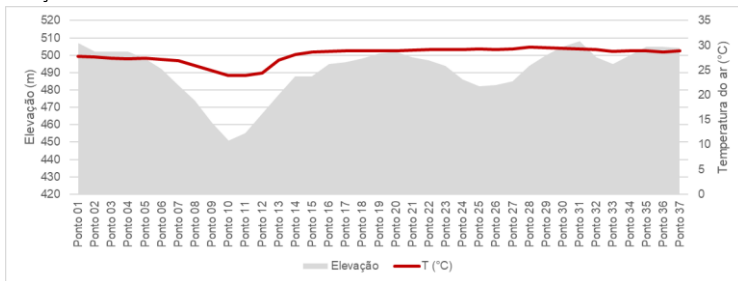
No estudo de Ortiz-Porangaba *et al.* (2021) realizado na cidade de Três Lagoas (MS), a intensidade da ilha de calor apresentou uma magnitude forte, com uma diferença térmica de 5°C. Nesse estudo, as áreas urbanizadas e com solo exposto, como terrenos vazios e ruas sem pavimentação, apresentaram as maiores temperaturas em comparação com as áreas de fragmentos florestais e cobertura arbórea.

Por fim, a tese de Teixeira (2019) analisou três municípios de pequeno porte próximos à área do presente estudo, foram eles: Presidente Venceslau (SP), Santo Anastácio (SP) e Álvares Machado (SP), onde foram identificadas intensidades de ilhas de calor de 11°C, 6°C e 6°C, respectivamente. O estudo reforçou que a forma, intensidade e magnitude das ilhas de calor refletem diretamente o conjunto de fatores naturais e antropogênicos presentes em cada região.

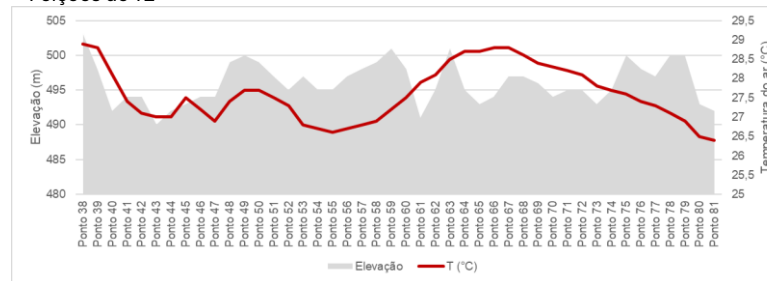
Figura 35 – Transecto móvel 01 (01/05/2024)



Feições do T1



Feições do T2



Legendas:

- Pouco pavimentada: Vegetação rasteira e arbórea esparsa.
- Área comercial/ institucional: Vegetação esparsa; Pouco pavimentada.
- Área de uso misto: Vegetação esparsa; Vazios urbanos.
- Área de alto padrão construtivo: Vegetação rasteira e arbórea esparsa; Pouco pavimentada.
- Área residencial: Vegetação esparsa; Pouco pavimentada; Vazios urbanos.
- Área industrial: Vegetação rasteira e arbórea.
- Área de uso misto: Vegetação esparsa; Densamente pavimentada.

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.



Destaque A



Destaque B

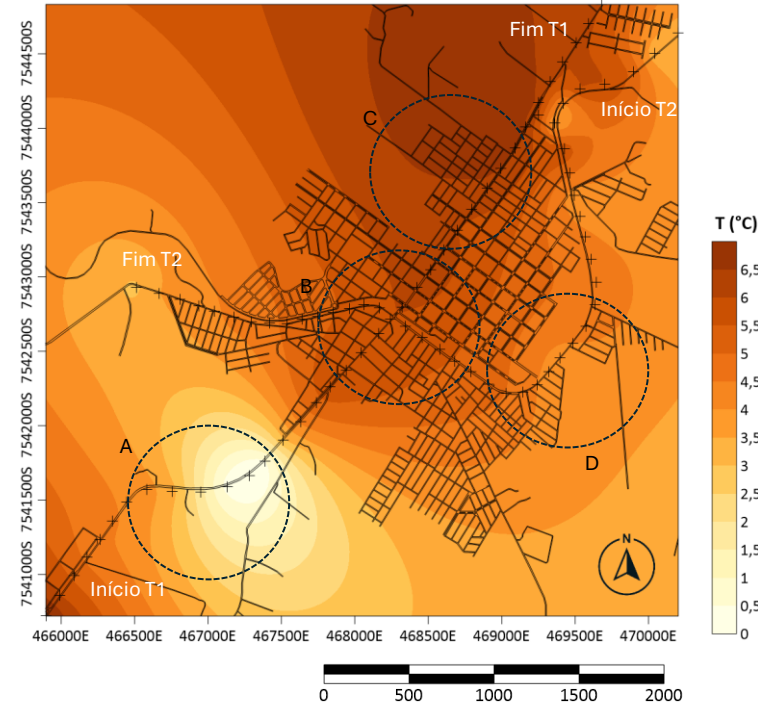
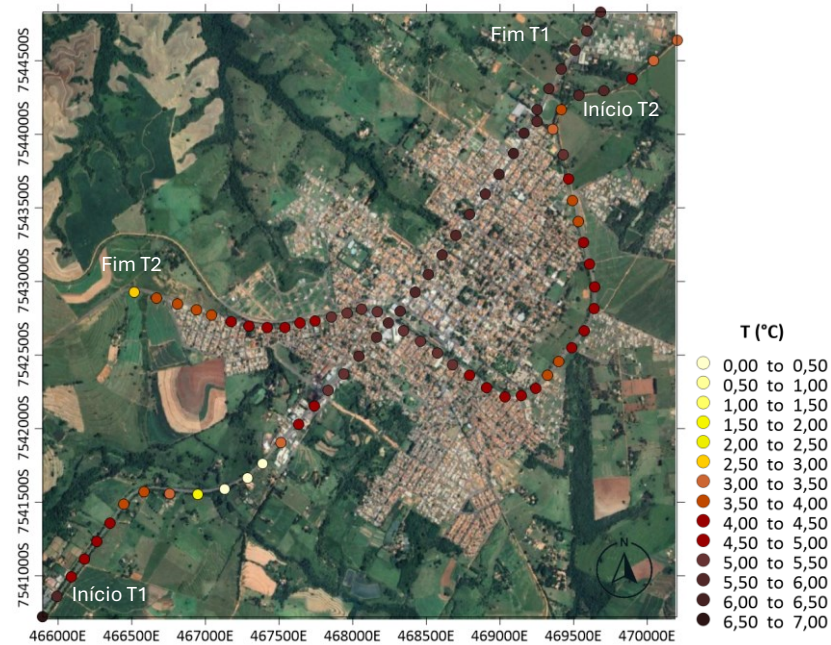


Destaque C



Destaque D

Figura 36 – Transecto móvel 02 (07/05/2024)



Destaque A



Destaque B

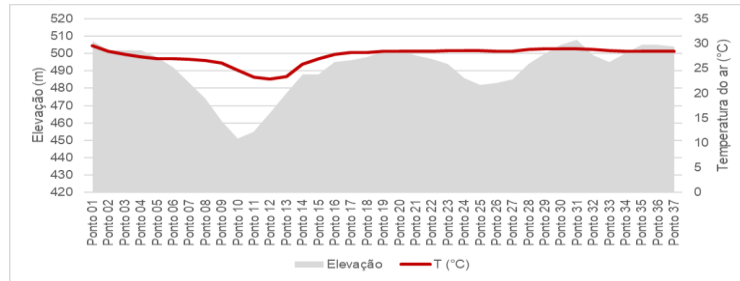


Destaque C

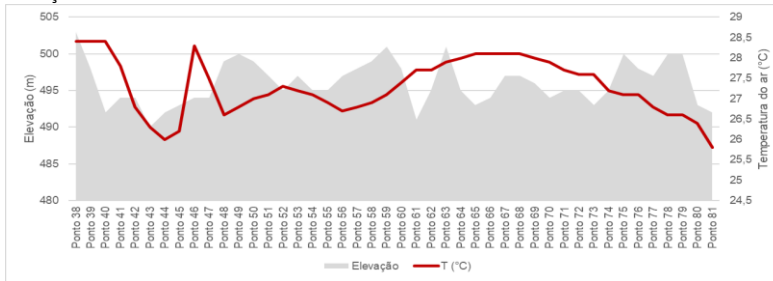


Destaque D

Feições do T1



Feições do T2

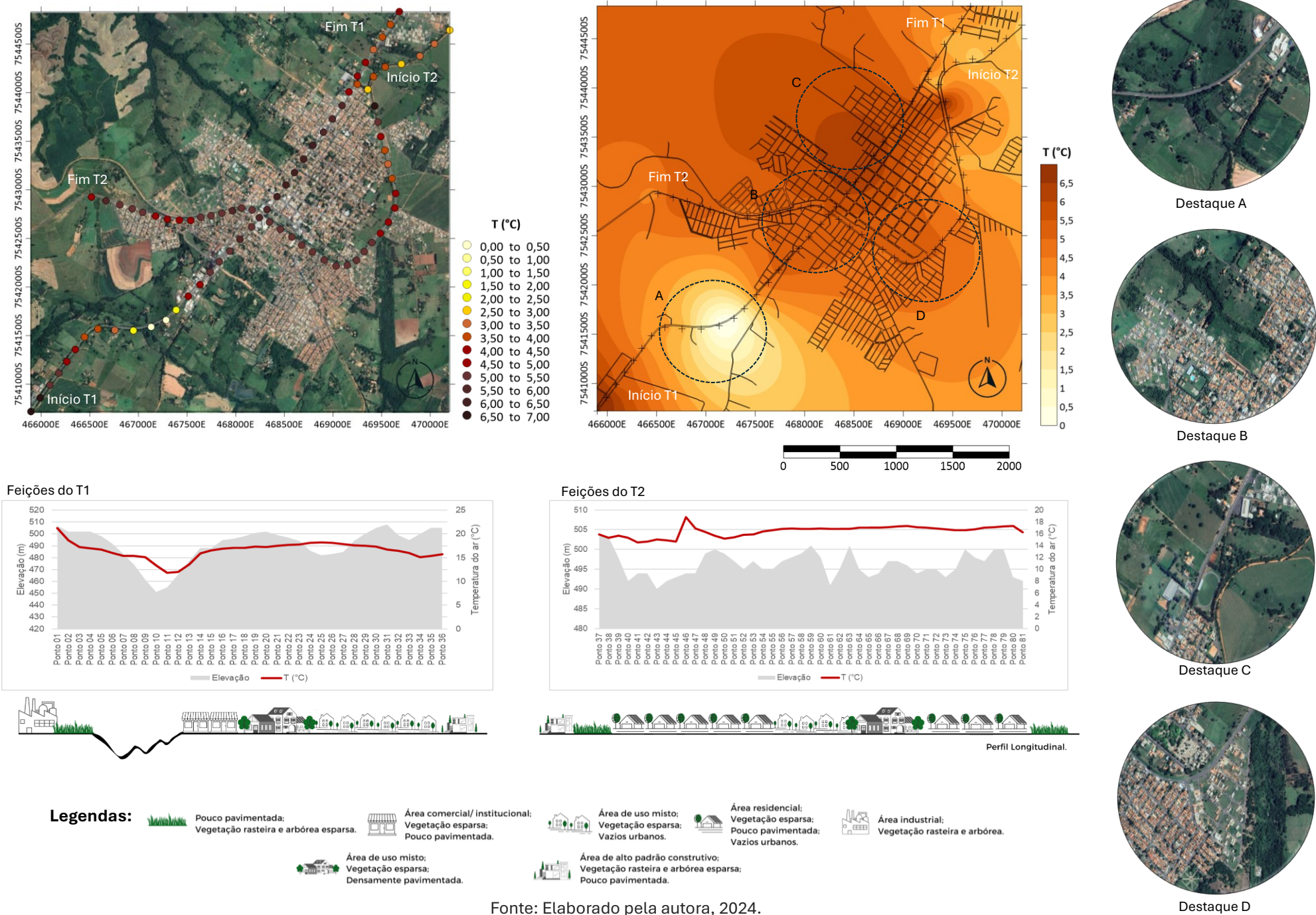


Perfil Longitudinal.

Legendas:

- Pouco pavimentada; Vegetação rasteira e arbórea esparsa.
- Área comercial/ institucional; Vegetação esparsa; Pouco pavimentada.
- Área de uso misto; Vegetação esparsa; Vazios urbanos.
- Área de alto padrão construtivo; Vegetação rasteira e arbórea esparsa; Pouco pavimentada.
- Área residencial; Vegetação esparsa; Pouco pavimentada; Vazios urbanos.
- Área industrial; Vegetação rasteira e arbórea.
- Área de uso misto; Vegetação esparsa; Densamente pavimentada.

Figura 37 – Transecto móvel 03 (31/05/2024)



Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

5.3 Índice de Conforto Térmico (ICT)

Para o Índice de Conforto Térmico (ICT) foram utilizados os dados de temperatura e umidade relativa do ar coletados nos pontos fixos durante os 41 dias de monitoramento. A Figura 38 reforça a localização dos pontos fixos dentro da malha urbana do município, enquanto que a Figura 39, apresenta os ICT obtidos em cada um desses pontos fixos.

Figura 38 – Localização dos pontos fixos .



Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Figura 39 – Índice de Conforto Térmico nos Pontos Fixos

	DIA/HORÁRIO	00H	01H	02H	03H	04H	05H	06H	07H	08H	09H	10H	11H	12H	13H	14H	15H	16H	17H	18H	19H	20H	21H	22H	23H	MÉDIA
ABRIL	23	23,5	23,3	22,8	22,4	22,3	22,5	21,8	22,7	25,0	26,4	27,5	28,7	29,2	29,7	29,9	29,8	28,9	28,4	27,6	26,6	26,2	26,1	24,8	24,5	25,9
	24	24,1	24,4	23,9	24,0	21,3	21,2	21,6	21,2	21,7	26,0	27,0	29,4	29,8	29,8	29,4	29,4	29,1	28,1	26,6	25,8	24,7	24,1	23,6	23,2	25,4
	25	22,7	22,3	22,1	21,9	21,6	21,5	21,5	21,4	22,2	23,9	27,0	28,0	28,8	29,2	29,2	29,4	29,2	28,4	27,5	27,1	25,3	24,4	23,9	23,6	25,1
	26	23,0	22,5	22,1	21,9	21,2	20,9	20,6	20,4	22,5	24,2	25,4	26,9	28,2	29,4	29,5	29,7	29,6	28,9	27,9	27,1	26,1	25,1	24,4	23,9	25,1
	27	23,8	23,1	23,3	23,0	22,8	22,9	22,0	21,8	24,4	26,2	28,1	29,3	30,0	30,6	30,7	30,9	29,9	29,3	28,5	27,7	27,1	26,8	26,7	26,1	26,5
	28	25,6	25,1	25,4	24,9	24,5	24,5	24,1	24,3	24,5	26,0	25,7	26,2	25,6	26,3	27,7	28,2	29,0	29,3	28,6	27,6	26,9	26,5	25,4	24,5	25,3
	29	25,1	24,8	24,7	24,7	24,0	22,5	22,0	22,5	24,8	26,8	28,3	29,0	29,9	30,4	30,5	30,5	30,1	29,2	28,4	27,5	26,9	26,4	25,8	24,9	26,6
	30	24,3	22,7	22,7	23,9	22,6	22,9	22,9	23,3	25,0	26,3	27,4	28,8	30,2	30,5	30,6	30,7	30,1	29,3	28,5	27,9	26,5	26,5	25,6	25,2	26,4
	1	24,5	23,5	23,2	24,2	24,1	24,1	23,5	23,0	25,0	27,1	28,1	29,2	29,5	30,5	30,5	30,5	30,3	30,2	29,5	28,6	28,0	27,4	27,2	25,8	25,9
	2	25,9	25,6	25,3	25,2	24,9	24,6	24,1	23,8	25,0	26,6	27,8	29,1	30,0	30,6	30,6	31,1	29,7	29,1	28,3	27,6	27,4	27,2	27,0	25,2	27,2
MAIO	3	25,2	25,0	25,4	25,2	25,2	25,2	23,8	23,4	24,3	25,5	28,0	28,9	30,1	30,5	30,5	30,4	30,0	29,2	28,5	27,6	27,0	26,9	26,8	26,8	27,1
	4	26,6	26,2	25,8	24,2	24,0	24,2	23,7	23,9	26,7	27,1	27,7	29,0	29,6	30,2	31,1	31,0	30,3	29,4	28,3	27,6	26,1	25,3	24,4	24,1	26,9
	5	23,7	24,3	24,2	23,4	22,7	22,2	21,3	21,7	23,6	25,2	27,0	28,2	29,3	30,0	30,0	30,0	29,5	28,5	27,4	26,2	25,6	24,0	23,4	23,6	25,6
	6	23,0	22,4	22,4	22,4	21,7	22,0	21,6	21,3	23,1	25,0	26,5	27,8	28,6	29,5	29,8	29,8	29,3	28,5	27,5	26,7	26,5	25,8	24,0	23,2	25,3
	7	22,9	21,9	22,1	21,8	22,3	22,1	22,2	22,6	24,1	26,1	28,1	28,9	29,6	30,1	30,1	30,3	29,7	28,9	28,1	26,9	26,3	26,2	25,7	24,5	25,9
	8	23,2	23,0	23,7	23,4	23,3	23,8	23,4	23,2	24,2	25,5	27,1	27,7	28,8	29,3	30,5	30,3	29,7	29,1	27,7	27,0	26,6	26,0	25,4	25,9	26,2
	9	24,7	24,1	24,1	23,8	23,3	23,6	23,0	23,0	24,4	26,2	27,4	28,0	29,3	29,7	29,6	29,9	29,0	28,4	27,0	26,2	25,5	23,7	24,4	23,8	25,9
	10	23,4	23,2	22,5	22,0	21,4	20,2	19,2	18,9	21,2	23,7	25,7	27,0	27,9	29,1	29,1	29,0	28,9	27,9	26,7	26,2	25,4	25,1	24,3	24,3	24,7
	11	24,3	22,6	21,7	22,2	22,5	21,9	21,4	22,1	24,9	26,8	27,1	28,0	29,2	29,7	30,0	29,1	29,6	28,2	27,3	26,6	26,3	25,9	25,4	24,9	25,7
	12	24,5	24,0	23,4	23,0	23,0	22,6	22,7	22,3	23,6	24,9	26,6	28,2	29,1	29,8	29,8	30,3	29,9	28,4	27,2	25,9	25,8	25,5	24,7	24,2	25,8
JUNHO	13	23,7	23,3	23,0	23,1	22,4	21,1	21,5	21,5	23,5	24,8	26,3	28,0	29,5	30,0	30,5	30,4	30,0	28,5	27,4	26,6	26,1	25,8	25,1	24,0	25,7
	14	23,4	22,5	21,8	21,2	20,6	19,8	19,4	19,1	20,1	20,9	22,3	23,1	24,5	25,9	26,5	26,7	26,2	25,0	23,4	22,5	21,9	21,0	20,3	19,7	22,4
	15	19,4	19,5	19,2	19,0	19,1	18,6	18,5	18,4	19,5	21,7	22,7	22,9	25,2	26,0	26,8	26,3	26,0	24,9	23,4	22,3	21,6	21,1	20,8	20,2	21,8
	16	19,5	19,3	19,0	18,7	18,3	17,9	17,7	17,5	20,2	21,8	23,9	26,3	27,2	28,2	28,7	28,6	28,8	27,6	26,9	26,1	25,0	24,0	23,3	23,1	23,2
	17	22,9	23,2	23,2	23,5	22,5	22,4	23,2	23,0	24,5	25,1	26,7	27,9	29,3	29,5	30,0	30,0	29,7	28,8	27,8	26,8	26,6	26,7	26,5	25,7	26,1
	18	25,0	25,1	24,4	24,2	24,3	24,3	23,7	23,4	23,6	24,1	25,5	27,5	28,9	29,5	29,8	29,7	29,4	27,8	27,1	25,9	24,9	24,4	23,9	23,4	25,8
	19	22,8	22,7	22,2	21,5	21,3	20,8	20,2	20,2	21,0	21,6	23,0	24,2	24,1	23,1	22,9	21,9	21,0	20,5	20,2	19,9	19,5	19,2	18,7	18,6	21,3
	20	18,6	18,6	18,3	18,3	18,2	17,6	17,2	16,9	18,5	20,9	22,3	23,8	25,5	25,6	26,2	26,3	26,6	25,0	23,9	23,0	21,6	21,0	20,7	20,5	21,3
	21	20,1	19,7	19,8	19,6	19,3	19,2	18,9	18,9	20,6	22,2	24,6	26,3	26,5	27,8	27,4	28,1	28,3	27,6	25,0	23,7	22,9	22,2	21,9	21,5	23,0
	22	21,2	20,8	20,0	19,8	20,2	20,4	20,5	20,2	22,4	23,8	25,6	26,9	27,6	28,2	29,1	28,9	28,8	27,7	26,7	25,9	25,1	24,8	23,6	23,3	24,2
	23	23,1	22,8	22,4	22,7	22,3	21,7	21,3	20,6	22,2	23,6	25,2	26,5	27,9	29,0	29,4	29,6	29,1	28,3	27,4	26,4	26,2	25,7	24,7	24,0	25,1
	24	24,2	23,2	23,2	22,7	22,4	22,0	22,0	21,1	20,8	20,4	19,6	19,9	19,9	20,9	22,1	22,4	22,1	21,9	21,1	20,2	19,5	18,8	18,9	18,6	21,2
	25	18,2	18,1	17,8	17,5	17,1	17,0	16,6	16,1	16,4	17,9	19,6	19,8	20,1	19,9	20,5	20,1	20,0	19,6	18,9	18,5	18,1	17,6	17,1	16,9	18,3
	26	16,6	16,5	16,3	16,3	16,2	16,1	16,3	16,4	16,8	17,7	18,2	18,4	18,4	18,4	19,1	18,7	18,4	18,3	18,2	18,0	17,8	17,8	17,7	17,7	17,5
	27	17,5	17,6	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,8	18,2	19,0	19,9	20,4	20,2	20,5	20,0	19,6	18,8	17,6	17,4	16,9	16,0	15,4	15,7
	28	15,0	14,6	14,5	14,4	14,3	14,1	14,0	13,8	14,3	15,5	16,1	16,7	17,0	17,2	19,1	18,9	18,6	17,0	15,4	14,1	13,4	13,3	13,0	12,7	15,3
	29	12,6	12,2	11,7	11,2	10,6	10,3	9,9	10,5	13,8	16,1	17,5	18,4	19,9	20,6	21,6	21,9	21,2	19,6	18,3	16,7	16,1	15,7	15,2	14,8	15,7
	30	14,7	14,8	14,3	13,7	13,0	12,7	12,4	12,2	15,0	15,5	17,8	19,7	21,7	22,1	23,0	23,1	22,4	21,1	19,2	18,0	17,1	16,6	16,2	15,6	17,2
	31	15,0	14,8	14,3	13,6	13,2	12,6	12,9	12,7	14,8	17,1	19,2	19,8	21,4	23,0	23,0	23,8	23,0	21,7	19,8	18,4	17,5	17,2	16,8	16,0	17,6
		1	15,1	14,8	14,7	14,7	14,2	13,8	13,7	13,7	15,7	17,8	20,2	22,4	23,8	25,0	25,4	25,5	25,5	24,7	23,6	22,5	21,5	20,2	19,5	19,2
2		18,9	17,7	17,4	16,9	16,6	16,4	16,5	16,5	18,8	21,0	22,8	24,0	25,3	26,2	26,5	26,6	25,9	25,8	24,4	23,5	22,8	22,1	21,7	21,4	21,5
MÉDIA		21,8	21,4	21,1	20,9	20,5	20,3	20,0	19,9	21,5	23,0	24,4	25,5	26,5	27,1	27,5	27,5	27,1	26,2	25,1	24,3	23,6	23,0	22,5	22,1	23,5

P1 – Ponto Urbano: próximo ao limite da malha urbana.

	DIA/ HORÁRIO	00H	01H	02H	03H	04H	05H	06H	07H	08H	09H	10H	11H	12H	13H	14H	15H	16H	17H	18H	19H	20H	21H	22H	23H	MÉDIA	
ABRIL	23	25,5	25,2	24,7	24,6	24,5	24,5	24,0	23,7	24,2	24,9	26,4	27,5	28,3	29,9	30,7	31,6	31,8	32,8	30,7	28,9	28,3	27,7	27,1	25,4	27,2	
	24	25,0	24,6	24,8	24,9	24,2	23,7	23,5	23,4	23,6	25,0	26,2	27,3	28,3	29,6	30,1	30,2	29,0	29,5	28,5	27,8	26,9	26,3	25,8	25,3	26,4	
	25	25,1	24,7	24,2	24,1	24,0	23,7	23,3	23,3	23,0	24,2	25,8	27,2	28,4	30,8	31,3	32,7	33,6	32,5	30,2	28,8	27,5	26,8	26,2	25,7	27,0	
	26	25,5	24,8	24,4	24,0	23,5	23,0	22,6	22,4	22,6	23,5	25,2	26,5	28,0	30,7	31,9	32,5	32,8	32,7	30,7	29,2	28,4	27,6	26,6	26,4	26,9	
	27	26,3	25,7	25,4	24,9	24,9	24,9	24,5	23,9	24,4	25,6	27,0	28,5	29,5	30,7	31,3	31,5	31,9	31,3	30,0	28,7	28,2	27,7	26,7	25,7	27,5	
	28	25,5	25,3	25,0	25,1	25,1	24,9	24,5	24,0	24,5	25,5	26,2	25,8	26,5	28,1	28,6	29,5	31,8	32,3	29,7	28,6	28,1	27,4	27,0	26,4	26,9	
	29	26,2	25,8	25,4	25,0	24,9	24,6	24,0	24,2	24,7	25,8	27,3	28,3	29,4	31,1	31,2	32,0	32,4	32,2	30,5	29,6	28,6	27,6	26,9	26,8	27,7	
	30	26,3	25,7	25,4	25,1	24,8	24,7	24,5	24,5	24,6	25,5	26,7	27,7	28,7	30,3	31,5	32,1	33,0	32,5	30,1	28,9	28,2	27,5	27,0	27,1	27,6	
	1	26,5	26,2	25,9	25,4	25,2	24,3	23,7	23,5	24,3	25,6	26,9	28,1	28,9	30,4	31,0	31,1	31,3	31,8	29,7	28,5	28,1	27,4	27,1	26,4	27,4	
	2	25,6	25,2	24,8	24,8	24,4	23,8	23,7	23,4	23,9	25,1	26,5	27,6	28,8	30,4	30,7	31,2	31,4	31,9	29,8	28,5	27,9	27,5	27,3	26,7	27,1	
MAIO	3	26,2	25,8	25,4	25,1	25,2	24,8	24,7	24,6	24,9	25,7	27,0	28,1	29,4	31,3	31,6	32,3	32,6	32,4	30,0	28,9	28,5	27,8	26,9	26,5	27,7	
	4	26,1	25,8	25,6	25,2	25,0	24,4	24,2	23,6	24,4	25,6	26,8	27,9	29,1	30,9	31,7	32,5	33,3	33,1	31,5	29,5	28,5	27,7	27,0	26,8	27,8	
	5	26,0	25,5	25,4	25,1	24,9	24,5	23,4	23,4	23,8	25,1	26,3	27,3	28,5	30,4	31,7	32,3	32,4	33,1	30,4	28,2	27,7	26,9	26,0	25,3	27,2	
	6	24,8	24,5	24,0	23,8	23,4	23,0	23,0	22,8	23,3	24,6	25,8	26,9	27,9	29,7	30,3	31,3	31,7	31,6	28,8	28,0	27,5	26,9	26,4	25,8	26,5	
	7	25,7	25,4	24,9	24,5	24,4	24,1	24,2	23,9	24,1	25,6	27,1	28,0	28,9	30,4	31,1	32,0	32,5	32,3	29,9	28,7	28,0	27,0	26,7	26,1	27,3	
	8	25,9	25,6	25,3	25,0	24,6	24,6	23,6	23,3	23,1	23,6	24,7	25,8	27,0	28,2	30,1	31,0	31,4	30,8	31,4	29,7	28,6	28,1	27,9	27,1	26,2	27,0
	9	25,6	25,2	25,0	24,4	24,2	23,8	23,2	23,1	23,1	24,8	26,1	27,2	28,4	30,2	30,8	31,7	31,4	33,3	30,0	28,1	27,7	26,8	26,5	25,9	27,0	
	10	25,5	25,0	24,6	24,4	24,0	23,3	22,1	21,6	22,0	23,3	25,2	26,7	28,1	29,8	30,5	31,2	31,4	30,8	29,4	28,3	27,5	26,9	26,1	25,9	26,4	
	11	25,6	24,9	24,6	24,2	23,7	23,3	23,0	21,7	22,2	24,1	25,8	26,6	28,0	29,5	30,9	31,0	30,0	31,7	29,1	27,9	27,2	26,7	26,0	25,1	26,4	
	12	24,1	23,7	23,0	22,5	22,6	22,4	22,0	21,3	21,8	23,4	24,9	26,9	28,2	29,7	30,5	31,2	31,4	31,1	28,5	27,3	26,9	25,9	24,9	24,4	25,8	
13	24,0	23,6	23,1	23,1	23,1	21,6	21,3	21,6	21,5	22,0	23,0	24,4	26,5	27,9	29,5	30,2	30,7	30,7	30,2	28,3	27,3	26,9	26,4	25,9	25,2	25,7	
JUNHO	14	24,6	23,8	22,9	22,2	21,6	21,0	20,0	19,4	19,7	19,9	21,1	22,0	23,1	24,9	25,8	26,9	26,8	27,0	24,9	24,0	23,2	22,2	21,7	20,9	22,9	
	15	20,6	20,6	20,3	20,1	20,1	20,0	19,8	19,4	19,8	21,0	22,5	23,5	24,4	26,9	27,7	26,4	26,0	25,6	25,0	24,4	23,7	23,3	22,9	22,5	22,8	
	16	21,9	21,5	21,3	20,8	20,4	20,1	19,7	19,5	20,0	21,3	23,0	24,8	26,9	28,8	29,0	30,2	30,7	29,6	28,9	27,1	26,3	25,7	25,4	24,7	24,5	
	17	24,6	24,7	24,5	24,4	23,8	23,9	22,8	22,0	22,1	23,8	25,5	26,7	27,9	29,9	30,3	31,1	31,5	31,0	29,2	28,0	27,7	27,0	26,5	26,0	26,4	
	18	25,5	25,5	25,1	24,8	24,5	24,6	23,3	23,3	23,5	23,8	24,8	26,1	28,1	29,2	30,0	30,7	30,1	28,1	27,4	27,0	26,2	26,0	25,5	24,9	26,2	
	19	24,3	23,9	23,4	22,9	22,3	21,4	21,5	21,4	21,7	22,2	23,4	23,7	24,0	23,2	23,1	22,5	22,0	21,7	21,3	21,1	20,4	20,1	19,7	19,6	22,1	
	20	19,6	19,5	19,2	19,2	18,9	18,4	18,3	18,0	18,4	19,6	21,2	22,2	23,7	26,0	26,6	27,6	28,0	27,5	25,0	24,6	24,1	23,6	23,1	22,8	22,3	
	21	22,5	21,9	22,1	21,6	21,3	21,1	21,0	20,7	20,9	21,7	23,1	24,4	26,4	29,0	29,9	30,8	31,7	31,5	27,8	26,0	25,2	24,5	24,2	23,8	24,7	
	22	23,4	23,2	22,5	22,2	22,3	22,3	21,9	21,8	22,5	23,5	24,9	26,1	27,7	29,4	30,1	31,4	32,0	32,0	29,3	27,6	26,6	25,8	25,0	24,9	25,8	
	23	24,6	24,2	24,1	23,9	23,3	23,0	22,5	21,9	22,0	23,0	24,5	25,8	27,4	29,1	30,2	30,6	31,1	31,1	28,6	27,4	26,5	25,5	24,7	24,0	25,8	
24	23,8	23,1	22,7	22,2	22,2	22,4	22,8	22,2	22,2	21,6	20,1	20,3	20,3	21,1	23,1	22,4	22,1	22,0	21,4	20,7	20,3	19,5	19,5	19,3	21,5		
25	18,9	18,8	18,5	18,3	17,9	17,7	17,3	17,1	18,6	17,7	18,9	19,5	20,0	19,9	20,0	19,9	20,0	19,7	19,4	19,0	18,9	18,5	18,1	17,7	18,7		
26	17,4	17,4	17,0	17,0	16,9	16,9	17,0	17,1	17,4	18,2	18,8	19,3	19,0	19,2	19,8	19,5	19,3	19,0	18,8	18,7	18,6	18,5	18,4	18,3	18,2		
27	18,1	18,1	18,1	18,1	18,2	18,1	18,3	18,1	18,4	18,7	19,6	20,1	20,2	20,0	20,3	19,9	19,5	18,8	17,8	17,7	17,2	16,5	15,9	15,9	18,4		
28	15,4	15,3	15,1	14,9	14,6	14,7	14,6	14,4	14,7	15,0	15,9	16,2	16,4	16,8	19,0	19,4	19,0	18,8	16,2	15,6	15,0	14,7	14,1	14,0	15,8		
29	13,6	13,3	12,9	12,3	12,0	11,8	11,3	11,0	11,2	13,5	15,4	16,6	18,6	22,0	23,1	24,5	24,7	25,1	21,6	19,2	18,2	17,6	17,2	16,8	16,8		
30	16,5	16,3	15,9	15,8	14,9	14,5	14,2	13,8	14,4	15,6	17,0	18,7	20,9	23,4	25,3	26,3	27,1	26,5	22,8	20,7	19,5	18,6	18,2	17,8	19,0		
31	17,4	16,9	16,6	15,9	15,5	15,0	14,6	14,3	14,6	16,0	17,5	18,8	21,1	24,1	25,7	26,9	27,4	26,5	23,2	21,0	20,1	19,5	18,9	18,4	19,4		
JUNHO	1	17,8	17,1	16,6	16,3	16,1	15,7	15,4	15,2	15,5	16,9	19,1	21,4	23,7	25,9	27,5	28,2	29,4	29,1	25,8	23,8	23,0	22,0	21,5	20,9	21,0	
	2	20,5	19,9	19,4	19,1	18,9	18,6	18,5	18,3	18,8	20,2	22,1	23,6	25,2	26,8	28,3	29,0	27,3	28,6	25,6	24,0	23,6	23,4	22,8	22,6	22,7	
	MÉDIA	23,1	22,8	22,4	22,1	21,8	21,5	21,2	20,9	21,2	22,3	23,6	24,7	25,9	27,5	28,4	28,9	29,1	29,0	27,0	25,7	25,1	24,5	23,9	23,4	24,4	

A análise das médias diárias do ICT no Ponto 01, situado no limite da malha urbana, revelou uma predominância de índices classificados como pertencentes ao “limite superior da zona de conforto” (24°C a 26,9°C). Esses valores foram registrados, principalmente, entre os dias 23 de abril e 13 de maio de 2024, com exceção dos dias 02 e 03 de maio, classificados como “leve desconforto ao calor”. Esse período foi caracterizado pela predominância da atuação da massa Tc, que contribuiu para com temperaturas elevadas e umidades relativas mais baixas.

Os horários das 10h até as 19h também foram classificadas no “limite superior da zona de conforto”. No entanto, no período entre 13h e 16h, devido ao aumento da temperatura do ar, registrou-se uma classificação de “leve desconforto ao calor”. Já no período da madrugada até o início da manhã (03h às 07h) o local foi classificado como “limite inferior da zona de conforto”.

A classificação “limite inferior da Zona de Conforto” e “leve desconforto ao frio” também foram registradas entre os dias 25 de maio até 01 de junho de 2024. Época marcada pela atuação das massas Pa e ocorrência de precipitações.

De modo geral, o Ponto 01 apresentou ICT médio de 23,5°C, o que o posiciona dentro da zona de conforto, mas próximo ao limite superior dessa classificação (24°C a 26,9°C). Alguns fatores podem ter contribuído para esse resultado, como a características de ser um espaço aberto localizado na porção leste da área urbana, região dos ventos predominantes. Além disso, os bons índices de NDVI registrados no entorno do local (Figura 27), em comparação com outros pontos, também desempenharam um papel relevante.

Em relação ao Ponto 02, embora esteja localizado no centro da cidade e seja caracterizado por elevados fluxos de veículos e pessoas, além de uma alta densidade construtiva em uma zona mista, os resultados obtidos foram bastante semelhantes aos do Ponto 01. Assim, esse ponto também foi classificado dentro da zona de conforto, com uma média de ICT de 23,6°C.

Dentre os fatores que podem ter contribuído para esse resultado estão a orientação da vertente voltada para o sudeste (Figura 33), o que está alinhado com o estudo de Teixeira e Amorim (2021), no qual os pontos situados em vertentes direcionadas para o quadrante sul demonstraram menor aquecimento durante o dia. Além disso, a proximidade de praças bem arborizadas no entorno também desempenhou

um papel importante. De acordo com Mascaró e Mascaró (2010), praças e parques, por serem áreas abertas com maior densidade de vegetação, não apenas recebem radiação solar direta, mas também absorvem uma quantidade significativa da radiação de onda curta proveniente das superfícies pavimentadas e edificações circundantes, contribuindo para a redução da temperatura e a renovação do ar local.

O Ponto 03, também localizado próximo ao centro da cidade, destacou-se como a área com os piores índices de ICT. Durante o período de 23 de abril a 13 de maio de 2024, observou-se um menor número de dias classificados como de “leve desconforto ao calor”. Além disso, esse ponto registrou mais horas dentro do “limite superior da Zona de Conforto” e na categoria de “leve desconforto ao calor”, com início às 11h e prolongando-se até as 21h. Momentos de aquecimento elevado também foram identificados nos horários das 16h e 17h.

Por outro lado, durante a atuação da massa Pa, verificou-se menos dias classificados no “limite inferior da Zona de Conforto” e menos horários correspondentes a essa classificação. Assim, as temperaturas mais elevadas nesse ponto contribuíram para que esses períodos fossem classificados na “Zona de Conforto”.

Dessa forma, o Ponto 03 apresentou uma média geral de 24,4°C, classificando-o no “limite superior da zona de conforto”. Entre os fatores que podem ter influenciado esse resultado, destaca-se a posição do terreno (Figura 33), classificado como plano, o que evidencia a influência das superfícies no aumento da temperatura local (Romero, 2015; Amorim, 2020b). Além do mais, os índices de NDVI (Figura 27) indicam que esse ponto está situado próximo a uma área crítica, caracterizada por terrenos não ou pouco vegetados e plantas com baixo vigor, o que pode contribuir para a elevação da temperatura na região.

Já no Ponto 04, localizado na zona rural próxima, apresentou a melhor média geral entre os pontos, com 23,4°C, classificando-se dentro da zona de conforto. Apesar desse resultado positivo, o período entre 23 de abril e 13 de maio de 2024 foi classificado predominantemente no “limite superior da zona de conforto”. Durante esse período, os horários das 12h às 16h se enquadraram na categoria de “leve desconforto ao calor”, uma vez que, nesse intervalo, foram registrados pontos isolados dentro da faixa de “aquecimento elevado”.

Em contrapartida, devido às temperaturas relativamente mais baixas, o Ponto 04 foi o que mais apresentou horas inseridas dentro do “limite inferior da zona de conforto”. Entre os dias 28 e 30 de maio de 2024, período posterior à ocorrência de chuvas e à atuação da massa Pa, foi registrado um período de “leve desconforto ao frio”.

Os resultados encontrados no Ponto 04 são condizentes com os expostos por Ikefuti e Amorim (2018), que observaram que durante o dia as temperaturas se elevaram a partir das 11h. Já no período noturno, a partir das 23h, devido à queda de temperatura, o ponto situado na zona rural apresentou estresse térmico, sendo o local com o maior número de registros de desconforto térmico nesse horário.

Por fim, o ICT reflete as características específicas de cada local, sendo diretamente influenciado pelos parâmetros ambientais e fatores antropogênicos da área. Assim, esse índice desempenha um papel crucial na compreensão da percepção térmica dos usuários, pois permite identificar as condições climáticas que impactam o conforto térmico no ambiente, auxiliando na análise das variações térmicas e no planejamento urbano de forma a promover ambientes mais agradáveis e saudáveis.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da revisão de literatura, foi compreendido que o clima urbano é moldado pela interação entre a atmosfera e os elementos urbanos e naturais, sendo amplamente influenciado pelas atividades humanas, como a urbanização e a emissão de poluentes. Essas transformações alteram a superfície terrestre e a composição do ar, favorecendo a formação das ICUs, que intensificam o calor e afetam o conforto térmico.

Além do mais, a análise do clima urbano, por meio do S.C.U. é essencial para entender as causas e os impactos das ICUs, cujas intensidades variam conforme as características morfológicas e estruturais de cada cidade. Já o conforto térmico, por sua vez, depende de fatores climáticos como temperatura, umidade e radiação solar, que interagem com a infraestrutura das edificações e o comportamento dos indivíduos.

Em relação à análise geoespacial e climática do município de Regente Feijó, a mesma revelou uma interdependência complexa entre o uso e cobertura do solo, a configuração topográfica e as condições climáticas locais, influenciando diretamente o conforto térmico e a qualidade ambiental da cidade.

Dessa forma, a predominância de atividades agropecuárias, com forte presença de pastagens e agricultura, reflete-se na vegetação e nos índices de NDVI, apontando áreas urbanas e rurais com diferentes padrões de vegetação e de resfriamento térmicos. Em complementação, o uso de produtos cartográficos, como hipsometria, declividade, relevo sombreado e orientação das vertentes, permitiu uma compreensão mais detalhada da variabilidade térmica nas diferentes zonas do município, além de revelar as áreas mais vulneráveis à intensificação das ICUs.

Nesse cenário, a interação entre o relevo e a vegetação, combinada com as variações nas massas de ar e na dinâmica atmosférica local, mostrou que as zonas urbanizadas e com maior densidade construtiva enfrentam maior desconforto térmico, especial durante períodos de atuação da massa Tc. Essas áreas, como o centro e a zona mista (residencial e comercial) e com vegetação escassa, estão mais suscetíveis ao aumento das intensidades das ICUs, enquanto as áreas mais arborizadas e em fundo de vale tendem a apresentar temperaturas mais amenas.

O estudo também evidenciou que a vegetação urbana tem um papel crucial na mitigação dos efeitos térmicos, uma vez que suas características, como menor capacidade calorífica e alta taxa de evaporação, ajudam a reduzir as temperaturas locais.

Já as análises realizadas por meio de transectos móveis, que combinaram dados de temperatura do ar, umidade relativa do ar e altitude, complementaram a avaliação da distribuição térmica e destacaram áreas de maior vulnerabilidade ao desconforto térmico. Em termos de conforto térmico, os índices obtidos para a zona urbana do município indicaram que, apesar de algumas áreas estarem dentro da zona de conforto térmico, a presença de ICUs de fortes magnitudes determinadas regiões revela a necessidade de ações de planejamento urbano voltadas para o aumento da cobertura verde, adequação da densidade construtiva e melhorias das condições ambientais.

Portanto, este estudo contribui, assim, para a formulação de estratégias mais eficientes de planejamento urbano, que considerem as particularidades geoambientais do município, a fim de reduzir os impactos das ICUs e melhorar a qualidade de vida dos habitantes. A integração de fatores como uso do solo, topografia, vegetação e condições climáticas é fundamental para o desenvolvimento de políticas públicas que promovam o bem-estar e a sustentabilidade do ambiente urbano.

REFERÊNCIAS

AMORIM, M. C. de C. T. Daily Evolution of urban heat islands in a Brazilian tropical continental climate during dry and rainy periods. **Urban Climate**, v. 34, 2020a.

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

AMORIM, M. C. de C. T.; SANT'ANNA NETO, J. L.; MONTEIRO, A. (Org.). **Climatologia urbana e regional: questões teóricas e estudos de caso**. São Paulo: Outras Expressões, 2013.

ARAUJO, A. P.; ALEIXO, N. C. R.; MENEZES, B. B.; SOUZA, C. G.; RIVERO, C. A. V.; MONTEZANI, E.; BRAIDO, L. M. H.; REODORO, P. H. M.; AMORIM, M. C. de C. T. Ensaio metodológico sobre a utilização de transectos móveis no período diurno em Presidente Prudente-SP. **Revista Formação**, n. 17, v. 1, p. 77-95, 2010.

BARBOSA, R. V. R. **Estudo do campo térmico urbano de São Carlos (SP): análise da intensidade da ilha de calor urbano em episódio climático de verão**. 2009. Tese (doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

BASTOS, B. F.; HIRAO, H. **A persistência e significado da paisagem do centro histórico de cidades de pequeno porte: Regente Feijó**. *Colloquium Humanarum*, v. 12, 2015.

BOSCOLI, D.; HENARES, M. E.; RIBEIRO, G.; ALBANO, M. P. Estação ferroviária de Regente Feijó-SP: história e arquitetura. *In: Encontro de Ensino, Pesquisa e Extensão*, 19, 2014. **Anais [...]**. Presidente Prudente: ENEPE, 2014. p.163-170.

CAMARGO, C. E. S. **Qualidade ambiental urbana em Presidente Prudente/SP**. 2007. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2007.

CARMONA. **The post-industrial culture of regionalismo**. Proceedings of Passive Solar Architectura Conference. Iugoslávia, 1988.

CENTRO DE HIDROGRAFIA DA MARINHA DO BRASIL. **Cartas Sinóticas**. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-smm-cartas-sinoticas/cartas-sinoticas>. Acesso em: 24 jun. 2024.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS (CPTEC). **Banco de Dados de Imagens**. Disponível em: <https://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes16.formulario.logic>. Acesso em: 07 jun. 2024.

CORBELLA, O.; CORNER, V. **Manual de arquitetura bioclimática tropical para a redução de consumo energético**. Rio de Janeiro: Revan, 2011.

CORREA, W. de S. C.; AYLAS, G. Y. R.; SANTIAGO, A. M.; SILVA, M. E. S.; VALE, C. C. do; SILVA, C. B. da; PATUCCI, N. N. A ilha de calor urbana em ambiente tropical: a Região Metropolitana da Grande Vitória no Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 42, 2022.

DB CITY. **Regente Feijó**. Disponível em: <https://pt.db-city.com/Brasil--S%C3%A3oPaulo--Regente-Feij%C3%B3>. Acesso em: 15 jul. 2023.

DORIGON, L. P.; AMORIM, M. C. de C. T. Spatial modeling of na urban Brazilian heat island in a tropical continental climate. **Urban Climate**, v. 28, 2019.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **50 anos do NDVI: desmistificando o índice e ponderando sua utilização para o monitoramento da soja na era digital**. Londrina: Embrapa Soja, 2024.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Centro Nacional de Pesquisa de Solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ)**. Súmula da 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro, 1979. 83p.

FERNÁNDEZ GARCÍA, F. **Manual de climatología aplicada: clima, medio ambiente y planificación**. Madrid: Síntesis, 1996.

FUNARI, F. L. **O índice de sensação térmica humana em função dos tipos de tempo na região metropolitana de São Paulo**. 2006. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

GIESBRECHT, R. M. **Estrada de Ferro Sorocabana (1919-1971) FEPASA (1971- 1998)**. Disponível em: <http://www.estacoesferroviarias.com.br/r/regfeijo.html>. Acesso em: 10 mar. 2024.

GIVONI, B. **Urban design in diferente climates**. Genebra, report WMO/TD – n. 346, World Meteorological Organization, 1988.

GOOGLE EARTH PRO INK. Regente Feijó, São Paulo, Brasil. Versão: 7.3. Google LL., 2024

HIRAO, H.; CHAPARIM, M. A. S. **Deriva, cartografia e intervenção: a pequena cidade de Regente Feijó-SP e a preservação do Patrimônio Urbano**. Rua, v. 25, 2019.

HURDUC, A.; ERMIDA, S. L.; TRIGO, I. F.; DACAMARA, C. C. Importance of temporal dimension and rural land cover When computing surface urban Heat Island Intensity. **Urban Climate**, v. 56, 2024.

IKEFUTI, P.; AMORIM, M. C. de C. T. O conforto e o desconforto térmico em pontos com diferentes padrões de construção em Presidente Prudente/SP. **Geografia, Ensino & Pesquisa**, v. 22, 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **De 2010 a 2022, população brasileira cresce 6,5% e chega a 203,1 milhões**. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-denoticias/noticias/37237-de-2010-a-2022-populacao-brasileira-cresce-6-5-e-chega-a203-1-milhoes#:~:text=Em%202022%2C%20as%20concentra%C3%A7%C3%B5es%20urbanas,viviam%20em%20cidades%20desse%20porte>. Acesso em: 17 jun. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Regente Feijó**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/regente-feijo/panorama>. Acesso em: 15 jul. 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Ano de 2023 é o mais quente da série histórica no Brasil**. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/noticias/ano-de2023-%C3%A9-o-mais-quente-da-hist%C3%B3ria-do-brasil>. Acesso em: 17 jun. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Estação: Presidente Prudente A707**. Disponível em: <https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A001>. Acesso em: 24 jun. 2024.

INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR URBAN CLIMATE (IAUC). **The Climate of London by Luke Howard**. Disponível em: <https://urban-climate.org/bibliography/>. Acesso em: 07 jul. 2024.

IPCC AR6. **Summary for policymakers**. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. MassonDelmotte, V. P. et al. Cambridge University press. In press, 2021.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. 2 ed. São José dos Campos: Editora Parêntese, 2011.

KIM, S. W.; BROWN, R. D. Urban heat island. (UHI) variations within a city boundary: a systematic literature review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 148, 2021.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. 3 ed. Rio de Janeiro: Eletrobras / Procel, 2014.

LANDSBERG, H. E. Atmospheric changes in a growing Community (the Columbia, Maryland experience). **Urban Ecology**, v. 4, 1979.

LIU, Y.; LI, Q.; YANG, L.; UM, K.; ZHANG, M.; LIU, J. Urban heat island. Effects of various urban morphologies under regional climate conditions. **Science of The Total Environment**, v. 743, 2020.

LIU, Y.; WANG, Z. Research Progress and Hotspot Analysis of Urban Heat Island Effects Based on Cite Space Analysis. **Land**, v. 12, 2023.

MANGAL, S.; KUMAR, D.; DHUPPER, R.; KUMARI, M.; GUPTA, A. K. Identifying influential climatic factors for urban risk studies in rapidly urbanizing Region. **Computational Urban Science**, v. 4, 2024.

MANSOURI, S. T.; ZARGHAMI, E. Investigating the effect of the physical layout of the architecture of high-rise buildings, residential complexes, and urban heat islands. **Energy and Built Environment**, v. 6, 2025.

MAPBIOMAS BRASIL. **Coleções MapBiomas**. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas/>. Acesso em: 24 abr. 2024.

MARQUES, P. P. **Técnica, modernização e produção do espaço**: um estudo sobre o papel da estrada de ferro nas transformações sócio-espaciais da zona alta Sorocabana. 2009. Dissertação (mestrado em ciências) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

MASCARÓ, L.; MASCARÓ, J. L. **Vegetação Urbana**. 3 ed. Porto Alegre: Masquatro Editora, 2010.

MAZRIA, E. **El libro de la energía solar passiva**. Barcelona: Gustavo Gili, 1985.

MELO, Y.; FRANCISCO, A. **Origem e transformação dos núcleos urbanos das cidades de Álvares Machado e Regente Feijó**. Colloquium Socialis, v. 01, 2017.

MELLO, L. F. de; SATHLER, D. A demografia ambiental e a emergência dos estudos sobre população e consumo. **REBEP - Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 32, n. 2, 2015. p. 357 – 380.

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

MICROSOFT EXCEL. Versão: 2101. Microsoft Corporation, 2016.

MILANI, T. S. **Ilhas de calor e conforto térmico em conjuntos habitacionais construídos pela companhia de desenvolvimento habitacional e urbano (CDHU) em Martinópolis-SP (Brasil)**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2022.

MILANI, T. S.; AMORIM, M. C. de C. T. Ilhas de calor e conforto térmico em residências da CDHU durante episódios de primavera em Martinópolis/SP. **Revista Formação (Online)**, v. 31, 2024.

MIYAZAKI, V. K. **Um estudo sobre o processo de aglomeração urbana: Álvares Machado, Presidente Prudente e Regente Feijó**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2008.

MONTEIRO, C. A. de F. Adentrar a cidade para tomar-lhe a temperatura. **Geosul**, nº.9, 1990.

MONTEIRO, C. A. de F. **Teoria e Clima Urbano**. 1975. Tese (Livre Docência) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1975.

MONTEIRO, F. F.; GONÇALVES, W. A.; ANDRADE, L. de M. B.; VILLAVICENCIO, L. M. M.; SILVA, C. M. dos S. Assessment of Urban Heat Islands in Brazil based on MODIS remote sensing data. **Urban Climate**, v. 35, 2021.

MONTEIRO, L. M.; ALUCCI, M. P. Questões teóricas de conforto térmico em espaços abertos: considerações históricas, discussão do estado da arte e proposição de classificação de modelos. **Ambiente Construído**, v. 7, 2007.

MOREIRA, J. L. **A ilha de calor como indicador de qualidade ambiental em Penápolis (SP)**. 2021. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2021.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **População mundial deve chegar a 9,7 bilhões de pessoas em 2050, diz relatório da ONU**. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/populacao-mundial-deve-chegar-a-97-bilhoes-de-pessoas-em-2050-diz-relatoriodaonu/>. Acesso em: 23 jun. 2020.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>. Acesso em: 25 jun. 2020.

OKE, T. R. The energetic basis of the urban heat island. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 108, 1982.

OLGYAY, V. **Arquitectura y clima. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas**. 1 ed. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, S.A., 2013.

OLGYAY, V. **Clima y arquitectura em Columbia**. Cali: Universidad del Valle, 1968.

OLGYAY, V. **Design with climate**. Princeton: Princeton University, 1963.

ORTIZ-PORANGABA, G. F.; AMORIM, M. C. de C. T. Análise de ilhas de calor diagnosticadas por meio de transectos móveis em Assis, Cândido Mota, Maracaí e Tarumã (SP). **Revista Franco-Brasileira de Geografia (Confins)**, v. 33, 2017.

ORTIZ-PORANGABA, G. F.; TEIXEIRA, D. C. F.; AMORIM, M. C. de C. T.; SILVA, M. H. S. da; DUBREUIL, B. Modeling the urban heat island. At a winter event in Três Lagoas, Brazil. **Urban Climate**, v. 37, 2021.

ORTIZ-PORANGABA, G. F.; TEIXEIRA, D. C. F.; AMORIM, M. C. de C. T. Procedimentos metodológicos para análise das ilhas de calor em cidades de pequeno e médio porte. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 37, 2017.

OUR WORLD IN DATA. **Population growth**. OxfordMartin School, University of Oxford [2024] Disponível em: <https://ourworldindata.org/>. Acesso em 23 nov. 2024.

PEDROSA, A.; BORGES, F. D. da C. de M. F. **O descaso patrimonial no oeste paulista: estudos de casos em Regente Feijó-SP**. Colloquium Socialis, v. 01, 2017.

PORTAL DE MAPAS DO IBGE. **Mapas**. Disponível em: <https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#homepage>. Acesso em: 27 maio 2024.

QGIS. Versão 3.30.1. QGIS Development Team, 2023.

RODRÍGUEZ, L. R.; RAMOS, J. S.; FLOR, F. J. S. de la; DOMÍNGUEZ, S. Á. Analyzing the urban heat island.: comprehensive methodology for data gathering and optimal design of mobile transects. **Sustainable Cities and Society**, v. 55, 2020.

ROMERO, M. A. B. **Arquitetura bioclimática do espaço público**. 4 Reimpressão. Editora Universidade de Brasília, 2015.

SANTANA, A. D. **As transformações do espaço geográfico e sua relação com os processos erosivos de uma área do noroeste de Regente Feijó/SP**. 2011. Monografia (Bacharelado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2011.

SERRA, M. T. J. **Ruido y planeamiento urbano**: el ruido em la ciudad gestión y control. Madrid: Sociedad Española de Acustica, 1989.

SHEN, P.; ZHAO, S.; ZHOU, D.; LU, B.; HAN, Z.; MA, Y.; WANG, Y.; ZHANG, C.; SHI, C.; SONG, L.; PAN, Z.; LI, Z.; LIU, S. Surface and canopy urban heat island. Disparities across 2064 urban clusters in China. **Science of The Total Environment**, v. 955, 2024.

SILVA, L. P. da. **O clima urbano de Pirapozinho – SP**: eventos de ilhas de calor urbanas em episódios de verão. 2017. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2017.

SOUTO, J. I. de O.; COHEN, J. C. P. Spationtemporal variabillity of urban heat island.: Influence of urbanization on seasonal pattern of land surface temperatura in the Metropolitan Region of Belém, Brazil. **Urbe – Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 13, 2021.

STEWART, I. D.; OKE, T. Local climate zones for urban temperature studies. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 93, 2012.

STEWART, I. D.; OKE, T. Newly developed “termal climate zones” for defining and measuring urban heat island. Preprints, T.R. Oke Symposium & Eighth Symposium on Urban Environment, January 11–15, Phoenix, AZ, 2009.

SURFER. Versão.11.0.642. Golden Software Inc, 2002.

SWAMY, G. S. N. V. K. S. N.; ERVA, R. R.; PUJARI, M.; KODAVATY, J. An overview on patterns, monitoring, and modeling of the urban climate changes. **Physics and Chemistry of the Earth**, v. 135, 2024.

TEIXEIRA, D. C. F.; AMORIM, M. C. de C. T. Mensuração e frequência da intensidade da ilha de calor urbana noturna de Santo Anastácio, São Paulo, Brasil. **Élisée – Revista de Geografia da UEG**, v. 10, 2021.

TEIXEIRA, D. C. F. **O clima urbano das cidades de pequeno porte do oeste paulista: análise do perfil térmico de Presidente Venceslau, Santo Anastácio e Álvares Machado**. 2019. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2019.

TEOBALDO NETO, A. **A geografia do risco e da vulnerabilidade ao calor em espaços urbanos da zona tropical: o caso de Cuiabá-MT**. 2019. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2019.

THOM, E. C.; BOSEN, J. E. **The Discomfort Index**. Londres: Weatherwise, 1959.

TOPODATA. **Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil**. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php>. Acesso em: 27 maio 2024.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY SERVICE (USGS EARTH EXPLORER). **Earth Explorer Search Criteria**. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 05 maio 2024.

VIEIRA, C. T. G.; LAPA, D. P.; OLIVEIRA, H. C. de; OLIVEIRA, H. D. Uso e ocupação da terra no Pontal do Paranapanema: uma reflexão sobre os corredores ecológicos a partir da análise da fragmentação florestal. **Revista de Geografia**, v. 14, 2024.

VUJOVIC, S.; HADDAD, B.; KARAKY, H.; SEBAIBI, N.; BOUTOUIL, M. Urban Heat Island: causes, consequences, and mitigation measures with emphasis on reflective and permeable pavements. **CivilEng**, v. 2, 2021.

XU, H.; LIN, D.; TANG, F. The impact of impervious surface development on land surface temperature in a subtropical city: Xiamen, China. **International Journal of Climatology**, v. 33, 2012.

WANG, Z.; YANG, Y.; LIU, C.; ZHOU, F.; HAO, H. Human thermal Comfort model and evaluation on Building thermal environment. **Energy and Buildings**, v. 323, 2024.

WEATHER SPARK. **Clima e condições meteorológicas médias em Regente Feijó no ano todo**. Disponível em:
<https://pt.weatherspark.com/y/29744/Climacaracter%C3%ADstico-em-Regente-Feij%C3%B3-S%C3%A3o-Paulo-Brasil-duranteoano#:~:text=Em%20Regente%20Feij%C3%B3%2C%20o%20ver%C3%A3o,suprior%20a%2036%20%C2%B0C>. Acesso em: 15 jul. 2023.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **State of the Global Climate 2023**. Geneva: WMO, 2024

WU, Z.; MAN, W.; REN, Y. Influence of tree coverage and micro-topography on the thermal environment within and beyond a green space. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 316, 2022.

ZHANG, H.; WANG, C.; YANG, H.; MA, Z. How do morphology factors affect urban heat island. Intensity? An approach of local climate zones in a fast-growing small city, Yangling, China. **Ecological Indicators**, v. 161, 2024.

ZHENG, Z.; LIN, X.; CHEN, L.; YAN, C.; SUN, T. Effects of urbanization and topography on thermal Comfort during a heat wave event: a case study of Fuzhou, China. **Sustainable Cities and Society**, v. 102, 2024.