

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS – CAMPUS SOROCABA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA (PPGGeo)
MESTRADO EM GEOGRAFIA

FERNANDA FROIS DOS SANTOS

**ILHAS DE CALOR URBANAS EM SOROCABA/SP:
UMA ABORDAGEM COM BASE NO SISTEMA DAS
ZONAS CLIMÁTICAS LOCAIS**

SOROCABA – SP
2023

FERNANDA FROIS DOS SANTOS

**ILHAS DE CALOR URBANAS EM SOROCABA SP: UMA ABORDAGEM COM
BASE NO SISTEMA DAS ZONAS CLIMÁTICAS LOCAIS**

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Geografia da Universidade Federal
de São Carlos, para obtenção do
título de Mestre em Geografia.

Orientadora: Profa. Dra. Edelci Nunes
da Silva

Coorientador: Prof. Dr. Marcos
Roberto Martines

SOROCABA – SP
2023

Santos, Fernanda Frois dos

Ilhas de calor urbanas em Sorocaba/SP: Uma abordagem
com base no sistema das zonas climáticas locais /
Fernanda Frois dos Santos -- 2023.
130f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São
Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba
Orientador (a): Edelci Nunes da Silva
Banca Examinadora: Leandro de Godoi Pinton, Sandra
Yukari Shirata Lanças
Bibliografia

1. Clima urbano. 2. Unidades climáticas. 3. Ilhas de
calor. I. Santos, Fernanda Frois dos. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática
(SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Maria Aparecida de Lourdes Mariano -
CRB/8 6979

DEDICATÓRIA

Ao meu companheiro de vida e esposo, que me compreendeu e me apoiou em todos os momentos.

AGRADECIMENTO

Este trabalho só foi possível graças à colaboração de pessoas incríveis que me acompanharam em algum ponto de minha trajetória. Agradeço imensamente a todos os que contribuíram de forma direta ou indireta para que este trabalho fosse concluído, em especial:

A Deus, por ter me feito capaz e persistente, e ter me auxiliado em todos os momentos.

A meu esposo (e parceiro de transecto), que sempre me incentivou, ajudou e, nas horas que pareciam difíceis, esteve pronto para me oferecer apoio.

A toda a minha família, especialmente meus sogros, que estiveram sempre por perto, oferecendo ajuda e amor.

A Rebeca e Joe, pela amizade e companhia em todos os momentos.

A Profa. Dra. Edelci Nunes da Silva, por despertar meu interesse pelo Estudo do Clima, e por toda a orientação e preciosos ensinamentos.

Ao Prof. Dr. Marcos Roberto Martines por sua orientação.

Ao Prof. Dr. Leandro de Godoi Pinton e à Profa. Dra. Sandra Lanças por suas considerações enquanto membros da banca avaliadora, responsáveis pela lapidação do trabalho.

A todos os outros Professores e colegas de diversas instituições que contribuíram para que esta pesquisa fosse possível e estiveram prontos para esclarecimentos e apoio.

RESUMO

A urbanização das cidades aumenta as perturbações climáticas na escala local. Desta forma, julga-se importante estudar a dinâmica das cidades e a relação entre o clima urbano, uma vez que é nesta escala que profundas transformações acontecem. Diante disso, este trabalho teve como objetivo analisar as ilhas de calor de superfície e da camada do dossel urbano em Sorocaba/SP, a partir da classificação de LCZs do município. Foram utilizadas as metodologias: detecção das ilhas de calor de superfície através de imagens termais do satélite Landsat 8, definição das LCZs através do sistema *LCZ generator*, medição de temperatura do ar e umidade relativa do ar por meio de transectos móveis e categorização das intensidades das ilhas de calor atmosférica. Os resultados mostraram que as ilhas de calor de superfície e ilhas de calor atmosférica de fraca, média e forte magnitudes ocorrem em LCZs compactas de baixa elevação (LCZ3) por toda a mancha urbana. Foi concluído que há ilhas de calor em Sorocaba.

Palavras-chave: clima urbano; unidades climáticas; transecto móvel; Landsat 8; uso do solo.

ABSTRACT

The urbanization of cities increases as climate disruptions occur at the local scale. Therefore, it is considered important to study the dynamics of cities and the relationship between the urban climate, since it is on this scale that profound transformations take place. In view of this, this work aimed to analyze the surface heat islands and the urban canopy layer in Sorocaba/SP, based on the classification of LCZs in the municipality. The following methodologies were used: detection of surface heat islands through thermal images from the Landsat 8 satellite, definition of LCZs through the LCZ generating system, measurement of air temperature and relative air humidity through mobile transects and categorization of intensities of climatic heat islands. The results demonstrated that surface heat islands and climatic heat islands of fragility, medium and strong magnitudes occur in compact lowrise LCZs (LCZ3) throughout the urban patch. It was concluded that there are heat islands in Sorocaba.

Keywords: urban climate; climatic units; mobile transect; Landsat 8; land use.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Esquema de escalas climáticas e camadas verticais encontradas em áreas urbanas.....	20
Figura 2 – Diagrama explicativo das ilhas de calor	23
Figura 3– Linha do tempo de acontecimentos relacionados ao clima das cidades ..	23
Figura 4 – Exemplos de áreas urbanas na literatura climática	25
Figura 5 – Sistema de classificação da paisagem através das LCZs.....	26
Figura 6 – Localização de Sorocaba	29
Figura 7 – Região Metropolitana de Sorocaba (RMS).....	30
Figura 8 – Mancha urbana de Sorocaba, de 1800 a 2006	33
Figura 9 – Imagem satélite do município de Sorocaba.....	34
Figura 10 – Fluxograma das etapas de trabalho da Pesquisa.....	35
Figura 11 – <i>Print</i> da interface do <i>Google Earth</i>	38
Figura 12 – Exemplos de polígonos para classificação.....	40
Figura 13 – <i>Datalogger</i> utilizado para a medição dos transectos	41
Figuras 14 e 15 – Transectos elaborados	42
Figura 16 – Gráfico de LCZs utilizadas	48
Figura 17 – Mapa de LCZs da área selecionada.....	48
Figura 18 – Ilustração da LCZ1	49
Figura 19 – Ilustração da LCZ10	49
Figura 20 – Vista de satélite e imagens de avenidas do distrito industrial de Sorocaba.....	50
Figura 21 – LCZs de Sorocaba.....	50
Figura 22 – Nova Esperança (A e B) e Trujillo (C e D).....	52
Figura 23 – Comparação entre o adensamento urbano dos bairros Jardim Nova Esperança à esquerda e Vila Trujillo à direita	53
Figura 24 - Sobreposição das ilhas de calor de superfície de Sorocaba encontradas em 2013 (rosa) e 2020 (roxo).....	56
Figura 25 – Ponto 1, em vermelho	60
Figura 26 – Pontos 1 ao 15	60
Figura 27 – Ponto 7	61
Figura 28 – Pontos 16 a 28	61
Figura 29 – Pontos 29 a 32	62

Figura 30 – Pontos 34 a 42	62
Figura 31 – Pontos 43 a 51	62
Figura 32 – Pontos 52 a 54	62
Figura 33 – Pontos 1 a 13	64
Figura 34 – Pontos 3 e 4	64
Figura 35 – Pontos 20 a 28	65
Figura 36 – Da direita para a esquerda, pontos 29 a 32	65
Figura 37 – Da direita para a esquerda, pontos 32 a 35	66
Figura 38 – Da direita para a esquerda, pontos 36 a 39	66
Figura 39 – Início do transecto até o ponto 18	67
Figura 40 – Pontos 19 ao 31	67
Figura 41 – Pontos 32 a 37	68
Figura 42 – Pontos 37 a 47	68
Figura 43 – Ponto inicial do transecto até o ponto 12.....	70
Figura 44 – Pontos 38 ao 46, final do transecto	70
Figura 45 – Pontos 7 ao 18	71
Figura 46 – Pontos 19 ao 27 (em vermelho)	72
Figura 47 – Pontos 31 ao 47	72
Figura 48 – Pontos 47 ao 54, no final do transecto	72
Figura 49 – Pontos 1 ao 11	74
Figura 50 – Ponto 30.....	74
Figura 51 – Pontos 32 ao 36, da direita para esquerda.....	75
Figura 52 – Região de APPs que cercam os bairros Júlio de Mesquita e Santa Barbara, próxima ao ponto 38	75
Figura 53 – Ponto 12.....	76
Figura 54 – Pontos 19 ao 31, extensão da Avenida Itavuvu até a área central.....	76
Figura 55 – Pontos 37 ao 47	77
Figura 56 – Pontos 53 e 54	77
Figura 57 – Áreas vegetadas próximas ao ponto 33	79
Figura 58 – Pontos 37 (à direita, em vermelho), e 38, (à esquerda, na cor verde)...	79
Figura 59 – A partir da linha desenhada em vermelho, é possível perceber a mudança de uso do solo: até o ponto 17, a vegetação predomina	81
Figura 60 – Pontos localizados na Avenida São Paulo, com destaque para o ponto 14	83

Figura 61 – Pontos 29 a 33	83
Figura 62 – Pontos 26 ao 32	85
Figura 63 – Pontos 50 e 51	85
Figura 64 – Ponto 20	87
Figura 65 – Pontos 29 a 32	87
Figura 66 – Pontos 33 ao 38	89
Figura 67 – Pontos 47 ao 52	89
Figura 68 - Ponto 8 em destaque	90
Figura 69 – Pontos 29 a 32, da direita para a esquerda.....	90
Figura 70 – Início do transecto norte-sul	94
Figura 71 – Vista de satélite da região do ponto 1	94
Figura 72 – Início da região adensada na Avenida Itavuvu	95
Figura 73 – Rua Santa Clara	95
Figura 74 – Região do bairro Campolim	96
Figura 75 – Passagem pelo Rio Sorocaba, próximo ao ponto 7.....	96
Figura 76 – Região do bairro Habiteto, próximo ao ponto 12	96
Figura 77 – Avenida São Paulo, região dos pontos 15 ao 17.....	97
Figura 78 – Avenida Paulo Emanuel de Almeida	97
Figura 79 – Caracterização do transecto norte-sul.....	100
Figura 80 – Caracterização do transecto leste-oeste	101
Figura 81 – LCZs de Sorocaba.....	103
Figura 82 – CUHI e SUHI identificada	103
Figura 83 – Classificação de pontos abaixo da média e entre os 10% mais elevados em todos os dias de passagem dos transectos.....	106

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Correlação entre os valores de temperatura do ar obtidos nas datas do transecto norte-sul.....	44
Tabela 2 – Correlação entre os valores de umidade relativa do ar obtidos nas datas do transecto norte-sul.....	44
Tabela 3 – Correlação entre os valores de temperatura do ar obtidos nas datas do transecto leste-oeste.	44
Tabela 4 – Correlação entre os valores de umidade relativa do ar obtidos nas datas do transecto leste-oeste.	44
Tabela 5 – Síntese das temperaturas do ar durante a passagem do transecto.	45
Tabela 6 – Intensidade e evolução das CUHI nos dias de passagem do transecto norte-sul.....	93
Tabela 7 – Intensidade e evolução das CUHI nos dias de passagem do transecto leste-oeste.	93

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Temperatura do ar (°C) e umidade relativa (%) do transecto norte-sul em 21/06/2023, quarta-feira.	60
Gráfico 2 – Temperatura do ar (°C) e umidade relativa (%) do transecto leste-oeste em 21/06/2023, quarta-feira.	63
Gráfico 3 – Temperatura do ar (°C) e umidade relativa (%) do transecto norte-sul em 22/06/2023, quinta-feira.....	67
Gráfico 4 – Temperatura do ar (°C) e umidade relativa (%) do transecto leste-oeste em 22/06/2023, quinta-feira.....	69
Gráfico 5 – Temperatura do ar (°C) e umidade relativa (%) do transecto norte-sul em 23/06/2023, sexta-feira.....	70
Gráfico 6 – Temperatura do ar (°C) e umidade relativa (%) do transecto leste-oeste em 23/06/2023, sexta-feira.....	73
Gráfico 7 – Temperatura do ar (°C) e umidade relativa (%) do transecto norte-sul em 24/06/2023, sábado.....	75
Gráfico 8 – Temperatura do ar (°C) e umidade relativa (%) do transecto leste-oeste em 24/06/2023, sábado.....	78
Gráfico 9 – Temperatura do ar (°C) e umidade relativa (%) do transecto norte-sul em 25/06/2023, domingo.....	80
Gráfico 10 – Temperatura do ar (°C) e umidade relativa (%) do transecto leste-oeste em 25/06/2023, domingo.....	82
Gráfico 11 – Temperatura do ar (°C) e umidade relativa (%) do transecto norte-sul em 26/06/2023, segunda-feira.....	84
Gráfico 12 – Temperatura do ar (°C) e umidade relativa (%) do transecto leste-oeste em 26/06/2023, segunda-feira.....	86
Gráfico 13 – Temperatura do ar (°C) e umidade relativa (%) do transecto norte-sul em 27/06/2023, terça-feira.....	88
Gráfico 14 – Temperatura do ar (°C) e umidade relativa (%) do transecto leste-oeste em 27/06/2023, terça-feira.....	89

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1	O clima urbano e a cidade	22
2.2	LCZs: conceito, histórico e aplicações.....	24
3	ÁREA DE ESTUDO	29
4	MATERIAIS E MÉTODOS	35
4.1	Mapeamento da SUHI	36
4.2	Classificação das zonas climáticas.....	36
4.3	Levantamento da Temperatura do ar a partir de transectos móveis.....	41
4.4	Síntese sinótica da semana de passagem dos transectos	47
5	RESULTADOS	48
5.1	Mapeamento de LCZs	48
5.2	SUHI	55
5.3	Diário de passagem dos transectos móveis	56
	<i>O transecto norte-sul</i>	56
	<i>O transecto leste-oeste</i>	58
5.3.1	<i>Transectos móveis no dia 21 de junho de 2023, quarta-feira</i>	59
5.3.2	<i>Transectos móveis no dia 22 de junho de 2023, quinta-feira</i>	66
5.3.3	<i>Transectos móveis no dia 23 de junho de 2023, sexta-feira</i>	70
5.3.4	<i>Transectos móveis no dia 24 de junho de 2023, sábado</i>	75
5.3.5	<i>Transectos móveis no dia 25 de junho de 2023, domingo</i>	79
5.3.6	<i>Transectos móveis no dia 26 de junho de 2023, segunda-feira</i>	83
5.3.7	<i>Transectos móveis no dia 27 de junho de 2023, terça-feira</i>	87
5.4	Síntese sinótica da semana de passagem dos transectos	91
5.5	Identificação e Classificação da CUHI	92

5.6	Relação entre SUHI, CUHI e LCZs.....	102
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	108
	REFERÊNCIAS.....	110
	ANEXOS	116
	<i>Anexo I – Cartas de pressão ao nível do mar e imagens do satélite Meteosat banda 4, referentes às 21h00min (GMT -3) dos dias 21/06/2023 a 27/06/2023.</i>	<i>116</i>
	<i>Anexo II – Tabelas de dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar nas datas de passagem dos transectos</i>	<i>117</i>

1 INTRODUÇÃO

A preocupação com o clima das cidades e os estudos de climatologia urbana já são objeto de pesquisa há mais de um século (STEWART 2019). Monteiro (1976) cita os trabalhos de Evelyn, que, em 1661, identificou o contraste de temperatura entre ambiente urbano e rural, além do clássico trabalho de Howard, em 1833, ambos na cidade de Londres. Howard compara o clima de áreas urbanas e rurais, constatando que a cidade, durante o período noturno, apresentava temperaturas mais altas do que seu entorno. Porém, durante um longo período, os estudos do clima limitaram-se a apontar diferenças existentes entre a área urbana e a área rural das cidades (ASSIS 2005).

Os trabalhos de Oke (OKE 1976; 1978; 1982; 1984) introduziram uma larga discussão sobre o fenômeno das ilhas de calor. Para o autor, ilhas de calor são áreas onde a temperatura é aumentada em relação a áreas naturais ou rurais. Isso se dá por diversos fatores, como a alta densidade de materiais que absorvem a radiação solar (asfalto, concreto, metal, entre outros), bastante encontrados em áreas urbanas, além da supressão de vegetação urbana e falta de cursos d'água. A taxa de evapotranspiração¹ na cidade é mais baixa, deixando bem claro a diferença de temperaturas entre a cidade e o entorno (ALEXANDER & MILLS 2014; LANDSBERG 2006).

A forma e o tamanho exatos do fenômeno da ilha de calor variam de acordo com as características meteorológicas, locais e urbanas (OKE *et al.* 2017). A literatura aponta quatro tipos de ilhas de calor urbanas (ICUs), dependendo de qual camada do dossel em que são encontradas (AMORIM 2019; OKE 1978); neste trabalho, abordaremos dois tipos de ICUs, que são os mais utilizados: a ilha de calor da camada limite (SUHI, do inglês *surface urban heat island*) e a ilha de calor da camada do dossel urbano (CUHI, do inglês *canopy urban heat island*).

Na SUHI, a temperatura é captada através de sensoriamento remoto, considerando a temperatura acima do nível dos telhados (FIALHO 2012), por isso geralmente se percebem temperaturas maiores que as da CUHI.

¹ Processo onde há a evaporação da água do solo e transpiração das plantas, devolvendo a água à atmosfera. O termo foi utilizado pela primeira vez em 1944 por Thornthwaite & Wilm (FREITAS & DIAS 2005).

Já no caso da CUHI, a temperatura é registrada entre o nível do solo e o nível médio dos telhados (aproximadamente 2m de altura do chão). Para isso, as temperaturas devem ser medidas abaixo do topo dos edifícios e podem ser obtidas de diversas formas, como pontos fixos em determinadas áreas da malha urbana ou por meio de transectos móveis (OKE 1976).

Barros e Lombardo (2016) apontam dois estudos pioneiros sobre a ilha de calor com uso de imagem termal no município de São Paulo: Lombardo, em 1985, estudou a SUHI. Verificou sua variação diurna, sazonal e espacial a partir de medições de temperatura e umidade relativa do ar de 45 pontos de coleta, ao lado do uso de imagens termais com cálculo da temperatura da superfície na resolução espacial de 1 km x 1 km. Ribeiro, em 1996, estudou a diferença de temperatura do ar em estações meteorológicas em distintas coberturas do solo, apresentando a variação diurna e sazonal. Avaliou as diferenças das respostas térmicas em diferentes usos de solo urbano, através de três estações fixas e a temperatura da superfície gerada com imagem termal de satélite. Trabalhos como esses ajudam a entender como a dinâmica das cidades influencia o clima urbano e intraurbano, além de nortear soluções para a melhoria de qualidade de vida nas cidades (BARROS & LOMBARDO 2016).

A partir de 1970, com a facilidade de acesso aos dados de satélites e tecnologias que permitem a mensuração e a captação de diversas informações relacionadas à atmosfera e ao uso do solo, o estudo do clima urbano se tornou mais aprimorado e difundido. Por sua característica voltada aos centros urbanos tornou-se objeto de estudo não só de geógrafos, mas de arquitetos, urbanistas entre outros profissionais voltados ao planejamento das cidades (DUARTE & SERRA 2003).

Atualmente, diversos estudos já foram elaborados em todo o mundo, sob a ótica da Climatologia; não mais relacionando somente o grande contraste entre o urbano e o rural, mas aprofundando o estudo do clima intraurbano e relacionando as diferenças de acordo com o uso e cobertura do solo, como é o caso da classificação de LCZs (do inglês, *local climate zones*), que divide as características de uso e ocupação do solo em 17 categorias, a fim de padronizar as informações referentes a temperatura urbana.

Como observaram Barros e Lombardo (2016), são várias as formas existentes de estudar o clima urbano, inclusive porque cada cidade tem suas peculiaridades e, no caso das metrópoles e das cidades grandes, cada fragmento da cidade tem uma dinâmica diversa. Também deve ser levado em conta o uso do solo de cada área a ser escolhida como ponto de coleta, se residencial, comercial, uso aglomerado ou espreado, se o entorno possui vegetação ou cursos d'água, pois qualquer característica do solo ou de seu uso podem afetar a escala local.

O estudo de Barros e Lombardo (2016) apresenta a relação espacial entre os diferentes padrões de uso e cobertura do solo, no município de São Paulo e suas respostas térmicas, a partir da relação entre o índice de área foliar, a temperatura da superfície e os padrões de uso do solo, além da classificação térmica da ilha de calor urbana, a fim de compreender a conformação espacial do fenômeno da ilha de calor urbana. Neste estudo foi verificado também que, ambientes com vegetação escassa, ainda mais quando ocupados por atividades industriais, apresentam forte intensidade do fenômeno, chegando a temperaturas de superfície superiores a 8°C de diferença de áreas urbanas vegetadas.

Esta pesquisa teve por objetivo analisar as ilhas de calor de superfície e da camada do dossel urbano em Sorocaba com base no sistema de LCZs. Os objetivos específicos são:

- Mapear as LCZs das paisagens urbanas e rurais de Sorocaba;
- Recuperar as temperaturas de superfície para a identificação de ilhas de calor de superfície em Sorocaba;
- Mensurar a temperatura do ar por meio da execução de transectos móveis a fim de avaliar as ilhas de calor da camada do dossel urbano em Sorocaba;
- Investigar a potencial influência de características das LCZs na formação das ilhas de calor de superfície e da camada do dossel urbano em Sorocaba;
- Analisar a influência das condições atmosféricas nas ilhas de calor urbanas.

A presente dissertação está organizada da seguinte forma: o capítulo 2 apresenta uma revisão da literatura sobre o estudo do clima urbano e o sistema de

LCZs; o capítulo 3 apresenta as características do local de estudo; o capítulo 4 contempla as estratégias metodológicas adotadas para a mensuração da temperatura do ar e de superfície, bem como a classificação de LCZs; o capítulo 5 apresenta os resultados obtidos em cada etapa da pesquisa, e o capítulo 6 finaliza o trabalho, apresentando as considerações finais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A base para esta pesquisa está na proposta elaborada por Monteiro (1976), que elabora um aporte teórico e metodológico para estudar o Clima Urbano. O autor afirma que, para ser um estudo geográfico, o estudo do clima urbano não deve apenas estudar temperaturas, como sendo um ensaio em ‘tropicologia’, mas deve considerar as variáveis inerentes a sua própria condição urbana, sendo associado a uma série de fatores, como o caráter socioeconômico do local de estudo, topografia e uso do solo (MONTEIRO 1990a, p. 89). De acordo com o autor, à medida que o espaço é urbanizado, passa por diversas mudanças de uso e função urbana, o que traz, inevitavelmente, a alteração das condições climáticas; como exemplo, “as condições da São Paulo do início dos anos trinta [1930] e as atuais são imensamente diferentes.” (MONTEIRO 1990a, p. 87).

Com base na Teoria Geral dos Sistemas, Monteiro (1976) propõe não a solução de problemas, mas a produção de ideias que possam ser aplicadas na realidade empírica, integrando os campos do conhecimento científico, especialmente as ciências sociais, de forma a unir os campos da climatologia, com ênfase no estudo do clima com a arquitetura e o urbanismo, no campo do planejamento urbano (VALE 2012), pois apesar da subdivisão da ciência em várias disciplinas, cada vez mais particularizadas, está a busca por um referencial que as unifique, permitindo que o urbanista comunique-se com a ciência da geografia e o geógrafo com o urbanismo, para que os problemas apresentados possam ser resolvidos em ambos os campos de estudo (MONTEIRO & MENDONÇA 2003).

Quanto à definição da área de estudo, os autores afirmam que “não há preocupação em precisar a partir de que grau de urbanização e de que características geoecológicas locais se poderia usar o termo clima urbano” (MONTEIRO & MENDONÇA 2003, p. 19), focando, sobretudo, na função dos objetivos.

Nos estudos de clima urbano Oke (1976) foi um dos primeiros a detalhar as escalas climáticas, mesoescala, escala local e microescala. O autor apresenta as camadas da atmosfera urbana – a *Planet Boundary Layer*, camada que engloba a atmosfera, a *Urban Boundary Layer*, camada de ar que engloba a cidade, a *Urban Canopy Layer*, área abaixo da altura de elementos de ‘rugosidade’ (edificações,

vegetação, tudo que possa interferir na circulação do ar e temperatura, ou seja, zona em que ocupamos e ainda, a *Rural Boundary Layer*, superfície das áreas rurais, que possui microclima e características diferentes das camadas anteriores (Figura 1). Cada camada realiza trocas térmicas entre si, fazendo com que cada área da cidade tenha microclima diferente, configurando o que se chamou de clima urbano (OKE 1976; 1984).

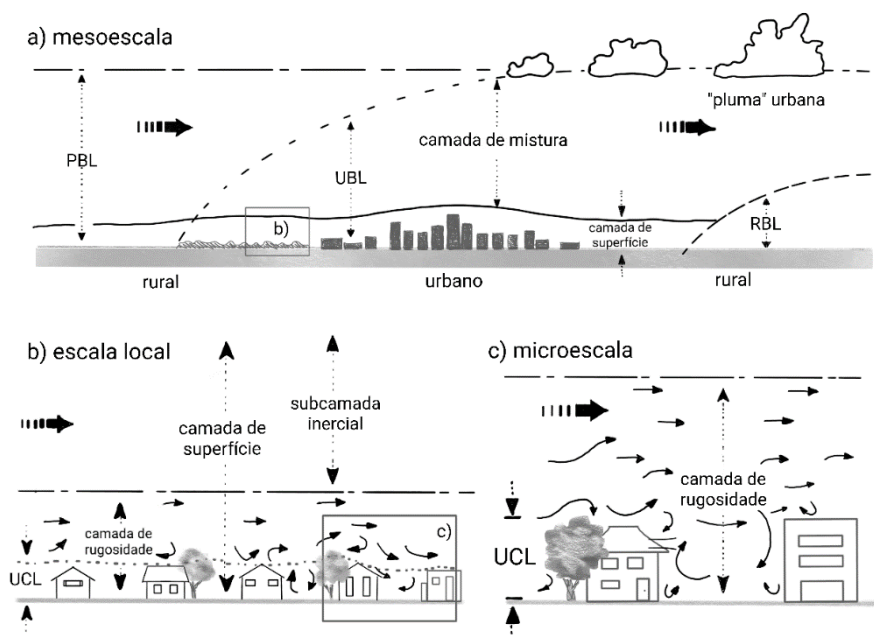


Figura 1 – Esquema de escalas climáticas e camadas verticais encontradas em áreas urbanas.
Fonte: Adaptado e traduzido pela autora a partir de Oke (1984).

Oke (1982, p. 7) define a ilha de calor da seguinte forma:

Em resumo, a ilha de calor urbana é uma anomalia térmica com dimensões horizontais, verticais e temporais, que tem sido observada em praticamente todos os assentamentos, grandes e pequenos, onde foi procurada. Nas latitudes médias, onde tem sido mais estudada, suas características estão relacionadas tanto à natureza intrínseca da cidade (por exemplo, seu tamanho, densidade de construção, distribuição do uso do solo) quanto a influências externas (por exemplo, clima, clima predominante e estações do ano) (OKE 1982, p. 7).

A Ilha de calor é calculada pela diferença de temperatura, registrada ao mesmo tempo, entre o ambiente construído e o não construído (ΔT_{u-r}) (OKE 1976). O desenho urbano pode influenciar muito nas condições climáticas locais, portanto, é importante, levar em consideração a geometria dos edifícios, materiais utilizados, propriedades do pavimento, em ruas e estacionamentos, além da arborização e

condição das áreas verdes, espaços livres e como estão distribuídos pela mancha urbana durante o estudo do clima de determinado local (LOMBARDO 1985, p. 78).

Nesta pesquisa, serão abordadas duas ilhas de calor distintas, SUHI e CUHI; para a medição da SUHI será utilizado o método de sensoriamento remoto e para a medição da CUHI, o método de transectos móveis. A medição por sensoriamento remoto é essencial para áreas que possuem poucas estações de monitoramento, onde a medição por meio de estações fixas pode se tornar inviável (FIALHO 2012). Este método já foi amplamente utilizado em âmbito nacional (CRUZ & LOMBARDO 2009; LEMOS 2011) e internacional (LIU & ZHANG 2011; ZHOU *et al.* 2019), inclusive no município de Sorocaba, para identificar ilhas de calor de superfície (SANTOS *et al.* 2022).

Já na medição por meio de transectos móveis, a temperatura do ar é coletada em um trajeto, percorrendo diferentes características de uso do solo, a fim de detectar alterações térmicas (PORANGABA *et al.* 2017). De acordo com Oke (1978) o melhor horário para a medição é após o pôr do sol, pois

Dado um clima razoavelmente constante, a intensidade da ilha de calor varia de maneira reconhecível ao longo do dia. A característica mais notável é o resfriamento reduzido na área urbana no final da tarde e noite, resultando em uma temperatura mínima noturna mais alta na cidade. A área urbana também é mais lenta para aquecer após o nascer do sol (OKE 1978, p. 290, traduzido pela autora).

ou seja, os materiais que mais absorvem energia demoram mais para liberar o calor que armazenaram durante o dia, evidenciando regiões que possuem ilhas de calor (PORANGABA *et al.* 2017).

Kegler *et al.* (2017) estudaram a configuração urbano-rural em Agudo/RS, utilizando transectos móveis para coleta de dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar em três horários distintos: às 6h, 15h e 21h, em janeiro de 2016, representando o verão e conferindo os dados com a estação do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) de Santa Maria. O resultado do trabalho identificou ilha de frescor leve e concluiu-se que o posicionamento do relevo e a disposição das vertentes foram determinantes na definição do sistema termodinâmico do clima urbano de Agudo/RS.

Minaki (2017) utilizou a metodologia dos transectos móveis para analisar o município de Maringá/PR, a partir de dez episódios de inverno em 2016, por meio de um transecto no sentido norte-sul. Os resultados mostram ilhas de calor em Maringá, com diferenças de até 6,4°C de temperatura do ar entre pontos distintos do transecto.

Dorigon & Amorim (2020) estudaram a variabilidade espacial da temperatura do ar em Jundiaí/SP, por meio de transectos móveis. Foram registrados 10 episódios, entre os meses de agosto e setembro de 2017. Os resultados constataram a existência de um padrão térmico de distribuição espacial, pois as variações de temperatura do ar ocorreram de forma parecida na maioria dos episódios registrados. Através dos registros foram delimitadas as ilhas de calor urbanas, localizadas em áreas com adensamento construtivo.

2.1 O clima urbano e a cidade

Após os estudos clássicos de Evelyn em 1661 e Howard em 1833 já citados, é importante considerar na linha do tempo aqui apresentada o *Big Smoke* de Londres, uma densa névoa em razão da grande quantidade de poluição no ar que ocorreu entre 5 e 9 de dezembro de 1952 e deixou quatro mil mortos, além de feridos. As maiores vítimas eram portadoras de doenças respiratórias (ACHESON 2005 p.20-22; LANDSBERG 2006 p.100).

Peppler (1929) e Schmidt (1927), desenvolveram trabalhos clássicos que possibilitaram o avanço dos métodos de coleta de temperatura nas cidades, além de cunharem o termo “ilha de calor” para descrever a anomalia de temperatura presente nas cidades (STEWART 2019). A Figura 2 mostra um exemplo de como as ilhas de calor se comportam, de acordo com o uso do solo, ilustrado com base em LCZs.

A partir de 1970, começam a surgir estudos relacionando o ordenamento das cidades e o clima pelo mundo todo (DUARTE & SERRA 2003). A Figura 3 mostra uma linha do tempo resumida destes acontecimentos.

Conceito: Ilhas de Calor

São áreas onde a temperatura é aumentada em relação a áreas naturais ou rurais.

Causas: ausência de vegetação e corpos d'água, excesso de materiais que absorvem a radiação solar e depois soltam calor aos poucos, como o asfalto, o metal e o concreto, encontrados em abundância nas áreas urbanas.

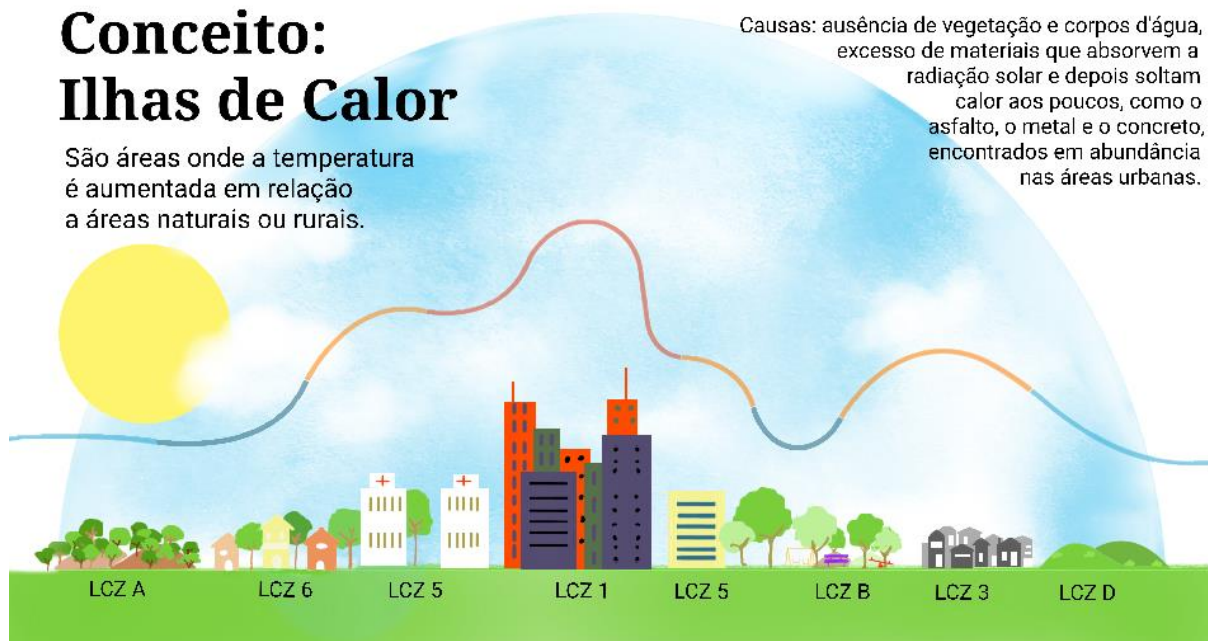


Figura 2 – Diagrama explicativo das ilhas de calor. Fonte: elaborado pela autora.

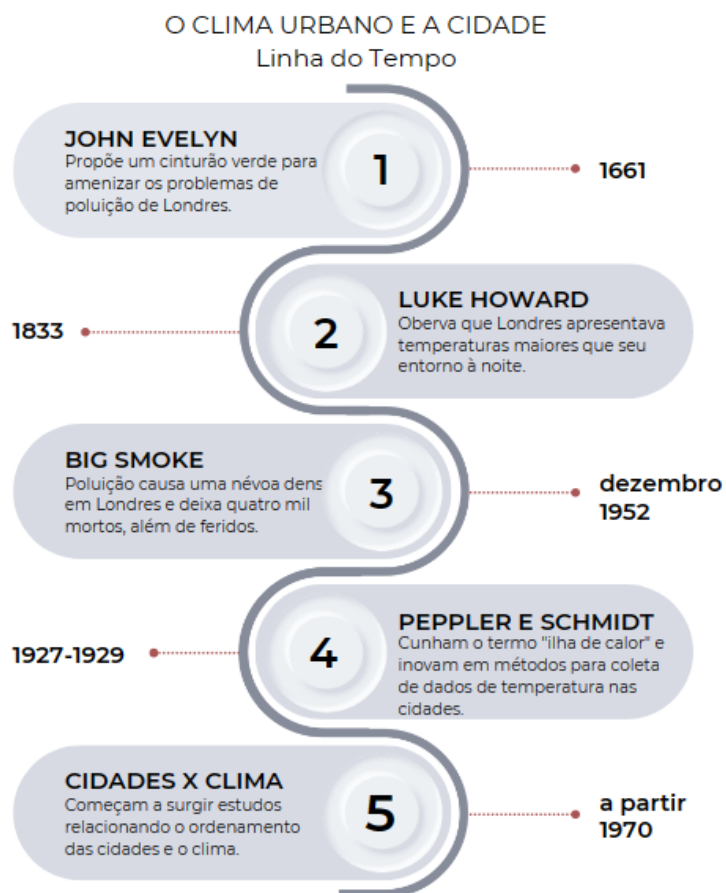


Figura 3– Linha do tempo de acontecimentos relacionados ao clima das cidades. Fonte: elaborado pela autora a partir das referências contidas no texto.

2.2 LCZs: conceito, histórico e aplicações

Como forma de entender o impacto das atividades antrópicas da atualidade, foram criadas diversas ferramentas de interpretação da organização e das dinâmicas urbanas. Desenvolvido em 2012 por Stewart & Oke, o sistema de classificação de LCZs², ou Zonas Climáticas Locais, foi criado com o objetivo de fornecer uma estrutura de pesquisa para os estudos de ilhas de calor urbanas, a fim de padronizar as informações referentes a temperatura urbana (STEWART & OKE 2012).

Porém, para que tal padronização pudesse ser aplicada por todo o globo, independente do país, o conceito de “urbano” e “rural” precisou ser esclarecido (STEWART & OKE 2006; 2012).

Em trabalhos anteriores sobre o tema, é comum notar a definição simplificada do urbano como uma região construída mais adensada e o rural, uma área com maior quantidade de vegetação. Porém, os autores defendem que tais termos podem ser muito vagos, pois há grande diversidade de uso e cobertura do solo (Figura 4), tanto em áreas do campo, sejam florestas, áreas agrícolas ou de plantio, quanto em áreas habitadas, seja por grandes galpões industriais, universidades ou condomínios residenciais (STEWART & OKE 2012).

² Do inglês, *Local Climate Zones* (STEWART & OKE 2012, traduzido pela autora).

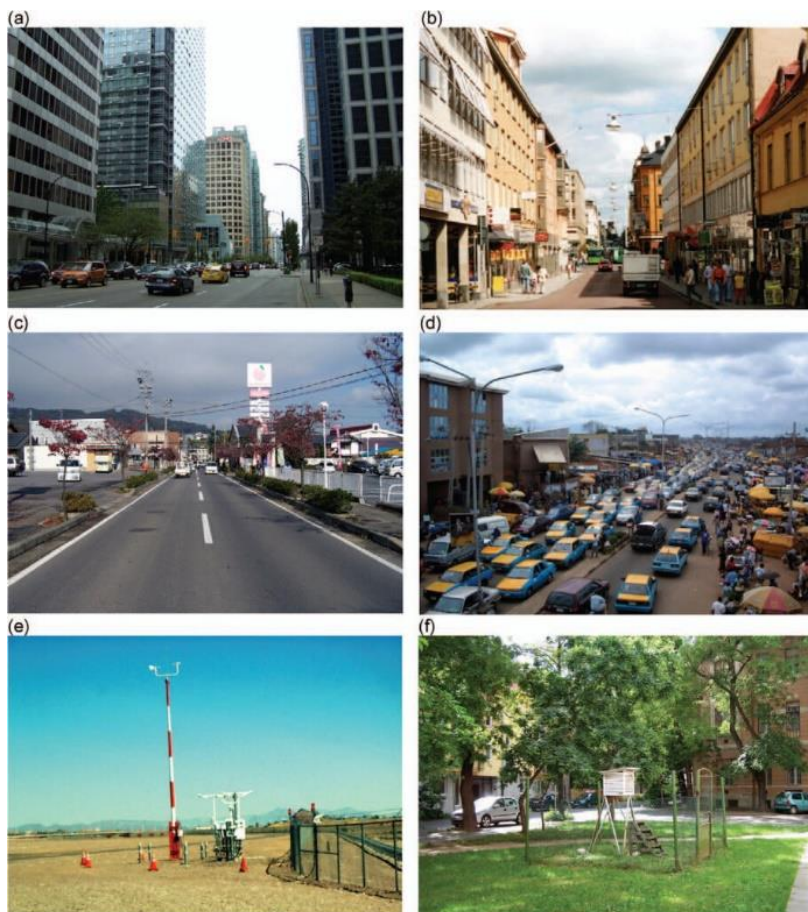


Figura 4 – Exemplos de áreas urbanas na literatura climática³. Fonte: Stewart & Oke (2012).

Segundo Oke (2006), alguns fatores precisam ser considerados quando se examina o efeito do uso do solo urbano: a estrutura urbana (tamanho e espaçamento das edificações e vias); a cobertura da superfície (solo exposto, vegetação, pavimentação, água); o tecido urbano (malha urbana); e o metabolismo urbano (água, calor e poluentes provenientes da atividade antrópica).

O foco da classificação não é a exatidão com que as áreas são descritas, mas sim a capacidade de classificar as áreas, exibindo sua morfologia e possíveis necessidades para amenizar o clima (CARDOSO *et al.* 2017). O modelo de classificação em LCZs elenca os tipos de estrutura existente na superfície, como prédios e árvores, e a cobertura do solo, se permeável ou não. Estas características influenciam diretamente em todas as escalas do clima (BECHTEL *et al.* 2015).

³ A metodologia convencional define esses locais como universalmente “urbanos”, apesar das diferenças em suas estruturas do edifício, cobertura do solo e atividade humana: (a) núcleo moderno de Vancouver, Canadá; (b) antigo núcleo de Uppsala, Suécia; (c) centro da cidade de Toyono, Japão; (d) distrito comercial de Akure, Nigéria; (e) aeroporto da cidade de Phoenix, Arizona; (f) câmpus universitário de Szeged, Hungria. (STEWART & OKE 2012).

São 17 tipos de uso e cobertura do solo, sendo 10 equivalentes a tipologias construtivas e 7 equivalentes ao tipo de cobertura do solo. A partir destas definições, é possível determinar se uma área *rural* é composta por vegetação adensada, esparsa, arbustos, campo, solo pavimentado, argiloso, arenoso, bem como uma área *urbana*, se é compacta de alta elevação (10 ou mais pavimentos), aberta de baixa elevação (1 a 3 pavimentos), indústria (Figura 5).





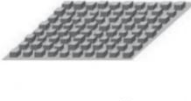




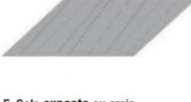







Tipos de construções	Definição	Tipos de cobertura do solo	Definição
 <p>1. Compacta de alta elevação</p>	Densa mistura de prédios altos a dezenas de andares. Poucas ou nenhuma árvore. Cobertura do solo em sua maioria pavimentada. Materiais de construção em concreto, aço, pedra e vidro.	 <p>A. Árvores densas</p>	Paisagem densamente arborizada de árvores caducifólias e/ou perenes. Cobertura do solo predominantemente permeável (plantas baixas). A função da zona é floresta natural, cultivo de árvores ou parque urbano.
 <p>2. Compacta de média elevação</p>	Densa mistura de edifícios de altura média (3 a 9 andares). Poucas ou nenhuma árvore. Cobertura do solo em sua maioria pavimentada. Materiais de construção de pedra, tijolo, azulejo e concreto.	 <p>B. Árvores espalhadas</p>	Paisagem levemente arborizada de árvores caducifólias e/ou perenes. Cobertura do solo predominantemente permeável (plantas baixas). A função da zona é floresta natural, cultivo de árvores ou parque urbano.
 <p>3. Compacta de baixa elevação</p>	Densa mistura de prédios baixos (1 a 3 andares). Poucas ou nenhuma árvore. Cobertura do solo em sua maioria pavimentada. Pedra, tijolo, azulejo e materiais de construção de concreto.	 <p>C. Arbusto</p>	Arranjo aberto de arbustos, arbustos e árvores baixas e lenhosas. Cobertura do solo predominantemente permeável (solo descoberto ou areia). A função da zona é matagal natural ou agricultura.
 <p>4. Aberta de alta elevação</p>	Arranjo aberto de edifícios altos com dezenas de andares. Abundância de cobertura vegetal permeável (plantas baixas, árvores esparsas). Materiais de construção em concreto, aço, pedra e vidro.	 <p>D. Campo</p>	Paisagem inexpressiva de grama ou plantas/culturas herbáceas. Poucas ou nenhuma árvore. A função da zona é pastagem natural, agricultura ou parque urbano.
 <p>5. Aberta de média elevação</p>	Arranjo aberto de edifícios de altura média (3 a 9 andares). Abundância de cobertura vegetal permeável (plantas baixas, árvores esparsas). Materiais de construção em concreto, aço, pedra e vidro.	 <p>E. Rocha ou pavimento</p>	Paisagem inexpressiva de rocha ou cobertura pavimentada. Poucas ou nenhuma árvore ou planta. A função da zona é deserto natural (rocha) ou transporte urbano.
 <p>6. Aberta de baixa elevação</p>	Arranjo aberto de edifícios baixos (1 a 3 andares). Abundância de cobertura vegetal permeável (plantas baixas, árvores esparsas). Materiais de construção de madeira, tijolo, pedra, azulejo e concreto.	 <p>F. Solo exposto ou areia</p>	Paisagem inexpressiva de solo ou cobertura de areia. Poucas ou nenhuma árvore ou planta. A função da zona é deserto natural ou agricultura.
 <p>7. Compacta pouco consolidada de baixa elevação</p>	Densa mistura de edifícios de um único andar. Poucas ou nenhuma árvore. Cobertura do solo predominantemente compacta. Materiais de construção leves (por exemplo, madeira, palha, metal corrugado).	 <p>G. Água</p>	Grandes corpos de água abertos, como mares e lagos, ou pequenos corpos de água, como rios, reservatórios e lagoas.
 <p>8. Grandes construções de baixa elevação</p>	Arranjo aberto de grandes edifícios baixos (1 a 3 andares). Poucas ou nenhuma árvore. Cobertura do solo em sua maioria pavimentada. Materiais de construção de aço, concreto, metal e pedra.	<p>PROPRIEDADES DE COBERTURA DE TERRA VARIÁVEIS</p> <p>Propriedades variáveis ou efêmeras da cobertura da terra que mudam significativamente com padrões climáticos sinóticos, práticas agrícolas e/ou ciclos sazonais.</p>	
 <p>9. Construção esparsa</p>	Arranjo esparsa de edifícios pequenos ou médios em um ambiente natural. Abundância de cobertura vegetal permeável (plantas baixas, árvores esparsas).	<p>b. árvores sem folhas a. cobertura de neve d. terra seca w. terra úmida</p>	
 <p>10. Indústria</p>	Estruturas industriais baixas e médias (torres, tanques, chaminés). Poucas ou nenhuma árvore. Cobertura do solo principalmente pavimentada ou compactada. Materiais de construção de metal, aço e concreto.		

Figura 5 – Sistema de classificação da paisagem através das LCZs. Fonte: adaptado de Stewart & Oke (2012), traduzido pela autora.

Esta proposta possibilita a comparação entre cidades de diferentes países, ou a precisão na avaliação da situação climática das cidades, já que o tipo de solo e seu uso e ocupação estão sendo considerados.

Zhou *et al.* (2019) utilizaram a classificação climática para a cidade de Sendai, no Japão através da categorização de LCZs, a partir do método WUDAPT. As LCZs de Nagano, no Japão foram classificadas por Stewart & Oke (2009) através de mapas, fotografias e estudos da superfície.

Alexander & Mills (2014) também aplicam a metodologia de classificação das LCZs em Dublin, Irlanda, implantando uma rede de sensores de medição de temperatura do ar pela cidade e fazendo o uso da medição por transectos móveis, durante o período de uma semana em agosto de 2010. Os resultados mostram que áreas com alta impermeabilidade ou mais densamente cobertas por construções foram, em média, $>4^{\circ}\text{C}$ mais quentes à noite do que áreas com alta cobertura permeável e vegetada. A distinção na temperatura média noturna da LCZ permitiu a geração de um mapa de calor em toda a área urbana.

Para esta pesquisa, será realizado o mapeamento do município de Sorocaba conforme o sistema proposto por Stewart e Oke (2012). Neste sistema, como o título sugere, as classes são de escala local, de natureza climática e representação zonal (STEWART & OKE 2012).

Cardoso (2015), em sua tese de doutorado, chama as LCZs de PUCs (Potenciais Unidades Climáticas) e utiliza a medição de temperatura do ar por transectos móveis a fim de auxiliar a classificação de Presidente Prudente. O resultado mostra que há influência da morfologia urbana e cobertura da terra na atmosfera local e que as LCZs se apresentam como uma nova forma de definir a magnitude das ilhas de calor, possibilitando uma interpretação mais fidedigna do clima urbano das cidades (CARDOSO 2015).

Porto *et al.* (2020) relacionaram as LCZs às ilhas de calor de superfície encontradas em Belém – PA e concluíram que a classificação ajuda a encontrar as regiões onde o fenômeno da ilha de calor acontece. Da mesma forma, Werneck (2022) utilizou a classificação de LCZs a partir da ferramenta *LCZ generator* para estudar a área urbana do Distrito Federal, concluindo que “a classificação de LCZ

pode ser útil como ferramenta de apoio para monitorar e promover uma hierarquia de áreas a serem priorizadas na implementação de estratégias de mitigação de altas temperaturas.” (WERNECK 2022).

3 ÁREA DE ESTUDO

Sorocaba é uma cidade de médio porte, localizada no sudoeste do interior paulista (Figura 6), com aproximadamente 695.328 habitantes e densidade demográfica de 1.304,18 hab./km² (IBGE 2020). Possui 449.872km² de área territorial e é um dos mais importantes polos industriais do estado (IBGE 2020). Junto com outros 25 municípios (Figura 7), o município compõe a RMS – Região Metropolitana de Sorocaba (IBGE 2020). Junto com São Paulo e Campinas, o município forma um triângulo de regiões economicamente mais importantes do estado (BUGANZA 2010).

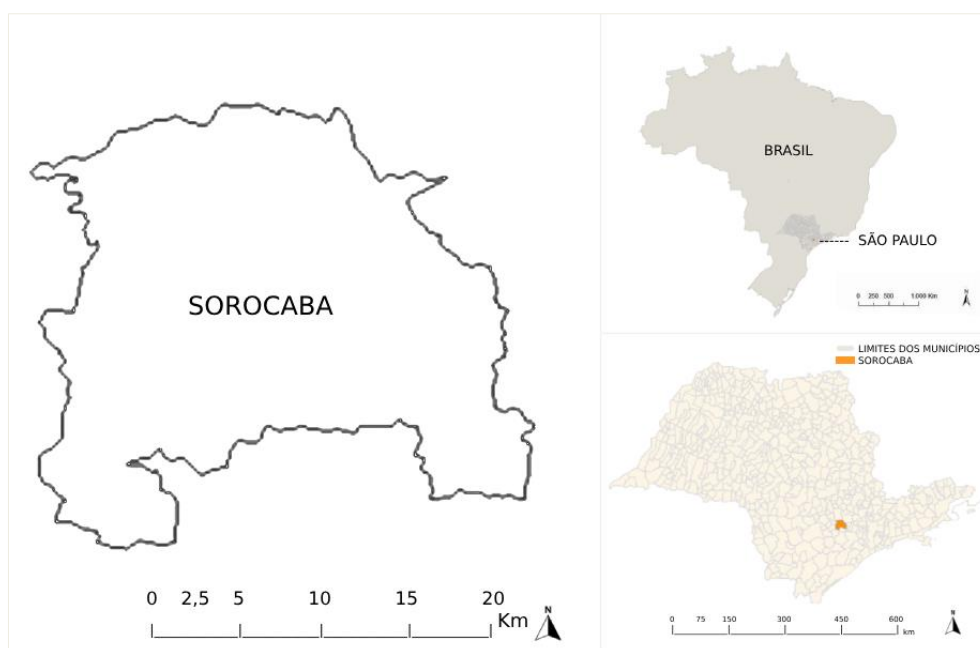


Figura 6 – Localização de Sorocaba. Fonte: elaborado pela autora.

O município é cortado ao norte pelo Trópico de Capricórnio, sendo assim corresponde a uma área de transição entre os climas Tropicais e Subtropicais. Do ponto de vista dinâmico a região é influenciada por sistemas tropicais e extratropicais, sendo atingida por massas de ar tropicais e polares, passagens frontais, instabilidades e a Zona de Convergência do Atlântico Sul que, no verão, confere o aumento dos totais de chuva (MONTEIRO 1973; SILVA *et al.* 2020).



Figura 7 – Região Metropolitana de Sorocaba (RMS). Fonte: adaptado do Plano de Desenvolvimento Urbano Integrado da Região Metropolitana de Sorocaba (PDUI – RMS), adaptado pela autora.

A intercalação das massas quentes e frias confere outra característica que são as oscilações diárias e interdiárias das temperaturas. No inverno é frequente a entrada de anticiclones polares vindos do Sudeste. O ar polar faz as temperaturas baixarem de modo que podem ocorrer temperaturas negativas e geadas; este mesmo fenômeno também dificulta a formação de chuva (MONTEIRO 1973; SILVA *et al.* 2020).

Santos (1952), em seu trabalho sobre a geomorfologia de Sorocaba, dividiu a configuração do relevo em quatro níveis: o primeiro nível de altitude, a cerca de 900 metros, encontrado nos extremos sul, leste, nordeste e noroeste. O segundo nível, 650 a 750 metros de altitude, abrangendo quase um terço da superfície do município. O terceiro nível de altitude, de 600 a 650 metros, é chamado de depressão periférica e ocupa a maior extensão da área urbana, sendo aproximadamente dois terços e, de acordo com a autora, pode ser percebido na área urbana de Sorocaba. O quarto nível, 500 a 550 metros, corresponde às várzeas do rio Sorocaba e seus afluentes, portanto, são áreas mais suscetíveis a inundações (SANTOS 1952).

Silva & Silva (2016) estudaram as temperaturas da zona rural e urbana a fim de identificar a formação de ilha de calor urbana no município de Sorocaba/SP. Os

autores utilizaram dados de temperatura do ar de julho de 2012 a julho de 2013 e identificaram que, em episódio de inverno, a diferença de temperatura entre o urbano e rural varia entre 3°C e 8,5°C, caracterizando ilhas de calor urbanas.

Para entender a formação do município, é necessário voltar ao início do século XVI, quando se deu início ao povoado em Sorocaba, por conta da existência de minério de ferro próximo a Araçoiaba da Serra, antes conhecida como Campo Largo; mas a Vila de Nossa Senhora da Ponte de Sorocaba foi fundada somente em 1654, com a chegada de Baltazar Fernandes e sua comitiva. A fim de incentivar o povoamento da região, o fundador doou terras aos beneditinos de Parnaíba para construir o Mosteiro da Ordem de São Bento. Por conta do solo inviável para a atividade agropecuária, a população local focou no comércio de muares, tendo sido o tropeirismo a principal atividade da época (BUGANZA 2010).

Os Sorocabanos faziam a compra dos muares xucros produzidos no Sul e os vendiam treinados aos tropeiros do ouro, estabelecendo, assim, uma importante rede de caminhos entre essas regiões. Esse comércio foi uma enorme fonte de renda para os Sorocabanos, que viam a cidade tomar importância econômica e territorial em função dessas condicionantes estabelecidas pelo mercantilismo (CELLI & NAMUR 2012, p. 32).

Neste sentido, Sorocaba estava localizada na passagem de antigos trajetos indígenas e posteriormente, novos trajetos criados por tropeiros e bandeirantes, fato que favorecia as operações comerciais (CELLI & NAMUR 2012).

O cultivo de café, algodão e cana-de-açúcar contribuíram para a formação da base industrial do estado, mas também foram o motivo da construção “de um sistema de transporte capaz de escoar a produção dessas matérias-primas agrícolas de forma mais eficiente que o sistema de tropas”, então foram construídas linhas ferroviárias que atendiam o interior e litoral do estado (CELLI & NAMUR 2012). A inauguração da Estrada de Ferro Sorocabana, em 1875, foi capaz de impulsionar a economia municipal em escala nacional (LINARDI 2012). Segundo Buganza (2010), é possível identificar três configurações da evolução da malha urbana até o final do século XIX:

a rarefeita Vila Bandeirista de sua fundação em 1654 até o início do tropeirismo em 1733, surgindo a Vila Tropeira que acompanhou o desenvolvimento, apogeu e fim das Feiras de Animais em 1880, chegando à Cidade Pré-industrial, com a Estrada de Ferro Sorocabana, cultivo do algodão e o pioneirismo da indústria têxtil (BUGANZA 2010).

Após a inauguração da Rodovia Raposo Tavares, na década de 1950, a atividade industrial começa a se diversificar na região; em 1980, foi inaugurada também a Rodovia Castelo Branco, favorecendo ainda mais a interação com outras cidades, principalmente São Paulo e Campinas, o que possibilitou que a cidade sempre estivesse em destaque no cenário econômico do estado (BUGANZA 2010).

Portanto, pode-se observar que o desenvolvimento da cidade se deu de fora para dentro, ou seja, primeiro no cenário regional, onde era utilizada como ponto de parada da rota e posteriormente no cenário local, onde começou a ser povoada na região central, por conta dos equipamentos existentes (igreja e escola) (CELLI & NAMUR 2012).

A partir de 1909 já é possível observar o crescimento da mancha urbana de Sorocaba: além da ocupação inicial na área central, loteamentos operários se formaram ao redor das fábricas têxteis e os bairros Além Linha e Além Ponte já estavam em formação (CELLI & NAMUR 2012); as fábricas têxteis, inclusive, induziram o crescimento e desenvolvimento da cidade. Nessa mesma época, os bairros citados foram se espalhando. Em 1925 acontece o crescimento e consolidação das vilas operárias:

Vila Carvalho, Vila Angélica, Vila Santana, Vila Rosália, ao norte e noroeste; Vila Hortência, Vila Santa Maria, a sudeste; Vila Independência, Vila Fonseca, a oeste. O crescimento urbano deu-se ao norte e noroeste (Além Linha), a sudeste e leste (Além Ponte), em função das atividades ligadas à industrialização. Houve também um significativo crescimento na direção oeste e sudoeste (Cerrado), para além do Centro (CELLI; NAMUR, 2012, p. 81).

Além das expansões citadas, houve ainda dois outros aglomerados distantes da malha principal da cidade que se desenvolveram: os bairros Éden e Cajuru, ambos também de origem tropeira, pois estavam no meio do percurso realizado pelos tropeiros vindos do Rio Grande do Sul (LINARDI 2012). A região desenvolveu-se por conta do fácil acesso à Rodovia Castelo Branco e hoje é a área que mais abriga empresas na cidade, conhecida por ser o distrito industrial do município. Na Figura 8 é possível observar a expansão urbana de Sorocaba desde sua fundação até os dias atuais.

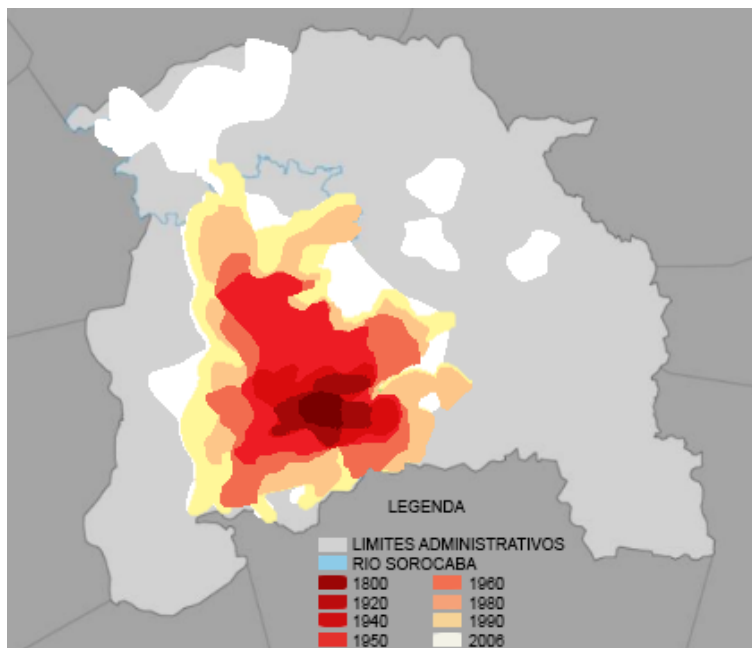


Figura 8 – Mancha urbana de Sorocaba, de 1800 a 2006. Fonte: Buganza (2010), adaptado pela autora.

De acordo com Burgos (2015), o espaço urbano de Sorocaba vem sendo desenvolvido em cima da desigualdade social, contrariando os fundamentos do direito à cidade, com “primazia dos espaços públicos e redução das desigualdades socioespaciais” (BURGOS 2015).

A autora constatou que, de mais de 6.000 imóveis lançados no mercado imobiliário da cidade no ano de 2013, 94% das unidades são em edifícios, o que mostra uma tendência à verticalização concentrada nas regiões centro-sul, já adensadas e região norte, em expansão (BURGOS 2015).

O crescimento da cidade no setor imobiliário não parou de crescer: entre o quarto semestre de 2020 e o terceiro semestre de 2022. Em um período de 36 meses, foram lançadas 16.701 unidades de imóveis na cidade, o equivalente a 5.275,3 milhões de reais (SECOVI 2023).

Porém, os cenários de desigualdade social são ainda mais delineados através dos condomínios residenciais, que se espalham em grande quantidade pela cidade. Quando a dinâmica de ordenamento urbano de condomínios é comparada a dos bairros adjacentes, as diferenças encontradas são grandes. Enquanto os condomínios possuem grandes quantidades de áreas verdes e permeáveis, sistemas de recreio e lazer, nos bairros populares estas áreas são quase que

imperceptíveis, fato que colabora para a formação de áreas com temperaturas mais elevadas (DAS MERCÊS SILVA *et al.* 2022).

Além disso, convém citar que desde sua origem, Sorocaba apresenta uma ocupação concentrada na porção Centro-Sul, tendo sofrido uma expansão mais adensada no sentido Oeste e mais dispersa no sentido Leste, sendo a direção Norte o principal vetor de crescimento atual da cidade (Figura 9), através dos eixos viários da Avenida Ipanema e Avenida Itavuvu (LINARDI 2012).



Figura 9 – Imagem satélite do município de Sorocaba; a área acinzentada corresponde à área urbanizada. Fonte: elaborado pela autora a partir do Google Earth Pro.

Os principais eixos viários nitidamente destacados pela ausência de vegetação, podendo-se encontrar diferenças de aquecimento pela área urbana considerando 3°C acima da média de temperaturas de superfície, em período de inverno (SANTOS *et al.* 2022).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Para este trabalho foi realizada pesquisa bibliográfica, documental e de campo. A pesquisa bibliográfica buscou os estudos de clima urbano sob o enfoque geográfico e urbanístico, sobretudo estudos que procuram entender o clima urbano das cidades médias e que apresentam soluções para as áreas afetadas por altas temperaturas.

A pesquisa documental buscou coletar dados e mapas sobre o desenvolvimento e expansão do município, a fim de entender o comportamento atual da dinâmica da cidade, além das imagens de satélite e cartas sinóticas.

A pesquisa de campo buscou coletar dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar, através de transectos móveis, para identificar a relação entre os diversos usos da cidade e a ocorrência das ilhas de calor do município.

O fluxograma (Figura 10) mostra os passos metodológicos da pesquisa:

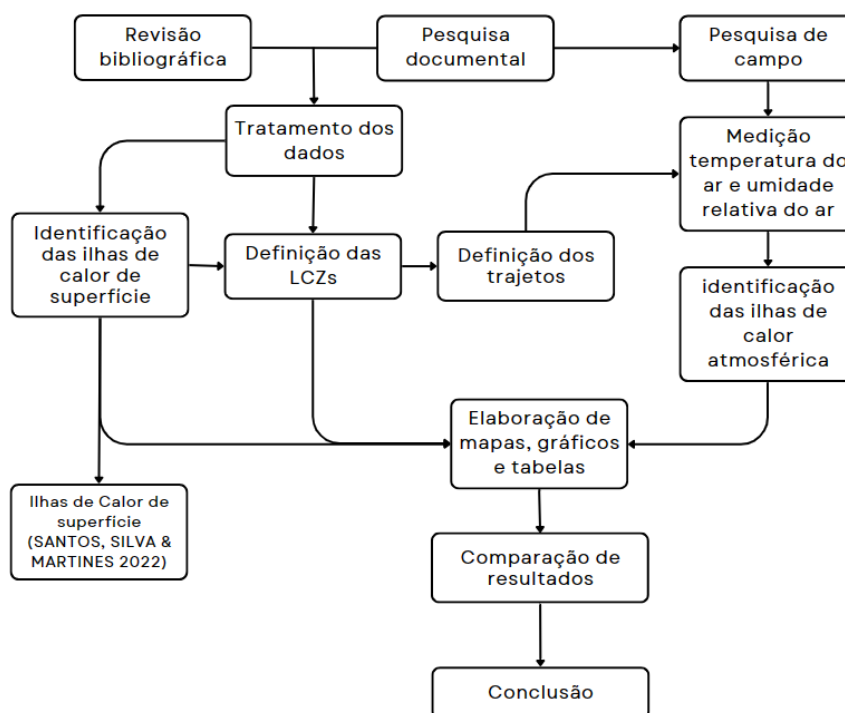


Figura 10 – Fluxograma das etapas de trabalho da Pesquisa. Fonte: elaborado pela autora.

A primeira etapa da pesquisa procurou, sob uma escala local, entender a configuração climática de Sorocaba, mapeando ilhas de calor de superfície existentes na cidade; a segunda etapa procurou entender a configuração do uso e

ocupação do solo, mapeando as LCZs do município, de acordo com a proposta de Stewart & Oke (2012) e a terceira mediou as temperaturas e umidade relativa do ar por meio de dois transectos na área urbana: Norte-Sul e Leste-Oeste.

A partir dos resultados obtidos em cada etapa e da comparação entre as etapas, a fim de entender a configuração das ilhas de calor em Sorocaba e a relação com o uso do solo do município.

4.1 Mapeamento da SUHI

Em uma primeira etapa foram identificadas as SUHI, através do sensoriamento remoto termal. Para isso, foram utilizados o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), sensível a vegetação, o Índice Normalizado por Diferença de Construção (NDBI), sensível a áreas construídas, e o LST (do inglês, *land surface temperature*), ou seja, temperatura de superfície, que mostra a temperatura da camada da camada limite da atmosfera (FIALHO 2012).

Para obtenção da estimativa de temperatura de superfície foi utilizada a banda 10 do satélite LandSat 8, nas datas 07/08/2013 e 07/08/2020. O recorte temporal visou buscar o maior intervalo possível entre as imagens disponíveis na plataforma United States Geological Survey (USGS).

A partir da relação entre os dados, foi apresentado um mapa de temperaturas da mancha urbana de Sorocaba, exibindo as SUHI e sua evolução de 2013 a 2020 (SANTOS *et al.* 2022). As áreas identificadas como SUHI foram utilizadas como parâmetro para o traçado dos transectos, com o propósito de entender as temperaturas do ar destas áreas.

4.2 Classificação das zonas climáticas

Na segunda etapa da pesquisa foi realizada a classificação de LCZs (*Local Climate Zones*), baseada na metodologia proposta por Stewart & Oke (2012) de classificação climática. Neste trabalho, esta metodologia foi aplicada com o intuito de verificar se há relação entre as SUHI apontadas por Santos *et al.* (2022) e as CUHI levantadas na passagem dos transectos.

Bechtel *et al.* (2015) apresentam a metodologia de classificação mundial das LCZs a partir do projeto *World Urban Database Access Portal Tools* (WUDAPT)⁴. Neste projeto, o esquema de LCZs de Stewart & Oke (2012) foi adotado como uma descrição básica da cobertura do solo urbano e, a partir destes dados, foi desenvolvido um processo para classificar automaticamente as áreas urbanas globalmente em tipos, capaz de mapear cidades inteiras a partir de amostras de LCZs. Com isso, pretende-se a implantação de uma metodologia universal para a classificação de LCZs pelo mundo, de forma com que os resultados sejam mais aproximados entre si (DEMUZERE *et al.* 2020).

Embora seja uma ferramenta que possibilita classificar qualquer cidade do globo, é importante pontuar duas limitações encontradas: a limitação temporal, já que o mapeamento considera imagens de 2017 a 2019, e a limitação nas classificações, visto que as cidades possuem uma trama de usos diversos e, nas regiões apontadas como LCZ 3, por exemplo, existem trechos de LCZ D ou até mesmo LCZ A.

A plataforma *LCZ generator*⁵ consiste basicamente nas chamadas “áreas de treinamento”, desenhadas por meio de polígonos rotulados no Google Earth com cada tipo de LCZ (se urbana, de 1 a 10, ou natural, de A a G, conforme Figura 5) (DEMUZERE *et al.* 2021). É criado um arquivo com os polígonos nos formatos *.kml* ou *.kmz*⁶ e carregado num formulário de submissão. A quantidade de polígonos desenhados no arquivo é importante, pois a classificação “utiliza os atributos espectrais de cada pixel das imagens de satélite na busca por regiões com morfologia homogênea” (WERNECK 2022).

Após o mapeamento, o resultado é disponibilizado via e-mail ao responsável pela submissão (cadastrado no formulário citado anteriormente) e no banco de dados da plataforma⁷, que já conta com mais de 150 cidades mapeadas (DEMUZERE *et al.* 2021). Com isso, também é possível consultar os trabalhos de

⁴ WUDAPT é uma infraestrutura de informação e modelagem de dossel urbano gerada pela comunidade internacional para facilitar estudos de aplicação de modelagem de clima, clima, qualidade do ar e uso de energia com foco urbano (DEMUZERE, HANKEY, MILLS, *et al.* 2020)

⁵ Acesso à plataforma através do endereço: <<https://lcz-generator.rub.de/>>.

⁶ *Keyhole Markup Language* (*.kml*) ou sua versão compactada (*.kmz*) (DEMUZERE *et al.* 2021).

⁷ Acesso ao banco de dados da plataforma: <<https://lcz-generator.rub.de/submissions>>.

outros locais e elaborar estudos comparativos entre áreas diferentes. O processo segue as seguintes etapas:

1. *Download* do arquivo de treinamento em formato *.kml*, disponível na plataforma WUDAPT. Este arquivo deve ser aberto no *Google Earth*⁸ (Figura 11) e preenchido por polígonos, de acordo com a representação da área que está sendo estudada.

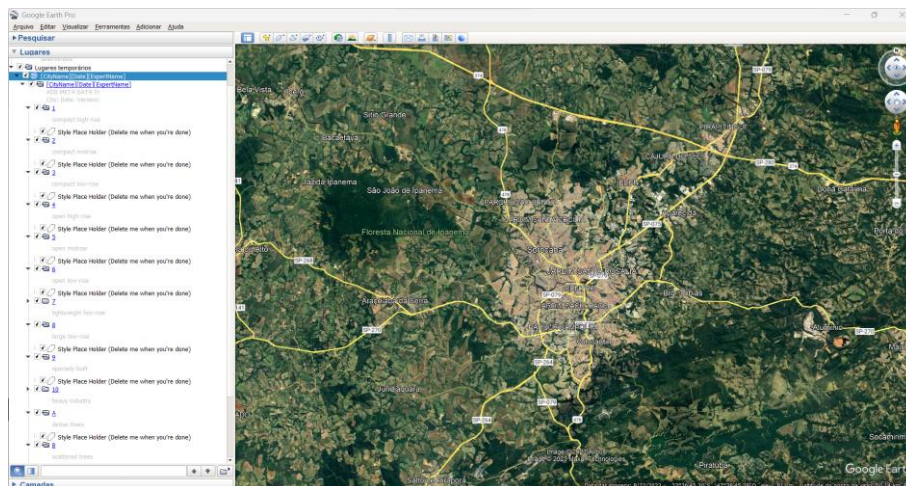


Figura 11 – *Print* da interface do *Google Earth*. Fonte: elaborado pela autora.

2. Criação de polígonos a partir das áreas percebidas. Esta etapa se divide nos seguintes passos:
 - i. Selecionar a subpasta correspondente à LCZ que será digitalizada;
 - ii. Selecionar a ferramenta 'polígono', em Adicionar > Polígono.
 - iii. Desenhar o polígono, delimitando a área escolhida para digitalização;
 - iv. Repetir o procedimento para todas as áreas referentes à LCZ pretendida, até certificar-se de ter representado todas as possíveis LCZs do local, neste caso, do município de Sorocaba.
3. A percepção das áreas acontece por meio de visita aos locais, a fim de verificar em qual categoria de LCZ a área de encaixa. Algumas regras são apontadas nesta etapa, para garantir o funcionamento da classificação; a Figura 12 dá alguns exemplos (World Urban Database 2023):
 - Não se deve digitalizar áreas tão pequenas, “já que as imagens de observação da Terra usadas na classificação LCZ têm um tamanho de

⁸ Software que permite a identificação de áreas através da criação de polígonos e marcadores (YU & GONG 2012).

pixel de 100-120 m de lado” (Criar Áreas De Treinamento Lcz – World Urban Database 2023);

- O conceito de classificação de LCZs de Stewart e Oke (2012) deve estar bem claro ao iniciar o processo;
- É recomendado de 5 a 15 exemplos de cada LCZ, para maior precisão da classificação automática. O objetivo desta etapa é classificar o máximo número possível em cada categoria de LCZs, pois a ferramenta identifica as demais áreas a partir do padrão de telhados, distância entre construções e tipo de materiais;
- A cobertura natural (vegetação densa, água, campos) deve ser igualmente selecionada;
- Canteiros de obras devem ser evitados, pois sua classificação logo será alterada;

Em caso de dúvidas sobre a categorização de alguma área, deve-se procurar visitar novamente o local ou utilizar a ferramenta *streetview* para confirmar a classificação.



Figura 12 – Exemplos de polígonos para classificação. Fonte: World Urban Database (2023).

4. Após a digitalização de todos os exemplos, em todas as categorias, o estilo de configuração de cada categoria deve ser editado. Para isso, deve-se clicar com o botão direito do mouse na pasta de cada LCZ e selecionar Propriedades > Estilo, Cor > Estilo de Compartilhamento.
5. Excluir o espaço reservado para o estilo – identificado como “*Style Place Holder (Delete me when you're done)*” e salvar o arquivo.
6. Preencher o formulário de submissão disponível no endereço <https://lcz-generator.rub.de/ta_submission> e fazer *upload* do arquivo com as áreas criadas;
7. Após o *upload* do arquivo na plataforma, o *e-mail* cadastrado no formulário receberá uma notificação referente a finalização do processo. De acordo com as instruções da plataforma, o tempo estimado para finalização é de 20 minutos (DEMUZERE *et al.* 2021).
8. Os materiais recebidos por *e-mail* também estarão disponíveis no banco de dados da plataforma: <<https://lcz-generator.rub.de/submissions>>; o material

inclui informações sobre a área de estudo que foi criada, precisão do mapa final, gráfico da quantidade de áreas por LCZ e o mapa de LCZs.

4.3 Levantamento da Temperatura do ar a partir de transectos móveis

Para a terceira etapa do trabalho, a medição de temperatura do ar através transectos, foram utilizados dois transectos, no sentido norte-sul e leste-oeste, de um extremo a outro da cidade, tendo como objetivo identificar as temperaturas do ar e umidade relativa do ar ao longo dos diferentes usos do solo, a fim de estabelecer uma conexão entre temperaturas mais elevadas e uso do solo mais adensado. Para obter as temperaturas e umidade relativa do ar foram realizados os procedimentos abaixo:

A. Calibração dos instrumentos: os instrumentos foram previamente calibrados, a fim de apresentar medição equivalente entre os dias e transectos. Para esta etapa, foram utilizados quatro *dataloggers* da marca HOBO, modelo U12-013 Temp/RH 2EXT (Figura 13), dois para cada transecto, para que a medição do dia não fosse perdida, caso um dos aparelhos não funcionassem. Os sensores foram programados para realizar medições no período de 1 minuto e guardados juntos em uma caixa de papelão, a fim de evitar qualquer interferência do ar externo. Após esse tempo, os dados foram extraídos e foi verificado que os *dataloggers* mediam as mesmas temperaturas do ar e umidade relativa do ar.

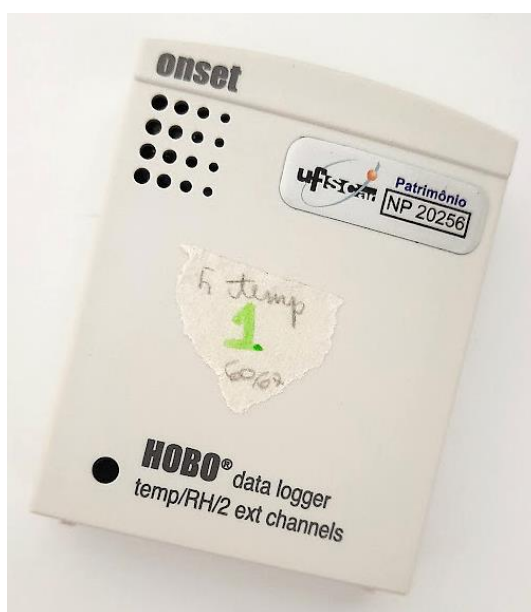
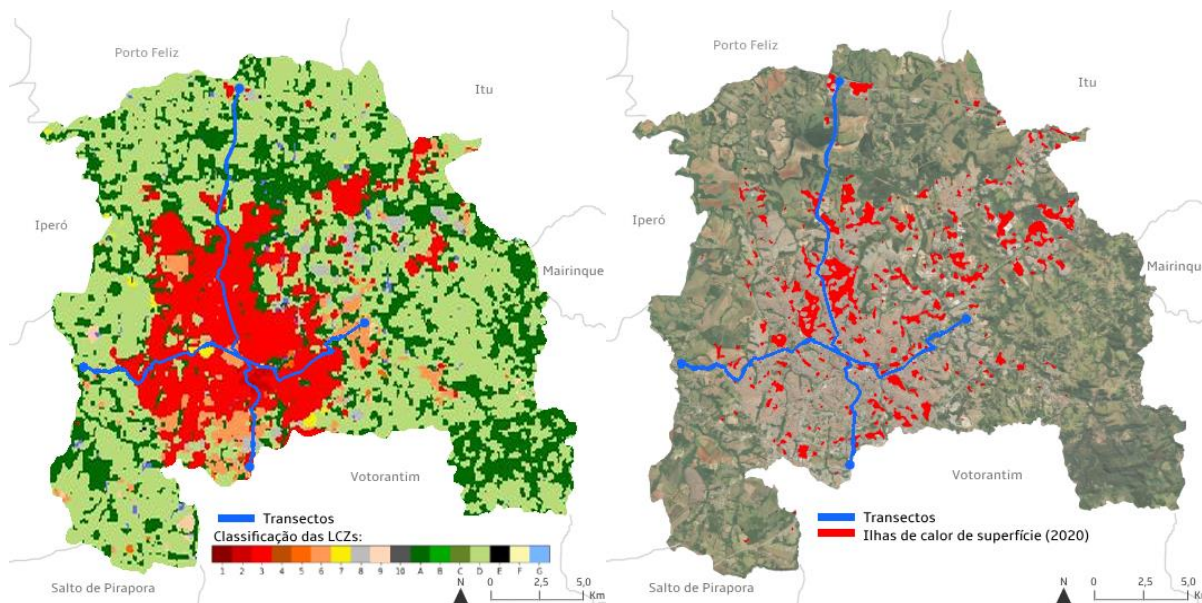


Figura 13 – *Datalogger* utilizado para a medição dos transectos. Fonte: elaborado pela autora.

B. Definição do trajeto: os mapas dos trajetos foram elaborados de forma a passar a cidade, com um trajeto no sentido norte-sul e outro no sentido leste-oeste. O trajeto norte-sul se inicia no começo da Avenida Itavuvu, próximo a fábrica Toyota, e termina em frente à loja Tok&Stok, na Avenida Gisele Constantino, bairro Campolim. Já o trajeto leste-oeste se inicia na Avenida Três de Março, em frente ao Floresta Eventos, no bairro Alto da Boa Vista e segue até a Estrada José Ribeiro Leite, no bairro Ipatinga. No início do desenho dos trajetos, o ponto inicial do trajeto leste-oeste se dava no bairro Aparecidinha, porém, devido a duplicação da Avenida Três de Março, o trecho se encontrava interditado na semana da passagem do transecto. Os trajetos foram desenhados de forma a passar a maior quantidade de áreas que apresentaram LCZs diferentes no processo de classificação, como também áreas em que foram detectadas ilhas de calor de superfície no trabalho de Santos *et al.* (2022) (Figuras 14 e 20).



Figuras 14 e 15 – Transectos elaborados de forma a passar por diferentes LCZs e áreas onde foram detectadas ilhas de calor. Fonte: Santos (2023; 2022), adaptado pela autora.

C. Definição das datas de passagem: a literatura aponta que as ilhas de calor são detectadas com maior facilidade durante o inverno, onde “grande parte das cidades brasileiras passa por uma redução na quantidade de precipitação, e registra condições de tempo anticiclônico” (MINAKI 2017). Desta forma, as medições foram realizadas entre os dias 21 e 27 de junho de 2023. De acordo com Oke (1982), diversos estudos reforçam que o fenômeno

é noturno e ocorre entre 3 a 5 horas após o pôr do sol. Sendo assim, o horário escolhido para o início da passagem dos transectos foi às 20h30min, visando dias de céu limpo e baixa velocidade do vento, tempo ideal para a detecção das ilhas de calor.

- D. Passagem dos transectos:** os *dataloggers* foram presos a sarrafos de madeira com um abrigo feito de cano pvc em sua extremidade e fixados no carro numa altura de 50cm do teto dos veículos, a fim de evitar interferência do calor proveniente dos automóveis. Ambos os trajetos foram executados na velocidade média de 30km/h; os trajetos foram percorridos em dois carros diferentes, simultaneamente, iniciados às 20h30min, todos os dias: o trajeto norte-sul teve a duração de 53 minutos e 22 quilômetros, enquanto o trajeto leste-oeste teve a duração de 45 minutos e 17 quilômetros. Para assegurar que os pontos seriam medidos nos mesmos horários todos os dias, foram anotados pontos de referência ao longo dos trajetos, onde, todos os dias, anotava-se o horário em que se passava pelos pontos; em caso de atraso ou paradas demasiadas em semáforos, por exemplo, os minutos excedentes eram anotados e após, descartados.
- E. Organização dos dados:** Os dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar foram organizados em uma planilha, contendo o número do ponto, horário de passagem, altitude do ponto, temperatura do ar e umidade relativa do ar de cada dia em que houve a passagem.

Os tópicos F ao I são referentes ao tratamento de dados:

- F. Correlação entre dados:** O coeficiente de correlação Pearson foi aplicado entre os dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar de cada dia e transecto; o coeficiente varia de 1 a -1, sendo que, quanto mais próximo de 1, maior a semelhança entre os valores e, quanto mais próximo de -1, mais os valores caminham em direções opostas. Valores entre 0,40 até 0,6 são considerados como correlação moderada e valores de 0,70 até 1 são considerados fortes (FILHO 2009). Os valores foram apresentados nas tabelas 1 a 4:

Tabela 1 – Correlação entre os valores de temperatura do ar obtidos nas datas do transecto norte-sul.

DATAS	21	22	23	24	25	26	27
21	-	0,93	0,95	0,94	0,97	0,97	0,95
22	0,93	-	0,97	0,97	0,98	0,95	0,97
23	0,95	0,97	-	0,97	0,98	0,97	0,98
24	0,94	0,97	0,97	-	0,98	0,98	0,97
25	0,97	0,98	0,98	0,98	-	0,98	0,99
26	0,97	0,95	0,97	0,98	0,98	-	0,97
27	0,95	0,97	0,98	0,97	0,99	0,97	-

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 2 – Correlação entre os valores de umidade relativa do ar obtidos nas datas do transecto norte-sul.

DATAS	21	22	23	24	25	26	27
21	-	0,86	0,89	0,86	0,89	0,92	0,88
22	0,86	-	0,94	0,96	0,96	0,91	0,94
23	0,89	0,94	-	0,94	0,96	0,95	0,93
24	0,86	0,96	0,94	-	0,95	0,94	0,93
25	0,89	0,96	0,96	0,95	-	0,94	0,94
26	0,92	0,91	0,95	0,94	0,94	-	0,95
27	0,88	0,94	0,93	0,93	0,94	0,95	-

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 3 – Correlação entre os valores de temperatura do ar obtidos nas datas do transecto leste-oeste.

DATAS	21	22	23	24	25	26	27
21	-	0,78	0,66	0,92	0,81	0,83	0,83
22	0,78	-	0,86	0,79	0,85	0,93	0,86
23	0,66	0,86	-	0,69	0,93	0,88	0,82
24	0,92	0,79	0,69	-	0,85	0,90	0,86
25	0,81	0,85	0,93	0,85	-	0,90	0,89
26	0,83	0,93	0,88	0,82	0,90	-	0,84
27	0,83	0,86	0,82	0,86	0,89	0,84	-

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 4 – Correlação entre os valores de umidade relativa do ar obtidos nas datas do transecto leste-oeste.

DATAS	21	22	23	24	25	26	27
21	-	0,69	0,51	0,89	0,65	0,76	0,76
22	0,69	-	0,68	0,59	0,63	0,80	0,67
23	0,51	0,68	-	0,50	0,92	0,80	0,65
24	0,89	0,59	0,50	-	0,68	0,74	0,78
25	0,65	0,63	0,92	0,68	-	0,84	0,72
26	0,76	0,80	0,80	0,74	0,84	-	0,73
27	0,76	0,67	0,65	0,78	0,72	0,73	-

Fonte: Elaborado pela autora.

G. Classificação da intensidade das temperaturas do ar: Para classificar a intensidade das temperaturas do ar na passagem dos transectos, foi calculada a média das temperaturas do ar registradas em cada ponto dos transectos norte-sul e leste-oeste, em cada dia, no período medido. A Tabela 5 mostra uma síntese das temperaturas registradas durante a passagem dos transectos.

Tabela 5 – Síntese das temperaturas do ar durante a passagem do transecto.

DIAS	TRANSECTO NORTE-SUL			TRANSECTO LESTE-OESTE		
	máx.	mín.	dif.	máx.	mín.	dif.
21	19,0	12,6	6,4	19,1	15,6	3,5
22	20,1	13,9	6,2	20,1	16,9	3,2
23	19,9	14,2	5,7	19,8	16,2	3,6
24	20,2	13,8	6,4	20,3	16,7	3,6
25	20,3	14,2	6,1	20,4	16,8	3,6
26	20,6	13,2	7,4	20,2	16,5	3,7
27	20,3	13,9	6,4	20,5	16,7	3,8

Fonte: Elaborado pela autora.

Como esta pesquisa busca a identificação da CUHI, buscou-se destacar a intensidade das maiores temperaturas de cada dia dos transectos. Sendo assim, a partir desta média, os valores de temperatura do ar foram classificados da seguinte forma:

- 10% das temperaturas mais elevadas do dia foram consideradas como valores extremos, destacados nas tabelas do Anexo II em texto vermelho escuro com preenchimento em vermelho claro, indicando os valores 10% mais altos de cada dia;
- Os valores que ficaram entre média e o limite inferior dos 10% foram consideradas acima da média permaneceram com texto preto e preenchimento em branco.
- Valores abaixo da média das temperaturas registradas em cada ponto dos transectos, em cada dia, no período medido, foram considerados abaixo da média e destacados com texto em verde escuro e preenchimento em verde claro nas tabelas do Anexo II.

H. Categorização da magnitude da CUHI: Como forma de identificar as ilhas de calor atmosférica, foi utilizada a classificação de Fernández García (1996

apud AMORIM 2020), pois, neste caso, foi a classificação que mostrou, com mais clareza, onde se encontravam as CUHI da área estudada. Nesta classificação são comparadas diferenças entre temperaturas urbanas e rurais da seguinte forma:

- a. Diferenças acima de 6°C são consideradas ilhas de calor de muito forte magnitude;
- b. Diferenças de temperaturas entre 4°C e 6°C são consideradas ilhas de calor de forte magnitude;
- c. Diferenças de temperaturas entre 2°C e 4°C são consideradas ilhas de calor de média magnitude;
- d. Diferenças entre 0°C e 2°C são consideradas ilhas de calor de fraca magnitude;
- e. Diferenças menores que 0°C são consideradas ilhas de frescor.

Para esta classificação, o parâmetro de ‘temperatura rural’ atribuído corresponde às temperaturas do ar obtidas diariamente no ponto 46 do transecto leste-oeste, considerando as características do ponto mais próximas às de zona rural, pois trata-se de uma área de LCZ D, não caracterizada como fundo de vale. Após, foi utilizada a equação $\Delta T_{46} - \Delta T_X$, onde ΔT_{46} significa a temperatura obtida em cada dia da passagem do transecto no ponto 46, utilizado como base para o ponto ‘rural’ e ΔT_X significa a temperatura obtida em cada dia da passagem dos transectos, em cada ponto. Aplicando esta fórmula em cada ponto de passagem do transecto, o resultado obtido mostra a intensidade da CUHI de cada ponto de ambos os transectos, em todos os dias do registro.

As temperaturas coletadas em ambos os transectos foram organizadas em tabelas com data e identificação do ponto e diferença entre cada ponto e o ponto ‘rural’; as diferenças foram sinalizadas com escala de cores, exibindo a intensidade da CUHI encontrada em cada ponto.

4.4 Síntese sinótica da semana de passagem dos transectos

Foi realizada a leitura das cartas de pressão ao nível do mar, disponibilizadas pela Marinha do Brasil⁹. Como os transectos foram realizados no período noturno, foram consideradas as cartas na referência 00Z, que representa 00h00min no Meridiano de Greenwich, ou 21h00min no horário de Brasília. A partir da localização da quadrícula referente ao município de Sorocaba nas cartas, foi possível analisar os sistemas atmosféricos atuantes na região nos dias de passagem dos transectos.

Foram utilizadas também imagens do satélite Meteosat, no canal 4, referentes às 21h00min para cada dia de passagem do transecto. Os três espectros do Meteosat são o visível (0,45-1,00 μm), o infravermelho (10,5-12,5 μm) e vapor d'água (5,7-7,1 μm) (CPTEC 2023).

⁹ Centro de Hidrografia da Marina do Brasil. Cartas Sinóticas. Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-smm-cartas-sinoticas/cartas-sinoticas>>.

5 RESULTADOS

5.1 Mapeamento de LCZs

Observa-se o mapa de LCZs gerado pela plataforma *LCZ generator* necessita ainda de tratamento de imagem, já que o arquivo enviado não delimita a área da cidade escolhida e não possui itens básicos, como escala.

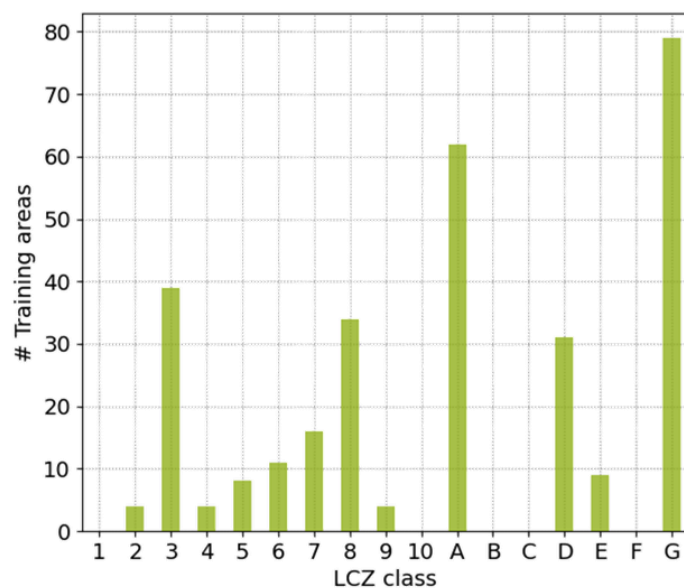


Figura 16 – Gráfico de LCZs utilizadas. Fonte: Santos (2023).

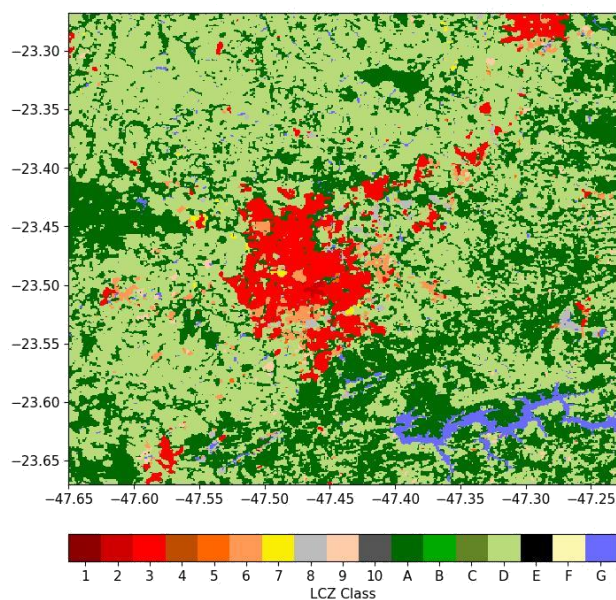


Figura 17 – Mapa de LCZs da área selecionada. Fonte: Santos (2023).

Observando o gráfico da Figura 16, nota-se que algumas classificações não foram utilizadas; estas classificações são inexistentes na área analisada, ou possuem áreas muito pequenas que, na escala tratada, não poderiam ser mapeadas. Como exemplo, a LCZ1 trata de áreas compactas de alta elevação, ou seja, aglomerados de prédios com mais de dez andares, conforme ilustrado por Stewart & Oke (2012) (Figura 18); outro exemplo, a LCZ10 classifica indústrias (Figura 19), ou seja, grandes parques fabris; Sorocaba possui o Distrito Industrial, do qual o bairro Éden faz parte, porém, as construções são esparsas, tendo a vegetação em seu entorno como predominante na paisagem (Figura 20). Neste caso, a região foi classificada como LCZ8 – grandes construções de baixa elevação; no mapa das LCZs é possível observar que as manchas cinzas referentes a esta LCZ se espalham pela região nordeste da cidade.



Figura 18 – Ilustração da LCZ1. Fonte: Stewart & Oke (2012).



Figura 19 – Ilustração da LCZ10. Fonte: Stewart & Oke (2012).



Figura 20 – Vista de satélite e imagens de avenidas do distrito industrial de Sorocaba. Elaborado pela autora a partir de imagens do Google Street View e Google Earth Pro.

Também foi possível observar a ausência de classes de LCZ referentes a vegetação na malha urbana da cidade: o uso predominante da mancha urbana se dá pela LCZ 3 – compacta de baixa elevação, seguida por poucos pontos de LCZ 6 – aberta de baixa elevação, referente aos bairros jardins, onde há maior espaçamento entre edificações (localizados na região sul da cidade, na proximidade dos bairros Campolim, Portal da Colina e Eltonville e na região sudeste, no bairro Brigadeiro Tobias); há ainda, a aparição de poucos pontos referentes à LCZ 2 – compacta de média elevação, visíveis na região do bairro do Campolim e parte do centro, onde há maior concentração de prédios com gabaritos entre 3 e 9 pavimentos (Figura 21).

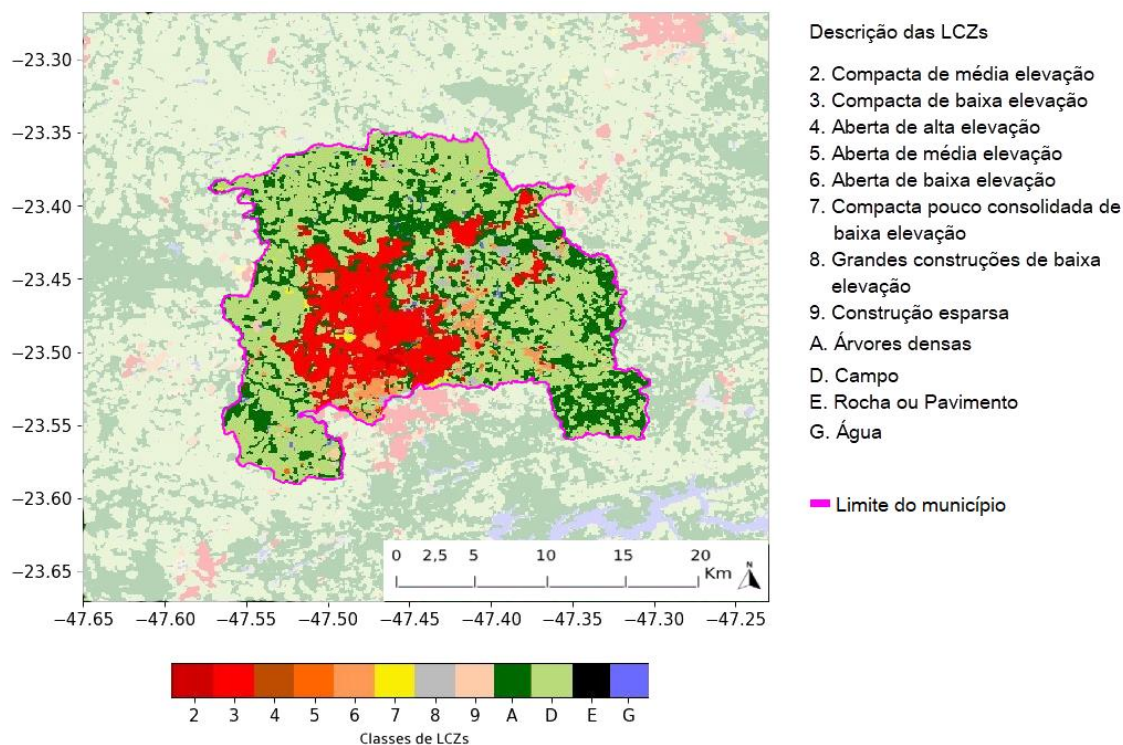


Figura 21 – LCZs de Sorocaba. Elaborado pela autora a partir de Santos (2023).

Nota-se também que não há quantidade suficiente de áreas de alta elevação, compactas (LCZ 1) ou abertas (LCZ 4), indústrias (LCZ 10), usos que refletem diretamente no aumento de temperaturas (BARROS & LOMBARDO 2016), como também não há grandes quantidades de água (LCZ G) suficientes para classificação, um recurso importante para o controle do clima, pois regula o calor e a umidade, amenizando a ilha de calor nas cidades. Por mais que o Rio Sorocaba atravesse a cidade, nesta escala não foi possível sua visualização, por se tratar de um leito estreito.

A partir da classificação de LCZs foi possível perceber que o município de Sorocaba possui, de certa forma, uma densidade com poucos contrastes entre as LCZs, pois mesmo possuindo bairros onde as vias são mais espaçadas e lotes maiores, a mudança nas características de ocupação do solo se tornam pequenas quando vistas pela escala da cidade.

A característica de homogeneidade da cidade, nesta escala, difere-se, por exemplo, da cidade de São Paulo, onde é possível delinear, de um bairro ou zona para outro, a partir de grandes diferenças na altura do gabarito de construções ou taxa de permeabilidade do solo (TAKIYA *et al.* 2002).

Em Sorocaba, mesmo os bairros mais urbanizados e com lotes maiores apresentam pouca permeabilidade. Até os condomínios, que geralmente entregam propostas de “maior qualidade de vida” não mostram áreas verdes expressivas quando analisados na escala da cidade.

Apesar da aparente homogeneidade visual, Sorocaba está longe de ser exemplo no sentido de igualdade social, visto que em sua configuração urbana é possível observar desde áreas com supervalorização imobiliária, como é o caso da região do bairro do Campolim, com a presença do Shopping Esplanada Iguatemi (BARRETO 2007), como bairros planejados de forma a segregar a população de baixa renda, como é o caso do Residencial Carandá, ou ainda, áreas ocupadas de forma irregular às margens de APPs¹⁰, como é o caso do bairro Nova Esperança.

¹⁰ Área de Preservação Permanente: área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a

As duas áreas que apresentam maior contraste social, neste sentido, estão localizadas na região centro-oeste do mapa; os bairros Nova Esperança (Figura 22 A e B), referente a LCZ 7 – compacta pouco consolidada de baixa elevação, e o bairro Trujillo (Figura 22 C e D), referente a LCZ 6 – aberta de baixa elevação.

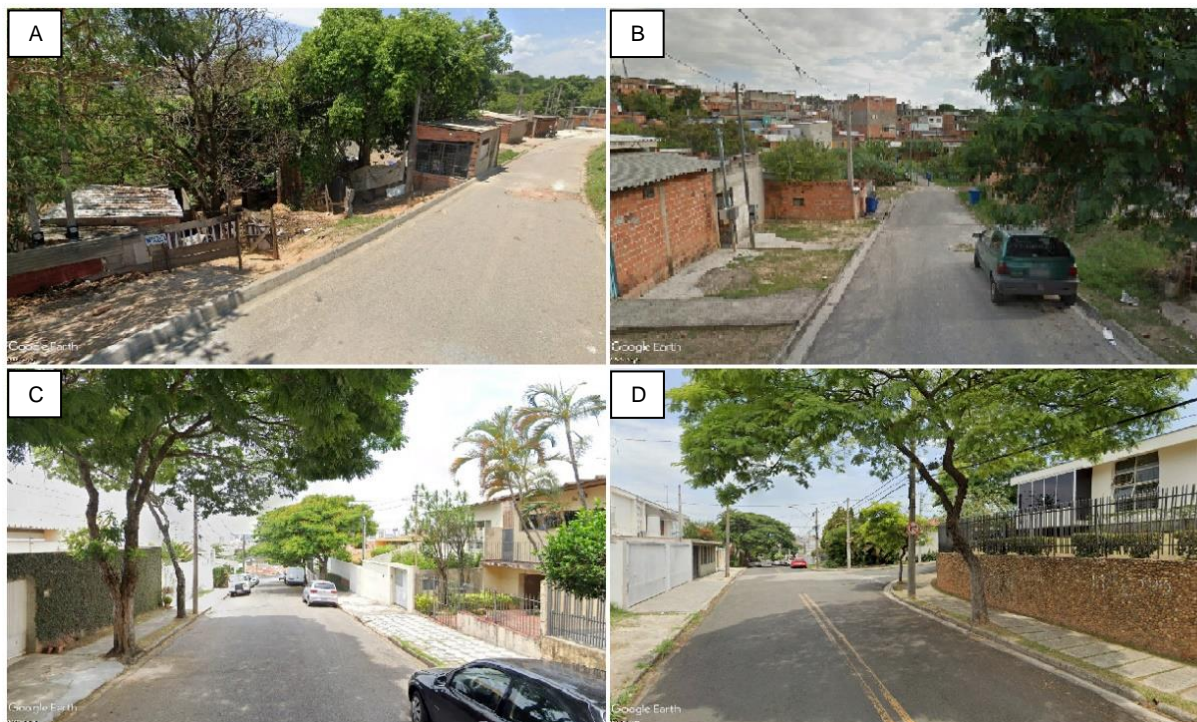


Figura 22 – Nova Esperança (A e B) e Trujillo (C e D). Fonte: elaborado pela autora a partir do Google Street View.

Enquanto o primeiro bairro apresenta construções aglomeradas e inacabadas, trechos ocupados de forma irregular, à beira do córrego Itanguá, o segundo bairro “foi ocupado pela classe média nas décadas de 1980 e 1990, desenvolvendo-se imóveis de bom padrão juntamente com uma infraestrutura adequada, com ênfase para a área próxima à avenida General Osório, por exemplo, o Sorocaba Shopping” (COMITRE 2017, p. 181). Mesmo com grandes diferenças entre as características dos dois bairros, estes se localizam quase que adjacentes, como mostra a Figura 23.

biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL 2012, Art. 3°).

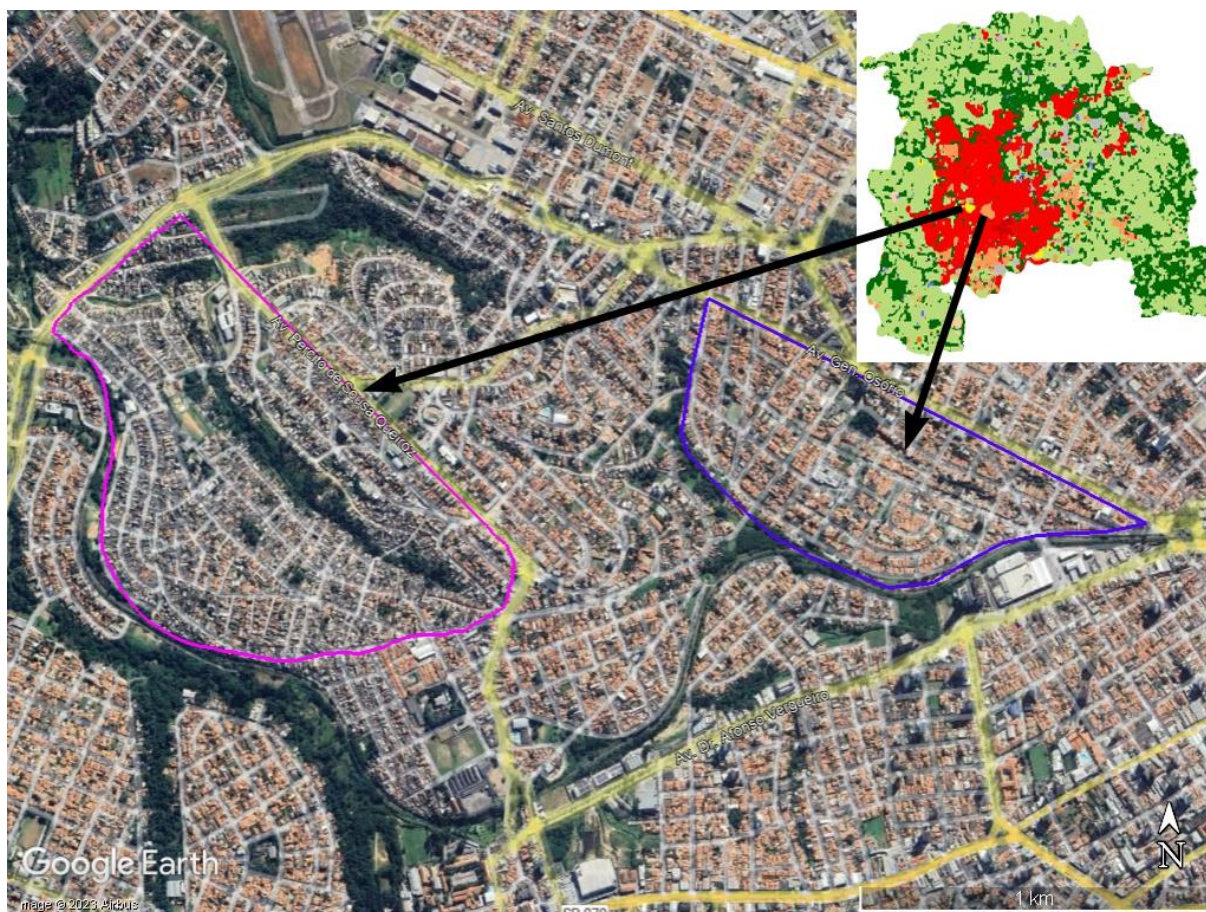


Figura 23 – Comparação entre o adensamento urbano dos bairros Jardim Nova Esperança à esquerda e Vila Trujillo à direita. Elaborado pela autora a partir do Google Earth Pro.

A região do Jardim Nova Esperança possui alguns núcleos de regularização fundiária¹¹ e áreas de ocupação ainda irregulares, às margens do córrego Itanguá. De acordo com Macedo (2012) é preciso muito mais do que a retirada de populações em áreas de risco, implantação de parques lineares e o “uso aleatório da vegetação” para resolver problemas de assentamentos junto a áreas verdes. É preciso “uma política consistente e abrangente de saneamento, que priorize a instalação de sistemas eficientes de coleta e o tratamento de esgotos e efluentes. Em suma, as ações públicas devem incorporar o ambiente como infraestrutura urbana.” (MACEDO *et al.*, 2012)

A partir da interpretação das LCZs na Figura 21, pode-se observar que a área urbana de Sorocaba é constituída em sua maior parte por construções de 1 a 3 pavimentos, possui pouca permeabilidade e é bastante adensada. Percebe-se que a

¹¹ Informação obtida através de comunicação verbal pela Secretaria de Habitação da Prefeitura de Sorocaba.

maior parte das áreas vegetadas permeiam os contornos da cidade, visto que poucas áreas de LCZ A e LCZ D se encontram em meio a malha urbana, correspondendo a pequenos parques e áreas de proteção permanente (APPs).

Alexander e Mills (2014) utilizaram, em seu trabalho em Dublin, uma rede de estações fixas para coletar a temperatura do ar, alguns transectos e a classificação de LCZs e perceberam que as LCZs com alta cobertura impermeável e predial (como é o caso das LCZs 3 e 8) tiveram sua temperatura elevada em média a 4°C à noite, comparado às LCZs com alta cobertura vegetada (como as LCZs A e D) durante condições propícias ao forte desenvolvimento de ilhas de calor. (ALEXANDER & MILLS 2014).

Gomes e Lamberts (2009, p. 79) afirmam que:

O excesso de impermeabilização do solo favorece o aumento do escoamento superficial das águas pluviais. Além disso, as propriedades térmicas dos materiais de pavimentação favorecem o estoque de calor, contribuindo para o aquecimento térmico (GOMES & LAMBERTS 2009, p. 79).

Duarte e Serra (2003) propõe que projetar espaços externos, a fim de criar um “mosaico de microclimas diferentes”, distribuindo microclimas que favoreçam temperaturas mais baixas próximos à locais onde foram identificadas LCZs de adensamento ou até mesmo ilhas de calor. De acordo com os autores, “quando as condições [climáticas] naturais não são favoráveis, a criação de um microclima mais ameno é essencial para incentivar (ou até mesmo possibilitar) o uso de áreas externas” (DUARTE & SERRA 2003).

O resultado desta etapa mostra que, na escala da cidade, há poucas áreas permeáveis distribuídas por Sorocaba, o que afeta a sensação térmica, aumentando o estresse térmico e promovendo um ambiente favorável à geração de ilhas de calor, bem como a dificuldade no escoamento de águas pluviais, pois grande parte da mancha urbana da cidade é composta por construções feitas em sua maioria por materiais que absorvem a radiação solar, como o concreto e o metal, além de grandes áreas pavimentadas por concreto ou asfalto, como estacionamentos.

O próximo tópico abordará os resultados das medições de temperatura do ar e umidade relativa do ar realizadas na passagem dos transectos.

5.2 SUHI

A primeira etapa desta pesquisa, detecção das ilhas de calor de superfície, foi executada e seus resultados foram publicados no artigo 'Análise da ilha de calor de superfície na área urbana de Sorocaba – SP, em 2013 e 2020' (SANTOS *et al.* 2022). Os resultados obtidos mostram que há ilhas de calor de superfície em Sorocaba e que a quantidade das áreas de ilhas de calor aumentou de 2013 para 2020.

A quantidade de ilhas de calor aumenta de forma significativa por toda a mancha urbana, porém, vale ressaltar que ficaram ainda mais evidentes no sentido centro-norte e no sul, acompanhando o eixo da Rodovia Raposo Tavares. Isso se deve ao fato de que a região sul do município, que abriga o bairro Campolim, começou a se desenvolver por volta de 1990, após a construção do *Shopping Center Esplanada/ Hipermercado Carrefour* (BARRETO 2007). A julgar pela idade do município e das primeiras áreas habitadas em Sorocaba, trata-se de uma região relativamente nova, que está sendo cada vez mais adensada.

No extremo norte também foi notada uma ampliação da ilha de calor; a área é composta por diversas indústrias, entre elas a Toyota, construída em 2012. Outro ponto em que foi notado este aumento fica à noroeste do município, área circulada na Figura 24; nesta área se encontra um grande conjunto habitacional dirigido às populações de baixa renda denominado Carandá. O empreendimento é composto por 16 condomínios de prédios de 4 andares, sendo cada andar composto por 4 apartamentos de dois quartos. Hoje são aproximadamente 7.680 moradores e 75% das famílias são beneficiárias de programas sociais (FERRARI 2022).

Observou-se também que, no intervalo de oito anos houve aumento significativo das ilhas de calor de superfície por toda a mancha urbana (Figura 24).

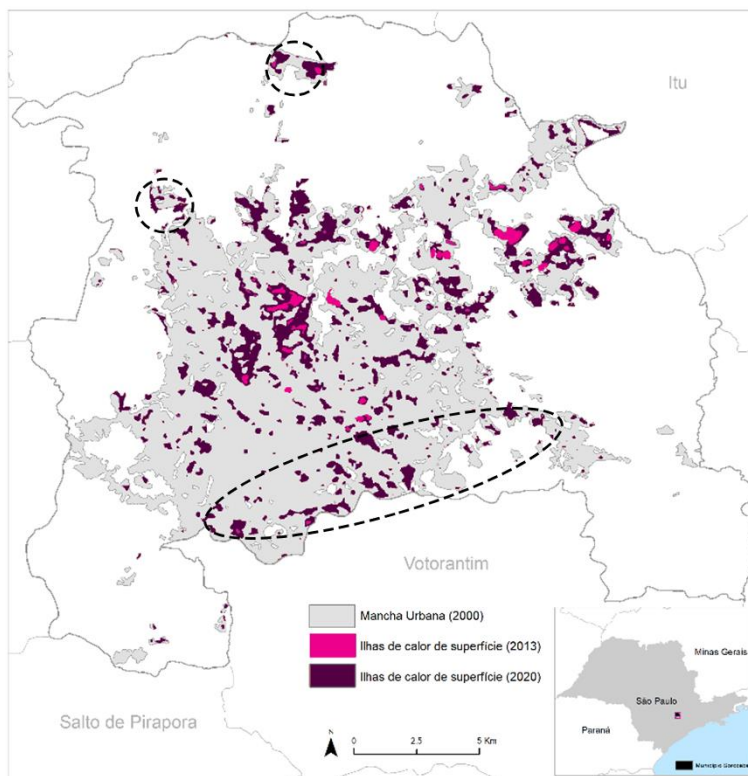


Figura 24 - Sobreposição das ilhas de calor de superfície de Sorocaba encontradas em 2013 (rosa) e 2020 (roxo). Fonte: Santos *et al.* (2022), adaptado pela autora.

5.3 Diário de passagem dos transectos móveis

O transecto norte-sul

O transecto norte-sul tem seu ponto inicial (definido como ponto 1) fixado na rotatória entre a Rodovia Presidente Castello Branco e a Avenida Itavuvu, próximo ao conjunto de indústrias Toyota, Gestamp, Plastic Omnium, dentre outras, com altitude de 617m e LCZs 3 e 8. O trajeto segue sentido Avenida Itavuvu, passando pelo Parque Tecnológico no ponto 4 e pelo Rio Sorocaba no ponto 7, com LCZ A e altitude de 586m, caracterizando fundo de vale. Dos pontos 2 ao 10, o trajeto é caracterizado por áreas de campo ou vegetação densa e pouca ou nenhuma construção, classificados por LCZs D e A.

Os pontos 11 ao 14 percorrem o Conjunto Habitacional Ana Paula Eleutério e são caracterizados por LCZ 3. Dos pontos 14 ao 16, passando pela escola SENAI, há poucas construções e vegetação rasteira predominante, classificados por LCZ D. Continuando o trajeto pela Avenida Itavuvu, o ponto 16 adentra regiões mais adensadas, como os bairros Jardim Santa Esmeralda e Parque das Paineiras, com altitude de 605m e LCZ 3.

Até o final da Avenida Itavuvu, no ponto 30 a altitude média é de 610m e a característica do trajeto é de LCZ 3, e assim continua ao entrar na Avenida Ipanema, no ponto 31, sentido centro. Ao adentrar a região central, no ponto 32 (Figura 55), o trajeto percorre a Rua Comendador Oetterer até o ponto 37, ainda em LCZ 3; após, o trajeto segue para a Avenida Dr. Luiz Ferraz de Sampaio Júnior, na lateral do Terminal Santo Antônio e Shopping Cianê, no ponto 38, classificado por LCZ 8. O trajeto segue na região central dos pontos 39 ao 43 pelas ruas Doutor Álvaro Soares, Sete de Setembro, Padre Luiz e Santa Clara, pontos com LCZs 2 e 3.

O trajeto segue para a Avenida Comendador Pereira Inácio, em direção ao fundo de vale que abrange os pontos 43 ao 45, desde a Rodoviária Municipal até o Colsan, onde está localizado o Ribeirão do Lajeado. Neste trecho, as LCZs encontradas são 2 e 3. Os pontos 44 e 45 são caracterizados por LCZ 5, e a altitude neste trecho é de 556m.

Seguindo para a Avenida Washington Luiz até o ponto 49, o trajeto entra na Avenida Antonio Carlos Comitre, em frente ao Parque Kasato Maru; este trecho é classificado por LCZ 3. O ponto 50, apesar de estar localizado em frente ao parque, é caracterizado por LCZ 8, área de grandes galpões e estacionamentos pavimentados.

O trecho entre os pontos 50 e 51, ainda na Avenida Antonio Carlos Comitre, é caracterizado por construções residenciais mais espaçadas, de baixo ou médio gabarito e arborização, caracterizando LCZ 6, e altitude de 638m. Após o ponto 51 está localizado o Parque Carlos Alberto de Souza, área caracterizada pelas LCZs D, A, 3 e 6. O ponto 52 é caracterizado por LCZ 3 do lado esquerdo da avenida e LCZ 6 do lado direito.

Seguindo para o final do trajeto, adentrando a Avenida Izoraida Marques Peres, os pontos 53 e 54 são marcados por LCZ 8, com grandes estacionamentos pavimentadas, galpões comerciais, incluindo o Shopping Iguatemi Esplanada e prédios comerciais de gabarito médio. A altitude passa de 642m para 651 no ponto 53 e 652 no ponto 54, delimitado como ponto final das medições, localizado no cruzamento entre a Avenida Professora Izoraida Marques Peres e a Rua Augusto Lippel, em frente a Tok & Stok.

O transecto leste-oeste

O trajeto é iniciado no ponto 1, na Avenida Três de Março, em frente ao Floresta Eventos com altitude de 637m e LCZ A e D, com poucas construções de baixo gabarito até o ponto 2. Entre os pontos 3 e 4 está localizado o Parque Natural Chico Mendes, formado por vegetação densa e uma pequena represa, que continua em um corpo d'água ainda maior do outro lado da via, no Jardim Residencial Vicente de Moraes, com LCZ 6.

Os pontos 4 ao 6 são caracterizados pela LCZ 6, com construções de baixo gabarito espaçadas entre si, pouca vegetação e altitude média de 616m. Os pontos 7 e 8, na Avenida Engenheiro Carlos Reinaldo Mendes são marcados pelas LCZs A e D, e poucas construções; o ponto 9, localizado na Rua Sadrac de Arruda, também está em área de vegetação rasteira, porém, com parte do adensamento vindo do Jardim Mathilde, então as LCZs são D e 3. A altitude deste trecho é de 559m.

Dos pontos 10 ao 19, o trajeto percorre a Avenida São Paulo, sentido centro. Esta região é marcada pela LCZ 3, com altitude média de 570m. Nos pontos 20 e 21 o trajeto passa pela área central, percorrendo as ruas Souza Pereira, Doutor Álvaro Soares e Francisco Scarpa, chegando à Praça Edmundo Vale e indo para o sentido oeste pela Avenida General Osório; as LCZs neste trecho são 2 e 3.

No início da Avenida General Osório, os pontos 22 e 23 são caracterizados por LCZ 3 e pouquíssima vegetação. Marcando a passagem pelo bairro Trujillo, dos pontos 24 ao 26 apresentam LCZ 6, com construções mais espaçadas e maior quantidade de vegetação. Os pontos 26 e 27 apresentam bastante LCZ 3, representando a passagem pela Vila Barão. O ponto 29 é representado pela LCZ 8, com galpões de indústrias e grandes pátios pavimentados, junto ao aeroporto.

Entrando na Avenida Pereira de Camargo, no ponto 29, se dá o início das ocupações irregulares do bairro Nova Esperança até o ponto 32, na área verde compreendida entre as avenidas Adão Pereira de Camargo e Paulo Emanuel de Almeida, onde está localizado o córrego Itanguá, com LCZs D, 3 e 7 neste trecho. Dos pontos 33 ao 36, o trajeto passa pela Avenida Paulo Emanuel de Almeida, caracterizada por galpões comerciais ao longo da avenida e grande adensamento em toda a mancha do bairro, com LCZ 3 neste trecho.

O ponto 37 é representado pelo cruzamento entre as avenidas Paulo Emanuel de Almeida e Elias Maluf, área bastante adensada, caracterizada por construções comerciais e residenciais, além da proximidade com o Supermercado Santo, que possui grande área de estacionamento totalmente pavimentada. Neste ponto, a LCZ 3 é predominante.

Entre os pontos 37 e 38, está localizado um trecho da APP que contorna o bairro Ipiranga, caracterizando vegetação intensa nos dois lados da via, com LCZ A neste trecho. A partir do ponto 38, se inicia o bairro Júlio de Mesquita Filho, também bastante adensado, porém, o trajeto segue ao longo da APP que contorna o bairro até o ponto 41, na Rua Dr. Américo Figueiredo; neste trecho do trajeto, os pontos possuem LCZ D de um lado, por conta da APP e LCZ 3 do outro, por conta do bairro.

Dos pontos 41 ao 43, o trajeto segue da seguinte forma: o lado esquerdo é caracterizado por LCZ D, de vegetação rasteira, representando áreas de pasto e do lado direito, LCZ 3, com áreas adensadas dos bairros Jardim Santa Bárbara e Montreal. Entre os pontos 43 e 44, entrando na Estrada José Ribeiro Leite a característica predominante é de campo, passando por pequenos loteamentos e chácaras entre os pontos 44 e 46, ponto final deste trajeto; dos pontos 43 ao 46, a LCZ D é predominante.

Os resultados serão apresentados dia a dia a seguir.

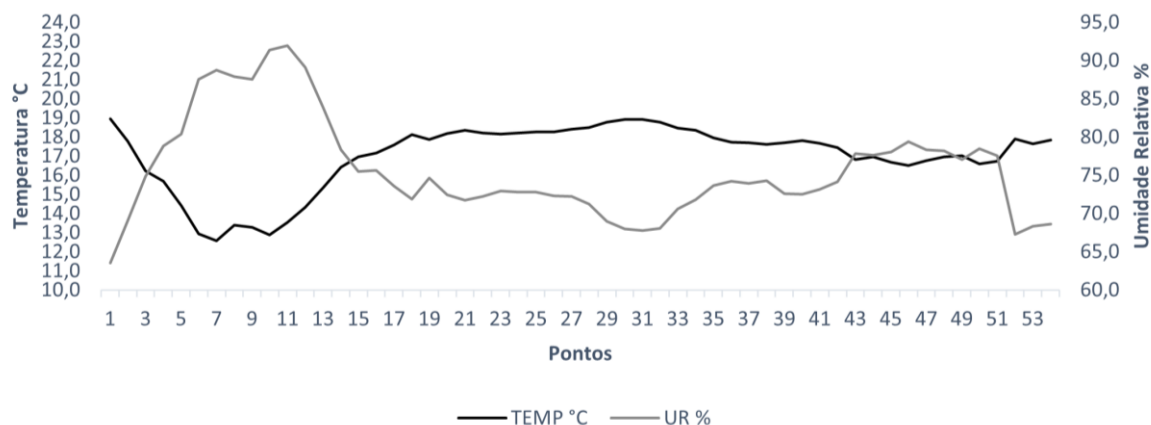
5.3.1 Transectos móveis no dia 21 de junho de 2023, quarta-feira

Em Sorocaba, o céu estava limpo, sem nuvens, com pouco vento e sensação térmica de tempo um pouco quente, mas agradável. Não houve registro de precipitação ou ventos fortes.

Transecto norte-sul

A temperatura do ar máxima registrada pelo transecto norte-sul foi de 19,0°C no ponto 1 e a temperatura do ar mínima foi de 12,6°C, no ponto 7. A temperatura do ar média para este transecto foi de 17,0°C. Como pode-se notar no Gráfico 1, a umidade relativa do ar se comporta quase que inversamente proporcional, registrando a maior taxa dos registros deste dia no ponto 11, com 91,9% e menor taxa no ponto 1, com 63,6%.

Gráfico 1 – Temperatura do ar (°C) e umidade relativa (%) do transecto norte-sul em 21/06/2023, quarta-feira.



Fonte: Elaborado pela autora.

A Figura 25 mostra o ponto 1, cuja altitude é de 617m e a temperatura do ar registrada foi de 19,0°C e umidade relativa do ar de 63,6%, sendo a temperatura do ar mais alta do dia, neste transecto. O trajeto segue sentido Avenida Itavuvu, onde a temperatura do ar se mantém baixa no intervalo de pontos 3 a 15, caminho caracterizado por áreas de campo ou vegetação densa e pouca ou nenhuma construção, como mostra a Figura 26, passando também pelo Conjunto Habitacional Ana Paula Eleutério, até chegar a Escola SENAI. Neste trecho do trajeto, as temperaturas vão de 12,6°C a 17,0°C.

A Figura 27 representa o ponto 7, que é cortado pelo Rio Sorocaba, onde foi registrada a menor temperatura do ar deste dia e transecto: 12,6°C e umidade relativa de 88,8%.



Figura 25 – Ponto 1, em vermelho. Fonte: elaborado pela autora a partir de imagens do Google Earth Pro.

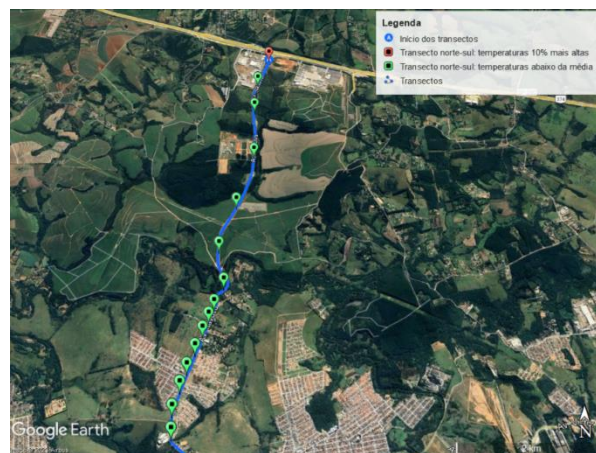


Figura 26 – Pontos 1 ao 15. Fonte: elaborado pela autora a partir de imagens do Google Earth Pro.

Continuando o trajeto pela Avenida Itavuvu, no ponto 16, adentrando regiões mais adensadas, como os bairros Jardim Santa Esmeralda e Parque das Paineiras, a altitude sobe para 605m e as temperaturas do ar também começam a se elevar, de 17,2°C até 18,5°C no ponto 28, gradativamente; este trecho do trajeto percorre a Avenida Itavuvu em toda a sua extensão até a Alameda Laurindo de Brito, se aproximando da área central, como mostrado pela Figura 28.

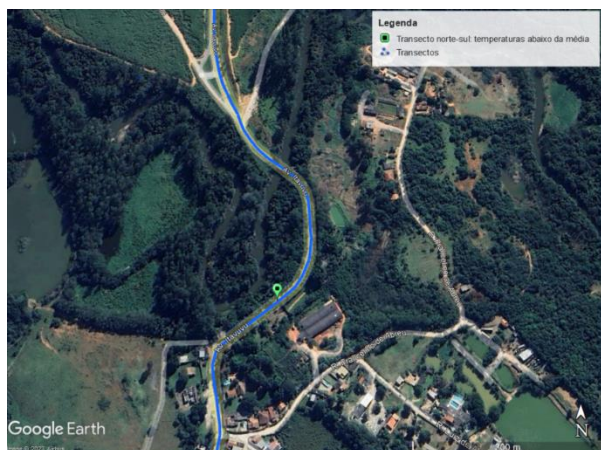


Figura 27 – Ponto 7. Fonte: elaborado pela autora a partir de imagens do Google Earth Pro.

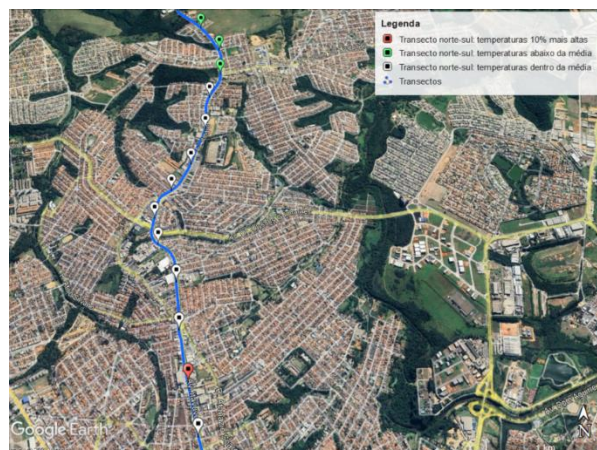


Figura 28 – Pontos 16 a 28. Fonte: elaborado pela autora a partir de imagens do Google Earth Pro.

A Figura 29 mostra o início da área central, as temperaturas do ar se deram acima da média, atingindo 18,9°C e umidade relativa de 68%; nesta parte do trajeto, a altitude média é de 610m. Continuando o trajeto até o ponto 42, como mostra a Figura 30, as temperaturas do ar são mantidas acima da média, com umidade relativa de 74%. Conforme o transecto avança, as temperaturas do ar começam a declinar, até atingir 16,5°C no ponto 46, início da Avenida Washington Luiz, passando pelo fundo de vale em frente ao Colosan, com altitude de 556m.



Figura 29 – Pontos 29 a 32. Fonte: elaborado pela autora a partir de imagens do Google Earth Pro.



Figura 30 – Pontos 34 a 42. Fonte: elaborado pela autora a partir de imagens do Google Earth Pro.

As temperaturas do ar voltam a cair a partir do ponto 51, que tem altitude de 638m, representando, neste trecho, a passagem pelo Parque Carlos Alberto de Souza, o “Parque do Campolim”, como mostra a

Figura 31. A Figura 32 indica a passagem pela Avenida Antônio Carlos Comitre e marca os pontos 52 ao 54, no final do transecto; neste trecho, as temperaturas do ar sobem para 17,9°C e a altitude passa de 642m para 651 no ponto 53 e 652 no ponto 54.

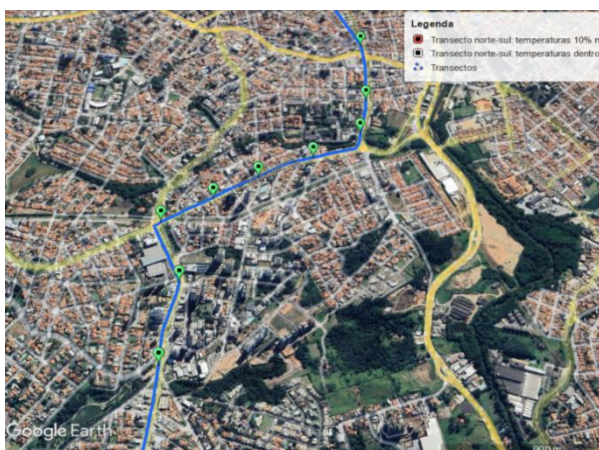


Figura 31 – Pontos 43 a 51. Fonte: elaborado pela autora a partir de imagens do Google Earth Pro.



Figura 32 – Pontos 52 a 54, finalizando o transecto. Fonte: elaborado pela autora a partir de imagens do Google Earth Pro.

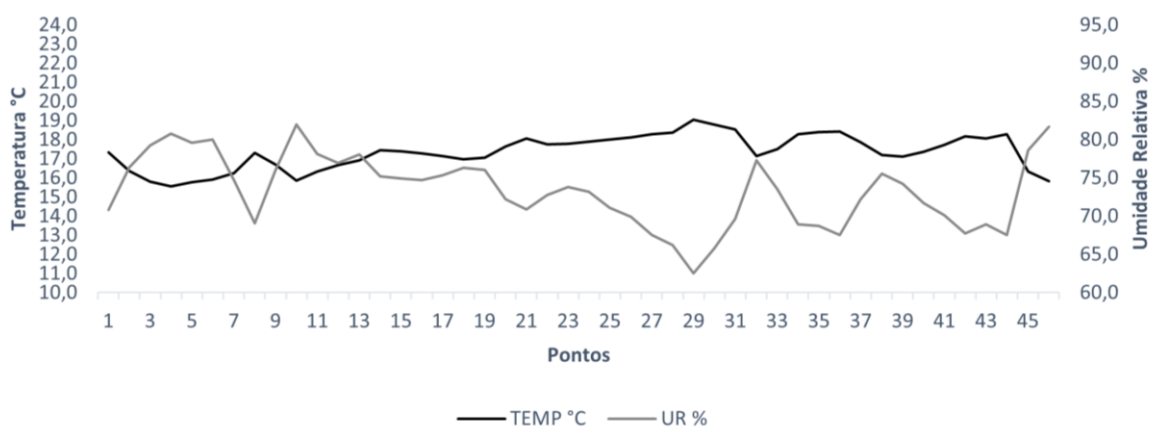
Nesta última etapa do trajeto é possível perceber duas situações: as menores temperaturas do ar neste trecho estão nos pontos 50 e 51, com 16,6°C e 16,7°C, respectivamente; esta área compreende a Avenida Antonio Carlos Comitre, da Telhanorte ao Parque do Campolim, área com diversos núcleos vegetativos e maior recuo entre as construções, além do canteiro central da via. Outro ponto a ser

observado é que, logo após o viaduto (que corta a Rodovia Raposo Tavares), entre os pontos 52 e 53, as temperaturas do ar sobem 1°C. Esta região é marcada por diversos galpões e prédios comerciais.

Transecto leste-oeste

No transecto leste-oeste as temperaturas do ar foram: máxima 19,1°C no ponto 29, mínima 15,6°C nos pontos 1 e 16 e média de 17,3°C. Nos registros de umidade relativa do ar, o ponto 10 obteve a taxa mais alta, em 82,0%, enquanto o ponto 29 apresentou a menor taxa dos registros do dia, com 62,5%, conforme mostra o Gráfico 2.

Gráfico 2 – Temperatura do ar (°C) e umidade relativa (%) do transecto leste-oeste em 21/06/2023, quarta-feira.



Fonte: Elaborado pela autora.

A Figura 33 mostra os pontos iniciais do transecto, onde a temperatura do ar registrada é de 17,3°C no ponto 1 e segue abaixo da média dos registros deste dia até o ponto 13, em frente ao Supermercado Paulistão atingindo, inclusive, a menor temperatura do ar neste dia: 15,6°C no ponto 4, onde está localizado o Parque Chico Mendes, como mostra a Figura 34.

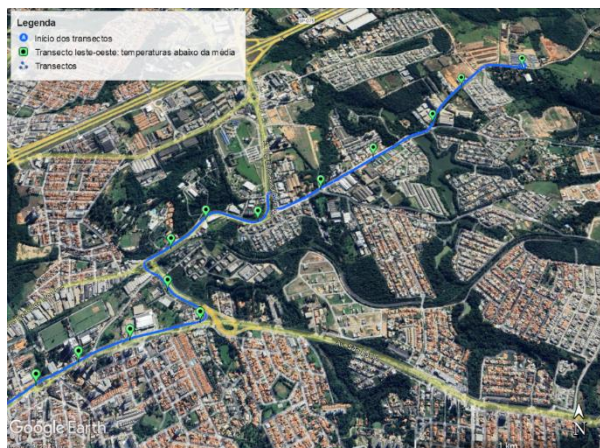


Figura 33 – Pontos 1 a 13. Fonte: elaborado pela autora a partir de imagens do Google Earth Pro.

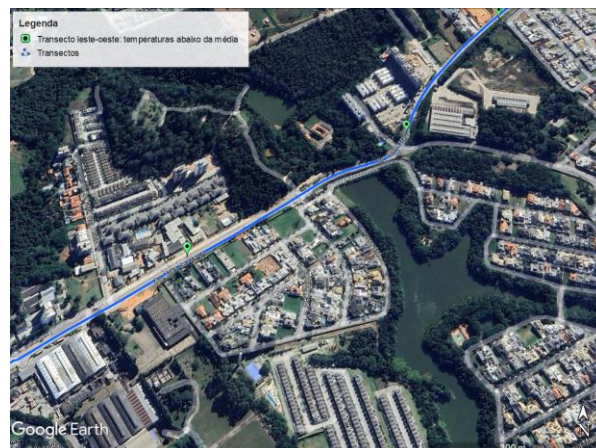


Figura 34 – Pontos 3 e 4. Fonte: elaborado pela autora a partir de imagens do Google Earth Pro.

O transecto segue na Avenida Três de Março sentido centro, passando pelas avenidas Engenheiro Carlos Reinaldo Mendes e São Paulo, chegando no ponto 15, na altura da Rua Padre Lessa; do ponto 16 ao 19, ainda na Avenida São Paulo, chegando mais próximo da área central, as temperaturas do ar voltam a ficar abaixo da média, entre 17,0°C e 17,3°C. Entre os pontos 20 e 28 as temperaturas do ar são mantidas entre 17,7°C e 18,4°C; conforme a Figura 35, este trecho compreende a passagem pela área central, subindo a Avenida General Osório, até o aeroporto.

A Figura 36 mostra os pontos 29 e 31, onde são registradas as maiores temperaturas do ar do dia, entre 19,1°C (ponto 29) e 18,5°C (ponto 31), trecho compreendido pela Avenida Adão Pereira de Camargo, no Jardim Aeroporto, área composta por construções aglomeradas, feitas de materiais precários. Também no ponto 29 foi registrada a menor taxa de umidade relativa do ar, 62,5%. Já no ponto 30, a temperatura do ar é registrada em 17,2°C, abaixo da média, representando a passagem pelo córrego Itanguá.



Figura 35 – Pontos 20 a 28. Fonte: elaborado pela autora a partir de imagens do Google Earth Pro.



Figura 36 – Da direita para a esquerda, pontos 29 a 32. Fonte: elaborado pela autora a partir de imagens do Google Earth Pro.

Nos pontos 33 ao 35 as temperaturas do ar voltam a permanecer até 1°C acima da média, representando a passagem pela Avenida Paulo Emanuel de Almeida, entrando no bairro Wanel Ville; como mostra a Figura 37; apesar de o bairro ter uma configuração adensada, neste trecho há alguns maciços de vegetação no entorno do bairro, além do canteiro central da avenida.

A Figura 38 mostra os pontos 36 ao 39; no ponto 36, a temperatura do ar registrada fica entre as 10% mais altas do dia, em $18,4^{\circ}\text{C}$. Os pontos 38 e 39 registram temperaturas do ar abaixo da média, sendo $17,2^{\circ}\text{C}$ e $17,1^{\circ}\text{C}$, respectivamente, na região das APPs que contornam os bairros Júlio de Mesquita e Santa Barbara; nos próximos dias é possível observar que esta região sempre possui temperaturas do ar abaixo da média de registros do dia.



Figura 37 – Da direita para a esquerda, pontos 32 a 35. Fonte: elaborado pela autora a partir de imagens do Google Earth Pro.



Figura 38 – Da direita para a esquerda, pontos 36 a 39. Fonte: elaborado pela autora a partir de imagens do Google Earth Pro.

Seguindo para o final do transecto, na Estrada José Ribeiro Leite, os dois últimos pontos apresentam temperaturas do ar abaixo da média: 16,3°C e 15,8°C nos pontos 45 e 46 respectivamente. Este trecho do trajeto é formado por paisagem de campo com vegetação rasteira e poucas quadras de edificações com característica de chácaras, como é o caso do bairro Quintais do Imperador.

Nota-se que as temperaturas finais do transecto são bem próximas às iniciais, e que as maiores temperaturas do ar de todo o trajeto não são encontradas na região central, como é o caso do transecto norte-sul, mas sim na região da Vila Aeroporto e Nova Esperança, bairro popular com áreas de ocupação irregular às margens do Córrego Itanguá, adensamento alto e construções de baixa qualidade construtiva.

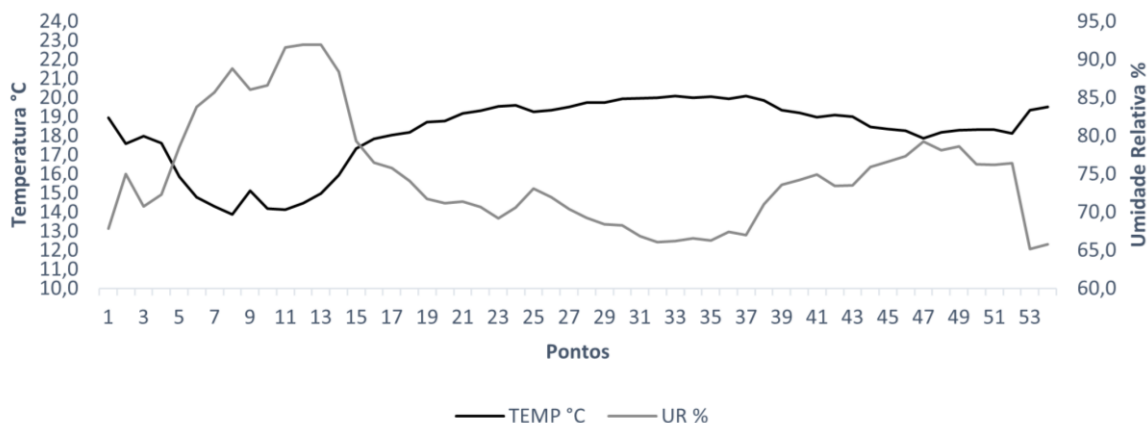
5.3.2 Transectos móveis no dia 22 de junho de 2023, quinta-feira

Neste dia, o céu estava com poucas nuvens, sem ventos, sensação térmica de tempo mais frio do que o dia anterior, mas agradável. Não houve registro de precipitação ou ventos fortes.

Transecto norte-sul

Conforme o Gráfico 3, a temperatura do ar máxima registrada pelo transecto norte-sul foi de 20,1°C, nos pontos 33, 35 e 37; a temperatura do ar mínima registrada neste dia foi de 13,9°C no ponto 8; a média para este transecto foi de 18,2°C. A maior taxa de umidade relativa do ar encontrada neste dia e transecto foi no ponto 13, a 92,0% e a menor, no ponto 53, a 65,1%.

Gráfico 3 – Temperatura do ar (°C) e umidade relativa (%) do transecto norte-sul em 22/06/2023, quinta-feira.



Fonte: Elaborado pela autora.

No ponto inicial do trajeto a temperatura do ar é registrada em 18,9°C, acima da média dos registros deste dia, para este transecto. Nos pontos seguintes, até o ponto 18, como mostra a Figura 39, as temperaturas do ar permanecem abaixo da média, entre 13,9°C e 18,2°C, representando a passagem pela área composta por campo e vegetação densa. No ponto 8 é registrada a menor temperatura do ar do dia neste transecto: 13,9°C, 1°C mais quente que a mínima do dia anterior. É nesta parte do trajeto também que a umidade relativa do ar alcança seu pico diário, em 92% nos pontos 12 e 13.

Entre os pontos 19 e 30, mostrados na Figura 40, referentes ao início do adensamento da Avenida Itavuvu e final da mesma avenida, nas proximidades da região central, as temperaturas do ar são mantidas dentro da média de registros, indo de 18,7°C no ponto 19 a 19,9°C no ponto 30, de forma gradativa.

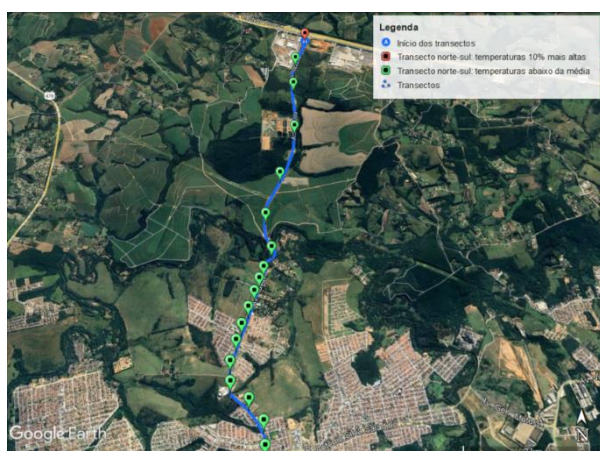


Figura 39 – Início do transecto até o ponto 18.
Fonte: elaborado pela autora a partir de imagens do Google Earth Pro.

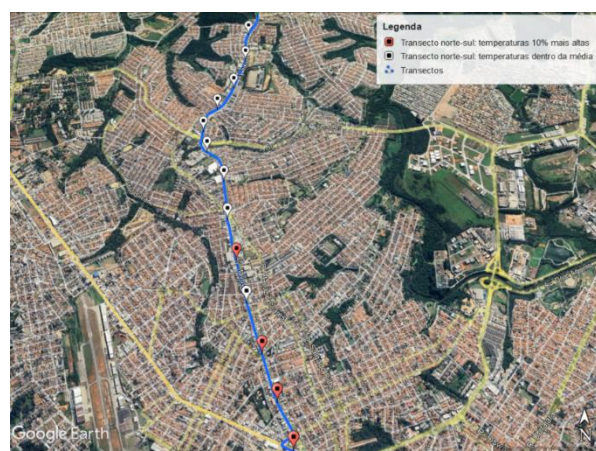


Figura 40 – Pontos 19 ao 31. Fonte: elaborado pela autora a partir de imagens do Google Earth Pro.

As temperaturas do ar atingem 20,0°C no ponto 31, marcando o início da área central e continuam nos pontos 32 a 35 e 37, mostrados na Figura 41, desenhando a passagem por meio da zona central da cidade com as temperaturas do ar mais altas do dia no registro do transecto.

À medida que o transecto percorre os pontos 37 a 47, mostrados na Figura 42, se aproximando do Ribeirão do Lajeado no final da Avenida Comendador Pereira Inácio, as temperaturas do ar caem gradativamente, até atingir 17,9°C no ponto 47. A temperatura do ar permanece a mesma até chegar no ponto 52, na Avenida Antonio Carlos Comitre.



Figura 41 – Pontos 32 a 37. Fonte: elaborado pela autora a partir de imagens do Google Earth Pro.



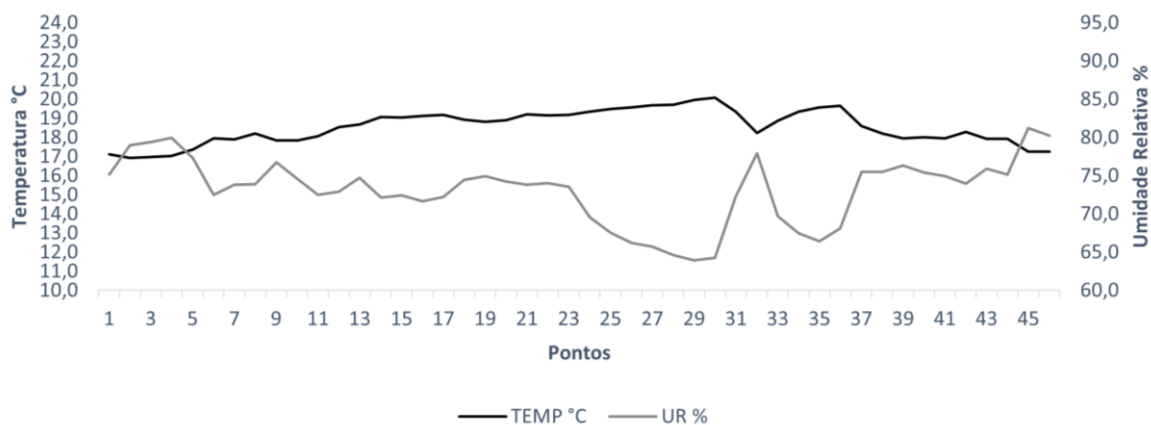
Figura 42 – Pontos 37 a 47. Fonte: elaborado pela autora a partir de imagens do Google Earth Pro.

Nos dois últimos pontos do trajeto (53 e 54), a temperatura do ar sobe novamente, em 19,3°C e 19,5°C, respectivamente, enquanto o transecto percorre a fachada do prédio do shopping Iguatemi Esplanada e continua até a frente do prédio da Tok&Stok, na mesma avenida. É neste ponto que se registra a menor taxa de umidade relativa do ar do dia neste transecto: 65,1%.

Transecto leste-oeste

Como mostra o Gráfico 4, no transecto leste-oeste a temperatura do ar máxima foi de 20,1°C no ponto 30, enquanto a temperatura do ar mínima foi de 16,9°C no ponto 2; a média para este dia neste transecto foi de 18,6°C. A maior taxa de umidade relativa do ar foi de 81,2% no ponto 45, enquanto a menor foi de 64,0% no ponto 29.

Gráfico 4 – Temperatura do ar (°C) e umidade relativa (%) do transecto leste-oeste em 22/06/2023, quinta-feira.



Fonte: Elaborado pela autora.

A Figura 43 mostra o início do trajeto, onde as temperaturas do ar são mantidas abaixo da média até o ponto 12, próximo ao cruzamento entre a Avenida São Paulo e Rua Yashica; neste trecho, as temperaturas do ar vão de 16,9°C a 18,5°C, marcando a menor temperatura do ar deste dia no ponto 2.

Seguindo sentido centro, do ponto 13, em frente ao Supermercado Paulistão, na Avenida São Paulo, até o ponto 26, no final da Avenida General Osório, as temperaturas do ar permanecem entre 18,7°C e 19,6°C e então sobem para os maiores valores do registro neste dia nos pontos 27 a 30, região que compreende as instalações do aeroporto e os bairros Jardim Aeroporto e Nova Esperança, atingindo 20,1°C e umidade relativa do ar de 64,0%. Assim, como no dia anterior, ao passar pelo Córrego Itanguá, a temperatura do ar torna a ficar abaixo da média diária, registrando 18,2°C.

Entre os pontos 33 ao 37, compreendidos pela Avenida Paulo Emanuel de Almeida, as temperaturas do ar são mantidas entre 18,6°C e 19,7°C; a Figura 44 mostra os pontos 38, representando a passagem pela APP da rua Leondina Gonçalves Mobaier até o ponto 46, no final do transecto, onde as temperaturas do ar permanecem abaixo da média, entre 17,2°C e 18,3°C, marcando a maior taxa de umidade relativa do ar no ponto 45, em 81,2%.

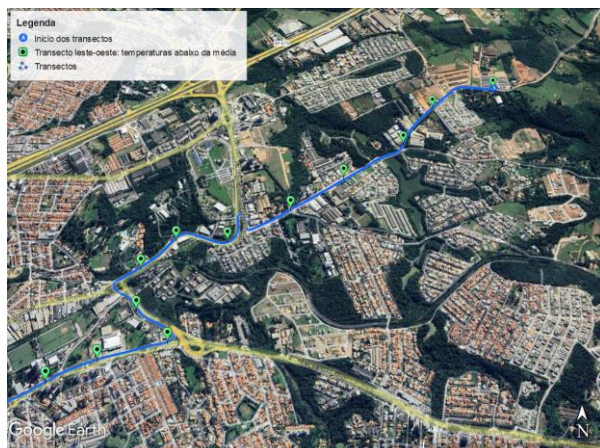


Figura 43 – Ponto inicial do transecto até o ponto 12. Fonte: elaborado pela autora a partir de imagens do Google Earth Pro.

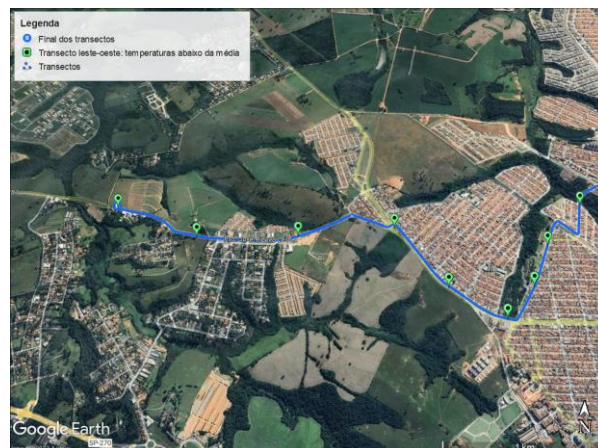


Figura 44 – Pontos 38 ao 46, final do transecto. Observa-se a quantidade de áreas vegetadas no entorno. Fonte: elaborado pela autora a partir de imagens do Google Earth Pro.

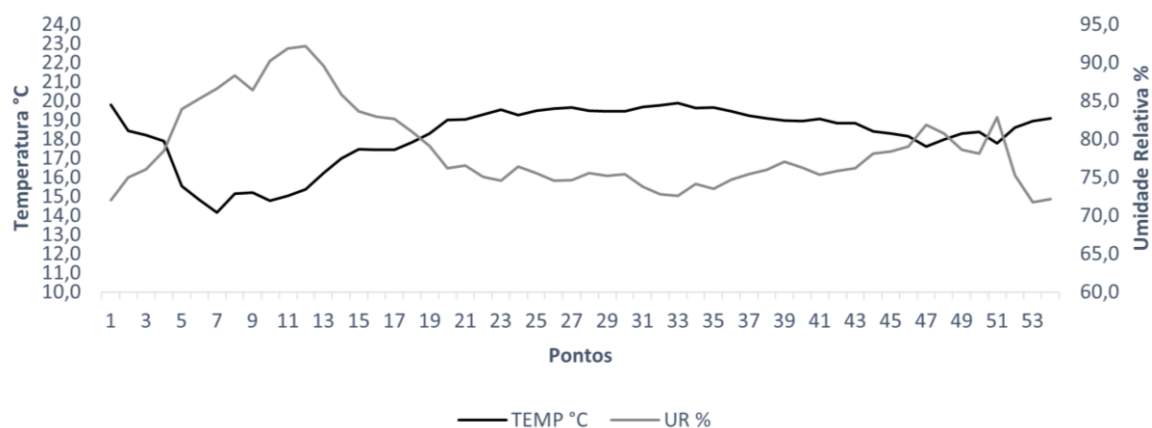
5.3.3 Transectos móveis no dia 23 de junho de 2023, sexta-feira

Neste dia, o céu estava parcialmente coberto por nuvens, sem ventos, sensação térmica de tempo frio, como no dia anterior. Não houve registro de precipitação ou ventos fortes.

Transecto norte-sul

A temperatura do ar máxima registrada pelo transecto norte-sul foi de 19,9°C no ponto 33; a temperatura do ar mínima foi registrada no ponto 7 em 14,2°C e a média, 18,2°C. A maior taxa de umidade relativa do ar foi registrada no ponto 12, em 92,2% e a menor, no ponto 53, em 71,8%, como mostra o Gráfico 5:

Gráfico 5 – Temperatura do ar (°C) e umidade relativa (%) do transecto norte-sul em 23/06/2023, sexta-feira.



Fonte: Elaborado pela autora.

No ponto inicial do trajeto a temperatura do ar é registrada em 19,8°C, 1°C acima do registrado no dia anterior; a partir do ponto 2, as temperaturas do ar caem até atingir 14,2°C no ponto 7, menor temperatura do ar registrada no transecto deste dia, com umidade relativa do ar de 86,6%; após o ponto 7, as temperaturas do ar permanecem abaixo da média de registros deste dia, entre 14,8°C e 17,8°C até o ponto 18, referente a passagem pela área composta por campo e vegetação densa, como mostra a Figura 45.

A partir do ponto 19, que representa o início do adensamento na região norte, as temperaturas do ar começam a subir, até o ponto 27 (Figura 46), na Avenida Itavuvu, em frente ao supermercado Tauste, onde atinge um dos valores mais altos do dia: 19,7°C. No ponto 31, referente ao início da área central, a temperatura do ar se repete e sobe até 19,9°C, atingindo a temperatura do ar mais alta do dia no transecto. Semelhante aos dias anteriores, após a passagem pela região central, as temperaturas do ar tornam a cair, até atingir 17,6°C no ponto 47, próximo ao fundo de vale (Figura 47).

Nos pontos 48 e 49 (18,3°C e 18,4°C respectivamente) as temperaturas do ar voltam a subir, depois, tornam a cair para 17,8°C no ponto 51, referente ao Parque Carlos Alberto de Souza, e então, saltam em quase 1°C para o ponto 52, que compreende o final da Avenida Antonio Carlos Comitre. Nos pontos 53 e 54, a temperatura do ar continua a subir até atingir 19,1°C no ponto final. Inclusive, no penúltimo ponto, a umidade relativa do ar registrada é de 71,8%, menor taxa dos registros deste dia. Este trecho é mostrado na Figura 48.

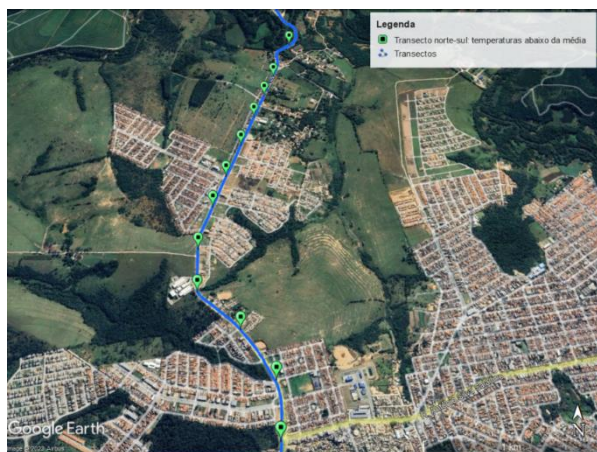


Figura 45 – Pontos 7 ao 18. Fonte: elaborado pela autora a partir de imagens do Google Earth Pro.



Figura 47 – Pontos 31 ao 47. Fonte: elaborado pela autora a partir de imagens do Google Earth Pro.

Figura 46 – Pontos 19 ao 27 (em vermelho).
Fonte: elaborado pela autora a partir de imagens do Google Earth Pro.

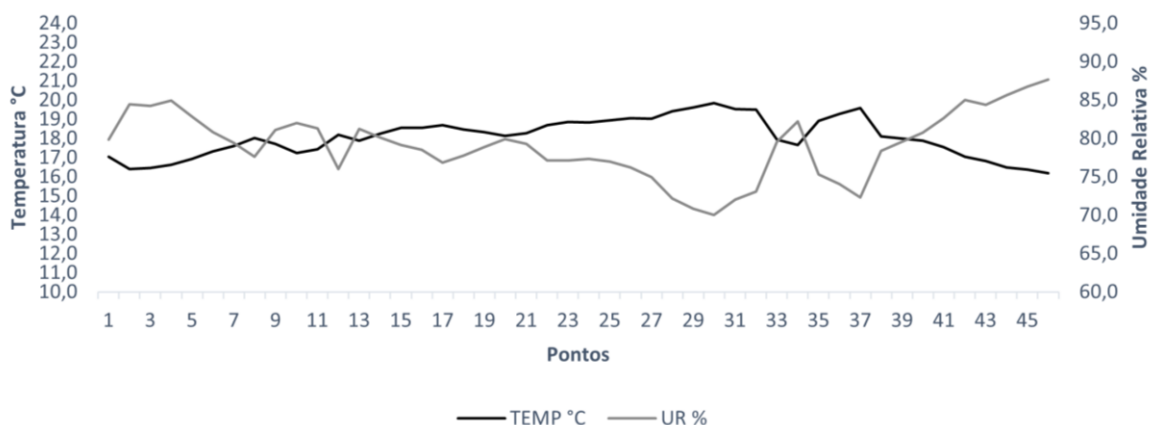


Figura 48 – Pontos 47 ao 54, no final do transecto. Fonte: elaborado pela autora a partir de imagens do Google Earth Pro.

Transecto leste-oeste

No transecto leste-oeste a temperatura do ar máxima foi de 19,8°C no ponto 30, mínima de 16,2°C no ponto 2 e média 18,1°C. A maior taxa de umidade relativa do ar deste transecto no período das medições foi de 87,7% no ponto 46, e a menor, 70,0% no ponto 30, conforme leitura do Gráfico 6.

Gráfico 6 – Temperatura do ar (°C) e umidade relativa (%) do transecto leste-oeste em 23/06/2023, sexta-feira.



Fonte: Elaborado pela autora.

O transecto é iniciado com temperaturas do ar abaixo da média do período de registros, entre 16,4°C e 18,0°C e assim segue até o ponto 11, na altura do Supermercado Confiança, como mostra a Figura 49; no ponto 12, a temperatura do ar sobe para 18,2°C e volta a cair, no ponto seguinte, para 17,9°C, novamente abaixo da média.

Entre os pontos 14 a 25, o transecto atravessa a região central, chegando ao final da Avenida General Osório; neste trecho, as temperaturas do ar são mantidas entre 18,1°C e 18,9°C e começam a subir de forma mais intensa a partir do ponto 26, margeando o bairro Vila Barão, onde há maior adensamento de construções, partindo de 19,1°C para 19,8°C no ponto 30, onde é registrada a maior temperatura do ar durante o período de registros deste dia e a menor taxa de umidade relativa do ar, 70,0%; como mostra a Figura 50, o ponto 30 está localizado entre os bairros Jardim Aeroporto e Nova Esperança.

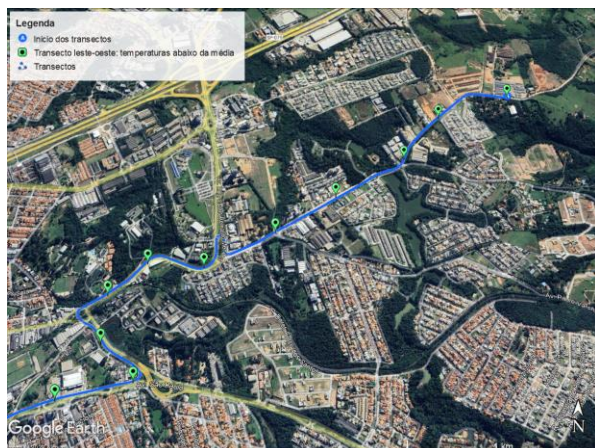


Figura 49 – Pontos 1 ao 11. Fonte: elaborado pela autora a partir de imagens do Google Earth Pro.



Figura 50 – Ponto 30. Na parte acima da avenida está localizado o Jardim Aeroporto e, abaixo, o Jardim Nova Esperança. Fonte: elaborado pela autora a partir de imagens do Google Earth Pro.

As temperaturas do ar voltam a ser registradas abaixo da média nos pontos 33 e 34 (17,9°C e 17,7°C respectivamente), representando o início da Avenida Paulo Emanuel de Almeida, próximo a áreas vegetadas. Nos pontos 35 e 36, as temperaturas do ar sobem até atingir uma das temperaturas do ar mais altas do dia: 19,6°C no ponto 37, referente ao final da Avenida Paulo Emanuel de Almeida, como mostra a Figura 51. As temperaturas do ar voltam a cair no ponto 38 e são mantidas abaixo da média dos pontos 39 ao 46, onde registram 18,0°C e 16,2°C, respectivamente. O ponto 46 também registra a maior umidade relativa do ar no período de registros, em 87,7%.

Nota-se que entre os pontos 34 e 35 há uma diferença de 1,2°C, sendo que a diferença de altitude entre os pontos é de 3 metros. Em todos os dias da passagem do transecto pode-se observar o mesmo efeito: as temperaturas do ar aumentam à medida que o transecto percorre a Avenida Paulo Emanuel de Almeida, até chegar na região das APPs que contornam os bairros Júlio de Mesquita e Santa Barbara, correspondente ao ponto 38, onde começam a cair novamente. O trecho próximo ao ponto 38 é mostrado na Figura 52.



Figura 51 – Pontos 32 ao 36, da direita para esquerda; entre os pontos 34 e 35 é possível observar a mudança de cores dos indicadores, representando o aumento de temperatura.

Fonte: elaborado pela autora a partir de imagens do Google Earth Pro.



Figura 52 – Região de APPs que cercam os bairros Júlio de Mesquita e Santa Barbara, próxima ao ponto 38. Fonte: elaborado pela autora.

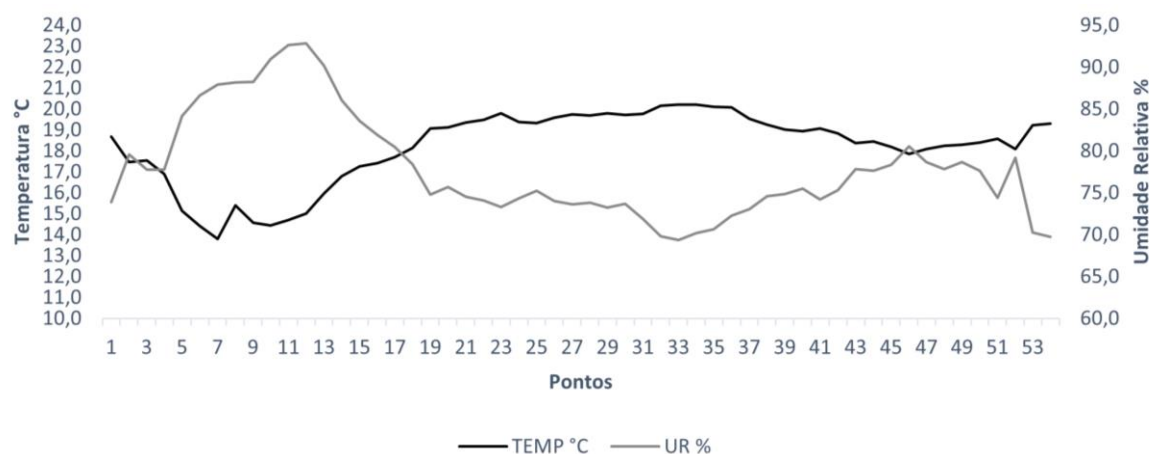
5.3.4 Transectos móveis no dia 24 de junho de 2023, sábado

Neste dia, o céu estava limpo, sem ventos, sensação térmica de tempo quente. Não houve registro de precipitação ou ventos fortes.

Transecto norte-sul

A temperatura do ar máxima registrada pelo transecto norte-sul foi de 20,2°C nos pontos 32 a 34, enquanto a mínima foi de 13,8°C no ponto 7; a temperatura do ar média neste dia, durante o período de registros foi de 18,2°C. Já a umidade relativa do ar teve sua taxa máxima registrada no ponto 12, em 93,8% e a mínima no ponto 33, em 69,3%, conforme a leitura do Gráfico 7:

Gráfico 7 – Temperatura do ar (°C) e umidade relativa (%) do transecto norte-sul em 24/06/2023, sábado.



Fonte: Elaborado pela autora.

Diferente dos dias anteriores, o trajeto se inicia no ponto 1 com a temperatura do ar dentro da média do período, $18,7^{\circ}\text{C}$, podendo ser reflexo da menor atividade das indústrias ao redor do ponto. A seguir, do ponto 2 ao ponto 18, as temperaturas do ar se mantêm abaixo da média do período, com a mínima novamente no ponto 7, marcando a passagem pelo Rio Sorocaba e a máxima de $18,2^{\circ}\text{C}$ no ponto 18, onde o transecto começa a adentrar áreas de maior adensamento construtivo. Desta vez, a maior taxa de umidade relativa do ar neste transecto é registrada no ponto 12, em 92,8%. O ponto 12 é caracterizado por diversos lotes vazios ao redor, próximo à mancha urbana do Conjunto Habitacional Ana Paula Eleutério, como mostra a Figura 53.

A Figura 54 mostra os pontos 19 ao 31, região compreendida pela extensão da Avenida Itavuvu até se aproximar da região central, onde as temperaturas do ar são mantidas entre $19,1^{\circ}\text{C}$ e $19,8^{\circ}\text{C}$. Por mais que os dias anteriores tenham apresentado menores temperaturas do ar, neste dia a oscilação de temperatura do ar nesta região é menor, o que pode representar menor quantidade de tráfego na área.



Figura 53 – Ponto 12. Fonte: elaborado pela autora a partir de imagens do Google Earth Pro.



Figura 54 – Pontos 19 ao 31, extensão da Avenida Itavuvu até a área central. Fonte: elaborado pela autora a partir de imagens do Google Earth Pro.

Quando o transecto adentra a região central, no ponto 32 até o ponto 36, são registradas as maiores temperaturas do ar do dia no transecto: $20,2^{\circ}\text{C}$ e $20,1^{\circ}\text{C}$. Deixando a região central pela Rua Santa Clara como mostra a Figura 55, dos pontos 37 até o ponto 45, as temperaturas do ar voltam a cair, de $19,5^{\circ}\text{C}$ a $18,2^{\circ}\text{C}$; no ponto 46, referente ao fundo de vale, é registrado $17,8^{\circ}\text{C}$; são $2,4^{\circ}\text{C}$ de diferença entre o início e o final da região central.

Do ponto 48 ao ponto 51 a temperatura do ar permanece entre 18,2°C e 18,6°C até chegar ao ponto 52, início da Avenida Professora Izoraida Marques Peres, após o viaduto que atravessa a Rodovia Raposo Tavares; neste ponto a temperatura cai para 18,1°C. A partir da entrada na Avenida Professora Izoraida Marques Peres, passando pelo shopping Iguatemi Esplanada, do ponto 53 ao 54, no final do transecto, as temperaturas do ar sobem novamente, para 19,2°C e 19,3°, respectivamente; este trecho é representado na Figura 56:



Figura 55 – Pontos 37 ao 47. Fonte: elaborado pela autora a partir de imagens do Google Earth Pro.

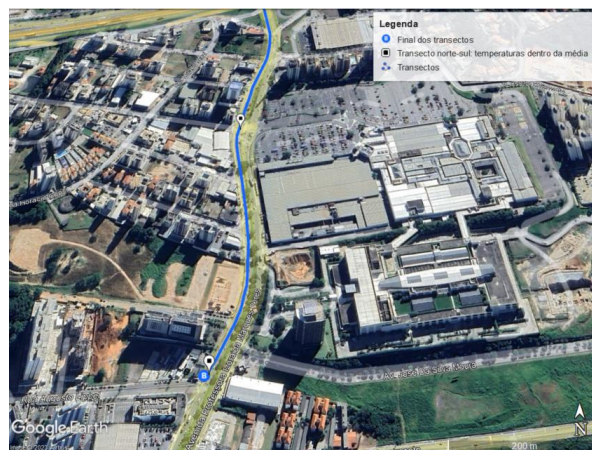
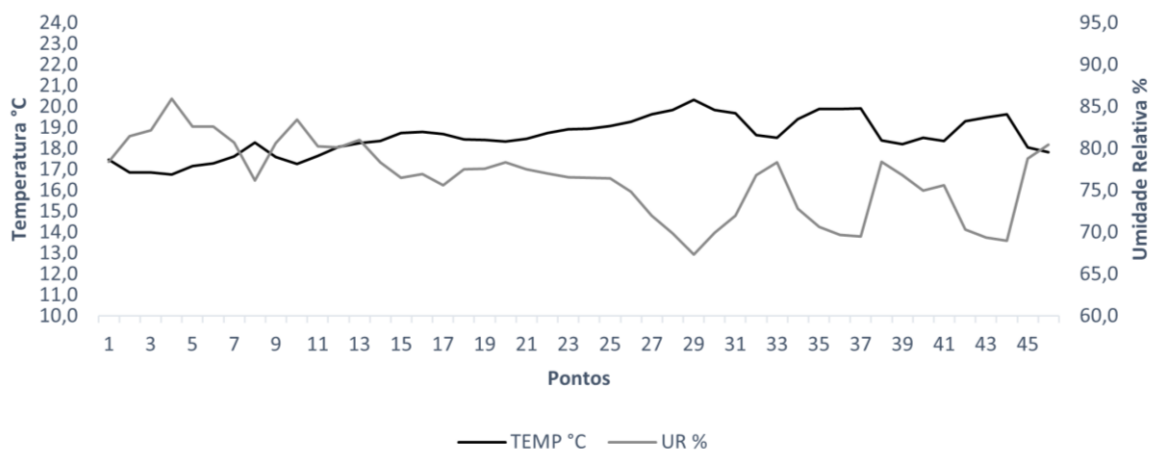


Figura 56 – Pontos 53 e 54. Fonte: elaborado pela autora a partir de imagens do Google Earth Pro.

Transecto leste-oeste

Neste dia, as temperaturas do ar registradas no transecto leste-oeste foram: máxima de 20,3°C no ponto 29, mínima de 16,7°C no ponto 4 e média de 18,6°C. A maior taxa de umidade relativa do ar foi encontrada no ponto 4, com 85,9%, enquanto a menor taxa foi registrada no ponto 29, em 67,3%, conforme a leitura do Gráfico 8.

Gráfico 8 – Temperatura do ar (°C) e umidade relativa (%) do transecto leste-oeste em 24/06/2023, sábado.



Fonte: Elaborado pela autora.

O trajeto é iniciado com temperaturas do ar abaixo da média do período até o ponto 14, no bairro Árvore Grande, próximo ao cruzamento da Avenida São Paulo com a Rua Expedicionários. As temperaturas do ar registradas neste trecho estão entre 16,7°C e 18,4°C; novamente, a menor temperatura do ar deste transecto é registrada no ponto 4, referente ao Parque Natural Chico Mendes, bem como a maior taxa de umidade relativa do ar, a 85,9%.

No trecho dos pontos 15 a 17, ainda na Avenida São Paulo, mais próximo da área central, a temperatura do ar é mantida em 18,7°C; dos pontos 18 a 21, saindo da Avenida São Paulo sentido centro até a Rua Dr. Álvaro Soares, as temperaturas do ar caem novamente e são registradas entre 18,3°C e 18,5°C. Nos pontos 22 a 28, início da Avenida General Osório até o aeroporto, as temperaturas do ar sobem de 19,8°C a 19,8°C até atingir a temperatura do ar mais alta do dia no período de registros, 20,3°C, novamente no ponto 29, referente ao bairro Nova Esperança.

A temperatura do ar cai novamente a partir do ponto 30 até o ponto 33, próximo às áreas vegetadas no início da Avenida Paulo Emanuel de Almeida, onde atinge 18,5°C; a (Figura 57); no ponto seguinte a diferença é de quase 1°C a mais e nos próximos três pontos a temperatura do ar é mantida em 19,9°C, mesmo com a diferença de trinta metros de altitude do ponto 35 ao ponto 37. A discrepância entre os pontos 37 e 38, já comentada anteriormente, é ainda mais evidente neste dia: enquanto no primeiro ponto é registrado 19,9°C, no segundo há 1,5°C de diferença: 18,4°C (Figura 58).



Figura 57 – Áreas vegetadas próximas ao ponto 33, na Av. Paulo Emanuel de Almeida. O ponto 33 está localizado à esquerda, em verde. Fonte: elaborado pela autora a partir de imagens do Google Earth Pro.



Figura 58 – Pontos 37 (à direita, em vermelho), e 38, (à esquerda, na cor verde). Fonte: elaborado pela autora a partir de imagens do Google Earth Pro.

As temperaturas do ar continuam abaixo da média do período até o ponto 41, acompanhando o desenho da APP. Do ponto 42 ao 44 as temperaturas do ar voltam a subir, com diferença de 1°C para os pontos anteriores. Nos dois últimos pontos as temperaturas do ar voltam a cair, registrando 18,1°C no ponto 45 e 17,8°C no último ponto, encerrando o transecto deste dia.

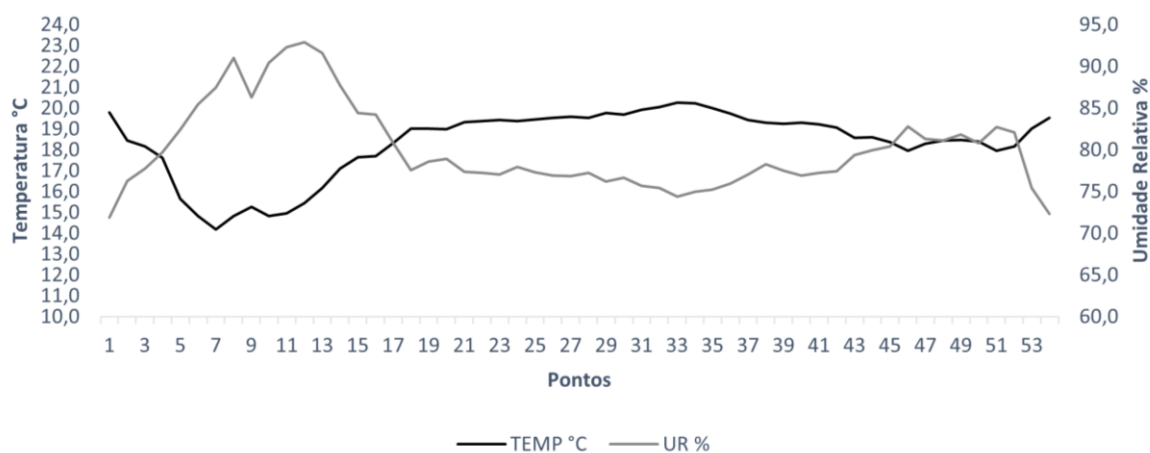
5.3.5 Transectos móveis no dia 25 de junho de 2023, domingo

Neste dia, o céu estava com poucas nuvens, ventos leves e sensação térmica de tempo quente, um pouco menos que o dia anterior. Não houve registro de precipitação ou ventos fortes.

Transecto norte-sul

A temperatura do ar máxima registrada pelo transecto norte-sul foi de 20,3°C no ponto 33, enquanto a mínima foi de 14,2°C, registrada no ponto 7; a temperatura média do ar foi de 18,3°C. Quanto a umidade relativa do ar, a maior taxa registrada foi de 92,9% no ponto 12, enquanto a menor taxa foi registrada no ponto 1, em 71,9%, como mostra o Gráfico 9.

Gráfico 9 – Temperatura do ar (°C) e umidade relativa (%) do transecto norte-sul em 25/06/2023, domingo.



Fonte: Elaborado pela autora.

O trajeto se inicia com a menor taxa de umidade relativa do ar registrada no dia: 71,9%. Apesar do primeiro ponto ter sua temperatura do ar registrada em 19,8°C, o registro não entra para as temperaturas do ar mais altas do dia, durante o período de registros, como acontece nos dias 23 e 21.

Do ponto 2 ao 17, as temperaturas do ar permanecem abaixo da média do período registrado pelo transecto: se iniciam em 18,2°C, caindo aproximadamente 1°C a cada ponto até chegar no ponto 7, onde atinge 14,2°C, menor temperatura do ar do período registrado, como ocorre nos dias anteriores. Após o ponto 7, as temperaturas do ar passam a subir gradativamente, até atingir 18,3°C no ponto 17, representando o término da configuração de construções esparsas e vegetação abundante, como mostra a Figura 59. Novamente, a taxa de umidade relativa do ar mais alta é registrada no ponto 12, em 92,9%.



Figura 59 – A partir da linha desenhada em vermelho, é possível perceber a mudança de uso do solo: até o ponto 17, a vegetação predomina. A partir do ponto 17, se inicia o adensamento. Fonte: elaborado pela autora a partir de imagens do Google Earth Pro.

Assim, como no dia anterior, do ponto 18 ao ponto 30, as temperaturas do ar são mantidas entre 19,0°C e 19,8°C; este trecho do trajeto compreende toda a extensão da Avenida Itavuvu. Quando o transecto se aproxima da região central, as temperaturas do ar começam a subir. No ponto 31, referente ao início da área central, o registro é de 19,9°C, subindo até atingir 20,3°C no ponto 33.

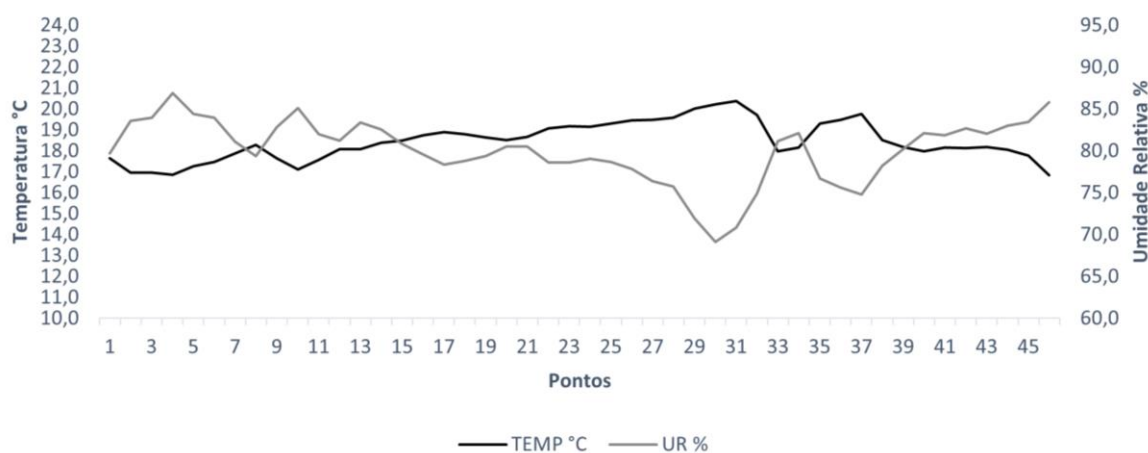
É importante destacar que, até este momento, esta é a temperatura do ar mais alta de todos os registros do transecto norte-sul. As temperaturas do ar seguem entre as 10% mais altas do dia até o ponto 35, quando começam a baixar, a partir do ponto 36, chegando ao final da Rua Comendador Oetterer, em direção ao fundo de vale entre os pontos 45 e 46, e atinge 18,0°C no ponto 46.

A partir do ponto 48 até o ponto 54, no final do trajeto, as temperaturas do ar sobem gradativamente, de 18,4°C a 19,5°C no ponto final. Neste trecho, é possível perceber novamente que as temperaturas do ar declinam levemente quando o transecto passa pelo Parque Carlos Alberto de Souza, caindo para 18,0°C e 18,2°C nos pontos 51 e 52. Por mais que as temperaturas do ar tenham subido nos dois últimos pontos, é possível perceber que elas ainda não atingiram as temperaturas do ar mais elevadas do dia.

Transecto leste-oeste

Neste dia, a temperatura do ar máxima para este transecto foi de 20,4°C no ponto 31, enquanto a mínima foi registrada em 16,8°C no ponto 46; a média de temperatura do ar do período foi 18,5°C. Quanto a umidade relativa do ar, a maior taxa registrada foi de 86,9% no ponto 4, enquanto a menor taxa foi de 69,1% no ponto 30, como mostra o Gráfico 10.

Gráfico 10 – Temperatura do ar (°C) e umidade relativa (%) do transecto leste-oeste em 25/06/2023, domingo.



Fonte: Elaborado pela autora.

O trajeto é iniciado com registro de temperaturas do ar entre 16,9°C e 17,6°C até o ponto 14; no ponto 4 é possível notar uma das menores temperaturas do ar do dia durante o período de registro (16,9°C) além da maior taxa de umidade relativa do ar, em 86,9%.

Em todos os dias de passagem do transecto leste-oeste é possível perceber que, desde o primeiro ponto até os pontos 14 ou 15, as temperaturas do ar estão sempre abaixo da média do período de registro; além do canteiro central bem arborizado da Avenida São Paulo, percebe-se também grande quantidade de vegetação distribuída pelos bairros Jardim Gonçalves e Jardim Bela Vista, o que pode ser a causa das temperaturas do ar mais baixas, como mostra a Figura 60.

Seguindo sentido centro, as temperaturas do ar são registradas acima da média do período a partir do ponto 15, a 18,5°C. No ponto 22, localizado na Rua Francisco Scarpa, na lateral do shopping Cianê, a temperatura do ar registrada é de 19,1°C e nos próximos pontos continua a subir, até atingir as temperaturas do ar mais altas do período nos pontos 29 a 31, localizados no bairro Nova Esperança. As

temperaturas do ar registradas, neste trecho, são de 20,0°C no ponto 29 para 20,4°C no ponto 31; no ponto 30 encontra-se a menor taxa de umidade relativa do ar: 69,1%. Dois minutos depois, no ponto 33, próximo às áreas vegetadas no início da Avenida Paulo Emanuel de Almeida, a temperatura do ar tem uma queda de 2,4°C, chegando a 18,0°C (Figura 61).



Figura 60 – Pontos localizados na Avenida São Paulo, com destaque para o ponto 14.

Fonte: elaborado pela autora a partir de imagens do Google Earth Pro.



Figura 61 – Pontos 29 a 33. Fonte: elaborado pela autora a partir de imagens do Google Earth Pro.

Enquanto o transecto percorre a Avenida Paulo Emanuel de Almeida, as temperaturas do ar sobem até atingir o ponto 37, em 19,8°C, localizado na Avenida Dr. José Caetano Graziozi, antes da APP da rua Leondina Gonçalves Mobaier. Após este ponto as temperaturas do ar voltam a cair, atingindo novamente valores abaixo da média do período do transecto leste-oeste do ponto 39, com 18,2°C, até o ponto final, com 16,8°C, registrando o menor valor de temperatura do ar do período.

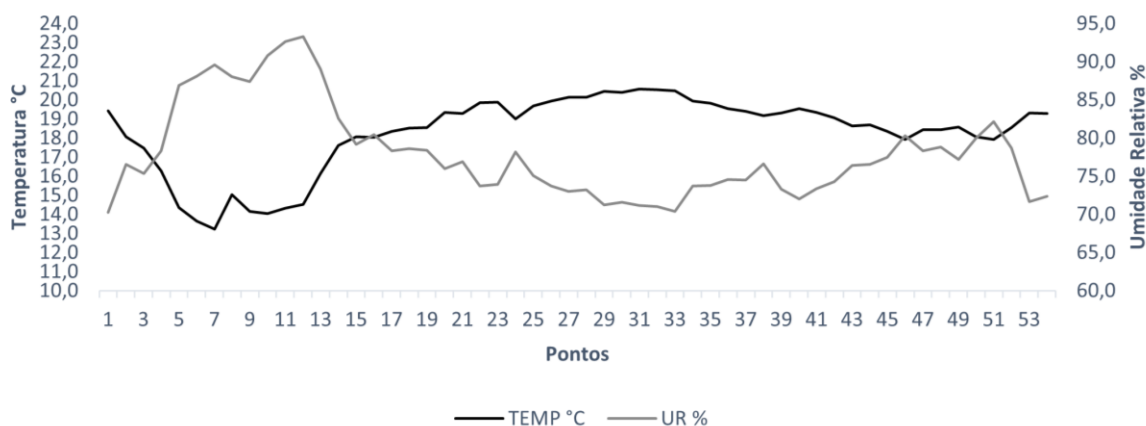
5.3.6 Transectos móveis no dia 26 de junho de 2023, segunda-feira

Neste dia, o céu estava limpo, com ventos leves, sensação térmica de tempo frio. Não houve registro de precipitação ou ventos fortes.

Transecto norte-sul

A temperatura máxima registrada pelo transecto norte-sul foi de 20,6°C no ponto 31, enquanto a mínima foi de 13,2°C, registrada no ponto 7; a média do período foi registrada em 18,3°C. Quanto a umidade relativa do ar, a maior taxa registrada foi de 93,3% no ponto 12, enquanto a menor taxa foi registrada no ponto 1, em 70,3%, como mostra o Gráfico 11.

Gráfico 11 – Temperatura do ar (°C) e umidade relativa (%) do transecto norte-sul em 26/06/2023, segunda-feira.



Fonte: Elaborado pela autora.

O trajeto se inicia novamente com a menor taxa de umidade relativa do período: 70,3% no ponto 1, enquanto a temperatura do ar é registrada em 19,4°C, 1°C acima da média dos registros do período, mas ainda não se enquadra na contagem de 10% das temperaturas do ar mais altas. O trajeto segue dos pontos 2 ao ponto 18 com temperaturas do ar abaixo da média do período, partindo de 18,1°C, passando pela menor temperatura do ar do período, novamente no ponto 7, a 13,2°C e chegando ao ponto 16 em 18,0°C.

Como nos dias anteriores, quando o transecto adentra a área mais adensada, no ponto 17, as temperaturas do ar começam a subir, de 18,4°C até 20,1°C no ponto 28, ainda na Avenida Itavuvu, num aumento de quase 2°C.

Dos pontos 29 ao 33, saindo da Avenida Itavuvu e chegando na Rua Comendador Oetterer, as temperaturas do ar são registradas entre 20,4°C e 20,6°C. Neste trecho é importante observar alguns fatores:

- a temperatura do ar mais alta do período é de 20,6°C, no ponto 31, final da Avenida Ipanema, próximo ao Pronto Atendimento da Zona Norte;
- durante todo o transecto norte-sul registrado até este momento, é a primeira vez, no período, que a marca de 20,6°C de temperatura do ar é atingida;
- do ponto 24 ao ponto 31, em menos de dez minutos de percurso, a temperatura do ar sobe 1,6°C, mostrando a intensidade da temperatura do ar na zona central (Figura 62).

Após a passagem pelos pontos com maiores temperaturas do ar no registro diário, o percurso segue na região central para a região sul; neste trecho, as temperaturas do ar vão de 19,9°C no ponto 34, ainda na Rua Comendador Oetterer, até 17,9°C no ponto 46, quando passa pelo fundo de vale entre a Avenida Comendador Pereira Inácio e a Avenida Washington Luiz. Continuando do ponto 47 até o ponto 49, cruzamento entre a Avenida Washington Luiz e a Avenida Antonio Carlos Comitre, as temperaturas do ar são mantidas entre 18,4°C e 18,6°C, respectivamente.

Nos pontos 50 e 51, referentes a passagem pela Telhanorte e Parque Carlos Alberto de Souza, as temperaturas do ar caem abaixo da média do período: 18,1°C e 17,9°C respectivamente (Figura 63); nota-se novamente que na passagem pelo Parque há queda de temperatura. Nos próximos três pontos, a temperatura sobe e se estabiliza em 19,3°C, terminando o transecto em 1°C acima da média dos registros deste período.

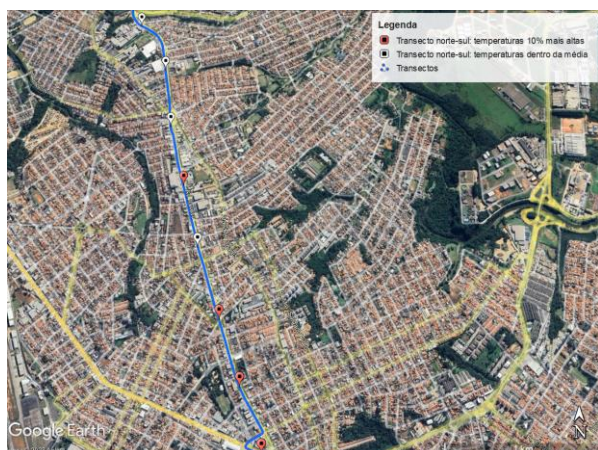


Figura 62 – Pontos 26 ao 32. Fonte: elaborado pela autora a partir de imagens do Google Earth Pro.

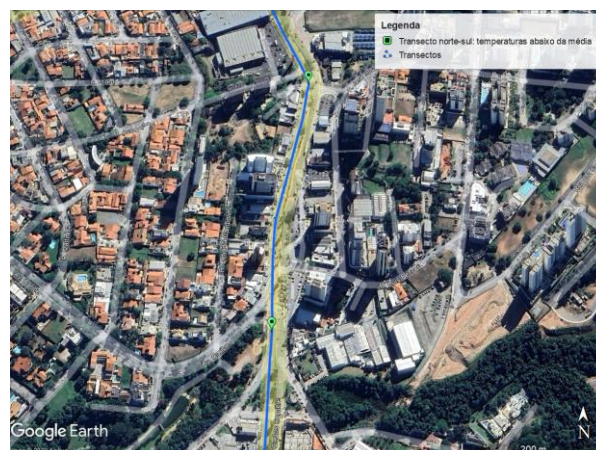
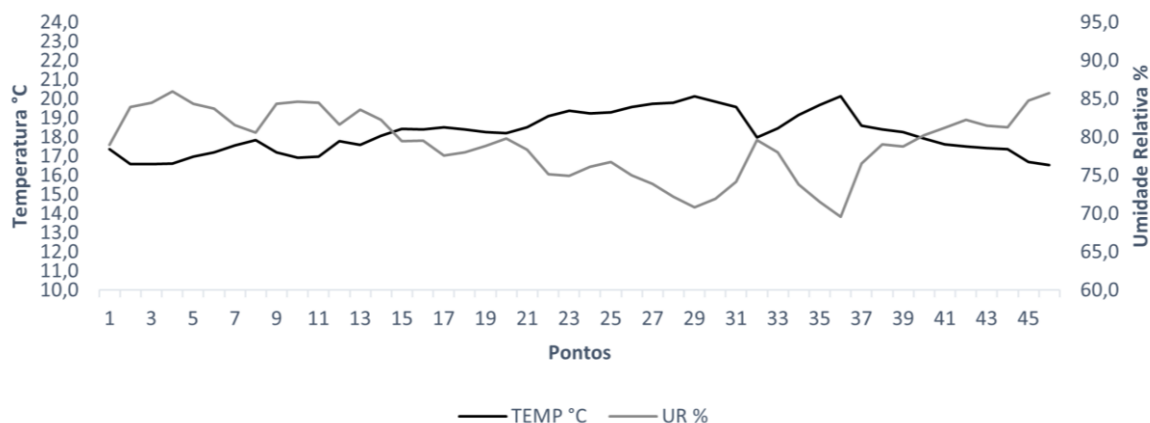


Figura 63 – Pontos 50 e 51. Fonte: elaborado pela autora a partir de imagens do Google Earth Pro.

Transecto leste-oeste

A temperatura máxima registrada pelo transecto leste-oeste foi de 20,2°C no ponto 36, enquanto a mínima foi de 16,5°C no ponto 46; a média registrada foi de 18,2°C. A maior taxa de umidade relativa foi registrada no ponto 4, com 86,0%, ao passo que a menor taxa registrada foi de 69,6% no ponto 36, como mostra o Gráfico 12.

Gráfico 12 – Temperatura do ar (°C) e umidade relativa (%) do transecto leste-oeste em 26/06/2023, segunda-feira.



Fonte: Elaborado pela autora.

No trecho inicial do trajeto são registradas temperaturas do ar entre 16,6°C e 18,1°C. A menor temperatura do ar é encontrada novamente no ponto 4, onde também se encontra a maior taxa de umidade relativa do ar neste dia (86,0%), até o ponto 14, próximo ao cruzamento com a Avenida São Paulo e a Rua Expedicionários, onde é registrado 18,1°C. Após este ponto, as temperaturas do ar sobem para acima da média do período do transecto, porém, são estabilizadas entre 18,3°C e 18,5°C até o ponto 20, onde atinge novamente um valor abaixo da média, 18,2°C.

O ponto 20 está localizado na Rua Souza Pereira, em frente a praça Dr. Arthur Fajardo (Figura 64). Apesar de ser uma área com certa quantidade de vegetação em seu entorno, o ponto 20 só registrou temperaturas do ar abaixo da média do período em dois dias, sendo eles sábado e segunda.

Seguindo o trajeto sentido Avenida General Osório, as temperaturas do ar aumentam gradativamente do ponto 21, na Rua Dr. Álvaro Soares, com 18,5°C, ao ponto 27, no início da Vila Barão, com 19,7°C.

Dos pontos 28 ao 30, nos bairros Jardim Aeroporto e Nova Esperança, a temperatura do ar é registrada entre 19,8°C e 20,1°C; no ponto 32 a temperatura do ar volta a atingir valores abaixo da média do período, registrando 18,0°C na área verde compreendida entre as avenidas Adão Pereira de Camargo e Paulo Emanuel de Almeida, onde está localizado o córrego Itanguá, numa diferença de 1,8°C entre os pontos 30 e 32 (Figura 65).



Figura 64 – Ponto 20, localizado na Rua Souza Pereira, ao lado da Praça Arthur Fajardo. Fonte: elaborado pela autora a partir de imagens do Google Earth Pro.



Figura 65 – Pontos 29 a 32, da direita para a esquerda. Observa-se a alteração das características da malha urbana à medida que a temperatura se eleva. Fonte: elaborado pela autora a partir de imagens do Google Earth Pro.

A temperatura do ar volta a subir nos próximos pontos até o ponto 36, onde é registrado o maior valor do período, bem como a menor taxa de umidade relativa do ar, 20,2°C e 69,6% respectivamente.

O ponto 36 é representado pelo cruzamento entre as avenidas Paulo Emanuel de Almeida e Elias Maluf; entre este ponto e o próximo, a diferença é de 1,6°C a menos, e as temperaturas do ar continuam a cair até atingir novamente os menores valores do período, entre 17,9°C no ponto 40, área que contorna a APP do Jardim Santa Bárbara, até o ponto final, onde é registrado 16,5°C.

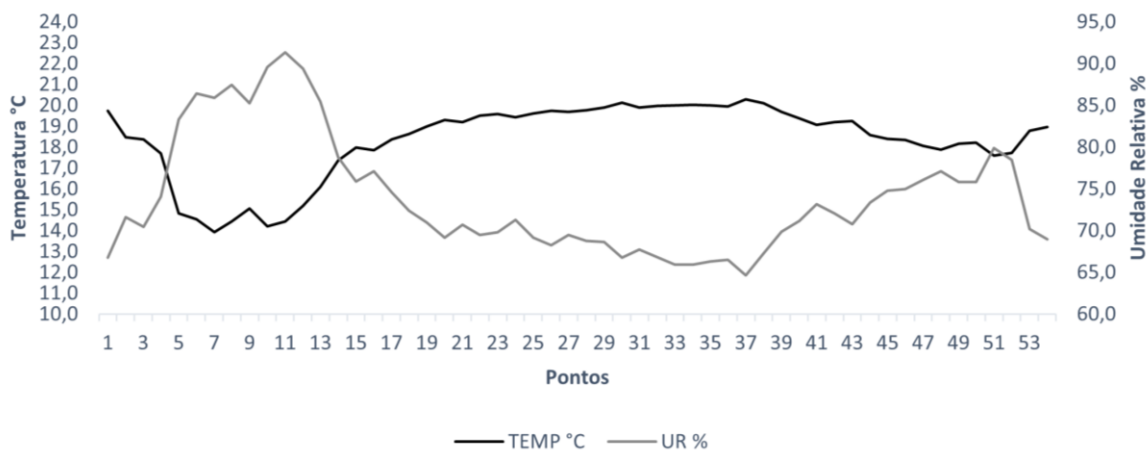
5.3.7 Transectos móveis no dia 27 de junho de 2023, terça-feira

Neste dia, o céu estava limpo, sem vento, sensação térmica de tempo mais quente que o dia anterior. Não houve registro de precipitação ou ventos fortes.

Transecto norte-sul

A temperatura máxima registrada pelo transecto norte-sul foi de 20,3°C no ponto 37, enquanto a mínima foi de 13,9°C no ponto 7; a média registrada foi de 18,3°C. A maior taxa de umidade relativa do ar foi registrada no ponto 11, com 91,3%, enquanto a menor taxa foi registrada no ponto 37, com 64,7%, conforme o Gráfico 13.

Gráfico 13 – Temperatura do ar (°C) e umidade relativa (%) do transecto norte-sul em 27/06/2023, terça-feira.



Fonte: Elaborado pela autora.

O trajeto se inicia em 19,7°C no ponto 1 e segue com uma redução de mais de 1°C do ponto 1 para o 2; a partir do ponto 4 até o ponto 16 as temperaturas do ar são mantidas abaixo da média do período, entre 18°C e 13,9°C; este trecho é caracterizado por poucas construções espaçadas, além de campos com vegetação rasteira e diversos pontos com vegetação maciça. A partir do ponto 17 até o ponto 29 as temperaturas do ar são mantidas entre 18,4°C e 19,9°C, até o ponto 30, que marca o final da Avenida Itavuvu, entrando na região central; a temperatura do ar, neste ponto, é de 20,1°C, um dos valores mais altos do período neste transecto.

Continuando sentido centro, nos pontos 33 a 38 são registradas as temperaturas do ar mais elevadas do período, chegando a 20,3°C no ponto 37; este trecho do trajeto compreende toda a Rua Comendador Oetterer até a Avenida Dr. Luiz Ferraz de Sampaio Júnior, na lateral do Terminal Santo Antônio (Figura 66).

As temperaturas do ar começam a cair a partir do ponto 39 até o ponto 46, mas só atingem números abaixo da média do período do ponto 47 ao 52, região que compreende as avenidas Washington Luiz e Antonio Carlos Comitre, como mostra a Figura 67; vale observar que este é o único dia no qual as temperaturas do ar deste trecho são mantidas abaixo da média do período. Nos pontos 53 e 54 as temperaturas do ar sobem para 18,8°C e 19,0°C respectivamente, encerrando o transecto deste dia.



Figura 66 – Pontos 33 ao 38. Fonte: elaborado pela autora a partir de imagens do Google Earth Pro.

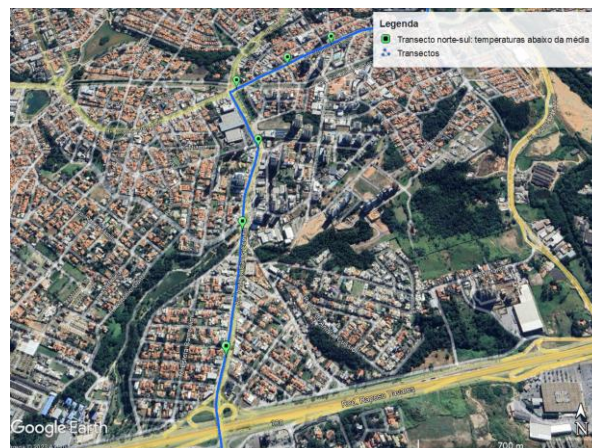
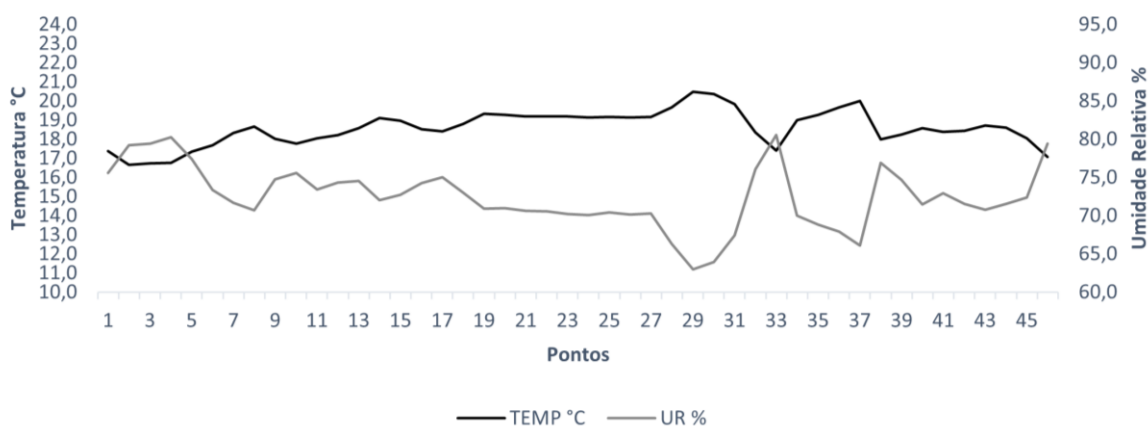


Figura 67 – Pontos 47 ao 52. Fonte: elaborado pela autora a partir de imagens do Google Earth Pro.

Transecto leste-oeste

A temperatura máxima registrada pelo transecto leste-oeste foi de 20,5°C no ponto 29, enquanto a mínima foi de 16,7°C nos pontos 2 e 3; a média registrada foi de 18,6°C. A maior taxa de umidade relativa do ar foi registrada no ponto 33, com 80,5%, enquanto a menor taxa foi registrada no ponto 29, com 63,0%, conforme o Gráfico 14.

Gráfico 14 – Temperatura do ar (°C) e umidade relativa (%) do transecto leste-oeste em 27/06/2023, terça-feira.



Fonte: Elaborado pela autora.

Diferente dos dias anteriores, quando as temperaturas do ar abaixo da média do período eram registradas pelo menos até o ponto 11 e normalmente no ponto 14, neste dia o ponto 8 apresenta 18,7°C, temperatura do ar acima da média do período. O ponto 8, destacado na Figura 68, está localizado em frente ao Clube de Campo de Sorocaba, na Avenida Engenheiro Carlos Reinaldo Mendes. Salvo esta exceção, as

temperaturas do ar são registradas entre 16,7°C e 18,6°C; os pontos 2 e 3 apresentam as menores temperaturas do ar do período.

Nos pontos 14 e 15, localizados na Avenida São Paulo, as temperaturas do ar sobem para 19,1°C e 19,0°C respectivamente, e tornam a ser registradas abaixo da média do período, nos pontos 16 e 17, localizados próximos à Rua Padre Madureira, com 18,5°C e 18,4°C.

A partir do ponto 18, localizado no início da Avenida São Paulo, na Vila Senger, as temperaturas do ar sobem de forma gradativa, saindo de 18,8°C até chegar a 19,7°C no ponto 28, no aeroporto. Entre os pontos 29 e 33, são encontradas a maior e menor taxas de umidade relativa do ar do período, sendo 63,0% no ponto 29, no bairro Nova Esperança e 80,5% no ponto 33, na área verde compreendida entre as avenidas Adão Pereira de Camargo e Paulo Emanuel de Almeida, onde está localizado o córrego Itanguá, como mostra a Figura 69. A maior temperatura do ar do período, neste transecto, também foi registrada no ponto 29 (20,5°C), 3,1°C mais alta do que no ponto 33, sendo que a temperatura do ar registrada no ponto 33 não é a menor do período.



Figura 68 - Ponto 8 em destaque. Fonte: elaborado pela autora a partir de imagens do Google Earth Pro.



Figura 69 – Pontos 29 a 32, da direita para a esquerda. Fonte: elaborado pela autora a partir de imagens do Google Earth Pro.

O ponto 33 registrou a temperatura do ar de 17,4°C, e o ponto 34, 19,0°C, no início do bairro Wanel Ville; as temperaturas do ar continuam subindo até atingir 20,0°C no ponto 37, localizado na Avenida Dr. José Caetano Graziozi, antes da APP da rua Leondina Gonçalves Mobaier. No ponto 38, logo após o transecto atravessar parte da APP, a temperatura do ar cai 2,0°C em relação ao registro anterior, atingindo 18,0°C. Entre os pontos 38 e 42, as temperaturas do ar são mantidas abaixo da média do período, sobem para a média nos pontos 43 e 44 e encerram o último dia do transecto abaixo da média do período, com temperaturas do ar de 18,1°C e 17,1°C respectivamente.

É importante observar que, as temperaturas do ar mais altas do período são registradas sempre nos mesmos pontos, assim como as temperaturas do ar abaixo da média; ao analisar todos os registros, foi verificado que, um ponto que teve sua temperatura registrada como uma das mais altas não apresenta temperaturas do ar abaixo da média, bem como pontos que registraram as menores temperaturas do ar não apresentam temperaturas do ar acima da média do período.

5.4 Síntese sinótica da semana de passagem dos transectos

No dia 21/06/2023 ventos dos quadrante Sul e pressão acima de 1020 hPa indicaram a presença da Massa Polar Atlântica (MPA). No dia 22/06/2023 a Massa Polar Atlântica (MPA) se desloca noroeste. Observa-se também queda na pressão atmosférica para 1020 hPa.

No dia 23/06/2023 a Massa Polar Atlântica (MPA) se mantém e a pressão cai um pouco mais, agora abaixo de 1020 hPa. No dia 24/06/2023 foi observado céu limpo e sensação de tempo quente. A região continua sob influência da Massa Polar Atlântica (MPA), que começa a ser tropicalizada e a pressão se mantém abaixo de 1020 hPa.

No dia 25/06/2023 a Massa Polar Atlântica (MPA) se torna Massa Tropical Atlântica (MTA) e a pressão torna a subir para 1020 hPa. No dia 26/06/2023 a Massa Tropical Atlântica se mantém, deslocando-se mais a nordeste. A pressão é registrada acima de 1020 hPa. No dia 27/06/2023 a Massa Tropical Atlântica continua agindo e a pressão segue acima de 1020 hPa. As cartas sinóticas e imagens de satélite de cada dia relatado podem ser consultadas no Anexo I.

5.5 Identificação e Classificação da CUHI

Os resultados das temperaturas do ar apontaram que alguns pontos permanecem por todos os dias na mesma faixa de classificação, independente da temperatura máxima ou mínima do dia. Por exemplo, o ponto 29 do transecto leste-oeste se mantém na classificação de valores 10% mais elevados por todos os dias do levantamento, assim como os pontos 4 a 15 do transecto norte-sul, que se mantém no conjunto de valores abaixo da média diária em todos os dias registrados (Anexo II).

Outro ponto que vale ser observado: durante os dias de passagem dos transectos, foi que os pontos que apontaram temperaturas do ar, pelo menos uma vez abaixo da média do período, não apresentaram valores 10% mais altos em nenhum dos outros dias. Da mesma forma, pontos que estiveram com temperaturas do ar pelo menos uma vez entre os 10% mais elevados não registraram valores abaixo da média em nenhum dos outros dias. Isso mostra que, independentemente de um dia com temperaturas do ar mais baixas, áreas que apresentam as temperaturas do ar mais elevadas não obtiveram “frescor” substancial.

As Tabelas 6 e 7 mostram as áreas em que ocorrem as CUHI e suas intensidades. A partir da leitura das tabelas é possível observar que as CUHI identificadas são dinâmicas, e não seguem uma margem exata de definição entre um ponto e outro.

No transecto norte-sul, observou-se que, logo no início do transecto, no ponto 1, mostrado na Figura 70, há uma CUHI de média magnitude; isso pode ser explicado pelas características do local, ou seja, grande tráfego de veículos e indústrias instaladas na área, materiais utilizados nas construções (concreto, vidro e metal, em grande quantidade) além dos estacionamentos pavimentados com asfalto. Esta área é classificada pela LCZ 8, que representa grandes construções de baixa elevação, que podem ser observadas na Figura 71.



Figura 70 – Início do transecto norte-sul.
Fonte: elaborado pela autora.



Figura 71 – Vista de satélite da região do ponto 1. Fonte: elaborado pela autora a partir de imagens do Google Earth Pro.

Outro local onde foi possível encontrar CUHI de média magnitude é partindo do ponto 19 do transecto norte-sul, no início da área adensada da Avenida Itavuvu, próximo ao cruzamento com a Rua Antônio Silva Saladino (Figura 72), até o ponto 42, na Rua Santa Clara (Figura 73), descendo sentido o fundo de vale da Avenida Comendador Pereira Inácio, e saindo da área central da cidade, sentido sul. Neste trecho, inclusive, é possível observar CUHI de forte magnitude nos pontos 28, 31 e 32, nos registros do dia 26.

Nota-se que esta CUHI abrange quase que toda a extensão linear, do norte ao centro da mancha urbana. Nas palavras de Lombardo (1985, p. 218), “especialmente, a ilha de calor acompanha a conformidade da mancha urbana” (LOMBARDO 1985, p. 128).



Figura 72 – Início da região adensada na Avenida Itavuvu. Fonte: elaborado pela autora.

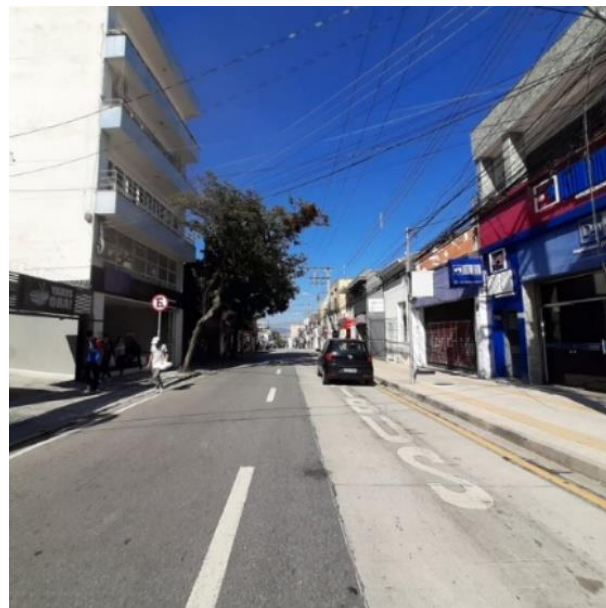


Figura 73 – Rua Santa Clara. Fonte: elaborado pela autora.

Da Mota *et al.* (2016) categorizam a infraestrutura verde de Sorocaba, mapeando as áreas verdes públicas. A partir do levantamento feito pelos autores, é possível observar a ausência de manchas de vegetação ou parques por todo o município, especialmente no sentido centro-norte, o que pode justificar a extensão da CUHI encontrada neste trecho.

Os pontos 53 e 54 do transecto norte-sul, localizados na região do Shopping Iguatemi Esplanada, no bairro Campolim também apresentam CUHI de média magnitude. Nesta área, além das construções de média elevação, os materiais utilizados nas construções e estacionamentos são favoráveis para a retenção de calor (Figura 74).

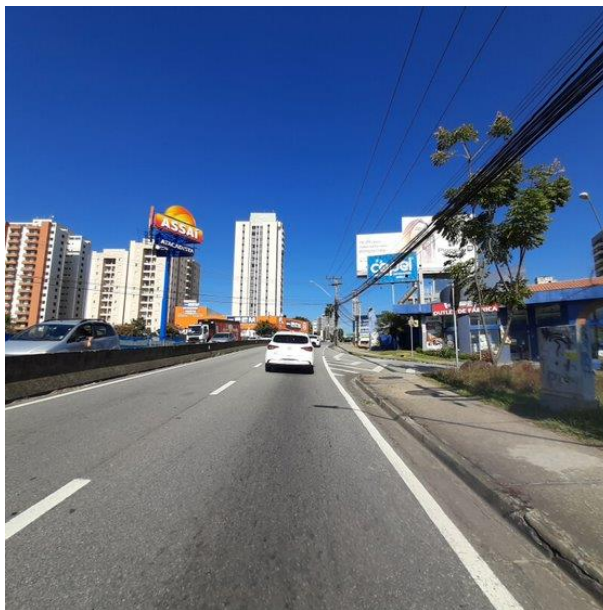


Figura 74 – Região do bairro Campolim. Fonte: elaborado pela autora.

Entre os pontos 5 ao 13 do transecto norte-sul foram encontradas as menores temperaturas do ar em todos os dias da passagem dos transectos; este trecho corresponde à área de passagem do Rio Sorocaba, no início da Avenida Itavuvu (Figura 75), até a passagem pelas primeiras formações de bairros da Avenida, o Conjunto Habitacional Ana Paula Eleutério (Habiteto) ao lado direito e o Jardim Eucaliptos, ao lado direito (Figura 76). Este trecho foi classificado com LCZ A e D e tem características de área rural.

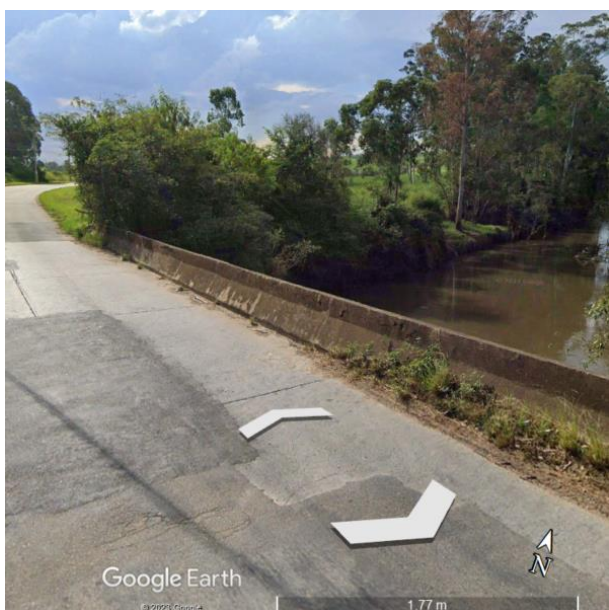


Figura 75 – Passagem pelo Rio Sorocaba, próximo ao ponto 7. Fonte: Google Street View (2023).

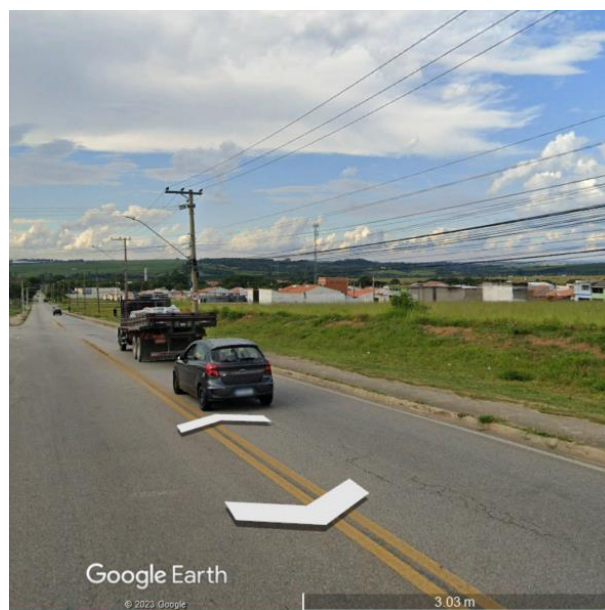


Figura 76 – Região do bairro Habiteto, próximo ao ponto 12. Fonte: Google Street View (2023).

Já no transecto leste-oeste é possível observar que, em alguns dias foi registrada queda de temperatura nos pontos iniciais e finais do transecto, trechos que se possuem LCZ D. Minaki (2017) também verificou, em seu trabalho com transectos noturnos em Maringá/PR, que “as temperaturas no início [do transecto] foram menores e a umidade relativa do ar maiores, sobressaindo deste ponto sua localização mais afastada, a maior presença de vegetação e o uso agrícola da terra” (MINAKI 2017).

Ainda no transecto leste-oeste, há duas CUHI de magnitude média, onde as configurações de ocupação do solo são semelhantes: a primeira é mais visível nos registros do dia 23, e está localizada entre os pontos 14 ao 19 (Figura 77), na Avenida São Paulo; a segunda, entre os pontos 34 e 37, marcando a extensão da Avenida Paulo Emanuel de Almeida (Figura 78).

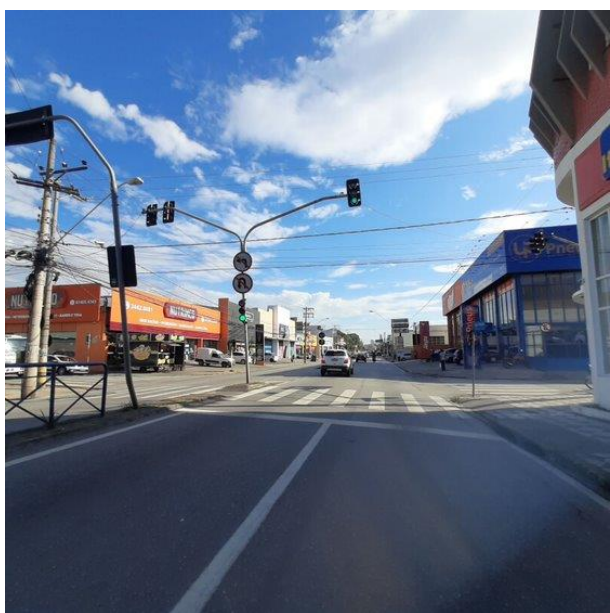


Figura 77 – Avenida São Paulo, região dos pontos 15 ao 17. Fonte: elaborado pela autora.

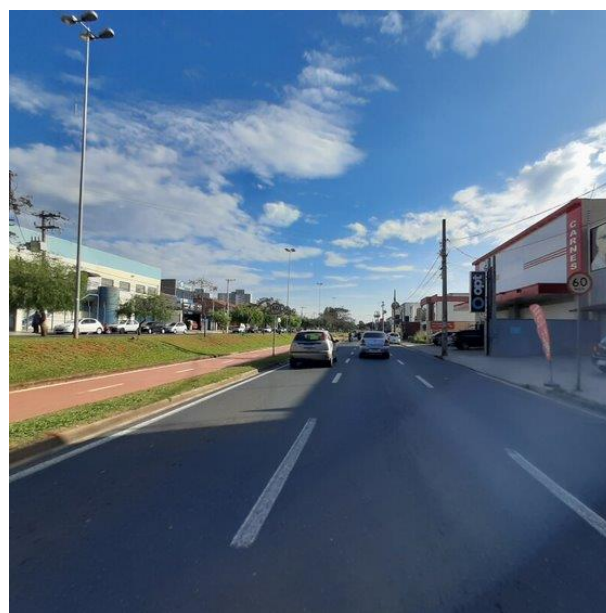


Figura 78 – Avenida Paulo Emanuel de Almeida. Fonte: elaborado pela autora.

As regiões citadas têm como característica diversos comércios ao longo da avenida principal, com tráfego intenso de veículos em horários de pico. Os trechos são bastante adensados e reforçam a ideia de planejamento de bairros proposta por Campos Filho (1992), na qual comércios e serviços são localizados em corredores lineares, nas vias de maior tráfego, sem adentrar no bairro.

De acordo com o autor, esta forma de planejamento ‘protege’ o interior do bairro de tráfego intenso e contato dos moradores com a poluição (CAMPOS FILHO

1992, p. 116). Porém, este estudo apontou que, em Sorocaba, a maior parte das CUHI de magnitude média foram encontradas em áreas com esta configuração. Para amenizar as temperaturas do ar nas LCZ 3, é necessário adotar medidas que priorizem o conforto térmico dos espaços externos, incorporando a vegetação urbana “de maneira criativa, estratégica e funcional” (SPANGENBERG 2019), pois

reduzem significativamente a temperatura percebida graças ao sombreamento e apresentam uma boa relação custo/benefício se comparada a outros elementos sombreadores, além de trazerem benefícios para a melhora da qualidade dos espaços públicos (SPANGENBERG 2019, p. 170–171).

A configuração destes corredores deveria ser repensada, de modo que o conforto ambiental seja considerado, incentivando o projeto de espaços internos e o uso de materiais climaticamente mais ‘amigáveis’ na composição de fachadas e coberturas, como a madeira e espécies adequadas de vegetação, pois, além de temperaturas do ar mais amenas nos corredores, há também o benefício do conforto térmico e consumo de energia nos interiores das construções.

A configuração das CUHI de Sorocaba mostra que as maiores temperaturas do ar são encontradas em centros comerciais. No caso desta pesquisa, são destacadas a área central de Sorocaba, região do Campolim e o eixo comercial do bairro Wanel Ville. De igual forma, um grande declínio de temperaturas do ar aparece no limite rural-urbano, como é o caso do início da Avenida Itavuvu, a norte, região do Alto da Boa Vista, a leste e Estrada do Ipatinga, a oeste.

As CUHI também são encontradas em espaços industriais densamente ocupados – como é o caso da região da Toyota, no início da Avenida Itavuvu – e bairros residenciais de classes menos favorecidas – como é o caso dos ‘bairros populares’, espalhados pela cidade, formando uma grande mancha de LCZ 3. Isso reflete nas palavras de Lombardo (1985):

A ilha de calor, portanto, é também uma expressão da associação de aspectos naturais e sociais que ocorrem no espaço ocupado pela cidade. Os maiores valores de temperatura encontram-se, de certa forma, associados às maiores pressões produzidas economicamente sobre o meio ambiente (LOMBARDO 1985, p. 216).

Supõe-se que, estas áreas que apresentam situações mais críticas em relação às demais, deveriam ser consideradas em primeiro plano para a criação de políticas públicas ambientais, visando o conforto ambiental. Porém, a educação

ambiental também é algo que precisa ser implantado, pois enquanto a cobertura vegetal é “reconhecida como riqueza nos bairros mais nobres da cidade, nas áreas periféricas costuma ser um empecilho para a expansão e a reivindicação de terra” (SPANGENBERG 2019, p. 85).

A partir das percepções obtidas, foi desenhado um esquema ilustrativo dos trajetos (Figura 79 e Figura 80), reunindo a altitude dos pontos, LCZs, temperatura do ar e umidade relativa do ar média dos transectos, intensidade das CUHI, entre outras informações, a fim de facilitar o entendimento a respeito das áreas que estão sendo abordadas durante o texto.

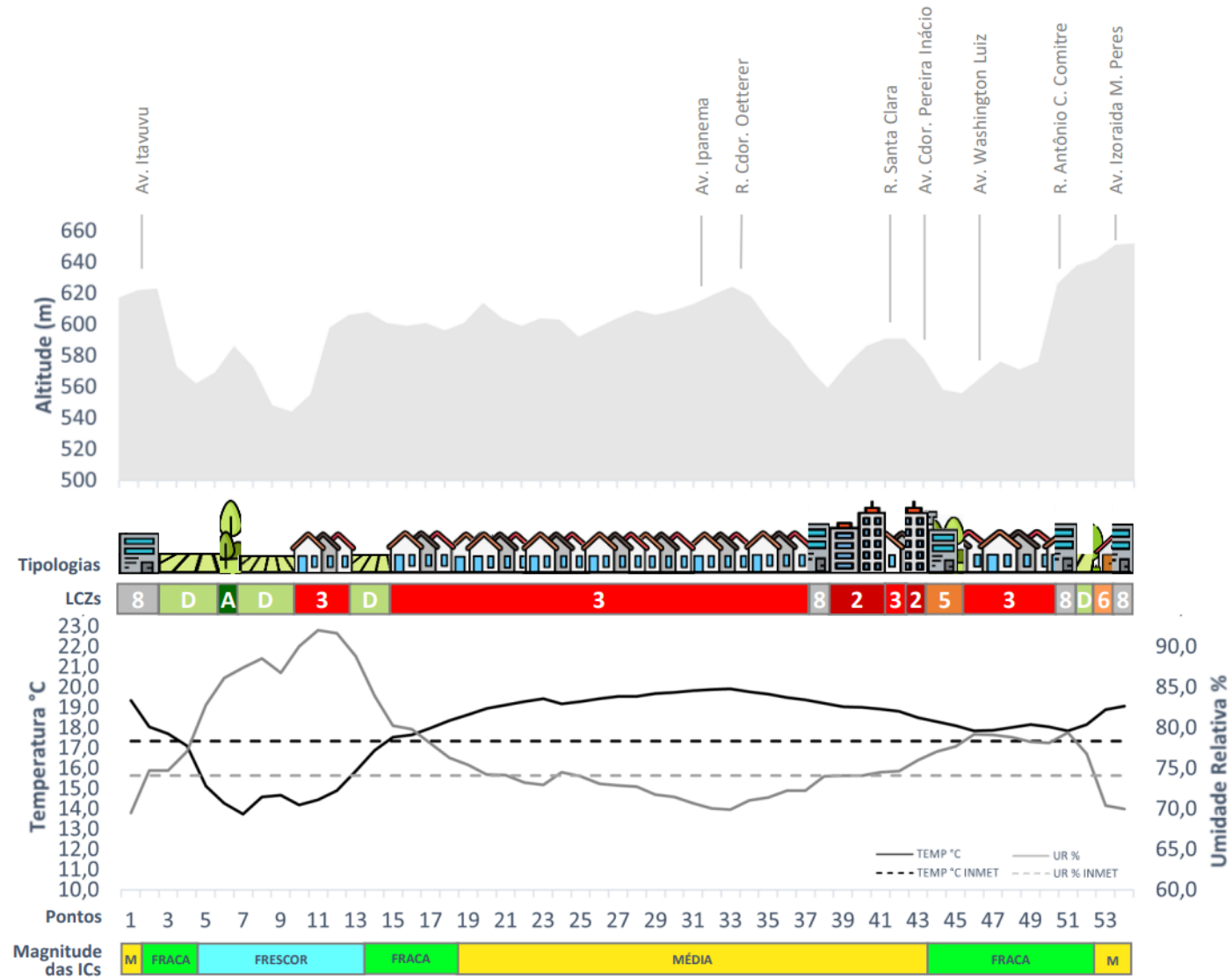


Figura 79 – Caracterização do transecto norte-sul. Fonte: elaborado pela autora.

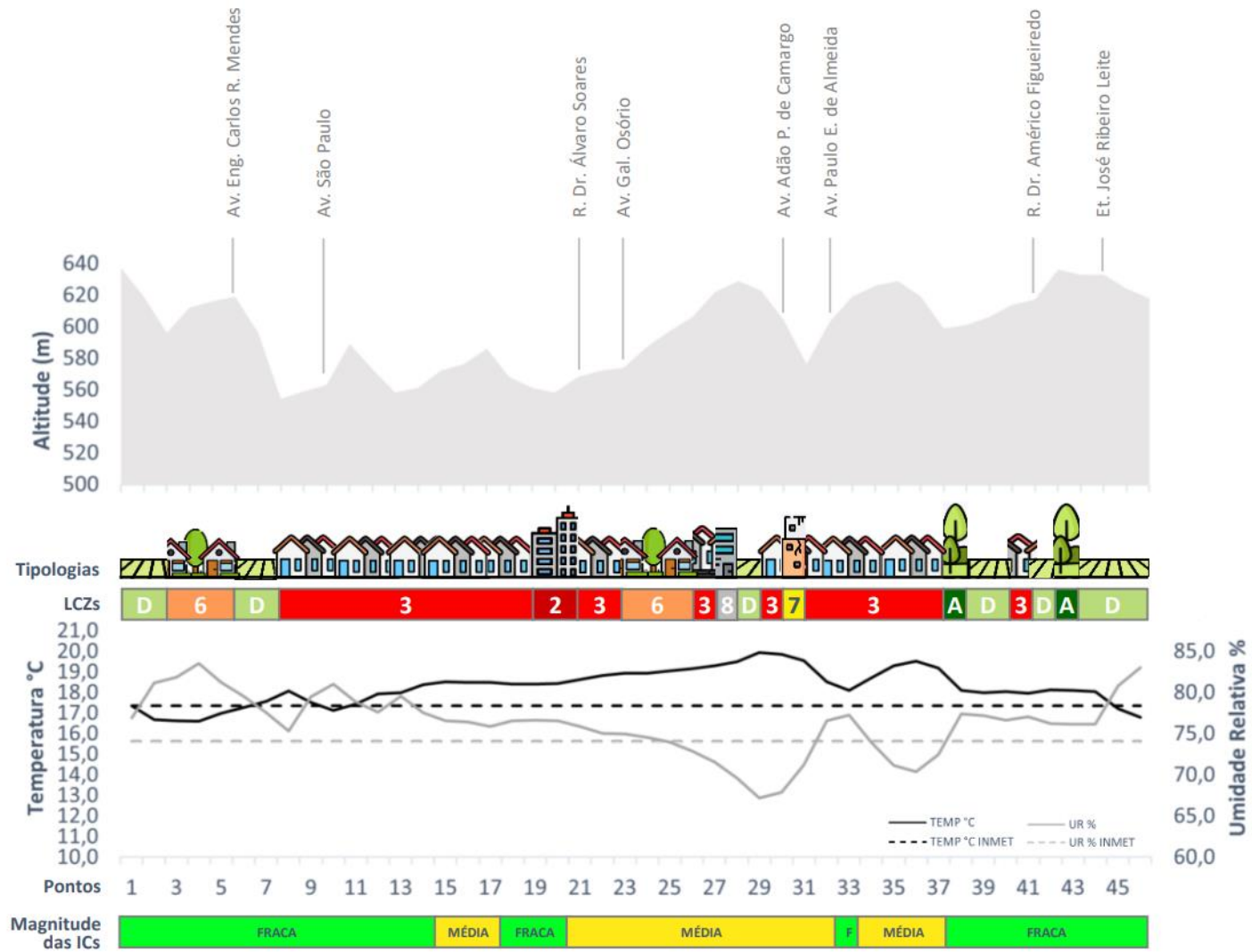


Figura 80 – Caracterização do transecto leste-oeste. Fonte: elaborado pela autora.

5.6 Relação entre SUHI, CUHI e LCZs

Com base na comparação entre a SUHI detectada no município de Sorocaba por Santos *et al.* (2022) e a classificação das LCZs, pode-se perceber que o desenho das LCZ 3 e 8 na Figura 81 acompanham a mancha da SUHI na Figura 82, mostrando que as ilhas de calor de superfície ocorrem majoritariamente em LCZs 3 e 8.

No extremo norte da cidade, onde está localizada a montadora Toyota e o Parque Tecnológico, além outras indústrias, pode-se observar que há uma SUHI. No mapa de LCZs, para esta mesma área, há LCZs 3 e 8, referentes a uso compacto de baixa elevação e grandes construções de baixa elevação, respectivamente. Barros e Lombardo (2016) mostram em seu estudo que espaços ocupados por atividades industriais e escassez de vegetação podem obter diferença de temperatura de até 8°C, quando comparados com áreas urbanas vegetadas (BARROS & LOMBARDO 2016).

Alexander e Mills (2014) detectaram mais de 4°C de diferença entre LCZs urbanas e não urbanas, utilizando a equação $LCZ\ 3-LCZ\ D$, concluindo que o tipo de LCZ é um “controle significativo sobre a magnitude das ilhas de calor” (ALEXANDER & MILLS 2014).

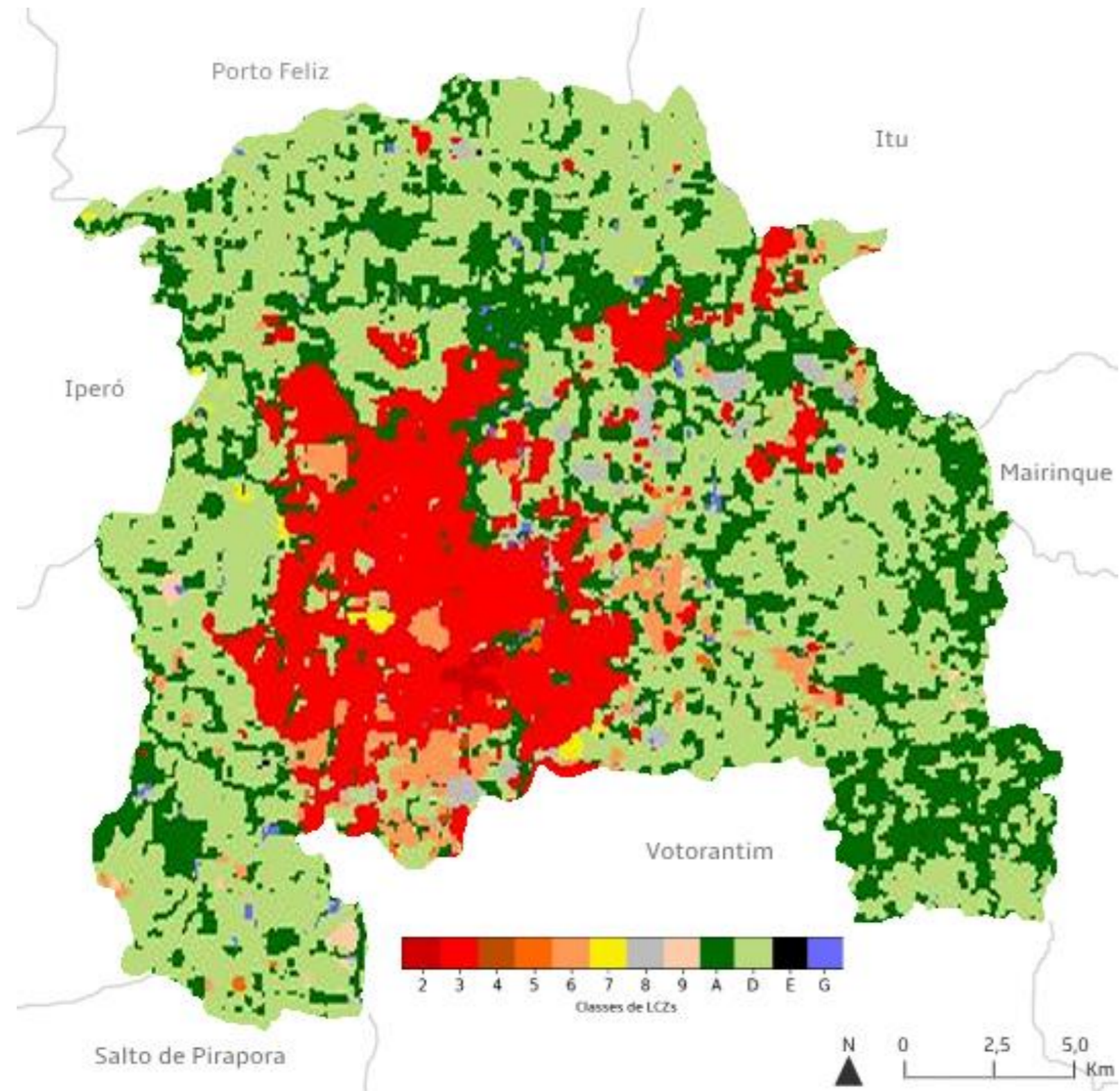


Figura 81 – LCZs de Sorocaba. Fonte: adaptado de Santos (2023).

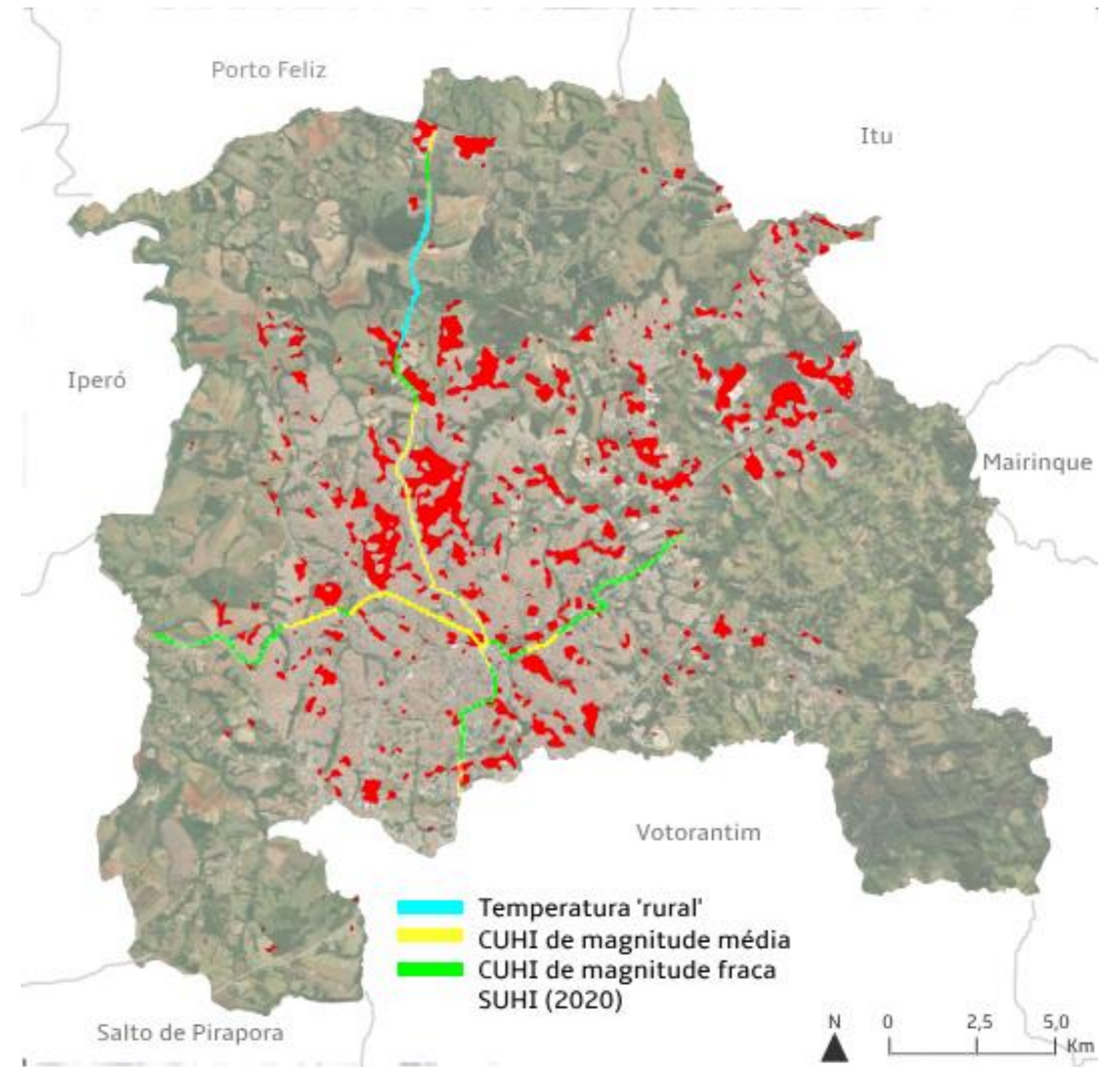


Figura 82 – CUHI e SUHI identificada. Fonte: Santos et al. (2022), adaptado pela autora.

Algumas manchas de LCZs em cor salmão podem ser notadas em determinadas regiões do mapa, referentes a LCZ 6: uso aberto de baixa elevação; dentre os locais que obtiveram tal classificação, podem ser destacados ao sul, nos bairros Parque Campolim, Chácara São João, Eltonville e Jardim Pagliato; a leste, na região do bairro Boa Vista, Jardim do Paço, Granja Olga e Residencial Vicente de Moraes; e próximo a área central, no bairro Trujillo.

O mesmo acontece quando as áreas de LCZ 3, são comparadas com as CUHI encontradas, mostradas na Figura 82: nota-se que elas não correspondem às maiores temperaturas do ar registradas pelos transectos. Por exemplo, a temperatura do ar média encontrada no ponto 25 do transecto leste-oeste, onde está localizado o bairro Trujillo, é de 19,0°C, enquanto a temperatura média registrada no ponto 32 do transecto norte-sul, a menos de 800m do ponto anterior, área caracterizada pela LCZ 3, é de 19,9°C, quase 1°C de diferença.

Isso mostra que bairros que possuem construções mais espaçadas entre si e mais vegetação no entorno têm menos chances de desenvolver ilhas de calor. Mesmo havendo pouca incidência de LCZs referentes a vegetação dentro da mancha urbana, ainda foi possível verificar que estas áreas registraram temperaturas do ar mais baixas em relação a áreas de construções mais adensadas.

Com isso, é possível mensurar a importância das áreas vegetadas dentro da mancha urbana, pois atenuam a poluição, além da melhoria no conforto térmico; porém, seus benefícios não são ligados somente ao clima. Segundo Lanna (2003, p. 39), as temperaturas elevadas alteram os padrões de chuvas, passando a ocorrer tempestades com maior frequência; a ausência de espaços vegetados em meio a mancha urbana causam inundações, enquanto a presença deles garantem a percolação da água no solo, diminuindo tais problemas (LANNA 2003, p. 39).

Ao comparar as SUHI pontuadas por Santos *et al.* (2022) e as CUHI encontradas neste trabalho, sobrepostas na Figura 82, foi possível perceber que as CUHI de média magnitude estão localizadas em pontos semelhantes aos resultados obtidos com as SUHI.

Isso mostra que, apesar de existirem diferentes tipos de ilhas de calor, em diferentes níveis de camadas (superfície e atmosfera), a utilização de mais de uma metodologia para mensuração das ilhas de calor pode mostrar melhor as

características da área estudada, além de permitir comparações e interações entre as ilhas de calor de cada camada.

De acordo com Oke (1984), “cada camada realiza trocas térmicas entre si” e, neste caso, pode-se perceber que as CUHI de média magnitude atravessam a camada do dossel urbano e interagem com as SUHI.

A partir das relações feitas na Figura 83, é possível perceber que, mesmo LCZs de construções adensadas, quando próximas a manchas de vegetação, são capazes de manter as temperaturas do ar do entorno abaixo da média, como é o caso do ponto 1 a 7 e 9 a 11 do transecto leste-oeste: ambos os casos possuem LCZs de construções em maior quantidade do que LCZs de vegetação; mesmo assim, os trechos foram registrados com temperaturas do ar abaixo da média diária todos os dias da passagem do transecto.

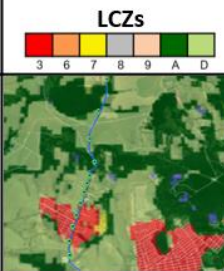


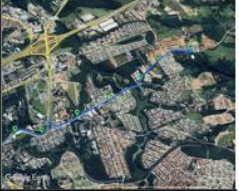


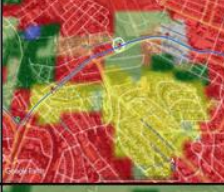



TRANSECTO	PONTOS	CARACTERÍSTICAS	LCZs	IMAGEM DO LOCAL
norte-sul	4 a 15 abaixo da média	vegetação rasteira, pouca vegetação densa, poucas construções espaçadas (chácaras)		
leste-oeste	1 a 7 abaixo da média	construções residenciais baixo gabarito, vegetação densa e pouca vegetação rasteira		
leste-oeste	9 a 11 abaixo da média	vegetação densa, construções adensadas baixo gabarito e pouca vegetação rasteira		
leste-oeste	29 acima da média	galpões, construções residenciais precárias e adensadas, pouca vegetação rasteira ou adensada		
leste-oeste	45 e 46 abaixo da média	vegetação rasteira predominante, pouca vegetação densa, construções espaçadas (chácaras),		

Figura 83 – Classificação de pontos abaixo da média e entre os 10% mais elevados em todos os dias de passagem dos transectos. Fonte: elaborado pela autora com imagens do Google Earth Pro.

Em seu trabalho relacionando LCZs a temperaturas registradas durante a passagem de transectos e pontos fixos, Alexander e Mills (2014) observaram que, estações localizadas em LCZs predominantemente construídas apresentaram anomalias térmicas mais consistentes do que áreas com maior cobertura vegetada (ALEXANDER & MILLS 2014).

O mesmo pôde ser observado aqui, já que, os pontos localizados em LCZs de adensamento apresentaram ilhas de calor de maior magnitude e em maior quantidade de dias, em relação aos pontos com LCZs de vegetação, como é o caso da região do ponto 4 ao 15 do transecto norte-sul.

Já no caso do ponto 29 do transecto leste-oeste é possível perceber que, além de haver pouca vegetação no entorno do ponto, ainda há uma grande porção

de LCZ 7 (compacta pouco consolidada de baixa elevação), referente a região do bairro Nova Esperança; em todos os dias de passagem do transecto leste-oeste, as temperaturas do ponto 29 sempre estiveram entre as temperaturas mais altas.

As temperaturas elevadas na região do ponto 29, podem ser decorrentes de diversos fatores, como a construção em pedaços de terra cada vez menores, sem áreas vegetadas no entorno, além da utilização de materiais de baixa eficiência energética nas construções, que não permitem manter o conforto térmico, como coberturas feitas em telhados de fibrocimento; também é comum encontrar nesta área, casas sem acabamento. Diante disso, Amorim (2020) reforça que “tais fatores contribuem para os efeitos adversos do calor armazenado nas edificações, expondo essas pessoas a situações de insalubridade que podem se manifestar na forma de enfermidades como doenças respiratórias e do aparelho circulatório”. (AMORIM, 2020).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo sobre SUHI mostrou a necessidade de monitoramento das áreas afetadas e seu entorno, a fim de que as SUHI encontradas não continuem a se expandir, como ocorreu entre 2013 e 2020. A classificação de LCZs do município, apesar das limitações de classificação da ferramenta utilizada, se mostrou bastante útil para setorizar regiões de diferentes tipos de uso do solo e padronizá-las, além da possibilidade de elaboração de planos direcionados à melhoria do conforto ambiental urbano, como aumento das áreas de vegetação dentro da mancha urbana, parques com lagos ou fontes de água, e demais soluções que possam amenizar o impacto ambiental causado pelas áreas construídas.

A medição de temperaturas do ar a partir dos transectos móveis revelou áreas com altas temperaturas do ar que necessitam de rápida intervenção, bem como trechos que devem ser preservados, pois trazem frescor ao entorno.

A identificação das CUHI, a partir da metodologia utilizada, obtidas pelo registro das temperaturas do ar durante os dias de passagem do transecto, mostrou a ocorrência de CUHI de magnitude média no extremo norte do município, no início da Avenida Itavuvu, próximo às indústrias que caracterizam LCZs 8; na parte mais adensada da Avenida Itavuvu, ao norte, até a região central, também classificada pela LCZ 3; ao longo da Avenida General Osório, a oeste, classificada pelas LCZs 3 e 6; em um trecho da Avenida São Paulo, próximo ao centro, com LCZ 3, e na região do Shopping Iguatemi Esplanada, ao sul, com LCZ 8.

Foi possível concluir que os usos do solo têm impacto direto sobre as temperaturas tanto de superfície como do ar e podem definir ilhas de calor urbanas; todas as áreas destacadas como CUHI de magnitude média apresentam adensamento, além de pouca quantidade de espaços permeáveis e vegetação.

O presente estudo mostrou que as temperaturas de superfície e do ar respondem diretamente às características das LCZs, enfatizando a importância do uso de materiais que favoreçam o conforto térmico dos espaços abertos nas construções. Mostrou-se evidente também a importância de áreas vegetadas permeando áreas construídas pois, mesmo áreas adensadas mostraram temperaturas mais amenas com a presença de vegetação no entorno.

Mediante a resposta desta investigação, são indicadas soluções iniciais, como forma de atenuar o calor urbano e monitorar as condições climáticas e de conforto ambiental do município. As soluções foram divididas em duas linhas, a preventiva e a corretiva:

Na linha preventiva, são cabíveis as seguintes sugestões:

- implantação de medidores de temperatura do ar umidade relativa do ar, criando um sistema de monitoramento do município quanto ao surgimento de ilhas de calor ou aumento das existentes;
- criação de um comitê de monitoramento de climático e planos de ação efetivos e prioritários para atender áreas apontadas como mais críticas, pois o Plano de Ação Climática implantado em Sorocaba visa somente a redução de emissões de gases de efeito estufa.

Na linha corretiva, são cabíveis as seguintes sugestões:

- aumento de áreas permeáveis em meio a malha urbana, inclusive estacionamentos, por meio do aumento de permeabilidade no código de obras e incentivos à municipalidade e empresas privadas;
- aumento da área de sistemas de lazer e áreas verdes públicas, bem como manutenção e incentivo ao uso das existentes;

Estudos como esse podem nortear a criação de novas políticas e apontam onde os recursos podem ser utilizados, além de relatar a situação atual do município em um tema bastante relevante – mas nem sempre considerado. Para as próximas pesquisas no município, recomenda-se o monitoramento das áreas apontadas, através da metodologia de medição de temperatura do ar por meio de estações fixas, a fim de refinar a compreensão sobre as configurações das ilhas de calor no município; outra linha de trabalho necessária seria a categorização de áreas prioritárias para o desenvolvimento de políticas.

REFERÊNCIAS

ALEXANDER, P. J.; MILLS, G. Local Climate Classification and Dublin's Urban Heat Island. **Atmosphere**, v. 5, n. 4, p. 755–774, 2014.

AMORIM, M. C. de C. T. Ilhas de calor urbanas: métodos e técnicas de análise. **Revista Brasileira de Climatologia**, 2019. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/65136>>. Acesso em: 2 abr. 2023.

AMORIM, M. C. de C. T. Ilhas de calor urbano em cidades de pequeno e médio porte no Brasil e o contexto das mudanças climáticas. **Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasilera de geografia**, n. 46, 2020. Disponível em: <<https://journals.openedition.org/confins/31403>> Acesso em: 8 ago. 2023.

ASSIS, E. S. de. A abordagem do clima urbano e aplicações no planejamento da cidade: reflexões sobre uma trajetória. **Anais do 8º Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído**, p. 92–101, 2005.

BARRETO, I. J. **A verticalização e o bairro: o caso do Parque Campolim-Sorocaba, SP, período de 1990 a 2004**. 2007. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Maringá.

BARROS, H. R.; LOMBARDO, M. A. A ilha de calor urbana e o uso e cobertura do solo no município de São Paulo-SP. **GEOSP Espaço e Tempo [Online]**, v. 20, n. 1, p. 160–177, 2016.

BECHTEL, B.; ALEXANDER, P. J.; BÖHNER, J.; CHING, J.; CONRAD, O.; FEDDEMA, J.; MILLS, G.; SEE, L.; STEWART, I. Mapping Local Climate Zones for a Worldwide Database of the Form and Function of Cities. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 4, n. 1, p. 199–219, 2015.

BUGANZA, C. P. **Estudo da situação pré-metropolitana de Sorocaba: características e perspectivas**. 2010. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

BURGOS, R. Pesquisa qualitativa: reflexões geográficas a partir de um estudo de caso sobre as contradições urbanas da cidade de Sorocaba-SP. **Geographia Meridionalis**, v. 1, n. 1, p. 145–159, 2015.

CAMPOS FILHO, C. M. **Cidades brasileiras: seu controle ou o caos: o que os cidadãos devem fazer para a humanização das cidades no Brasil**. 2ªed. São Paulo: Studio Nobel, 1992. (Coleção cidade aberta).

CARDOSO, R. dos S. **Classificação de potenciais unidades climáticas em Presidente Prudente-SP**. 2015. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista (Unesp).

CARDOSO, R. dos S.; DORIGON, L. P.; TEIXEIRA, D. C. F.; AMORIM, M. C. de C. T. Assessment of urban heat islands in small-and mid-sized cities in Brazil. **Climate**, v. 5, n. 1, p. 14, 2017.

CELLI, A.; NAMUR, M. **Evolução urbana de Sorocaba**. 2012. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. Disponível em: <

<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16139/tde-27072012-141358/pt-br.php>.> Acesso em: 14 ago. 2023.

CHM, 2023. Centro de Hidrografia da Marinha. **Cartas Sinóticas**. [Online]. Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-smm-cartas-sinoticas/>>. Acesso em: 12 ago. 2023.

COMITRE, F. **Planejamento urbano em Sorocaba-SP: a militarização urbana e o estado de exceção**. Tese de Doutorado. 2017. Universidade Estadual Paulista. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/152569>>. Acesso em: 8 mai. 2023.

CPTEC, 2023. Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos. **Satélites Meteorológicos**. [Online]. Disponível em: <<http://satelite.cptec.inpe.br/informacao/orbitas.jsp>>. Acesso em: 19 ago. 2023.

CRUZ, G. C. F. da. **Clima urbano em Ponta Grossa - PR: uma abordagem da dinâmica climática em cidade média subtropical brasileira**. 2009. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-05022010-141629/>>. Acesso em: 14 ago. 2023.

DA MOTA, M. T.; LEITE, E. C.; SOLA, F.; Mello, K. Categorização da infraestrutura verde do município de Sorocaba (SP) para criação de um sistema municipal integrando espaços livres e áreas protegidas. **Brazilian Journal of Environmental Sciences (RBCIAMB)**, n. 41, p. 122-140, 2016.

DAS MERCÊS SILVA, B.; MARTINES, M. R.; BURGOS, R. Planejamento urbano e segregação socioespacial: estudo sobre os efeitos da expansão de condomínios fechados na produção do espaço urbano. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 42, 2022.

DEMUZERE, M.; HANKEY, S.; MILLS, G.; ZHANG, W.; LU, T.; BECHTEL, B. Combining expert and crowd-sourced training data to map urban form and functions for the continental US. **Scientific data**, v. 7, n. 1, p. 264, 2020.

DEMUZERE, M.; KITTNER, J.; BECHTEL, B. LCZ Generator: A Web Application to Create Local Climate Zone Maps. **Frontiers in Environmental Science**, v. 9, 2021. Disponível em: <<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2021.637455>>. Acesso em: 27 abr. 2023.

DORIGON, L. P.; AMORIM, M. C. de C. T. Variabilidade espacial da temperatura do ar com uso de transectos móveis em Jundiaí/SP. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 27, p. 349–367, 2020.

DSA, 2023. Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais. **Anteriores - GOES**. [Online]. Disponível em: <<http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/meteosat.formulario.logic>>. Acesso em: 12 ago. 2023.

DUARTE, D. H. S.; SERRA, G. G. Padrões de ocupação do solo e microclimas urbanos na região de clima tropical continental brasileira: correlações e proposta de um indicador. **Ambiente Construído**, v. 3, n. 2, p. 7–20, 2003.

FERNÁNDEZ GARCÍA, F. Manual de climatología aplicada: clima, medio ambiente y planificación. Madrid: Editorial síntesis, S.A., 1996. 285p *apud* AMORIM (2023).

FERRARI, T. F. B. **Análise da inserção urbana de um empreendimento de habitação de interesse social**: o estudo de caso do residencial Carandá em Sorocaba–SP. 2022. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Carlos. Disponível em: <<https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/16088>>. Acesso em: 14 ago. 2023.

FIALHO, E. Ilha de calor: reflexões acerca de um conceito. **Revista ACTA Geográfica**, p. 61–76, 2012.

FILHO, D. B. F. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). **Revista Política Hoje**, v. 18, n. 1, p. 115–146, 2009.

FLORESTAL, Novo Código. Lei 12.651 de 25 de maio de 2012. **Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos**, 2017.

FREITAS, ED de; DIAS, PL da S. Alguns efeitos de áreas urbanas na geração de uma ilha de calor. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 20, n. 3, p. 355-366, 2005.

GARCÍA, María del Carmen Moreno. **Climatología urbana**. Edicions Universitat Barcelona, 1999.

GARTLAND, L.; GONÇALVES, S. H. **Ilhas de Calor**: Como Mitigar Zonas de Calor em áreas Urbanas. 1ª ed. Editora Oficina de Textos, 2011.

GOOGLE EARTH PRO, 2023. **Imagens de satélite do município de Sorocaba**. [Online]. Disponível em: <<https://earth.google.com>>. Acesso em: ago. 2023.

GOOGLE STREET VIEW, 2023. **Imagens do município de Sorocaba no nível do solo**. [Online]. Disponível em: < <https://earth.google.com> >. Acesso em: ago. 2023.

GOMES, P. S.; LAMBERTS, R. O estudo do clima urbano e legislação urbanística: considerações a partir do caso Montes Claros–MG. **Ambiente Construído**, v. 9, n. 1, p. 73–91, 2009.

IBGE, 2020. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados - Sorocaba**. [Online]. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/sorocaba.html>>. Acesso em: nov. 2022.

IPCC, 2023. Intergovernmental Panel on Climate Change. **AR6 synthesis report: climate change 2023**. [Online] Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/>>. Acesso em: 22 abr. 2023.

JÚNIOR, J. C. U.; AMORIM, M. C. de C. T. Reflexões acerca do sistema clima urbano e sua aplicabilidade: pressupostos teórico-metodológicos e inovações técnicas. **Revista do Departamento de Geografia**, p. 160–174, 2016.

KEGLER, J. J.; WOLLMANN, C. A.; BANDEIRA, B. C. O sistema termodinâmico de cidades pequenas: configuração urbano-rural com uso de transectos móveis em Agudo/RS, situação veranil de Janeiro de 2016. **Caminhos De Geografia**, v. 18, p. 32–48, 2017.

LANDSBERG, H. E. O clima das cidades. **Revista do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo**, Tradução de José Bueno Conti, São Paulo, n. 18, p. 95-111, 2006.

LANNA, Ana Lúcia Duarte. **Meio Ambiente: patrimônio cultural da USP**. EdUSP, 2003.

LEMOS, J. de S. Espacialização da Ilha de Calor do Aglomerado Urbano da Região metropolitana de Curitiba (AU-RMC) em agosto de 2006 a partir da termografia de superfície. **Anais do XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR**. São José dos Campos: INPE/SELPER, 2011.

LINARDI, F. de F. **Estratégias e ações de requalificação urbana: o caso da cidade de Sorocaba**. 2012. Dissertação de Mestrado. Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Disponível em: < <https://repositorio.sis.puc-campinas.edu.br/handle/123456789/16159> >. Acesso em: 7 ago. 2023>.

LIU, L.; ZHANG, Y. Urban heat island analysis using the Landsat TM data and ASTER data: a case study in Hong Kong. **Remote Sensing**, v. 3, n. 7, p. 1535–1552, 2011.

LOMBARDO, M. A. **Ilha de Calor Nas Metrôpoles: o Exemplo de São Paulo**. São Paulo: Hucitec, 1985.

MACEDO, S. S.; DE SOUZA, C. B.; GALENDER, F. APPS urbanas e o sistema de espaços livres de Sorocaba-SP. **Abordagens, conflitos e perspectivas nas cidades brasileiras**, 2012.

MILLS, G. Progress toward sustainable settlements: a role for urban climatology. **Theoretical and applied climatology**, v. 84, n. 1-3, p. 69, 2006.

MINAKI, C. Análise das características termo higrométricas de transectos móveis noturnos em episódios de inverno em Maringá-PR. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, v. 1, p. 1622–1633, 2017.

MONTEIRO, C. A. de F. A cidade como processo derivador ambiental e a geração de um clima urbano - estratégias na Abordagem Geográfica. **Geosul**, n. 9, p. 80–114, 1990a.

MONTEIRO, C. A. de F. **A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo: estudo geográfico sob forma de atlas**, 1973. Disponível em: <<https://cir.nii.ac.jp/crid/1130292461177345938>>. Acesso em: 6 mai. 2023.

MONTEIRO, C. A. de F. Adentrar a cidade para tomar-lhe a temperatura. **Geosul**, v. 5, n. 9, p. 61-79, 1990b.

MONTEIRO, C. A. de F.; MENDONÇA, F. **Clima urbano**. 2ª ed.: Contexto, 2003.

OKE, T. R. **Boundary layer climates**. 2ª ed. Routledge, 1987.

OKE, T. R. Methods in urban climatology. **Applied Climatology**, v. 14, n. 18, p. 19–29, 1984.

OKE, T. R. The distinction between canopy and boundary-layer urban heat islands. **Atmosphere**, v. 14, n. 4, p. 268–277, 1976.

OKE, T. R. The energetic basis of the urban heat island. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 108, n. 455, p. 1–24, 1982.

OKE, T. R. Towards better scientific communication in urban climate. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 84, p. 179–190, 2006.

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

PORANGABA, G. F. O.; 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. 21, 2017.

PORTO, A. L. G.; MAUÉS, L. M.; PEDRINI, A.; SOUSA, L. O. A.; RABELO, M. L. G. A relação entre as zonas climáticas locais (LCZ) e as ilhas de calor em Belém-PA. **Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, v. 18, n. 1, p. 1–8, 2020.

REN, C.; NG, E. Y.; KATZSCHNER, L. Urban climatic map studies: a review. **International journal of climatology**, v. 31, n. 15, p. 2213–2233, 2011.

SANTOS, E. O. Geomorfologia da região de Sorocaba e alguns de seus problemas. **Boletim Paulista de Geografia**, n. 12, p. 3–29, 1952.

SANTOS, F. F. dos, 2023. **WUDAPT Level 0 training data for Sorocaba (Brazil, Federative Republic of)**, submitted to the LCZ Generator. [Online]. Disponível em: https://lcz-generator.rub.de/factsheets/6cd1b5633a4d51d9803238e581b6decb69830c15/6cd1b5633a4d51d9803238e581b6decb69830c15_factsheet.html. Acesso em: 7 mai. 2023.

SANTOS, F. F. dos; SILVA, E. N.; MARTINES, M. R. Análise da Ilha de Calor de superfície na área urbana do município de Sorocaba - SP, em 2013 e 2020. **Anais do XIX Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional-ENANPUR**. São Paulo, 2022. [Online]. Disponível em: https://www.sisgeenco.com.br/anais/enanpur/2022/arquivos/GT7_SEM_364_79_20211210214049.pdf. Acesso em: 7 ago. 2023.

SECOVI, 2023. **Pesquisas e índices**. [Online]. Disponível em: <http://www.secovi.com.br/pesquisas-e-indices>. Acesso em: 1 mai. 2023.

SILVA, A. L.; SILVA, E. N. Aspectos do campo higrótérmico e a formação da ilha de calor urbana no município de Sorocaba-SP, Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, p. 39–50, 2016.

SILVA, E. N.; RODRIGUES, P. L.; PISTILI, A. F. de S. Interações entre escalas climáticas na cidade de Sorocaba, São Paulo. *In: Climatologia geográfica: do local ao regional e dimensões socioambientais*. João Pessoa: Editora UFPB, 2020, p. 64–82.

SPANGENBERG, J. **Natureza em Megacidades: Serviços Ambientais da Floresta Urbana**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2019.

STEWART, I. D. Why should urban heat island researchers study history? **Urban Climate**, 30, p. 1–25, 2019.

STEWART, I. D.; OKE, T. Classifying urban climate field sites by “local climate zones”: The case of Nagano, Japan *In: Seventh International Conference on Urban Climate. Anais*. 2009.

STEWART, I. D.; OKE, T. R. Local Climate Zones for Urban Temperature Studies. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 93, n. 12, p. 1879–1900, 2012.

STEWART, I.; OKE, T. Methodological concerns surrounding the classification of urban and rural climate stations to define urban heat island magnitude. **Preprint**, 2006.

TAKIYA, H. **Atlas ambiental do município de São Paulo**. São Paulo: Prefeitura do Município de São Paulo, p. 202, 2002.

VALE, C. C. do. Teoria Geral do Sistema: histórico e correlações com a Geografia e com o estudo da paisagem. **ENTRE-LUGAR**, v. 3, n. 6, p. 85–108, 2012.

WERNECK, D. R. **Variabilidade da temperatura de superfície diurna entre as zonas climáticas locais (LCZ)**: um estudo para a área urbana do Distrito Federal. 2022. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília. Disponível em: <<https://repositorio.unb.br/handle/10482/45320>>. Acesso em: 30 abr. 2023.

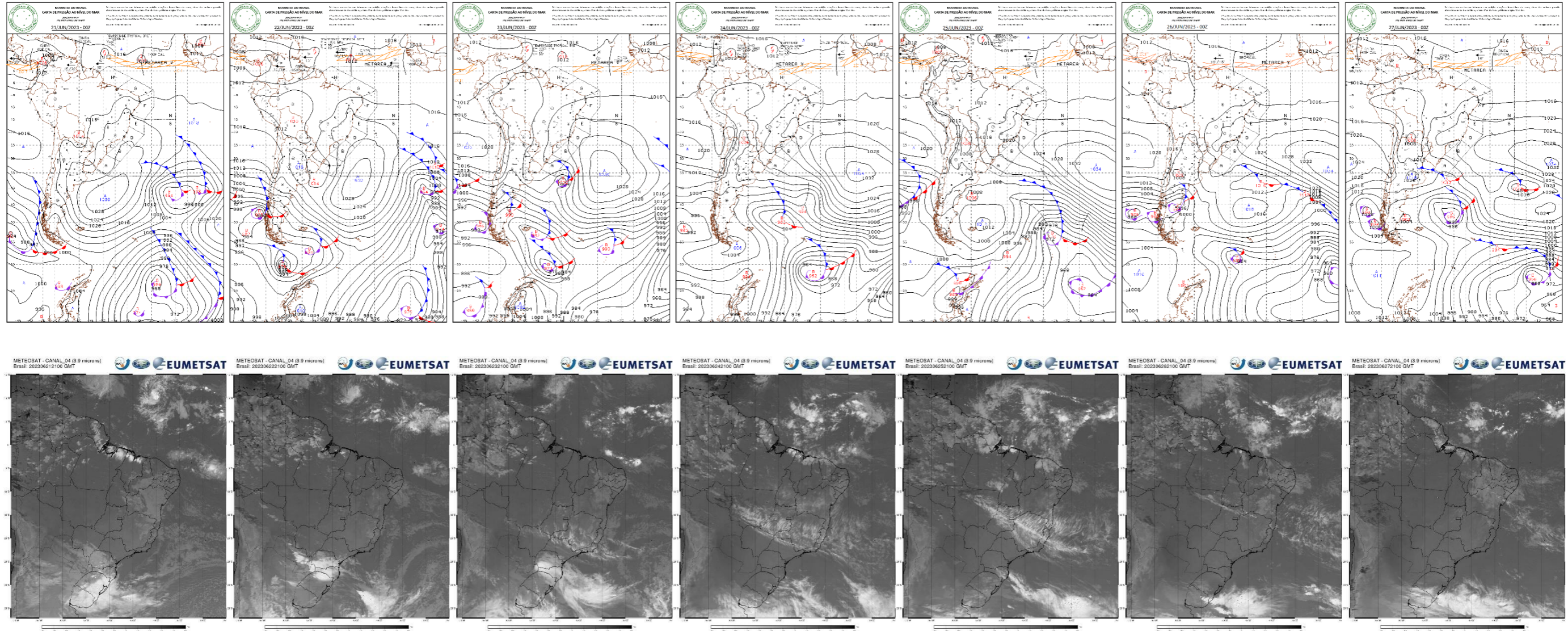
WUDAPT, 2023. World Urban Database. **Criar áreas de treinamento LCZ**. [Online] Disponível em: <<https://www.wudapt.org/digitize-training-areas/>>. Acesso em: 7 mai. 2023.

YU, L.; GONG, P. Google Earth as a virtual globe tool for Earth science applications at the global scale: progress and perspectives. **International Journal of Remote Sensing**, v. 33, n. 12, p. 3966–3986, 2012.

ZHOU, D.; XIAO, J.; BONAFONI, S.; BERGER, C.; DEILAMI, K.; ZHOU, Y.; FROLKING, S.; YAO, R.; QIAO, Z.; SOBRINO, J. A. Satellite Remote Sensing of Surface Urban Heat Islands: Progress, Challenges, and Perspectives. **Remote Sensing**, v. 11, n. 1, p. 48, 2019.

ANEXOS

Anexo I – Cartas de pressão ao nível do mar e imagens do satélite Meteosat banda 4, referentes às 21h00min (GMT -3) dos dias 21/06/2023 a 27/06/2023.



Fonte: (Centro de Hidrografia da Marinha 2023; DSA 2023)

Anexo II – Tabelas de dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar nas datas de passagem dos transectos

Tabela 8 – Dados de temperatura do ar e umidade relativa do transecto norte-sul em 21/06/2023, quarta-feira.

Pontos	Horário	Altitude (m)	TEMP °C	UR %	Pontos	Horário	Altitude (m)	TEMP °C	UR %
1	20H30min	617	19,0	63,6	28	20H57min	609	18,5	71,2
2	20H31min	622	17,8	69,0	29	20H58min	606	18,8	69,0
3	20H32min	623	16,2	74,9	30	20H59min	609	18,9	68,0
4	20H33min	573	15,7	78,8	31	21H00min	613	18,9	67,8
5	20H34min	562	14,4	80,4	32	21H01min	619	18,8	68,1
6	20H35min	569	12,9	87,5	33	21H02min	624	18,5	70,6
7	20H36min	586	12,6	88,8	34	21H03min	618	18,4	71,8
8	20H37min	573	13,4	87,9	35	21H04min	601	18,0	73,7
9	20H38min	548	13,3	87,5	36	21H05min	589	17,7	74,2
10	20H39min	544	12,9	91,4	37	21H06min	572	17,7	74,0
11	20H40min	555	13,5	91,9	38	21H07min	559	17,6	74,3
12	20H41min	598	14,3	89,1	39	21H08min	574	17,7	72,6
13	20H42min	606	15,3	83,9	40	21H09min	586	17,8	72,5
14	20H43min	608	16,4	78,3	41	21H10min	591	17,7	73,2
15	20H44min	601	17,0	75,5	42	21H11min	591	17,4	74,1
16	20H45min	599	17,2	75,6	43	21H12min	578	16,8	77,8
17	20H46min	601	17,6	73,6	44	21H13min	558	17,0	77,7
18	20H47min	596	18,1	71,9	45	21H14min	556	16,7	78,0
19	20H48min	601	17,9	74,6	46	21H15min	566	16,5	79,4
20	20H49min	614	18,2	72,5	47	21H16min	576	16,8	78,4
21	20H50min	604	18,4	71,8	48	21H17min	571	17,0	78,2
22	20H51min	599	18,2	72,3	49	21H18min	576	17,0	77,0
23	20H52min	604	18,2	72,9	50	21H19min	626	16,6	78,5
24	20H53min	603	18,2	72,8	51	21H20min	638	16,7	77,5
25	20H54min	592	18,3	72,8	52	21H21min	642	17,9	67,3
26	20H55min	598	18,3	72,3	53	21H22min	651	17,7	68,4
27	20H56min	604	18,4	72,3	54	21H23min	652	17,8	68,6

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 9 – Dados de temperatura do ar e umidade relativa do transecto leste-oeste em 21/06/2023, quarta-feira.

Pontos	Horário	Altitude (m)	TEMP °C	UR %	Pontos	Horário	Altitude (m)	TEMP °C	UR %
1	20H30min	637	17,3	70,8	24	20H53min	587	17,9	73,1
2	20H31min	619	16,4	76,4	25	20H54min	597	18,0	71,1
3	20H32min	596	15,8	79,2	26	20H55min	606	18,1	69,9
4	20H33min	612	15,6	80,8	27	20H56min	622	18,3	67,5
5	20H34min	616	15,8	79,6	28	20H57min	629	18,4	66,2
6	20H35min	619	15,9	80,0	29	20H58min	623	19,1	62,5
7	20H36min	596	16,2	74,7	30	20H59min	604	18,8	65,8
8	20H37min	554	17,3	69,1	31	21H00min	576	18,5	69,7
9	20H38min	559	16,7	76,0	32	21H01min	603	17,2	77,3
10	20H39min	563	15,9	82,0	33	21H02min	619	17,5	73,5
11	20H40min	589	16,3	78,1	34	21H03min	626	18,3	68,9
12	20H41min	573	16,7	76,9	35	21H04min	629	18,4	68,7
13	20H42min	558	16,9	78,1	36	21H05min	619	18,4	67,6
14	20H43min	561	17,4	75,2	37	21H06min	599	17,9	72,2
15	20H44min	572	17,4	74,9	38	21H07min	601	17,2	75,6
16	20H45min	576	17,3	74,7	39	21H08min	606	17,1	74,2
17	20H46min	586	17,2	75,4	40	21H09min	614	17,4	71,8
18	20H47min	568	17,0	76,3	41	21H10min	617	17,7	70,1
19	20H48min	561	17,1	76,1	42	21H11min	636	18,2	67,7
20	20H49min	558	17,7	72,2	43	21H12min	633	18,1	68,9
21	20H50min	568	18,1	70,9	44	21H13min	633	18,3	67,5
22	20H51min	572	17,7	72,7	45	21H14min	624	16,3	78,6
23	20H52min	574	17,8	73,8	46	21H15min	618	15,8	81,7

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 10 – Dados de temperatura do ar e umidade relativa do transecto norte-sul em 22/06/2023, quinta-feira.

Pontos	Horário	Altitude (m)	TEMP °C	UR %	Pontos	Horário	Altitude (m)	TEMP °C	UR %
1	20H30min	617	18,9	67,8	28	20H57min	609	19,7	69,3
2	20H31min	622	17,6	75,0	29	20H58min	606	19,7	68,4
3	20H32min	623	18,0	70,7	30	20H59min	609	19,9	68,2
4	20H33min	573	17,6	72,3	31	21H00min	613	20,0	66,9
5	20H34min	562	15,9	78,5	32	21H01min	619	20,0	66,1
6	20H35min	569	14,8	83,8	33	21H02min	624	20,1	66,2
7	20H36min	586	14,3	85,7	34	21H03min	618	20,0	66,6
8	20H37min	573	13,9	88,8	35	21H04min	601	20,1	66,3
9	20H38min	548	15,1	86,1	36	21H05min	589	19,9	67,4
10	20H39min	544	14,2	86,6	37	21H06min	572	20,1	67,0
11	20H40min	555	14,1	91,6	38	21H07min	559	19,9	71,0
12	20H41min	598	14,5	92,0	39	21H08min	574	19,3	73,6
13	20H42min	606	15,0	92,0	40	21H09min	586	19,2	74,2
14	20H43min	608	15,9	88,4	41	21H10min	591	19,0	74,9
15	20H44min	601	17,3	79,3	42	21H11min	591	19,1	73,5
16	20H45min	599	17,8	76,5	43	21H12min	578	19,0	73,5
17	20H46min	601	18,0	75,8	44	21H13min	558	18,5	75,9
18	20H47min	596	18,2	74,1	45	21H14min	556	18,4	76,6
19	20H48min	601	18,7	71,8	46	21H15min	566	18,3	77,3
20	20H49min	614	18,8	71,2	47	21H16min	576	17,9	79,3
21	20H50min	604	19,2	71,4	48	21H17min	571	18,2	78,1
22	20H51min	599	19,3	70,6	49	21H18min	576	18,3	78,6
23	20H52min	604	19,6	69,2	50	21H19min	626	18,3	76,3
24	20H53min	603	19,6	70,6	51	21H20min	638	18,3	76,2
25	20H54min	592	19,2	73,1	52	21H21min	642	18,1	76,4
26	20H55min	598	19,3	71,9	53	21H22min	651	19,3	65,1
27	20H56min	604	19,5	70,4	54	21H23min	652	19,5	65,8

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 11 – Dados de temperatura do ar e umidade relativa do transecto leste-oeste em 22/06/2023, quinta-feira.

Pontos	Horário	Altitude (m)	TEMP °C	UR %	Pontos	Horário	Altitude (m)	TEMP °C	UR %
1	20H30min	637	17,1	75,2	24	20H53min	587	19,4	69,5
2	20H31min	619	16,9	79,0	25	20H54min	597	19,5	67,5
3	20H32min	596	17,0	79,4	26	20H55min	606	19,6	66,2
4	20H33min	612	17,0	80,0	27	20H56min	622	19,7	65,7
5	20H34min	616	17,4	77,3	28	20H57min	629	19,7	64,6
6	20H35min	619	18,0	72,5	29	20H58min	623	20,0	64,0
7	20H36min	596	17,9	73,8	30	20H59min	604	20,1	64,3
8	20H37min	554	18,2	73,9	31	21H00min	576	19,3	72,3
9	20H38min	559	17,8	76,8	32	21H01min	603	18,2	77,9
10	20H39min	563	17,8	74,6	33	21H02min	619	18,9	69,7
11	20H40min	589	18,1	72,5	34	21H03min	626	19,3	67,5
12	20H41min	573	18,5	72,9	35	21H04min	629	19,6	66,5
13	20H42min	558	18,7	74,7	36	21H05min	619	19,7	68,1
14	20H43min	561	19,1	72,2	37	21H06min	599	18,6	75,5
15	20H44min	572	19,1	72,4	38	21H07min	601	18,2	75,5
16	20H45min	576	19,1	71,7	39	21H08min	606	18,0	76,3
17	20H46min	586	19,2	72,2	40	21H09min	614	18,0	75,4
18	20H47min	568	18,9	74,4	41	21H10min	617	18,0	75,0
19	20H48min	561	18,8	75,0	42	21H11min	636	18,3	74,0
20	20H49min	558	18,9	74,2	43	21H12min	633	17,9	75,9
21	20H50min	568	19,2	73,8	44	21H13min	633	17,9	75,2
22	20H51min	572	19,2	74,0	45	21H14min	624	17,2	81,2
23	20H52min	574	19,2	73,5	46	21H15min	618	17,3	80,2

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 12 – Dados de temperatura do ar e umidade relativa do transecto norte-sul em 23/06/2023, sexta-feira.

Pontos	Horário	Altitude (m)	TEMP °C	UR %	Pontos	Horário	Altitude (m)	TEMP °C	UR %
1	20H30min	617	19,8	72,0	28	20H57min	609	19,5	75,6
2	20H31min	622	18,4	75,0	29	20H58min	606	19,5	75,2
3	20H32min	623	18,2	76,1	30	20H59min	609	19,5	75,4
4	20H33min	573	17,9	78,4	31	21H00min	613	19,7	73,8
5	20H34min	562	15,6	84,0	32	21H01min	619	19,8	72,8
6	20H35min	569	14,8	85,3	33	21H02min	624	19,9	72,6
7	20H36min	586	14,2	86,6	34	21H03min	618	19,6	74,2
8	20H37min	573	15,2	88,3	35	21H04min	601	19,7	73,5
9	20H38min	548	15,2	86,4	36	21H05min	589	19,5	74,7
10	20H39min	544	14,8	90,2	37	21H06min	572	19,2	75,4
11	20H40min	555	15,0	91,9	38	21H07min	559	19,1	76,0
12	20H41min	598	15,4	92,2	39	21H08min	574	19,0	77,1
13	20H42min	606	16,2	89,6	40	21H09min	586	18,9	76,3
14	20H43min	608	17,0	85,8	41	21H10min	591	19,1	75,4
15	20H44min	601	17,5	83,6	42	21H11min	591	18,8	75,8
16	20H45min	599	17,4	83,0	43	21H12min	578	18,8	76,2
17	20H46min	601	17,4	82,7	44	21H13min	558	18,4	78,1
18	20H47min	596	17,8	80,9	45	21H14min	556	18,3	78,4
19	20H48min	601	18,3	79,1	46	21H15min	566	18,2	79,1
20	20H49min	614	19,0	76,2	47	21H16min	576	17,6	81,9
21	20H50min	604	19,0	76,6	48	21H17min	571	18,0	80,8
22	20H51min	599	19,3	75,1	49	21H18min	576	18,3	78,6
23	20H52min	604	19,6	74,6	50	21H19min	626	18,4	78,1
24	20H53min	603	19,3	76,4	51	21H20min	638	17,8	82,9
25	20H54min	592	19,5	75,6	52	21H21min	642	18,6	75,3
26	20H55min	598	19,6	74,6	53	21H22min	651	18,9	71,8
27	20H56min	604	19,7	74,7	54	21H23min	652	19,1	72,2

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 13 – Dados de temperatura do ar e umidade relativa do transecto leste-oeste em 23/06/2023, sexta-feira.

Pontos	Horário	Altitude (m)	TEMP °C	UR %	Pontos	Horário	Altitude (m)	TEMP °C	UR %
1	20H30min	637	17,0	79,8	24	20H53min	587	18,8	77,3
2	20H31min	619	16,4	84,5	25	20H54min	597	18,9	77,0
3	20H32min	596	16,5	84,2	26	20H55min	606	19,1	76,2
4	20H33min	612	16,6	84,9	27	20H56min	622	19,0	75,0
5	20H34min	616	16,9	82,8	28	20H57min	629	19,4	72,2
6	20H35min	619	17,3	80,8	29	20H58min	623	19,6	70,8
7	20H36min	596	17,6	79,4	30	20H59min	604	19,8	70,0
8	20H37min	554	18,0	77,6	31	21H00min	576	19,5	72,0
9	20H38min	559	17,7	81,1	32	21H01min	603	19,5	73,1
10	20H39min	563	17,2	82,0	33	21H02min	619	17,9	79,6
11	20H40min	589	17,4	81,3	34	21H03min	626	17,7	82,2
12	20H41min	573	18,2	76,0	35	21H04min	629	18,9	75,3
13	20H42min	558	17,9	81,2	36	21H05min	619	19,3	74,0
14	20H43min	561	18,2	80,1	37	21H06min	599	19,6	72,3
15	20H44min	572	18,6	79,1	38	21H07min	601	18,1	78,3
16	20H45min	576	18,6	78,5	39	21H08min	606	18,0	79,6
17	20H46min	586	18,7	76,9	40	21H09min	614	17,9	80,8
18	20H47min	568	18,5	77,8	41	21H10min	617	17,5	82,6
19	20H48min	561	18,3	78,9	42	21H11min	636	17,0	85,0
20	20H49min	558	18,1	79,9	43	21H12min	633	16,8	84,4
21	20H50min	568	18,3	79,3	44	21H13min	633	16,5	85,6
22	20H51min	572	18,7	77,1	45	21H14min	624	16,4	86,8
23	20H52min	574	18,9	77,1	46	21H15min	618	16,2	87,7

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 14 – Dados de temperatura do ar e umidade relativa do transecto norte-sul em 24/06/2023, sábado.

Pontos	Horário	Altitude (m)	TEMP °C	UR %	Pontos	Horário	Altitude (m)	TEMP °C	UR %
1	20H30min	617	18,7	73,9	28	20H57min	609	19,7	73,8
2	20H31min	622	17,5	79,6	29	20H58min	606	19,8	73,3
3	20H32min	623	17,6	77,8	30	20H59min	609	19,7	73,7
4	20H33min	573	16,9	77,8	31	21H00min	613	19,8	71,9
5	20H34min	562	15,1	84,2	32	21H01min	619	20,2	69,8
6	20H35min	569	14,4	86,6	33	21H02min	624	20,2	69,3
7	20H36min	586	13,8	87,9	34	21H03min	618	20,2	70,2
8	20H37min	573	15,4	88,2	35	21H04min	601	20,1	70,6
9	20H38min	548	14,6	88,2	36	21H05min	589	20,1	72,2
10	20H39min	544	14,4	91,0	37	21H06min	572	19,5	73,0
11	20H40min	555	14,7	92,6	38	21H07min	559	19,2	74,6
12	20H41min	598	15,0	92,8	39	21H08min	574	19,0	74,8
13	20H42min	606	16,0	90,2	40	21H09min	586	18,9	75,5
14	20H43min	608	16,8	86,0	41	21H10min	591	19,1	74,2
15	20H44min	601	17,3	83,6	42	21H11min	591	18,8	75,3
16	20H45min	599	17,4	81,9	43	21H12min	578	18,4	77,9
17	20H46min	601	17,7	80,5	44	21H13min	558	18,5	77,7
18	20H47min	596	18,2	78,4	45	21H14min	556	18,2	78,3
19	20H48min	601	19,1	74,8	46	21H15min	566	17,8	80,6
20	20H49min	614	19,1	75,7	47	21H16min	576	18,1	78,7
21	20H50min	604	19,4	74,6	48	21H17min	571	18,2	77,8
22	20H51min	599	19,5	74,1	49	21H18min	576	18,3	78,7
23	20H52min	604	19,8	73,3	50	21H19min	626	18,4	77,7
24	20H53min	603	19,4	74,4	51	21H20min	638	18,6	74,4
25	20H54min	592	19,3	75,3	52	21H21min	642	18,1	79,2
26	20H55min	598	19,6	74,0	53	21H22min	651	19,2	70,2
27	20H56min	604	19,7	73,6	54	21H23min	652	19,3	69,8

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 15 – Dados de temperatura do ar e umidade relativa do transecto leste-oeste em 24/06/2023, sábado.

Pontos	Horário	Altitude (m)	TEMP °C	UR %	Pontos	Horário	Altitude (m)	TEMP °C	UR %
1	20H30min	637	17,5	78,4	24	20H53min	587	18,9	76,5
2	20H31min	619	16,8	81,5	25	20H54min	597	19,1	76,4
3	20H32min	596	16,8	82,2	26	20H55min	606	19,3	74,8
4	20H33min	612	16,7	85,9	27	20H56min	622	19,6	72,0
5	20H34min	616	17,2	82,6	28	20H57min	629	19,8	69,8
6	20H35min	619	17,3	82,6	29	20H58min	623	20,3	67,3
7	20H36min	596	17,6	80,7	30	20H59min	604	19,8	69,9
8	20H37min	554	18,3	76,2	31	21H00min	576	19,7	72,0
9	20H38min	559	17,6	80,6	32	21H01min	603	18,6	76,8
10	20H39min	563	17,2	83,4	33	21H02min	619	18,5	78,3
11	20H40min	589	17,7	80,2	34	21H03min	626	19,4	72,8
12	20H41min	573	18,1	80,1	35	21H04min	629	19,9	70,6
13	20H42min	558	18,2	81,0	36	21H05min	619	19,9	69,7
14	20H43min	561	18,4	78,3	37	21H06min	599	19,9	69,5
15	20H44min	572	18,7	76,5	38	21H07min	601	18,4	78,4
16	20H45min	576	18,8	76,9	39	21H08min	606	18,2	76,8
17	20H46min	586	18,7	75,6	40	21H09min	614	18,5	74,9
18	20H47min	568	18,4	77,5	41	21H10min	617	18,4	75,6
19	20H48min	561	18,4	77,6	42	21H11min	636	19,3	70,3
20	20H49min	558	18,3	78,3	43	21H12min	633	19,5	69,4
21	20H50min	568	18,5	77,5	44	21H13min	633	19,6	68,9
22	20H51min	572	18,7	77,0	45	21H14min	624	18,1	78,8
23	20H52min	574	18,9	76,5	46	21H15min	618	17,8	80,4

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 16 – Dados de temperatura do ar e umidade relativa do transecto norte-sul em 25/06/2023, domingo.

Pontos	Horário	Altitude (m)	TEMP °C	UR %	Pontos	Horário	Altitude (m)	TEMP °C	UR %
1	20H30min	617	19,8	71,9	28	20H57min	609	19,5	77,3
2	20H31min	622	18,5	76,3	29	20H58min	606	19,8	76,2
3	20H32min	623	18,2	77,8	30	20H59min	609	19,7	76,7
4	20H33min	573	17,6	79,7	31	21H00min	613	19,9	75,7
5	20H34min	562	15,7	82,4	32	21H01min	619	20,1	75,4
6	20H35min	569	14,8	85,4	33	21H02min	624	20,3	74,4
7	20H36min	586	14,2	87,4	34	21H03min	618	20,2	75,0
8	20H37min	573	14,8	91,0	35	21H04min	601	20,0	75,2
9	20H38min	548	15,3	86,3	36	21H05min	589	19,7	75,9
10	20H39min	544	14,8	90,4	37	21H06min	572	19,4	77,0
11	20H40min	555	15,0	92,3	38	21H07min	559	19,3	78,3
12	20H41min	598	15,4	92,9	39	21H08min	574	19,2	77,5
13	20H42min	606	16,2	91,6	40	21H09min	586	19,3	76,9
14	20H43min	608	17,1	87,7	41	21H10min	591	19,2	77,2
15	20H44min	601	17,7	84,4	42	21H11min	591	19,1	77,5
16	20H45min	599	17,7	84,2	43	21H12min	578	18,6	79,4
17	20H46min	601	18,3	80,9	44	21H13min	558	18,6	79,9
18	20H47min	596	19,0	77,6	45	21H14min	556	18,4	80,4
19	20H48min	601	19,0	78,6	46	21H15min	566	18,0	82,8
20	20H49min	614	19,0	78,9	47	21H16min	576	18,3	81,3
21	20H50min	604	19,3	77,4	48	21H17min	571	18,4	81,1
22	20H51min	599	19,4	77,2	49	21H18min	576	18,5	81,9
23	20H52min	604	19,4	77,0	50	21H19min	626	18,4	80,8
24	20H53min	603	19,4	77,9	51	21H20min	638	18,0	82,8
25	20H54min	592	19,5	77,3	52	21H21min	642	18,2	82,1
26	20H55min	598	19,5	76,9	53	21H22min	651	19,0	75,5
27	20H56min	604	19,6	76,8	54	21H23min	652	19,5	72,3

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 17 – Dados de temperatura do ar e umidade relativa do transecto leste-oeste em 25/06/2023, domingo.

Pontos	Horário	Altitude (m)	TEMP °C	UR %	Pontos	Horário	Altitude (m)	TEMP °C	UR %
1	20H30min	637	17,7	79,7	24	20H53min	587	19,2	79,0
2	20H31min	619	17,0	83,6	25	20H54min	597	19,3	78,6
3	20H32min	596	17,0	84,0	26	20H55min	606	19,5	77,9
4	20H33min	612	16,9	86,9	27	20H56min	622	19,5	76,4
5	20H34min	616	17,3	84,4	28	20H57min	629	19,6	75,7
6	20H35min	619	17,5	84,0	29	20H58min	623	20,0	71,9
7	20H36min	596	17,9	81,1	30	20H59min	604	20,2	69,1
8	20H37min	554	18,3	79,4	31	21H00min	576	20,4	70,8
9	20H38min	559	17,7	82,8	32	21H01min	603	19,7	74,9
10	20H39min	563	17,1	85,1	33	21H02min	619	18,0	81,2
11	20H40min	589	17,6	82,0	34	21H03min	626	18,2	82,1
12	20H41min	573	18,1	81,2	35	21H04min	629	19,3	76,7
13	20H42min	558	18,1	83,4	36	21H05min	619	19,5	75,6
14	20H43min	561	18,4	82,6	37	21H06min	599	19,8	74,8
15	20H44min	572	18,5	80,9	38	21H07min	601	18,5	78,2
16	20H45min	576	18,7	79,5	39	21H08min	606	18,2	80,2
17	20H46min	586	18,9	78,4	40	21H09min	614	18,0	82,1
18	20H47min	568	18,8	78,8	41	21H10min	617	18,2	81,8
19	20H48min	561	18,7	79,4	42	21H11min	636	18,1	82,7
20	20H49min	558	18,5	80,5	43	21H12min	633	18,2	82,1
21	20H50min	568	18,7	80,5	44	21H13min	633	18,1	83,0
22	20H51min	572	19,1	78,6	45	21H14min	624	17,8	83,4
23	20H52min	574	19,2	78,6	46	21H15min	618	16,8	85,8

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 18 – Dados de temperatura do ar e umidade relativa do transecto norte-sul em 26/06/2023, segunda-feira.

Pontos	Horário	Altitude (m)	TEMP °C	UR %	Pontos	Horário	Altitude (m)	TEMP °C	UR %
1	20H30min	617	19,4	70,3	28	20H57min	609	20,1	73,2
2	20H31min	622	18,1	76,5	29	20H58min	606	20,5	71,3
3	20H32min	623	17,5	75,3	30	20H59min	609	20,4	71,6
4	20H33min	573	16,3	78,3	31	21H00min	613	20,6	71,2
5	20H34min	562	14,4	86,9	32	21H01min	619	20,5	71,0
6	20H35min	569	13,6	88,1	33	21H02min	624	20,5	70,4
7	20H36min	586	13,2	89,6	34	21H03min	618	19,9	73,8
8	20H37min	573	15,0	88,1	35	21H04min	601	19,8	73,8
9	20H38min	548	14,1	87,4	36	21H05min	589	19,5	74,6
10	20H39min	544	14,1	90,8	37	21H06min	572	19,4	74,5
11	20H40min	555	14,3	92,7	38	21H07min	559	19,2	76,6
12	20H41min	598	14,5	93,3	39	21H08min	574	19,3	73,3
13	20H42min	606	16,2	89,0	40	21H09min	586	19,6	72,1
14	20H43min	608	17,6	82,6	41	21H10min	591	19,3	73,4
15	20H44min	601	18,1	79,2	42	21H11min	591	19,1	74,3
16	20H45min	599	18,0	80,4	43	21H12min	578	18,6	76,4
17	20H46min	601	18,4	78,3	44	21H13min	558	18,7	76,6
18	20H47min	596	18,5	78,6	45	21H14min	556	18,3	77,5
19	20H48min	601	18,6	78,4	46	21H15min	566	17,9	80,3
20	20H49min	614	19,3	76,0	47	21H16min	576	18,4	78,3
21	20H50min	604	19,3	76,9	48	21H17min	571	18,4	78,8
22	20H51min	599	19,9	73,7	49	21H18min	576	18,6	77,2
23	20H52min	604	19,9	73,9	50	21H19min	626	18,1	79,9
24	20H53min	603	19,0	78,2	51	21H20min	638	17,9	82,1
25	20H54min	592	19,7	75,1	52	21H21min	642	18,6	78,7
26	20H55min	598	19,9	73,7	53	21H22min	651	19,3	71,7
27	20H56min	604	20,2	73,0	54	21H23min	652	19,3	72,4

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 19 – Dados de temperatura do ar e umidade relativa do transecto leste-oeste em 26/06/2023, segunda-feira.

Pontos	Horário	Altitude (m)	TEMP °C	UR %	Pontos	Horário	Altitude (m)	TEMP °C	UR %
1	20H30min	637	17,4	79,0	24	20H53min	587	19,2	76,1
2	20H31min	619	16,6	83,9	25	20H54min	597	19,3	76,8
3	20H32min	596	16,6	84,5	26	20H55min	606	19,6	75,0
4	20H33min	612	16,6	86,0	27	20H56min	622	19,7	73,9
5	20H34min	616	17,0	84,4	28	20H57min	629	19,8	72,2
6	20H35min	619	17,2	83,7	29	20H58min	623	20,1	70,8
7	20H36min	596	17,6	81,6	30	20H59min	604	19,8	71,9
8	20H37min	554	17,8	80,6	31	21H00min	576	19,6	74,2
9	20H38min	559	17,2	84,4	32	21H01min	603	18,0	79,6
10	20H39min	563	16,9	84,7	33	21H02min	619	18,5	78,0
11	20H40min	589	17,0	84,5	34	21H03min	626	19,2	73,8
12	20H41min	573	17,8	81,7	35	21H04min	629	19,7	71,5
13	20H42min	558	17,6	83,6	36	21H05min	619	20,2	69,6
14	20H43min	561	18,1	82,3	37	21H06min	599	18,6	76,6
15	20H44min	572	18,4	79,5	38	21H07min	601	18,4	79,0
16	20H45min	576	18,4	79,5	39	21H08min	606	18,3	78,7
17	20H46min	586	18,5	77,6	40	21H09min	614	17,9	80,2
18	20H47min	568	18,4	78,0	41	21H10min	617	17,6	81,2
19	20H48min	561	18,3	78,8	42	21H11min	636	17,5	82,2
20	20H49min	558	18,2	79,8	43	21H12min	633	17,4	81,5
21	20H50min	568	18,5	78,3	44	21H13min	633	17,4	81,3
22	20H51min	572	19,1	75,1	45	21H14min	624	16,7	84,8
23	20H52min	574	19,4	74,9	46	21H15min	618	16,5	85,8

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 20 – Dados de temperatura do ar e umidade relativa do transecto norte-sul em 27/06/2023, terça-feira.

Pontos	Horário	Altitude (m)	TEMP °C	UR %	Pontos	Horário	Altitude (m)	TEMP °C	UR %
1	20H30min	617	19,7	66,8	28	20H57min	609	19,8	68,8
2	20H31min	622	18,5	71,6	29	20H58min	606	19,9	68,6
3	20H32min	623	18,4	70,4	30	20H59min	609	20,1	66,8
4	20H33min	573	17,7	74,1	31	21H00min	613	19,9	67,7
5	20H34min	562	14,8	83,3	32	21H01min	619	20,0	66,8
6	20H35min	569	14,6	86,4	33	21H02min	624	20,0	65,9
7	20H36min	586	13,9	85,9	34	21H03min	618	20,0	65,9
8	20H37min	573	14,4	87,5	35	21H04min	601	20,0	66,3
9	20H38min	548	15,1	85,3	36	21H05min	589	20,0	66,5
10	20H39min	544	14,2	89,6	37	21H06min	572	20,3	64,7
11	20H40min	555	14,4	91,3	38	21H07min	559	20,1	67,3
12	20H41min	598	15,2	89,4	39	21H08min	574	19,7	69,8
13	20H42min	606	16,1	85,5	40	21H09min	586	19,4	71,2
14	20H43min	608	17,4	78,8	41	21H10min	591	19,1	73,1
15	20H44min	601	18,0	75,9	42	21H11min	591	19,2	72,1
16	20H45min	599	17,8	77,1	43	21H12min	578	19,2	70,8
17	20H46min	601	18,4	74,6	44	21H13min	558	18,6	73,3
18	20H47min	596	18,6	72,4	45	21H14min	556	18,4	74,8
19	20H48min	601	19,0	71,0	46	21H15min	566	18,3	75,0
20	20H49min	614	19,3	69,1	47	21H16min	576	18,1	76,1
21	20H50min	604	19,2	70,7	48	21H17min	571	17,9	77,1
22	20H51min	599	19,5	69,5	49	21H18min	576	18,2	75,8
23	20H52min	604	19,6	69,8	50	21H19min	626	18,2	75,8
24	20H53min	603	19,4	71,3	51	21H20min	638	17,6	79,9
25	20H54min	592	19,6	69,1	52	21H21min	642	17,7	78,5
26	20H55min	598	19,7	68,2	53	21H22min	651	18,8	70,2
27	20H56min	604	19,7	69,5	54	21H23min	652	19,0	68,9

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 21 – Dados de temperatura do ar e umidade relativa do transecto leste-oeste em 27/06/2023, terça-feira.

Pontos	Horário	Altitude (m)	TEMP °C	UR %	Pontos	Horário	Altitude (m)	TEMP °C	UR %
1	20H30min	637	17,4	75,6	24	20H53min	587	19,1	70,1
2	20H31min	619	16,7	79,2	25	20H54min	597	19,2	70,4
3	20H32min	596	16,7	79,4	26	20H55min	606	19,1	70,1
4	20H33min	612	16,8	80,2	27	20H56min	622	19,2	70,3
5	20H34min	616	17,3	77,4	28	20H57min	629	19,7	66,3
6	20H35min	619	17,7	73,3	29	20H58min	623	20,5	63,0
7	20H36min	596	18,3	71,6	30	20H59min	604	20,4	63,9
8	20H37min	554	18,7	70,7	31	21H00min	576	19,8	67,4
9	20H38min	559	18,0	74,7	32	21H01min	603	18,3	76,1
10	20H39min	563	17,8	75,6	33	21H02min	619	17,4	80,5
11	20H40min	589	18,1	73,4	34	21H03min	626	19,0	70,0
12	20H41min	573	18,2	74,3	35	21H04min	629	19,3	68,8
13	20H42min	558	18,6	74,5	36	21H05min	619	19,7	67,9
14	20H43min	561	19,1	72,0	37	21H06min	599	20,0	66,1
15	20H44min	572	19,0	72,7	38	21H07min	601	18,0	76,9
16	20H45min	576	18,5	74,3	39	21H08min	606	18,2	74,7
17	20H46min	586	18,4	75,0	40	21H09min	614	18,6	71,5
18	20H47min	568	18,8	73,0	41	21H10min	617	18,4	72,9
19	20H48min	561	19,3	70,9	42	21H11min	636	18,4	71,5
20	20H49min	558	19,3	71,0	43	21H12min	633	18,7	70,8
21	20H50min	568	19,2	70,6	44	21H13min	633	18,6	71,5
22	20H51min	572	19,2	70,6	45	21H14min	624	18,1	72,4
23	20H52min	574	19,2	70,2	46	21H15min	618	17,1	79,4

Fonte: Elaborado pela autora.