

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE CAMPINAS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS, AMBIENTAIS E DE TECNOLOGIA
MESTRADO EM SISTEMAS DE INFRAESTRUTURA URBANA**

VERÔNICA STEFANICHEN MONTEIRO

**ZONAS CLIMÁTICAS LOCAIS E A RELAÇÃO COM A MORFOLOGIA
URBANA. ESTUDO DE CASO: CAMPINAS/SP**

CAMPINAS

2018

VERÔNICA STEFANICHEN MONTEIRO

**ZONAS CLIMÁTICAS LOCAIS E A RELAÇÃO COM A
MORFOLOGIA URBANA. ESTUDO DE CASO: CAMPINAS/SP**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Sistemas de Infraestrutura Urbana do Centro de Ciências Exatas, Ambientais e de Tecnologia da Pontifícia Universidade Católica de Campinas, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Sistemas de Infraestrutura Urbana.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Cláudia Cotrim Pezzuto.

Ficha catalográfica elaborada por Marluce Barbosa – CRB 8/7313
Sistema de Bibliotecas e Informação - SBI - PUC-Campinas

t354.353 Monteiro, Verônica Stefanichen.
M775z Zonas climáticas locais e a relação com a morfologia urbana: estudo de caso: Campinas-SP / Verônica Stefanichen Monteiro. - Campinas: PUC-Campinas, 2018.
167 f.

Orientadora: Cláudia Cotrim Pezzuto.
Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Centro de Ciências Exatas, Ambientais e de Tecnologias, Pós-Graduação em Sistemas de Infraestrutura Urbana.
Inclui bibliografia.

1. Solo urbano - Uso. 2. Solo e clima. 3. Zonas climáticas. 4. Temperatura atmosférica. I. Pezzuto, Cláudia Cotrim. II. Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Centro de Ciências Exatas, Ambientais e de Tecnologias. Pós-Graduação em Sistemas de Infraestrutura Urbana. III. Título.

CDD – 22. ed. t354.353

VERÔNICA STEFANICHEN MONTEIRO

**ZONAS CLIMÁTICAS LOCAIS E A RELAÇÃO COM A
MORFOLOGIA URBANA. ESTUDO DE CASO:
CAMPINAS/SP**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Sistemas de Infraestrutura Urbana do Centro de Ciências Exatas, Ambientais e de Tecnologias da Pontifícia Universidade Católica de Campinas como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Sistemas de Infraestrutura Urbana.
Área de Concentração: Sistemas de Infraestrutura Urbana.
Orientador (a): Prof. (a). Dr. (a). Claudia Cotrim Pezzuto.

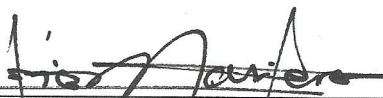
Dissertação defendida e aprovada em 26 de fevereiro de 2018 pela Comissão Examinadora constituída dos seguintes professores:



Profa. Dra. Claudia Cotrim Pezzuto
Orientadora da Dissertação e Presidente da Comissão Examinadora
Pontifícia Universidade Católica de Campinas



Profa. Dra. Sueli do Carmo Bettine
Pontifícia Universidade Católica de Campinas



Prof. Dr. Érico Masiero
Universidade Federal de São Carlos - UFSCAR

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha mãe, pois sem ela, com toda sua atenção, com muito mais que sua ajuda, perfeccionismo, empolgação, incentivo, por acreditar sempre, esta pesquisa não teria de nenhuma forma se concretizado.

A meu pai pelo incentivo, por nunca me fazer duvidar da minha capacidade e por acreditar sempre.

A meu irmão, pelo auxílio nos tratamentos estatísticos e nas análises, por vibrar comigo e por acreditar.

Ao meu noivo Ivan, pela paciência, incentivo e atenção sempre. Por nunca me deixar desistir.

À Prof^a. Dr^a. Claudia Cotrim Pezzuto, pela orientação não apenas deste mestrado, mas por todos os anos juntas de pesquisas desde a graduação.

À Prof^a. Dr^a. Sueli do Carmo Bettine, pela atenção nos comentários como banca examinadora, pelos auxílios durante todo o mestrado, desde as aulas até as conversas incentivadoras.

Ao Prof. Dr. Érico Masiero, pelos comentários extremamente importantes para o desenvolvimento final desta pesquisa. Por apresentar uma nova visão da temática abordada e questionar desde a qualificação pontos que sem ele, não teriam sido tão desenvolvidos ao final.

Ao Fabiano, técnico do Laboratório de Conforto Ambiental, pelos auxílios em relação aos equipamentos.

A todos os professores do curso, pela contribuição na evolução deste trabalho.

Aos proprietários dos imóveis que permitiram a instalação dos equipamentos.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudo.

RESUMO

MONTEIRO, Verônica Stefanichen. *Zonas Climáticas Locais e a relação com a morfologia urbana. Estudo de caso: Campinas/SP*. 2018. 164f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Sistemas de Infraestrutura Urbana) – Programa de Pós-graduação em Sistemas de Infraestrutura Urbana, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2018.

A investigação em termos de intensidade e padrões de espacialização da temperatura do ar e superficial se faz relevante uma vez que o processo de urbanização vem alterando os padrões de ocupação do solo nas grandes cidades associados às diferentes variáveis de composição destas superfícies. O presente estudo tem como objetivo investigar a distribuição espacial da temperatura do ar e superficial e dos padrões de uso e ocupação do solo em uma área de estudo no município de Campinas – SP, Brasil. Foi definida uma área de estudo considerando um dos eixos de expansão da cidade de Campinas (Centro-Norte), que incluem amostragens de diferentes padrões que caracterizam o uso e a ocupação do solo do município. A metodologia utilizada para esta pesquisa foi a coleta de dados com medidas móveis e fixas contemplando a estação do inverno. O levantamento de dados foi baseado na metodologia de classificação das Zonas Climáticas Locais, que descreve a forma urbana em 03 critérios: cobertura da superfície, propriedades dos materiais de construção e geometria da superfície. Os maiores ganhos de calor na transição dos períodos medidos se apresentam em áreas com características distintas. Para o período das 09h às 15h, a LCZ 8₆ a qual possui um dos maiores índices de área permeável (18,17%) e fator de visão do céu acima de 0,80. No período das 21h às 09h, a LCZ 3₁, que possui o menor percentual e área permeável (0,57%) e o maior de área edificada (58,06%). Por fim, os resultados obtidos evidenciaram uma variação do comportamento dos dados climáticos coletados entre diferentes Zonas Climáticas Locais caracterizadas, sendo no período de aquecimento, relatada a maior amplitude térmica, 2,1°C.

Palavras-chave: Zonas Climáticas Locais. Transectos móveis climáticos. Clima urbano.

ABSTRACT

MONTEIRO, Verônica Stefanichen. *Zonas Climáticas Locais e a relação com a morfologia urbana. Estudo de caso: Campinas/SP*. 2018. 164f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Sistemas de Infraestrutura Urbana) – Programa de Pós-graduação em Sistemas de Infraestrutura Urbana, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2018.

The investigation in terms of intensity and spatial and air temperature spatial patterns becomes relevant as the urbanization process has been changing soil occupancy patterns in the big cities associated to the different compositional variables of these surfaces. The present study aims to investigate the spatial distribution of air and surface temperature and patterns of land use and occupation in a study area in the city of Campinas - SP, Brazil. A study area was defined considering one of the axes of expansion of the city of Campinas (Center-North), which includes samplings of different patterns that characterize the use and the occupation of the soil of the municipality. The methodology used for this research was the data collection with mobile and fixed measures contemplating the winter season. The data collection was based on the classification methodology of the Local Climate Zones, which describes the urban form in 03 parameters: surface coverage, properties of building materials and surface geometry. The biggest heat gains in the transition of measured periods occur in areas with different characteristics. For the period from 09h to 15h, the LCZ 8₆ which has one of the highest indexes of permeable area (18.17%) and sky view factor above 0.80. In the period from 21h to 09h, the LCZ 3₁, which has the lowest percentage and permeable area (0.57%) and the largest of built area (58.06%). The results obtained evidenced a variation of the behavior of the climatic data collected between different local climatic zones characterized, being in the period of heating, reported the greater thermal amplitude, 2,10°C.

Key-words: Local Climate Zones. Mobile climate measures. Urban climate.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Crescimento da população global a partir do ano de 1950 com projeção para o ano de 2050.....	21
Figura 2. Percentual da população residente em áreas urbanas nos anos de 1950, 2007 e projeção para o ano de 2030.....	21
Figura 3. Diferença da temperatura global (1920 á 2015).....	22
Figura 4. Índice global de temperatura terra-oceano (1880 á 2020).....	23
Figura 5. Esquema de escalas climáticas e camadas verticais encontradas em áreas urbanas.....	25
Figura 6. Variáveis controladas ou não responsáveis pela formação da ilha de calor.....	27
Figura 7. Perfil da temperatura do ar e temperatura de superfície.....	30
Figura 8. Exemplo de Fotografia para calcular o parâmetro Fator de Visão do Céu. (a) Fotografia com lente “olho de peixe” original; (b) Fotografia tratada para cálculo do parâmetro.....	40
Figura 9. Cânion urbano / Relação H/W.....	42
Figura 10. Classe de Rugosidade.....	47
Figura 11. Perfil genérico de velocidade média do vento (\bar{u}) em uma área urbana densamente ocupada.....	48
Figura 12. Representação das variáveis volumétricas utilizadas para classificação.....	48
Figura 13. Fluxograma dos Processos e Etapas da Metodologia.....	59
Figura 14. Mapas de localização: (a) Localização do Estado de São Paulo no Brasil; (b) Região Metropolitana de Campinas no Estado de São Paulo; (c) Localização de Campinas na RMC; (d) Campinas.....	61
Figura 15. Mapa 01: Delimitação do recorte espacial sobre Imagem de Satélite (GeoEye).....	62
Figura 16. Mapa 02: Localização do recorte espacial nas macrozonas do Município de Campinas/SP.....	63
Figura 17. Mapa 03: Localização do recorte nas áreas de planejamento (Macrozona 04) do município de Campinas.....	63
Figura 18. Fotografia do conjunto para levantamento do Fator de Visão do Céu – Tripé, câmera e lente olho de peixe.....	70
Figura 19. Mapa 07: Indicação dos Trajetos referentes às Medições Móveis.....	72
Figura 20. Mapa 08: Indicação dos Pontos de Medições Fixas.....	73

Figura 21. Fotografias dos pontos fixos instalados. (a) Ponto PF 01; (b) Ponto PF 02; (c) Ponto PF 03; (d) Ponto PF 04.....	74
Figura 22. Fotografias do conjunto instalado. (a) automóvel com o conjunto instalado; (b) haste acoplada na lateral do veículo; (c) detalhe da proteção.....	75
Figura 23. Fotografias do aplicativo Geo Tracker.....	76
Figura 24. Exemplo da interface do aplicativo GeoTracker com o software Google Earth Pro; (a) dados importados por arquivo .kml, (b) localização do ponto de medição.....	76
Figura 25. Mapa 09: Trecho do trajeto T001 com a representação da espacialização dos pontos nos períodos medidos.....	77
Figura 26. Mapa 04: Tipologias de uso e ocupação do solo e geometria urbana.....	83
Figura 27. Mapa 05: Pontos de análise por tipologias de uso e ocupação do solo e geometria urbana.....	84
Figura 28. Mapa 06: Área de abrangência de 200 metros de raio por ponto de análise.....	85
Figura 29. Mapa 10: Espacialização dos pontos médios – Medição 17/07/2017.....	93
Figura 30. Mapa 11: Espacialização dos pontos médios – Medição 18/07/2017.....	94
Figura 31. Mapa 12: Espacialização dos pontos médios – Medição 19/07/2017.....	94
Figura 32. Espacialização dos dados coletados de temperatura do ar – 09h, 15h e 21h do dia 17/07/2017.....	97
Figura 33. Espacialização dos dados corrigidos de temperatura do ar – 09h, 15h e 21h do dia 17/07/2017.....	97
Figura 34. Espacialização dos dados coletados de temperatura do ar – 09h, 15h e 21h do dia 18/07/2017.....	97
Figura 35. Espacialização dos dados corrigidos de temperatura do ar – 09h, 15h e 21h do dia 18/07/2017.....	98
Figura 36. Espacialização dos dados coletados de temperatura do ar – 09h, 15h e 21h do dia 19/07/2017.....	98
Figura 37. Espacialização dos dados corrigidos de temperatura do ar – 09h, 15h e 21h do dia 19/07/2017.....	98
Figura 38. Espacialização dos dados coletados de umidade relativa do ar – 09h, 15h e 21h do dia 17/07/2017.....	100

Figura 39. Espacialização dos dados corrigidos de umidade relativa do ar – 09h, 15h e 21h do dia 19/07/2017.....	100
Figura 40. Espacialização dos dados corrigidos de umidade relativa do ar – 09h, 15h e 21h do dia 19/07/2017.....	100
Figura 41. Espacialização dos dados corrigidos de umidade relativa do ar – 09h, 15h e 21h do dia 19/07/2017.....	101
Figura 42. Espacialização dos dados corrigidos de umidade relativa do ar – 09h, 15h e 21h do dia 19/07/2017.....	101
Figura 43. Espacialização dos dados corrigidos de umidade relativa do ar – 09h, 15h e 21h do dia 19/07/2017.....	101
Figura 44. Mapa 25: Mapeamento de LCZ's caracterizadas.....	104
Figura 45. Mapa 26: Espacialização Temperatura do Ar Média – 09 horas (Coletada).....	107
Figura 46. Mapa 27: Espacialização Temperatura do Ar Média – 09 horas (Corrigida).....	108
Figura 47. Mapa 28: Espacialização Temperatura do Ar Média – 15 horas (Coletada).....	111
Figura 48. Mapa 29: Espacialização Temperatura do Ar Média – 15 horas (Corrigida).....	112
Figura 49. Mapa 30: Espacialização Temperatura do Ar Média – 21 horas (Coletada).....	115
Figura 50. Mapa 31: Espacialização Temperatura do Ar Média – 21 horas (Corrigida).....	116
Figura 51. Gráfico da Temperatura do Ar Média por Zona Climática Local.....	117
Figura 52. Gráfico da Amplitude da Temperatura do Ar Média por Zona Climática Local.....	118
Figura 53. Gráfico da Temperatura do Ar Máxima por Zona Climática Local.....	119
Figura 54. Gráfico da Amplitude da Temperatura do Ar Máxima por Zona Climática Local.....	119
Figura 55. Gráfico da Temperatura do Ar Mínima por Zona Climática Local.....	120
Figura 56. Gráfico da Amplitude da Temperatura do Ar Mínima por Zona Climática Local.....	120
Figura 57. Mapa 32: Espacialização Umidade Relativa do Ar Média – 09 horas (Coletada).....	126

Figura 58. Mapa 33: Espacialização Umidade Relativa do Ar Média – 09 horas (Corrigida).....	127
Figura 59. Mapa 34: Espacialização Umidade Relativa do Ar Média – 15 horas (Coletada).....	130
Figura 60. Mapa 35: Espacialização Umidade Relativa do Ar Média – 15 horas (Corrigida).....	131
Figura 61. Mapa 36: Espacialização Umidade Relativa do Ar Média – 21 horas (Coletada).....	133
Figura 62. Mapa 37: Espacialização Umidade Relativa do Ar Média – 21 horas (Corrigida).....	134
Figura 63. Gráfico da Umidade Relativa do Ar Média por Zona Climática Local.....	136
Figura 64. Gráfico da Amplitude da Umidade Relativa do Ar Média por Zona Climática Local.....	136
Figura 65. Gráfico da Umidade Relativa do Ar Máxima por Zona Climática Local.....	138
Figura 66. Gráfico da Amplitude da Umidade Relativa do Ar Máxima por Zona Climática Local.....	138
Figura 67. Gráfico da Umidade Relativa do Ar Mínima por Zona Climática Local.....	139
Figura 68. Gráfico da Amplitude da Umidade Relativa do Ar Mínima por Zona Climática Local.....	139

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Escalas climáticas definidas com referência em estudos de cidades europeias.....	26
Tabela 2. Categorias taxonômicas da organização geográfica climática e suas articulações com o clima urbano.....	26
Tabela 3. Definições sintetizadas das Zonas Climáticas Locais – Tipologias da Construção.....	33
Tabela 4. Definições sintetizadas das Zonas Climáticas Locais – Tipologias de Cobertura de Solo.....	34
Tabela 5. Valores de propriedades geométricas, cobertura de superfície, propriedades térmicas, radiativas e metabólicas das Zonas Climáticas Locais.....	35
Tabela 6. Classificação do comprimento de rugosidade.....	49
Tabela 7. Modelos de correção.....	54
Tabela 8. Normal climatológica do município de Campinas/SP: Período junho/1988 á outubro/2008.....	65
Tabela 9. Média de variáveis climatológicas para o ano de 2017 do município de Campinas/SP.....	66
Tabela 10. Média de variáveis climatológicas para estação de Inverno (2017) do município de Campinas/SP.....	67
Tabela 11. Métodos para coleta de dados.....	69
Tabela 12. Descrição das tipologias identificadas.....	80
Tabela 13. Descrição dos pontos de análise referente a cada tipologia.....	84
Tabela 14. Parâmetros por Área de Abrangência (r=200m).....	86
Tabela 15. Caracterização das Zonas Climáticas Locais por Tipologias.....	88
Tabela 16. Coeficientes de correlação linear por metodologia.....	95
Tabela 17. Zonas Climáticas Locais do recorte estudado com maiores diferenças de comportamento perante a temperatura do ar.....	122
Tabela 18. Amplitude térmica correspondente a cada Zona Climática Local classificada na pesquisa.....	123
Tabela 19. Zonas Climáticas Locais com maiores diferenças de comportamento perante a umidade relativa do ar.....	141
Tabela 20. Amplitudes referentes à umidade relativa do ar correspondente a cada Zona Climática Local classificada na pesquisa.....	142

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Características técnicas dos equipamentos de medição.....	75
---	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	OBJETIVO	19
3	REVISÃO DE LITERATURA	20
3.1	A URBANIZAÇÃO E OS IMPACTOS CLIMÁTICOS	20
3.1.1	<i>O crescimento urbano e as alterações na temperatura global</i>	20
3.1.2	<i>O clima urbano e as escalas de análise</i>	23
3.1.3	<i>Ilha de calor urbana</i>	27
3.2	ZONAS CLIMÁTICAS LOCAIS	31
3.2.1	<i>Classificação (Sistema e Metodologia)</i>	32
3.2.2	<i>Aplicação em trabalhos recentes</i>	36
3.3	OS PARÂMETROS E VARIÁVEIS DA MORFOLOGIA URBANA	39
3.3.1	<i>Fator de visão do céu</i>	39
3.3.2	<i>Relação H/W</i>	41
3.3.3	<i>Fração de superfície edificada</i>	43
3.3.4	<i>Fração de superfície impermeável</i>	43
3.3.5	<i>Fração de superfície permeável</i>	44
3.3.6	<i>Altura dos elementos de rugosidade</i>	46
3.3.7	<i>Classe de rugosidade do terreno</i>	47
3.3.8	<i>Albedo (material)</i>	49
3.4	TIPOS DE MEDIÇÕES (INSTRUMENTAÇÃO)	51
3.4.1	<i>Medições Móveis e Fixas</i>	51
3.4.2	<i>Tratamento de dados coletados</i>	52
3.5	MÉTODOS CONJUNTOS DE AVALIAÇÃO DO CLIMA URBANO NO CENÁRIO ATUAL	54
3.5.1	<i>Zonas Climáticas Locais e a coleta de dados climáticos</i>	55
4	METODOLOGIA	58
4.1	CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE URBANO DE ESTUDO: CAMPINAS – SP	60
4.1.1	<i>Caracterização da área de estudo: análise e justificativa</i>	61
4.1.2	<i>Caracterização climática do município de Campinas/SP</i>	64
4.2	DESCRIÇÃO DOS PROCESSOS	67
4.2.1	<i>Processo A</i>	67
4.2.2	<i>Processo B</i>	71
5	RESULTADOS	80
5.1	RESULTADOS DOS PROCESSOS	80

5.1.1	<i>Processo A</i>	80
5.1.2	<i>Processo B</i>	93
6	ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÕES	103
6.1	CARACTERIZAÇÃO DAS ZONAS CLIMÁTICAS LOCAIS	103
6.2	ANÁLISE CLIMÁTICA	105
6.2.1	<i>Temperatura do ar</i>	105
6.2.2	<i>Umidade relativa do ar</i>	125
6.1	CORRELAÇÃO LINEAR: PARÂMETROS LCZ X DADOS CLIMÁTICOS	144
6.1.1	<i>Temperatura do ar</i>	144
6.1.2	<i>Umidade relativa do ar</i>	145
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	146
8	REFERÊNCIAS	150

1 INTRODUÇÃO

O rápido declínio do meio natural vem como uma consequência do crescente aumento da população e da intensa urbanização. A população urbana brasileira representou em 2013, mais de 84% da população total do país, segundo estudo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2013).

As transformações ocorridas no ambiente urbano, decorrentes da urbanização, gerou a necessidade de estudos direcionados à climatologia urbana. Segundo Oke (1987) as modificações dos parâmetros da superfície e da atmosfera, além da associação aos aspectos da morfologia se apresentam como resultado do surgimento de efeitos no perfil climático das cidades. As metodologias de identificação e mensuração das mudanças climáticas vem evoluindo e possibilitando o conhecimento aprofundado das características térmicas da superfície urbana e suas relações com o uso e cobertura do solo. E assim, uma compreensão mais realista das relações existentes entre a transformação das características climáticas das cidades e as características urbanas de morfologia (AMORIM, *et al.*, 2009; MENDONÇA, DUBREUIL, 2005).

Para o entendimento em sua totalidade dos efeitos sobre o clima, o conhecimento da configuração do tecido urbano é fundamental para entendimento do mesmo (HEBBERT e JANKOVIC, 2013, HEBBERT, 2014). Segundo Huang *et al.* (2008), o estímulo aos estudos sobre o clima urbano deve ser feito com o intuito não só de adquirir conhecimento sobre os efeitos dos processos de urbanização nas cidades, mas como complementação as decisões de planejamento ambiental e urbano.

Segundo Menon, Leung e Chunho (2008) um dos principais problemas do século 21 são as ilhas de calor urbanas, que aparecem como resultado da industrialização e urbanização das cidades, sendo mais agravantes em cidades com grande quantidade de atividades antrópicas. Feng *et al.* (2010) e VAN HOVE *et al.* (2015) enunciam que o efeito de intensidade das mesmas está significativamente relacionado as frações de superfície permeáveis e impermeáveis, mas principalmente aos edifícios. Considerando a altura média dos mesmos e a relação entre densidades construtivas, fortes parâmetros para explicitar essa variabilidade intra-urbana.

Stewart & Oke (2012) desenvolvem um sistema de classificação da paisagem baseando-se no clima de paisagens urbanas e rurais com o objetivo de padronizar os estudos sobre ilhas de calor. O sistema compreende a categorização de 17 Zonas Climáticas Locais, sendo 15 definidas pela morfologia de superfície e cobertura de solo, e 02 pelo uso do solo e material de construção componentes deste uso.

Como um aprofundamento mais específico quanto ao uso do solo e a morfologia e geometria urbana, as classificações das Zonas Climáticas Locais complementam a tradicional diferenciação de área urbana e área rural. Uma vez que apresentam um detalhamento de parâmetros influentes ao clima urbano, e que caracterizam as propriedades do local, possibilitando desta forma, uma

análise mais apurada e condizente a magnitude da ilha de calor através da distribuição da temperatura entre estas diferentes classificações (STEWART e OKE, 2009). É possível averiguar a eficiência desta metodologia, uma vez que estudiosos vêm apresentando resultados significativos a análise climática de cidades no Brasil como Pelotas/RS (COLLISCHONN e MATTOS, 2011) e Campinas/SP (PEZZUTO e SILVA, 2013) no exterior como Mendoza, Argentina (PULIAFITO *et al.*, 2013), Hamburgo, Alemanha (MIDDEL *et al.*, 2014) e Dublin, Irlanda (ALEXANDER e MILLS, 2014).

Como uma das principais metodologias para o levantamento de dados climáticos, as medições móveis contemplam em um curto espaço de tempo uma grande quantidade amostral de registros. Para que a validação destes dados seja realizada é necessário combinar estas medições com registros contínuos em estações fixas próximas aos trajetos realizados (PEZZUTO, 2007). A abordagem deste tipo de levantamento tem sido pesquisada ao redor do mundo, em casos como Leipzig, Alemanha (SCHWARZ, *et al.*, 2012), Lodz, Polônia (KLYSIK E FORTUNIAK, 1999).

A associação das metodologias descritas acima, caracterização da paisagem através da classificação de Zonas Climáticas Locais e registros de medições móveis e fixas, vem sendo trabalhadas em cidades como Nancy, França (LECONTE *et al.*, 2015) e Mendoza, Argentina (PULIAFITO *et al.*, 2013) a fim de estabelecer um panorama de comportamento das Zonas Climáticas Locais em relação as variáveis climáticas.

A investigação em termos de intensidade e padrões de espacialização da temperatura do ar e superficial se faz relevante uma vez que o processo de urbanização vem alterando os padrões de ocupação do solo nas grandes cidades associados às diferentes variáveis de composição destas superfícies urbanas.

Sendo assim, com esta pesquisa espera-se discutir a relação da estrutura urbana e seus parâmetros de composição e configuração através da análise do ambiente térmico urbano e da leitura da espacialização da temperatura e umidade relativa do ar. Além de auxiliar na leitura do território no que diz respeito ao ambiente térmico urbano e suas escalas de análise, assim como as metodologias aplicadas e suas áreas de abrangência e influência.

2 OBJETIVO

O presente estudo teve como objetivo analisar o comportamento das Zonas Climáticas Locais caracterizadas em um recorte espacial do município de Campinas – SP proposto para esta pesquisa, de acordo com a espacialização da temperatura e umidade relativa do ar e averiguar quais os parâmetros de classificação que geram maiores interferências aos dados climáticos coletados em uma área de abrangência de 200 metros de raio.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 A urbanização e os impactos climáticos

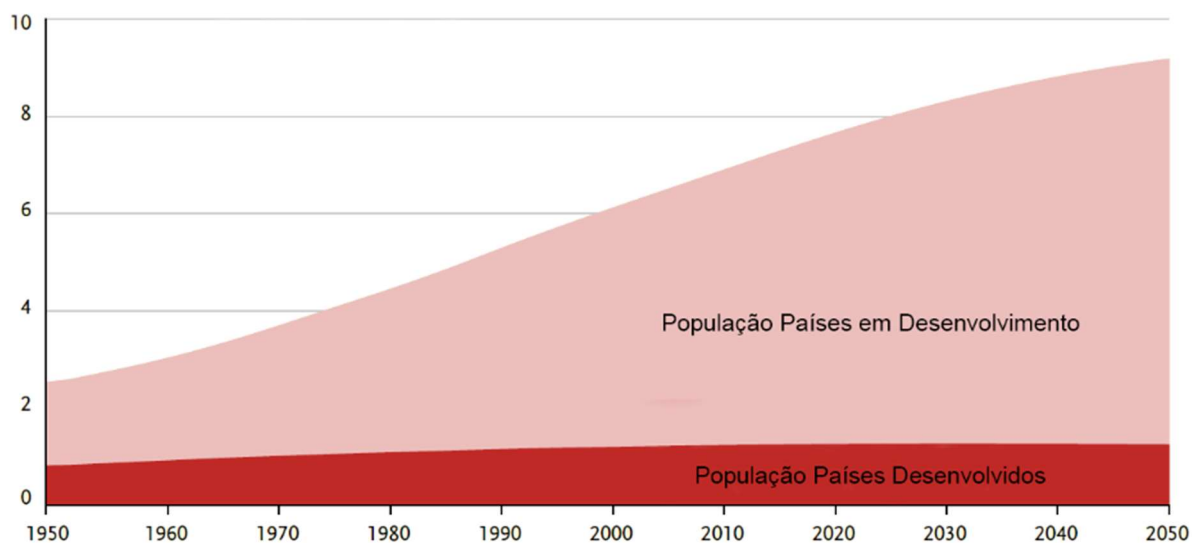
3.1.1 O crescimento urbano e as alterações na temperatura global

Cerca de 50% da população mundial se concentra em áreas urbanas. O crescimento da mancha representativa destas áreas, intensificadas ao longo do século XX, se caracterizou de maneira heterogênea. Quando comparados os crescimentos de países desenvolvidos e países em desenvolvimento, nota-se que o ritmo mais intenso ocorreu nos países em desenvolvimento e principalmente caracterizados por climas tropicais, consequência esta do processo de urbanização e industrialização tardia. Em contrapartida, o percentual representativo de maior concentração da população em áreas urbanas é nos países desenvolvidos – 72,0%, quando comparado ao dos países em desenvolvimento – 42,6% (POPULATION REFERENCE BUREAU, 2007).

Na Figura 01 é possível observar o crescimento da população global, considerando a diferença entre países desenvolvidos e em processo de desenvolvimento, a partir dos anos 1950 até os dias atuais, e a previsão até o ano de 2050. Quando comparadas, verifica-se que a taxa de crescimento da população dos países em processo de desenvolvimento é significativamente maior do que dos nos países desenvolvidos, e por sua vez apresentam uma taxa de crescimento constante no período apresentado (POPULATION REFERENCE BUREAU, 2007).

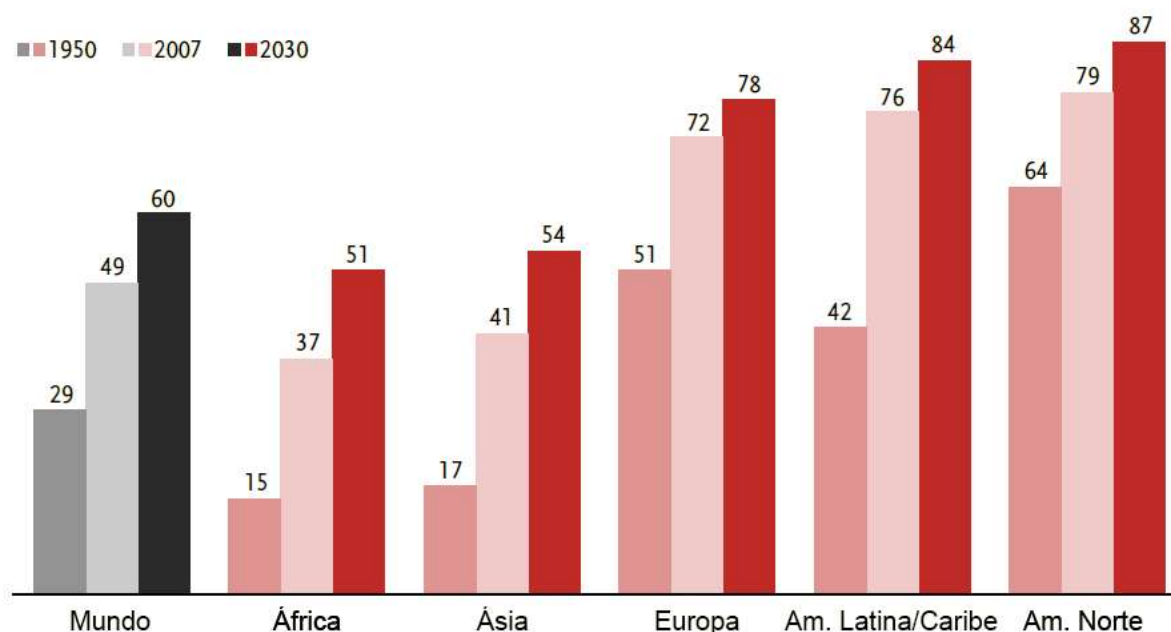
Ao analisar o percentual da população residente em áreas urbanizadas, estes índices diferem de continente para continente. A população urbana na América do Norte, Europa, América Latina e Caribe representa mais de 70% da mesma, já na África e na Ásia este percentual cai para 40%. A Figura 02 apresenta estes percentuais considerando os anos de 1950, 2007 e uma projeção para o ano de 2030. É possível averiguar que no ano de 1950 considerando a população mundial, cerca de 29% era residente em áreas urbanas, em 2007 este índice salta para 49% (um aumento de 170%) e como projeção para o ano de 2030 o aumento passa a ser de 122% totalizando 60%.

Figura 01 – Crescimento da população global a partir do ano de 1950 com projeção para o ano de 2050.



Fonte: adaptado de POPULATION REFERENCE BUREAU (2007).

Figura 02 – Percentual da população residente em áreas urbanas nos anos de 1950, 2007 e projeção para o ano de 2030.



Fonte: adaptado de POPULATION REFERENCE BUREAU (2007).

A representatividade do processo de expansão das cidades é um dos parâmetros de indicação de progresso das mesmas. Porém quando analisados os parâmetros de tamanho e população, o crescimento das cidades gera alterações associadas a modificação da paisagem. Estas alterações afetam as

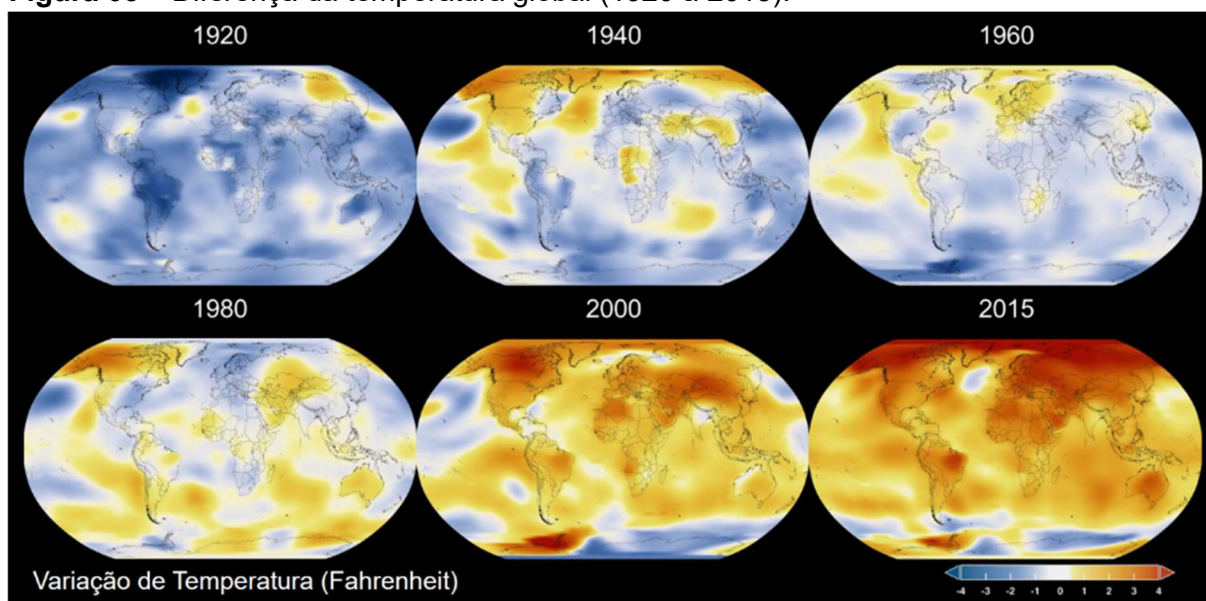
condições da água, do solo, do ar e conseqüentemente o clima das mesmas (FIALHO, 2012).

De acordo com a definição da Organização Meteorológica Mundial (WMO, 1996) o clima urbano se qualifica como a mudança das condições meteorológicas, referentes à combinação das ações humanas e áreas construídas. A Figura 03 mapeia a diferença da temperatura global em períodos de 20 anos, iniciando em 1920 até o ano de 2015, onde a cor azul escuro indica áreas mais frias do que a média e a cor vermelho escuro indica áreas mais quentes do que a média.

É possível observar o aumento generalizado desta temperatura, porém o maior aquecimento encontra-se concentrado no hemisfério norte. A maior evidencia de amplitude de mudança de comportamento da temperatura global ocorre entre os anos de 1980 e 2000.

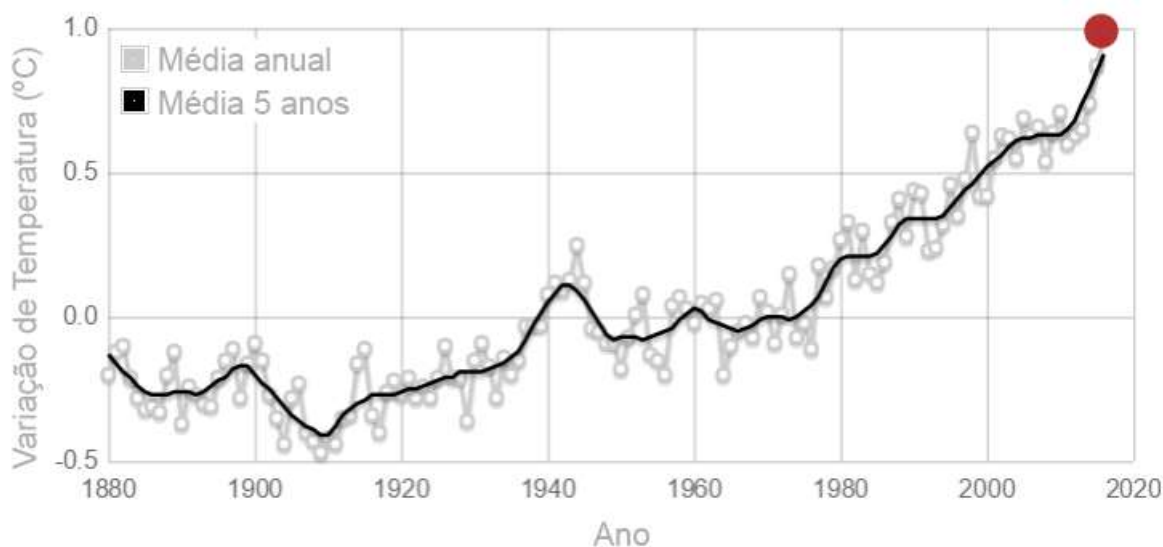
A Figura 04 ilustra graficamente a mudança na temperatura da superfície global em relação às temperaturas médias dos anos de 1951 a 1980. É possível observar que a maioria dos anos mais quentes se concentram a partir do ano de 2001. Sendo que o maior deles é registrado no ano de 2016 (NASA, 2017). A previsão para os anos futuros (até 2020), é representada por uma grande amplitude, semelhante como a relatada na década de 40.

Figura 03 – Diferença da temperatura global (1920 á 2015).



Fonte: adaptado de NASA (2017).

Figura 04 – Índice global de temperatura terra-oceano (1880 á 2020).



Fonte: adaptado de NASA (2017).

3.1.2 O clima urbano e as escalas de análise

O processo de urbanização gera alterações das características térmicas das superfícies das cidades, como resultado decorrente da presença de edificações e materiais de construção comparadas com as áreas verdes distribuídas nos centros urbanos. Este crescimento da malha urbana vem se caracterizando como um processo desordenado e desarticulado que associa os vários âmbitos que contemplam a cidade, físico, social e ambiental. O crescente aumento das áreas impermeáveis decorrentes da urbanização, aumentam a temperatura do ar devido a alta capacidade de absorver e re-irradiar o calor. Esta é uma das maiores modificações geradas decorrente deste processo intensificado no século XX (BRANCO, 2009).

Com o processo de globalização, os países desenvolvidos ditaram padrões formais de tecnologias associadas a arquitetura e ao urbanismo, que foram incorporadas às cidades sem considerar adequações necessárias ao clima e ao ambiente local. Estes ambientes urbanos têm por característica, um maior acúmulo de calor gerado devido a associação de dois fatores; as propriedades físicas dos materiais de superfície e a dificuldade da dissipação deste calor gerado. Com isso, a formação deste maior acúmulo de calor gera ao final um desconforto ao usuário (CORBELLA E MAGALHÃES, 2008).

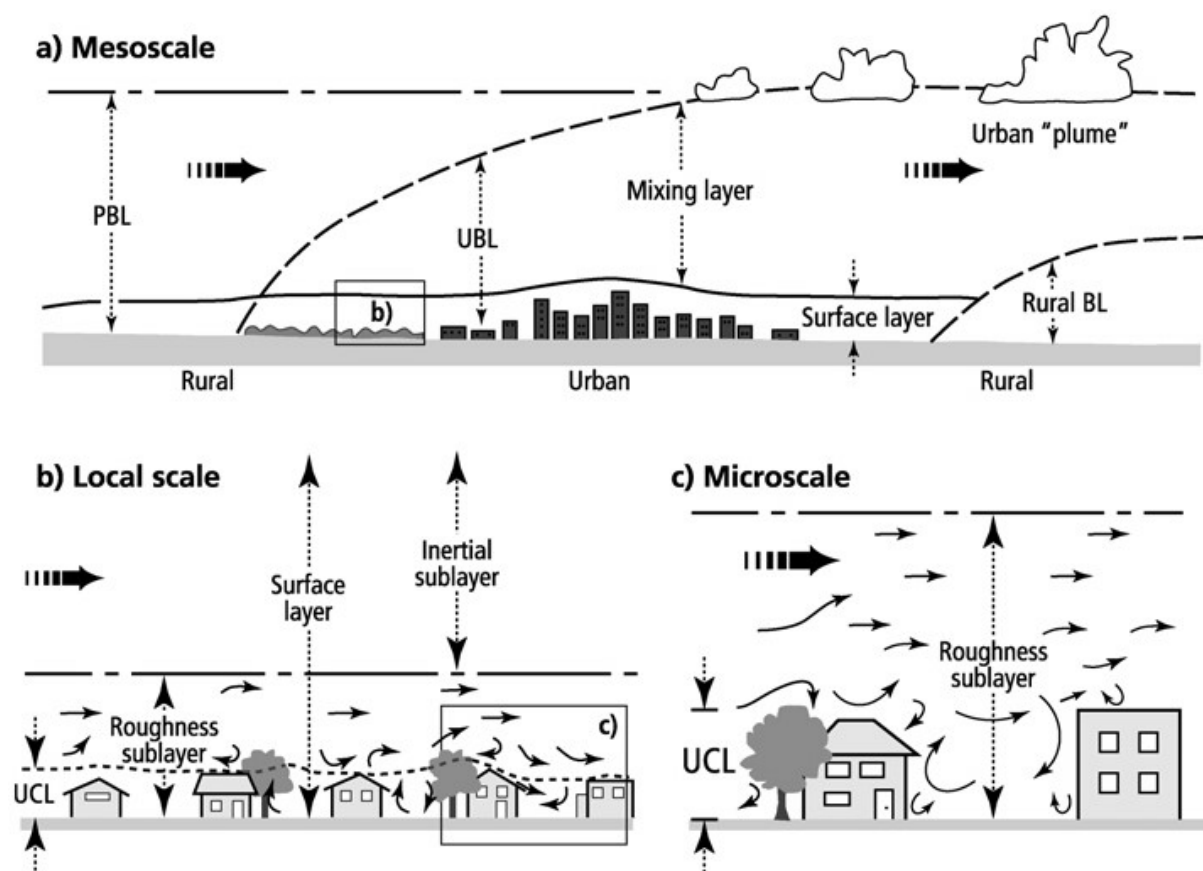
Assis (2000) enuncia o estresse bioclimático, como característica principal do clima urbano em cidades de clima tropical. Este estresse é causado por

fatores como o aumento da temperatura do ar e a diminuição da umidade relativa, o aumento no consumo energético dos edifícios com a utilização de métodos de resfriamento artificial, a diminuição da ventilação natural devido ao crescimento da rugosidade nas cidades, causando também um aumento na concentração de poluentes no ar e o aumento da incidência de tempestades sobre os grandes centros urbanos.

Melo e Barbirato (2011) discutem que o modelo de urbanização adotado no Brasil, tem como característica principal a expansão e segregação espacial da malha urbana. Este padrão, associado a falta de ordenação do território pelos instrumentos legislativos, não contribuem para assegurar o conforto térmico urbano. Assim, a questão térmica associada ao planejamento e gestão das cidades e da geometria urbana não são assegurados pelos mesmos.

Ao se tratar de clima urbano, as escalas são um dos fatores mais relevantes na análise do mesmo, segundo Stewart e Oke (2009). O clima apresenta portanto três escalas de abordagem (Figura 05), o macroclima ou mesoescala (*mesoscale*) que abrange a escala regional e se relaciona diretamente com as propriedades meteorológicas, o clima local ou escala local (*local scale*) que apresenta relação com as mudanças climáticas em menor escala, possibilitando averiguar modificações decorrentes da variação do relevo e o microclima ou micro escala (*microscale*), que compreende as variações decorrentes da influência dos edifícios, elementos da paisagem, geometria urbana e propriedade dos elementos de superfície (OKE, 1987).

Figura 05 – Esquema de escalas climáticas e camadas verticais encontradas em áreas urbanas.



Fonte: Oke (1997).

Segundo Oscar Júnior (2012), a escala do clima local é a que mais recebe interferência das ações antrópicas quando tomados como referência para a análise os parâmetros climáticos. Os estudos realizados a respeito destes ciclos climáticos ainda indicam uma estreita relação das ações antrópicas com o macroclima.

Estudiosos apresentam diferentes abordagens quando da relação do nível de planejamento e articulações das escalas de atuação do clima urbano. Nas cidades europeias, Katzschner e Katzschner (2008) apresentam as divisões descritas na Tabela 01. Mendonça e Monteiro (2003) trabalham através de categorias taxonômicas organizando-as de forma geográfica, como demonstrado na Tabela 02.

Tabela 01 – Escalas climáticas definidas com referência em estudos de cidades europeias.

Nível Administração	Nível Planejamento	Questão Climática Urbana	Escala Climática
Cidade 1:25 000	Desenvolvimento urbano; Plano diretor	Efeitos de ilha de calor; Percurso de ventilação	Meso escala
Bairro 1: 5000	Sistema de tecido urbano	Poluição do ar	Meso escala
Quadra 1: 2000	Desenho de espaço aberto	Conforto térmico	Micro escala
Edifício 1:500	Projeto de construção	Radiação e efeitos de ventilação	Micro escala

Fonte: adaptado de Katzschner e Katzschner (2008).

Tabela 02 – Categorias taxonômicas da organização geográfica climática e suas articulações com o clima urbano.

Ordem de grandeza (Cailleux & Tricart)	Unidades de superfície	Escalas cartográficas de tratamento	Espaços climáticos	Espaços urbanos	Estratégias de abordagem		
					Meios de observação	Fatores de organização	Técnicas de análise
II	Milhões de Km	1: 45 000 000 1: 10 000 000	Zonal	–	Satélites Nefanálises	Latitude Centros de ação atmosférica	Caracterização geral comparativa
III	Milhares de Km	1: 5 000 000 1: 2 000 000	Regional	–	Cartas sinóticas Sondagens aerológicas	Sistemas meteorológicos (Circulação secundária)	Redes transectos
IV	Centenas de Km	1: 1 000 000 1: 500 000	Sub-Regional (fácies)	Megalópole. Grande área metropolitana.	Rede meteorológica de superfície	Fatores geográficos	Mapeamento sistemático
Na	Dezenas de Km	1: 250 000 1: 100 000	Local	Área metropolitana. Metrópole.	Posto meteorológico Rede complementar	Integração geológica Ação antrópica	Análise espacial
VI	Centenas de Metros	1: 50 000 1: 25 000	Mesoclima	Cidade grande. Bairro ou subúrbio de metrópole. Pequena cidade.	Registros móveis (Episódios)	Urbanismo	
–	Dezenas de Metros	1: 10 000 1: 5 000	Topoclima	Fácies de bairro/subúrbio de cidade. Grande edificação.	(Detalhe)	Arquitetura	Especiais
–	Metros	1: 2 000	Microclima	Habitação. Setor de habitação.	Baterias de instrumentos especiais	Habitação	

Fonte: adaptado de Mendonça e Monteiro (2003).

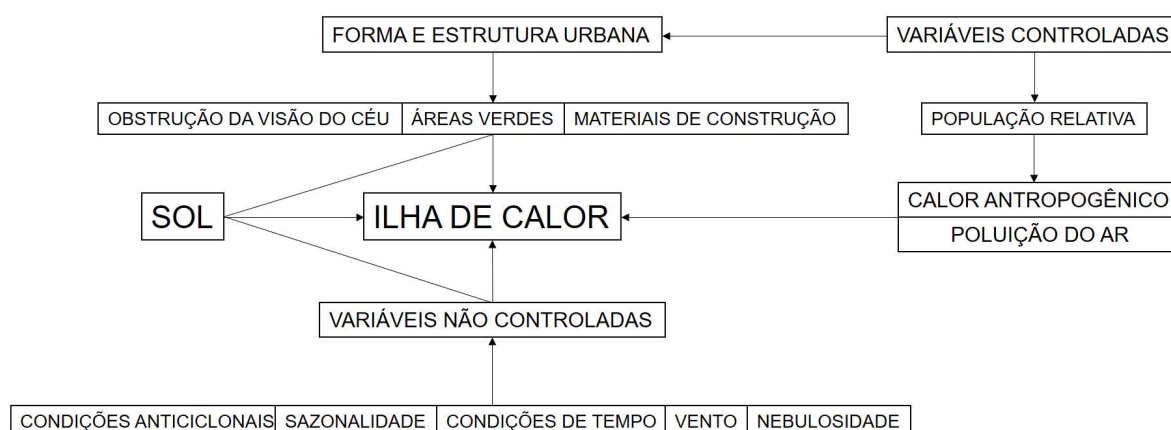
Para a avaliação do ambiente térmico urbano, os principais elementos climáticos de estudo são: a temperatura do ar, a radiação solar, a umidade relativa do ar, a velocidade e direção do vento e a precipitação. Assim, o clima de uma região será determinado pelo comportamento das variações dos elementos que compõe a geometria urbana e suas configurações (GIVONI, 1976; BARBIERO, 2004).

As modificações nos sistemas termodinâmico, físico-químico e hidrometeorológico são consequências do fenômeno de expansão da urbanização. Monteiro (2003) sugere que estas modificações são perceptíveis e provocam alterações na configuração do solo natural assim como de seu uso, da topografia, dos rios e vegetação.

3.1.3 Ilha de calor urbana

As modificações dos parâmetros da superfície e da atmosfera, associados aos aspectos da morfologia, são resultado do surgimento de efeitos no perfil climático das cidades, como o aumento da temperatura urbana nos grandes centros em comparação as áreas suburbanas e com o meio rural circundante, fator este conhecido como ilha de calor urbana (OKE, 1987). Na Figura 06 estão ilustradas as relações diretas ou indiretas das variáveis de formação da ilha de calor.

Figura 06 – Variáveis controladas ou não responsáveis pela formação da ilha de calor.



Fonte: adaptado de Rizwan *et al.* (2008).

Assim como a poluição atmosférica e as inundações, a ilha de calor urbana é um dos principais problemas ambientais do século XXI (RIZWAN *et al.*,

2008). O termo ilha de calor foi introduzido pela primeira vez por Manley (1958) caracterizando o gradiente térmico mais elevado, encontrado na área urbana quando comparada a área rural. Segundo Stewart e Oke (2012) as ilhas de calor ocorrem na maioria das áreas urbanas, tanto em climas quentes ou frios. Este fenômeno é verificado há uma altura de 01 a 02 metros acima do solo, abaixo da altura média dos elementos de rugosidade. Dentre as principais causas, pode-se evidenciar as diferenças de cobertura das áreas urbanas e rurais, e de rugosidade das mesmas. Segundo Voogt (2002), a definição de ilha de calor urbana é referente ao calor característico das áreas urbanas quando comparadas com áreas não urbanizadas (rurais), referindo assim a um quantitativo de diferença, geralmente a um aumento da temperatura do ar ao analisar cenários como o descrito anteriormente.

Quando da espacialização dos dados de temperaturas do ar de uma cidade de médio porte através de linhas isotermas é possível observar que esta depende da configuração da área urbanizada. Se caracteriza por uma elevada taxa de variação térmica na transição da mancha rural para a urbana, seguido de um crescimento gradual da temperatura do ar quando o deslocamento se dá em direção ao centro da área urbana. Já em regiões metropolitanas, este perfil clássico das ilhas de calor se descaracteriza dando lugar a uma distribuição disseminada dos núcleos (igualmente quentes) devido a heterogeneidade do uso do solo (LUCENA, 2013).

Os aspectos principais característicos das ilhas de calor urbanas, distintos em cada cidade, se enumeram como forma, intensidade e localização do seu núcleo de temperatura do ar mais elevada. Estes aspectos possuem variabilidade devido ao período do dia e época do ano analisados – definindo uma variabilidade temporal (diuturna) e sazonal e assim detectando e contrastando os períodos mais favoráveis para manifestação da mesma sendo no horário de maior aquecimento diurno ou no resfriamento noturno (SUN *et al.*, 2009). Segundo Lucena (2013) a localização geográfica do município, as propriedades térmicas dos materiais componentes da superfície urbana, o adensamento de áreas construídas e sua morfologia natural tendo como principais parâmetros – topografia, presença de corpos hídricos e áreas verdes, também são aspectos que podem ser considerados a esta variabilidade.

A alta concentração de fontes de calor nas cidades é um dos fatores agravantes para o desenvolvimento das ilhas de calor urbana, sendo que a liberação do calor das fontes advindas de veículos, indústrias e construções em geral compensa a perda de calor durante a noite nos grandes centros urbanos (OKE, 1982). Fialho (2012) indicia que o adensamento urbano, a atividade humana e as propriedades físicas dos materiais de construção são parâmetros que associados alteram o ritmo de aquecimento e resfriamento das superfícies que compõe a cidade.

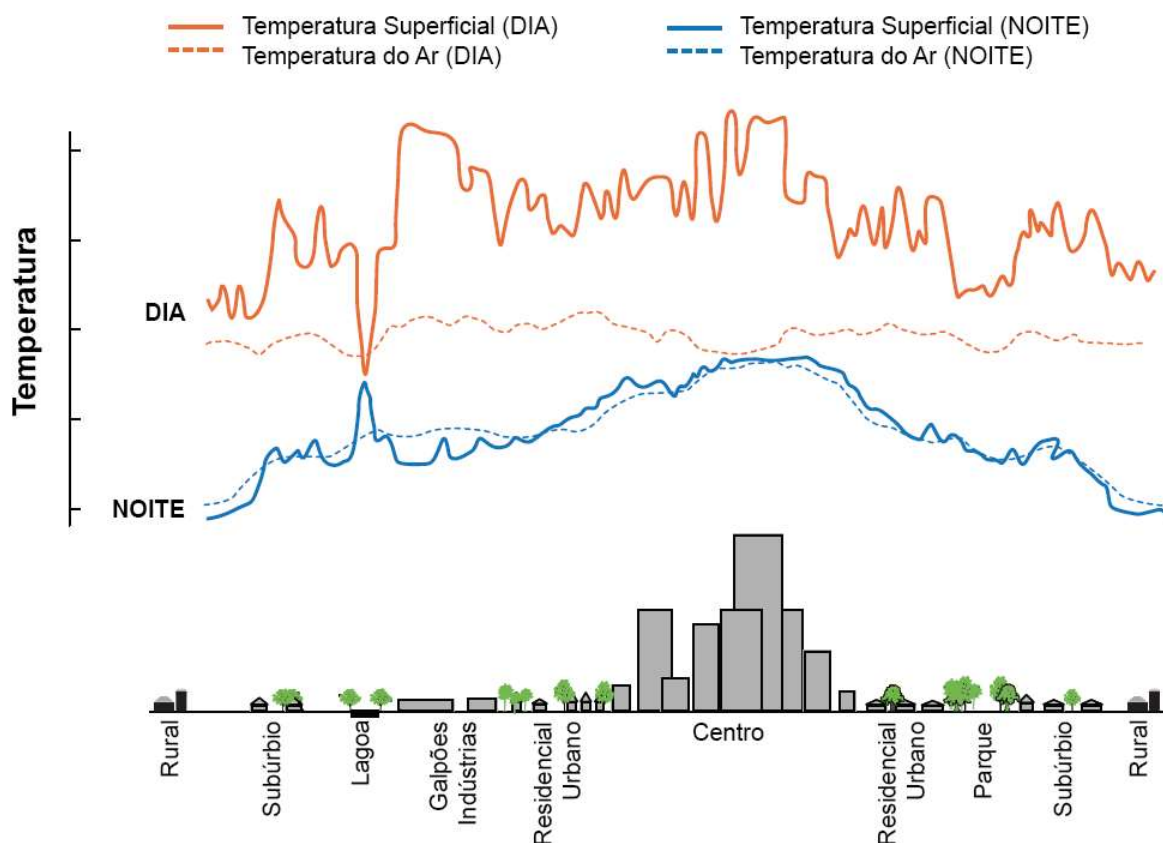
Yang *et al.* (2010) e Van Hove *et al.* (2015) enunciaram que o efeito de intensidade das ilhas de calor urbanas está significativamente relacionado as frações de superfície impermeáveis e permeáveis, mas principalmente aos edifícios. Estes autores consideraram a altura média dos mesmos e a relação entre densidades construtivas, como parâmetros para explicitar essa variabilidade intra-urbana.

Correa *et al.* (2006) descreve que a presença de espaços verdes nas cidades pode oferecer no período do verão a proteção solar, enquanto auxiliam na redução das temperaturas urbanas, além de outros fatores. Santamouris (2001) relata a contribuição efetiva da presença de árvores no espaço urbano para o arrefecimento e a diminuição no consumo de energia.

Du *et al.* (2016) relata que para a redução da temperatura de superfície, a adequação da configuração de variáveis de cobertura de solo se apresenta como mais eficiente e efetiva do que alterações na composição destas mesmas variáveis na paisagem.

Como é possível verificar na Figura 07, as temperaturas de superfície e atmosféricas, além de variarem de acordo com as estações do ano, condições climáticas e intensidade de radiação, também variam de acordo com os diferentes usos do solo. Durante o período diurno é possível verificar uma maior variação na temperatura de superfície, porém quando analisado o período noturno o comportamento das duas temperaturas é semelhante (EPA, 2011).

Figura 07 – Perfil da temperatura do ar e temperatura de superfície.



Fonte: adaptado de EPA (2011).

As ilhas de calor podem ser caracterizadas por intensidades variáveis. Essas intensidades ocorrem segundo Brazel *et al.* (2000) devido as características das cidades, ao tamanho da população, e a densidade de construções. Outros fatores que também influenciam nesta variabilidade segundo Carnahan e Larson (1990) são os dias da semana e a cultura local, fatores estes que também sofrem variações diurnas e sazonais.

Segundo o estudo realizado por Arnfield (2003), após uma análise temporal (1980 a 2000) dos estudos de intensidade de ilha de calor em áreas urbanas, verificou-se que estas podem variar de diferentes formas quando relacionadas a diversos parâmetros. Assim, a intensidade decresce quando do aumento da velocidade do vento, com o aumento da nebulosidade e podem desaparecer durante o período diurno. Quando analisado o aumento desta intensidade, este pode ser verificado com mais frequência no período noturno e tende ainda a aumentar nos períodos mais quentes do ano. Ainda, quando avaliadas as taxas de aquecimento e resfriamento, estas são mais evidenciadas nas áreas rurais do que nas áreas urbanas.

As ilhas de calor são resultado em parte das propriedades físicas da paisagem urbana e da liberação de calor para o meio ambiente através do uso de energia para as atividades antropogênicas. Devido a redução cada vez maior das superfícies permeáveis e vegetativas, a energia incidente é convertida em fluxos de calor sensíveis à superfície, gerando uma redução na capacidade de troca de calor excessivo pelo calor latente (OKE, 1987).

3.2 Zonas Climáticas Locais

Com o processo de urbanização as modificações exercidas sobre a natureza geram impactos que em grande parte a prejudicam e também ao ser humano. Estas alterações são resultado da transformação do uso e ocupação do solo, assim como o emprego de materiais de construção nas edificações componentes deste espaço (OKE, 1987). Gomes (2007), Lima e Mota (2011) e Costa *et al.* (2013) demonstraram as diferenças de comportamento térmico quando analisadas superfícies construídas e naturais, no intuito de correlacionar a qualidade do ambiente urbano com o clima.

Oke (1981) destaca a tendência de adensamento dos centros urbanos como um dos fatores que evidencia a verticalização das construções em áreas já dotadas de infraestrutura, decorrentes da atração do crescimento imobiliário. Com esta modificação da paisagem e da geometria dos centros urbanos tem-se como consequência, o aumento de áreas de sombreamento e redução do acesso solar as mesmas e a modificação do comportamento dos ventos, sejam elas reduzindo a velocidade devido a configuração espacial de obstáculos construtivos ou a potencialização dos mesmos, gerando corredores de ventos em áreas específicas (KLEEREKOPER; VAN ESCH; SALCEDO, 2012). Estas consequências geradas pelo processo de adensamento evidenciam a geometria dos cânions urbanos como um dos parâmetros que corroboram as mudanças nas condições climáticas desta escala de análise e das conseguintes a esta.

Com base na metodologia das Zonas Climáticas Locais (LCZ), Stewart e Oke (2012) desenvolvem um sistema de classificação da paisagem baseando-se no clima de paisagens urbanas e rurais com o objetivo de padronizar os estudos sobre ilhas de calor.

3.2.1 Classificação (Sistema e Metodologia)

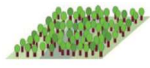



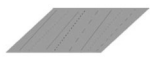

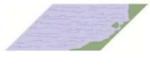
As Zonas Climáticas Locais se estendem horizontalmente por centenas de metros a dezenas de quilômetros e tem por definição regiões com materiais, estrutura, cobertura de superfícies uniformes e atividades humanas semelhantes. Cada Zona Climática Local é caracterizada de acordo com um determinado regime de temperatura sobre superfícies secas, com atmosfera calma, noites claras em áreas com relevo suave e devem possuir um diâmetro mínimo de 400 á 1000m (ou seja, um raio de 200 á 500m) (STEWART e OKE, 2012). O sistema compreende a categorização de 17 Zonas Climáticas Locais (Tabela 03 e 04), sendo 15 definidas pela morfologia de superfície e cobertura de solo, e 02 pelo uso do solo e material de construção componentes deste uso, sendo que o conjunto padrão é setorizado em dois, as tipologias construídas – LCZ 1 á 10, e as tipologias de cobertura de solo – LCZ A á G. Como um aprofundamento mais específico quanto ao uso do solo e a morfologia e geometria urbana, as classificações das Zonas Climáticas Locais complementam a tradicional diferenciação de área urbana e área rural. Uma vez que apresentam um detalhamento de parâmetros influentes ao clima urbano, e que caracterizam as propriedades do local, possibilitando desta forma, uma análise mais apurada e condizente a magnitude da ilha de calor através da distribuição da temperatura entre estas diferentes classificações (STEWART, 2011).

Tabela 03 – Definições sintetizadas das Zonas Climáticas Locais – Tipologias da Construção.

Tipologia da Construção	Descrição
<p>1. Maciço de edifícios altos</p> 	<p>Densa mistura de edifícios altos. Poucas ou nenhuma árvore. Cobertura do solo é principalmente pavimentada. Materiais de construção de concreto, aço, pedra e vidro.</p>
<p>2. Maciço de edifícios médios</p> 	<p>Mistura densa de edifícios médios (3-9 pavimentos). Poucas ou nenhuma árvore. Cobertura do solo é principalmente pavimentada. Materiais de construção de pedras, tijolos, ladrilhos e concreto.</p>
<p>3. Maciço de edifícios baixos</p> 	<p>Densa mistura de prédios baixos (1-3 pavimentos). Poucas ou nenhuma árvore. Cobertura do solo principalmente pavimentada. Materiais de construção de pedras, tijolos, ladrilhos e concreto.</p>
<p>4. Espaço aberto com edifícios altos</p> 	<p>Arranjo aberto de edifícios altos. Abundância de cobertura de solo permeável (plantas baixas, árvores dispersas). Materiais de construção de concreto, aço, pedra e vidro.</p>
<p>5. Espaço aberto com edifícios médios</p> 	<p>Arranjo aberto de edifícios médios (3-9 pavimentos). Abundância de cobertura de solo permeável (plantas baixas, árvores dispersas). Materiais de construção de concreto, aço, pedra e vidro.</p>
<p>6. Espaço aberto com edifícios baixos</p> 	<p>Arranjo aberto de edifícios baixos (1-3 pavimentos). Abundância de cobertura de solo permeável (plantas baixas, árvores dispersas). Materiais de construção de madeira, tijolos, pedras, telhas e concreto.</p>
<p>7. Adensamento de Edifícios baixos leves</p> 	<p>Densa mistura de edifícios baixos. Poucas ou nenhuma árvore. A cobertura de solo expostos. Materiais de construção leves (por exemplo, madeira, palha, metal ondulado).</p>
<p>8. Grandes edifícios baixos, galpões</p> 	<p>Arranjo aberto de grandes edifícios baixos (1-3 pavimentos). Poucas ou nenhuma árvore. Cobertura do solo principalmente pavimentada. Materiais de construção de aço, concreto, metal e pedra.</p>
<p>9. Escassamente construído</p> 	<p>Arranjo com pequenos ou médios edifícios em um ambiente natural. Abundância de cobertura de solo permeável (plantas baixas, árvores dispersas).</p>
<p>10. Indústria pesada</p> 	<p>Estruturas industriais de baixa gabarito e de médio alcance (torres, tanques, pilhas). Poucas ou nenhuma árvore. A cobertura de solo é principalmente pavimentada. Materiais de construção de metais, aço e concreto.</p>

Fonte: adaptado de Stewart e Oke (2012).

Tabela 04 – Definições sintetizadas das Zonas Climáticas Locais – Tipologias de Cobertura de Solo.

Tipologias de Cobertura de Solo	Descrição
A. Árvores adensadas 	Paisagem fortemente arborizada de árvores decíduas e/ou de folhas perenes. A cobertura do solo é principalmente permeável (plantas baixas). A função da zona é floresta natural, cultivo de árvores ou parque urbano.
B. Árvores dispersas 	Paisagem levemente arborizada de árvores de folha caduca e/ou de folhas perenes. A cobertura do solo é principalmente permeável (plantas baixas). A função da zona é floresta natural, cultivo de árvores ou parque urbano.
C. Arbustos 	Arranjo aberto de arbustos e árvores curtas e lenhosas. A cobertura do solo é principalmente permeável (solo exposto ou areia). A função da zona é arvoredos natural ou agricultura.
D. Gramíneas / Forrações 	Paisagem com gramíneas, forrações ou culturas herbáceas. Poucas ou nenhuma árvore. Função de zona é pastagem natural, agricultura ou parque urbano.
E. Pavimentação / Pedra exposta 	Paisagem com pedra exposta ou cobertura pavimentada. Poucas ou nenhuma árvore ou planta. A função da zona é o deserto natural (rocha) ou o transporte urbano.
F. Solo exposto / Areia 	Paisagem com solo exposto ou areia. Poucas ou nenhuma árvore ou planta. A função da zona é deserto ou agricultura natural.
G. Água 	Corpos de água grandes e abertos, como mares e lagos, ou pequenos corpos, como rios, reservatórios e lagoas.

Fonte: adaptado de Stewart e Oke (2012).

A definição de cada Zona Climática Local é resultante de um conjunto de dados que configuram e caracterizam as propriedades geométricas e de cobertura de superfície e propriedades térmicas, radiativas e metabólicas. O primeiro grupo de dados tem como parâmetros, fator de visão do céu (FVC), aspecto de ratio ou relação H/W (H/W), fração de superfície edificada (% Edif.), fração de superfície impermeável (% Imp.), fração de superfície permeável (% Perm.), altura dos elementos de rugosidade (Alt. Rug.) e classe de rugosidade (Cls. Rug.). O segundo grupo aborda os parâmetros de admitância de superfície (Adm. Sup.), albedo superficial (Alb. Sup.) e saída de calor antropogênico (Clr. Ant.). Os valores referentes a cada Zona Climática Local são apresentados na Tabela 05.

Tabela 05 – Valores de propriedades geométricas, cobertura de superfície, propriedades térmicas, radiativas e metabólicas das Zonas Climáticas Locais.

LCZ	FVC	H/W	% Edif.	% Imp.	% Perm.	Alt. Rug.	Cls. Rug.	Adm. Sup.	Alb. Sup.	Clr. Ant.
1	0.2-0.4	>2	40-60	40-60	<10	>25	8	1.5-1.8	0.1-0.2	50-300
2	0.3-0.6	0.75-2	40-70	30-50	<20	10-25	6-7	1.5-2.2	0.1-0.2	<75
3	0.2-0.6	0.75-1.5	40-70	20-50	<30	3-10	6	1.2-1.8	0.1-0.2	<75
4	0.5-0.7	0.75-1.25	20-40	30-40	30-40	>25	7-8	1.4-1.8	0.12-0.25	<50
5	0.5-0.8	0.3-0.75	20-40	30-50	20-40	10-25	5-6	1.4-2.0	0.12-0.25	<25
6	0.6-0.9	0.3-0.75	20-40	20-50	30-60	3-10	5-6	1.2-1.8	0.15-0.35	<25
7	0.2-0.5	1-2	60-90	<20	<30	2-4	4-5	0.8-1.5	0.15-0.35	<35
8	>0.7	0.1-0.3	30-50	40-50	<20	3-10	5	1.2-1.8	0.15-0.25	<50
9	>0.8	0.1-0.25	10-20	<20	60-80	3-10	5-6	1.0-1.8	0.12-0.25	<10
10	0.6-0.9	0.2-0.5	20-30	20-40	40-50	5-15	5-6	1.0-2.5	0.12-0.2	>300
A	<0.4	>1	<10	<10	>90	3-30	8	-	0.1-0.2	0
B	0.5-0.8	0.25-0.75	<10	<10	>90	3-15	5-6	1.0-1.8	0.15-0.25	0
C	0.7-0.9	0.25-1	<10	<10	>90	<2	4-5	0.7-1.8	0.15-0.3	0
D	>0.9	<0.1	<10	<10	>90	<1	3-4	1.2-1.6	0.15-0.25	0
E	>0.9	<0.1	<10	>90	<10	<0.25	1-2	1.2-2.5	0.15-0.3	0
F	>0.9	<0.1	<10	<10	>90	<0.25	1-2	0.6-1.4	0.2-0.35	0
G	>0.9	<0.1	<10	<10	>90	-	1	1.5	0.02-0.1	0

Fonte: adaptado de Stewart e Oke (2012).

Stewart e Oke (2012) enunciam que a combinação dos valores quando realizado o levantamento dos parâmetros em outros estudos de casos não será necessariamente exata, sendo improvável que os valores combinem perfeitamente com os valores da propriedade da superfície de uma classe LCZ. Assim, o processo de seleção das classes com melhor ajuste deverá ser realizado através de uma interpolação ao invés de uma correspondência direta.

Os valores correspondentes a cobertura da superfície deve orientar em primeiro plano a interpolação avaliando as diferenças principais entre a configuração mais próxima e o estudo de caso analisado. Como alternativa, Stewart e Oke (2012) propõe a subclassificação representando combinações de tipologias construídas, tipologias de cobertura de solo e propriedades do mesmo. A nomenclatura destas novas subclasses, sendo ela LCZ X_{ai} se apropria de uma classe “pai” – “X” – que corresponde ao maior número combinações próximas a classificação base, “a” que corresponde ao segundo maior número combinações também próximos a classificação base e “i”, quando aplicável, a propriedade de cobertura de solo variável. A subclassificação são justificáveis quando as características secundárias de um determinado estudo de caso possam gerar interferências e afetarem diretamente o clima local, ou que possam estar relacionadas aos objetivos de uma investigação climática.

Stewart e Oke (2012) propõem que a magnitude das ilhas de calor seja representada pela diferença de temperatura entre Zonas Climáticas Locais e não apenas a diferença entre o urbano e rural. Assim, é possível averiguar as superfícies comuns e as características dos estudos de caso comparados, evidenciando e facilitando o reconhecimento das influências urbanas e não-urbanas sobre a temperatura.

3.2.2 Aplicação em trabalhos recentes

É possível averiguar a eficiência desta metodologia, uma vez que estudiosos vêm apresentando resultados significativos a análise climática de cidades no Brasil como Pelotas/RS (COLLISCHONN e MATTOS, 2011) e Campinas/SP (PEZZUTO e SILVA, 2003; MONTEIRO e PEZZUTO, 2017) e no exterior como Mendoza, Argentina (PULIAFITO *et al.*, 2013), Hamburgo, Alemanha (BECHETEL *et al.*, 2015), Phoenix-AZ, Estados Unidos (MIDDEL *et al.*, 2014) e Dublin, Irlanda (ALEXANDER e MILLS, 2014).

Alexander e Mills (2014) elaboraram um estudo de ilhas de calor em Dublin, Irlanda, desenvolvendo um mapeamento das Zonas Climáticas Locais presente no recorte definido por tal, com o intuito de criar uma campanha de observação das condições ideais através de dados meteorológicos. Sendo assim, foram locadas seis estações meteorológicas e foi realizado o

planejamento de rotas transversais de medições móveis através das Zonas Climáticas Locais mapeadas com o intuito de observar as condições de temperatura do ar no contexto de cada tipo de LCZ.

Considerando as condições ideais para a verificação das ilhas de calor, foram detectadas diferenças máximas de temperatura do ar no período noturno de mais de 04°C entre diferentes LCZ's. O estudo permitiu averiguar uma padronização das ilhas de calor decorrente do tipo de LCZ e as magnitudes das mesmas, podendo explicar a variação intra-urbana (ALEXANDER e MILLS, 2014).

Segundo Xian e Crane (2006), ferramentas de sensoriamento remoto e geoprocessamento vem se tornando importantes nos estudos relacionados às ilhas de calor urbanas. Tais ferramentas auxiliam na interpretação da espacialização das temperaturas do ar e superficial e no mapeamento do uso do solo através de imagens de satélites e suas composições de bandas.

A utilização do geoprocessamento como ferramenta da análise foi verificada em diversas pesquisas que tem como objetivo o mapeamento climático urbano através de Zonas Climáticas Locais, metodologia de classificação da paisagem proposta por Stewart e Oke (2012) (GALL *et al.*, 2015; BECHTEL *et al.*, 2015; LEHNERT *et al.*, 2015).

Destaca-se nesta metodologia conjunta a organização World Urban Database and Access Portal Tools (WUDAPT), desenvolvida como uma iniciativa para coletar dados sobre a forma e função das cidades. Esta organização tem por objetivos gerais a utilização da classificação de Zonas Climáticas Locais como ponto de partida para caracterizar de forma consistente as cidades, a utilização da ferramenta Geo-Wiki como auxílio na caracterização dos tipos de cobertura do solo dentro das LCZ's, o desenvolvimento de novas ferramentas, a fim de obter informações de novos componentes de caracterização destas LCZ's, como materiais de construção por exemplo, o fornecimento aberto e disponível do conjunto de dados para pesquisadores de todo o mundo como forma de auxílio e embasamento e o também fornecimento das ferramentas básicas do portal permitindo a comparação pelos usuários com uma grade de referência especificada (WORLD URBAN DATABASE, 2017).

Um estudo em Colombo, Sri Lanka, tem por objetivo a classificação da cidade em Zonas Climáticas Locais a fim de explorar as implicações desta

metodologia no planejamento urbano levando em consideração o clima. A classificação utilizada foi a partir de classificação supervisionada para a obtenção dos metadados, seguindo os protocolos estabelecidos pelo World Urban Database e do Access Portal Tools (WUDAPT) (PERERA e EMMANUEL, 2016). A partir das etapas definidas por Stewart e Oke (2012) foram coletadas as informações iniciais através de mapas detalhados e do sistema de informações geográficas e posteriormente o refinamento dos dados com verificações *in loco* e também através do Google Earth para a definição de cada bloco tipológico inicial. A Zona Climática Local relevante para cada bloco foi determinada correlacionando os dados observados com o da diretriz de seleção desenvolvida por Stewart e Oke (2012, 2014). Considerando o crescimento orgânico de Colombo nos últimos anos, houve em diversos casos a necessidade de subclassificação das Zonas Climáticas Locais, sendo assim foram consideradas em ordem de prioridade, os tipos de construção, as propriedades de construção, os tipos de cobertura do solo e as propriedades sazonais da cobertura do solo.

Perera e Emmanuel (2016) enunciam que a flexibilidade oferecida por tal metodologia deve ser tratada com cautela, uma vez que possui, assim como todos os sistemas de classificação, uma abordagem de natureza reducionista, além de identificar a necessidade de personalizar o mapeamento LCZ para suportar o sistema de subclassificação. Outra questão, refere-se à aplicação universal desta metodologia, embora os intervalos determinados pela metodologia sejam embasados na influência dos mesmos sobre o clima urbano, tal sistema também deve compreender as realidades socioeconômicas e políticas de cada região.

As cidades indianas possuem uma ocupação heterogênea de tipologias construídas e, devido a complexidade de uso do solo, o mapeamento das Zonas Climáticas Locais de tais cidades se torna dificultosa. Kotharkar e Bagade (2017) abordaram os problemas relacionados à identificação e classificação das LCZ's na cidade de Nagpur, Índia. A aplicação da metodologia neste estudo de caso se deu em três escalas de abordagem, sendo estas respectivamente 1000m, 500m e 250m. Ao final foram determinadas, 07 tipos de LCZ padrão, 07 de tipos naturais e 07 subclasses como resultado de associação de duas ou mais classes de tipologia construída. Na primeira abordagem de escala – 1000 metros – a

classificação das LCZ's foi determinada por imagens de satélite do Google Earth Pro. A segunda – 500 metros – foi realizada através de imagens de satélite Landsat processadas com o intuito de verificar as classes naturais em áreas urbanas. A terceira se utiliza de um conjunto de dados extraídos de imagens de satélite de resolução de 15m por pixel a fim de determinar os índices de fração de superfície de construção, altura de rugosidade, proporção e os parâmetros da cobertura vegetal e assim a atribuição a cada LCZ. O processo de refinamento das delimitações de cada LCZ, que configura a quarta etapa, foi realizado após as três etapas iniciais e envolve a verificação das LCZ's mapeadas. Ao final, a escala de análise de 500 metros foi eleita a mais apropriada, uma vez que também se encontra dentro do intervalo proposto por Stewart e Oke (2012).

Kotharkar e Bagade (2017) abordam a classificação de uma maneira a melhorar os aspectos de mapeamento das Zonas Climáticas Locais a fim de produzir um mapeamento mais detalhado, considerando subclasses e seus limites. Sendo assim, este estudo fornece uma configuração para melhor entendimento das áreas críticas da cidade, onde o planejamento urbano deverá concentrar seus estudos.

A seguir, serão apresentados brevemente os principais parâmetros de definição das Zonas Climáticas Locais, como fatores isolados e seu significado em relação ao ambiente térmico urbano.

3.3 Os parâmetros e variáveis da morfologia urbana

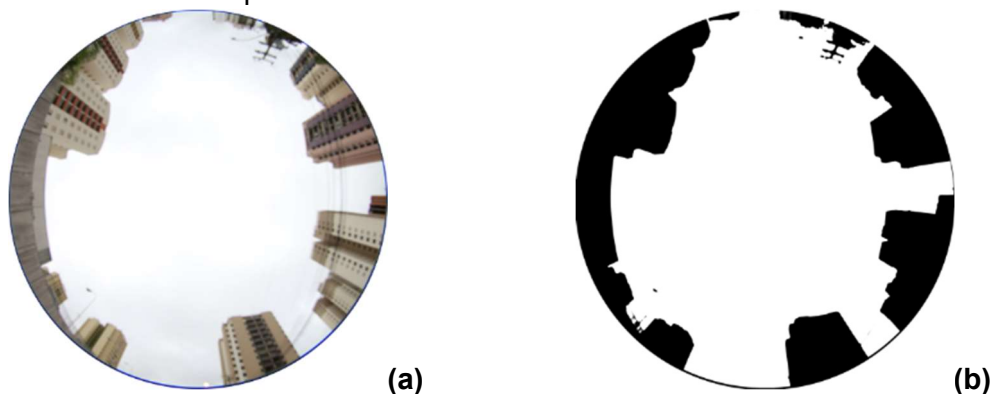
3.3.1 Fator de visão do céu

O fator de visão do céu (FVC) representa uma estimativa da área visível de céu e indica a relação geométrica entre a terra e o céu, portanto se trata de um parâmetro adimensional (SOUZA *et al.*, 2010). Sendo assim, este parâmetro avalia a fração de obstrução do fluxo de radiação por qualquer edificação, elemento ou equipamento urbano presentes na abóbada celeste, quando avaliado a posição do observador dentro da camada intra-urbana.

Seu valor numérico (Ψ), corresponde a razão entre a porção de céu visível e o céu potencialmente disponível, analisados a partir de um mesmo ponto. Este valor varia de 0 (zero) até 1, sendo que o valor 1 corresponde a uma área sem qualquer obstrução (CHAPMAN, 2007). Para a determinação deste parâmetro,

diversas técnicas e metodologias são utilizadas, como métodos analíticos (OKE, 1981, *apud* ELIASSON, 1996), métodos fotográficos associados ao processamento destes dados como exemplificado na Figura 08 (CORREA *et al.*, 2005), sistemas de modelagem 3D associados ao Sistema de Informações Geográficas (SOUZA; RODRIGUES; MENDES, 2003) e associados ao GPS (CHAPMAN; THORNES, 2004), porém muitas estão sujeitas a imprecisões. Para Champman (2000), o cálculo deste parâmetro obtido a partir do processamento de fotografia gerada pela lente “olho de peixe” é um dos mais precisos.

Figura 08 – Exemplo de Fotografia para calcular o parâmetro Fator de Visão do Céu (a) Fotografia com lente “olho de peixe” original; (b) Fotografia tratada para cálculo do parâmetro.



Fonte: da autora, 2017.

Conforme proposto por Oke (1981) e também desenvolvido tecnicamente por Ratti e Richens (1999) este parâmetro garante a previsão da intensidade máxima de ilha de calor em áreas urbanas, se tornando um importante parâmetro para também caracterização da geometria, da densidade e do equilíbrio térmico destas áreas (SOUZA *et al.*, 2010).

Ao explorar o parâmetro de fator de visão do céu e o ambiente térmico urbano, Blankenstein e Kuttler (2003) constatou que a quantidade de radiação de onda longa tende a aumentar cerca de 27,30% nos locais onde o FVC se aproxima de 0,4, devido a uma quantidade adicional destas ondas que estariam armazenadas devido a geometria e configuração dos edifícios.

Jamei *et al.* (2016) contataram que o contexto sobre o qual o cânion está inserido na malha urbana tem forte relação no efeito do FVC sobre as condições térmicas do local. Givoni (1998), em relação a intensidade de ilha de calor urbana, verifica que devido ao menor acesso da radiação de ondas longas

durante o dia no período de aquecimento, locais onde o FVC possui valor baixo caracterizam baixos registros de temperatura do ar. No período de resfriamento, estes mesmos locais, caracterizam altos registros de temperatura do ar devido ao aprisionamento da radiação dentro do cânion, influenciando no período de resfriamento noturno. Correa *et al.* (2012) corrobora a partir de estudos desenvolvidos em Mendoza, Argentina, a dependência das radiações solares absorvidas e reemitidas pelo FVC.

3.3.2 Relação H/W

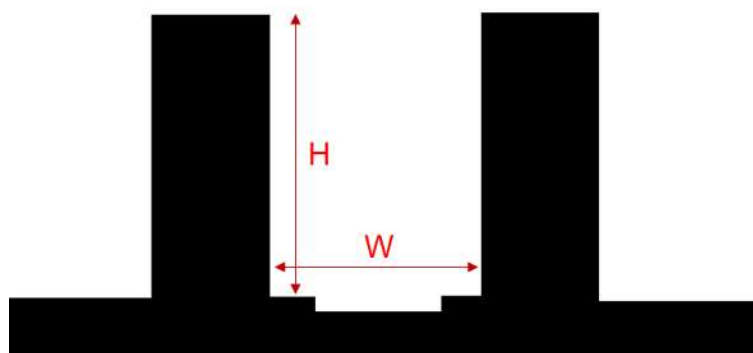
Um dos fatores normalmente relacionados a formação de ilhas de calor urbanas é a geometria urbana. A variação dos valores de temperatura do ar nos ambientes urbanos quando comparados ao medidos nas áreas adjacentes a cidade, as alterações nos padrões de velocidade e direção dos ventos e na forma de distribuição da radiação são influenciadas diretamente por este fator (NAKATA-OSAKI *et al.*, 2016, PEZZUTO, 2007).

A verticalização das construções representa o adensamento dos centros urbanos decorrentes de um processo de urbanização afetado em grande parte pelo crescimento imobiliário. Segundo Oke (1981), o sombreamento vem como uma consequência desta verticalização, e as combinações no padrão de ocupação destas construções afetam diretamente o acesso a energia solar e consequente modificação no padrão de aquecimento durante o dia, e durante a noite devido a perda de radiação de ondas largas afetam as taxas de resfriamento destas áreas (GRIMMOND, 2007). A modificação dos padrões de comportamento dos ventos como configuração de corredores ou a diminuição da intensidade do mesmo também são consequências desta verticalização (KLEEREKOPER; VAN ESCH; SALCEDO, 2012; MUNIZ, 2007).

Em associação as características da distribuição de elementos da paisagem urbana, o uso antrópico da cidade também se configura como um dos fatores que contribuem para o efeito das ilhas de calor urbanas. O tráfego intenso que acabam por gerar calor e poluentes na atmosfera e as excessivas atividades humanas são citados por Ca, Asaeda e Abu (1998) como exemplo destes fatores.

Ao se considerar a camada de cobertura urbana como escala de estudo do microclima urbano, a configuração da superfície se apresenta com grande complexidade. Para efeito de análise desta superfície urbana, a caracterização dos arranjos pode ser feita através do cânion urbano que representa a configuração geométrica das vias, considerando os elementos construtivos verticais e a própria via como elementos de análise. A interação entre estes elementos, reconhecendo a natureza tridimensional da cobertura urbana, se dá pela relação H/W , definida pela razão entre a altura médias dos elementos verticais (H) e a distância entre eles (W) (Figura 09) (OKE, 1988; NAKATA-OSAKI *et al.*, 2016).

Figura 09 – Cânion urbano / Relação H/W .



Fonte: adaptado de NAKATA-OSAKI *et al.*, 2016.

O cânion urbano pode ser classificado como uniforme quando a relação H/W se aproxima de 1, raso quando este valor for inferior a 0,5 e profundo quando igual ou superior a 2 (AHMAD; KHAREB; CHAUDHRY, 2005). Estudos demonstram uma variação significativa de temperatura do ar quando analisadas diferentes relações H/W . Em clima quente e seco, a temperatura diurna é consideravelmente menor em cânions profundos quando comparados a cânions rasos (EMMANUEL e JOHANSSON, 2006; JOHANSSON, 2006). Em áreas urbanas mais densas, as taxas de resfriamento apresentam aumento significativo, assim como das temperaturas médias, mínimas e máximas quando consideradas a diminuição da relação H/W (GIANNOPOULOU *et al.*, 2010).

Segundo estudos realizados por Muniz-Gäal (2017), verificou-se que o aumento da relação H/W proporcionou uma redução tanto da temperatura superficial quanto da temperatura máxima do ar, e quando do alongamento do

cânion a redução dos mesmos indicadores, mesmo que mínimas também foram verificadas.

A relação H/W, utilizada por Oke (1981) é uma das referências na literatura de clima urbano, mesmo sendo considerado um parâmetro simplista na interpretação da geometria urbana por ser um elemento bidimensional, homogêneo e infinito.

3.3.3 Fração de superfície edificada

Feng e Myint (2015) através de estudos específicos da influência dos edifícios no comportamento da temperatura superficial terrestre verificaram que para edifícios com alturas similares e com o mesmo padrão de materiais, os dados de temperatura coletados registram em sua maioria a energia radiativa emitidas dos telhadas destes edifícios. Porém quando analisados áreas centrais urbanas com configurações de edifícios de alto gabarito, outro fator que gera influencia no aumento da temperatura superficial terrestre é a grande quantidade de emissão de calor antropogênica.

O sombreamento gerado pelos edifícios de médio e alto gabaritos contribui diretamente para um efeito de resfriamento das áreas onde estão implantados, portanto estão negativamente relacionados com a temperatura superficial terrestre (FENG e MYINT, 2015).

Oh *et al.* (2004), a partir de estudos realizados em empreendimentos residenciais, verificaram que os edifícios possuem grande influência no perfil microclimático mesmo que contemplando a disposição de vegetação e proximidade de corpos d'água.

3.3.4 Fração de superfície impermeável

Os grandes centros urbanos caracterizam-se por apresentar grande percentual de asfalto e concreto em sua composição. Estas superfícies possuem albedo e capacidade calorífica para converter e armazenar o calor proveniente da radiação (NAISHI; ZUGANG; LIU, 1998).

A fontes de calor e poluição antropogênica é característica de grande parte das cidades. Bornstein (1987) relata que a rápida urbanização e industrialização atrelada à utilização de superfícies artificiais, como

pavimentações, ruas e telhados de construções, substituindo superfícies de solos naturais (permeáveis) podem mudar significativamente a micro e a meso escala no que diz respeito ao clima, como resultado tem-se, segundo Ayoade (2003), a redução da radiação em ondas curtas.

A configuração e composição da cobertura do solo tem sido amplamente documentada devido sua grande influência na magnitude da temperatura superficial terrestre. Feng e Myint (2015) corroboram que a relação entre o padrão de cobertura do solo e o comportamento da temperatura superficial terrestre se torna mais fraca, uma vez que a grande quantidade de sombra quando analisada áreas de edifícios com gabaritos altos, mitiga o efeito de outros parâmetros no comportamento desta temperatura. O comportamento previsto para áreas com alto percentual de pavimentação e gabaritos altos é de um efeito positivo na temperatura superficial terrestre, porém devido justamente a suas alturas, o sombreamento é um dos fatores que reduz significativamente a capacidade destes pavimentos de absorver e emitir mudanças de energia, sendo assim sua contribuição para a temperatura superficial terrestre diminuída.

3.3.5 Fração de superfície permeável

Quanto à distribuição de áreas verdes em áreas urbanas, o efeito de uma grande e concentrada área verde como seria o caso de parques urbanos não gera grande influência nas condições climáticas, além de suas áreas adjacentes. Porém quando a distribuição de áreas verdes é realizada em menores áreas e maior quantidade – espalhados pelas áreas urbanas e mescladas entre quadras, os benefícios gerados pela mesma é distribuído por uma maior parcela da cidade (ASSIS, 1990; GIVONI, 1998; SPIRN (1995).

Segundo Feng e Myint (2015), o papel da vegetação se modifica quando analisadas áreas com composição de edificações em diferentes gabaritos. Em áreas de edifícios de gabarito baixo a vegetação tem um forte efeito contribuindo para o resfriamento destas áreas, principalmente quando se trata de vegetação alta que protege a superfície destes edifícios baixos. Em áreas com edifícios de meia altura, ou gabarito médio, a vegetação não tem grande contribuição, pois mesmo que auxiliem na diminuição das temperaturas, o próprio sombreamento dos edifícios e o aumento dos índices de umidade já contribui para o efeito de

resfriamento. Quando analisados o impacto da vegetação em áreas de edifícios com gabaritos altos, este surge quando analisadas áreas de maior abrangência.

Duarte e Serra (2003) propõe que a contabilização de áreas verdes na cidade deve ser determinada em função da densidade construída e não em função do número de habitantes, sendo diferenciada a cada bairro ou zona da cidade.

Soleckia *et al.* (2005) indica que quando analisado o efeito na área intra-urbana, a vegetação aplicada em suas diversas tipologias, como bosques, parques, canteiros centrais, praças, passeios e até mesmo quintais de residências, auxiliam no resfriamento da mesma. Dois conceitos, segundo Magalhães (2006), são utilizados no Brasil para caracterizar a vegetação em áreas urbanas, Arborização Urbana e Florestas Urbanas.

Em pesquisa na cidade de São Paulo, Lombardo (1985) estima o percentual de 30% como índice de cobertura vegetal seria considerado o recomendável para a fim de proporcionar às áreas urbanas o balanço térmico adequado. Ainda na cidade de São Paulo, Minella, Honjo e Kruger (2012) ao analisarem áreas com a morfologia e geometria urbana semelhantes, porém com variação significativa na vegetação, pôde-se analisar que a variação da temperatura do ar nestas áreas chegou em até 10,20°C no período da manhã (10h00).

Em estudo realizado na Cidade do México, especificamente no Parque Chapultepec, foram encontradas variações de 02 e 03°C menores quando comparadas as adjacências construídas. No entanto, a presença do parque quando analisada a área de influência do mesmo, chega a alcançar a mesma extensão de sua largura, ou seja, 02 km (JAUREGUI, 1990).

Ainda em relação a área de influência, Honjo e Takakura (1990) determinaram a partir da pesquisa realizada que áreas verdes com extensão de 100 metros, possuem uma área de influência de até 300 metros. Porém mesmo quando as extensões destas áreas verdes sejam superiores a 100 metros, a área de influência não ultrapassa 400 metros. A variação das dimensões das áreas verdes e a proximidade entre as mesmas configura diferentes efeitos de resfriamento referente as mesmas.

Ao comparar o efeito da vegetação na variabilidade das características climáticas de duas cidades, Campinas – Brasil e Mendonza – Argentina, Pezzuto

et al. (2015) demonstram que o aumento deste efeito aplicado a cenários urbanos oferece potencial na melhoria das condições de habitabilidade térmica destes espaços. Sendo assim, este benefício pode ser verificado tanto no período de aquecimento, quanto no período de resfriamento, se evidenciando como influência na temperatura máxima do ar. Ainda em relação as duas cidades analisadas na pesquisa acima, Alchapar *et al.* (2016) indicam que o efeito de diminuição da temperatura do ar é maior no clima tropical de altitude do que no caso de clima quente e seco, enfatizando que as variáveis climáticas que não são controláveis, tais como, radiação solar, umidade relativa, velocidade do vento, etc. determinam a magnitude do efeito de cada estratégia de mitigação.

3.3.6 Altura dos elementos de rugosidade

Segundo Stewart e Oke (2012), este parâmetro é calculado pela média geométrica das alturas dos elementos de rugosidade (em metros), sendo eles edifícios, árvores e plantas.

YANG *et al.*, (2010) evidencia que o fator de sombreamento causado pelas diferentes alturas das edificações pode distorcer e diluir o comportamento de outros parâmetros que influenciam na temperatura superficial terrestre, como por exemplo a relação entre áreas verdes e as próprias características dos elementos de superfície, principalmente o albedo.

Feng e Myint (2015) através de estudos, enunciam que áreas de composição de edifícios de baixo e médio gabaritos estão positivamente relacionadas ao comportamento da temperatura superficial terrestre, uma vez que absorvem e emitem grandes quantidades de energia. Esta relação diminui quando analisados áreas de abrangências maiores desta mesma composição.

Neste estudo por percebido que devido as grandes diferenças de altura entre os gabaritos baixos e altos, e diferenças de localização destes tipos de ocupação – implantação em diferentes áreas da cidade – os efeitos da composição entre os dois tipos de ocupação é relativamente pequeno (FENG e MYINT, 2015).

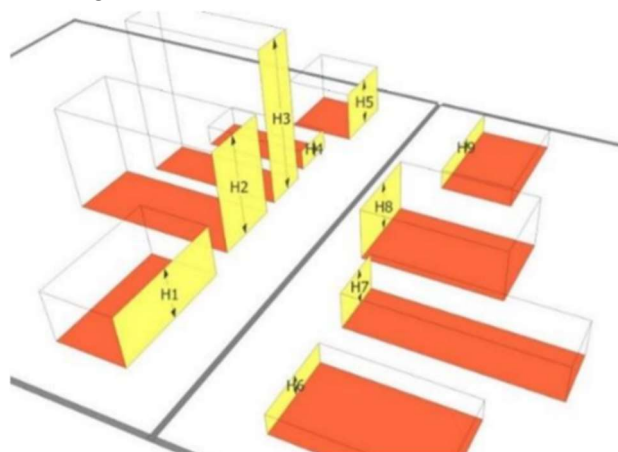
Quando analisado a relação dos edifícios de médio gabarito, estes estão distribuídos de maneira uniforme na malha urbana, sendo considerado uma importante fonte de calor. Esta influência na temperatura aumenta conforme

aumenta a área de abrangência deste tipo de ocupação. No caso deste estudo, devido ao tipo de composição dos edifícios de alto gabarito – distribuídos em bairros planejados, caracterizados com materiais de cores claras nas coberturas e implantados de forma a gerar sombreamento entre eles, a temperatura superficial terrestre neste caso é ainda menor quando comparada as áreas com edifícios de baixo e médio gabaritos (FENG e MYINT, 2015).

3.3.7 Classe de rugosidade do terreno

Outra referência que utiliza como indicador a forma e geometria urbana é o comprimento de rugosidade, que considera como complementação a altura, a área de fachada e a área ocupada pelas edificações (Figura 10). Em sua maioria, este parâmetro é considerado na avaliação dos padrões de fluxo de ventos como é apresentado nos estudos de Zaki *et al.* (2011) e Millward-Hopkins *et al.* (2011).

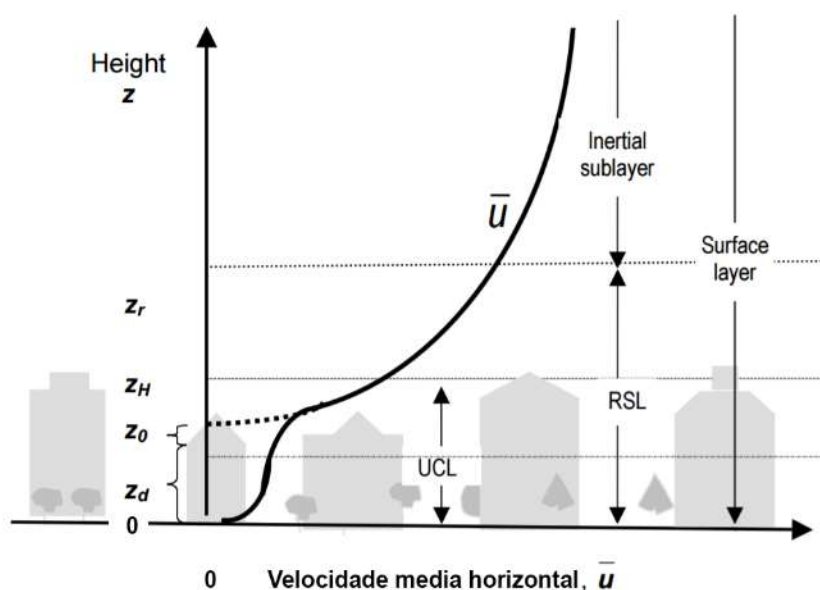
Figura 10 – Classe de Rugosidade.



Fonte: NAKATA-OSAKI *et al.*, 2016.

Segundo Lopes (2003), o comprimento de rugosidade (z_0) está relacionado com a forma, a altura e a densidade de arranjo dos elementos que compõe a superfície urbana, e é definido pela altura na qual a velocidade do vento é zero, tomando como referência o nível do solo. O deslocamento do plano zero (z_d) define a região na qual os parâmetros antrópicos são absorvidos, relacionada diretamente a volumetria dos elementos urbanos. A Figura 11 ilustra estes parâmetros na camada atmosférica urbana.

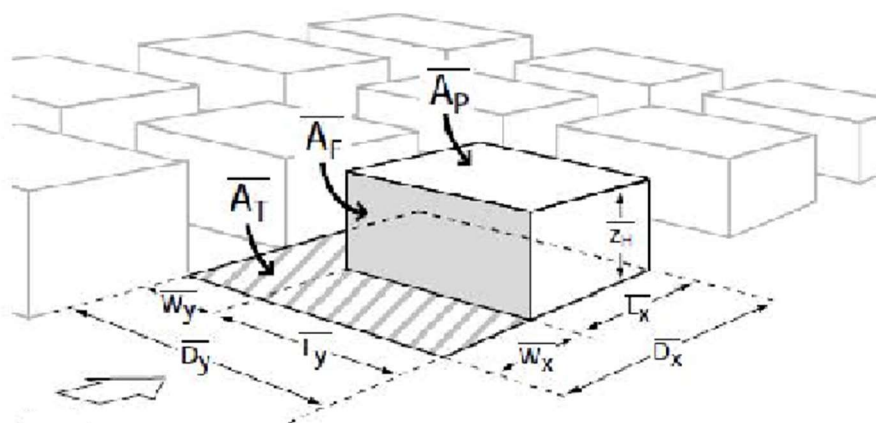
Figura 11 – Perfil genérico de velocidade média do vento (\bar{u}) em uma área urbana densamente ocupada.



Fonte: adaptado de Oke (2006).

As variáveis volumétricas envolvidas para a determinação dos parâmetros de rugosidade nas cidades, segundo Grimmond e Oke (1999), foram a razão da área plana (λ_P) e a razão de área frontal (λ_F), sendo elas resultado da relação da área de projeção dos edifícios (A_P) com a área total analisada (A_T) e a área de fachada a barlavento (A_F) com a área total analisada (A_T) respectivamente (Figura 12).

Figura 12 – Representação das variáveis volumétricas utilizadas para classificação.



Fonte: Grimmond e Oke (1999).

A partir da identificação das formas urbanas que compõem o arranjo da superfície urbana, através da análise visual, é possível dividir classes de mesmo

padrão de ocupação do solo. Assim, como observado na Tabela 06 abaixo, as relações dos valores estimados de z_0 , segundo Davenport *et al.* (2000) e suas classificações em relação as Zonas Climáticas Locais.

Tabela 06 – Classificação do comprimento de rugosidade.

Classe de Davenport	Classe de rugosidade z_0 (m)	LCZ Correspondentes
1. Oceano	0,0002	E, F, G
2. Suave	0,0050	E, F
3. Aberto	0,0300	D
4. Aproximadamente aberto	0,1000	7, C, D
5. Irregular	0,2500	5 – 10, B, C
6. Muito irregular	0,5000	2, 3, 5, 6, 9, 10, B
7. Leve	1,0000	2, 4
8. Caótico	$\geq 2,0000$	1, 4, A

Fonte: adaptado de Davenport *et al.* (2000).

3.3.8 Albedo (material)

O uso de materiais com alta absorvância solar na envoltória das edificações gera um excesso de armazenamento de energia solar nas mesmas e uma redução na taxa de resfriamento da estrutura urbana. Estes fatores associados a alta densidade de edificações em áreas urbanas gera uma elevação na temperatura de superfície e do ar que é ainda mais agravada pela produção de calor antropogênico advinda das atividades da cidade (SANTAMOURIS; SYNNEFA; KARLESSI, 2011; ZANELLA, 2011, GIVONI, 1992).

A fim de buscar alternativas para mitigar o efeito do aumento das temperaturas, a elevação do albedo das superfícies urbanas vem com o intuito de reduzir a porção de radiação solar que é absorvida pelos componentes da envoltória das edificações. A adoção de materiais com alta refletância auxilia na redução da temperatura superficial e do ar durante o dia, sendo assim, quando menor for este acúmulo de energia durante o dia, menor será sua irradiação durante a noite, reduzindo também as temperaturas noturnas (SYNNEFA *et al.*, 2008).

ALCHAPAR *et al.* (2016) descreve diferentes maneiras de reduzir a temperatura do ar urbano em duas cidades, Campinas e Mendoza. A aplicação de materiais com baixo albedo em superfícies verticais (fachadas) e materiais

com alto albedo em superfícies horizontais (pavimentação e coberturas) auxilia na redução da temperatura do ar evitando o aumento da temperatura radiante média. Incorporando a estratégia de aumento das áreas de vegetação em 60% a alteração nos albedos, foi possível verificar uma redução na temperatura do ar de até 6,4 ° C em Campinas e 3,5 ° C em Mendoza.

Li *et al.* (2013) através de um novo sistema de medição de albedo aplicado em materiais de pavimentação comum como asfalto e concreto, pode verificar que o albedo medido no início da manhã e no final da tarde são altos, porém são baixos e constantes ao longo do dia não obtendo variação sazonal significativa do mesmo.

O albedo apresenta grande influência durante o dia em altas temperaturas de superfície do pavimento, porém durante a noite o impacto não é significativo nas baixas temperaturas do mesmo. Através da correlação positiva entre o efeito de resfriamento do albedo e a intensidade máxima da radiação solar, foi possível estimar como estes valores podem variar de acordo com o clima e a estação do ano onde aplicado o material (LI *et al.*, 2013).

Rahdhi *et al.* (2014) a partir de um estudo experimental realizado em Bahrein, avaliaram o impacto da construção com materiais de superfície nas ilhas de calor urbanas. O trabalho verificou que os materiais de cor clara são de extrema importância quando avaliados as ilhas de calor superficiais, e os materiais com baixa capacidade de armazenamento de calor eram significativos auxiliando na redução das ilhas de calor urbanas.

Estudos indicam que os materiais altamente reflexivos, mesmo que podendo aumentar as necessidades de aquecimento dos edifícios, apresentam alto potencial de resfriamento no período de verão (SANTAMOURIS *et al.*, 2011).

A fim de melhorar o conforto térmico e reduzir o efeito da ilha de calor, o uso de revestimentos reflexivos além de melhorarem o conforto dentro da edificação, reduz o uso de energia de refrigeração e contribui para a redução da temperatura do ar devido as transferências de calor (SYNNEFA *et al.*, 2006).

3.4 Tipos de Medições (Instrumentação)

3.4.1 Medições Móveis e Fixas

Com o intuito de detalhar a distribuição horizontal das variáveis climáticas, as medidas móveis são usualmente realizadas a partir de sensores montados em um veículo ou carregados por uma pessoa ao longo de um trajeto específico. Tem-se como uma das principais metodologias pela eficácia de levantamento de dados em uma área representativa do território em um curto espaço de tempo. Porém, algumas limitações destes métodos são evidenciadas como a possibilidade dos sensores estarem sujeitos a influências pontuais de calor antropogênico e a velocidade não ser constante em parte das medições, uma vez que está sujeita às condições de trânsito dos trajetos. Estes estudos foram iniciados por Schmidt (1927), tendo como objetivo a ampliação dos pontos de medições para verificar as alterações microclimáticas nas áreas urbanas (PEZZUTO, 2007).

Esta abordagem de levantamento de dados climáticos tem sido amplamente utilizada em estudos de clima urbano como em Leipzig, Alemanha (SCHWARZ, *et al.*, 2012), Lodz, Polônia (KLYSIK E FORTUNIAK, 1999), Nancy, França (LECONTE *et al.*, 2015) e Mendoza, Argentina (PULIAFITO, *et al.*, 2013).

A fim de verificar as variações urbano-rurais e intra-urbanas na temperatura e umidade do ar na cidade de Ouagadougou, Burkina Faso, Lindén (2010) através de medições móveis e fixas realizou a coleta em dois estudos de caso. Atentando a influência do uso do solo no clima urbano, focada no papel da vegetação nestas áreas. As análises demonstraram que os efeitos de áreas construídas e pavimentadas são limitados, já a vegetação possui importante relação com o clima urbano.

As diferenças médias de temperatura do ar indicaram que as ilhas de calor noturnas atingiram cerca de 1,9°C em áreas urbanas, e 5,0°C em áreas densamente vegetadas em comparação com uma zona rural seca. Estas diferenças térmicas são constantes durante o período noturno, e independem da configuração urbana e rural.

Lindén (2010) conclui que a cobertura de solo em áreas urbanas pode gerar diferenças significativas nas condições físicas do clima urbano quando comparadas cidades de clima tropical e temperado.

Um estudo realizado na cidade de Londres, Reino Unido, durante o verão, leva em consideração as variáveis climáticas que são dependentes dos períodos de céu claro, parcialmente nublado e nublado. Em relação a variação geográfica, pode-se classificar em áreas centrais, urbanas e semi-urbanas. Kolokotroni e Giridharan (2008) verificaram que a maior intensidade de ilha de calor diurna é de 8,9°C, encontrada em uma área semi-urbana durante o período parcialmente nublado. A ilha de calor noturna máxima (8,6°C) pôde ser percebida em uma área urbana durante o período de céu limpo. Foi possível neste estudo validar que o problema de ilhas de calor urbana, neste estudo de caso, é mais evidenciado em áreas urbanas, principalmente em períodos de céu parcialmente nublado. Em períodos parcialmente nublados, a intensidade das ilhas de calor diurna foi de 8,0°C e noturna 7,0°C, condições estas evidenciadas com velocidade do vento abaixo de 5m/s (KOLOKOTRONI e GIRIDHARAN, 2008).

Para um estudo realizado Sheffiels, também no Reino Unido, o levantamento de dados climáticos a partir de medições móveis de ar e superficiais, foi possível observar o típico efeito de ilha de calor urbana é da ordem de 2,0°C, quando em Manchester é da ordem de 4,0°C. Diferença essa devido a dois fatores, presença de mais parques e espaços verdes dentro da cidade e as próprias diferenças sazonais (LEE e SHARPELS, 2008).

Na cidade de Szeged, Hungria, Unger *et al.*, (2001) observaram a variação do fenômeno da ilha de calor ao longo de 12 meses de medições móveis. A intensidade se modificou ao longo das estações e dos meses, devido as condições climáticas prevalentes. A interferência da nebulosidade e da velocidade do vento deve ser considerada quando analisada a intensidade da ilha de calor ao longo do período analisado. Porém nota-se que o perfil típico deste fenômeno é independente das condições climáticas, este é determinado em maior evidencia pelos parâmetros de superfície e geometria urbana.

3.4.2 Tratamento de dados coletados

A vantagem do método de medições móveis para coleta de dados climáticos é a alta densidade espacial de dados medidos em um curto espaço de tempo. Para a validação dos registros das medidas móveis, e a finalidade de

correlacionar os resultados obtidos, é necessário combinar as medições móveis com registros contínuos de medições fixas (PEZZUTO, 2007).

LIU *et al.* (2016) discutem a questão da aplicação do método de medições móveis ter sido amplamente difundida e utilizada, porém poucos estudos incluem uma discussão detalhada me relação as correções temporais dos resultados. E quando estas são realizadas, muitas das vezes empregam métodos relativamente simplificados, sem considerações importantes para tal.

Minako *et al.* (2006) realizaram um estudo para observar os fenômenos de ilha de calor urbana noturna de acordo com a distribuição horizontal da temperatura na cidade de Osaka, Japão. A correção se deu a partir de uma equação a seguir que relaciona os dados medidos dos pontos fixos e móveis e a distância destes pontos fixos até os pontos de medições móveis.

$$ct_i = t_i + \frac{\sum_{k=1}^n \Delta T_k \cdot l_{ik}^{-2}}{\sum_{k=1}^n l_{ik}^{-2}} \quad (1)$$

Dos quais ct é a temperatura corrigida no tempo, t_i é observado no ponto i , ΔT_k é o tempo desde o início da observação até o ponto i . A mudança de temperatura observada no ponto de observação fixo k ($1 \leq k \leq 7$), l é a distância entre o ponto i e o ponto de observação fixo k , n é o número de pontos de observação fixos.

LIU *et al.* (2016) discutem os modelos atuais de correção temporal para os parâmetros meteorológicos obtidos através de medições móveis. Os três modelos de correção temporal, com exemplos típicos, considerando os números das estações meteorológicas de referência e os fatores influentes (o modelo de correção temporal simples adota uma estação meteorológica de referência única, o modelo múltiplo adota mais de uma estação meteorológica de referência, o modelo de múltipla distância considera mais de uma estação climática de referência e a distância das mesmas). A seguir Tabela 07 resume os modelos de correção discutidos.

Tabela 07 – Modelos de correção.

Modelos	Pesquisadores	Nº de Estações Fixas	Equação
Modelo de correção temporal única	Fung et al. (2009) Schwarz et al. (2012) Buttstadt and Schneider (2014)	N = 1	$y_{j, tr} - y_{j, tj} = x_{i, tr} - x_{i, tj}$
Modelo de correção temporal múltipla	Brandsma and Wolters (2012) Masashi et al. (2009)	N > 1	$y_{j, tr} - y_{j, tj} = \sum_{i=1}^N (x_{i, tr} - x_{i, tj}) / N$
Modelo de correção temporal de distância múltipla	Minako et al. (2006)	N > 1	$y_{j, tr} - y_{j, tj} = \sum_{i=1}^N (x_{i, tr} - x_{i, tj}) \cdot l_{ij}^{-2} / \sum_{i=1}^N l_{ij}^{-2}$

3.5 Métodos conjuntos de avaliação do clima urbano no cenário atual

Desde a década de 1970, os estudos na área de clima urbano vêm sendo desenvolvidos com o intuito de relacionar com maior precisão a relação das superfícies urbanas e seus efeitos atmosféricos a partir de aplicações de teorias meteorológicas (MILLS, 2008).

A utilização do geoprocessamento como ferramenta da análise foi verificada em diversas pesquisas que tem como objetivo o mapeamento climático urbano através de Zonas Climáticas Locais, metodologia de classificação da paisagem proposta por Stewart e Oke (2012) (GALL *et al.*, 2015; BECHTEL *et al.*, 2015; LEHNERT *et al.*, 2015).

A aplicabilidade desta metodologia no cenário internacional vem sendo desenvolvida principalmente na identificação da termografia infravermelha das cidades. Novas possibilidades de verificação das ilhas de calor urbanas, e conjuntamente o entendimento das causas efetivas e a combinação das configurações urbanas, foram advenços desta tecnologia de sensoriamento remoto termal, que tem como base a utilização de imagens de satélites e plataformas em aeronaves (OKE, 2003).

Destaca-se nesta metodologia conjunta a organização World Urban Database and Access Portal Tools (WUDAPT), desenvolvida como uma iniciativa para coletar dados sobre a forma e função das cidades. Esta organização tem por objetivos gerais a utilização da classificação de Zonas Climáticas Locais como ponto de partida para caracterizar de forma consistente as cidades, a utilização também da ferramenta Geo-Wiki como auxílio na caracterização dos tipos de cobertura do solo dentro das LCZ's, o desenvolvimento de novas ferramentas, a fim de obter informações de novos componentes de caracterização destas LCZ's, como materiais de construção, por exemplo, o fornecimento aberto e disponível do conjunto de dados para pesquisadores de todo o mundo como forma de auxílio e embasamento e o também fornecimento das ferramentas básicas do portal permitindo a comparação pelos usuários com uma grade de referência especificada (WORLD URBAN DATABASE, 2017).

Como estudo de caso em Pequim, China, Feng e Myint (2015) exploraram a relação entre a temperatura de superfície terrestre dos elementos de construção centrais e os padrões de cobertura do solo em áreas lindeiras, considerando três classificações de edifícios; baixos, médios e altos gabaritos. Foi verificado que a composição das características de cobertura do solo tem maior impacto na temperatura de superfície terrestre em áreas com edifícios de baixo gabarito e é altamente relacionado com a composição de áreas permeáveis e impermeáveis, porém tal relação é limitada a áreas com edifícios de gabarito médio a alto.

Feng e Myint (2015) corroboram que a temperatura de superfície terrestre pode ser mitigada tanto pelo equilíbrio de frações de vegetação e edificações, quanto da otimização de configuração espacial de tais elementos, principalmente para áreas com edifícios de baixo gabarito.

3.5.1 Zonas Climáticas Locais e a coleta de dados climáticos

Outra metodologia de caracterização da temperatura do ar e umidade relativa é a utilização de transectos ou medições móveis. Tem-se como uma das principais metodologias pela eficácia de levantamento de dados em uma área representativa do território em um curto espaço de tempo. Estes estudos foram

iniciados por Schmidt (1927), tendo como objetivo a ampliação dos pontos de medições para verificar as alterações microclimáticas nas áreas urbanas.

Leconte *et al.* (2015) aplica a metodologia de medidas móveis com o intuito de verificar a espacialização da temperatura do ar em cada um das 13 LCZ's caracterizadas no recorte de Nancy, França. Verificou-se que em tipos de LCZ's urbanizados, os valores mais baixos ocorreram durante a noite, possuindo uma variação de 0,5 á 2,0°C, e que as áreas com temperaturas mais baixas ocorreram em tecidos urbanos heterogêneos. Foi possível também verificar que a variação da temperatura média em LCZ's com tipologias mais semelhante chega a 1,0°C, e para LCZ's com tipos mais heterogêneos essa diferença pode chegar até 4,0°C.

Puliafio, *et al.* (2013) através do mapeamento das Zonas Climáticas Locais e de medições móveis e fixas realizadas na cidade de Mendoza, Argentina, avaliaram a influência local de áreas verdes no efeito de ilhas de calor urbana contemplando a microescala como escala de análise. As medições foram realizadas no período do verão de 2003 a 2005. Foi possível identificar que a presença de árvores e parques melhoram o conforto térmico devido ao sombreamento e evapotranspiração causada pelos mesmos.

Outra associação de metodologia foi apresentada por Amorim *et al.* (2009), neste caso foram utilizadas medidas móveis para a análise da distribuição da temperatura do ar e imagens do canal termal do satélite Landsat-7 para a verificação da espacialização da temperatura superficial em um recorte na cidade de Presidente Prudente, São Paulo. Os valores de temperaturas intra-urbana medidos pelos transectos móveis apresentaram condições gerais do ambiente térmico, caracterizando-se como indicador de aquecimento local. Através da leitura da carta termal do Landsat-7 foi possível estabelecer uma relação com a temperatura efetiva dos elementos que compõem a paisagem analisada, assim observou-se que nas duas áreas da cidade que foram caracterizadas como células de ilha de calor central, os materiais construtivos utilizados por apresentarem temperaturas significativamente maiores se caracterizam como menos eficientes do ponto de vista da emissividade e armazenamento de calor.

Assis (2006) discorre sobre a importância do planejamento e da preservação da qualidade físico-ambiental urbana em estudos de climatologias

urbana, mesmo que a aplicação da mesma ainda permaneça limitada. Sendo necessário, portanto, o desenvolvimento de critérios e métodos menos genéricos priorizando a aplicação dos mesmos nos processos de constituição da forma urbana. A integração da análise dos espaços urbanos e a simulação das variáveis climáticas vêm como complementação que podem auxiliar na concepção de critérios e métodos para redefinição da forma urbana.

4 METODOLOGIA

Como sequência de processos e etapas seguidas para atingir o objetivo desta pesquisa tem-se:

Processo Inicial

A caracterização morfológica e climática do município de Campinas/SP, a delimitação do recorte espacial da área de estudo e o reconhecimento das características físicas do recorte através de análise visual.

Processo A: Dados Morfológicos

O Processo A se iniciou com análise preliminar das tipologias de uso e ocupação do solo e geometria urbana presentes no recorte definido para esta pesquisa, seguindo para a determinação dos pontos de análise e áreas de abrangência (200m) a fim de representarem cada uma das tipologias caracterizadas. Em sequência foram calculados, a partir do raio de 200 metros, os parâmetros de classificação das Zonas Climáticas Locais, - fator de visão, do céu, relação H/W, fração de superfície edificada, fração de superfície permeável, fração de superfície impermeável, altura dos elementos de rugosidade e classe de rugosidade do terreno, para cada uma das áreas de abrangências definidas na etapa anterior. Por fim, foi realizada a análise dos valores de parâmetros obtidos com os intervalos de valores definidos para as Zonas Climáticas Locais e então a caracterização e mapeamento das Zonas Climáticas Locais presentes no recorte da área de estudo.

Processo B: Dados Climáticos

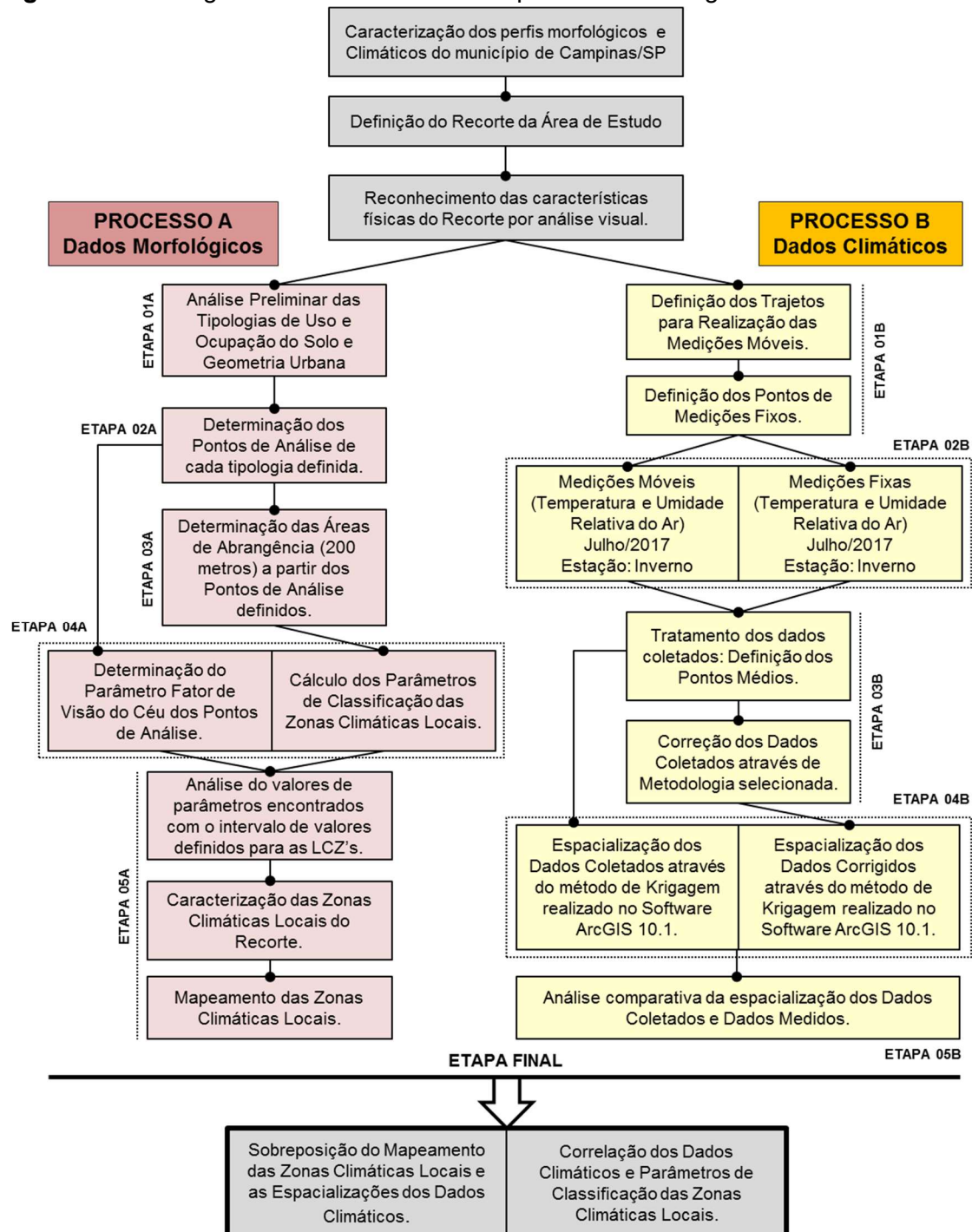
O Processo B se iniciou com a definição dos trajetos a serem realizados as coletas de dados de temperatura e umidade relativa do ar através das medições móveis e a definição dos pontos de medições fixas, seguindo para as próprias medições, realizadas na estação de inverno durante o mês de julho de 2017. A seguir foram realizados os tratamentos dos dados coletados através da definição dos pontos médios e as correções dos dados coletados através da metodologia selecionada. Em sequência foram realizadas as espacializações dos dados coletados e corrigidos pelo método de Krigagem realizado no software ArcGIS 10.1 e por fim a análise comparativa destas espacializações.

A etapa final se resumiu na sobreposição do mapeamento das Zonas Climáticas Locais e das espacializações dos dados climáticos corrigidos e na

análise da correlação dos dados climáticos e os parâmetros de classificação das Zonas Climáticas Locais.

Na Figura 13 a seguir, tem-se o fluxograma da metodologia realizada nesta pesquisa.

Figura 13 – Fluxograma dos Processos e Etapas da Metodologia.



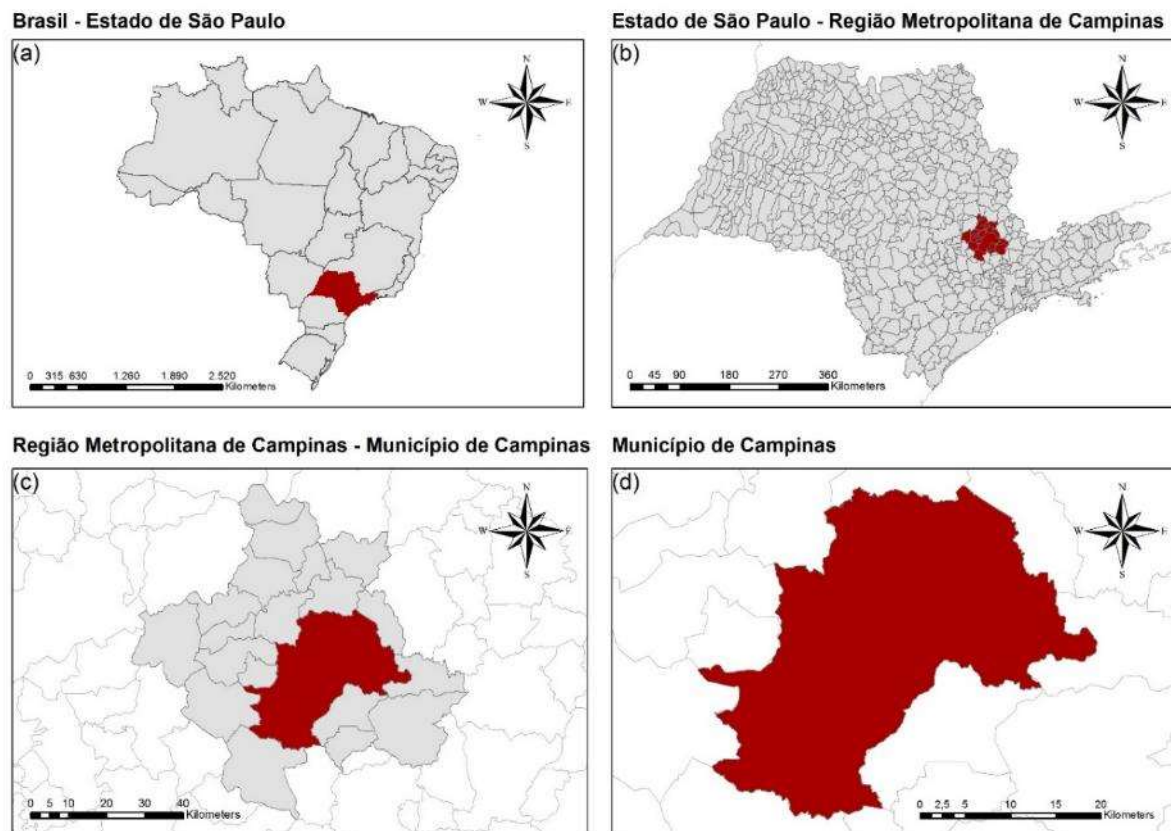
Fonte: da autora, 2017.

4.1 Caracterização do ambiente urbano de estudo: Campinas – SP

A Região Administrativa de Campinas engloba 90 municípios e possui uma população de 9.548.374 habitantes – 23% da população do Estado de São Paulo (IBGE, 2017). A Região Metropolitana de Campinas (Figura 13) integra 20 municípios, é a segunda maior do Estado de São Paulo em população (3.131.528 habitantes) e responsável por 08% do PIB estadual (EMPLASA, 2017).

O município de Campinas (Figura 13) – sede da Região Administrativa de Campinas – está localizado a sudoeste do estado de São Paulo (Latitude S 22°53'20", Longitude O 47°04'40") ocupando uma área total de 796,4 km², sendo que 388,9 km² estão em perímetro urbano e 407,5 km² constituem a zona rural, com altitude média de 680 metros acima do nível do mar. Se caracteriza por uma grande concentração de área construída fragmentada através de vazios urbanos representativos no território. Como objeto inicial de estudo, o município de Campinas – SP (Figura 14) possui um adensamento populacional significativo com 1.173.370 habitantes, um grau de urbanização de 98,28% e uma grande complexidade de uso do solo. (CAMPINAS, 2017; IBGE, 2017).

Figura 14 – Mapas de localização: (a) Localização do Estado de São Paulo no Brasil; (b) Região Metropolitana de Campinas no Estado de São Paulo; (c) Localização de Campinas na RMC; (d) Campinas.

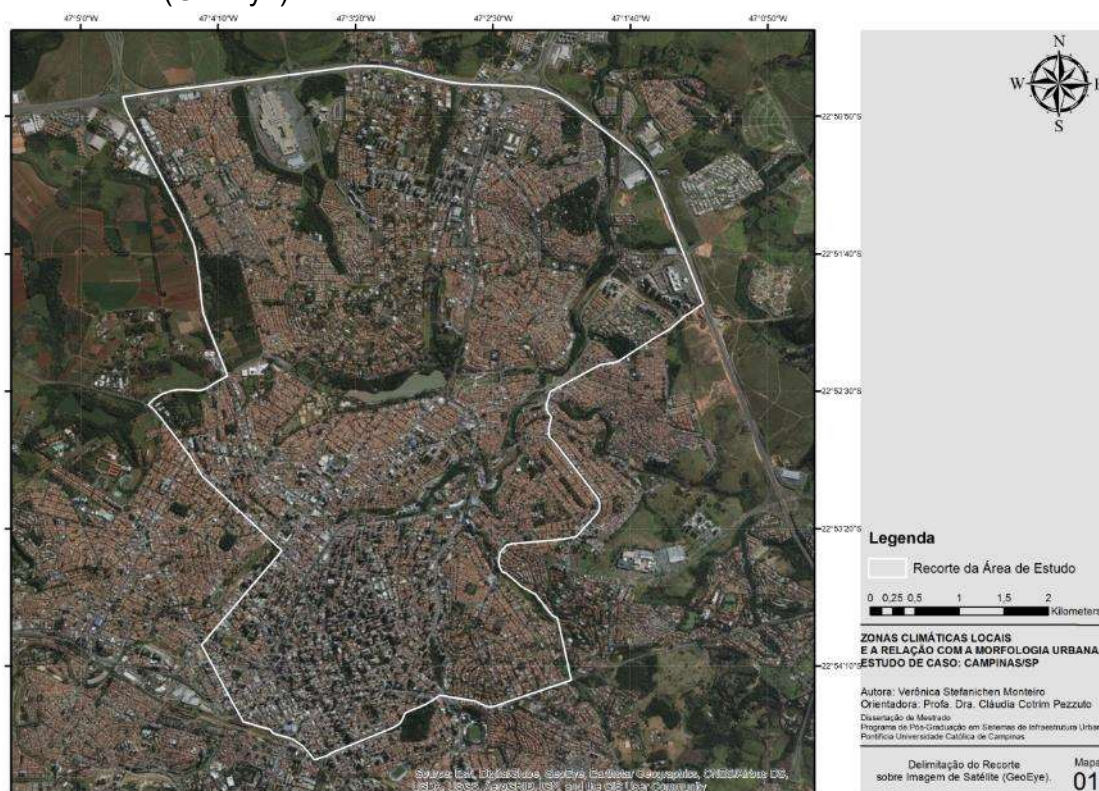


Fonte: da autora, 2017.

4.1.1 Caracterização da área de estudo: análise e justificativa

O recorte apresentado na Figura 15 foi estabelecido considerando-se a porção do município com maior representatividade de morfologia e geometria urbana característica do território de Campinas/SP, observadas diferenças altimétricas, áreas verdes urbanas, proximidades de cursos d'água e variabilidade dos padrões de uso e ocupação do solo. Considerou-se, também, na eleição deste recorte o eixo Centro-Norte do município de Campinas que se caracteriza como um dos eixos que, nas últimas décadas, apresenta significativa expansão da mancha urbana do município.

Figura 15 – Mapa 01: Delimitação do recorte espacial sobre Imagem de Satélite (GeoEye).

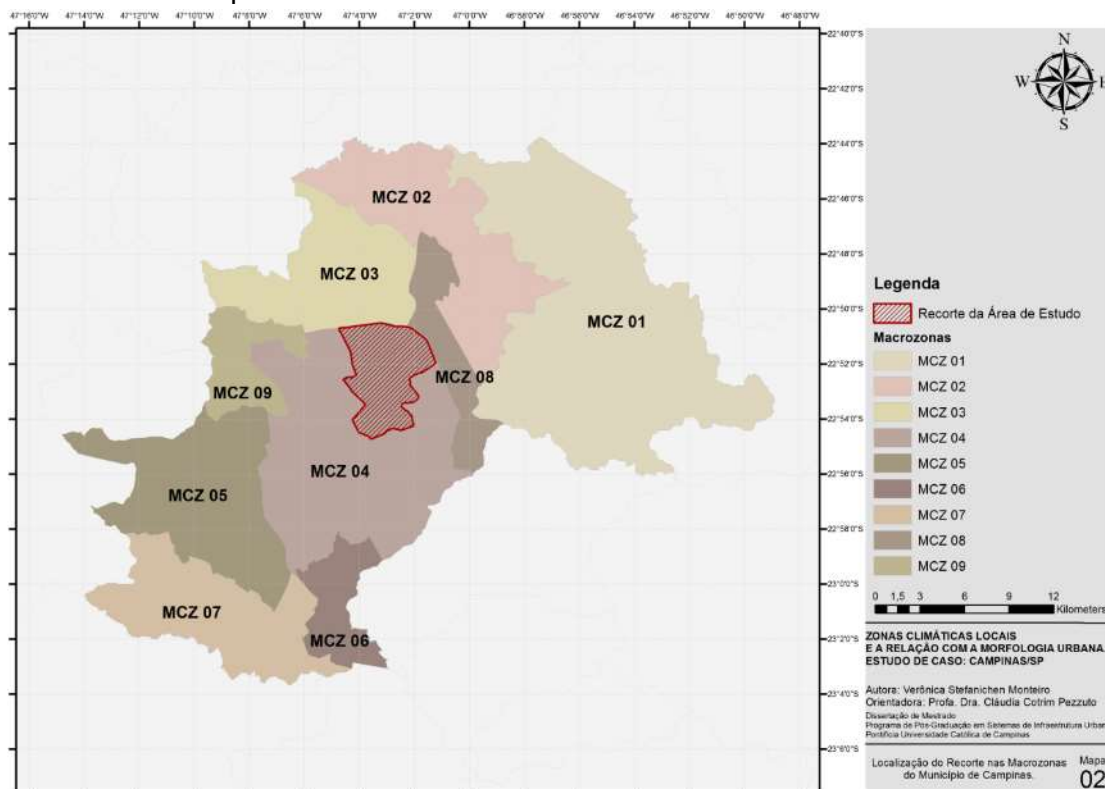


Fonte: da autora, 2017.

O recorte espacial definido está localizado na Macrozona 04, conforme ilustrado na Figura 16, que é caracterizada como Área de Urbanização Prioritária (AUP), e compreende o centro histórico do município assim como o centro expandido. Representa a malha urbana mais articulada da cidade, a qual possui uma infraestrutura bem desenvolvida e a maior concentração de equipamentos públicos. É a área do município que apresenta uma das maiores diversificações de usos e atividades e de padrões e graus de adensamento.

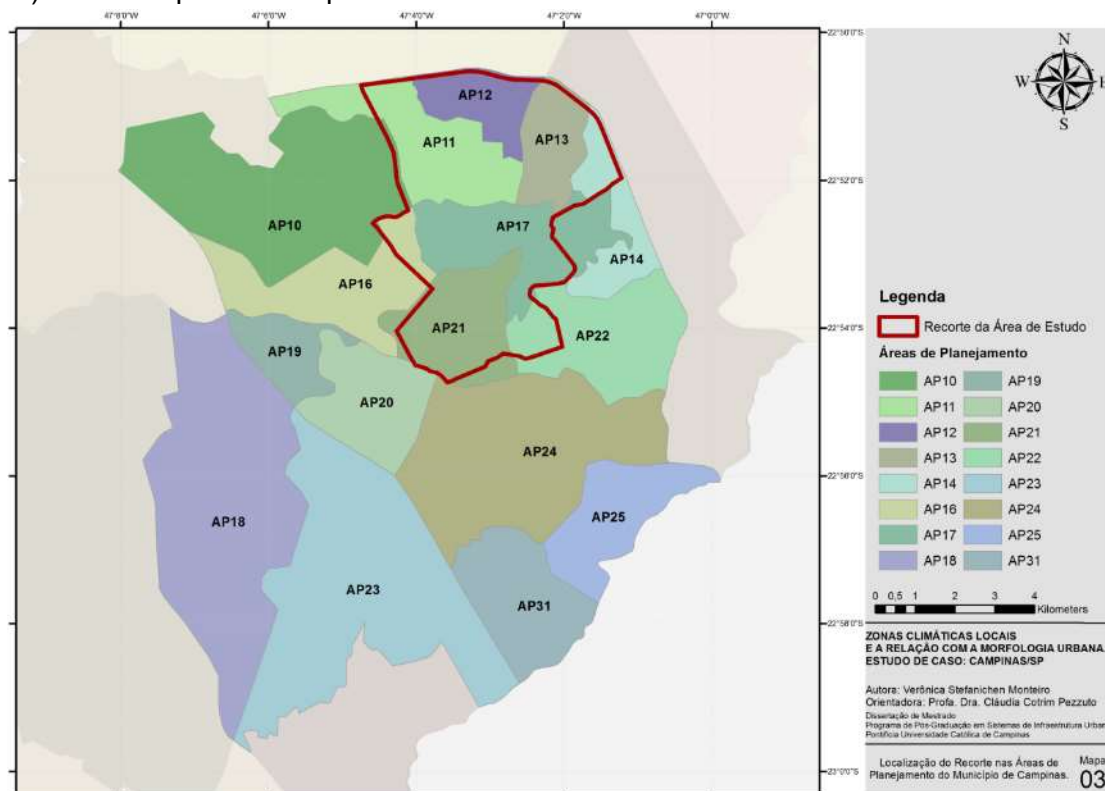
Já na Figura 17, estão representadas as Áreas de Planejamento no recorte espacial do presente estudo, sendo elas; AP 11 – Vila Costa e Silva/ Chácara Primavera, AP 12 – Mansões Santo Antônio, AP 13 – São Quirino, AP 16 – Jardim Eulina/ Jardim Chapadão/ Vila Nova, AP 17 – Taquaral/ Jardim Nossa Senhora Auxiliadora, AP 21 – Centro/ Cambuí/ Bosque/ Guanabara e AP 22 – Vila Brandina/ Nova Campinas/ Bairro das Palmeiras/ Parque Ecológico, sendo que as AP'S 14, 16 e 22 são parcialmente representadas.

Figura 16 – Mapa 02: Localização do recorte espacial nas macrozonas do Município de Campinas/SP.



Fonte: adaptado de SEPLAMA, 2017.

Figura 17 – Mapa 03: Localização do recorte nas áreas de planejamento (Macrozona 04) do município de Campinas.



Fonte: adaptado de SEPLAMA, 2017.

Com relação às Áreas de Planejamento significativas no recorte da pesquisa, as AP's 11 e 12, localizadas na porção norte do mesmo, se caracterizam por serem predominantemente residenciais e horizontais, com áreas de verticalização pontuais, sendo que na AP 12 o processo de verticalização foi mais recente. A AP 13 apresenta uma ocupação bastante consolidada predominantemente horizontal e de baixa densidade, sendo em sua maioria estabelecimentos comerciais, alguns de abrangência regional por sua localização. A porção sul do recorte, tem suas áreas de planejamento representadas pelas AP's 17 e 21, a primeira conta com o Parque Portugal como importante centro de lazer do município, os usos comerciais, de serviços, e edificações verticais habitacionais se distribuem pelo bairro. Esta apresenta um grande potencial de adensamento devido as áreas ainda não ocupadas, com uma tendência de usos diversificados. A AP 21 possui uma representativa quantidade de unidades verticais de uso residencial, embora a presença de comércios e serviços tenha grande importância na mesma. Com a presença de muitos lotes vagos e em construções de baixo gabarito, esta área possui uma alta taxa de verticalização, que se distribui nos principais bairros pertencentes a mesma.

4.1.2 Caracterização climática do município de Campinas/SP

O clima do município de Campinas/SP se caracteriza como tropical de altitude, no qual os verões se apresentam como quentes úmidos e chuvosos com temperaturas moderadamente altas e invernos amenos e secos, com uma diminuição significativa de chuvas. De acordo com a normal climatológica correspondente ao período de junho de 1988 a outubro de 2008, apresentada na Tabela 08, o município possui temperatura média anual de 22,4°C, com amplitude média de 30°C no mês mais frio (julho), e 21,4°C no mês mais quente (fevereiro).

O mês de fevereiro possui temperatura média de 24,9°C, se caracterizando como o mês mais quente do ano. Já o mês de julho, o mês mais frio do ano, apresenta temperatura média de 18,5°C. Quando analisado o índice pluviométrico médio do período apresentado, 1424,5 milímetros anuais, este se apresenta concentrado entre os meses de outubro e março, sendo o mês de janeiro o de maior precipitação (280,3 mm). Os valores apresentados de

umidade relativa do ar nos horários de 09 e 15hs durante o período analisado, possuem médias mensais variando entre 36,0 e 78,0%, sendo a mínima no mês de agosto (36,0%) e a máxima nos meses de janeiro e fevereiro. A média anual no horário das 09hs é de 73,0% e de 47,0% as 15hs. Considera-se as estações de outono e primavera como estações de transição, as quais recebem influência direta das estações de verão e inverno (CEPAGRI, 2017).

Tabela 08 – Normal climatológica do município de Campinas/SP: Período junho/1988 á outubro/2008.

Mês	Temperatura do Ar [°C]					Precipitação [mm]		Umidade [%]	
	Média	Máx. Média	Máx. Absoluta	Mín. Média	Mín. Absoluta	Média	Máx. 24hs	09hs	15hs
Jan	24,7	29,7	36,2	19,8	14,0	280	132	78,0	57,0
Fev	24,9	30,0	35,6	19,9	14,2	215	104	78,0	54,0
Mar	24,7	29,9	35,0	19,6	15,0	162	107	73,0	50,0
Abr	23,0	28,5	34,1	17,6	07,0	58	68	72,0	47,0
Mai	20,0	25,5	32,0	14,5	04,0	63	143	75,0	46,0
Jun	18,8	24,8	31,0	12,9	00,0	35	35	75,0	43,0
Jul	18,5	24,8	32,0	12,3	02,0	43	50	73,0	41,0
Ago	20,5	27,2	34,4	13,8	05,0	22	34	67,0	36,0
Set	21,8	27,8	37,6	15,8	05,6	59	48	68,0	43,0
Out	23,3	29,1	37,4	17,6	09,4	123	110	70,0	46,0
Nov	23,8	29,3	36,8	18,3	10,9	155	88	72,0	49,0
Dez	24,3	29,6	36,0	19,1	11,6	203	126	75,0	54,0
Anual	22,4	28,0	37,6	16,8	00,0	1418	143	73,0	47,0

Fonte: adaptado de CEPAGRI, 2018.

A fim de verificar o comportamento dos dados climáticos no município de Campinas no ano de 2017 em que se realizou a coleta de dados para esta pesquisa, apresenta-se na Tabela 09 as médias das variáveis climatológicas de janeiro a dezembro.

Pode-se verificar que a maior temperatura média ocorreu em fevereiro, 25,6°C, sendo que a temperatura máxima mensal também ocorreu neste mês, 31,3°C. No mês de julho foi verificada a menor temperatura média, 18,1°C, assim como a menor temperatura mínima do ano, 11,9°C. Destaca-se ainda o mês de Julho no qual não houve precipitações.

Tabela 09 – Média de variáveis climatológicas para o ano de 2017 do município de Campinas/SP.

Mês	Temp. Média [°C]	Temp. Máx. Mensal [°C]	Temp. Mín. Mensal [°C]	ETP ⁽¹⁾	Precipitação [mm]	DCCH ⁽²⁾
Jan	24,9	29,8	20,0	146	296	23
Fev	25,6	31,3	19,8	133	98	12
Mar	24,2	29,6	18,7	114	224	13
Abr	22,5	27,6	17,4	82	93	8
Mai	20,3	25,3	15,3	62	161	7
Jun	18,5	24,3	12,7	47	38	8
Jul	18,1	24,4	11,9	53	0	0
Ago	19,7	25,7	13,7	69	35	6
Set	23,7	31,0	16,3	101	11	1
Out	23,7	29,1	18,3	120	100	13
Nov	23,4	29,1	17,6	118	220	14
Dez	24,6	29,9	19,3	145	190	15

Fonte: adaptado de Ciiagro Online (2018).

⁽¹⁾ Evapotranspiração potencial.

⁽²⁾ Número de dias com chuva.

Com o intuito de verificar o comportamento da estação de inverno do ano de 2017, durante a qual se realizou as medições móveis desta pesquisa, a Tabela 10 apresenta os dados climáticos do período de 21 de junho á 22 de setembro.

Vale ressaltar o período de 17/07 a 19/07 que contempla os dias que foram realizadas as coletas de dados para esta pesquisa, tendo sua temperatura média em 17,1°C, mínima e máximas absolutas, 9,7°C e 27,1°C respectivamente. Destaca-se que no período de medição e nos períodos anteriores (10/07 a 12/07 e 13/07 a 16/07) e seguintes (20/07 a 23/07 e 24/07 a 26/07) não houve precipitação.

Tabela 10 – Média de variáveis climatológicas para estação de Inverno (2017) do município de Campinas/SP.

Período	Temp.	Temp.	Média	Média	Temp.	ET P	Precip	Precip	DCCH
	Máx.	Mín.	Temp	Temp.	Média			Mensal	
	Abs.	Abs.	Máx.	Mín.					
[°C]					[mm]				
22/06 a 25/06	25,9	13,7	25,1	14,3	19,7	7	0,0	0,0	0
26/06 a 28/06	25,5	12,6	24,6	12,7	18,7	5	0,0	0,0	0
29/06 a 02/07	26,4	11,9	25,3	12,8	19,0	7	0,0	0,0	0
03/07 a 05/07	19,8	9,0	19,7	10,0	14,9	4	0,0	0,0	0
06/07 a 09/07	23,7	9,6	22,9	11,5	17,2	7	0,0	0,0	0
10/07 a 12/07	25,8	12,7	25,1	13,4	19,3	5	0,0	0,0	0
13/07 a 16/07	27,0	12,5	26,4	12,6	19,5	4	0,0	0,0	0
17/07 a 19/07	27,1	9,7	23,7	10,6	17,1	5	0,0	0,0	0
20/07 a 23/07	26,7	10,1	23,9	10,8	17,4	7	0,0	0,0	0
24/07 a 26/07	27,1	11,8	26,5	12,3	19,4	6	0,0	0,0	0
27/07 a 30/07	26,1	12,3	25,8	12,8	19,3	7	0,0	0,0	0
31/07 a 02/08	25,2	10,7	24,3	11,1	17,7	5	0,0	0,0	0
03/08 a 06/08	27,1	10,1	23,3	11,8	17,6	8	0,0	0,0	0
07/08 a 09/08	29,7	11,7	27,1	12,3	19,7	7	0,0	0,0	0
10/08 a 13/08	31,7	13,2	29,6	14,2	21,9	10	0,0	0,0	0
14/08 a 16/08	32,0	13,5	26,7	14,3	20,5	7	0,8	0,8	1
17/08 a 20/08	20,2	14,5	19,0	15,7	17,3	8	26,8	12,7	1
21/08 a 23/08	25,3	12,7	22,4	13,1	17,8	6	7,9	0,0	0
24/08 a 27/08	28,8	13,7	28,0	14,2	21,1	9	0,0	0,0	0
28/08 a 30/08	30,7	14,0	30,0	14,6	22,3	8	0,0	0,0	0
31/08 a 03/09	32,0	12,8	28,4	14,8	21,6	10	0,0	0,0	0
04/09 a 06/09	29,7	12,9	29,4	14,0	21,7	9	0,0	0,0	0
07/09 a 10/09	31,9	15,5	31,4	16,6	24,0	14	0,0	0,0	0
11/09 a 13/09	32,9	16,0	32,1	16,8	24,5	10	0,0	0,0	0
14/09 a 17/09	33,9	16,0	33,5	16,9	25,2	15	0,0	0,0	0
18/09 a 20/09	32,9	16,9	32,5	17,2	24,9	11	0,0	0,0	0
21/09 a 24/09	31,8	15,2	31,7	16,6	24,1	14	0,0	0,0	0

Fonte: adaptado de Ciiagro Online (2018).

4.2 Descrição dos Processos

4.2.1 Processo A

O Processo A contempla 05 Etapas, sendo a Etapa 05 e a Etapa Final discutidas na Análise dos Resultados e Discussões.

Etapa 1 – Análise Preliminar e Identificação das Tipologias de Uso e Ocupação do Solo e Geometria Urbana

Para elaboração das bases cartográficas de acordo com o sistema de classificação de Stewart e Oke (2012) foram analisadas previamente as tipologias da geometria urbana e os padrões de uso e ocupação do solo no recorte espacial determinado para esta pesquisa. As tipologias foram determinadas a partir de análise visual no Google Earth Pro e pesquisa de campo.

Etapa 2 – Determinação dos Pontos de Análise das Tipologias.

Para cada tipologia foram determinados 01 ou 02 pontos de análise, de acordo com a classificação da estrutura viária e respeitadas as características mais representativas de cada uma.

Etapa 3 – Determinação das Áreas de Abrangência a partir dos Pontos de Análise.

Para determinação das áreas de abrangência, foi considerado o raio de 200 metros, a partir do ponto de análise mais central da área de abrangência da tipologia. Esta determinação foi baseada na metodologia de Stewart & Oke (2012), que aborda que o raio mínimo de uma LCZ seja de 200-500 m. As áreas de abrangências serão a base de limitação para os cálculos dos parâmetros de classificação das Zonas Climáticas Locais na próxima etapa.

Etapa 4 – Cálculo dos Parâmetros de Classificação das Zonas Climáticas Locais.

Para classificação das Zonas Climáticas Locais correspondentes as tipologias representativas do recorte determinado, foram realizados levantamentos dos parâmetros segundo metodologias descritas na Tabela 11 sendo utilizados como limite da área para cálculos, as áreas de abrangência determinadas anteriormente, 200 metros de raio a partir do ponto de análise de cada tipologia. Os parâmetros estudados foram fator de visão do céu, relação H/W, fração de superfície edificada, superfície impermeável e permeável, alturas dos elementos de rugosidade e classe de rugosidade do terreno.

Tabela 11 – Métodos para coleta de dados.

Parâmetro	Métodos adotados
Fator de visão do céu	Fotografia Lente Olho de Peixe, Pesquisa de Campo, Software RayMan 1.2
Aspecto de Ratio	Pesquisa de Campo, Google Earth Pro
% Área Edificada	Mapas, Google Earth Pro
% Área Impermeável	Mapas, Google Earth Pro
% Área Permeável	Mapas, Google Earth Pro
Gabarito dos Elementos de Rugosidade	Pesquisa de Campo, Google Earth Pro
Classe de Rugosidade	Dados LCZ (Stewart & Oke, 2012)

Fonte: da autora, 2017.

A determinação do Fator de Visão do Céu foi realizada a partir da obtenção de fotos tiradas com uma lente “olho de peixe” acoplada à câmera fotográfica semiprofissional posicionada no eixo da via (Figura 18), sendo estas fotos tiradas no centro da quadra e próximo a cada uma das extremidades. As fotos foram tiradas nas primeiras horas da manhã e nas últimas horas da tarde a fim de não obter incidência solar direta no obturador da câmera. A altura da câmera, 1,50 – 1,60 metros do solo correspondem à altura dos sensores das medições móveis realizadas. Na sequência utilizou-se o software RayMan 1.2 para o cálculo do Fator de Visão do Céu.

Figura 18 – Fotografia do conjunto para levantamento do Fator de Visão do Céu – Tripé, câmera e lente olho de peixe.



Fonte: da autora, 2017.

Para a determinação da relação H/W , foram dimensionadas a largura das vias, contemplando o leito carroçável e os passeios, o recuo médio frontal das edificações no lote e a altura média das edificações.

Os cálculos dos parâmetros de fração de superfície edificada, fração de superfície impermeável, fração de superfície permeável foram realizados a partir de imagens de satélite disponibilizadas pelo Google Earth Pro e o software AutoCAD.

A altura média dos elementos de rugosidade foi determinada pela média geométrica das alturas destes elementos presentes nas áreas de abrangências determinadas. A Classe de Rugosidade do terreno é determinada baseada na metodologia de Davenport *et al.* (2000).

Diante dos valores dos parâmetros calculados para cada um dos pontos e áreas de abrangência foi utilizada a tabela de classificação das Zonas Climáticas Locais apresentada por Stewart & Oke (2012) para interpolação dos mesmos. Esta tabela identifica o intervalo de valores de caracterização para a classificação de cada LCZ. Stewart & Oke (2012) reiteram que a correspondência direta dos parâmetros com os valores característicos de uma

LCZ é improvável. Sendo assim, propõe uma análise por frações, considerando tipos e propriedades de cobertura do solo e tipologias edificadas, gerando subclassificações destas Zonas Climáticas Locais.

4.2.2 Processo B

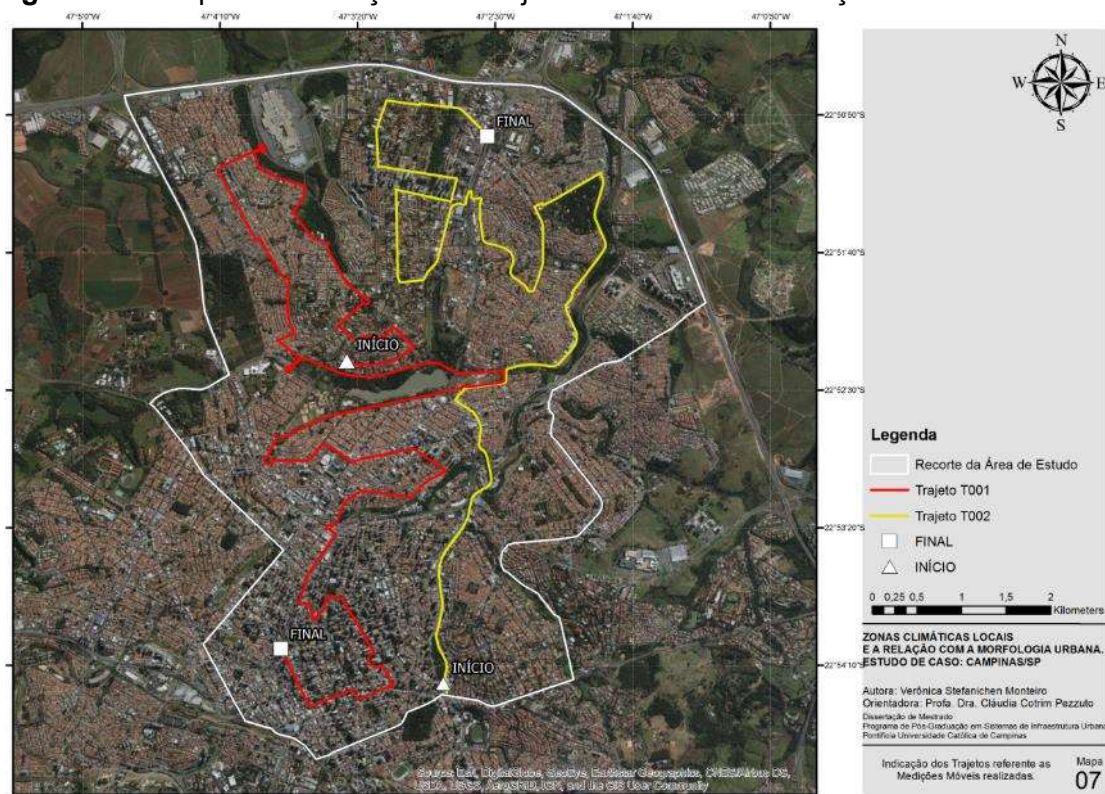
O Processo B contempla 05 Etapas, sendo as Etapas 05 e Etapa Final discutidas nos Resultados.

Etapa 1 – Definição dos Trajetos para Realização das Medições Móveis e dos Pontos de Medições Fixos.

Os trajetos, de aproximadamente 20km, foram estabelecidos em função da trajetória mais racional percorrendo toda a área de estudo, com o intuito de obter um conjunto de dados que representasse a maioria das tipologias características do recorte espacial determinado para esta pesquisa. Assim, os trajetos realizam passagem por diferentes usos e ocupações de solo, diferentes altitudes, variação de proximidade com áreas verdes densas, leves, cursos d'água, entre outros.

A Figura 19 ilustra os trajetos realizados. O trajeto T001 percorre a porção oeste do recorte, iniciando no bairro Parque Taquaral e finalizando no Centro. O trajeto T002 tem por objetivo a caracterização climática da porção leste do recorte, iniciando no bairro Jardim Proença e finalizando no bairro Santa Cândida.

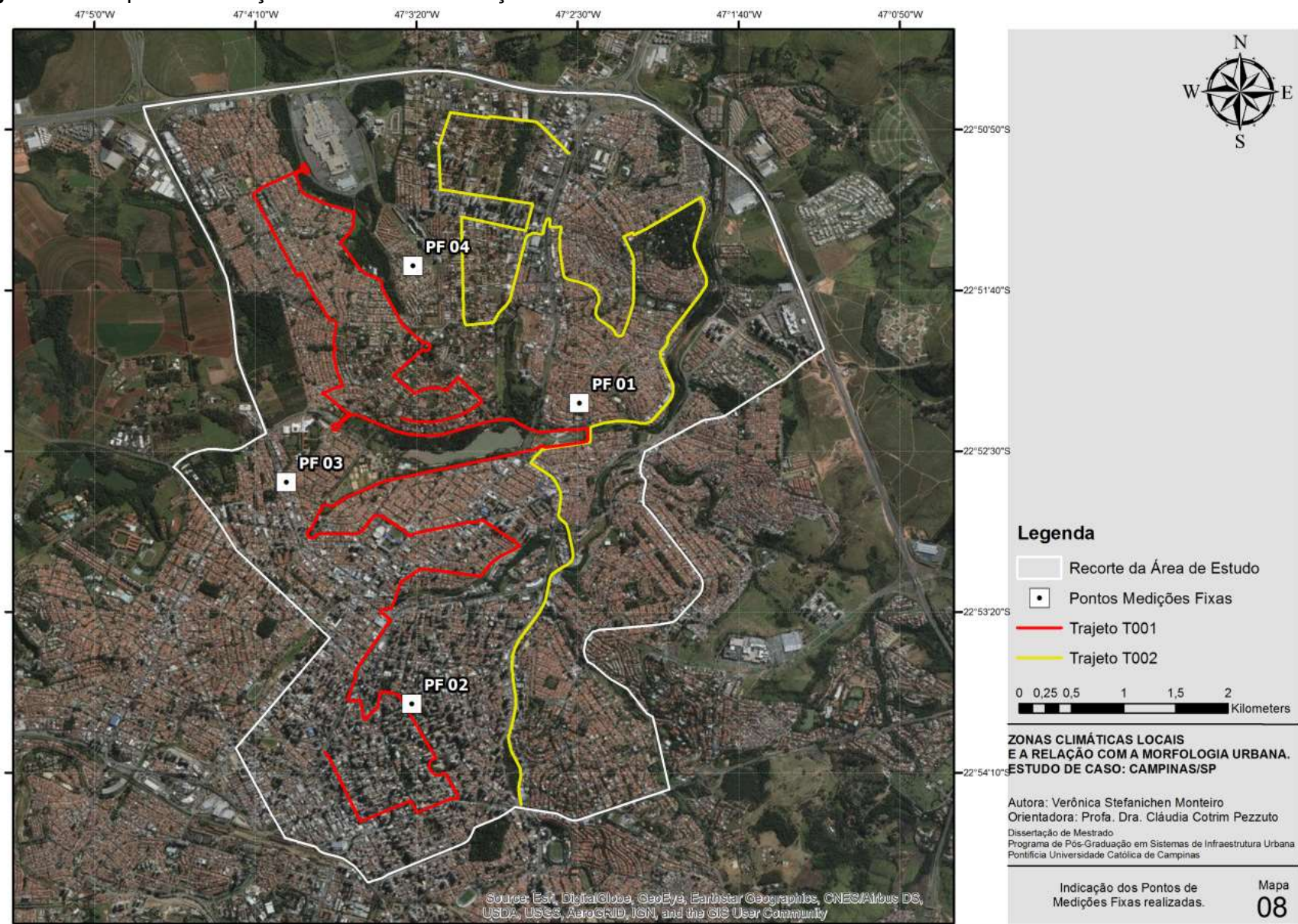
Figura 19 – Mapa 07: Indicação dos Trajetos referentes às Medições Móveis.



Fonte: da autora, 2017.

Para subsidiar a correção dos dados das medidas móveis realizadas, foram determinados quatro pontos de medições fixas, que abrangem as áreas Norte, Sul, Leste e Oeste do recorte espacial, ilustrada na Figura 20. A localização dos pontos foi também determinada por apresentar certa proximidade com os trajetos. As medições foram configuradas para coleta de dados cada 01 minuto, mesma configuração utilizada para a realização das medidas móveis para gerar um embasamento mais real do comportamento das variáveis medidas. Na Figura 21 está ilustrada a fixação destes pontos, o Ponto PF 01, na porção Leste do recorte está fixado na área externa de uma Igreja, os Pontos PF 02 e PF 03 nas porções Sul e Oeste do recorte, respectivamente, foram fixados em áreas externas de comércio, o Ponto PF 04, na porção Norte do recorte foi fixado na entrada de uma residência (área externa) próxima à rua.

Figura 20 – Mapa 08: Indicação dos Pontos de Medições Fixas.



Fonte: da autora, 2017.

Figura 21 – Fotografias dos pontos fixos instalados. (a) Ponto PF 01; (b) Ponto PF 02; (c) Ponto PF 03; (d) Ponto PF 04.



(a)



(b)



(c)



(d)

Fonte: da autora, 2017

Etapa 2 – Medições Móveis e Fixas.

A coleta de dados com medidas móveis considerou dois percursos que abrangem a área de estudo em três horários; 9:00, 15:00 e 21:00 horas. Foram coletados dados de temperatura do ar e umidade relativa a cada 01 minuto realizadas na estação de inverno, por três dias consecutivos (17/07/2017; 18/07/2017; 19/07/2017). Os dias possuíam condições de tempo de céu claro e ventos regionais fracos, possibilitando considerar os resultados como tendência de comportamento térmico da área.

Para a coleta de dados foi empregado um mini datalogger (Testo 174 H), montado no interior de um protetor contra radiação e intempéries (HOBO RS1). O Quadro 01 descreve as características técnicas dos instrumentos utilizados nestas coletas. O conjunto foi instalado na lateral do veículo através de uma haste acoplada ao sistema, a uma altura aproximada de 1,60 metros do solo (Figura 22).

Quadro 01 – Características técnicas dos equipamentos de medição.

	
HOBO RS1 (Protetor de radiação solar)	Modelo TESTO 174H (Mini datalogger)
09 placas que se unem para formar o protetor de radiação.	01 canal para temperatura do ar; 01 canal para umidade do ar; Resolução de 0,1 ° C e 1% RH

Fonte: adaptado de Onset (2017) e Testo (2017).

Figura 22 – Fotografias do conjunto instalado. (a) automóvel com o conjunto instalado; (b) haste acoplada na lateral do veículo; (c) detalhe da proteção.



Fonte: da autora, 2017

Etapa 3 – Tratamento e correção dos dados coletados.

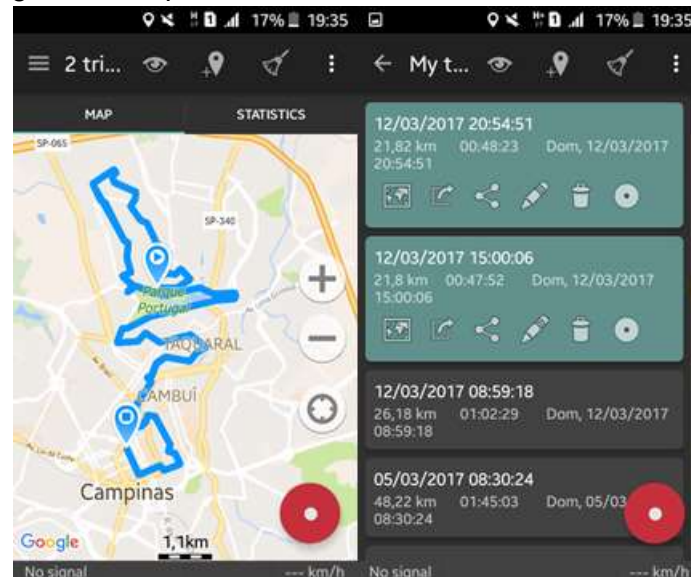
Para que fosse possível a espacialização dos dados medidos através dos transectos móveis climáticos, foram configuradas 02 etapas de tratamento dos mesmos que estão descritas a seguir:

1) *Espacialização dos dados medidos;*

A partir da utilização do aplicativo Geo Tracker durante as medições (Figura 23 e 24), foi possível determinar a precisa localização onde a

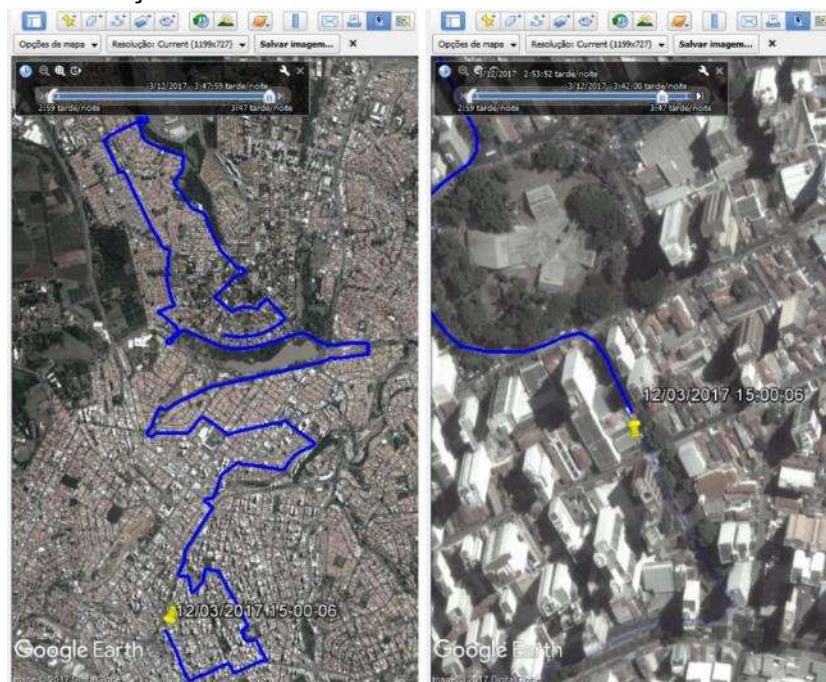
coleta de dados foi realizada ao longo do percurso. Sendo assim, para cada período medido (09:00, 15:00 e 21:00 horas) a localização das medições a cada 01 minuto configurada através do minidatalogger foi espacializada pela interface do aplicativo com o software Google Earth Pro.

Figura 23 – Fotografias do aplicativo Geo Tracker.



Fonte: adaptado de GeoTracker, 2017.

Figura 24 – Exemplo da interface do aplicativo GeoTracker com o software Google Earth Pro; (a) dados importados por arquivo .kml, (b) localização do ponto de medição.

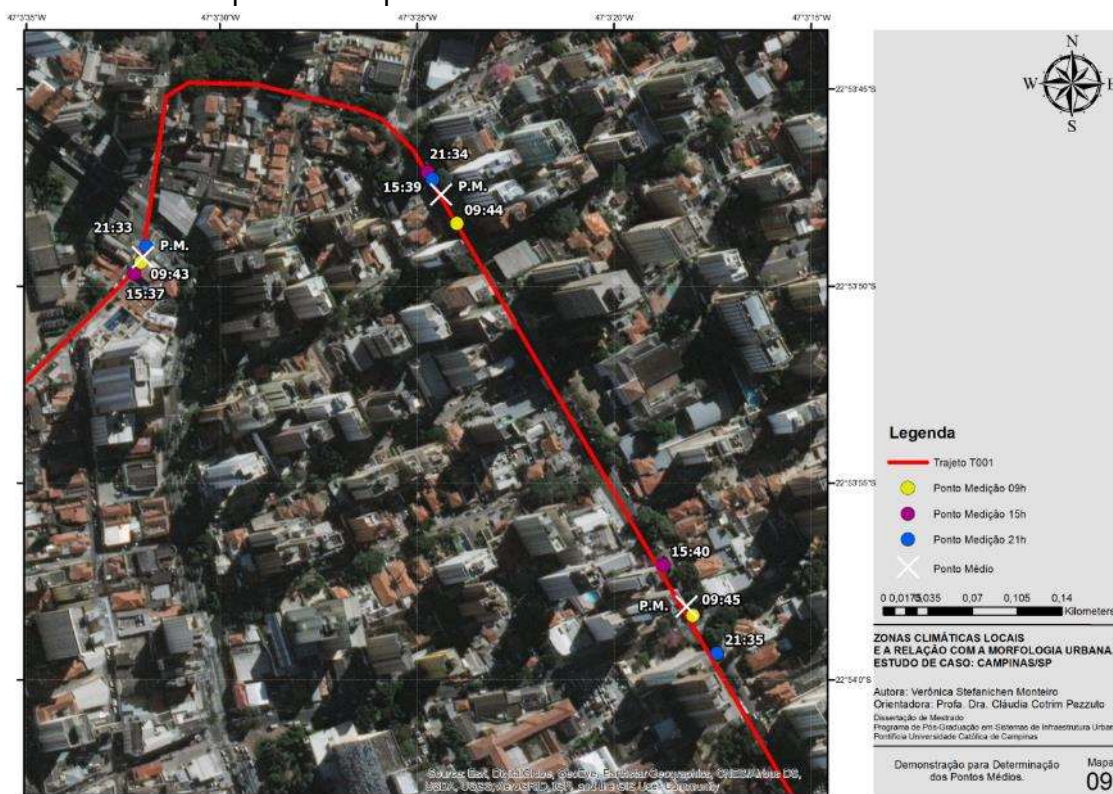


Fonte: adaptado de Google Earth Pro, 2017.

2) Definição dos Pontos Médios;

A partir da espacialização dos dados, verifica-se que as localizações dos horários nos três períodos medidos não são correspondentes. Assim, para efeito de espacialização dos dados, foram definidos pontos médios aos quais foram atribuídos os valores correspondentes aos três períodos (09:00, 15:00 e 21:00 horas). A Figuras 25 demonstra, em um trecho do Trajeto T001, os pontos correspondentes as medições das 09:00, 15:00 e 21:00 horas e seus respectivos pontos médios.

Figura 25 – Mapa 09: Trecho do trajeto T001 com a representação da espacialização dos pontos nos períodos medidos.



Fonte: da autora, 2017.

Para a correção temporal dos dados climáticos coletados nas medições móveis foram aplicados três métodos que consideram de maneiras diferentes os dados das medições fixas como fatores de referência para tal correção. A partir destes resultados foram calculadas as correlações lineares das correções e dados medidos a fim de selecionar a metodologia que será utilizada como correção final.

Os três métodos apresentam relação com os pontos fixos de diferentes maneiras. Todos os métodos se utilizam das mesmas variáveis, sendo $y_{j,tr}$ a temperatura/umidade do ponto móvel no início do trajeto, $y_{j,tj}$ a temperatura/umidade do ponto móvel corrigida, $x_{i,tr}$ a temperatura/umidade do ponto fixo no início do trajeto, $x_{i,tj}$ a temperatura/umidade do ponto fixo no mesmo horário do ponto a ser corrigido, N o número de pontos fixos e l_{ij} a distância do ponto fixo ao ponto a ser corrigido. O primeiro método, pesquisado por Fung *et al.* (2009), Schwarz *et al.* (2012) e Buttstadt and Schneider (2014), apresenta a correção através de apenas um ponto de medição fixa como referência. A correção temporal neste método se dá através da relação de que as variações entre os dados finais e os corrigidos devem ser iguais no ponto fixo e móvel, representada pela equação (2).

$$y_{j, tr} - y_{j,tj} = x_{i, tr} - x_{i, tj} \quad (2)$$

Ao aplicar esta metodologia, foram calculadas as distâncias de cada ponto médio com os 04 pontos fixos a fim de determinar as menores distâncias. Assim, aos 04 diferentes grupos, as equações foram aplicadas variando os pontos fixos.

O segundo método de Brandsma and Wolters (2012) e Masashi *et al.* (2009), considera que o número de pontos fixos deve ser maior que 1, sendo assim, a relação da correção temporal se dá que a variação entre o ponto corrigido e o inicial é igual a somatória desta diferença para os pontos fixos, dividido pelo número de pontos fixos. O método é representado pela equação (3).

$$y_{j,tr} - y_{j,tj} = \sum_{i=1}^N (x_{i,tr} - x_{i,tj}) / N \quad (3)$$

Ao aplicar esta metodologia, foram então considerados os quatro pontos fixos.

O terceiro método, pesquisado por Minako *et al.* (2006), apresenta a correção temporal levando em consideração múltiplos pontos de medições fixas e as distâncias dos mesmos entre os pontos de medições móveis. A variação entre o ponto corrigido e o inicial é igual a somatória desta mesma diferença nos pontos fixos multiplicado pela distância do ponto fixo ao móvel, dividido pela

somatória das distâncias do ponto corrigido até os pontos fixos, esta relação é representada pela equação (4).

$$y_{j,tr} - y_{j,tj} = \frac{\sum_{i=1}^N (x_{i,tr} - x_{i,tj}) \cdot l_{ij}^{-2}}{\sum_{i=1}^N l_{ij}^{-2}} \quad (4)$$

Ao aplicar esta metodologia, foram considerados os quatro pontos fixos e calculadas as distâncias de cada ponto a ser corrigido aos quatro pontos fixos.

Atribuição da média aos dados climáticos

A partir da espacialização dos dados coletados e corrigidos de cada horário e dia de medição, foi calculada a média de comportamento das variáveis climáticas no software ArcGIS 10.1.

As superfícies criadas a partir da metodologia de Krigagem, foram transformadas em arquivos *raster*, e após a atribuição de um valor para cada pixel da nova superfície, foi possível chegar em um valor médio de cada um, considerando os dados coletados, corrigidos e espacializados de cada dia e horário.

Assim, a partir destes novos pontos, se gerou uma nova superfície geoestatística na qual é possível espacializar o comportamento médio nos três dias de medição, tanto dos dados coletados quanto dos dados corrigidos.

5 RESULTADOS

5.1 Resultados dos Processos

5.1.1 Processo A

Etapa 1 – Análise Preliminar e Identificação das Tipologias de Uso e Ocupação do Solo e Geometria Urbana

A partir da análise das tipologias de geometria urbana e padrões de uso e ocupação do solo no recorte determinado foram identificadas 20 tipologias no total, sendo 15 delas de ocupação edificada propriamente dita, e 05 categorizadas como áreas livres, em grande parte permeáveis com pouca ou nenhuma edificação. A seguir é apresentada na Tabela 12 a descrição destas tipologias identificadas e na Figura 26 o mapeamento das mesmas.

Tabela 12 – Descrição das tipologias identificadas.

Tipologias	Descrição
TP 01	Quadras homogêneas quanto ao gabarito, 15 á 25 pavimentos, de uso residencial, comércio e serviços, baixa taxa de permeabilidade, estrutura viária local estreita e grandes avenidas, pouca ou nenhuma arborização, sem presença de lotes vazios, com presença pontual de espaços verdes públicos.
TP 02	Quadras heterogêneas quanto ao gabarito, 01 á 02 pavimentos e 15 á 25 pavimentos, de uso residencial, comércio e serviço, baixa taxa de permeabilidade, estrutura viária local média com poucas avenidas, média arborização, sem presença de lotes vazios, com presença pontual de espaços verdes públicos.
TP 03	Quadras homogêneas quanto ao gabarito, 15 á 25 pavimentos, de uso residencial, baixa taxa de permeabilidade, estrutura viária local estreita, pouca arborização, presença de poucos de lotes vazios, com presença pontual de espaços verdes públicos.
TP 04	Quadras homogêneas quanto ao gabarito, 01 á 02 pavimentos, predominantemente de uso residencial, baixa taxa de permeabilidade nos lotes, estrutura viária de médio porte sem arborização, sem presença de lotes vazios e sem presença significativa de espaços verdes públicos.
TP 05	Quadras homogêneas quanto ao gabarito, 01 á 02 pavimentos, predominantemente de uso residencial, baixa taxa de permeabilidade nos lotes, estrutura viária de médio porte com arborização pontual e constante, sem presença de lotes vazios e presença pontual de espaços verdes públicos.
TP 06	Quadras homogêneas quanto ao gabarito, 01 a 02 pavimentos, predominantemente de uso residencial, alta taxa de permeabilidade nos lotes, estrutura viária de grande porte e arborizada, presença significativa de lotes vazio, sem presença significativa de espaços verdes públicos.

Fonte: da autora, 2017.

Tabela 12 – Descrição das tipologias identificadas.(Continuação).

Tipologias	Descrição
TP 07	Quadras homogêneas quanto ao gabarito, 01 a 02 pavimentos, predominante de uso comercial e serviços, média taxa de permeabilidade nos lotes, estrutura viária de médio porte e arborizada, presença de lotes vazios e presença significativa de espaços verdes públicos.
TP 08	Quadras homogêneas quanto ao gabarito, 01 a 02 pavimentos, predominante de uso residencial, média taxa de permeabilidade nos lotes, estrutura viária de pequeno porte e arborizada, presença de lotes vazios e presença significativa de espaços verdes públicos.
TP 09	Quadras homogêneas quanto ao gabarito, 01 á 02 pavimentos, de uso residencial, comércio e serviços, média taxa de permeabilidade, estrutura viária local e avenidas largas, alta arborização, presença de lotes vazios, com presença de espaços verdes públicos.
TP 10	Quadras heterogêneas quanto ao gabarito, 01 á 02 pavimentos em sua maioria e 15 á 25 pavimentos pontuais, de uso residencial, comércio e serviço, taxa de permeabilidade praticamente nula, estrutura viária local, média e avenidas, sem presença de arborização, sem presença de lotes vazios.
TP 11	Quadras heterogêneas quanto ao gabarito, 01 á 03 pavimentos e 15 á 25 pavimentos, de uso residencial, comércio e serviço nos gabaritos baixos e uso predominantemente residencial nos gabaritos altos, baixa taxa de permeabilidade nos lotes, estrutura viária de médio a grande porte com arborização pontual e canteiros centrais largos, sem presença de lotes vazios e presença pontual de espaços verdes públicos.
TP 12	Quadras heterogêneas quanto ao gabarito, 01 á 02 pavimentos e 15 á 25 pavimentos, de uso residencial, comércio e serviço, baixa taxa de permeabilidade, estrutura viária média e avenidas, com presença significativa de arborização, sem presença de lotes vazios e com presença de espaços verdes públicos.
TP 13	Quadras homogêneas quanto ao gabarito, 01 á 02 pavimentos, predominantemente de uso residencial, baixa taxa de permeabilidade nos lotes, estrutura viária de pequeno porte com pouca arborização, sem presença de lotes vazios e com presença significativa de espaços verdes públicos. Presença significativa de coberturas em telha de cimento ou madeira – construções mais precárias.
TP 14	Áreas destinadas a amplos empreendimentos, como shopping centers, hipermercados, campus, escolas e universidades. Área pavimentada significativa destinada a estacionamentos, baixa taxa de permeabilidade, estrutura viária do entorno de médio a grande porte com arborização pontual e canteiros centrais (largos e/ou estreitos), sem presença de espaços verdes públicos.
TP 15	Quadras heterogêneas quanto ao gabarito, 01 á 03 pavimentos e 15 á 25 pavimentos, de uso residencial, alta taxa de permeabilidade nos lotes devido a desocupação da área por contaminação do solo, estrutura viária de pequeno porte sem arborização, presença significativa de lotes vazios.

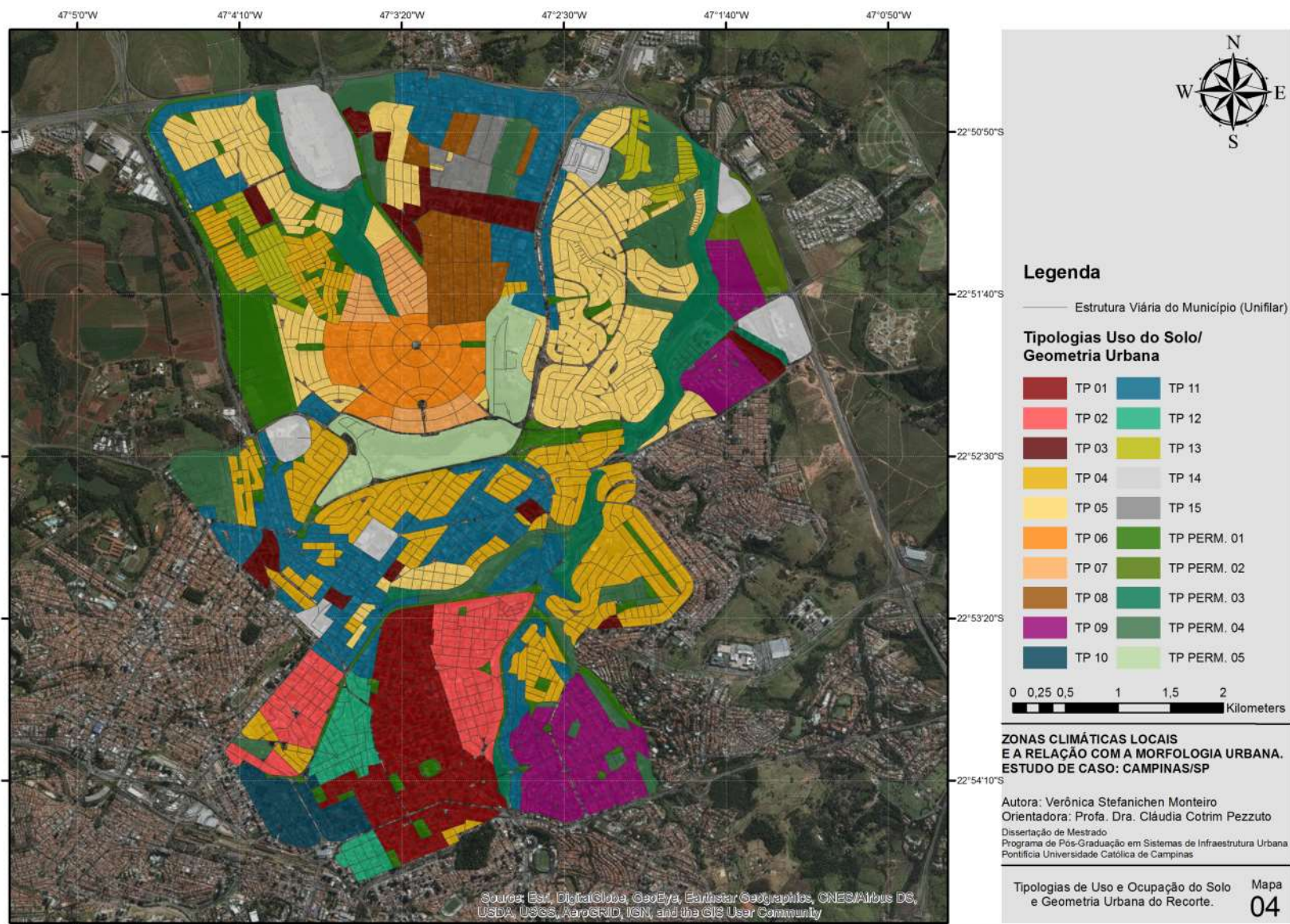
Fonte: da autora, 2017.

Tabela 12 – Descrição das tipologias identificadas.(Continuação).

Tipologias	Descrição
TP PERM. 01	Áreas livres permeáveis de caráter arbustivo de grande porte e denso, com presença de solo exposto e gramíneas. Pouca ou nenhuma edificação.
TP PERM. 02	Área livre permeável com forração às margens de rodovia. Nenhuma edificação.
TP PERM. 03	Áreas em sua maioria de fundo de vale e cursos d'água, com presença de arborização de grande porte, densa em algumas áreas e mais espaçada em outras sendo complementada por gramíneas e arbustos.
TP PERM. 04	Áreas livres permeáveis, com arborização de grande porte densa e gramíneas, estrutura viária de médio a grande porte. Pouca ou nenhuma edificação.
TP PERM. 05	Parque urbano, destinado a lazer. Alta taxa de permeabilidade, sendo áreas de arborização de grande porte e densa, gramíneas, arbustos e solo exposto. Presença de lagoa. Pouca edificação.

Fonte: da autora, 2017.

Figura 26 – Mapa 04: Tipologias de uso e ocupação do solo e geometria urbana.

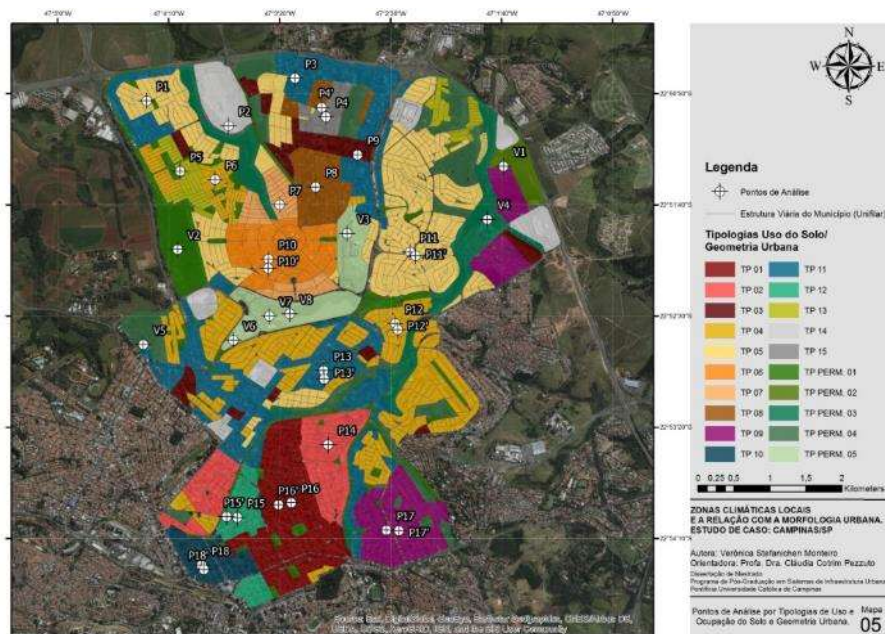


Fonte: da autora, 2017.

Etapa 2 – Determinação dos Pontos de Análise das Tipologias.

A Figura 27 ilustra as tipologias classificadas na Etapa 1 e os pontos de análise elencados a cada uma delas. A Tabela 13 apresenta a listagem dos pontos de análise referente a cada tipologia.

Figura 27 – Mapa 05: Pontos de análise por tipologias de uso e ocupação do solo e geometria urbana.



Fonte: da autora, 2017.

Tabela 13 – Descrição dos pontos de análise referente a cada tipologia.

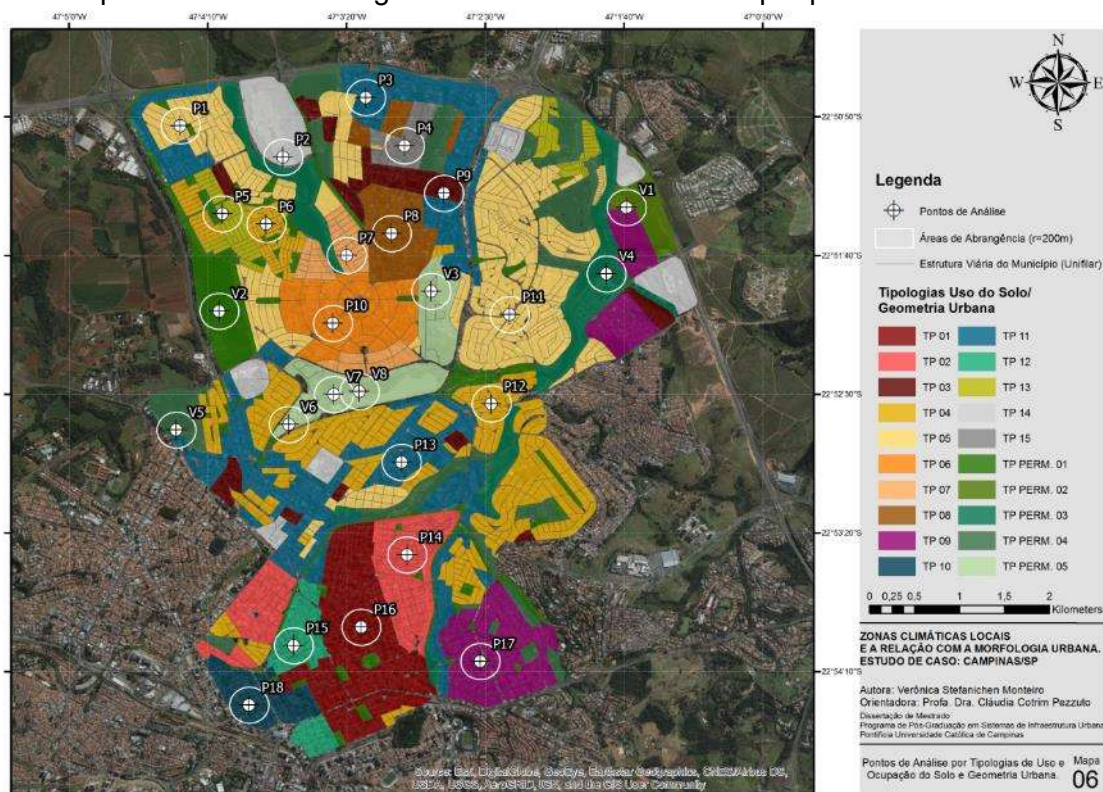
Tipologias	Pontos de análise	Tipologias	Pontos de análise
TP 01	P16; P16'	TP 11	P3; P13; P13'
TP 02	P14	TP 12	P15; P15'
TP 03	P9	TP 13	P5
TP 04	P12; P12'	TP 14	P2
TP 05	P1; P11; P11'	TP 15	P4; P4'
TP 06	P10; P10'	TP PERM. 01	V2
TP 07	P7	TP PERM. 02	V1
TP 08	P8; P4	TP PERM. 03	V4
TP 09	P17; P17'	TP PERM. 04	V5
TP 10	P18; P18'	TP PERM. 05	V3; V6; V7; V8

Fonte: da autora, 2017.

Etapa 3 – Determinação das Áreas de Abrangência a partir dos Pontos de Análise.

A fim de determinar a área de abrangência de cada ponto de análise elencado na Etapa 4, os raios de abrangência de 200 metros são ilustrados na Figura 28 abaixo.

Figura 28 – Mapa 06: Área de abrangência de 200 metros de raio por ponto de análise.



Fonte: da autora, 2017.

Etapa 4 – Cálculo dos Parâmetros de Classificação das Zonas Climáticas Locais.

A Tabela 14 apresenta os valores dos parâmetros calculados a partir das áreas de abrangência determinadas na Etapa 3.

Tabela 14 – Parâmetros por Área de Abrangência (r=200m).

Tipologias	FVC⁽¹⁾	H/W⁽²⁾	% A.E.⁽³⁾	% A.I. ⁽⁴⁾	% A.P.⁽⁵⁾	G.R.⁽⁶⁾	C.R.⁽⁷⁾
TP 01	0,68 0,88	1,78 1,88	35,56	61,66	05,78	6/4 m	8
TP 02	0,82	0,29	43,08	53,06	03,87	6 m	8
TP 03	0,83	2,03	34,58	57,41	08,01	17 m	5
TP 04	0,92 0,96	0,19 0,28	42,97	47,94	09,09	4/8 m	6
TP 05	0,99 0,86	0,29 0,14	42,67	41,59	15,74	6 m	6
TP 06	0,96	0,17	27,32	61,21	11,47	5 m	5
TP 07	0,95	0,36	47,35	43,72	8,93	7 m	5
TP 08	0,98	0,38	44,67	43,22	12,11	6 m	5
TP 09	0,83 0,86	0,26 0,14	37,34	44,49	18,17	6 m	6
TP 10	0,79 0,57	2,04 0,85	41,37	58,06	0,57	5 m	6
TP 11	0,90 0,84	0,36 0,98	37,89	52,59	09,52	10/55 m	7
TP 12	0,77 0,90	2,82 1,35	56,74	41,12	2,14	27 m	8
TP 13	0,96	0,63	47,41	34,77	17,82	4 m	6
TP 14	0,99	0,25	31,35	57,31	11,54	9 m	5
TP 15	0,98 0,85	0,42 0,47	22,37	48,98	28,65	9 m	5
TP PERM. 01	0,36 0,95	3,09 0,05	00,00	00,00	100,00	0/30 m	8 / 1
TP PERM. 02	1,00	0,03	02,13	05,31	92,56	0 m	2 / 3
TP PERM. 03	0,91	3,17 0,57	06,22	08,54	85,24	12/30 m	8 / 5
TP. PERM 04	0,99 0,49	1,88 0,14	04,37	05,95	89,68	0/30 m	8 / 1
TP PERM. 05	0,99 0,36	2,21 0,12	03,46	09,17	87,37	0/30 m	8 / 1

Fonte: da autora, 2017.


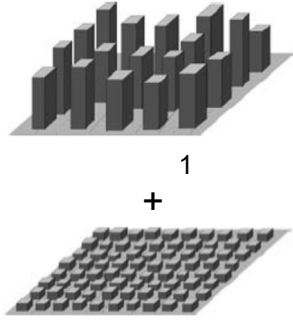

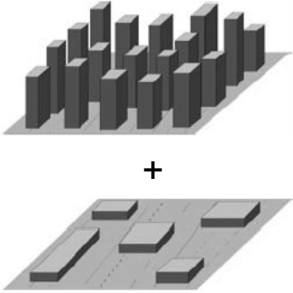
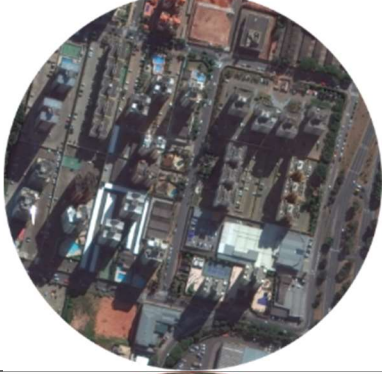
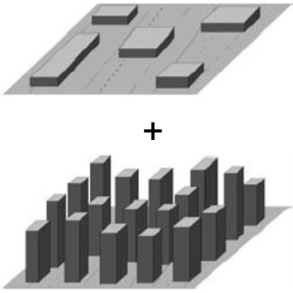

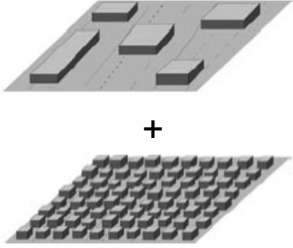
- (1) Fator de visão do céu.
- (2) Relação H/W.
- (3) Percentual de superfície edificada.
- (4) Percentual de superfície impermeável.
- (5) Percentual de superfície permeável.
- (6) Gabarito dos elementos de rugosidade.
- (7) Classe de rugosidade.

Etapa 5 – Caracterização das Zonas Climáticas Locais

Ao analisar os parâmetros que foram utilizados para a caracterização das Zonas Climáticas Locais, cada tipologia foi referenciada e caracterizada pela associação de LCZ's propostas, considerando assim uma subclassificação das mesmas. A subclassificação utilizada neste artigo tem como base os estudos realizados por Stewart & Oke (2012), uma vez que os parâmetros calculados desviam do conjunto padrão de classificação inicial. Considerando assim a necessidade de um grau de personalização local na classificação de Zonas Climáticas Locais, uma vez que se trata, assim como todos os sistemas de classificação, de um sistema de natureza reducionista o qual não é capaz de considerar todas as nuances dos parâmetros contemplados (PERERA & EMMANUEL, 2013; KOTHARKAR & BAGADE, 2017).



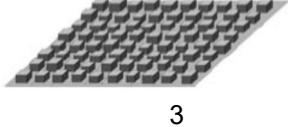


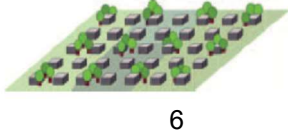

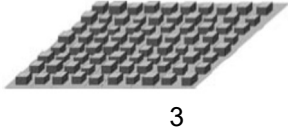
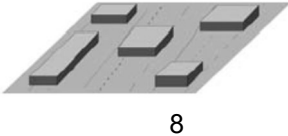
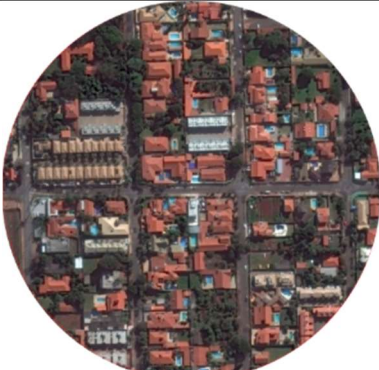
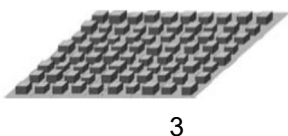
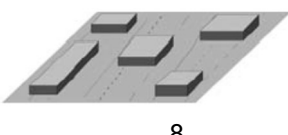
O método de classificação de Zonas Climáticas Locais aborda a subclassificação considerando uma classe base seguindo de uma classe base menor e/ou classe de caracterização da cobertura do solo, quando aplicáveis. Para cada tipologia, foram consideradas as LCZ's das quais se obteve uma maior fração de parâmetros dentro dos intervalos apresentados. Desta forma, a Tabela 15 apresenta o resultado da subclassificação para o recorte proposto para este estudo.

Tabela 15 – Caracterização das Zonas Climáticas Locais por Tipologias.

Tipologia	Imagem Aérea [Ø = 400m]	Subclassificação	
		Nome	Imagem
TP 01		LCZ 1 ₃	 LCZ 1 + LCZ 3
TP 02		LCZ 1 ₈	 LCZ 1 + LCZ 8
TP 03		LCZ 8 ₁	 LCZ 8 + LCZ 1
TP 04		LCZ 8 ₃	 LCZ 8 + LCZ 3



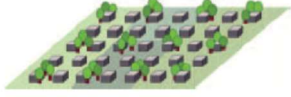









Fonte: Adaptados de GOOGLE EARTH PRO (2017) e STEWART & OKE (2012).

Tabela 15 – Caracterização das Zonas Climáticas Locais por Tipologias (Continuação).

Tipologia	Imagem Aérea [Ø = 400m]	Subclassificação	
		Nome	Imagem
TP 05		LCZ 8 ₃	 LCZ 8
			+  LCZ 3
TP 06		LCZ 9 ₆	 LCZ 9
			+  LCZ 6
TP 07		LCZ 3 ₈	 LCZ 3
			+  LCZ 8
TP 08		LCZ 3 ₈	 LCZ 3
			+  LCZ 8


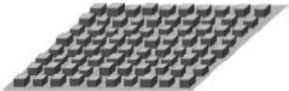
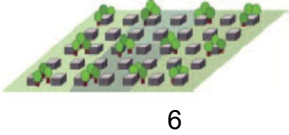


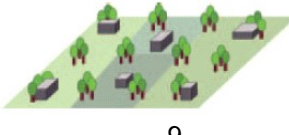

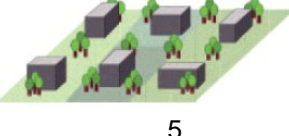
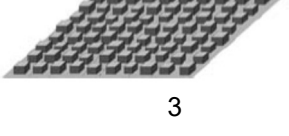

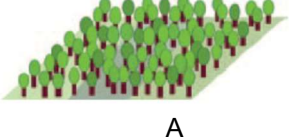
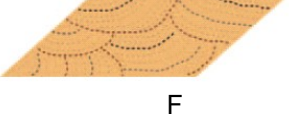
Fonte: Adaptados de GOOGLE EARTH PRO (2017) e STEWART & OKE (2012).

Tabela 15 – Caracterização das Zonas Climáticas Locais por Tipologias (Continuação).

Tipologia	Imagem Aérea [Ø = 400m]	Subclassificação	
		Nome	Imagem
TP 09		LCZ 8 ₆	 LCZ 8
			 LCZ 6
TP 10		LCZ 3 ₁	 LCZ 3
			 LCZ 1
TP 11		LCZ 4 ₈	 LCZ 4
			 LCZ 8
TP 12		LCZ 1 ₈	 LCZ 1
			 LCZ 8


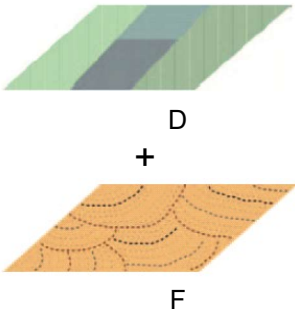

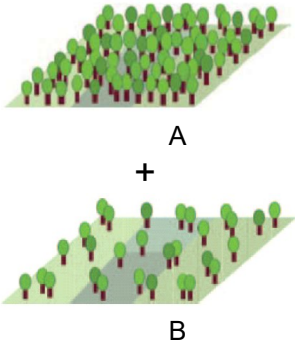

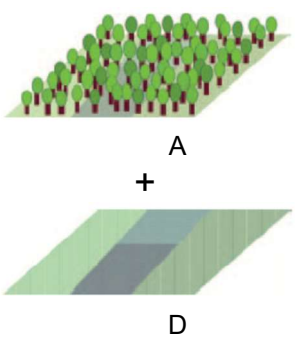
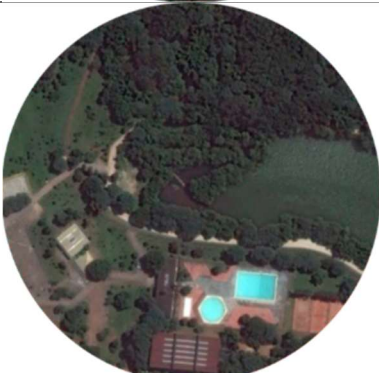
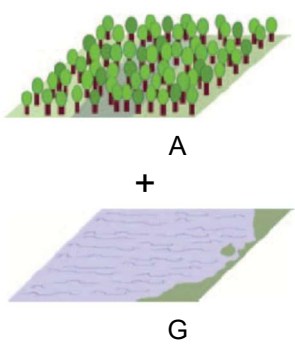
Fonte: Adaptados de GOOGLE EARTH PRO (2017) e STEWART & OKE (2012).

Tabela 15 – Caracterização das Zonas Climáticas Locais por Tipologias (Continuação).

Tipologia	Imagem Aérea [Ø = 400m]	Subclassificação	
		Nome	Imagem
TP 13		LCZ 3 ₆	 LCZ
			 LCZ
TP 14		LCZ 8 ₉	 LCZ
			 LCZ
TP 15		LCZ 5 ₃	 LCZ
			 LCZ
TP PERM 01		LCZ A _F	 LCZ
			 LCZ

Fonte: Adaptados de GOOGLE EARTH PRO (2017) e STEWART & OKE (2012).

Tabela 15 – Caracterização das Zonas Climáticas Locais por Tipologias (Continuação).

Tipologia	Imagem Aérea [Ø = 400m]	Subclassificação	
		Nome	Imagem
TP PERM 02		LCZ D _F	 LCZ D + LCZ F
TP PERM 03		LCZ A _B	 LCZ A + LCZ B
TP PERM 04		LCZ A _D	 LCZ A + LCZ D
TP PERM 05		LCZ A _G	 LCZ A + LCZ G

Fonte: Adaptados de GOOGLE EARTH PRO (2017) e STEWART & OKE (2012).

Foram identificadas 17 Zonas Climáticas Locais no total, sendo 12 delas de tipologias construídas, e 05 de tipologias de cobertura de solo. As tipologias classificadas como TP 04 e TP 05 corresponderam à mesma classificação de Zona Climática Local – LCZ 8₃. O mesmo caso ocorre para as tipologias TP 07 e TP 08, caracterizadas como LCZ 3₈ e para as tipologias TP 02 e TP 12, caracterizadas como LCZ 1₈.

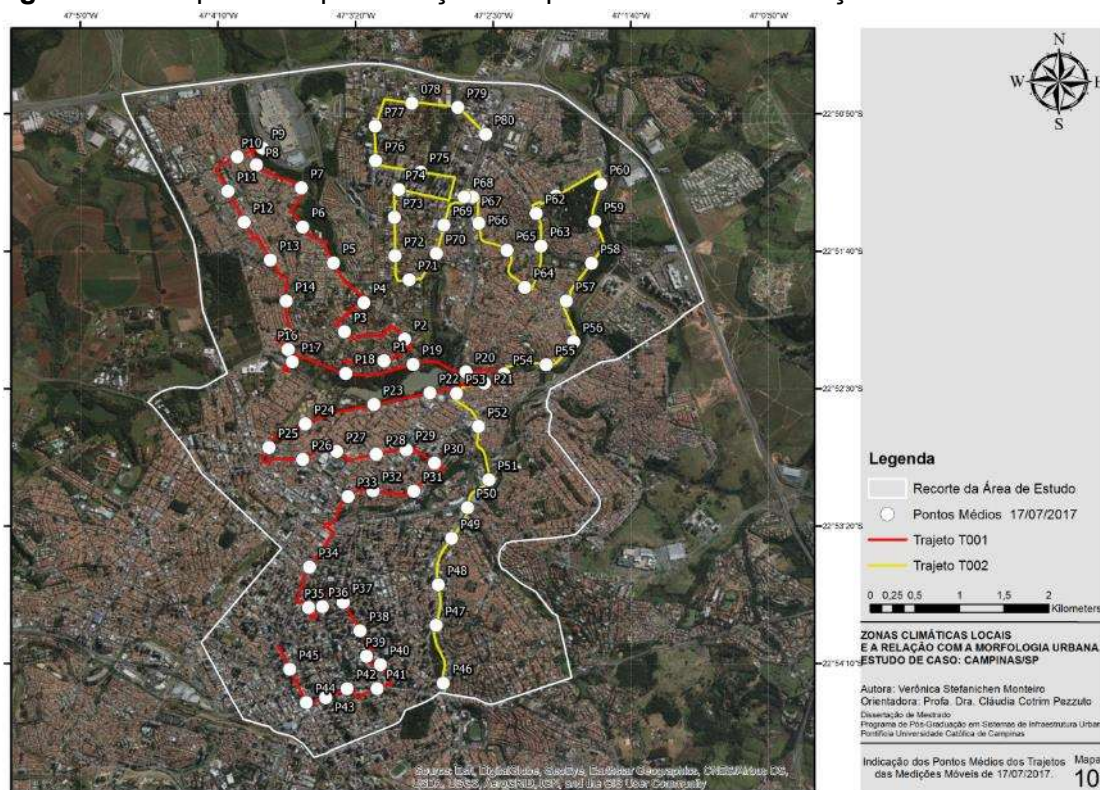
5.1.2 Processo B

As Etapas 1 e 2 são parte da geração de dados para os resultados que serão apresentados nas Etapas 3 e 4.

Etapa 3 – Tratamento e correção dos dados coletados.

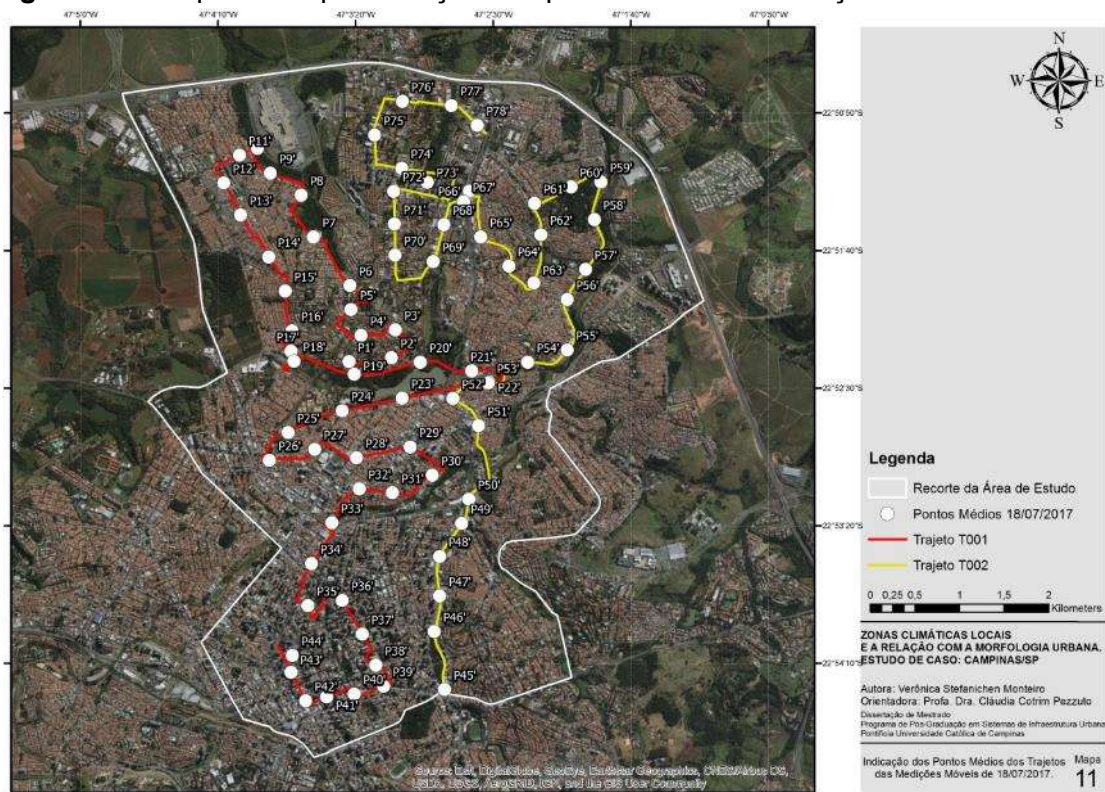
A seguir serão representadas as espacializações dos pontos médios referentes aos dois trajetos, nos três dias consecutivos de medições. As Figuras 29, 30 e 31 demonstram a espacialização dos pontos médios dos dias 17/07/2017, 18/07/2017 e 19/07/2017 respectivamente.

Figura 29 – Mapa 10: Espacialização dos pontos médios – Medição 17/07/2017.



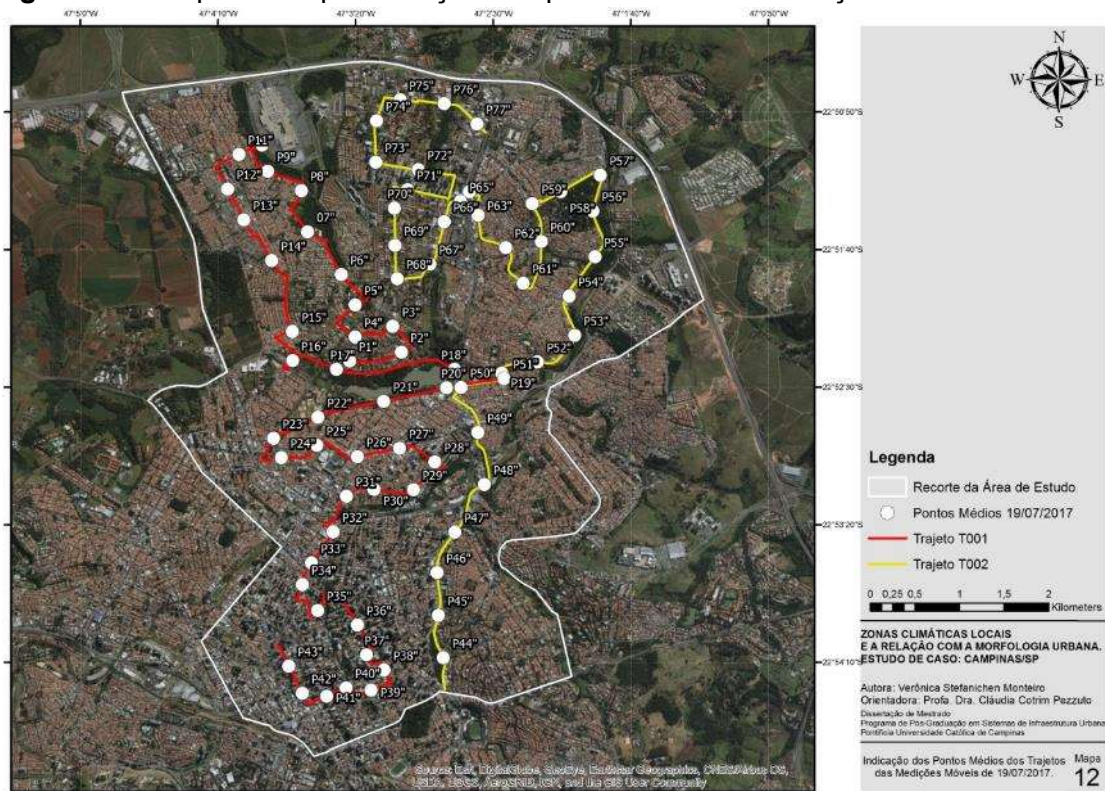
Fonte: da autora, 2017.

Figura 30 – Mapa 11: Espacialização dos pontos médios – Medição 18/07/2017.



Fonte: da autora, 2017.

Figura 31 – Mapa 12: Espacialização dos pontos médios – Medição 19/07/2017.



Fonte: da autora, 2017.

A partir da aplicação dos três diferentes métodos de correção temporal dos dados climáticos coletados nas medições móveis foi possível verificar que o comportamento na maioria dos casos apresenta a mesma tendência, gerando apenas uma diminuição da variação entre os pontos admitida devido à variação destes dados climáticos no tempo, variação esta que não deve ser considerada.

Sendo assim, como ferramenta de análise destas metodologias a fim de selecionar o melhor método a ser aplicado na correção dos dados medidos, foram calculados os coeficientes de correção linear para cada grupo de dados medidos (dias, horários e parâmetros climáticos). Na Tabela 16 são apresentados estes coeficientes.

Tabela 16 – Coeficientes de correlação linear por metodologia.

Trajetos T001 – Temperatura do Ar									
	17/07 9H	17/07 15H	17/07 21H	18/07 9H	18/07 15H	18/07 21H	19/07 9H	19/07 15H	19/07 21H
Met. 1	0,969	-0,062	-0,404	0,607	0,181	0,351	0,803	0,148	-0,519
Met. 2	0,954	0,079	-0,629	0,692	0,417	0,385	0,903	0,067	-0,628
Met. 3	0,977	-0,137	-0,474	0,711	0,239	0,403	0,831	0,235	-0,643
Trajetos T001 – Umidade Relativa do Ar									
	17/07 9H	17/07 15H	17/07 21H	18/07 9H	18/07 15H	18/07 21H	19/07 9H	19/07 15H	19/07 21H
Met. 1	0,940	-0,049	-0,510	0,808	0,024	-0,133	0,623	-0,115	-0,386
Met. 2	0,919	0,282	-0,409	0,871	0,238	-0,452	0,831	-0,524	-0,703
Met. 3	0,952	0,016	-0,532	0,871	0,109	-0,252	0,682	-0,268	-0,408
Trajetos T002 – Temperatura do Ar									
	17/07 9H	17/07 15H	17/07 21H	18/07 9H	18/07 15H	18/07 21H	19/07 9H	19/07 15H	19/07 21H
Met. 1	0,847	0,155	-0,164	-0,145	-0,097	0,311	0,890	0,124	-0,415
Met. 2	0,843	0,122	-0,104	-0,705	0,333	0,358	0,893	0,352	0,764
Met. 3	0,851	-0,315	-0,162	-0,477	-0,009	0,408	0,904	0,416	-0,143
Trajetos T002 – Umidade Relativa do Ar									
	17/07 9H	17/07 15H	17/07 21H	18/07 9H	18/07 15H	18/07 21H	19/07 9H	19/07 15H	19/07 21H
Met. 1	0,164	0,024	-0,735	-0,425	0,358	0,458	0,485	0,464	0,241
Met. 2	0,470	0,102	-0,355	-0,311	0,517	0,601	0,633	0,897	0,823
Met. 3	0,544	0,105	-0,602	-0,296	0,475	0,646	0,599	0,672	0,502

Fonte: da autora, 2018.

A metodologia que obteve os melhores valores de coeficientes de correlação em sua maioria foi a metodologia de Minako *et al.* (2006) – Met. 3, sendo esta a utilizada para a correção dos dados nesta pesquisa.

Etapa 4 – Espacialização dos dados climáticos.

A fim de realizar uma comparação espacial dos dados coletados e corrigidos pela terceira metodologia eleita, foi utilizado para tal, o software ArcGIS 10.1 através da Krigagem (método de regressão utilizado em geoestatística a fim de interpolar os dados fornecidos).

A seguir são apresentadas as espacializações comparativas dos dados coletados e corrigidos referentes aos parâmetros climáticos temperatura do ar e umidade relativa do ar.

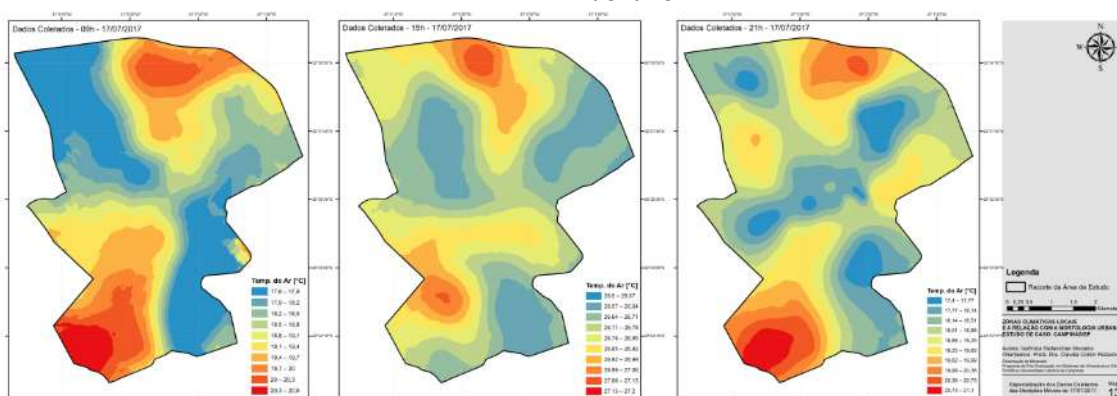
As Figuras 32 e 33 demonstram a espacialização dos dados coletados e corrigidos, respectivamente, da temperatura do ar no dia 17/07/2017 nos três horários coletados; 09h, 15h e 21h.

As Figuras 34 e 35 demonstram esta espacialização no dia 18/07/2017 e as Figuras 36 e 37 no dia 19/07/2017.

É possível verificar nos três dias de medição, na espacialização das 09 horas, os dados coletados e corrigidos apresentam a mesma tendência, variando em sua amplitude cerca de $0,5^{\circ}\text{C}$. Às 15 horas existe uma tendência de comportamento similar em algumas áreas, porém em outras possuem o comportamento inverso como é o caso do dia 18/07/2017. Em geral a amplitude entre os dados coletados e corrigidos apresentam uma pequena variação de até $0,2^{\circ}\text{C}$ com exceção do dia 18/07/2017 que a amplitude nos dados coletados foi de $3,6^{\circ}\text{C}$ e nos dados corrigidos $0,2^{\circ}\text{C}$. Nos dados das 21 horas, o comportamento dos corrigidos é inverso aos coletados, principalmente nos dias 17/07/2017 e 19/07/2017, destacando a variação da amplitude nos dados coletados de $3,5^{\circ}\text{C}$ e de $0,5^{\circ}\text{C}$ nos dados corrigidos no dia 17/07/2017. A amplitude nos outros dois dias apresenta apenas uma variação de $0,1^{\circ}\text{C}$ e $0,2^{\circ}\text{C}$.

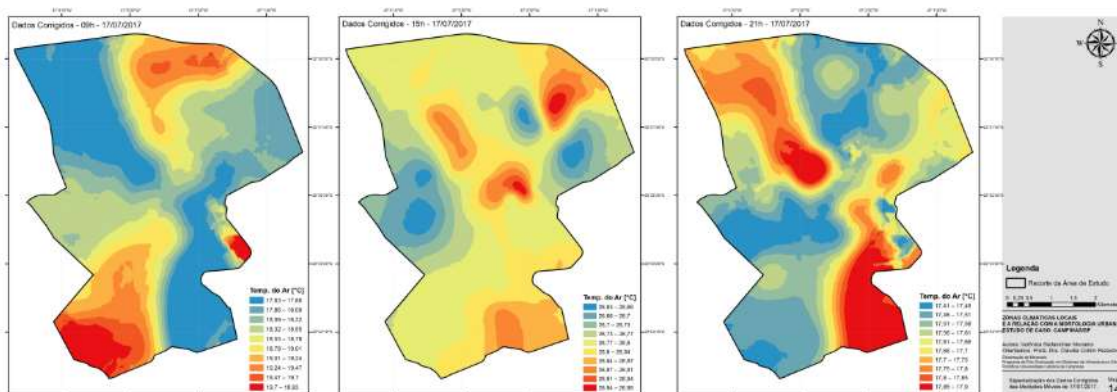
Estas diferenças podem ser justificadas pelas variáveis que foram consideradas na correção dos dados. A correção é em função dos dados coletados nos pontos fixos, a distância entre o ponto fixo e o ponto móvel e os dados coletados nas medições móveis apenas nos inícios dos trajetos. Os dados coletados durante o trajeto não são considerados nesta correção, por este motivo verificamos que a espacialização dos dados corrigidos evidencia uma tendência de comportamento da temperatura do ar no tempo e no espaço não levando em consideração as características físicas do mesmo.

Figura 32 – Espacialização dos dados coletados de temperatura do ar – 09h, 15h e 21h do dia 17/07/2017.



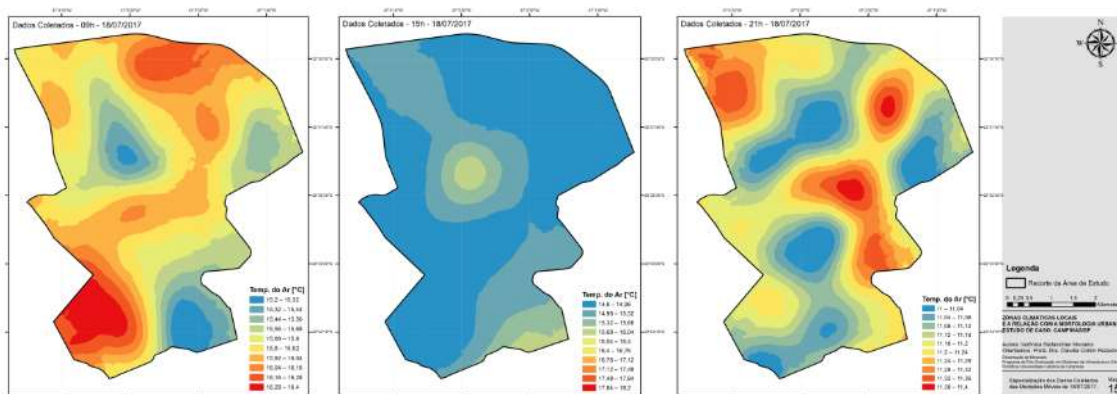
Fonte: da autora, 2018.

Figura 33 – Espacialização dos dados corrigidos de temperatura do ar – 09h, 15h e 21h do dia 17/07/2017.



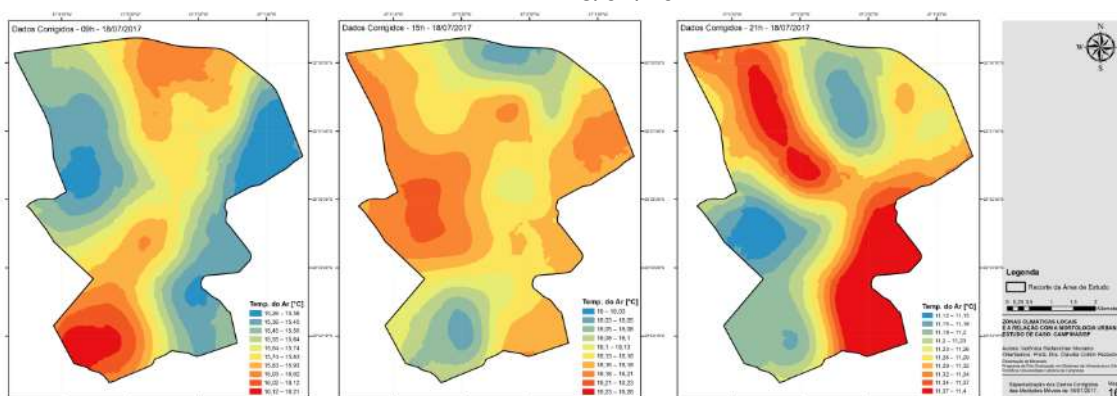
Fonte: da autora, 2018.

Figura 34 – Espacialização dos dados coletados de temperatura do ar – 09h, 15h e 21h do dia 18/07/2017.



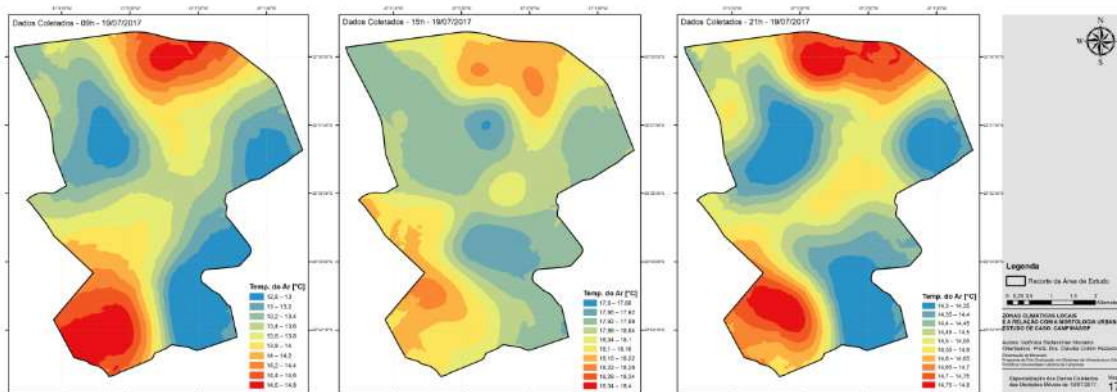
Fonte: da autora, 2018.

Figura 35 – Espacialização dos dados corrigidos de temperatura do ar – 09h, 15h e 21h do dia 18/07/2017.



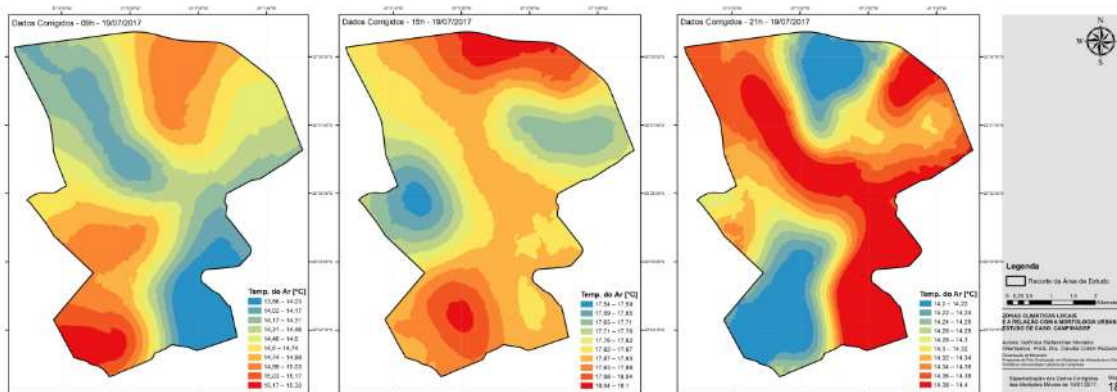
Fonte: da autora, 2018.

Figura 36 – Espacialização dos dados coletados de temperatura do ar – 09h, 15h e 21h do dia 19/07/2017.



Fonte: da autora, 2018.

Figura 37 – Espacialização dos dados corrigidos de temperatura do ar – 09h, 15h e 21h do dia 19/07/2017.

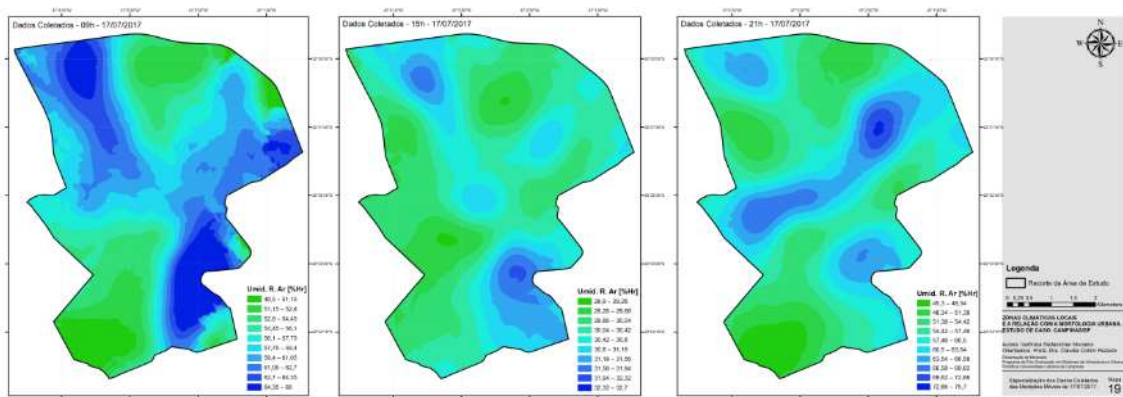


Fonte: da autora, 2018.

A seguir, com as mesmas condições das espacializações realizadas para os dados de temperatura do ar, foram realizadas para os dados, coletados e corrigidos, de umidade relativa do ar (Figuras 38 á 43).

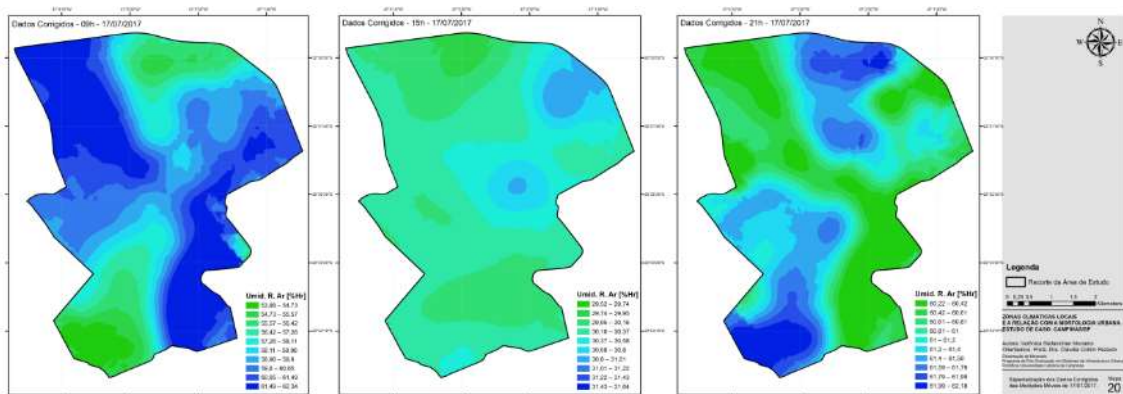
Na espacialização das 09 horas, os dados apresentam a mesma tendência, variando a amplitude com uma diferença mínima de 3,2% Hr e máxima de 8,1% Hr entre os dados coletados e corrigidos. Às 15 horas, assim como apresentado nos dados espacializados da temperatura do ar, também apresenta em certas áreas um comportamento inverso, porém em menor quantidade que os dados de temperatura do ar. A amplitude entre os dados coletados e medidos apresenta os menores valores nos dias 17 e 19/07/2017 - 1,7% Hr e 0,6% Hr respectivamente, e o maior valor no dia 18/07/2017 com 12,5% Hr entre os dados. Às 21 horas, os dados corrigidos apresentam em sua maioria o comportamento inverso dos coletados, variando a amplitude entre 1,8% Hr e 28,4% Hr – 18/07/2017 e 17/07/2017 respectivamente.

Figura 38 – Espacialização dos dados coletados de umidade relativa do ar – 09h, 15h e 21h do dia 17/07/2017.



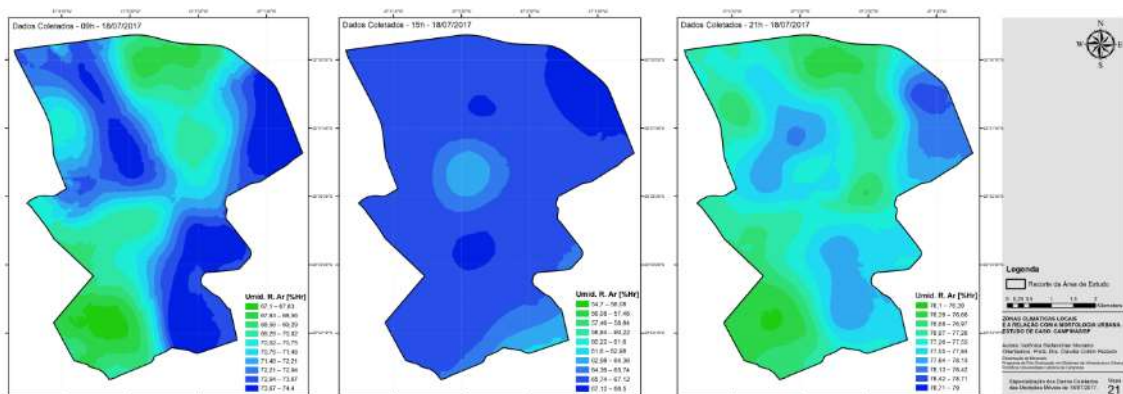
Fonte: da autora, 2018.

Figura 39 – Espacialização dos dados corrigidos de umidade relativa do ar – 09h, 15h e 21h do dia 19/07/2017.



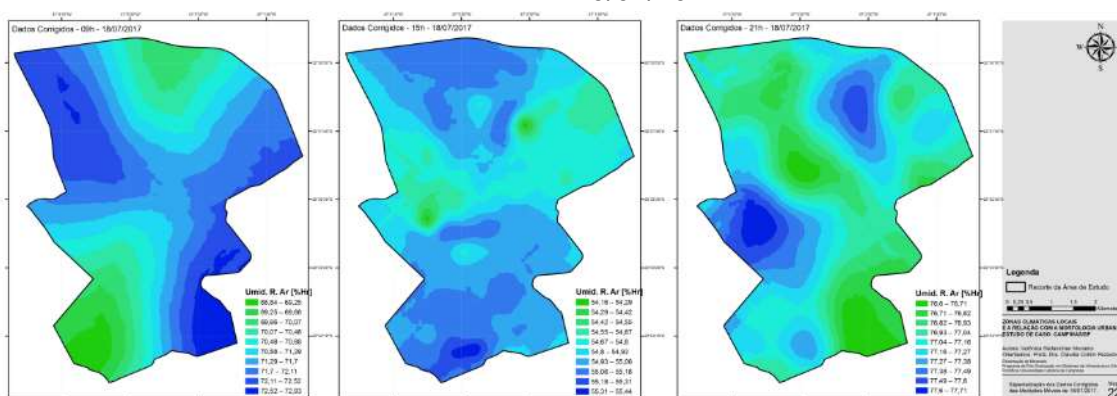
Fonte: da autora, 2018.

Figura 40 – Espacialização dos dados corrigidos de umidade relativa do ar – 09h, 15h e 21h do dia 19/07/2017.



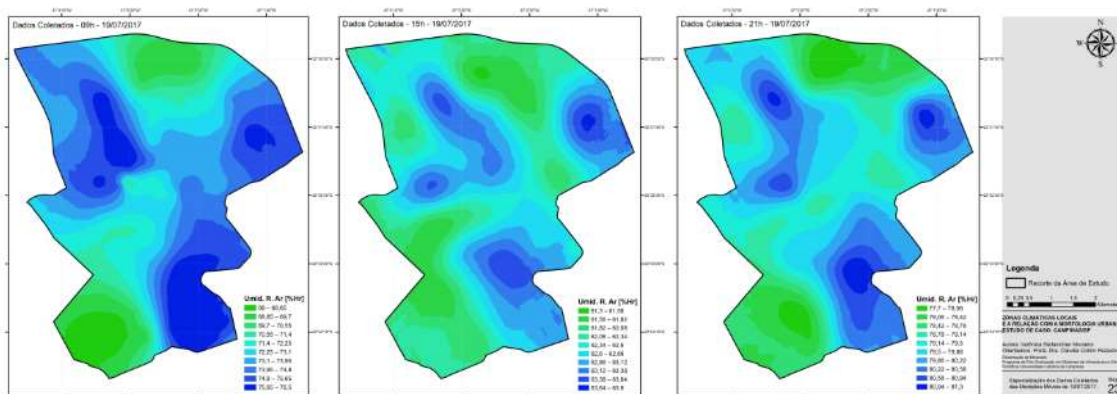
Fonte: da autora, 2018.

Figura 41 – Espacialização dos dados corrigidos de umidade relativa do ar – 09h, 15h e 21h do dia 19/07/2017.



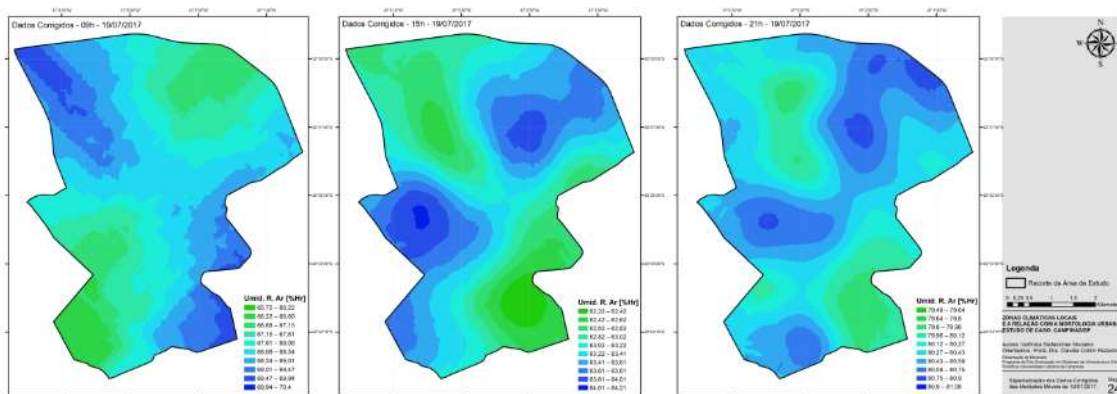
Fonte: da autora, 2018.

Figura 42 – Espacialização dos dados corrigidos de umidade relativa do ar – 09h, 15h e 21h do dia 19/07/2017.



Fonte: da autora, 2018.

Figura 43 – Espacialização dos dados corrigidos de umidade relativa do ar – 09h, 15h e 21h do dia 19/07/2017.



Fonte: da autora, 2018.

Com as espacializações relatadas acima foi possível averiguar que o comportamento dos dados coletados tem como fator de influência as características físicas do espaço, porém os dados corrigidos apresentam uma tendência de comportamento que deve ser considerada ao analisar a espacialização dos dados coletados, principalmente no que diz respeito a amplitude destas variações. Sendo assim, os dados corrigidos não substituem os dados coletados e sim complementam a sua análise.

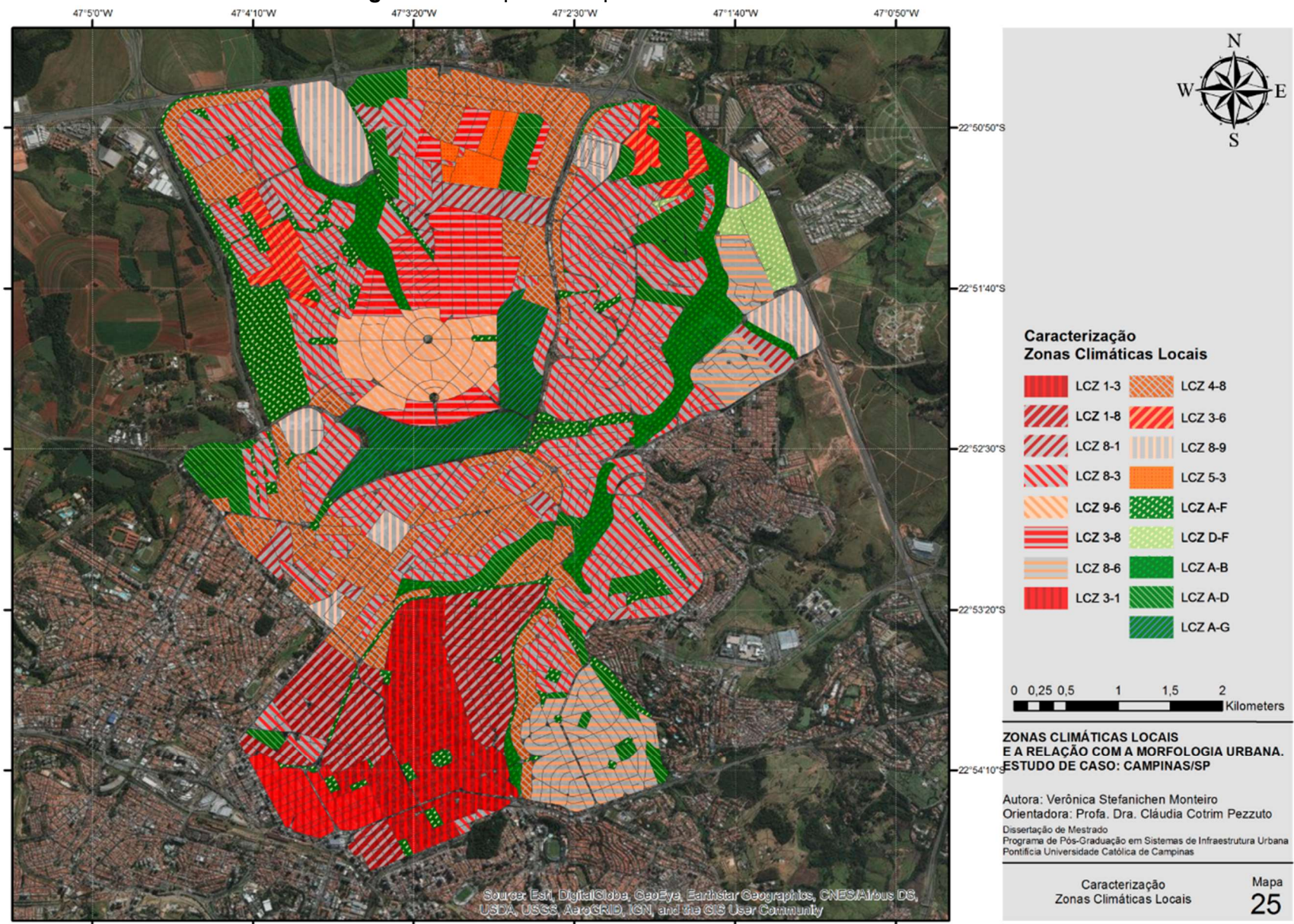
6 ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção serão abordados os resultados obtidos na caracterização das Zonas Climáticas Locais presentes no recorte espacial delimitado para esta pesquisa, assim como as tendências de comportamento das variáveis climáticas – temperatura do ar e umidade relativa do ar – através da sobreposição das espacializações dos mesmos. Como etapa final de resultados, será analisada a correlação dos dados climáticos com os parâmetros de classificação das Zonas Climáticas Locais.

6.1 Caracterização das Zonas Climáticas Locais

A partir da identificação das 17 Zonas Climáticas Locais presentes do recorte determinado para esta pesquisa, apresenta-se na Figura 44 o mapeamento das mesmas, sendo a legenda utilizada a mesma da metodologia proposta por Stewart e Oke (2012) e WUDAPT (2018).

Figura 44 – Mapa 25: Mapeamento de LCZ's caracterizadas.



Fonte: da autora, 2018.

É possível verificar uma tendência de verticalização, uma vez que 04 das 17 LCZ's de tipologias construída apresentam a LCZ 1 como classe base. Já a ocorrência de grande área impermeável no recorte analisado é evidenciada pela frequência de caracterização das Zonas Climáticas Locais, tanto como classe base como classe base menor da LCZ 8. A distribuição de áreas permeáveis no recorte aparece de formas diferentes. Quando se trata de áreas permeáveis associadas a edificações, a caracterização aparece como o próprio percentual de área permeável dentro da caracterização da Zona Climática Local, como por exemplo a LCZ 96, cujo percentual é de mais de 10%, e a LCZ 86, sendo o percentual de aproximadamente 20%. Porém, quando se trata de tipologias de cobertura de solo, é nítido que o recorte abrange uma grande parcela de áreas permeáveis, caracterizados pelas cores verdes da Figura 43 acima. Estas se apresentam em sua maioria como a LCZ A como classe base, associadas a tipologias de gramíneas ou vegetação rasteira (LCZ D), solo exposto (LCZ F) ou corpos d'água (LCZ G).

6.2 Análise Climática

A fim de dinamizar a compreensão do comportamento das Zonas Climáticas Locais no período de inverno de 2017, no que diz respeito à temperatura do ar e a umidade relativa do ar, os dados serão apresentados por período de medição. A coleta de dados a partir do método de medidas móveis, foi realizada em dois percursos de 20km de extensão aproximadamente, durante três dias consecutivos no mês de julho de 2017, contemplando a estação do inverno. As medições foram realizadas em três horários; 09:00, 15:00 e 21:00 horas.

6.2.1 Temperatura do ar

A seguir serão analisadas as espacializações dos dados médios de temperatura do ar coletados e corrigidos em função do mapeamento das Zonas Climáticas Locais caracterizadas no recorte espacial proposto para esta pesquisa.

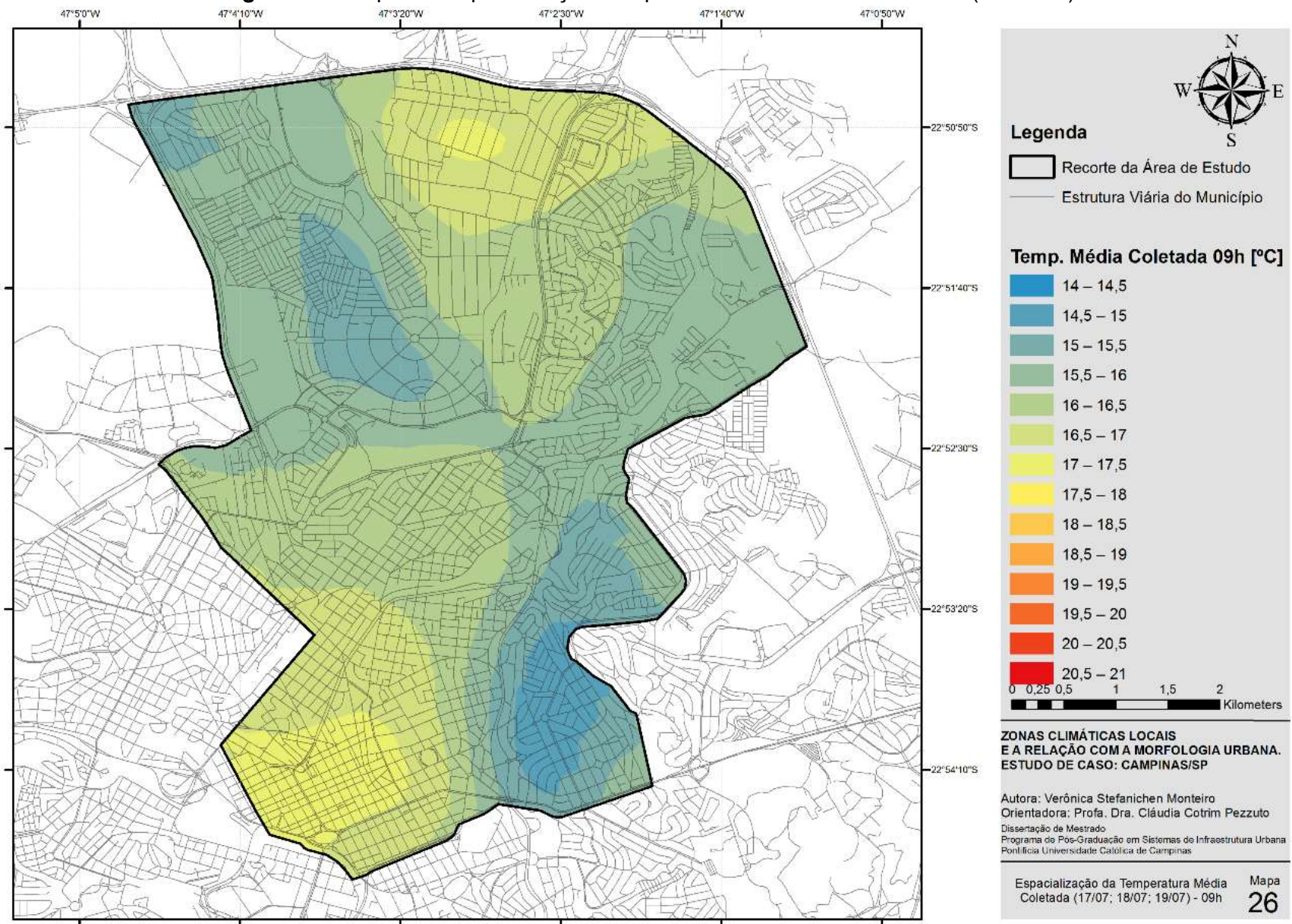
6.2.1.1 09 horas

Na espacialização da Figura 45, é apresentado o comportamento médio da temperatura do ar coletada às 09 horas, e na Figura 46, o comportamento médio referente aos dados corrigidos. Nota-se inicialmente que o comportamento nas duas figuras é semelhante, apresentando uma diferença na amplitude térmica de 2,7°C e 2,2 °C dos dados coletados e corrigidos respectivamente.

No que diz respeito ao comportamento espacial desta variável, nota-se a tendência de aquecimento, concentrando-se nas LCZ's 1₃ e 1₈ na porção sudoeste do recorte e LCZ 4₈ na porção norte. Estas Zonas Climáticas Locais têm como característica a verticalização, mais de 50% de área impermeável e menos de 10% de áreas permeáveis.

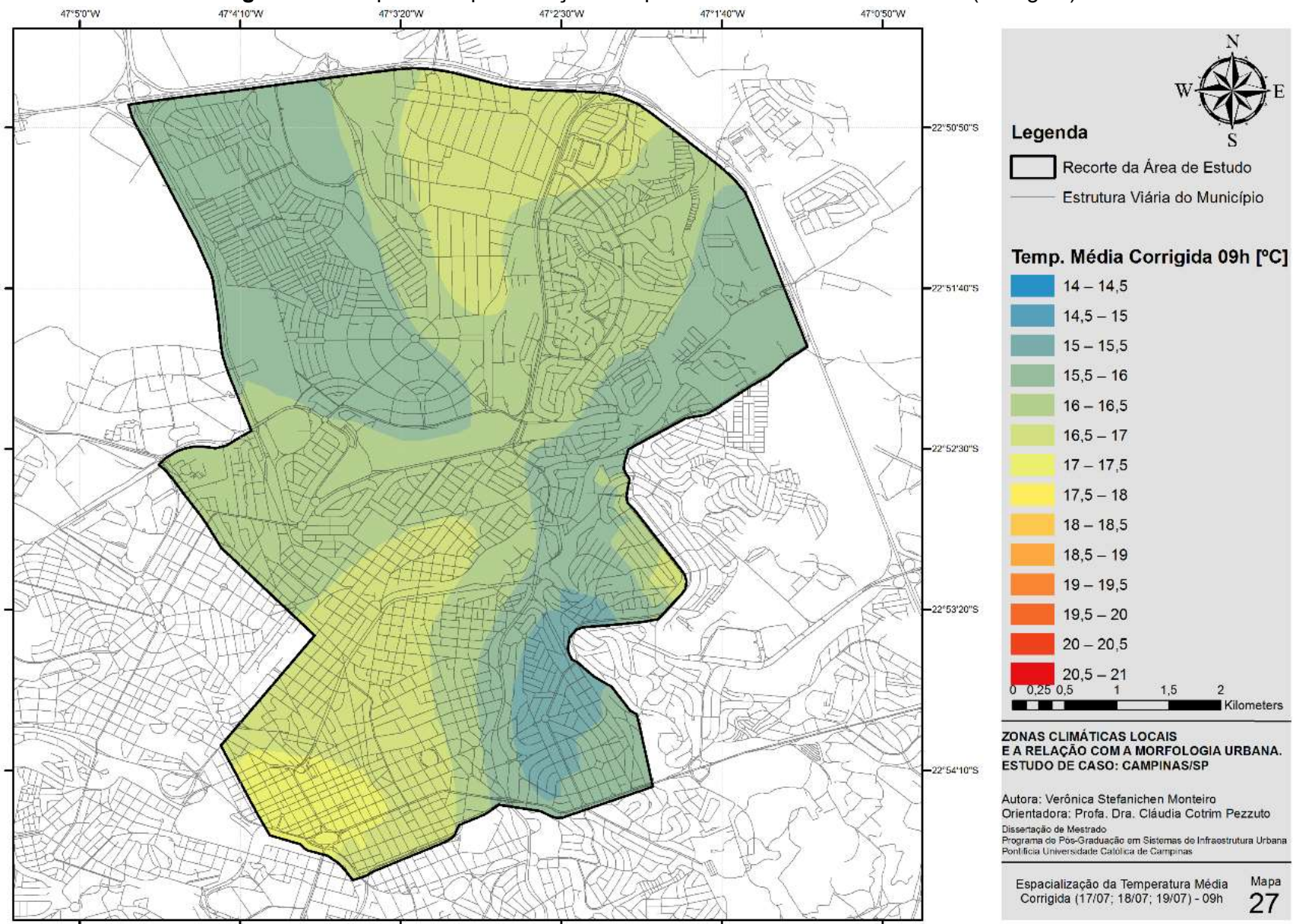
A tendência de resfriamento é evidenciada quando se aproxima do Parque Portugal – LCZ A_G, porção central do recorte e tem sua continuidade para a direção noroeste, LCZ's 9₆ e 8₃ com grande proximidade da LCZ A_B caracterizando áreas de baixo gabarito, maior percentual de área permeável, cerca de 10 á 15% e menor percentual de área impermeável, média de 40%. Esta tendência de resfriamento também ocorre para a direção sudeste do recorte, onde a LCZ 8₆ associada à LCZ A_D caracterizam áreas com grande percentual de área permeável, 20%, alto índice de FVC acima de 0,80 e baixo índice de relação H/W, em torno de 0,20.

Figura 45 – Mapa 26: Espacialização Temperatura do Ar Média – 09 horas (Coletada).



Fonte: da autora, 2018.

Figura 46 – Mapa 27: Espacialização Temperatura do Ar Média – 09 horas (Corrigida).



Fonte: da autora, 2018.

A partir desta espacialização é possível interpretar que a maior diferença térmica está entre as LCZ's 1₈ e 8₆ no período de aquecimento (09 horas) e varia em torno de 2,2 á 2,7°C, sendo a primeira corrigida e a segunda coletada. Porém o comportamento da área nordeste do recorte também se evidencia com uma diferença de cerca de 1,7°C, na qual predomina as LCZ's A_B e A_D em relação as LCZ's 1₃ e 1₈.

6.2.1.2 15 horas

Na espacialização da Figura 47, é apresentado o comportamento médio da temperatura do ar coletada às 15 horas, e na Figura 48, o comportamento médio referente aos dados corrigidos. Nota-se inicialmente que as duas figuras não possuem o mesmo comportamento. Enquanto na Figura 47 o comportamento apresenta uma tendência nas regiões norte, sul, central e sudoeste de maior temperatura – tendo como amplitude média 0,5°C, o comportamento da Figura 48 apresenta uma constante na temperatura, com uma amplitude média de 0,2°C. Acredita-se que esta diferença de comportamento entre os dados coletados e corrigidos para este período de medição, ocorre devido a metodologia de correção destes dados não se utilizar das variáveis de caracterização de ocupação do solo como fator de influência, e apenas considerar a variação temporal e espacial (distâncias) entre os pontos. Assim, a tendência de comportamento para este período pode-se ser verificada sim como a apresentada na Figura 47, porém contemplando que a amplitude desta variação real não necessariamente seja de 0,5°C, e sim menor.

É possível verificar com a análise das duas espacializações que o comportamento da temperatura do ar neste horário é constante, apresentando singelas variações.

As áreas em laranja escuro na Figura 47, correspondem às LCZ 9₆, LCZ 3₈ e LCZ A_G na porção central, as quais se caracterizam pelo percentual de áreas permeáveis com média de 10%, FVC acima de 0,90 e classe de rugosidade 5. A porção norte corresponde a uma junção de LCZ's que caracterizam uma área bastante heterogênea. Enquanto as LCZ 8₃, LCZ 3₈ caracterizam uma área de baixo gabarito, com um percentual de área permeável com média de 15% e percentual de área impermeável de 40%, a LCZ 4₈ caracteriza um ambiente de alto gabarito, variando até 55 metros de altura, com percentual de área

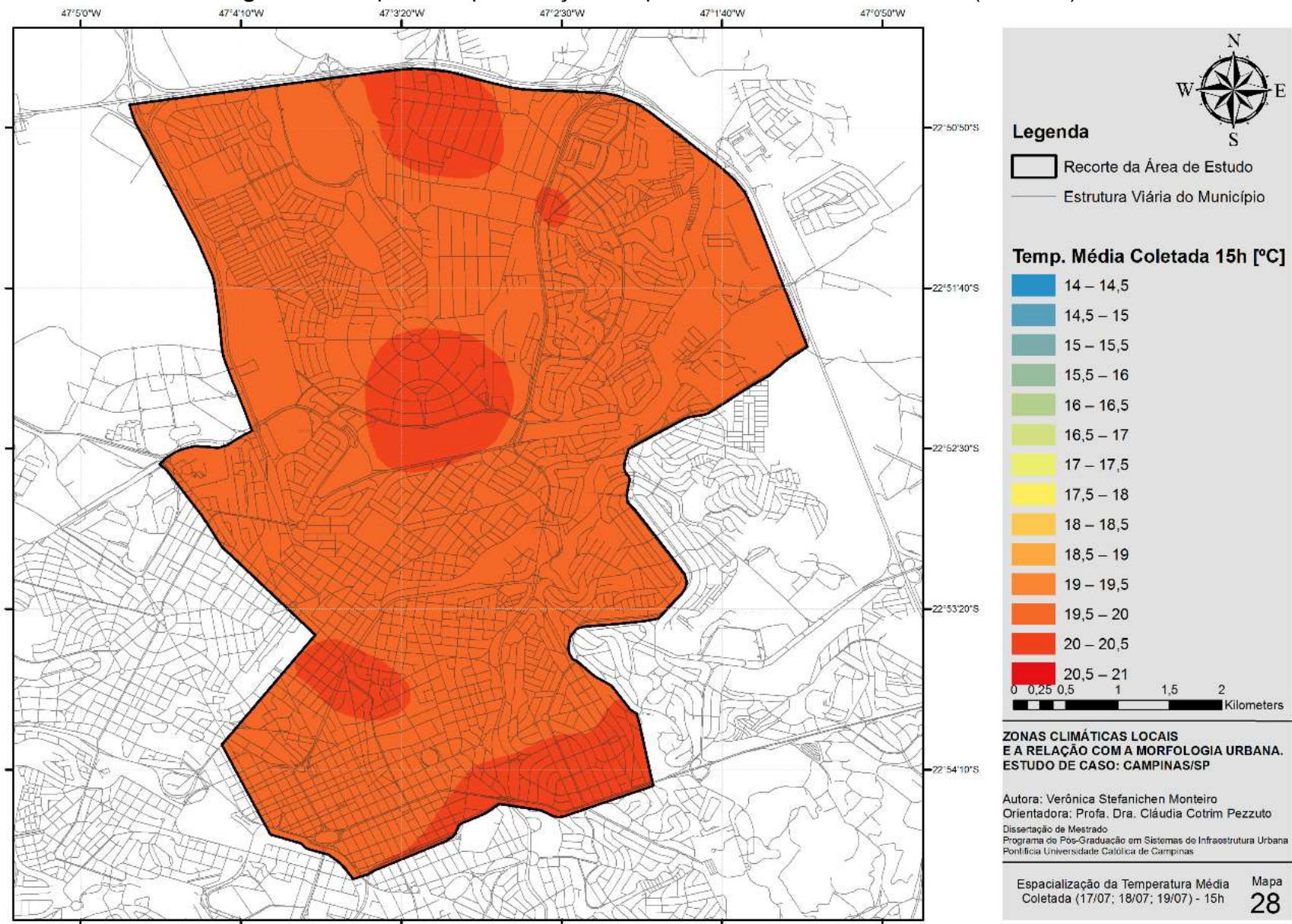
permeável abaixo de 10% e área impermeável acima de 50%, sendo também classificada como classe de rugosidade 7. Estas três LCZ's então associadas a duas grandes áreas com cobertura do solo permeáveis que se caracterizam pela LCZ A_D.

Na porção sudoeste se concentra a LCZ 4₈ associada à LCZ 1₈, gerando uma área de alto gabarito, percentual de área impermeável acima de 50%, de área permeável podendo chegar a menos de 04% e FVC acima de 0,80. Já na porção sudeste, a mancha verde se caracteriza por duas LCZ's, 8₆ e 3₁, áreas com características morfológicas bem distintas, porém com gabarito médio variando entre 05 e 06 metros e classe de rugosidade 6.

Com o intuito de avaliar o comportamento desta variável, que devido aos intervalos definidos, parece constante, foi desenvolvido um mapa chave para entender a distribuição da amplitude mesmo que mínima. Sendo assim, a Figura 47 apresenta uma tendência de comportamento com queda na temperatura do ar média nas extremidades leste e oeste do recorte. A porção leste é caracterizada pelas LCZ's 4₈ e 8₃, que se caracterizam por uma média de área permeável variando entre 10 e 15% e fator de visão do céu superior a 0,90. Já na porção oeste, verifica-se a concentração de três LCZ's que possuem como classe base a LCZ 8. As LCZ's classe base menor se apresentam como LCZ 3, LCZ 6 e LCZ 9. Estas três classificações apresentam um fator de visão do céu médio de 0,95, relação H/W entre 0,15 e 0,25 e percentual de área edificada variando entre 30 e 40%.

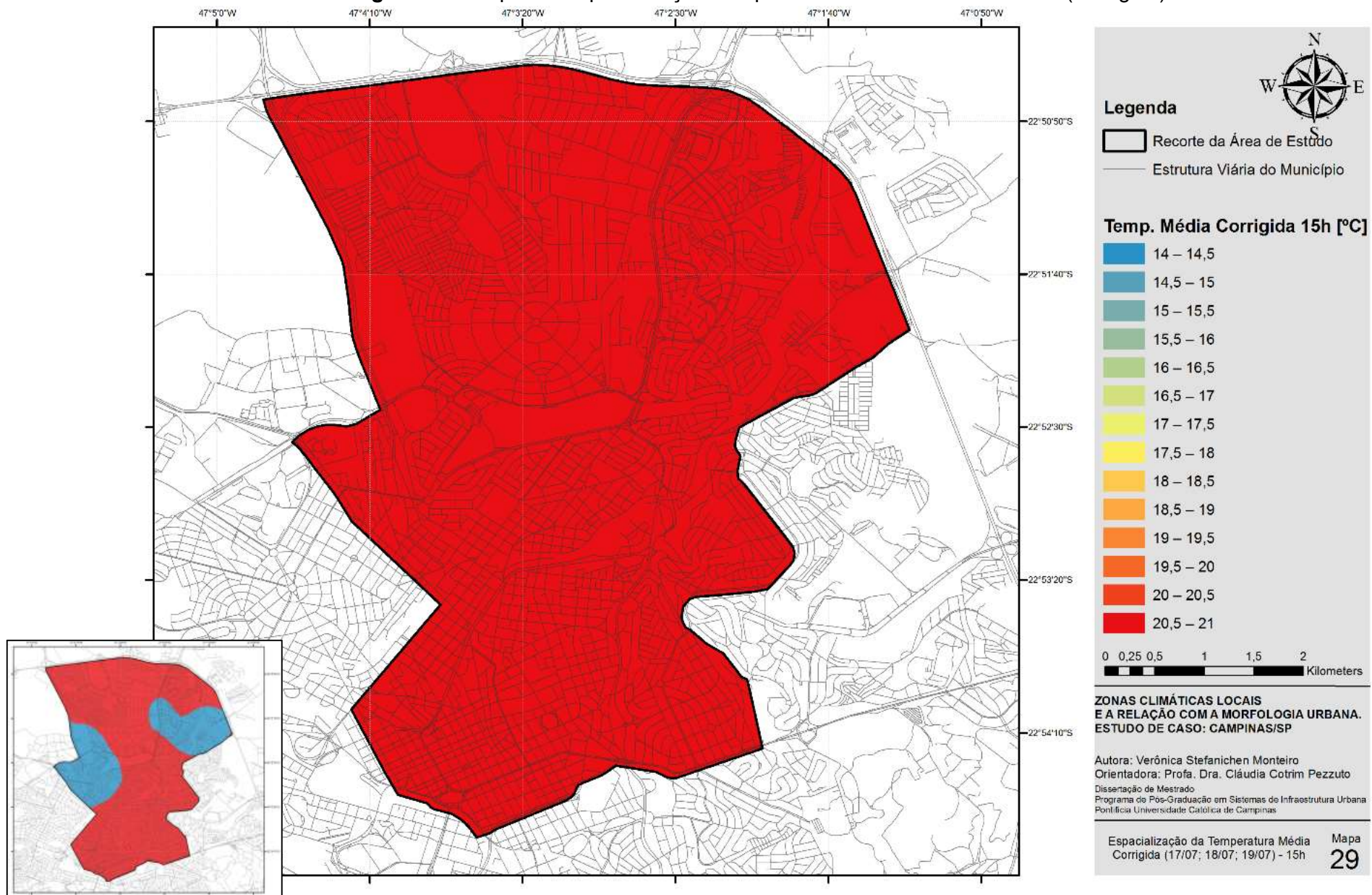
As duas áreas com comportamento de redução da temperatura apresentam grande recorrência de LCZ's de coberturas de solo com classe base A, sendo elas LCZ A_F e A_G na porção oeste e A_B na porção leste.

Figura 47 – Mapa 28: Espacialização Temperatura do Ar Média – 15 horas (Coletada).



Fonte: da autora, 2018.

Figura 48 – Mapa 29: Espacialização Temperatura do Ar Média – 15 horas (Corrigida).



Fonte: da autora, 2018.

6.2.1.3 21 horas

Na espacialização da Figura 49, é apresentado o comportamento médio da temperatura do ar coletada às 21 horas, e na Figura 50, o comportamento médio referente aos dados corrigidos. É possível verificar que a tendência não é a mesma entre as duas espacializações. Enquanto nos dados coletados, a tendência de diminuição da temperatura do ar ocorre nas porções central, noroeste e sudeste, nos dados corrigidos, as porções noroeste e sudeste do recorte apresentam uma tendência de aquecimento. Com a análise da amplitude apresentada nos dois casos, os dados coletados (Figura 49) apresentam 1,2°C, e os dados corrigidos, 0,4°C. Portanto também se averigua neste período de medição (21 horas) a mesma explicação apresentada no período de medição das 15 horas, porém neste caso evidenciando ainda mais a diferença entre as amplitudes.

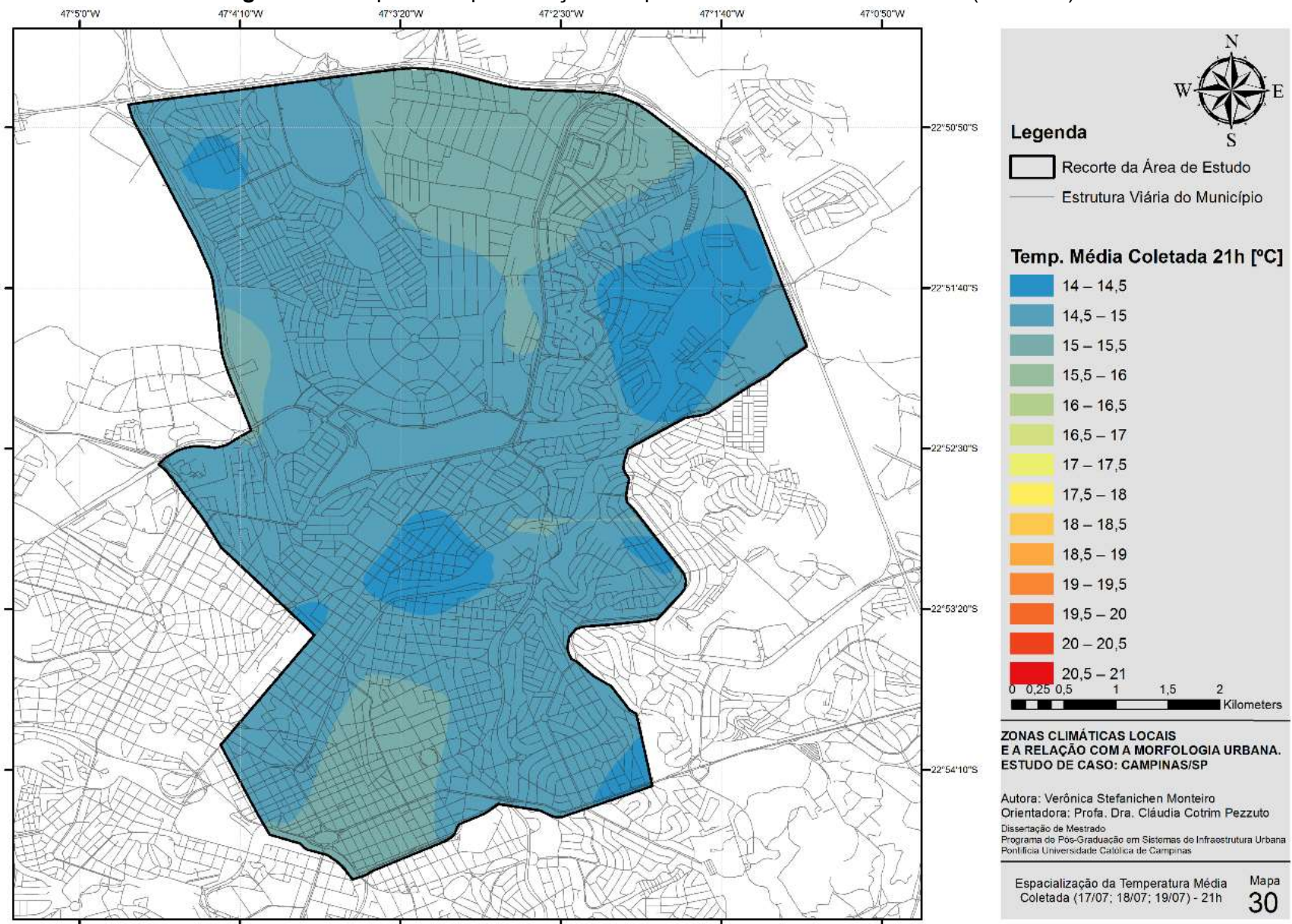
O comportamento de resfriamento na Figura 49 ocorre em LCZ's que possuem a LCZ 8 em sua caracterização, sendo ela como classe base (em sua maioria) ou como classe base menor. Neste caso apresentam-se as LCZ's 8₁, 8₃, 8₆ e 4₈. A LCZ 8₃ está localizada em grande parte da mancha central da Figura 49 e em parte da porção sudoeste. Na porção noroeste, a caracterização vem como as LCZ's 4₈ e 8₁, porém associadas a dois tipos de cobertura de solo, LCZ A_B e LCZ A_F. A caracterização destas Zonas Climáticas Locais possui como parâmetros similares, o fator de visão do céu variando entre 0,85 e 0,95, e o percentual de área permeável entre 10 e 20%. Nestas áreas os percentuais de área edificada e impermeável estão acima de 30 e 40% respectivamente. Nas áreas com tendência de aquecimento, a caracterização é muito semelhante à área noroeste, porém, a presença de áreas de cobertura de solo com alto percentual de área permeável não ocorre.

Na porção sul do recorte, verifica-se um comportamento pontual de aquecimento, esta área se caracteriza como uma das áreas mais adensadas e com pouco percentual de área permeável do recorte, se caracterizando pelas LCZ's 1₃ e 1₈.

A Figura 50 apresenta uma tendência de aquecimento em duas principais áreas do recorte, noroeste e sudeste. Na maior parte destas, a LCZ 8₁ que se mais representa. Existe sim uma ocorrência de outras áreas importantes com LCZ's diferentes, como é o caso da LCZ 9₆ na porção central, e 8₆ na porção

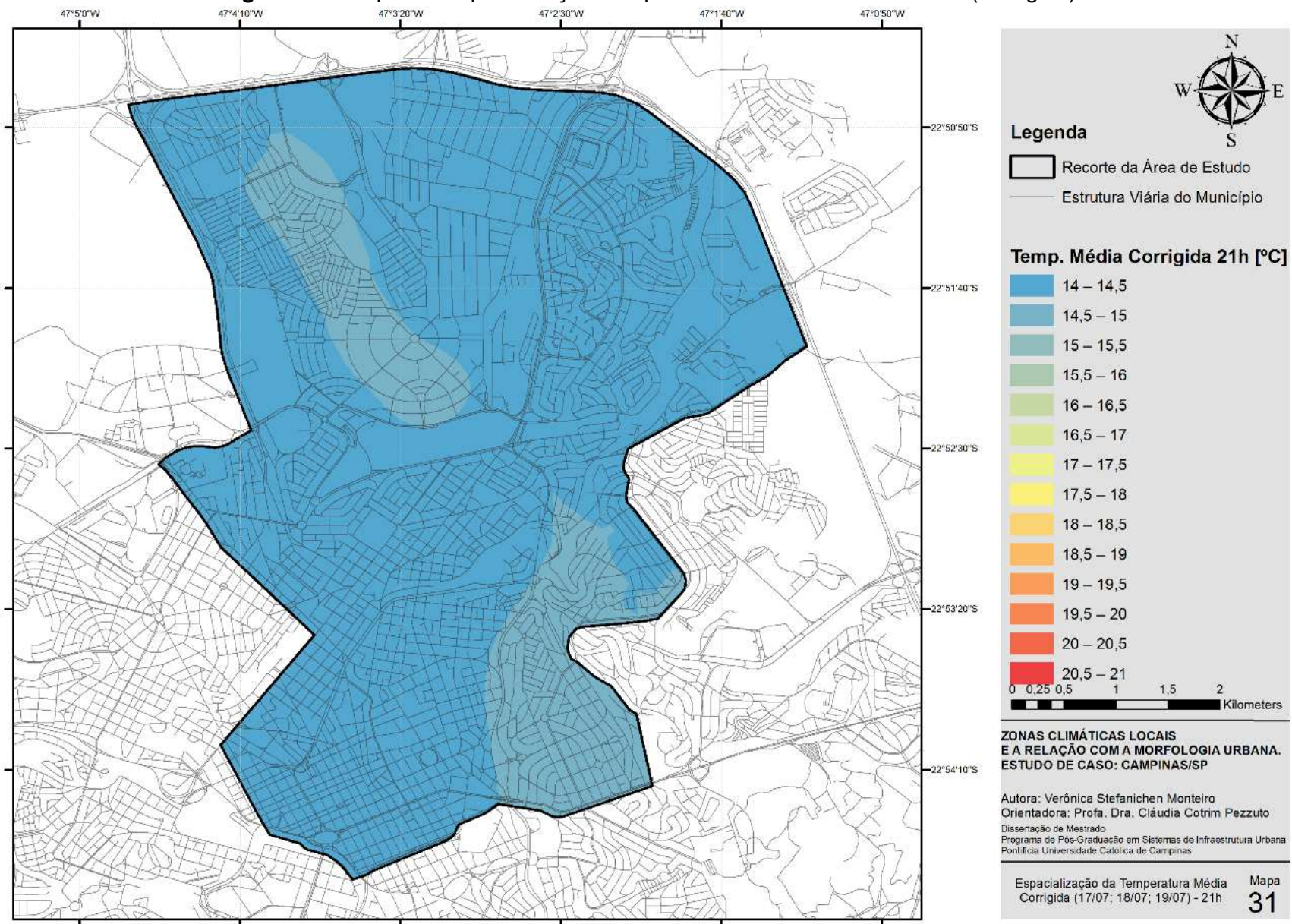
sudeste extrema, porém em sua presença é relativamente menor quando comparada a incidência da LCZ 8₁. Esta LCZ apresenta relação H/W maior que 2,00, um fator de visão do céu de 0,83 e percentuais de área edificada, impermeável e permeável de 35%, 57% e 8% respectivamente.

Figura 49 – Mapa 30: Espacialização Temperatura do Ar Média – 21 horas (Coletada).



Fonte: da autora, 2018.

Figura 50 – Mapa 31: Espacialização Temperatura do Ar Média – 21 horas (Corrigida).



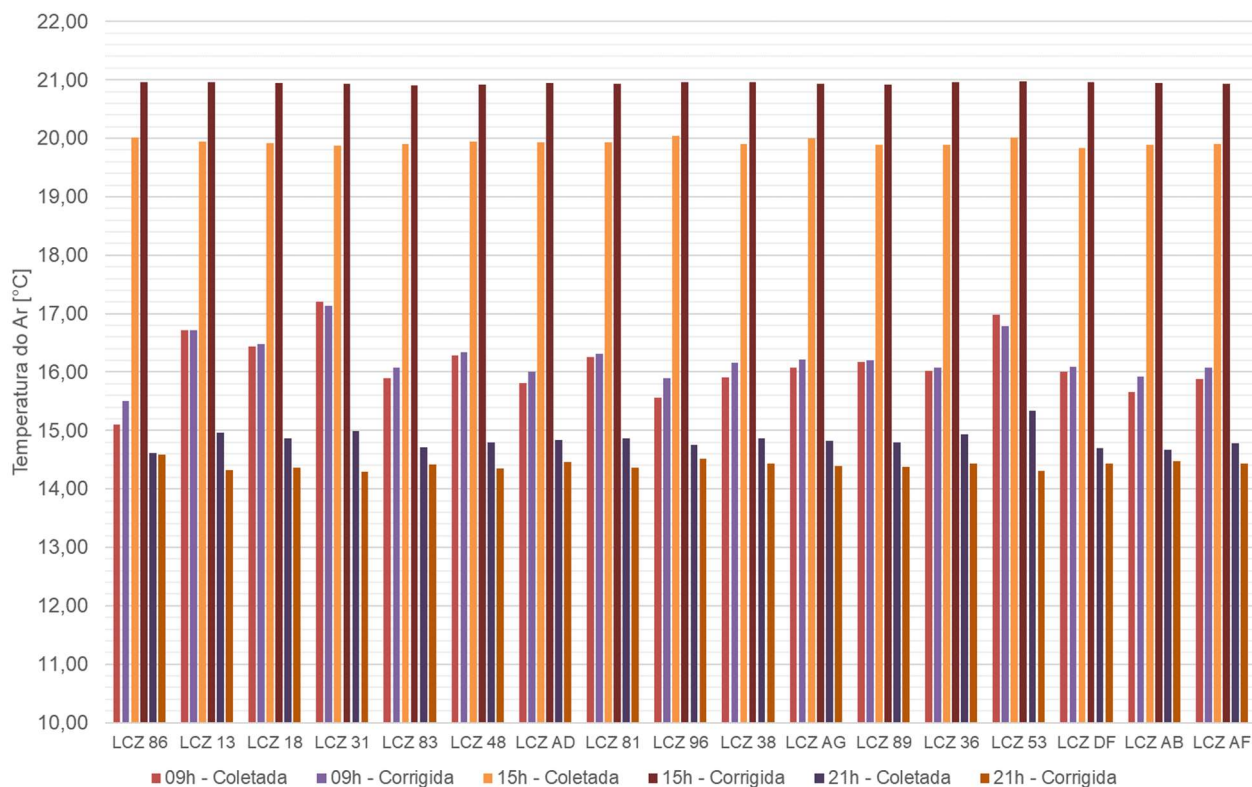
Fonte: da autora, 2018.

A partir das espacializações apresentadas acima foi possível identificar as temperaturas médias, máximas e mínimas de cada Zona Climática Local apresentadas nas Figuras 51, 53 e 55 respectivamente. Também serão apresentadas as variações das amplitudes em cada caso, nas Figuras 52, 54 e 56.

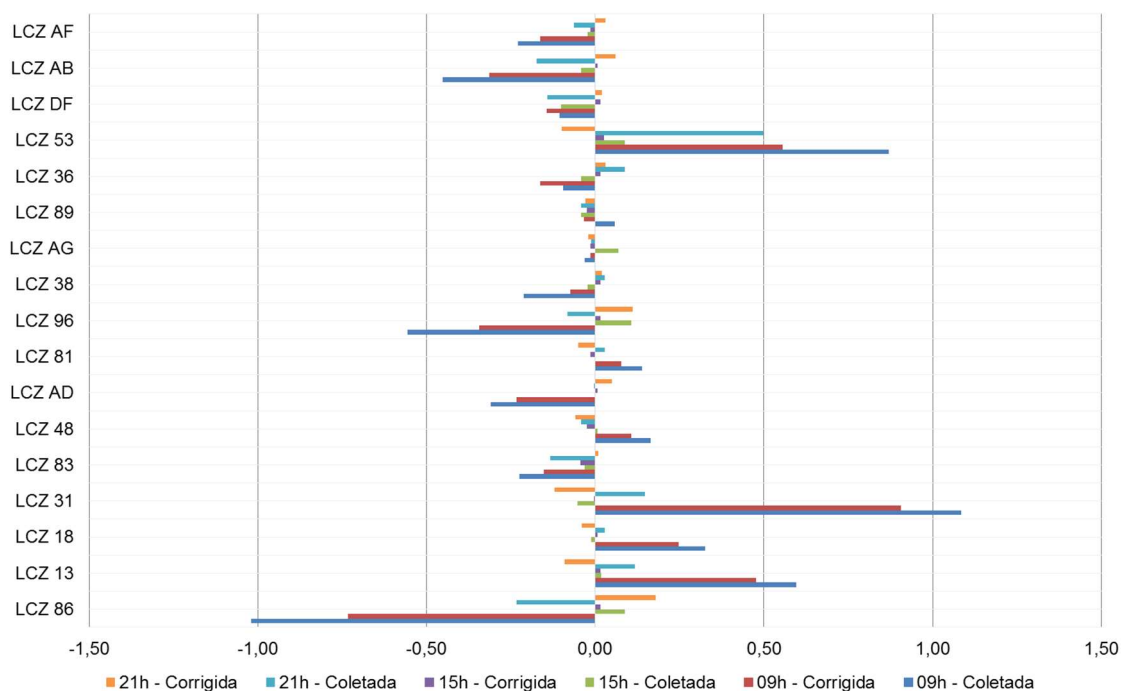
É possível averiguar a partir da Figura 51, a qual apresenta dos dados para Temperatura Média, uma constância nos dados no comportamento das 15 horas e das 21 horas, tanto nos dados coletados quanto corrigidos. Na Figura 52, pode-se verificar que a amplitude nestes dois períodos medidos foi de $+0,1^{\circ}\text{C}$ (LCZ 9₆) e $-0,1^{\circ}\text{C}$ (LCZ D_F) no período das 15 horas e de $+0,5^{\circ}\text{C}$ (LCZ 5₃) e $-0,2^{\circ}\text{C}$ (LCZ 8₆) no período das 21 horas.

No período de medição das 09 horas, o comportamento já apresenta maior variação, a LCZ 8₆ apresenta uma amplitude de $-1,0^{\circ}\text{C}$ e a LCZ 3₁, $+1,1^{\circ}\text{C}$. Estas duas Zonas Climáticas Locais apresentam uma diferença considerável no que diz respeito aos percentuais de área edificada, impermeável e permeável. Enquanto a LCZ 8₆ apresenta os valores de 37%, 45% e 18% respectivamente, a LCZ 3₁, 41%, 58% e 1%.

Figura 51 – Gráfico da Temperatura do Ar Média por Zona Climática Local.



Fonte: da autora, 2018.

Figura 52 – Gráfico da Amplitude da Temperatura do Ar Média por Zona Climática Local.

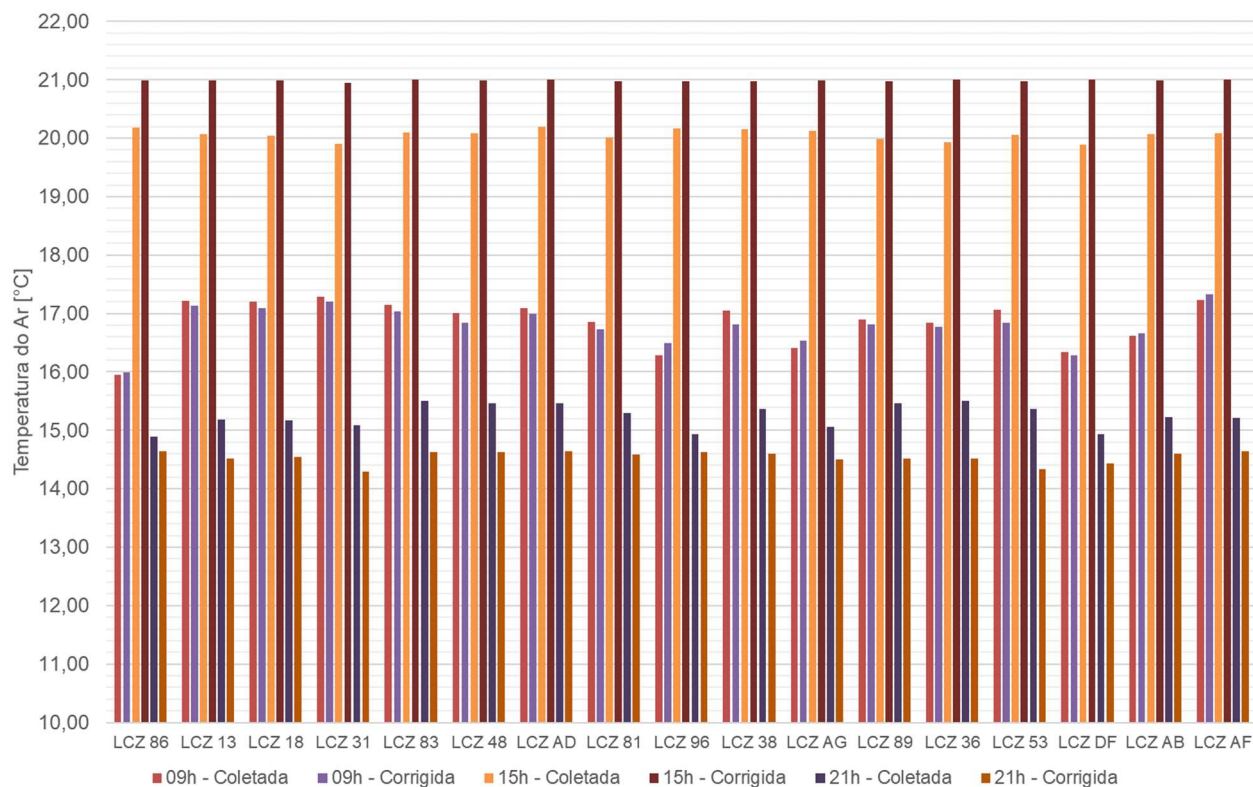
Fonte: da autora, 2018.

O mesmo comportamento ocorre para os dados de temperatura máxima e mínima. A constância dos dados no comportamento das 15 e 21 horas nos dados coletados e corrigidos permanece, como se pode verificar na Figura 52.

No período de medição das 15 horas, a variação da amplitude ocorreu entre as LCZ's A_D e D_F na temperatura máxima (+0,1°C e -0,2°C) e entre as LCZ's 8₃ e 5₃ na temperatura mínima (+0,2°C e -0,1°C). Já no período das 21 horas, estas variações foram de +0,3°C e -0,4°C nas LCZ's 8₆ e 3₆ quando analisada a temperatura máxima e de +0,7°C e -0,2°C nas LCZ's 5₃ e A_B na temperatura mínima.

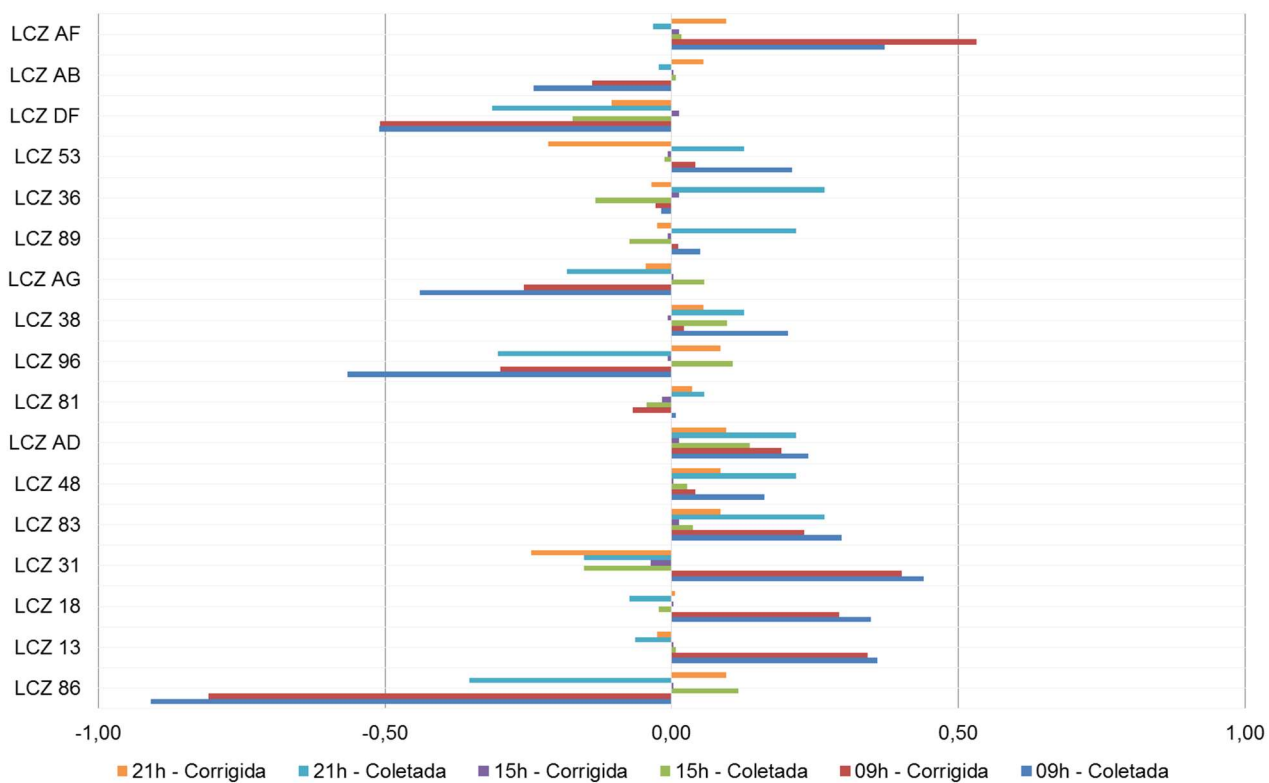
Às 09 horas a variação na temperatura máxima se apresentou menos intensa que a temperatura média, sendo +0,55°C para a LCZ A_F e -0,9°C para a LCZ 8₆. Já a temperatura mínima no caso da LCZ 3₁ apresentou a amplitude nos dados, de +1,6°C. A LCZ 8₆ apresentou uma amplitude de -0,7°C. A LCZ 3₁ tem como parâmetros mais indicativos, o percentual de área permeável de 1%, percentual de área edificada e impermeável de 41% e 58% respectivamente. E apresenta a relação H/W maior que 2,00 nas avenidas que compõe esta tipologia.

Figura 53 – Gráfico da Temperatura do Ar Máxima por Zona Climática Local.



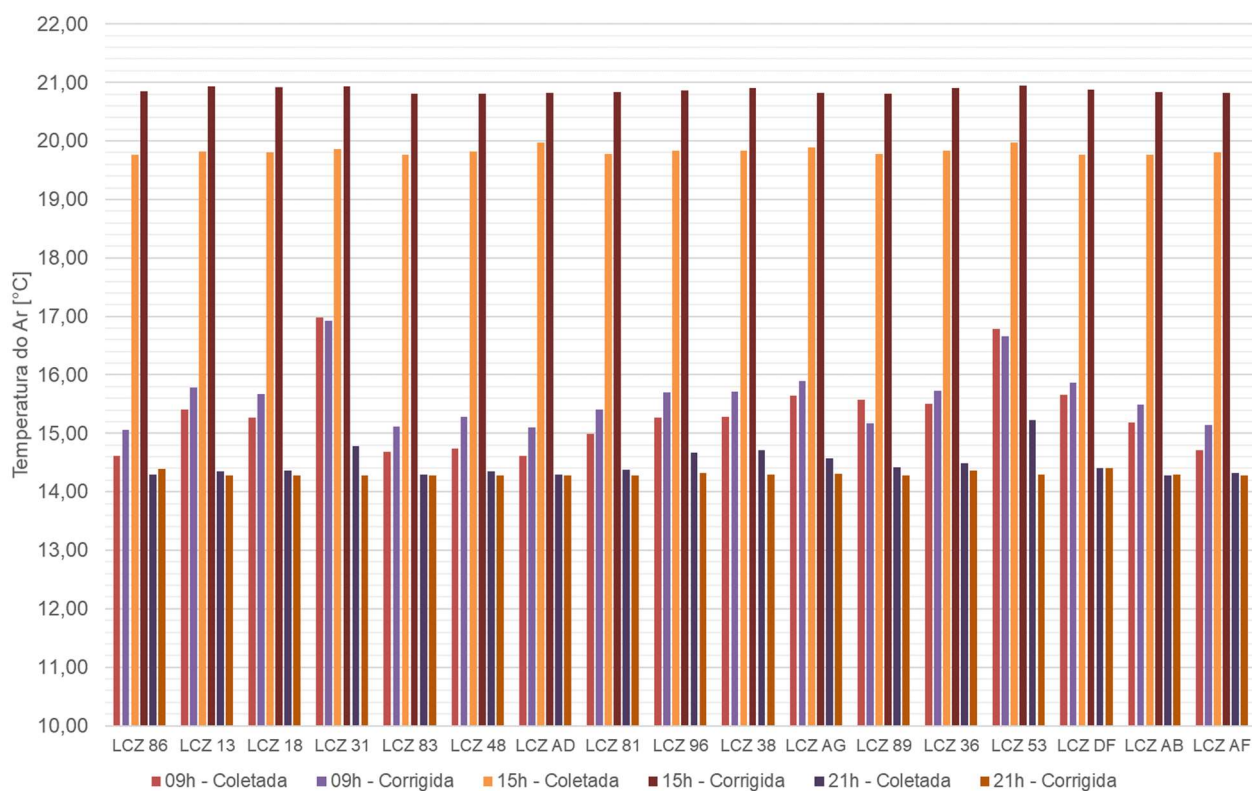
Fonte: da autora, 2018.

Figura 54 – Gráfico da Amplitude da Temperatura do Ar Máxima por Zona Climática Local.



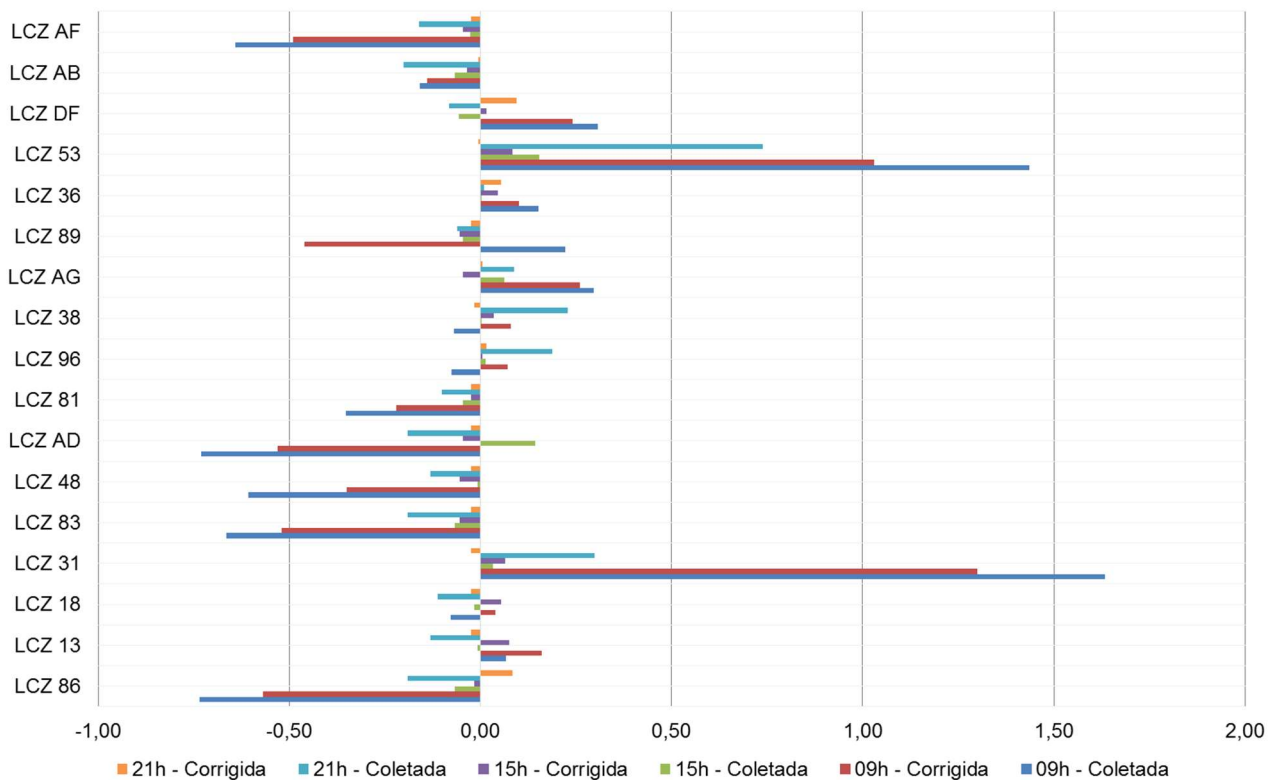
Fonte: da autora, 2018.

Figura 55 – Gráfico da Temperatura do Ar Mínima por Zona Climática Local.



Fonte: da autora, 2018.

Figura 56 – Gráfico da Amplitude da Temperatura do Ar Mínima por Zona Climática Local.



Fonte: da autora, 2018.

A partir das análises realizadas nos itens anteriores foi possível compilar os dados para que se pudesse obter uma leitura mais ampla da situação. Sendo assim, na Tabela 17 a seguir estão apresentadas as Zonas Climáticas Locais que possuem maiores diferenças em cada caso estudado e a amplitude entre as mesmas.

Pode-se desta forma verificar que a maior amplitude referente a temperatura média foi de 2,1°C e ocorreu entre as LCZ's 3₁ e 8₆, no período das 09 horas dos dados coletados. A LCZ 3₁ se caracteriza como a zona de segundo maior percentual de área edificada (58%) e menor de área permeável (0,57%) e também um dos maiores índices da relação H/W. A LCZ 8₆, apresenta o maior percentual de área permeável das LCZ's analisadas, cerca de aproximadamente 20% e um dos menores índices médios de relação H/W – 0,20. O comportamento destas mesmas LCZ's, nos dados corrigidos das 09 horas apresentam a segunda maior variação – 1,6°C. Uma constância no comportamento das LCZ's durante o período de medição das 15 horas é percebida, tanto nos dados coletados quanto corrigidos, não ultrapassando 0,2°C de amplitude. Às 21 horas, a maior variação – 0,7°C (dados coletados) ocorre entre as LCZ's 5₃ e 8₆. A LCZ 5₃ apresenta o maior percentual de área permeável entre as LCZ's caracterizadas – 28%, e um alto percentual de área impermeável – 49%.

Em relação aos comportamentos das Zonas Climáticas Locais através das temperaturas máximas e mínimas de cada LCZ, foi possível observar que as maiores diferenças ocorrem também no período das 09 horas, para os dados coletados e corrigidos, entre as mesmas LCZ's apresentadas na análise da temperatura média. As variações ficam entre 2,37 e 1,9°C para os dados de temperatura mínima e de 1,3°C para temperatura máxima.

É possível verificar com os resultados apresentados que se trata de variações apropriadas quando analisadas a variação intra-urbana de um município. Lindén (2010) a partir de estudos de variações de temperatura e umidade do ar na cidade Ouagadougou, Burkina Faso, identificou que as diferenças médias de temperatura do ar indicaram que as ilhas de calor noturnas atingiram cerca de 1,9°C em áreas urbanas. Outro estudo, realizado em duas cidades do Reino Unido, Sheffields e Manchester, verificou a partir de levantamentos de dados a partir de medições móveis que o efeito de ilha de calor urbana é da ordem de 2,0°C e 4,0°C respectivamente (LEE E SHARPELS,

2008). Já para Leconte *et al.* (2015), em estudo realizado em Nancy, França, o comportamento da temperatura do ar entre Zonas Climáticas Locais, possui durante a noite uma variação de 0,5 á 2,0°C. Em áreas com tipologias de LCZ's semelhantes a variação pode chegar a 1,0°C e em tipos heterogêneos, 4,0°C.

Tabela 17 – Zonas Climáticas Locais do recorte estudado com maiores diferenças de comportamento perante a temperatura do ar.

	9h				15h				21h			
	Coletada		Corrigida		Coletada		Corrigida		Coletada		Corrigida	
	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min
Temperatura Média [°C]	17,2	15,1	17,1	15,5	20,1	19,8	21,0	20,9	15,3	14,6	14,6	14,3
Zona Climática Local	LCZ _{3₁}	LCZ _{8₆}	LCZ _{3₁}	LCZ _{8₆}	LCZ _{9₆}	LCZ _{D_F}	LCZ _{5₃}	LCZ _{8₃}	LCZ _{5₃}	LCZ _{8₆}	LCZ _{8₆}	LCZ _{3₁}
Amplitude [°C]	2,1		1,6		0,2		0,1		0,7		0,3	
Temperatura Máxima [°C]	17,3	15,9	17,3	16,0	20,2	19,9	21,0	21,0	15,5	14,9	14,6	14,3
Zona Climática Local	LCZ _{3₁}	LCZ _{8₆}	LCZ _{A_F}	LCZ _{8₆}	LCZ _{A_D}	LCZ _{D_F}	LCZ _{D_F}	LCZ _{3₁}	LCZ _{8₃}	LCZ _{8₆}	LCZ _{A_F}	LCZ _{3₁}
Amplitude [°C]	1,3		1,3		0,3		0,1		0,6		0,3	
Temperatura Mínima [°C]	16,9	14,6	16,9	15,1	19,9	19,8	20,9	20,8	15,2	14,3	14,4	14,3
Zona Climática Local	LCZ _{3₁}	LCZ _{8₆}	LCZ _{3₁}	LCZ _{8₆}	LCZ _{5₃}	LCZ _{8₆}	LCZ _{5₃}	LCZ _{8₉}	LCZ _{5₃}	LCZ _{A_B}	LCZ _{D_F}	LCZ _{A_F}
Amplitude [°C]	2,4		1,9		0,2		0,1		0,9		0,1	

Fonte: da autora, 2018.

Em relação aos comportamentos de cada Zona Climática Local, para os dados coletados, a amplitude entre as temperaturas médias, mínimas e máximas em cada horário coletado, verifica-se na Tabela 18 que o maior ganho de calor, considerando a temperatura média, das 09 horas às 15 horas foi referente à LCZ 8₆ (+4,9°C) e o menor referente à LCZ 8₁ (+2,6°C). Na transição das 15 horas as 21 horas, a maior perda também ocorreu na LCZ 8₆ (-5,4°C) e a menor na LCZ 5₃ (-4,7°C). Para o horário das 21 horas as 09 horas, a LCZ 3₁ apresentou o maior ganho de calor, +2,2°C, e a LCZ 8₆ o menor, +0,5°C.

Para os dados de temperatura máxima, as LCZ's 8₆ e 3₁ apresentaram o maior ganho de calor nas transições de 09h às 15h e 21h às 09h, +4,3°C e +2,2°C respectivamente. A LCZ 8₆ também registrou a maior perda na transição das 15h às 21h, -5,3°C. As menores perdas ocorreram na LCZ 3₁ das 09h as

15h (+2,6°C), e na LCZ 8₆ das 21h às 09h (+1,0°C). Já a menor perda, das 15h às 21h ficou entre as LCZ's 8₃ e 4₈.

Referente aos dados para temperatura mínima, os maiores ganhos ocorrem nas LCZ's A_D (+5,4°C) e 3₁ (+2,2°C), nos horários das 09h às 15h e 21 às 09h respectivamente. A LCZ A_D também apresentou a maior perda (+5,7 °C) no horário das 15h às 21h. A menor perda é referente à LCZ 5₃ (-4,8 °C). O menor ganho na transição das 09h às 15h foi referente à LCZ 3₁ (+3,9 °C) e na transição das 21h às 09h, as LCZ's 8₆, 4₈ e A_D registraram o valor de +0,3°C.

Tabela 18 – Amplitude térmica correspondente a cada Zona Climática Local classificada na pesquisa.

	Temperatura Média [°C]			Temperatura Máxima [°C]			Temperatura Mínima [°C]		
	09H	15H	21H	09H	15H	21H	09H	15H	21H
	15,1	20,0	14,6	15,9	20,2	14,9	14,6	19,8	14,3
LCZ 8₆	-- [+4,9] -->	-- [-5,4] -->	-- [+4,3] -->	-- [-5,3] -->	-- [+5,2] -->	-- [-5,5] -->			
	←----- [+0,5] -----			←----- [+1,0] -----			←----- [+0,3] -----		
	16,7	20,0	15,0	17,2	20,1	15,2	15,4	19,8	14,4
LCZ 1₃	-- [+3,3] -->	-- [-5,0] -->	-- [+2,9] -->	-- [-4,9] -->	-- [+4,4] -->	-- [-5,4] -->			
	←----- [+1,7] -----			←----- [+2,0] -----			←----- [+1,0] -----		
	16,4	19,9	14,9	17,2	20,0	15,2	15,3	19,8	14,4
LCZ 1₈	-- [+3,5] -->	-- [-5,0] -->	-- [+2,8] -->	-- [-4,8] -->	-- [+4,5] -->	-- [-5,4] -->			
	←----- [+1,5] -----			←----- [+2,0] -----			←----- [+0,9] -----		
	17,2	19,9	15,0	17,3	19,9	15,1	17,0	19,9	14,8
LCZ 3₁	-- [+2,7] -->	-- [-4,9] -->	-- [+2,6] -->	-- [-4,8] -->	-- [+2,9] -->	-- [-5,1] -->			
	←----- [+2,2] -----			←----- [+2,2] -----			←----- [+2,2] -----		
	15,9	19,9	14,7	17,2	20,1	15,5	14,7	19,8	14,3
LCZ 8₃	-- [+4,0] -->	-- [-5,1] -->	-- [+2,9] -->	-- [-4,6] -->	-- [+5,1] -->	-- [-5,5] -->			
	←----- [+1,2] -----			←----- [+1,7] -----			←----- [+0,4] -----		
	16,3	19,9	14,8	17,0	20,1	15,5	14,7	19,8	14,4
LCZ 4₈	-- [+3,6] -->	-- [-5,1] -->	-- [+3,1] -->	-- [-4,6] -->	-- [+5,1] -->	-- [-5,4] -->			
	←----- [+1,5] -----			←----- [+1,5] -----			←----- [+0,3] -----		
	15,8	19,9	14,8	17,1	20,2	15,5	14,6	20,0	14,3
LCZ A_D	-- [+4,1] -->	-- [-5,1] -->	-- [+3,1] -->	-- [-4,7] -->	-- [+5,4] -->	-- [-5,7] -->			
	←----- [+1,0] -----			←----- [+1,6] -----			←----- [+0,3] -----		
	16,3	19,9	14,9	16,9	20,0	15,3	15,0	19,8	14,4
LCZ 8₁	-- [+2,6] -->	-- [-5,0] -->	-- [+3,1] -->	-- [-4,7] -->	-- [+4,8] -->	-- [-5,4] -->			
	←----- [+1,4] -----			←----- [+1,6] -----			←----- [+0,6] -----		
	15,6	20,0	14,8	16,3	20,2	14,9	15,3	19,8	14,7
LCZ 9₆	-- [+4,4] -->	-- [-5,2] -->	-- [+3,9] -->	-- [-5,3] -->	-- [+4,5] -->	-- [-5,1] -->			
	←----- [+0,8] -----			←----- [+1,4] -----			←----- [+0,6] -----		

Fonte: da autora, 2018.

Tabela 18 – Amplitude térmica correspondente a cada Zona Climática Local classificada na pesquisa (Continuação).

	Temperatura Média [°C]			Temperatura Máxima [°C]			Temperatura Mínima [°C]		
	09H	15H	21H	09H	15H	21H	09H	15H	21H
	15,9	19,9	14,9	17,1	20,2	15,4	15,3	19,8	14,7
LCZ 3₈	-- [+4,0] -->	-- [-5,0] -->	-- [+3,1] -->	-- [-4,8] -->	-- [+4,5] -->	-- [-5,1] -->			
	←----- [+1,0] -----		←----- [+1,7] -----		←----- [+0,6] -----				
	16,1	20,0	14,8	16,4	20,1	15,1	15,6	19,9	14,6
LCZ A₆	-- [+3,9] -->	-- [-5,2] -->	-- [+3,7] -->	-- [-5,0] -->	-- [+4,3] -->	-- [-5,3] -->			
	←----- [+1,3] -----		←----- [+1,3] -----		←----- [+1,0] -----				
	16,2	19,9	14,8	16,9	20,0	15,5	15,6	19,8	14,4
LCZ 8₉	-- [+3,9] -->	-- [-5,1] -->	-- [+3,1] -->	-- [-4,5] -->	-- [+4,2] -->	-- [-5,4] -->			
	←----- [+1,4] -----		←----- [+1,4] -----		←----- [+1,2] -----				
	16,0	19,9	14,9	16,8	19,9	15,5	15,5	19,8	14,5
LCZ 3₆	-- [+3,9] -->	-- [-5,0] -->	-- [+3,1] -->	-- [-1,3] -->	-- [+4,2] -->	-- [-5,3] -->			
	←----- [+1,1] -----		←----- [+1,3] -----		←----- [+1,0] -----				
	17,0	20,0	15,3	17,1	20,1	15,4	16,8	20,0	15,2
LCZ 5₃	-- [+3,0] -->	-- [-4,7] -->	-- [+3,0] -->	-- [-4,7] -->	-- [+3,2] -->	-- [-4,8] -->			
	←----- [+1,7] -----		←----- [+1,7] -----		←----- [+1,6] -----				
	16,0	19,8	14,7	16,3	19,9	14,9	15,7	19,8	14,4
LCZ D_F	-- [+3,8] -->	-- [-5,1] -->	-- [+3,6] -->	-- [-5,0] -->	-- [+4,1] -->	-- [-5,4] -->			
	←----- [+1,3] -----		←----- [+1,4] -----		←----- [+1,3] -----				
	15,7	19,9	14,7	16,6	20,1	15,2	15,2	19,8	14,3
LCZ A_B	-- [+4,2] -->	-- [-5,2] -->	-- [+3,5] -->	-- [-4,9] -->	-- [+4,6] -->	-- [-5,5] -->			
	←----- [+1,0] -----		←----- [+1,4] -----		←----- [+0,9] -----				
	15,9	19,9	14,8	17,2	20,1	15,2	14,7	19,8	14,3
LCZ A_F	-- [+4,0] -->	-- [-5,1] -->	-- [+2,9] -->	-- [-4,9] -->	-- [+5,1] -->	-- [-5,5] -->			
	←----- [+1,1] -----		←----- [+2,0] -----		←----- [+0,4] -----				

Fonte: da autora, 2018.

As LCZ's que se destacaram nas análises apresentam diferenças significativas nos parâmetros de caracterização das Zonas Climáticas Locais. A LCZ 8₆ que apresentou o maior ganho de calor das 09h às 15h, a maior perda das 15h às 21h e o menor ganho das 21h às 09h possui o segundo maior percentual de área permeável nas LCZ de tipologias construídas (18,17%), fator de visão de céu em 0,80, relação H/W entre 0,14 e 0,26 e classe de rugosidade 6. A LCZ 3₁ possui o maior percentual de área edificada (58,06%), assim como o menor percentual de área permeável (0,57%), fator de visão de céu entre 0,57 e 0,79, relação H/W entre 0,85 e 2,04 e classe de rugosidade também 6. Esta se apresentou com o maior ganho de calor das 21h às 09h. Com o menor ganho de calor das 09h às 15h, a LCZ 8₁ se apresenta índice de fator de visão do céu

maior que 0,80, relação H/W acima de 2,00, percentual de área permeável menor que 10% e classe de rugosidade 5. A LCZ 5₃ apresenta a menor perda de calor das 15h às 21h. Tem como parâmetros, o maior percentual de área permeável (28,65%) e o menor percentual de área edificada (22,37%), fator de visão do céu entre 0,85 e 0,98, relação H/W de 0,40 e classe de rugosidade 5.

6.2.2 Umidade relativa do ar

A seguir serão analisadas as espacializações dos dados médios de umidade relativa do ar coletados e corrigidos em função do mapeamento das Zonas Climáticas Locais caracterizadas no recorte espacial proposto para esta pesquisa.

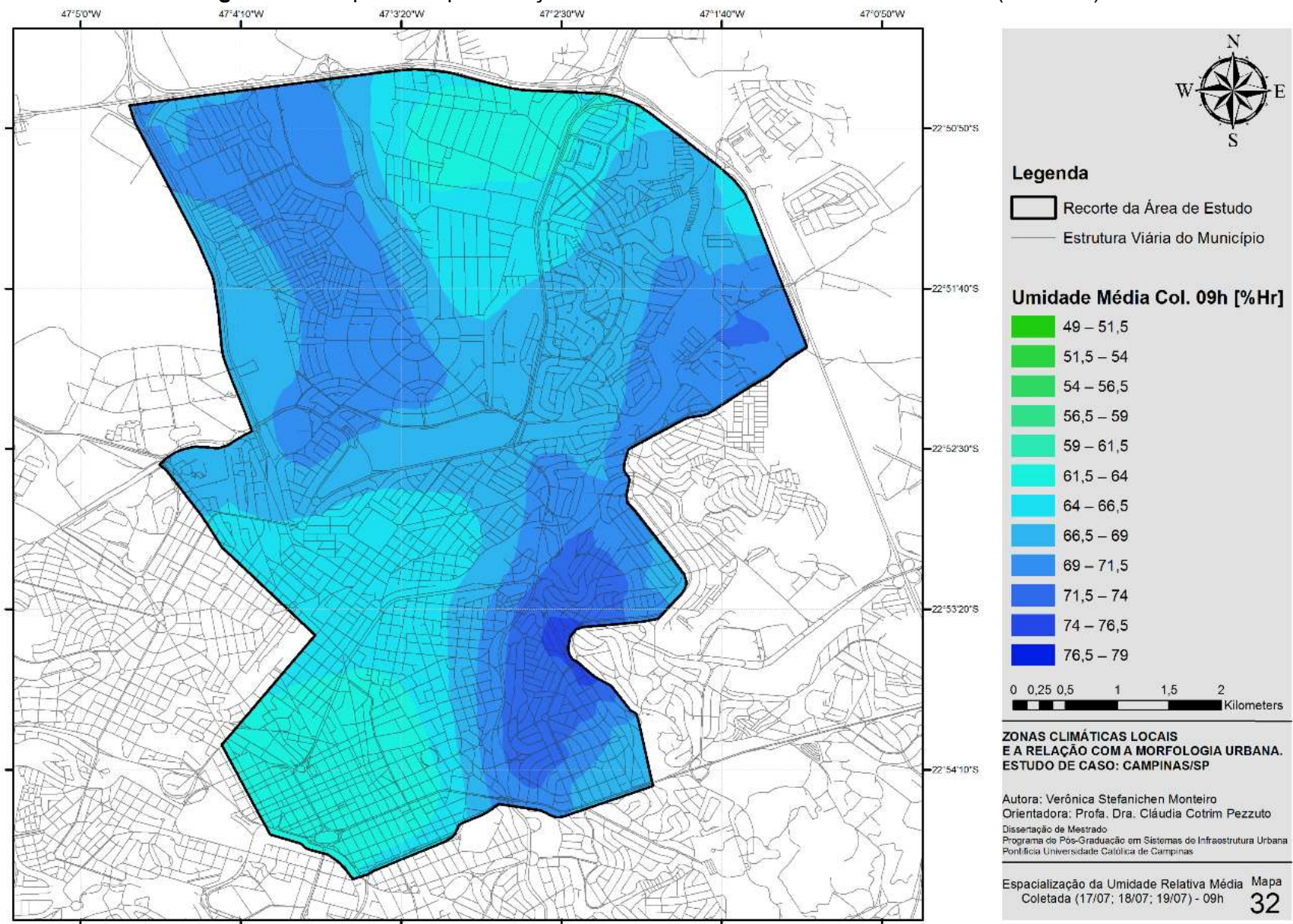
6.2.2.1 09 horas

Na espacialização da Figura 57, é apresentado o comportamento médio da umidade relativa do ar coleta às 09 horas, e na Figura 58, o comportamento médio referente aos dados corrigidos. Nota-se inicialmente que o comportamento nas duas figuras é semelhante, apresentando uma diferença na amplitude térmica de 13,25%*Hr* e 6,24%*Hr* dos dados coletados e corrigidos respectivamente.

No que diz respeito ao comportamento espacial desta variável, nota-se a tendência de maior umidade se concentrando, na Figura 57, nas LCZ's 8₃, A_D e A_F na porção sudeste do recorte. Estas Zonas Climáticas Locais têm como característica um percentual de área permeável de 10% na tipologia construída e de 90 á 100% nas de tipologia de cobertura de solo. O índice de fator de visão do céu destas LCZ's é acima de 0,90.

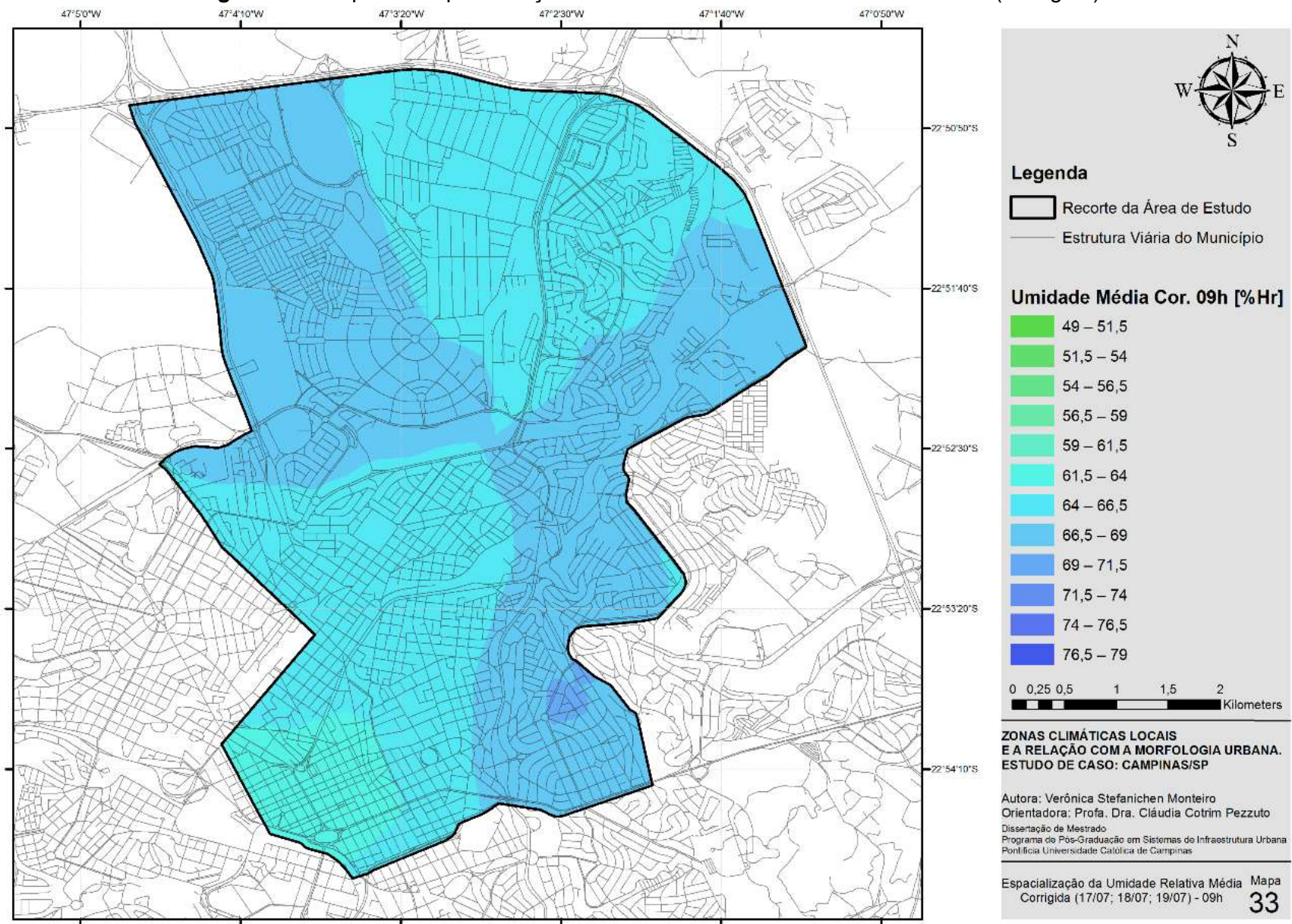
É nítido, nas Figuras 57 e 58, que o comportamento de aumento da umidade relativa do ar é exatamente nas áreas de maior concentração de áreas verdes e permeáveis do recorte, nas quais se evidenciam as LCZ's A_F e A_D, com percentuais acima de 90% de área permeável e fator máximo de visão do céu maior que 0,95.

Figura 57 – Mapa 32: Espacialização Umidade Relativa do Ar Média – 09 horas (Coletada).



Fonte: da autora, 2018.

Figura 58 – Mapa 33: Espacialização Umidade Relativa do Ar Média – 09 horas (Corrigida).



Fonte: da autora, 2018.

6.2.2.2 15 horas

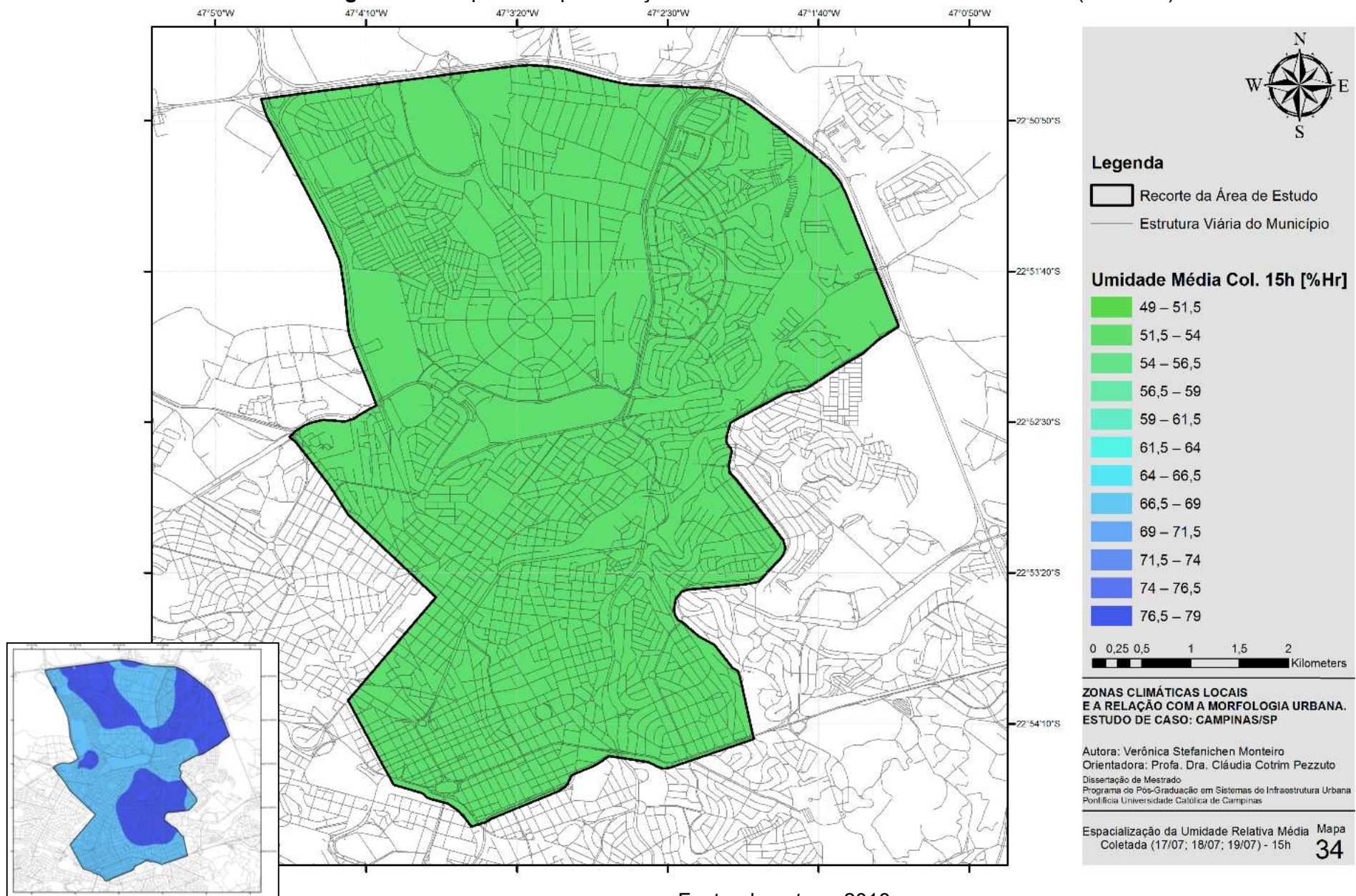
Na espacialização da Figura 59, é apresentado o comportamento médio da umidade relativa do ar coleta às 15 horas, e na Figura 60, o comportamento médio referente aos dados corrigidos. Com o intuito de entender o comportamento desta variável, que devido aos intervalos definidos, parece constante, foi desenvolvido um mapa chave para entender a distribuição da amplitude mesmo que mínima. Desta forma, nota-se inicialmente que as duas figuras não possuem o mesmo comportamento em todas as regiões do recorte. Enquanto na Figura 59 o comportamento apresenta uma tendência nas regiões nordeste, noroeste e sudeste de maior umidade relativa – tendo como amplitude média 1,95%*Hr*, o comportamento da Figura 60 apresenta esta redução da umidade relativa nas porções noroeste e sudeste do recorte, com uma amplitude média de 0,79%*Hr*. Acredita-se que esta diferença de comportamento entre os dados coletados e corrigidos em algumas áreas para este período de medição, também ocorre devido à metodologia de correção, como descrito na análise temperatura do ar às 15 horas.

É possível verificar com a análise das duas espacializações que o comportamento da umidade relativa do ar neste horário também é constante, como verificado no mesmo período de medição para os dados de temperatura do ar. As áreas em azul escuro na Figura 59 correspondem à uma concentração de LCZ's de tipologia de cobertura do solo – LCZ A_B, caracterizada por um alto percentual de área permeável, acima de 85%, porém com presenças pontuais de edificações e áreas impermeáveis, não ultrapassando 10%. As tipologias construídas nestas áreas variam entre verticalizadas, como a LCZ 1₈ e LCZ 4₈ na porção sudeste com percentuais de área permeável inferior a 10%, e tipologias de baixo gabarito e alto percentual de áreas impermeáveis e edificadas como a LCZ 8₃, nas porções nordeste e noroeste, caracterizando áreas com índice de fator de visão do céu acima de 0,90 e percentuais de área edificada e impermeável na média de 40%.

A Figura 60 apresenta uma caracterização evidente, na qual a mancha de maior umidade relativa do ar segue praticamente em sua totalidade uma das vertentes de espacialização da LCZ 8₃. Partindo inicialmente da porção sudoeste do recorte onde esta tipologia se mescla com a LCZ 1₃ e 1₈ (LCZ's com característica de verticalização) e chegando próximo a rodovia que limita o

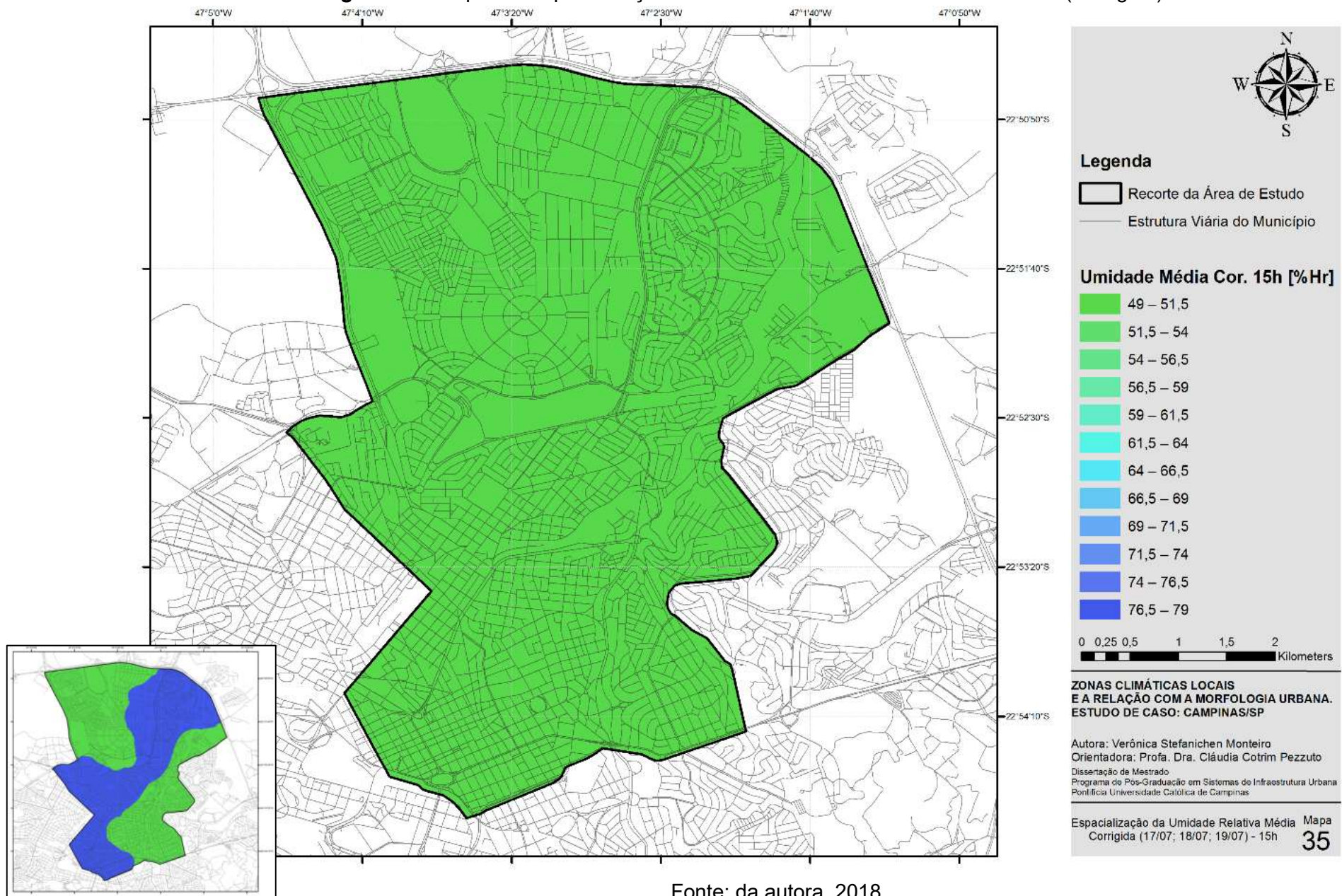
recorte onde esta tipologia se mescla com uma tipologia de cobertura do solo em sua maioria, caracterizada pelas LCZ's A_B e A_D .

Figura 59 – Mapa 34: Espacialização Umidade Relativa do Ar Média – 15 horas (Coletada).



Fonte: da autora, 2018.

Figura 60 – Mapa 35: Espacialização Umidade Relativa do Ar Média – 15 horas (Corrigida).



Fonte: da autora, 2018.

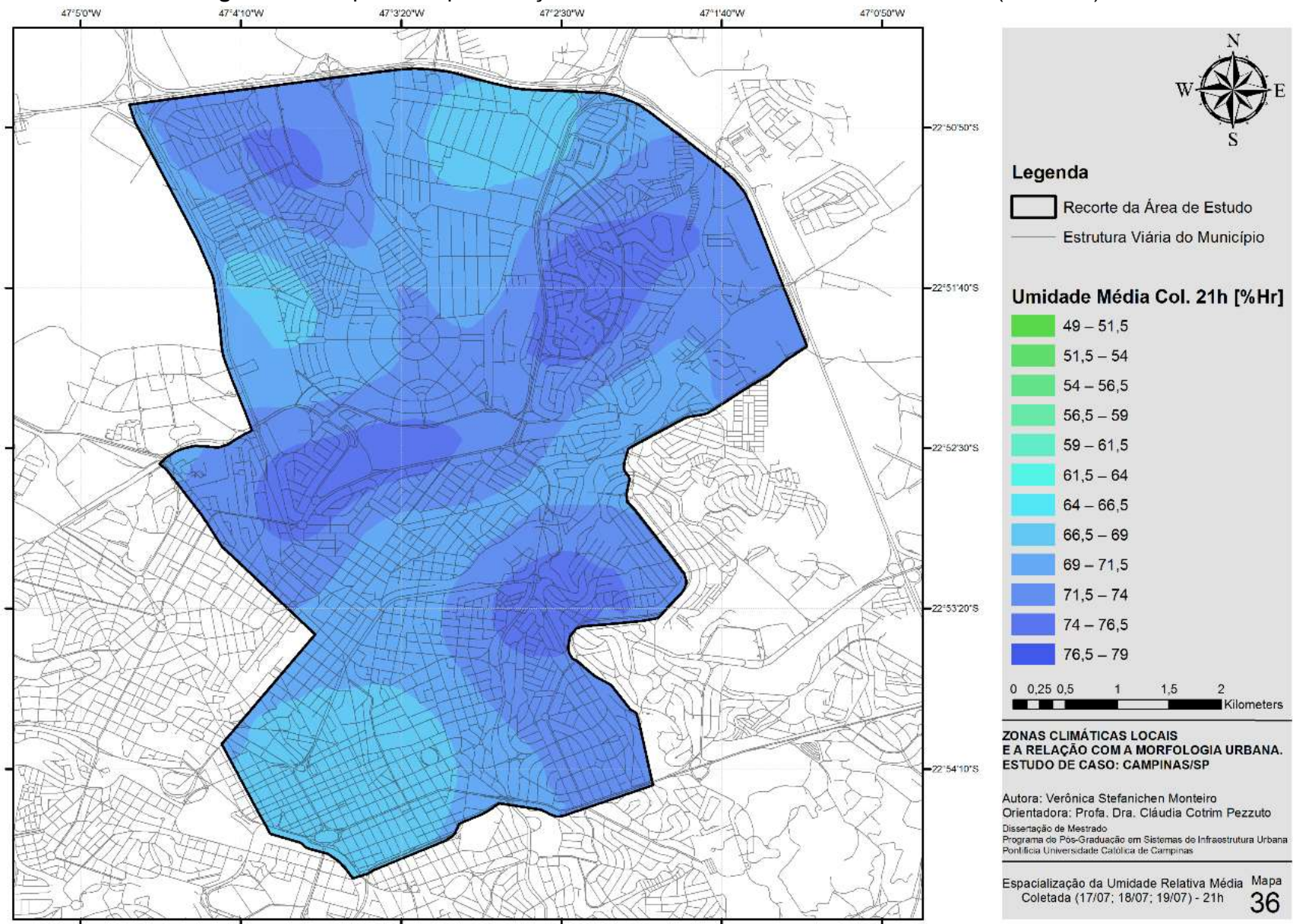
6.2.2.3 21 horas

Na espacialização da Figura 61, é apresentado o comportamento médio da umidade relativa do ar coletada às 21 horas, e na Figura 62, o comportamento médio referente aos dados corrigidos.

Com o intuito de entender o comportamento desta variável, que devido aos intervalos definidos, parece constante, foi desenvolvido um mapa chave para entender a distribuição da amplitude mesmo que mínima. Sendo assim, a tendência nas duas espacializações seguem algumas diretrizes semelhantes, enquanto nos dados coletados a área azul central com maiores valores de umidade relativa apresenta uma direção nordeste/sudoeste, a espacialização dos dados corrigidos mostram estas áreas como as que apresentam também maiores valores, porém se espalham mais até os limites do recorte englobando também as porções norte e oeste do mesmo. A amplitude entre os dois casos é bastante variável, enquanto nos dados coletados encontra-se um valor de amplitude de 9,5%*Hr*, nos dados corrigidos esta amplitude é de apenas 1,4%*Hr*.

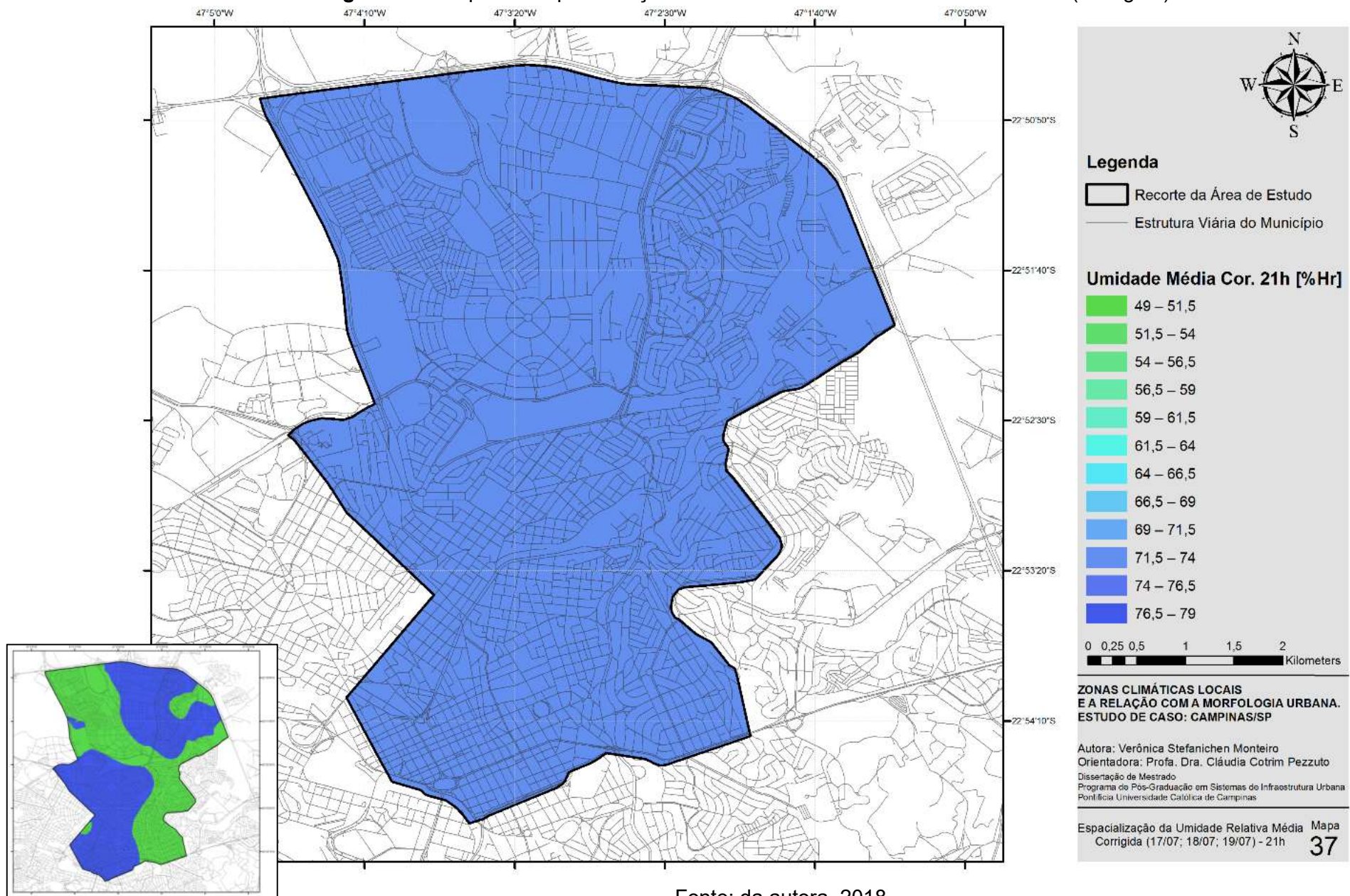
As porções do recorte citadas acima que evidenciam maiores valores de umidade relativa do ar no caso dos dados coletados se caracterizam por aparecerem próximos a cursos d'água, tendencial a uma das maiores concentrações de áreas verdes na região nordeste (LCZ's A_F e A_D), e no Parque Portugal (LCZ A_G). Na região sudoeste, também existe uma concentração de áreas verdes (LCZ A_B e A_D) mesclada com uma tipologia construída – LCZ 8₃, caracterizada por percentual de áreas edificadas e impermeáveis na média de 40% e índice de FVC acima de 0,90. Na região noroeste, as tipologias construídas – LCZ 8₃ e LCZ 8₉ margeiam uma área de concentração de área permeável e curso d'água. As áreas com menor umidade relativa se apresentam, na região norte, próximos as LCZ's 4₈ e 3₈, as quais possuem índice de FVC maiores que 0,90, percentual de áreas permeáveis de aproximadamente 10% e percentual de áreas edificadas e impermeáveis variando de 35 á 50%. Na região sul concentram-se as LCZ's 1₃, 3₁ e 1₈, áreas mais construtivamente densas e verticalizadas do recorte e com os menores percentuais de área permeável.

Figura 61 – Mapa 36: Espacialização Umidade Relativa do Ar Média – 21 horas (Coletada).



Fonte: da autora, 2018.

Figura 62 – Mapa 37: Espacialização Umidade Relativa do Ar Média – 21 horas (Corrigida).



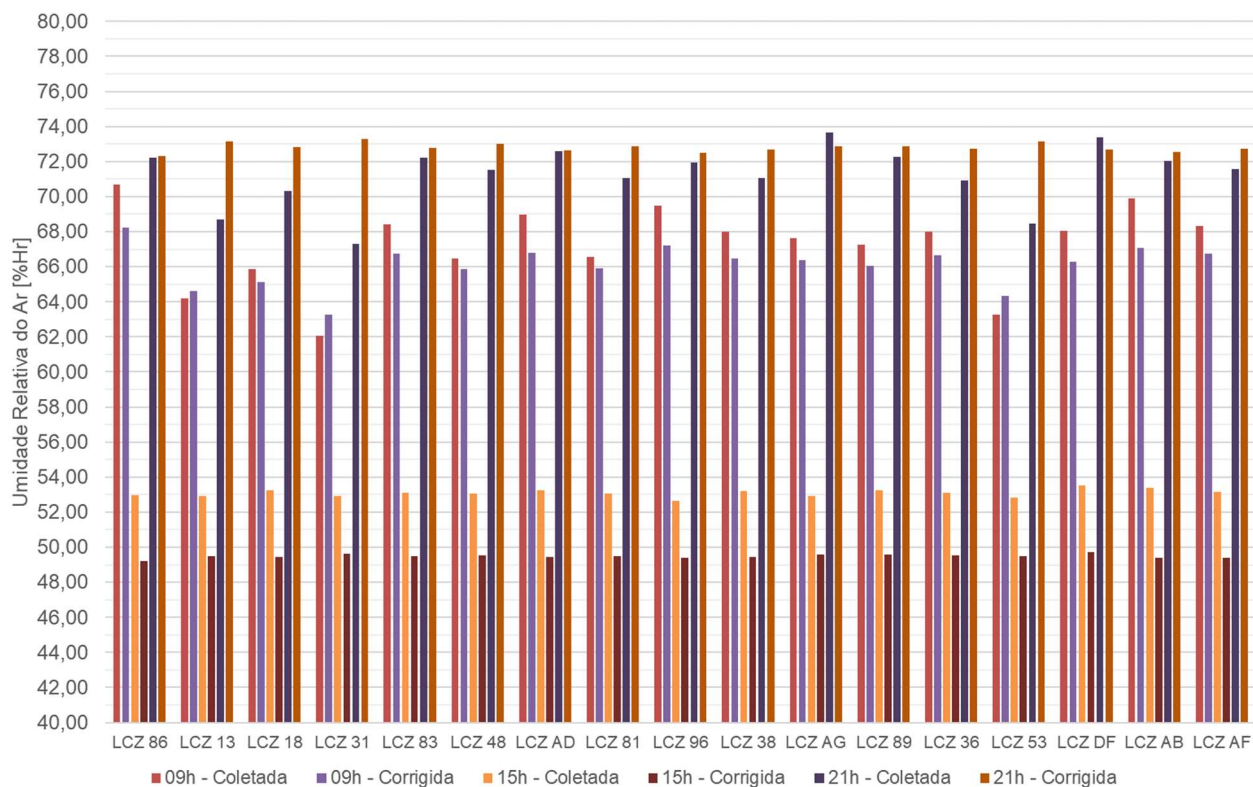
Fonte: da autora, 2018.

A partir das espacializações apresentadas foi possível identificar as umidades relativas médias, máximas e mínimas de cada Zona Climática Local apresentadas nas Figuras 63, 65 e 67 respectivamente. Também serão apresentadas as variações das amplitudes em cada caso, nas Figuras 64, 66 e 68.

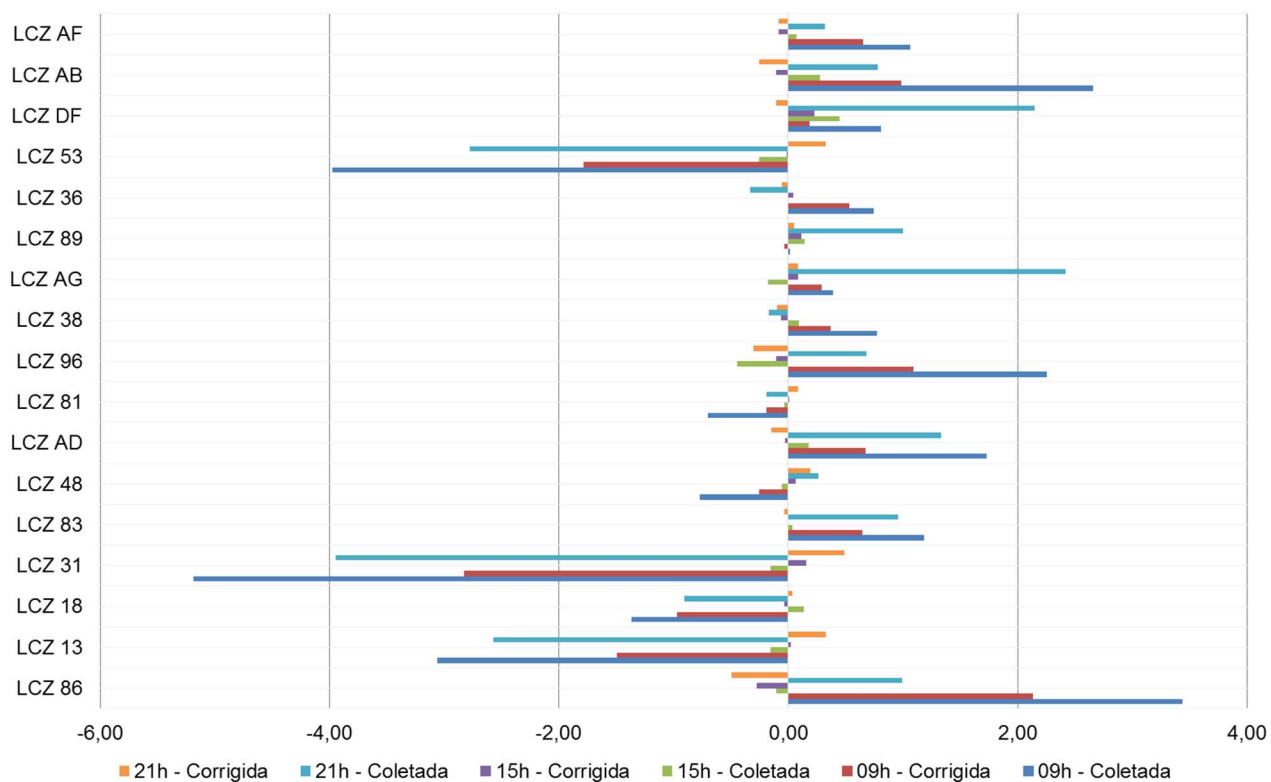
É possível averiguar a partir da Figura 63, a qual apresenta dos dados para umidade relativa do ar média, uma constância nos dados no comportamento das 15 horas (coletados e corrigidos) e das 21 horas apenas nos dados corrigidos. Na Figura 64, pode-se verificar que a amplitude no período das 15 horas foi de $-0,44\% \text{Hr}$ (LCZ 9₆) e $+0,45\% \text{Hr}$ (LCZ A_B), já no período das 21 horas para os dados corrigidos apresentou-se como $-0,50\% \text{Hr}$ (LCZ 8₆) e $+0,49\% \text{Hr}$ (LCZ 3₁), ou seja, praticamente insignificante.

O comportamento dos dados coletados às 21 horas apresenta variações evidentes entre Zonas Climáticas Locais. Neste período a LCZ A_G apresentou amplitude de $+2,42\% \text{Hr}$, e em contrapartida a LCZ 3₁, $-3,95\% \text{Hr}$. As duas LCZ's citadas representam um parque importante do recorte, tendo sua área permeável maior que 85% e área edificada menor que 5%, e uma área de altamente adensada e pavimentada, apresentando percentual de área permeável menor que 1% e de área impermeável maior que 55%.

O mesmo caso de variação nos dados analisados também ocorre para o período das 09 horas. Neste caso a LCZ que apresentou a maior amplitude foi novamente a LCZ 3₁ ($-5,19\% \text{Hr}$). A LCZ 8₆ indica uma amplitude de $+3,44\% \text{Hr}$, e tem por característica ser uma área de baixo gabarito – até 6 metros e apresentar alto percentual de área permeável, cerca de 20%. O que pode se verificar entre essas duas LCZ's, é a diferença entre a relação H/W, sendo de 2,04 na primeira e 0,14 na segunda.

Figura 63 – Gráfico da Umidade Relativa do Ar Média por Zona Climática Local.

Fonte: da autora, 2018.

Figura 64 – Gráfico da Amplitude da Umidade Relativa do Ar Média por Zona Climática Local.

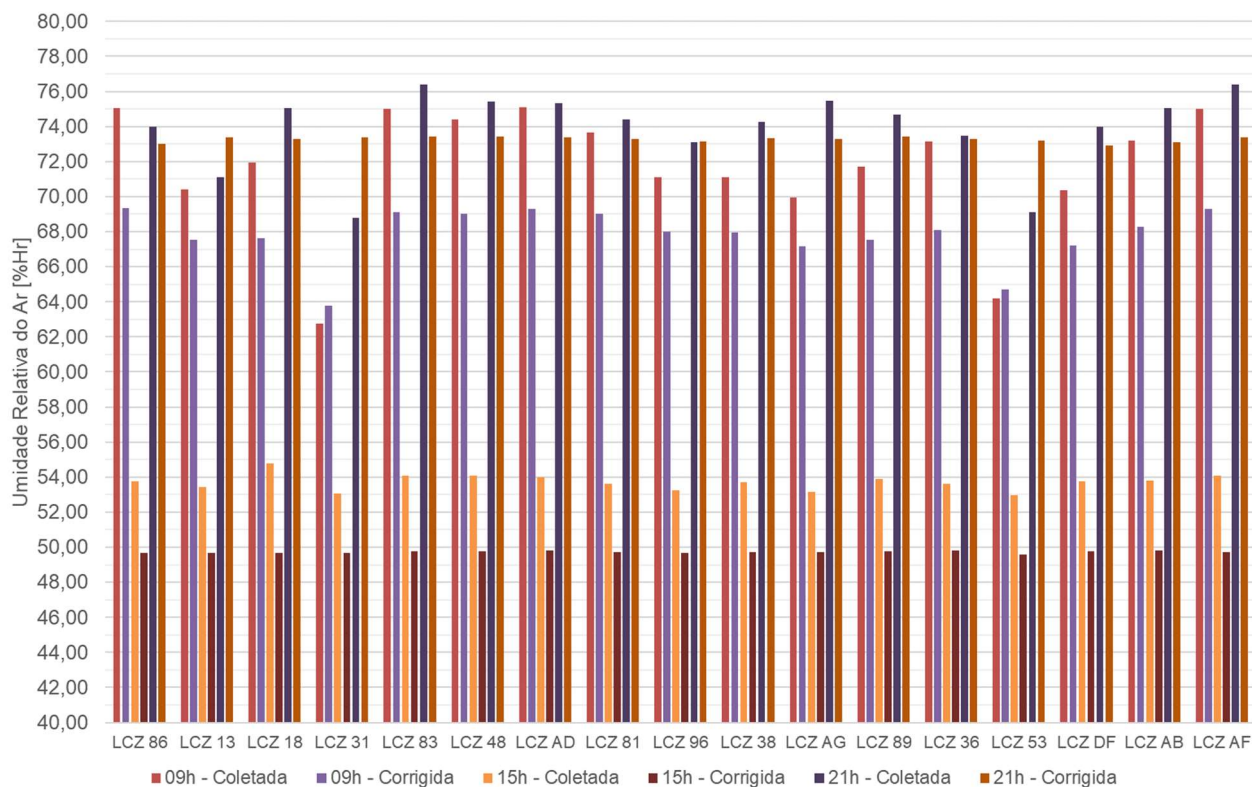
Fonte: da autora, 2018.

Como se pode verificar nas Figuras 65 e 67, o mesmo comportamento ocorre para os dados de umidade relativa do ar máxima e mínima no que diz respeito ao comportamento desta variável às 15 horas e às 21 horas quando analisada a umidade relativa do ar mínima.

No período de medição das 09 horas, a maior variação da amplitude na umidade relativa máxima ocorreu entre as LCZ's 3₁ e A_D (+3,44%*Hr* e -8,89%*Hr* respectivamente) e na umidade relativa mínima entre LCZ 9₆ e A_F (+2,94%*Hr* e -1,75%*Hr*). Assim, verifica-se que esta diferença está marcada por áreas de tipologia construída *versus* tipologia de cobertura do solo. Nos dados de umidade relativa máxima a diferença é representada por LCZ's que caracterizam uma área de altíssima densidade construtiva, tendo seu percentual de área permeável menor que 1% e de área impermeável maior que 55% e outra que caracteriza áreas de arborização densa e gramíneas junto do tecido urbano, tendo como percentual de área permeável de aproximadamente 90%. No caso da umidade relativa mínima, a diferença fica por conta da LCZ 9₆ que representa uma tipologia construída com percentual de área permeável de mais de 10%. A LCZ A_F de tipologia de cobertura do solo representa em sua totalidade uma área permeável.

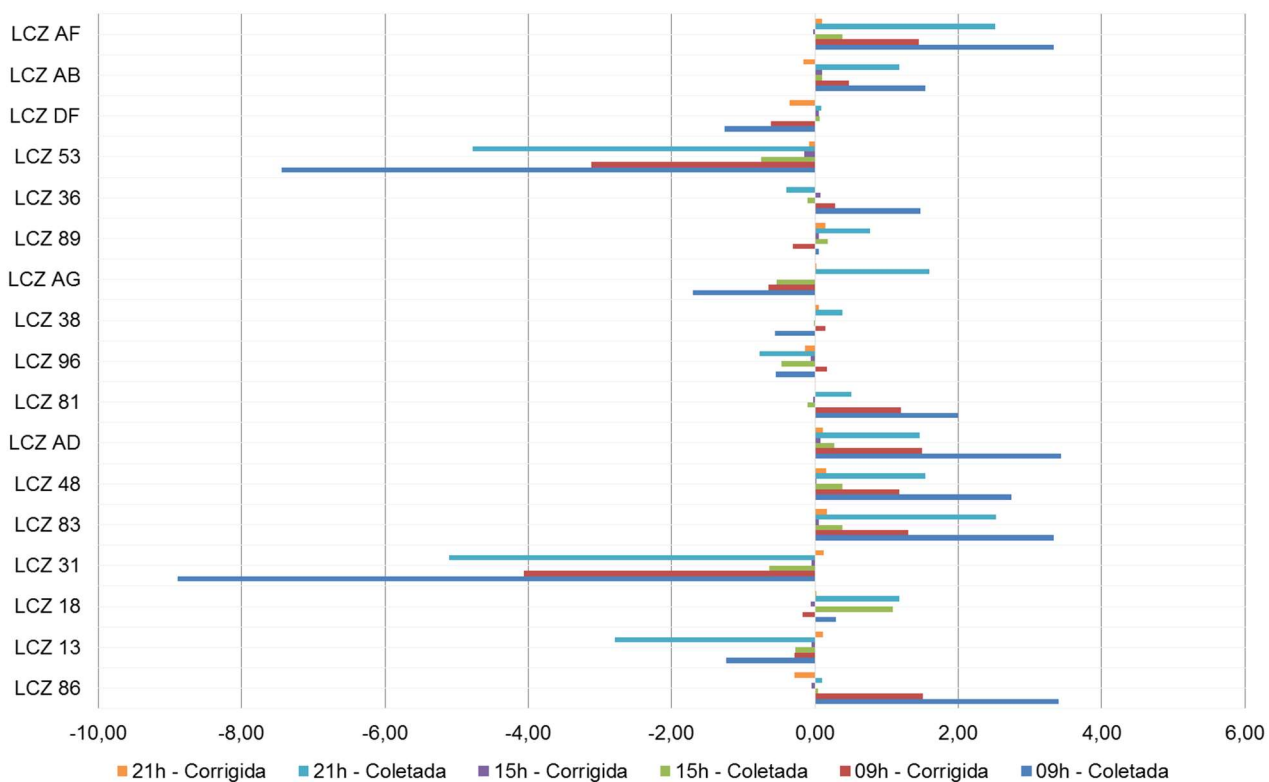
O comportamento da variável as 21 horas pela umidade relativa do ar máxima apresenta uma variação de +2,52%*Hr* e -5,11%*Hr*, sendo estas representativas das LCZ's 8₃ e 3₁. As duas Zonas Climáticas Locais apresentam percentuais de áreas edificadas e impermeáveis que podemos considerar altos (42%; 45% e 42% e 58% respectivamente), porém se distinguem quando analisamos os índices de fator de visão do céu e relação H/W. A LCZ 8₃ apresenta FVC de 0,94 e relação H/W de 0,22 e a LCZ 3₁, 0,68 e 2,04, estes parâmetros exemplificam a características de tipologias construtivas amplamente adensadas porém que se diferenciam pelo gabarito e rugosidade da composição geométrica urbana.

Figura 65 – Gráfico da Umidade Relativa do Ar Máxima por Zona Climática Local.

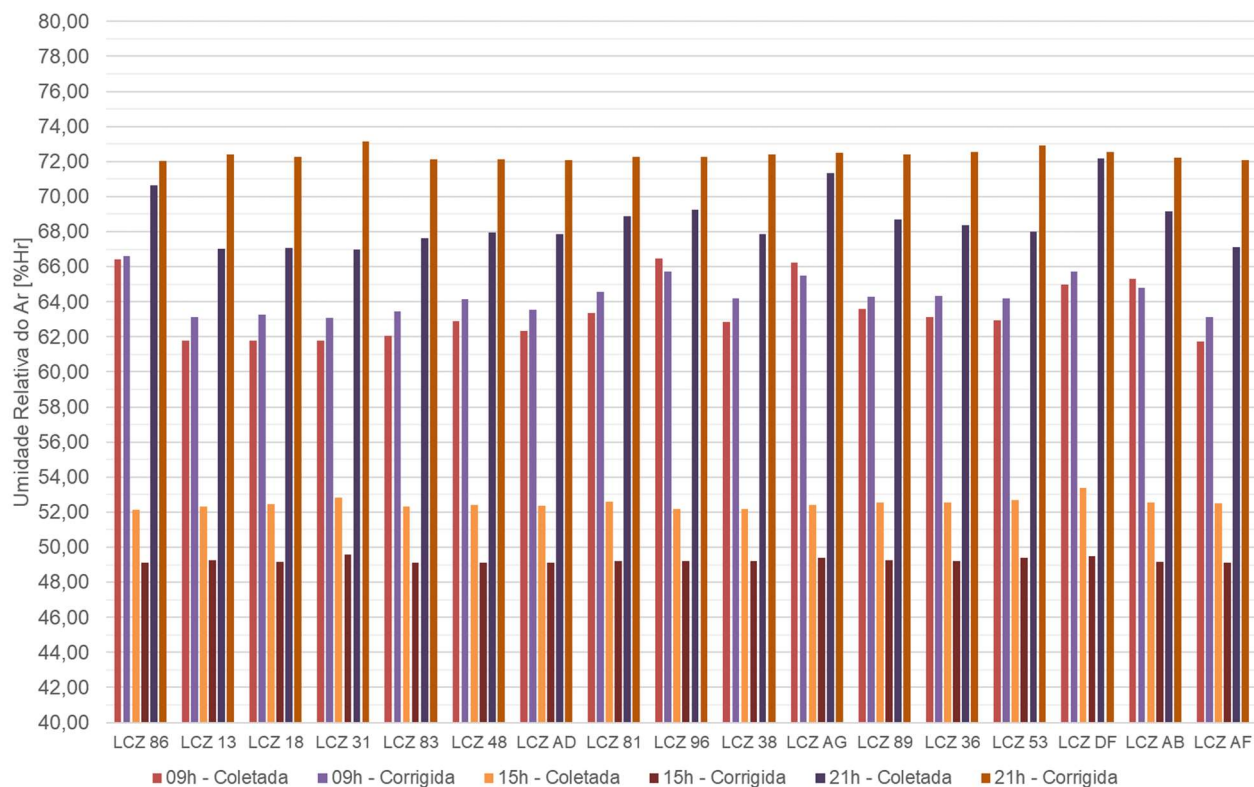


Fonte: da autora, 2018.

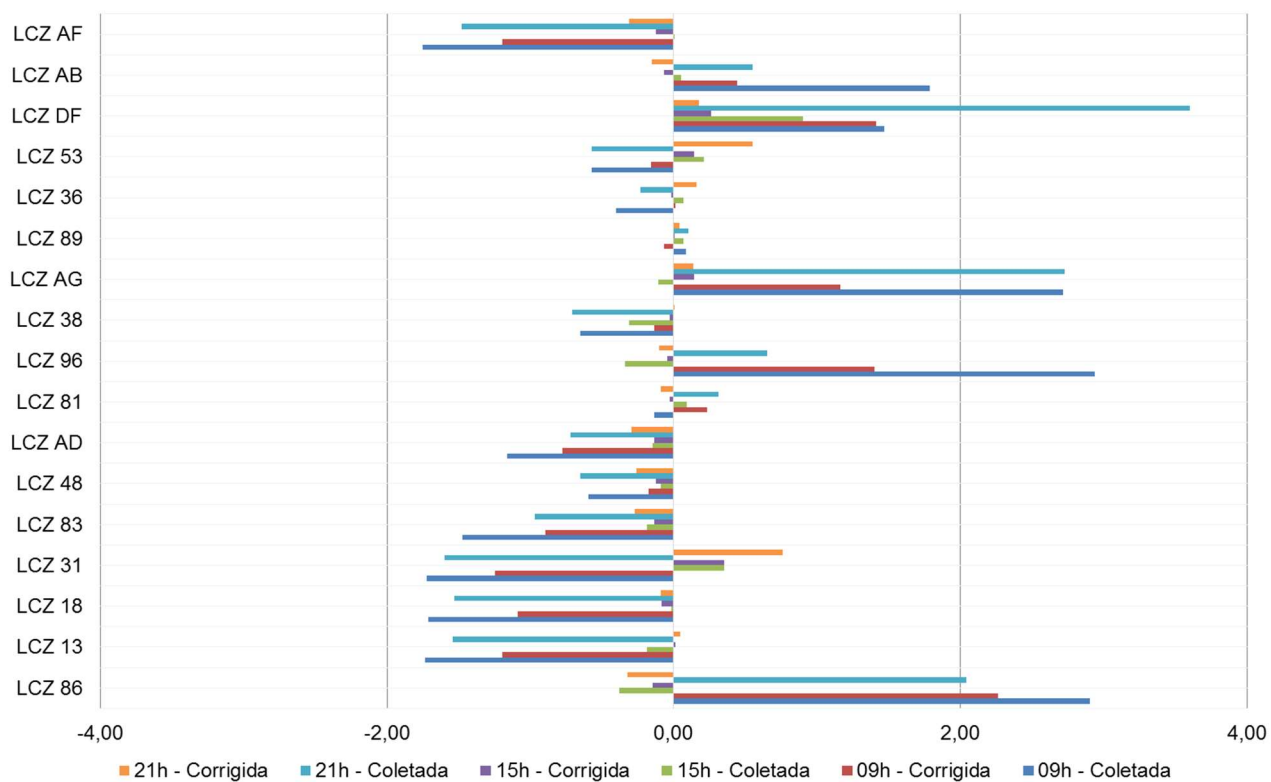
Figura 66 – Gráfico da Amplitude da Umidade Relativa do Ar Máxima por Zona Climática Local.



Fonte: da autora, 2018.

Figura 67 – Gráfico da Umidade Relativa do Ar Mínima por Zona Climática Local.

Fonte: da autora, 2018.

Figura 68 – Gráfico da Amplitude da Umidade Relativa do Ar Mínima por Zona Climática Local.

Fonte: da autora, 2018.

A partir das análises realizadas nos itens anteriores foi possível compilar os dados para que pudéssemos obter uma leitura mais ampla da situação. Sendo assim, na Tabela 19 estão apresentadas as Zonas Climáticas Locais que possuem maiores diferenças em cada caso estudado e a amplitude entre as mesmas.

Pode-se desta forma verificar que a maior amplitude referente à umidade relativa do ar média foi de 08,63% Hr e ocorreu entre as LCZ's 8₆ e 3₁, no período das 09 horas dos dados coletados. A LCZ 8₆ apresenta o maior percentual de área permeável das LCZ's analisadas, cerca de aproximadamente 20% e um dos menores índices médios de relação H/W – 0,20. A LCZ 3₁ se caracteriza como a zona de segundo maior percentual de área edificada (58%) e menor de área permeável (0,57%) e também um dos maiores índices da relação H/W. A mesma relação entre Zonas Climáticas Locais ocorre para os dados de temperatura do ar média – considerando também a maior amplitude. Nos dados corrigidos a maior amplitude é relatada às 21 horas, sendo de 6,37% Hr , entre as LCZ's A_G e 3₁. Neste caso, a LCZ A_G manifesta o comportamento de uma tipologia de cobertura de solo – Parque Portugal, a qual apresenta arborização densa e lagoa.

O comportamento das LCZ's durante o período de medição das 15 horas é percebido como constante, tanto nos dados coletados quanto corrigidos, por apresentarem amplitude mínima de 0,25% Hr e máxima de 1,84% Hr .

Em relação aos comportamentos das Zonas Climáticas Locais através das umidades relativas do ar máximas e mínimas, foi possível observar que as maiores diferenças ocorrem também nos períodos das 09 e 21 horas, para os dados coletados. A LCZ 3₁ está presente nas amplitudes de umidade máxima, tanto das 09 horas quanto das 21 horas, e na umidade mínima nas 21 horas. Os dados apresentam amplitudes de 12,33% Hr em comparativo com a LCZ A_D, 7,63% Hr com a LCZ 8₃ e 5,20% Hr com a LCZ D_F.

Tabela 19 – Zonas Climáticas Locais com maiores diferenças de comportamento perante a umidade relativa do ar.

	9h				15h				21h			
	Coletada		Corrigida		Coletada		Corrigida		Coletada		Corrigida	
	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min	Máx	Min
Umidade Média [%Hr]	70,6	62,0	68,6	63,28	53,5	52,65	49,7	49,21	73,6	67,30	73,30	72,3
Zona Climática Local	LCZ 8 ₆	LCZ 3 ₁	LC Z 8 ₆	LC Z 3 ₁	LCZ D _F	LC Z 9 ₆	LCZ D _F	LC Z 8 ₆	LCZ A _G	LC Z 3 ₁	LC Z 3 ₁	LCZ 8 ₆
Amplitude [%Hr]	8,63		4,96		0,89		0,50		6,37		0,99	
Umidade Máxima [%Hr]	75,0	62,7	69,33	63,77	54,8	52,96	49,8	49,58	76,4	68,78	73,44	72,9
Zona Climática Local	LCZ A _D	LCZ 3 ₁	LC Z 8 ₆	LC Z 3 ₁	LCZ 1 ₈	LC Z 5 ₃	LCZ A _B	LC Z 5 ₃	LCZ 8 ₃	LC Z 3 ₁	LC Z 8 ₃	LCZ D _F
Amplitude [%Hr]	12,33		5,56		1,84		0,25		7,63		0,52	
Umidade Mínima [%Hr]	66,4	61,7	66,60	63,09	53,4	52,12	49,6	49,10	72,1	66,9	73,99	72,0
Zona Climática Local	LCZ 9 ₆	LCZ A _F	LC Z 8 ₆	LC Z 3 ₁	LCZ D _F	LC Z 8 ₆	LCZ 3 ₁	LC Z 8 ₆	LCZ D _F	LC Z 3 ₁	LC Z 3 ₁	LCZ 8 ₆
Amplitude [%Hr]	4,69		3,51		1,28		0,50		5,20		1,08	

Fonte: da autora, 2018.

Em relação aos comportamentos de cada Zona Climática Local, para os dados coletados, a amplitude entre as umidades relativas médias, mínimas e máximas em cada horário coletado, verifica-se na Tabela 20 que o maior ganho de umidade, considerando a umidade relativa média, das 15 horas às 21 horas foi referente à LCZ A_G (+20,8%Hr) e o menor referente a LCZ 8₁ (+14,4%Hr). Na transição das 09 horas às 15 horas, a maior perda ocorreu na LCZ 8₆ (-17,7%Hr) e a menor na LCZ 3₁ (-9,1%Hr). Para o horário das 21 horas às 09 horas, a LCZ A_G apresentou a maior perda de umidade relativa, -6,0%Hr, e a LCZ 8₆ a menor, -1,6%Hr.

Para os dados de umidade relativa máxima, as LCZ's 8₆ e 3₁ apresentaram as maiores perdas de umidade relativa nas transições de 09h às 15h e 21h às 09h, -21,3%Hr e -6,0%Hr respectivamente. A LCZ 8₆ também registrou o único ganho na umidade relativa na transição das 21h às 09h de +1,1%Hr. A menor diminuição das 09h às 15h ocorreu na LCZ 3₁, -9,7%Hr, assim como o menor ganho das 15h às 21h, +15,7%Hr. O maior ganho de umidade relativa, +22,3% na transição das 15 horas às 21 horas se apresentou na LCZ A_F.

Referente aos dados para umidade relativa do ar mínima, as maiores perdas ocorrem nas LCZ's 8₆ (-14,3%*Hr*) e D_F (-7,2%*Hr*), nos horários das 09h às 15h e 21 às 09h respectivamente. As menores perdas se apresentaram nas LCZ's 3₁ (-8,9%*Hr*) e 9₆ (-2,8%*Hr*). A LCZ A_G apresentou o maior ganho (+18,9 %*Hr*) no horário das 15h às 21h. O menor ganho referente a este horário ocorreu na LCZ 3₁ (+14,1%*Hr*).

Tabela 20 – Amplitudes referentes à umidade relativa do ar correspondente a cada Zona Climática Local classificada na pesquisa.

	Umidade Média [% <i>Hr</i>]			Umidade Máxima [% <i>Hr</i>]			Umidade Mínima [% <i>Hr</i>]		
	09H	15H	21H	09H	15H	21H	09H	15H	21H
LCZ 8 ₆	70,7	53,0	72,2	75,1	53,8	74,0	66,4	52,1	70,6
	- [-17,7] →	- [+19,3] →	-- [-21,3] →→	-- [+20,2] →→	-- [-14,3] →→	-- [+18,5] →→			
	←----- [-1,6] -----		←----- [-1,1] -----		←----- [-4,2] -----				
LCZ 1 ₃	64,2	52,9	68,7	70,4	53,4	71,1	61,8	52,3	67,1
	- [-11,3] →	- [+15,7] →	-- [-17,0] →→	-- [+17,7] →→	-- [-9,5] →→	-- [+14,7] →→			
	←----- [-4,5] -----		←----- [-0,7] -----		←----- [-5,3] -----				
LCZ 1 ₈	65,9	53,2	70,3	72,0	54,8	75,1	61,8	52,5	67,1
	- [-12,7] →	- [+17,1] →	-- [-17,2] →→	-- [+20,3] →→	-- [-9,3] →→	-- [+14,6] →→			
	←----- [-4,5] -----		←----- [-3,1] -----		←----- [-5,3] -----				
LCZ 3 ₁	62,1	52,9	67,3	62,8	53,1	68,8	61,8	52,9	67,0
	- [-9,1] →	- [+14,4] →	-- [-9,7] →→	-- [+15,7] →→	-- [-8,9] →→	-- [+14,1] →→			
	←----- [-5,2] -----		←----- [-6,0] -----		←----- [-5,2] -----				
LCZ 8 ₃	68,4	53,1	72,2	75,0	54,1	76,4	62,0	52,3	67,6
	- [-15,3] →	- [+19,1] →	-- [-20,9] →→	-- [+22,3] →→	-- [-9,7] →→	-- [+15,3] →→			
	←----- [-3,8] -----		←----- [-1,4] -----		←----- [-5,6] -----				
LCZ 4 ₈	66,5	53,0	71,5	74,4	54,1	75,4	62,9	52,4	67,9
	- [-13,4] →	- [+18,5] →	-- [-20,3] →→	-- [+21,3] →→	-- [-10,5] →→	-- [+15,5] →→			
	←----- [-5,0] -----		←----- [-1,0] -----		←----- [-5,0] -----				
LCZ A _D	69,0	53,3	72,6	75,1	54,0	75,4	62,4	52,4	67,9
	- [-15,7] →	- [+19,3] →	-- [-21,1] →→	-- [+21,4] →→	-- [-10,0] →→	-- [+15,5] →→			
	←----- [-3,6] -----		←----- [-0,3] -----		←----- [-5,5] -----				
LCZ 8 ₁	66,6	53,1	71,1	73,7	53,6	74,4	63,4	52,6	68,9
	- [-13,5] →	- [+18,0] →	-- [-20,0] →→	-- [+20,8] →→	-- [-10,8] →→	-- [+16,3] →→			
	←----- [-4,5] -----		←----- [-0,7] -----		←----- [-5,5] -----				
LCZ 9 ₆	69,5	52,7	71,9	71,1	53,2	73,1	66,5	52,2	69,2
	- [-16,9] →	- [+19,3] →	-- [-17,9] →→	-- [+19,9] →→	-- [-14,3] →→	-- [+17,1] →→			
	←----- [-2,4] -----		←----- [-2,0] -----		←----- [-2,8] -----				
LCZ 3 ₈	68,0	53,2	71,1	71,1	53,7	74,3	62,9	52,2	67,9
	- [-14,8] →	- [+17,9] →	-- [-17,4] →→	-- [+20,6] →→	-- [-10,7] →→	-- [+15,7] →→			
	←----- [-3,1] -----		←----- [-3,2] -----		←----- [-5,0] -----				

Fonte: da autora, 2018.

Tabela 20 – Amplitudes referentes à umidade relativa do ar correspondente a cada Zona Climática Local classificada na pesquisa (Continuação).

	Umidade Média [%Hr]			Umidade Máxima [%Hr]			Umidade Mínima [%Hr]		
	09H	15H	21H	09H	15H	21H	09H	15H	21H
LCZ A _G	67,6	52,9	73,7	70,0	53,2	75,5	66,2	52,4	71,3
	- [-14,7] →	- [+20,8] →	-- [-16,8] →→	-- [+22,3] →→	-- [-13,8] →→	-- [+18,9] →→			
	←----- [-6,0] -----		←----- [-5,5] -----		←----- [-5,1] -----				
LCZ 8 ₆	67,3	53,2	72,3	71,7	53,9	74,7	63,6	52,6	68,7
	- [-14,0] →	- [+19,0] →	-- [-17,8] →→	-- [+20,8] →→	-- [-11,0] →→	-- [+16,1] →→			
	←----- [-5,0] -----		←----- [-3,0] -----		←----- [-5,1] -----				
LCZ 3 ₆	68,0	53,1	70,9	73,1	53,6	73,5	63,1	52,6	68,4
	- [-14,9] →	- [+17,8] →	-- [-19,5] →→	-- [+19,9] →→	-- [-10,5] →→	-- [+15,8] →→			
	←----- [-2,9] -----		←----- [-0,4] -----		←----- [-5,3] -----				
LCZ 5 ₃	63,3	52,8	68,5	64,2	53,0	69,1	62,9	52,7	68,0
	- [-10,4] →	- [+15,6] →	-- [-11,3] →→	-- [+16,2] →→	-- [-10,2] →→	-- [+15,3] →→			
	←----- [-5,2] -----		←----- [-4,9] -----		←----- [-5,1] -----				
LCZ D _F	68,1	53,5	73,4	70,4	53,8	74,0	65,0	53,4	72,2
	- [-14,5] →	- [+19,9] →	-- [-16,6] →→	-- [+20,2] →→	-- [-11,6] →→	-- [+18,8] →→			
	←----- [-5,3] -----		←----- [-3,6] -----		←----- [-7,2] -----				
LCZ A _B	69,9	53,4	72,0	73,2	53,8	75,1	65,3	52,6	69,1
	- [-16,5] →	- [+18,7] →	-- [-19,4] →→	-- [+21,3] →→	-- [-12,8] →→	-- [+16,6] →→			
	←----- [-2,1] -----		←----- [-1,9] -----		←----- [-3,8] -----				
LCZ A _F	68,3	53,2	71,6	75,0	54,1	76,4	61,8	52,5	67,1
	- [-15,1] →	- [+18,4] →	-- [-20,9] →→	-- [+21,3] →→	-- [-9,3] →→	-- [+14,6] →→			
	←----- [-3,3] -----		←----- [-1,4] -----		←----- [-5,4] -----				

Fonte: da autora, 2018.

As LCZ's que se destacaram nas análises apresentam diferenças significativas nos parâmetros de caracterização das Zonas Climáticas Locais. A LCZ 8₆ que apresentou a maior perda de umidade das 09h às 15 e a menor perda das 21h às 09h, possui o segundo maior percentual de área permeável nas LCZ de tipologias construídas (18,17%), fator de visão de céu em 0,80, relação H/W entre 0,14 e 0,26 e classe de rugosidade 6. A LCZ 3₁ possui o maior percentual de área edificada (58,06%), assim como o menor percentual de área permeável (0,57%), fator de visão de céu entre 0,57 e 0,79, relação H/W entre 0,85 e 2,04 e classe de rugosidade também 6. Esta se apresentou com a menor perda de umidade das 09h às 15h e o menor ganho das 15h às 21h. Apresentando o maior ganho das 15h às 21h e a maior perda das 21h às 09h, a LCZ A_G apresenta o maior percentual de área edificada entre as LCZ de tipologia

de cobertura de solo (9,17%), fator de visão do céu variando entre 0,36 e 0,99, relação H/W entre 0,12 e 2,21.

6.1 Correlação Linear: Parâmetros LCZ x Dados Climáticos

A fim de verificar a relação entre os parâmetros de classificação das Zonas Climáticas Locais; fator de visão do céu, relação H/W, fração de superfície edificada, fração de superfície impermeável e fração de superfície permeável, foram calculados os índices de correlação linear para os dados climáticos, em cada horário e situação (coletada ou corrigida).

6.1.1 Temperatura do ar

Os dados apresentados na Tabela 21 demonstram que a melhor correlação linear para os dados de temperatura do ar é referente ao parâmetro de fração de superfície impermeável, com os coeficientes variando entre 0,307 e 0,342. É interessante ressaltar que os coeficientes lineares referentes aos parâmetros de fração de superfície permeável e fator de visão do céu, para os três conjuntos de dados coletados é negativo e varia entre -0,257 e -0,324 e -0,107 e -0,305 respectivamente. Os coeficientes referentes aos parâmetros de fração de superfície edificada e permeável possuem comportamentos muito semelhantes.

Segundo Feng e Myint (2016) ao analisar as correlações entre as variáveis de cobertura do solo para áreas com edifícios de baixa altura (1 a 3 pavimentos), média altura (4 a 7 pavimentos) e altos (maiores que 8 pavimentos) e o comportamento da temperatura de superfície terrestre verificou-se que alguns índices de correlação se comportam de maneiras distintas, porém outros apresentam uma tendência de comportamento. No caso das áreas de média altura, a temperatura foi relacionada diretamente (correlação positiva) com a composição de edifícios e pavimentos, ou seja, área edificada e área impermeável. Já as áreas de vegetação (permeáveis) foram relacionadas inversamente (negativo) com a temperatura. Relação esta que aparece nos dados apresentados na Tabela 21.

Tabela 21 – Coeficientes de correlação linear; Temperatura do Ar x Parâmetros LCZ's.

	09h Coletada	09h Corrigida	15h Coletada	15h Corrigida	21h Coletada	21h Corrigida
FVC	-0,249	-0,305	-0,150	0,183	-0,107	0,234
H/W	0,215	0,243	-0,146	-0,146	0,059	-0,257
% A.E.	0,226	0,249	0,014	-0,041	0,172	-0,197
% A.I.	0,342	0,362	0,306	-0,024	0,307	-0,312
% A.P.	-0,301	-0,324	-0,185	0,037	-0,257	0,269

Fonte: da autora, 2018.

6.1.2 Umidade relativa do ar

Os dados apresentados na Tabela 22 demonstram que a melhor correlação linear para os dados de umidade relativa do ar é negativo e referente ao parâmetro de fração de superfície impermeável, com os coeficientes variando entre -0,430 e -0,566. É interessante também ressaltar que o coeficiente linear referente ao parâmetro de fração de superfície edificada para os três conjuntos de dados coletados é negativo e varia entre -0,286 e -0,474.

Tabela 22 – Coeficientes de correlação linear; Umidade Relativa do Ar x Parâmetros LCZ's.

	09h Coletada	09h Corrigida	15h Coletada	15h Corrigida	21h Coletada	21h Corrigida
FVC	0,277	0,264	0,213	0,036	0,212	-0,313
H/W	-0,193	-0,210	0,066	-0,103	-0,253	0,228
% A.E.	-0,297	-0,253	-0,286	-0,088	-0,474	0,215
% A.I.	-0,430	-0,371	-0,566	-0,046	-0,534	0,340
% A.P.	0,385	0,331	0,464	0,070	0,529	-0,294

Fonte: da autora, 2018.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve como objetivo analisar o comportamento das Zonas Climáticas Locais caracterizadas para um recorte espacial no município de Campinas/SP, considerando os dados climáticos – temperatura do ar e umidade relativa do ar, coletados através de medições móveis e fixas durante a estação do inverno.

Os resultados obtidos evidenciaram uma variação do comportamento dos dados climáticos coletados entre diferentes Zonas Climáticas Locais caracterizadas. A amplitude da temperatura do ar média varia entre $0,1^{\circ}\text{C}$ e $2,1^{\circ}\text{C}$ considerando tipologias construtivas e de cobertura do solo. No período de aquecimento – 09 horas, é relatada a maior amplitude, $2,1^{\circ}\text{C}$ para os dados coletados. Esta variação exemplifica o comportamento da LCZ 3₁ caracterizada como zona de segundo maior percentual de área edificada, menor de área permeável e um dos maiores índices da relação H/W e a LCZ 8₆, o maior percentual de área permeável das LCZ's analisadas e um dos menores índices médios de relação H/W. O comportamento destas duas LCZ's também é relatado como a maior amplitude de umidade relativa do ar média – $08,6\%\text{Hr}$ no período das 09 horas dos dados coletados, sendo que a amplitude dos dados de umidade relativa do ar média varia entre $0,5\%\text{Hr}$ e $8,6\%\text{Hr}$.

O comportamento das 17 Zonas Climáticas Locais caracterizadas apresenta certa constância no período das 15 horas, tanto para os dados de temperatura do ar quanto de umidade relativa do ar. Neste período as amplitudes variam entre $0,1^{\circ}\text{C}$ e $0,3^{\circ}\text{C}$ para temperatura do ar e $0,3\%\text{Hr}$ e $1,8\%\text{Hr}$ para umidade relativa do ar.

No período de resfriamento – 21 horas, a maior amplitude ocorre entre as LCZ's 5₃ e 8₆, $0,7^{\circ}\text{C}$, tipologias construtivas que apresentam 10% de diferença entre os percentuais de áreas permeáveis, sendo a LCZ 5₃ com 30% e a LCZ 8₃ com 20%. Em relação ao percentual de área edificada a diferença é de 15%, sendo 37% para a LCZ 5₃ e 22% para a LCZ 8₆. Para os dados de umidade relativa do ar, a maior amplitude – $6,4\%\text{Hr}$ ocorre entre uma tipologia construtiva (LCZ 3₁) e uma tipologia de cobertura do solo (LCZ A_G), desta forma verifica-se que os parâmetros que melhor exemplificam as diferenças entre estas LCZ's, são o percentual de área permeável e o percentual de área edificada.

Em relação ao comportamento das Zonas Climáticas Locais através dos períodos medidos, foi possível observar que a LCZ 8₆ apresentou o maior ganho de calor assim como a maior perda de umidade das 09h às 15h, a maior perda de calor das 15h às 21h e o menor ganho e a menor perda de umidade das 21h às 09h. Esta LCZ possui o segundo maior percentual de área permeável nas LCZ de tipologias construídas (18,17%), fator de visão de céu em 0,80, relação H/W entre 0,14 e 0,26 e classe de rugosidade 6.

A LCZ 3₁ apresentou a menor perda de umidade das 09h às 15h, o menor ganho das 15h às 21h e o maior ganho de calor das 21h às 09h. Tem como características o maior percentual de área edificada (58,06%), assim como o menor percentual de área permeável (0,57%), fator de visão de céu entre 0,57 e 0,79, relação H/W entre 0,85 e 2,04 e classe de rugosidade também 6.

O maior ganho de calor das 15h às 21h e a maior perda das 21h às 09h ocorre na LCZ A₆, que é caracterizada por apresentar o maior percentual de área edificada entre as LCZ de tipologia de cobertura de solo (9,17%), fator de visão do céu variando entre 0,36 e 0,99, relação H/W entre 0,12 e 2,21.

A partir destas análises foi possível averiguar que quando da caracterização de uma morfologia urbana com alto fator de visão do céu, e classe de rugosidade muito irregular, o ganho de calor e a perda de umidade durante o período de aquecimento (09h às 15h), são mais representativos, assim como a maior perda de calor no período de resfriamento (15h às 21h) mesmo quando a presença de um percentual de área permeável representativa e distribuída.

Já com uma morfologia que também apresenta uma classe de rugosidade muito irregular, um fator de visão do céu alto, porém inferior ao apresentado anteriormente, o menor percentual de área permeável e o maior de área edificada tem como comportamento das variáveis climáticas o menor ganho de calor no período de resfriamento (15h às 21h) e o maior no período das 21h às 09h. Neste caso a maior perda de umidade no período de aquecimento também de apresenta.

Em áreas características de cobertura de solo permeável bastante representativas, porém que apresentam uma pequena área edificada é registrado o maior ganho de calor do período de resfriamento (15h às 21h) e a maior perda de calor no período das 21h às 09h.

A utilização de uma metodologia de correção dos dados coletados através de medições móveis tendo como referência os dados de medições fixas foi considerado importante, uma vez que deve ser utilizado como comparativo quando da análise das amplitudes encontradas entre as variações dos dados climáticos. Por considerar apenas os dados de medições fixas, as distâncias dos pontos móveis aos pontos fixos e a medição inicial dos transectos, este método pode não considerar a variação que os dados climáticos poderiam apresentar quando da análise das características físicas e morfológicas da variação do tecido urbano. Assim, as amplitudes referentes aos dados coletados, apresentadas como resultados nesta pesquisa, não devem ser tomadas como absolutas e sim tendenciais.

A partir da análise da correlação linear entre os dados levantados dos parâmetros de classificação das Zonas Climáticas Locais (fator de visão do céu, relação H/W, percentual de área edificada, percentual de área impermeável e percentual de área permeável) e as variáveis climáticas coletadas nesta pesquisa, foi possível observar que;

- para a temperatura do ar, o parâmetro percentual de área impermeável possui a maior correlação positiva entre os grupos de dados apresentados (0,307 e 0,342), e a correlação negativa, o parâmetro de percentual de superfície permeável apresenta valores que variam entre -0,257 e -0,324;
- para os dados de umidade relativa do ar, a correlação que melhor se apresenta é negativa e refere-se ao parâmetro de percentual de área impermeável, variando entre -0,430 e -0,566.

Diante do exposto apresenta-se a seguir sugestões para trabalhos futuros:

- avaliar a caracterização das Zonas Climáticas Locais considerando outros raios de áreas de abrangência;
- investigar o comportamento das variáveis climáticas nas Zonas Climáticas Locais em outras estações do ano;
- investigar métodos de correção para medições móveis que considerem o ambiente construído.

Desta forma, entende-se que este trabalho pode contribuir, de maneira inicial, com outros trabalhos que venham a utilizar a metodologia de Zonas

Climáticas Locais, e aprofundar na análise do comportamento das variáveis climáticas sobre as mesmas.

8 REFERÊNCIAS

ACHMAD, K.; KHARE, M.; CHAUDHRY, K. K. Wind tunnel simulation studies on dispersion at urban street canyons and intersections. – A review. **Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics**, v. 93, p. 697–717, 2005.

ALCHAPAR, N. L.; PEZZUTO, C. C.; CORREA, E. N.; LABAKI, L. C. The impact of different cooling strategies on urban air temperatures: the cases of Campinas, Brazil and Mendoza, Argentina. **Theoretical and Applied JCR. Climatology**, v. 2016, p. 1, 2016.

ALEXANDER, Paul & MILLS, Gerald. (2014). Local Climate Classification and Dublin's Urban Heat Island. **Atmosphere**. v. 5, n. 4, p. 755-774, 2014.

AMORIM M.C.C.T., DUBREUIL V., QUENOL H., SANT'ANNA J.L. Características das ilhas de calor em cidades de porte médio: exemplos de Presidente Prudente (Brasil) e Rennes (França). **Confins** [Online], 7-2009, 16p. Disponível em: <<http://confins.revues.org/index6070.html>>. Acesso em: 13 mar. 2015.

ARNIFIELD, A. J. Two decades of urban climate research: A review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. **International Journal of Climatology**, Londres, v. 23, n. 1, 2003. pp. 1–26.

ASSIS, E. S. Aplicações da Climatologia Urbana no Planejamento da Cidade: Revisão dos Estudos Brasileiros. **Revista de Urbanismo e Arquitetura Rua**. v. 7, n. 1, 2006.

ASSIS, E. S. **Impactos da forma urbana na mudança climática: método para previsão do comportamento térmico e melhoria de desempenho do ambiente urbano**. Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

ASSIS, E. S. **Mecanismos de desenho urbano apropriados à atenuação da Ilha de Calor: análises de desempenho de áreas verdes urbanas em clima**

tropical. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1990.

AYOADE, J.O. **Introdução à climatologia para os trópicos.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. 332p

BARBIERO, M.; **Avaliação das percepções quanto ao ambiente térmico em uma indústria metalúrgica: Um estudo de caso.** Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.

BECHTEL, B., FOLEY, M., MILLS, G., CHING, J., SEE, L., ALEXANDER, P., O'CONNOR, M., ALBUQUERQUE, T., ANDRADE, M., BROVELLI, M., DAS, D., FONTE, C., PETIT, G., HANIF, U., JIMENEZ, J., LACKNER, S., LIU, W., PERERA, N., ROSNI, N., THEEUWES, N., GÁL, T. CENSUS of Cities: LCZ Classification of Cities (Level 0) - Workflow and Initial Results from Various Cities. **ICUC9 - 9th International Conference on Urban Climate jointly with 12th Symposium on the Urban Environment.** 2015.

BLANKENSTEIN, S.; KUTTLER, W. Mobile Measurements of Downward Longwave Radiation in Urban Street Canyons. In: **INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN CLIMATE**, 5., 2003, Łódź. Proceedings. Łódź: Faculty of Geographical Sciences Department of Meteorology and Climatology, University of Łódź, 2003. 1 CDROM.

BORNSTEIN, R., Mean diurnal circulation and thermodynamics of urban boundary layer, **American Meteorological Society**. pp: 52-94, 1987.

BRANCO, L. M. B. C. **Microclimas urbanos no Plano Piloto de Brasília: o caso da Superquadra 108 Sul.** Dissertação (Mestrado) – Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, 2009.

BRANDSMA T, WOLTERS D. Measurement and statistical modeling of the urban heat island of the city of Utrecht (the Netherlands). **Journal of Applied Meteorology and Climate**. v. 51, p. 1046–1060, 2012.

BRAZEL, A., SELOVER, N., VOSE, R., HEISLER, G. The tale of two cities - Baltimore and Phoenix urban LTER sites. **Climate Research**, v. 15, p. 123–135, 2000.

BUTTSTADT, M., SCHNEIDER, C. Thermal load in a medium-sized European city using the example of Aachen, Germany. **Erdkunde** v. 68, n. 2, p. 71–83, 2014.

CA, V.T., ASAEDA, T., ABU, E. Reductions in air conditioning energy caused by a nearby park. **Energy and Buildings**. v. 29, n. 1, p. 83–92, 1998.

CAMPINAS. Prefeitura Municipal de Campinas. Disponível em: <http://www.campinas.sp.gov.br/governo/seplama/dados-do-municipio/cidade/>. Acesso em: 23/05/2017.

CARNAHAN, H. W.; LARSON, R. C. **An analysis of an urban heat sink. Remote Sensing of Environment**, Oxford, v. 33, n. 1, p. 65-71, 1990.

CHAPMAN, L. Improved One Dimensional Energy Balance Modelling Utilizing Sky-View Factors Determined from Digital Imagery. In: **SIRWEC CONFERENCE**, 10., Davos-Switzerland. **Proceedings**. Davos, March, 2007. Disponível em: <www.sirwec.org/conferences/davos2000.html>. Acesso em: 02 abr. 2017.

CHAPMAN, L.; Thornes, J. E. Real-Time Sky-View Factor Calculation and Approximation. **Journal of Atmospheric and Oceanic Technology**, v. 21, n. 5, p. 730-742, 2004.

COLLISCHONN, E.; MATTOS, G.P. Classificação de ambientes termicamente homogêneos para estudos de clima na camada dossel urbano – metodologia e aplicação à cidade de Pelotas/RS. **Revista Brasileira de Climatologia**, n. 9, p. 56 – 67, 2011.

CORBELLA, O. D.; MAGALHÃES, M. A. A. A. **Conceptual differences between the bioclimatic urbanism for Europe and for the tropical humid climate.** Renewable Energy, v. 33, p. 1019-1023, 2008.

CORREA, E. et al. Thermal comfort in forested urban canyons of low building density. An assessment for the city of Mendoza, Argentina. **Building and Environment**, v. 58, p. 219-230, 2012.

CORREA, E. N.; PATTINI, A.; CÓRICA, M. L.; FORNÉS, M.; LESINO, G. Evaluación del factor de visión de cielo a partir del procesamiento digital de imágenes hemiesféricas. Influencia de la configuración del canón urbano en la disponibilidad del recurso solar. **Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente**, v.9, p. 43-48, 2005.

CORREA, E.; MARTÍNEZ, C.; LESINO, C.; CANTÓN, A., **Impact of Urban Parks on the Climatic Pattern of Mendoza's Metropolitan Area, in Argentina.** 23 Conference on Passive and Low Energy Architecture, Geneva, Switzerland, 2006.

COSTA, N. S. D., BALDO, M.C., SILVA, R. F., LIMA, V. O., BASANE, A. C. Análise comparativa da temperatura no centro da cidade e na área rural de Campo Mourão – PR. In.: II SIMPÓSIO DE ESTUDOS URBANOS: A DINÂMICA DAS CIDADES E A PRODUÇÃO DO ESPAÇO. Anais... SEURB, 2013.

DAVENPORT A. G., GRIMMOND, C. S. B., OKE, T. R., WIERINGA, J., Estimating the roughness of cities and sheltered country. **Preprints of the AMS 12th Conference on Applied Climatology**, p. 96-99, 2000.

DU, S.; ZIONG, Z.; WANG, Y.; GUO, L.; Quantifying the multilevel effects of landscape composition and configuration on land surface temperature. **Remote Sensing of Environment**. v. 178, pp 84-92, 2016

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**, Porto Alegre, v. 3, n. 2, p. 7-20, abr./jun. 2003.

ELIASSON I. Urban Nocturnal Temperatures, Street Geometry and Land Use. **Atmospheric Environment**, v. 30, p. 379-392, 1996.

EMMANUEL, R.; JOHANSSON, E. Influence of urban morphology and sea breeze on hot humid microclimate: The case of Colombo, Sri Lanka. **Climate Research**, v. 30, n. 3, p. 189-200, 2006.

EPA, 2011. **Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies Urban Heat Island Basics**. Disponível em: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-06/documents/basicscompndium.pdf>. Acesso em: Maio/2017.

FENG, G. L., GONG, Z. Q., ZHI, R. Latest advances of climate change detecting technologies (in Chinese). **Acta Meteorologica Sinica**, v. 4, p. 1-16, 2010.

FENG, X., MYINT, S.W. Exploring the effect of neighboring land cover pattern on land surface temperature of central building objects. **Building and Environment**, v. 95 p. 346-354, 2016.

FIALHO, Edson S. Estudos Climáticos em Sítios Urbanos e Rurais. **Concepções e Ensaio da Climatologia Geográfica e-book**. ED. UFGD, p. 83-112, 2012.

FUNG, W. Y., LAM, K.S., NICHOL, J., WONG, M. S. Derivation of nighttime urban air temperatures using a satellite thermal image. **Journal of Applied Meteorology and Climate**, v. 48, p. 863–872. 2009

MUNIZ-GÄAL, L. P. **Impacto da geometria urbana e da legislação de uso e ocupação so solo no macroclima de cânions urbanos**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Infraestrutura Urbana, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2017

GALL, C., BRÖSEL, D., FRANKE, G. H. Mental distress in patients with cerebral visual injury assessed with the German Brief Symptom Inventory. **Frontiers in Aging Neuroscience**. v. 7, n. 51, 2015.

GIANNOPOULOU, K.; SANTAMOURIUS, M.; LIVADA, I.; GEORGAKIS, C.; CAOURIS, Y. The impact of canyon geometry on intra Urban and Suburban night Temperature differences under warm weather conditions. **Pure and Applied Geophysics**, v. 167, n. 11, p. 1433-1449, 2010.

GIVONI, B. **Climate considerations in building and urban design**. Hoboken: John Wiley & Sons; 1998.

GIVONI, B. Comfort, climate analysis and building design guidelines. **Energy and Buildings**, v. 18, n. 1, p.11-23, 1992.

GIVONI, B.; **Man, climate and architecture**. 2nd ed. Applied Science publishers Ltd. London. 483p. 1976.

GOOGLE. Google Earth Pro. 2018. Campinas/SP. Acesso em: 20/01/2018.

GOMES, P. S. Clima e Planejamento Ambiental Urbano: Estudo Preliminar. **Paisagem Ambiente: ensaios**, n. 23, p. 42-49, 2007.

GRIMMOND, C. S. B.; OKE, T. R. Aerodynamic properties of urban areas derived from analysis of surface form. **Journal of Applied Meteorology**. v. 38, p. 1262-1292, 1999.

GRIMMOND, S. Urbanization and global environmental change: local effects of urban warming. **Geographical Journal**. v. 173, n. 1, p. 83 – 88, 2007.

HEBBERT, M.; JANKOVIĆ, V. Cities and climate change – the precedents and why they matter. **Urban Studies**, v. 50, n. 7, p. 1330-1345, 2013.

HEBBERT, Michael. Climatology for city planning in historical perspective. **Urban Climate**, 10, p.204–215, 2014.

HONJO T, TAKAKURA T. Simulation of thermal effects of urban green areas on their surrounding áreas. **Energy and Buildings**. v. 15, p. 443-446, 1990.

HUANG, S., TANIGUCHI, M., YAMANO, M., WANG, C. H. Detecting urbanization effects on surface and subsurface thermal environment – A case study of Osaka. **Science of the Total Environment**, 407 (9), 3142–3152, 2008.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. População Urbana – Censo Demográfico (1960-2010). Disponível em:

<http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=8>. Acesso em: 23/05/2017.

JAMEI, E. et al. Review on the impact of urban geometry and pedestrian level greening on outdoor thermal comfort. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 54, p. 1002–1017, 2016.

JAUREGUI, E. Effects of revegetation and new artificial water bodies on the climate of Northeast Mexico City. **Energy and Buildings**, v. 15-16, p. 447-455, 1990.

JOHANSSON, E. Influence of urban geometry on outdoor thermal comfort in a hot dry climate: A study in Fez, Morocco. **Building and Environment**, v. 41, n. 10, p. 1326–1338, 2006.

KATZSCHNER, L.; KATZSCHNER, M. A.; Workshop thermal comfort in urban planning and architecture under consideration of global climate change. In: **UNIKASSEL UNIVERSITAT**. Feb 20th and 21st. Kassel. Germany. 2008. 448p.

KLEEREKOPER, L.; VAN ESCH, M.; SALCEDO, T. B. How to make a city climate-proof, addressing the urban heat island effect. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 64, p. 30–38, 2012.

KLYSIK, K. e FORTUNIAK, K. Temporal and spatial characteristics of the urban heat island of Lodz, Poland. **Atmospheric Environment**. v. 33, p. 3885-3895, 1999.

KOLOKOTRONI, M.; GIRIDHARAN, R. Urban heat island intensity in London: An investigation of the impact of physical characteristics on changes in outdoor air temperature during summer. **Solar Energy**. v. 82, p. 986-998, 2008.

KOTHARKAR, R., BAGADE, A., Local Climate Zone classification for Indian cities: A case study of Nagpur, **Urban Climate**. Em impressão, 2017.

LECONTE, F.; BOUYER, J.; CLAVERIE, R.; PÉTRISSANS, M. Using Local Climate Zone scheme for UHI assessment: Evaluation of the method using mobile measurements. **Building and Environment**. v. 83, p. 39-49, 2015.

LEHNERT, M.; GELETIC, J.; HUSÁK, J.; VYSOUDIL, M. Urban field classification by “local climate zones” in a medium-sized Central European city: the case of Olomouc (Czech Republic). **Theoretical and Applied Climatology**. v. 122, n. 3-4, p. 531-541, 2015.

LI, X. X., KOH, T. Y., ENTEKHABI, D., ROTH, M., PANDA, J., NORFORD, L.,. A multi-resolution ensemble study of a tropical urban environment and its interactions with the background regional atmosphere. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**. v. 118, n. 17, 2013.

LIMA, A. G.; MOTA, M. A. S. Comparação entre a temperatura da área urbana e da área rural do Município de Vigia-PA. In: IV Simpósio Internacional de Climatologia, 2011, João Pessoa - PB. **Anais do IV Simpósio Internacional de Climatologia**, 2011.

LIN L.; YAOYU, L.; WANG, D.; LIU, J. An improved temporal correction method for mobile measurement of outdoor thermal climates. **Theoretical and Applied Climatology** v. 129, n. 1-2, p. 201-212, 2017.

LINDÉN, J, Nocturnal Cool Island in the Sahelian city of Ouagadougou, Burkina Faso. **International Journal of Climatology**. v. 31, n. 4, 2010.

MAGALHÃES, L. M. S. Arborização e florestas urbanas - Terminologia adotada para a cobertura arbórea das cidades brasileiras. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, Série Técnica, p. 23-26, 2006.

MANLEY, G.; On the frequency of snowfall in metropolitan England, *Quart. Journal Royal Meteorological Society*, v. 84,.p.70–72, 1958.

MASASHI, M.; MINAKO, N.; MASAKI N.; MASATOSHI, N. Study on temperature distribution of an urbanized area using a vehicle with mobile measurement system. **Journal of Environmental Engineering**. v. 74, p. 1179–1185, 2009.

MELO, J. D.; BARBIRATO, G. M.; **Informações para o planejamento a partir da caracterização climática urbana: Estudo em Maceió-AL**. In: XI ENCAC ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENET CONSTRUÍDO E VII

ELACAC ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. Búzios. RJ. 2011. 10p.

MENDONÇA, F.; DUBREUIL, V. Termografia de superfície e temperatura do ar na RMC (Região Metropolitana de Curitiba-PR). **Revista RA'E GA – O espaço geográfico em análise**, n. 9, p. 25-35, 2005.

MENDONÇA, F., MONTEIRO, C. A. F. **Clima Urbano**. Ed. Contexto. São Paulo. 2003. 192p.

MEMON, R. A.; LEUNG, D. Y. C.; CHUNHO, L. A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island. **Journal of Environmental Sciences**, Beijing, v. 20, p. 120–128, 2008.

MIDDEL A, HÄB, K.; BRAZEL, A.J., MARTIN, C.A.; GUHATHAKURTA, S. Impact of urban form and design on mid-afternoon microclimate in Phoenix Local Climate Zones, **Landscape and Urban Planning**. v.122, p.16–28, 2014.

MILLWARD-HOPKINS, J. T., TOMLIN, A. S., MA, L., INGHAM, D., POURKASHANIAN, M. Estimating Aerodynamic Parameters of Urban-Like Surfaces with Heterogeneous Building Heights. **Boundary-Layer Meteorology**. v. 141, p. 443-465, 2011.

MINAKO N.; YASUAKI, K.; MASAKI, N; MASATOSHI, N. Experimental study of heat island phenomenon by mobile measurement system: horizontal air temperature distribution at night in Osaka Plain. **Journal of Heat Island Institute** v. 1, p. 23–29, 2006 (em japonês).

MINELLA, F. C. O.; HONJO, S.; KRUGER, E. L. Estratégias de melhoria do ambiente térmico diurno em situação de verão de uma fração urbana da cidade de São Paulo. **Ambiente Construído**, v.12, n. 4, p. 139-158, 2012.

MONTEIRO, C.A.F. Teoria e clima urbano: um projeto e seus caminhos. In: MENDONÇA, F.; MONTEIRO, C.A.F. (Orgs.) **Clima urbano**. São Paulo: Contexto, 2003.

MONTEIRO, V. S.; PEZZUTO, C. C. **Classificação das zonas climáticas locais através de medidas móveis. Estudo de caso – Campinas/SP.** In: I Simpósio Nacional de Gestão e Engenharia Urbana – 2017a, São Carlos.

NAISHI, L.; ZUGANG, Z., LIU, Z. An Analytical Study on the Urban Boundary Layer. **Advances in Atmospheric Sciences**, Beijing, v. 15, n. 2, p. 258-266, 1998.

NAKATA-OSAKI, C. M.; SOUZA, L. C. L. de; RODRIGUES, D. S. Impacto da geometria do cânion urbano na intensidade de ilha de calor noturna: análise através de um modelo simplificado adaptado a um SIG. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 16, n. 3, p. 73-87, jul./set. 2016.

NASA. **Global Temperature.** NASA's Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology.. Disponível em: <https://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/>. Acesso em: 12/10/2017.

OH, S. N.; KIM, Y. H.; HYUN, M. S. Impact of urbanization on climate change in Korea, 1973e2002. **Journal of the Korean Meteorological Society**. v. 40, n. 6, 2004.

OKE, T. R. **Boundary Layer Climates.** 2. ed. London: Matheun, 1987.

OKE, T. R. Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: Comparison of scale model and field observations. **Journal of Climatology**, v. 1, n. 3, p. 237–254, 1981.

OKE, T. R. Initial Guidance To Obtain Representative Meteorological Observations At Urban Sites. In.: **Instruments and Observing Methods Report** n°. 81. WMO, 2006.

OKE, T. R. Street design and urban canopy layer climate. **Energy and Buildings**, v. 11, n. 1-3, p. 103–113, 1988.

OKE, T. R. The energetic basis of the urban heat island. **Quarterly journal of the royal meteorological society**, v. 108, n. 455, pp. 1–24, 1982.

OKE, T. R. Thermal remote sensing of urban climates. **Remote sensing of environment**, New York, v. 86, n. 3, p. 371–384, 2003.

OKE, T. R. Urban climates and global change. In: Perry A, Thompson R (eds) **Applied climatology: principles and practices**. Routledge, London, p. 273–287, 1997.

OKE, T. R.; MAXWELL, G. B.; Urban heat island dynamics in Montreal and Vancouver. **Atmospheric Environment**. v. 9, p. 191-200, 1975.

OSCAR JUNIOR, A. C. S. **Noções teóricas complementares à questão climática atual: discutindo hierarquia, escala e variabilidade**. *GEOgrafias*. Departamento de Geografia e do Programa de Pós-Graduação em Geografia - IGC/UFMG. Belo Horizonte. MG. 2012. 107-121p.

PERERA, N. G. R.; EMMANUEL, R. A “Local Climate Zone” based approach to urban planning in Colombo, Sri Lanka, **Urban Climate**. v. 23, p. 188-203, 2016.

PEZZUTO, C. Cs. **Avaliação do ambiente térmico nos espaços urbanos abertos: Estudo de caso em Campinas**, SP. Tese (Doutorado) – Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Campinas, Campinas, 2007.

PEZZUTO, C. C.; ALCHAPAR, N. L.; LABAKI, L. C.; CANTALOUBE, E. N. C.. Efeito da vegetação na variação da temperatura urbana em diferentes climas: estudo de caso na cidade de Campinas e Mendonza. In: XIII Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído XIX Encontro Latinoamericano de Conforto no Ambiente Construído, 2015, Campinas, SP. **XIII Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído XIX Encontro Latinoamericano de Conforto no Ambiente Construído**, 2015.

PEZZUTO, C. C.; DA SILVA, J. M. P. Métodos de Análise do Recorte Territorial por Meio da Zona Climática Local e Unidade de Paisagem: Estudo de Caso no Município de Campinas. In: XII Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 2013. XII Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 2013.

POPULATION REFERENCE BUREAU. **Population Bulletin**. A publication of the population reference bureau. v. 62, n. 3, 2007.

PULIAFITO, S., BOCHACA, F., ALLENDE, D., FERNANDEZ, R. Green areas and microscale thermal comfort in arid environments: A case study in Mendoza, Argentina. **Atmospheric and Climate Sciences**. v. 3, p. 372–384, 2013.

RADHI, H., ASSEM, E., SHARPLES, S. On the colours and properties of building surface materials to mitigate urban heat islands in highly productive solar regions. **Building and Environment**. v 72, p. 162-172, 2014.

RATTI, C. F., RICHENS, P. Urban Texture Analysis with Image Processing Techniques. In: CAADFUTURES 99, Atlanta, 1999. **Proceedings**. Atlanta: GE, 1999.

RIZWAN, A. M., DENNIS, Y.C; LIU, C. A review on the generation. determination and mitigation of Urban Heat Island. **Journal of Environmental Sciences**, Tokyo, v. 20, n. 1, p. 120–128, 2008.

ROSENFELD, A., AKBARI, H., ROMM, J.; POMERANTZ, M. Cool communities: strategies for heat island mitigation and smog reduction. **Energy and Buildings**. v. 28, p. 51–62, 1998.

SANTAMOURIS, M., SYNNEFA, A., KARLESSI, T. Using advanced cool materials in the urban built environment to mitigate heat islands and improve thermal comfort conditions. **Solar Energy**, v. 85, n. 12, p. 3085-3102, 2012.

SANTAMOURIS, M. **Energy and Climate in the Urban Built Environment**. James & James. UK. ISBN 1873936907. 2001.

SCHMIDT, W. Die Verteilung der Minimumtemperaturen in der Frostnacht des 12.05.1927 im Gemeindegebiet von Wien. **Fortschritte der Landwirtschaft**, v. 2, p. 21, 1927.

SCHWARZ, N., SCHLINK, U., FRANCK, U., GROSSMANN, K. Relationship of land surface and air temperatures and its implications for quantifying urban heat

island indicators—an application for the city of Leipzig (Germany). **Ecological Indicators**, v.18, p. 693-704, 2012.

SEPLAMA. Prefeitura Municipal de Campinas. Plano Diretor 2006 – Mapas. Disponível em: <<http://www.campinas.sp.gov.br/governo/seplama/publicacoes/planodiretor2006/pd2006mapas.php>>. Acesso em: 23/05/2017.

SOLECKIA, W. C.; ROSENZWEIG, C.; PARSHALL, L.; POPEC, G.; CLARK, M.; COXA, J.; WIENCKED, M. Mitigation of the heat island effect in urban New Jersey. **Environmental Hazards**, Oxford, v. 6, p. 39-49, 2005.

SOUZA, L. C.; TENENTE, C. M.; GIUNTA, M. B.; NAKATA, C. M. Fator de visão do céu e intensidade de ilhas de calor na escala do pedestre. **Ambiente Construído**, v. 10, n. 4, p. 155-167, 2010.

SOUZA, L. C. L.; RODRIGUES, D. S.; MENDES, J. F. G. Expandindo um SIG-D para aplicação em conforto ambiental em nível urbano. In: **VII Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído e III Conferência Latino-Americana sobre Conforto e Desempenho Energético de Edificações**, 2003, Curitiba. Anais. Curitiba: ANTAC, 2003. p. 669-676.

STEWART I.D. A systematic review and scientific critique of methodology in modern urban heat island literature. **International Journal of Climatology**, v. 31, p. 200–217, 2011.

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.D., OKE, T.R. Classifying urban climate field sites by 'local climate zones'. The case of Nagano Japan. **The seventh international conference on Urban climate**, 29 June – 3 July 2009, Yokohama, Japan, 2009.

SUN, C. Y.; BRAZEL, A. J.; CHOW, W. T. L.; HEDQUIST, B. C.; PRASHAD, L., Desert heat island study in winter by mobile transect and remote sensing

techniques, **Theoretical and Applied Climatology**, v. 98, n.3–4, p. 323–335, 2009.

SYNNEFA, A., SANTAMOURIS, M. A study of the thermal performance of reflective coatings for the urban environment. **Solar Energy**, v. 80, p. 968–981, 2006.

SYNNEFA, A., DANDOU, A., SANTAMOURIS, M., TOMBROU, M. On the use of cool materials as a heat island. Mitigation strategy. **Journal of Applied Meteorology and Climatology**, v. 47, n. 11, p. 2846-2856, 2008.

UNGER, J.; SUMEGHY, Z.; GULYÁS, Á.; BOTTYÁN, Z.; MUSCI, L. 'Land-use and meteorological aspects of the urban heat island'. **Meteorological Applications**. v. 8, p. 189-94, 2001.

VAN HOVE L. W. A.; JACOBS, C. M. J.; HEUSINKVELD, B. G; ELBERS, J. A.; VAN DRIEL B. L.; HOLTSLAG, A. A. M. Temporal and spatial variability of urban heat island and thermal comfort within the Rotterdam agglomeration. **Building and Environment**. v. 83, p. 91-103, 2015.

VOOGT., J. A. Urban Heat Island. In: Douglas I (ed) **Encyclopedia of global environmental change**. Wiley, Chichester, 2002. pp 660–666.

WMO. **Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation (6th Edition)**. Geneva, World Meteorological Organization, publicação WMO No. 8. 1996.

XIAN, G. & CRANE, M. An analysis of urban thermal characteristics and associated land cover in Tampa Bay and Las Vegas using LandSat Satellite data. **Remote Sensing of Environment**, v. 104, p. 147–156, 2006.

YANG, F., LAU, S.S.Y., QIAN, F., **Summertime heat island intensities in three highrise housing quarters in inner-city Shanghai China: building layout, density and greenery**, *Build. Environ.* 45 (2010) 115e134, <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.05.010>.

ZAKI, S. A. et al. Aerodynamic Parameters of Urban Building Arrays With Random Geometries. **Boundary-Layer Meteorology**, v. 138, n. 1, p. 99-120, 2011.