

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA AMBIENTAL**

**ANÁLISE DA VARIAÇÃO TERMO-HIGROMÉTRICA
E DAS ILHAS DE CALOR EM CUIABÁ – MT**

JULIANA QUEIROZ BORGES DE MAGALHÃES CHEGURY

**Prof.^a Dr.^a MARTA CRISTINA DE JESUS ALBUQUERQUE
NOGUEIRA**

**Cuiabá, MT
Abril de 2019**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA AMBIENTAL**

**ANÁLISE DA VARIAÇÃO TERMO-HIGROMÉTRICA
E DAS ILHAS DE CALOR EM CUIABÁ – MT**

JULIANA QUEIROZ BORGES DE MAGALHÃES CHEGURY

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso, como parte dos requisitos para obtenção de título de Doutora em Física Ambiental.

**Prof.^a Dr.^a MARTA CRISTINA DE JESUS ALBUQUERQUE
NOGUEIRA**

**Cuiabá, MT
Abril de 2019**

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

Q3a Queiroz Borges de Magalhães Chegury, Juliana.
ANÁLISE DA VARIAÇÃO TERMO-HIGROMÉTRICA E DAS ILHAS DE
CALOR EM CUIABÁ - MT / Juliana Queiroz Borges de Magalhães Chegury. --
2019
134 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientadora: Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física,
Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Cuiabá, 2019.
Inclui bibliografia.

1. Clima urbano. 2. Anomalias termo-higrométricas. 3. Urbanização. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental

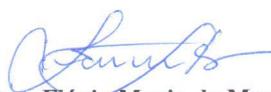
FOLHA DE APROVAÇÃO

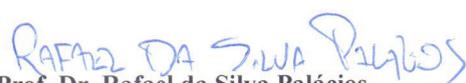
**TÍTULO: ANÁLISE DA VARIAÇÃO TERMO-HIGROMÉTRICA E DAS
ILHAS DE CALOR EM CUIABÁ - MT**

AUTORA: JULIANA QUEIROZ BORGES DE MAGALHÃES CHEGURY

Tese de Doutorado defendida e aprovada em 29 de abril de 2019, pela
comissão julgadora:


**Profa. Dra. Marta Cristina de Jesus
Albuquerque Nogueira - Orientadora**
Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia
UFMT


Profa. Dra. Flávia Maria de Moura Santos
Examinadora Interna
Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia
UFMT


Prof. Dr. Rafael da Silva Palácios
Examinador Interno
Programa Nacional de Pós-Doutorado/PNPD/CAPES


Profa. Dra. Elisa Pagliarini Cox
Examinadora Externa
Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia
UFMT


Profa. Dra. Dorcas Florentino de Araújo
Examinadora Externa
Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia - UFMT

DEDICATÓRIA

Às pessoas mais importantes da minha vida,
que sempre estiveram ao meu lado: meus
pais, Neusa Helena e Modesto, meu marido
Marco Robledo, meu filho Raphael e minha
segunda mãe, Helena.

AGRADECIMENTOS

- A Deus, por me guiar e tornar possível a realização desse grande sonho;
- A minha família, especialmente aos meus pais, Neusa Helena e Modesto, meus grandes exemplos, que sempre me apoiaram, incentivaram e acreditaram na minha capacidade;
- Ao meu marido Marco Robledo e meu filho Raphael, pelo amor, incentivo e por me acompanharem em todos os dias das coletas de dados;
- A Helena, minha segunda mãe, que esteve ao meu lado em todas as fases da minha vida, desde quando eu pouco sabia o que viria pela frente;
- A Prof.^a. Dr.^a Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira pela orientação e oportunidade de desenvolver esse trabalho;
- Ao Prof. Dr. José de Souza Nogueira pelo apoio e competência com a qual coordena o Programa de Pós-graduação em Física Ambiental;
- Aos Professores do Programa de Pós-graduação em Física Ambiental da UFMT, em especial ao Prof. Dr. Carlo Ralf de Muis e a Prof.^a. Dr.^a Flavia Maria de Moura Santos, pelos ensinamentos, incentivo e por estarem sempre disponíveis para ajudar;
- Ao Cesário e Soilce, pela amizade e trabalho realizado na secretaria deste curso de Pós-graduação;
- Aos colegas de Doutorado, em especial a Flávia, Marcos, Karyn, Wagner e Diana, pelo apoio, amizade, compreensão e valiosa ajuda;
- A Ana Clara, colega de doutorado e grande amiga, que esteve sempre ao meu lado até nos momentos em que minha saúde pediu socorro;
- À Congregação da Faculdade de Engenharia do Campus de Várzea Grande da UFMT, por aprovarem meu afastamento parcial das atividades docentes, posteriormente autorizado pela Secretaria de Gestão de Pessoas;
- Ao Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM) por disponibilizarem a licença para a utilização do *Software ArcGis*;
- A todos que de alguma forma, contribuíram para a realização dessa pesquisa, seja com uma ajuda efetiva ou palavras de apoio.

SUMÁRIO

| | |
|---|------|
| LISTA DE FIGURAS | v |
| LISTA DE TABELAS | ix |
| LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS | x |
| RESUMO | xii |
| ABSTRACT | xiii |
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1. PROBLEMÁTICA..... | 1 |
| 1.2. JUSTIFICATIVA..... | 2 |
| 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... | 4 |
| 2.1. URBANIZAÇÃO E MEIO AMBIENTE..... | 4 |
| 2.2. CLIMA URBANO..... | 8 |
| 2.2.1. Características urbanas e fatores climáticos que influenciam o clima . | 12 |
| 2.2.1.1. <i>Uso e Ocupação do solo</i> | 12 |
| 2.2.1.2. <i>Latitude e Altitude</i> | 14 |
| 2.2.1.3. <i>Radiação Solar</i> | 15 |
| 2.2.1.4. <i>Temperatura do Ar e Umidade Relativa do Ar</i> | 17 |
| 2.2.1.5. <i>Precipitação</i> | 19 |
| 2.2.1.6. <i>Ventos</i> | 20 |
| 2.2.2. O Clima Urbano de Cuiabá..... | 21 |
| 2.3. ANOMALIAS TERMO-HIGROMÉTRICAS | 24 |
| 2.3.1. Ilhas de Calor | 24 |
| 2.3.2. Ilhas de Frescor | 28 |
| 2.4. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DO CLIMA EM ÁREAS URBANAS..... | 29 |
| 2.4.1. Método do Transecto Móvel..... | 33 |
| 3. A CIDADE DE CUIABÁ..... | 37 |
| 3.1. ASPECTOS FÍSICOS..... | 37 |
| 3.2. EVOLUÇÃO URBANA | 38 |

| | |
|--|------------|
| 3.3. ÁREA DE ESTUDO | 42 |
| 4. MATERIAIS E MÉTODOS..... | 48 |
| 4.1. MEDIÇÃO DAS VARIÁVEIS MICROCLIMÁTICAS EM ESTAÇÃO FIXA..... | 48 |
| 4.2. MEDIÇÃO DE TEMPERATURA DO AR E UMIDADE REATIVA DO AR PELO MÉTODO DO TRANSECTO MÓVEL..... | 50 |
| 4.2.1. Características dos Pontos Fixos do Transecto Móvel..... | 53 |
| 4.3. ANÁLISE DOS PONTOS FIXOS DO TRANSECTO MÓVEL | 62 |
| 4.4. CARACTERIZAÇÃO TERMO-HIGROMÉTRICA DA ÁREA DE ESTUDO..... | 63 |
| 4.5. ANÁLISE DAS ILHAS DE CALOR URBANA E INTRAURBANA..... | 64 |
| 5. APRESENTAÇÃO E ANALISE DOS RESULTADOS..... | 65 |
| 5.1. CARACTERIZAÇÃO MICROCLIMÁTICA PARA O ANO DE 2017- 2018..... | 65 |
| 5.2. ANÁLISE DOS PONTOS FIXOS DE ACORDO COM A COBERTURA DO SOLO..... | 71 |
| 5.2.1. Mapas temáticos de acordo com a cobertura do solo | 71 |
| 5.3. ANÁLISE DA SIMILARIDADE DOS PONTOS FIXOS..... | 83 |
| 5.4. CARACTERIZAÇÃO TERMO-HIGROMÉTRICA DOS PONTOS FIXOS..... | 94 |
| 5.5. ANÁLISE DAS ILHAS DE CALOR URBANA E INTRAURBANA..... | 100 |
| 5.6. COMENTÁRIOS GERAIS..... | 105 |
| 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS | 107 |
| 6.1. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS..... | 108 |
| 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 110 |
| 7.1. REFERÊNCIAS CITADAS | 110 |
| 7.2. REFERÊNCIAS CONSULTADAS..... | 119 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| FIGURA 1 - População urbana e rural no mundo entre 1950 e 2050..... | 5 |
| FIGURA 2 - Escalas climáticas horizontais verificadas em áreas urbanas..... | 11 |
| FIGURA 3 - Interação da atmosfera e da superfície terrestre com a radiação solar. | 16 |
| FIGURA 4 - Corte esquemático de parte do mapa físico de Mato Grosso..... | 22 |
| FIGURA 5 – (a) Mapa isotérmico com características típicas da ilha de calor urbana. (b) Corte transversal da temperatura do ar durante o dia e a noite | 27 |
| FIGURA 6 - Formas de medição em logo do espaço e do tempo..... | 30 |
| FIGURA 7 - Posição do abrigo no veículo e equipamento..... | 35 |
| FIGURA 8 - Localização de Cuiabá no Brasil e no estado de Mato Grosso (a); Município de Cuiabá, delimitação da área urbana e municípios vizinhos (b) | 37 |
| FIGURA 9 - Regiões administrativas de Cuiabá | 38 |
| FIGURA 10 - Evolução da área urbana de Cuiabá | 41 |
| FIGURA 11 - Localização da área de estudo na área urbana de Cuiabá e representação das áreas verdes..... | 43 |
| FIGURA 12 - Região Norte (a) e Oeste (b)de Cuiabá - MT..... | 44 |
| FIGURA 13 - Zoneamento de Cuiabá, com delimitação da área de pesquisa | 46 |
| FIGURA 14 - Estação fixa do INMET | 48 |
| FIGURA 15 - Área de estudo com localização dos pontos fixos e sentido do trajeto | 51 |
| FIGURA 16 - Veículo com equipamento posicionado | 52 |
| FIGURA 17 - Datalogger Onset U12-013 (a) e GPS Garmin (b)..... | 52 |
| FIGURA 18 - Ponto 1/16 (P1/P16) - Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia do local | 54 |
| FIGURA 19 - Ponto 2 (P2) - Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia do local | 55 |
| FIGURA 20 - Ponto 3 (P3) - Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia do local | 55 |
| FIGURA 21 - Ponto 4 (P4) - Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia do local | 56 |

| | |
|--|----|
| FIGURA 22 - Ponto 5 (P5) - Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia do local | 57 |
| FIGURA 23 - Ponto 6 (P6) - Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia do local | 57 |
| FIGURA 24 - Ponto 7 (P7) - Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia do local | 58 |
| FIGURA 25 - Ponto 8 (P8) - Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia do local | 58 |
| FIGURA 26 - Ponto 9 (P9) - Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia do local | 59 |
| FIGURA 27 - Ponto 10 (P10) - Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia do local | 59 |
| FIGURA 28 - Ponto 11 (P11) - Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia do local | 60 |
| FIGURA 29 - Ponto 12 (P12) - Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia do local | 60 |
| FIGURA 30 - Ponto 13 (P13) - Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia do local | 61 |
| FIGURA 31 - Ponto 14 (P14) - Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia do local | 61 |
| FIGURA 32 - Ponto 15 (P15) - Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia do local | 62 |
| FIGURA 33 - Médias mensais das variáveis microclimáticas para o ano entre novembro de 2017 a outubro de 2018..... | 66 |
| FIGURA 34 - Médias mensais da temperatura do ar das normais climatológicas (1981-2010) e ano 2017-2018..... | 67 |
| FIGURA 35 - Médias mensais da umidade relativa do ar das normais climatológicas (1981-2010) e ano 2017-2018..... | 67 |
| FIGURA 36 - Médias mensais de precipitação para o ano 2017-2018..... | 68 |
| FIGURA 37 - Médias mensais de precipitação das normais climatológicas (1981-2010) e para o ano 2017-2018..... | 68 |
| FIGURA 38 - Mapa temático da cobertura do solo nos Pontos 1 e 16..... | 72 |

| | |
|---|----|
| FIGURA 39 - Mapa temático da cobertura do solo no Ponto 2..... | 72 |
| FIGURA 40 - Mapa temático da cobertura do solo no Ponto 3..... | 73 |
| FIGURA 41 - Mapa temático da cobertura do solo no Ponto 4..... | 74 |
| FIGURA 42 - Mapa temático da cobertura do solo no Ponto 5..... | 74 |
| FIGURA 43 - Mapa temático da cobertura do solo no Ponto 6..... | 75 |
| FIGURA 44 - Mapa temático da cobertura do solo no Ponto 7..... | 76 |
| FIGURA 45 - Mapa temático da cobertura do solo no Ponto 8..... | 76 |
| FIGURA 46 - Mapa temático da cobertura do solo no Ponto 9..... | 77 |
| FIGURA 47 - Mapa temático da cobertura do solo no Ponto 10..... | 78 |
| FIGURA 48 - Mapa temático da cobertura do solo no Ponto 11..... | 78 |
| FIGURA 49 - Mapa temático da cobertura do solo no Ponto 12..... | 79 |
| FIGURA 50 - Mapa temático da cobertura do solo no Ponto 13..... | 80 |
| FIGURA 51 - Mapa temático da cobertura do solo no Ponto 14..... | 80 |
| FIGURA 52 - Mapa temático da cobertura do solo no Ponto 15..... | 81 |
| FIGURA 53 - Dendograma do Período Quente-úmido | 83 |
| FIGURA 54 - Grupo 1: Pontos agrupados por similaridade no período quente-úmido | 84 |
| FIGURA 55 - Grupo 2: pontos agrupados por similaridade no período quente-úmido | 85 |
| FIGURA 56 - Grupo 3; pontos agrupados por similaridade no período quente-úmido | 86 |
| FIGURA 57 - Grupo 4: pontos agrupados por similaridade no período quente-úmido | 87 |
| FIGURA 58 - Dendograma do Período Quente-seco..... | 89 |
| FIGURA 59 - Grupo 1: pontos agrupados por similaridade no período quente-seco | 90 |
| FIGURA 60 - Grupo 2: pontos agrupados por similaridade no período quente-seco | 91 |
| FIGURA 61 - Grupo 1: ponto 1 no período quente-seco..... | 92 |
| FIGURA 62 - Grupo 4: Pontos agrupados por similaridade no período quente-seco | 93 |
| FIGURA 63 - Semivariograma e isoregiões da temperatura do ar (primavera-verão) | 95 |

| | |
|---|-----|
| FIGURA 64 - Semivariograma e isoregiões da umidade relativa do ar (primavera-verão)..... | 96 |
| FIGURA 65 - Semivariograma e isoregiões da temperatura do ar (outono-inverno)..... | 97 |
| FIGURA 66 - Semivariograma e isoregiões da umidade relativa do ar (outono-inverno)..... | 99 |
| FIGURA 67 - Magnitude da Ilha de Calor Urbana (ICU) e Intraurbana (ICIU) no período quente-úmido | 101 |
| FIGURA 68 - Magnitude da Ilha de Calor Urbana (ICU) e Intraurbana (ICIU) na Primavera e no Verão..... | 102 |
| FIGURA 69 - Magnitude da Ilha de Calor Urbana (ICU) e Intraurbana (ICIU) no período quente-seco | 103 |
| FIGURA 70 - Magnitude da Ilha de Calor Urbana (ICU) e Intraurbana (ICIU) no Outono e no Inverno..... | 104 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| TABELA 1 - Densidade demográfica dos bairros das regiões Norte e Oeste..... | 45 |
| TABELA 2 - Período de medição pelo método do transecto móvel..... | 50 |
| TABELA 3 - Dados de localização e altitude dos pontos fixos..... | 54 |
| TABELA 4 - Velocidade média do ar e direção do vento nos dias do Transecto..... | 70 |
| TABELA 5 - Porcentagem da classificação da cobertura do solo nos pontos fixos . | 82 |
| TABELA 6 - Intervalos de confiança da temperatura do ar e umidade relativa do ar no período quente-úmido | 88 |
| TABELA 7 - Intervalos de confiança da temperatura do ar e umidade relativa do ar no período quente-seco | 93 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|----------------------|--|
| A ₀ - | Alcance |
| C ₀ - | Efeito Pepita |
| C ₀ + C - | Patamar |
| CPTEC - | Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos |
| CPA - | Centro Político Administrativo |
| EIV - | Estudo de impacto de vizinhança |
| FIEMT - | Federação das Indústrias do Estado de Mato Grosso |
| GMT - | Tempo médio de Greenwich (<i>Greenwich Mean Time</i>) |
| IBAMA - | Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis |
| IBGE - | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| ICU - | Ilha de calor urbana |
| ICIU - | Ilha de calor intraurbana |
| INMET - | Instituto Nacional de Meteorologia |
| INPE - | Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais |
| IPCC - | Intergovernmental Panel on Climate Change |
| OMM - | Organização Meteorológica Mundial |
| OMS - | Organização Mundial da Saúde |
| ONU - | Organização das Nações Unidas |
| R ² - | Coefficiente de determinação |
| RIV - | Relatório de impacto de vizinhança |
| RSS - | Soma do quadrado dos resíduos |
| SEFAZ - | Secretaria de Estado de Fazenda de Mato Grosso |
| SMDU - | Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano |
| SUP - | Superficial |
| T _a - | Temperatura do ar |
| T ₀ - | Temperatura de superfície |
| UBL - | Camada Limite Urbana (<i>Urban Boundary Layer</i>) |
| UCL - | Camada Intra-Urbana (<i>Urban Canopy Layer</i>) |

| | |
|----------|---|
| UHI - | Ilha de calor urbana (<i>Urban Heat Island</i>) |
| UTC - | Tempo Universal Coordenado |
| UTM - | Universal Transversa de Mercator |
| UNIPAM - | Centro Universitário de Patos de Minas |
| VLT - | Veículo Leve sobre Trilhos |
| ZEIS - | Zona Especial de Interesse Social |
| ZERE - | Zona Especial de Regularização |
| ZEX - | Zona de Expansão Urbana |
| ZIA - | Zona de Interesse Ambiental |
| ZM - | Zona Mista |

RESUMO

CHEGURY, J. Q. B. M. **Análise da variação termo-higrométrica e das ilhas de calor em Cuiabá-MT.** Cuiabá, 2019, 134f. Tese (Doutorado em Física Ambiental) - Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso.

A contínua expansão urbana verificada nas últimas décadas, ressalta a importância da realização de estudos inerentes ao clima urbano, principalmente em cidades de clima quente, como o caso de Cuiabá-MT. Desta forma, a presente pesquisa tem como objetivo geral analisar a variação termo-higrométrica e das ilhas de calor urbanas em Cuiabá-MT. Para tanto, foi utilizada a metodologia de transectos móveis noturnos no período de um ano, de novembro de 2017 a outubro de 2018. Foram utilizados dados oficiais da estação automática oficial do INMET e os coletados através das medições móveis, realizadas por meio de um sensor tipo datalogger de temperatura do ar e umidade relativa do ar, posicionado na lateral de um veículo automotor, protegido por abrigo alternativo de PVC. Foram definidos dezesseis pontos fixos, passando por bairros das regiões oeste e norte de Cuiabá. Verificou-se que a forma de ocupação do solo urbano, associada a remoção da cobertura vegetal são fatores determinantes na modificação do comportamento termo-higrométrico na área de estudo. Quanto as ilhas de calor e frescor, observou-se a predominância da ocorrência de ilhas de calor urbanas e intraurbanas de magnitude fraca e moderada, com diferenças de $0,10^{\circ}\text{C}$ (ICIU) a $3,65^{\circ}\text{C}$ (ICU), na primavera, outono e inverno. Fortes magnitudes foram verificadas no outono e inverno variando de $4,2^{\circ}\text{C}$ (ICU) a $4,85^{\circ}\text{C}$ (ICIU). Ilhas de frescor foram identificadas no verão e com maior intensidade, no inverno ($-0,53^{\circ}\text{C}$). Sendo assim, com os resultados da presente pesquisa, as variações microclimáticas existentes na cidade de Cuiabá e, principalmente, nas áreas de expansão poderão ser consideradas tanto no incentivo da realização de novas pesquisas quanto para orientação de planejadores e gestores públicos nas intervenções urbanas.

Palavras-chaves: Clima urbano, anomalias termo-higrométricas, urbanização.

ABSTRACT

CHEGURY, J. Q. B. M. **Analysis of the thermo-hygrometric variation and the urban heat islands in Cuiabá - MT.** Cuiabá, 2019, 134f. Thesis (Doctorate in Environmental Physics); Institute of Physics, Federal University of Mato Grosso.

The continuous urban expansion in the last decades emphasizes the importance of carrying out studies inherent to the urban climate, especially in cities with a hot climate, such as Cuiabá-MT. In this way, the present research has as general objective to analyze the thermo-hygrometric variation and the urban heat islands in Cuiabá-MT. For that, the methodology of nocturnal mobile transects was used in a period of one year, from November 2017 to October 2018. Data from the INMET official automatic station and those collected through mobile measurements, using a temperature and relative humidity datalogger, positioned on the side of a motor vehicle, protected by an alternative PVC jacket. Sixteen fixed points were defined, passing through neighborhoods of the western and northern regions of Cuiabá. It was verified that the form of occupation of the urban soil, associated with the removal of the vegetation cover are determining factors in the modification of the thermo-hygrometric behavior in the study area. As for the urban heat islands and freshness islands, there was a predominance of the occurrence of weak and moderate magnitude urban and intra-urban heat islands, with differences of 0.10°C (IUHI) at 3.65°C (UHI), in the spring, autumn and winter. Strong magnitudes were observed in autumn and winter ranging from 4.2°C (UHI) to 4.85°C (IUHI). Freshness islands were identified in summer and with higher intensity in winter (-0.53°C). Urban Freshness islands were identified in summer and with higher intensity in winter (-0.53°C). Therefore, with the results of this research, the microclimatic variations existing in the city of Cuiabá and, especially, in the expansion areas, can be considered both in the incentive of new research and in the guidance of public planners and managers in urban interventions.

Keywords: Urban climate, thermo-hygrometric anomalies, urbanization.

1. INTRODUÇÃO

1.1. PROBLEMÁTICA

A contínua e indisciplinada expansão urbana verificada nas últimas décadas especialmente nos países em desenvolvimento é um problema de ordem global, uma vez que a ausência de padrões de planejamento provoca a degradação do ambiente e a modificação das condições climáticas no espaço urbano, que em conjunto impactam negativamente a qualidade de vida da população.

O aumento da população residente em áreas urbanas vem se configurando ao longo dos anos como algo inevitável. A busca por oportunidades de emprego, o acesso a serviços básicos, como educação, saúde e melhores condições de moradia impulsionam a vinda dos poucos habitantes restantes nas áreas rurais para as cidades e também de habitantes de cidades menores para maiores. O que pode ser destacado é que a população não está distribuída de forma igualitária no interior dos municípios, ou seja, embora os municípios possuam uma área territorial considerável, a maior parte de sua população, está adensada nas áreas urbanas.

Em nível mundial, sabe-se que grande parte da população está localizada nas cidades. Nos países em desenvolvimento, esse aumento populacional é ainda mais perceptível, especialmente quando questões acerca da falta de infraestrutura adequada nas áreas urbanas e os impactos ambientais, são considerados.

Além de modificar a paisagem natural, a expansão das áreas urbanizadas, provoca alterações no ambiente urbano, com relação uso e ocupação do solo, ao clima local, a qualidade do ar e da água. Esse conjunto de fatores associados ao aumento da produção de calor pela circulação de veículos e a emissão de poluentes provenientes das atividades humanas contribuem para que seja formado nas cidades um clima com características peculiares, com valores de temperatura do ar e umidade relativa do ar diferentes das áreas rurais, demonstrando que o clima nas cidades sofre influência do conjunto complexo da área urbana.

Com o desenvolvimento desordenado das cidades brasileiras, o solo urbano passa por alterações significativas e muitas vezes irreversíveis. O acréscimo da impermeabilização do solo, seja com asfalto ou concreto, a redução de áreas verdes, a

ocupação de várzeas, ocorrência de inundações, alterações no albedo de superfície e na geometria das cidades são fatores que impactam negativamente o ambiente e a saúde humana, modificando os elementos climáticos que compõem a atmosfera local e favorecendo a formação de anomalias termo-higrométricas nas áreas urbanas, como as ilhas de calor.

As cidades brasileiras possuem configurações distintas, principalmente com relação às suas características climáticas. Embora as questões e especificidades acerca do clima urbano não sejam sempre consideradas nas ações de planejamento urbano, percebe-se que a interdisciplinaridade dessa área de conhecimento não pode ser ignorada para que estudos, ações e intervenções possam ser implementadas para melhorar as condições de vida nas cidades.

1.2. JUSTIFICATIVA

A cidade de Cuiabá, objeto de estudo da presente pesquisa, é conhecida como uma das capitais mais quentes do Brasil, fato atribuído às características geomorfológicas da região, pouca ventilação, baixa altitude e períodos sazonais bem definidos. Nos últimos anos, a cidade teve um aumento populacional considerável, o perímetro urbano expandiu e as características de grande centro urbano se solidificaram, com aumento das edificações verticais, largas avenidas e novos loteamentos.

As alterações no uso do solo urbano e as emissões de calor antropogênico têm sido apontadas como um dos motivos mais significativos para o aquecimento das cidades, representado pela formação das ilhas de calor. Além de estar relacionada com a piora das condições de conforto térmico humano, o significativo consumo de energia para o resfriamento das edificações, que é intensificado em cidades de clima quente, como o caso de Cuiabá - Brasil, acabam desencadeando nos habitantes da capital mato-grossense sérios problemas de saúde.

Diversas técnicas de mitigação foram recomendadas para amenizar o desconforto causado pelas alterações no clima verificado nas áreas urbanas. As mais difundidas e eficazes incluem o uso de materiais reflexivos em edifícios e estruturas, a utilização de materiais com tecnologia avançada, a incorporação de resfriamento

terrestre e evaporativo, o aumento da vegetação sob a forma de telhados verdes e parques urbanos e outras áreas arborizadas.

Entretanto, para que essas técnicas sustentáveis sejam implementadas de modo adequado e coerente, faz-se necessários estudos que viabilizem as suas aplicações, com a finalidade de recuperar os espaços que foram deteriorados e/ou de melhorar o desenho urbano dos que ainda serão construídos, ou se encontram em fase de expansão, tornando assim, a vida nas cidades mais agradável.

Logo, esses estudos devem ser voltados para a investigação do clima urbano de uma região, uma vez que o mesmo é resultante das modificações do meio físico, causadas pelo processo de urbanização em interação com as variáveis ambientais, como a temperatura do ar e a umidade relativa do ar.

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo geral analisar a variação termo-higrométrica e das ilhas de calor em Cuiabá-MT.

Para alcançar tal objetivo, estabeleceu-se objetivos específicos, tais como: caracterização microclimática no período de um ano, entre novembro de 2017 a outubro de 2018; análise dos pontos fixos com relação à cobertura do solo e quanto à similaridade; caracterização termo-higrométrica dos pontos fixos pelo método do transecto móvel; verificar a influência das ilhas de calor e frescor na variação termo-higrométrica através de análise geoestatística; verificar a intensidade da ilha de calor urbana e intraurbana.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. URBANIZAÇÃO E MEIO AMBIENTE

O crescimento desordenado das áreas urbanas verificado nas últimas décadas em nível mundial tem sido apontado como uma das questões socioambientais mais críticas verificadas nas cidades. A degradação do meio ambiente e a modificação das condições climáticas no espaço urbano impactam significativamente a qualidade de vida da população.

Além de modificar a paisagem natural, a expansão das áreas urbanizadas, provoca alterações no ambiente urbano, com relação ao uso e ocupação do solo, ao clima, a qualidade do ar e da água. Além disso, as emissões de poluentes e de calor provenientes das atividades humanas modificam as propriedades térmicas da atmosfera urbana (OKE et al., 2017).

Segundo dados das Nações Unidas (2015), grande parte da população mundial está localizada em áreas urbanizadas. Nos últimos 200 anos, a população aumentou consideravelmente, passando de um bilhão no ano de 1800 para mais de sete bilhões em 2015 e durante esse mesmo período, a quantidade de habitantes das áreas urbanas aumentou de 3% para mais de 50%. Acredita-se que até 2050, a ocupação dos continentes seja quase triplicada com relação às áreas urbanas e a população mundial estará cada vez mais exposta às mudanças climáticas intensificadas por ações antropogênicas nas áreas urbanizadas (IPCC, 2014; NAÇÕES UNIDAS, 2015; CHAPMAN et al., 2017). A Figura 1 apresenta a população urbana e rural no mundo entre 1950 e 2050.

Oke et al. (2017), relatam que o crescimento das cidades se refere aos processos socioeconômicos que levam à concentração de pessoas em áreas urbanas, onde o trabalho está associado às indústrias e outros serviços, e não às atividades como as relacionadas à agricultura e à pesca. A transição urbana está ligada historicamente ao desenvolvimento econômico da região e à busca de melhores condições de vida por parte dos habitantes.

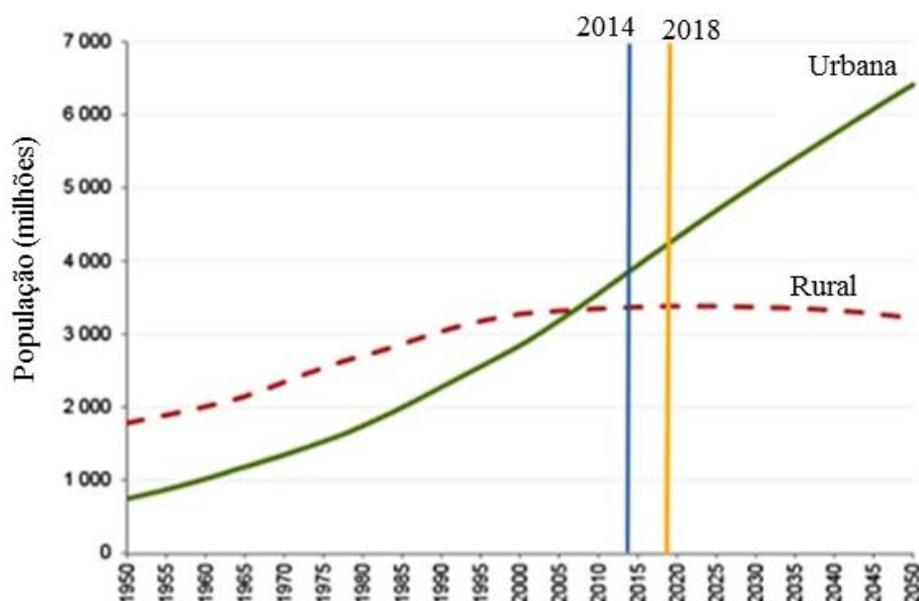


FIGURA 1 - População urbana e rural no mundo entre 1950 e 2050

FONTE: Adaptado de Nações Unidas, 2015

No Brasil, a grande migração dos habitantes de áreas rurais para áreas urbanas, conhecida como êxodo rural, trouxe uma série de problemas relacionados à infraestrutura existente nas cidades, que não estavam preparadas para receber um contingente populacional tão alto. Com isso, áreas periféricas foram ocupadas a medida que as áreas mais centrais se saturavam e, conseqüentemente, problemas relacionados à habitação, segurança, saneamento básico e ao transporte ficaram cada vez mais evidentes.

A ausência de um planejamento eficaz e o crescimento urbano desordenado compromete o desenvolvimento sustentável quando a infraestrutura necessária é ineficiente ou quando as políticas não priorizam ações para proteger o meio ambiente e garantir que as vantagens da vida na cidade sejam compartilhadas de forma igualitária. No que se referem às questões climatológicas, as diferenças entre dados climáticos do ambiente urbano comparado com o rural, demonstram que o clima nas cidades sofre influência do conjunto complexo da estrutura urbana (NAÇÕES UNIDAS, 2015).

Para Oke et al. (2017), existem dois conjuntos de características urbanas que modificam a atmosfera, relacionadas a mudanças nas propriedades da superfície e devidas a emissões antropogênicas: os que estão associados a forma urbana e a função urbana.

Com relação à forma urbana, as dimensões de uma cidade, como área, diâmetro, forma (circular, radial, linear ou celular), seu horizonte e regiões centrais, densamente urbanizadas, podem desempenhar um papel na forma espacial de climas urbanos. Oke et al. (2017) explicam que a rugosidade (materiais naturais e de construção que formam elementos urbanos), cobertura de superfície (edificações, pavimentação, vegetação, solo nu, água) e estrutura urbana (dimensões dos edifícios e os espaços entre eles, larguras de ruas e espaçamento entre ruas) afetam a atmosfera de qualquer área urbana.

No que se referem à função urbana, os “ciclos metabólicos” ocorrem em diferentes escalas de tempo. Como exemplo, o ritmo do dia de trabalho, determina a complexidade do tráfego, modula o uso da água, a necessidade de aquecimento e resfriamento de espaços, atividade industrial e outros. Nos fins de semana e nas mudanças sazonais das atividades humanas criam flutuações na produção antropogênica que devem ser adicionadas às do ciclo solar natural. As emissões antropogênicas incluem a liberação de vapor de água, calor e líquidos, gases ou materiais particulados, que podem ser considerados resíduos do chamado “metabolismo urbano” (OKE et al., 2017).

Os impactos da urbanização não podem ser desconsiderados, uma vez que reduzem o espaço verde, aumentam as superfícies impermeáveis, alteram o albedo e a geometria das áreas urbanas em relação às superfícies rurais. As diferenças de temperatura do ar e umidade relativa do ar entre os bairros numa mesma cidade, ocorrência de inundações, remoção da cobertura vegetal, poluição atmosférica, entre outros, compõem como um dos impactos decorrentes das modificações realizadas nas cidades ao longo do tempo (JARDIM e SILVA, 2016).

Superfícies urbanas consistem em áreas pavimentadas com asfalto e concreto, edifícios que têm menor albedo e maior capacidade de absorção, diferentemente das áreas rurais. Estas propriedades modificam a energia da superfície urbana e o balanço hídrico, diferente das superfícies naturais (GARUMA et al., 2018).

Para Baklanov et al. (2018), a Nova Agenda Urbana da ONU, adotada pela 3ª Conferência da ONU sobre Habitação e Desenvolvimento Urbano Sustentável realizada em outubro de 2016, considera a recuperação urbana, a sustentabilidade

climática e ambiental e a gestão de risco de desastres como questões primordiais para o desenvolvimento urbano sustentável nos próximos 20 anos.

No entanto, essas questões estão longe de serem efetivamente colocadas em prática nas políticas de desenvolvimento urbano. Para Khalil (2018), a maioria das cidades nos países em desenvolvimento cresce através da expansão urbana informal. Essa forma de expansão é desprovida de infraestrutura e se torna vulnerável tendo em vista que a informalidade tende a concentrar-se em áreas de maior fragilidade ambiental desprezadas pelo mercado imobiliário formal (FREITAS, 2017).

Além disso, a forma de urbanização difere-se bastante com relação aos aspectos culturais, sociais e econômicos de cada região e país. No Brasil, especificamente, as ações inerentes à urbanização consideravam que o ambiente físico natural deveria adequar-se as atividades humanas e que os recursos naturais poderiam ser utilizados de forma ilimitada, desde fossem atendidas as necessidades básicas dos moradores das cidades, como habitação, trabalho, circulação e lazer (MOTA, 1999).

No ponto de vista dos estudos climáticos, as cidades brasileiras possuem configurações distintas e complexas. As atividades urbanas trazem impactos ao meio ambiente e a saúde humana, modificando os elementos climáticos que compõem a atmosfera local e favorecendo a formação de anomalias termo-higrométricas nas áreas urbanas, como as ilhas de calor e ilhas de frescor.

Freitas et al. (2013) ressaltam que a ocupação urbana de maior densidade tende a possuir as maiores médias de temperatura do ar, enquanto que padrões de ocupação com menores taxas tendem a possuir as médias menores.

As áreas urbanizadas têm características específicas que são importantes e devem ser considerados para garantir seus equilíbrios energéticos e hídricos: variedade de rugosidade superficial e grande capacidade de armazenar calor (FUNARI; TARIFA, 2017).

Assim, percebe-se que os impactos combinados da urbanização, das alterações climáticas e da ausência de um planejamento integrado por parte dos governos municipais, além de trazer danos irreversíveis ao meio ambiente, terão grandes impactos nas temperaturas das cidades no futuro. Podem trazer como consequência, o agravamento do estresse térmico existente, particularmente em países de baixa renda

com pouca capacidade de adaptação ao aumento das temperaturas (ALTHOR et al., 2016; CHAPMAN et al., 2017).

2.2. CLIMA URBANO

O clima urbano é o clima das áreas urbanas, influenciado pela forma de urbanização, crescimento desordenado e degradação ambiental. As condições climáticas nesses locais derivam da substituição da paisagem natural por um ambiente construído, onde se realizam as atividades da população.

De acordo com Mills (2014) a preocupação com o clima urbano, decorre desde o século XVII. Os primeiros estudos científicos inerentes ao clima urbano foram realizados no início da era industrial, por Luke Howard, um climatologista que analisou contrastes meteorológicos de Londres, entre a cidade e áreas adjacentes, resultando no trabalho intitulado “*The climate of London*”, publicado em três versões em 1833. Os estudos se multiplicaram nas cidades da Europa ocidental e depois na América do Norte. Na Suécia, pesquisas vêm sendo realizadas desde a década de 70 e na África do Sul, três décadas de estudos sobre clima urbano. Nos países de clima tropicais e subtropicais, somente na década de 70 surgiram os primeiros trabalhos, entre os quais se destaca o realizado por Monteiro e Tarifa no Brasil para cidade de Marabá-PA (DUARTE, 2015).

Oke et al. (2017), reuniram em sua publicação mais recente muitas pesquisas inerentes ao clima urbano geradas ao longo de muitas décadas. Ressaltaram que o estudo científico do clima urbano teve início no século XIX e seu desenvolvimento pode ser dividido em quatro períodos:

“Antes de 1930, a área de pesquisa foi caracterizada por estudos pioneiros do clima de cidades selecionadas e elementos climáticos; de 1930 a 1965, a pesquisa urbana foi influenciada pelo crescimento da climatologia micro e local, que forneceu maior percepção sobre a diferenciação climática e novas técnicas de campo; de 1965 até 2000, experimentou um aumento considerável no interesse para pesquisas, incluindo laços mais estreitos com a meteorologia e o surgimento de modelos baseados na física da atmosfera urbana; no início do século XXI, a climatologia urbana e a meteorologia amadureceram em uma ciência preditiva” (OKE et al. 2017, p.454, tradução nossa).

Muitas definições de clima urbano podem ser verificadas na literatura vigente, desde os primeiros estudos dos quais se tem conhecimento, até os mais recentes. Independente das definições existentes, o campo disciplinar do clima urbano se solidifica como objeto de estudo de pesquisas interdisciplinares, realizadas em diversos países. Duarte (2015) em sua tese de livre docência ressalta a interdisciplinaridade do clima urbano quando menciona as áreas de conhecimento distintas que contribuem com essa linha de pesquisa. Entre as áreas de conhecimento, a autora destaca:

(1) Meteorologia, que contribui com o entendimento dos fenômenos de interação do solo, vegetação, ambiente construído, atmosfera e com o aumento da resolução espacial dos modelos meso e microclimáticos; (2) Mecânica dos fluidos, que contribuindo com os modelos de fluidodinâmica computacional; (3) Silvicultura Urbana, que contribui com o entendimento e quantificação das variáveis de vegetação que impactam no potencial microclimático da infraestrutura verde; (4) Geografia, com as técnicas de mapeamento e sensoriamento remoto com leituras muito próximas da escala urbana; (5) Biometeorologia, que contribui com os índices de conforto humano para espaços abertos; (6) Arquitetura e Urbanismo, que contribui com a leitura qualitativa e quantitativa do papel da cidade e das edificações nas alterações climáticas urbanas, integrando diferentes escalas (DUARTE, 2015, p. 15).

Cada área de conhecimento atua no campo do clima urbano de forma particular, desenvolvendo ferramentas e métodos apropriados aos seus interesses. Parte significativa da base de conhecimento que a climatologia urbana utiliza ainda é fragmentada e está em processo de ser assimilada numa área de estudo mais abrangente (MILLS, 2014).

De modo geral, as cidades apresentam características climáticas distintas com relação às áreas externas ao perímetro urbano, fato discutido por autores como, Lombardo (1985, 2011), Monteiro e Mendonça (2003), Oke et al. (2017), entre outros pesquisadores. Ambos relacionam essas alterações no clima aos avanços da urbanização, expressa em termos de espaço físico construído.

Nos estudos inerentes ao clima de áreas urbanas, as contribuições de Oke (op. cit.) foram muito significativas, consolidando o fato de que o clima urbano é derivado de um fenômeno de transformação de energia a partir da interação entre o ar atmosférico e ambiente edificado nas cidades. O autor explicou a diferença entre os

processos térmicos rurais e urbanos, evidenciando a geometria urbana e a inércia dos materiais de construção no processo de mudança climática.

Em sua publicação mais recente, Oke et al. (2017), explicaram:

Os climas urbanos são controlados por eventos climáticos sinóticos que, em escalas de tempo mais longas, criam o clima de um lugar. Ventos fracos combinados com céu livre de nuvens suportam o desenvolvimento de efeitos térmicos no clima. Ventos mais fortes, por outro lado, diluem os efeitos térmicos devido aos efeitos de fluxo mecânico. Ventos e nuvens ainda mais fortes amortecem o aquecimento e agitam a atmosfera, de modo que os efeitos urbanos são praticamente destruídos, exceto aqueles devidos à aspereza das cidades (OKE et al., 2017, p. 29, tradução nossa).

Duarte (2015, p. 27) explica que estudos sobre clima urbano possuem duas abordagens distintas: a geográfica e a meteorológica, fundamentadas na climatologia e meteorologia. Em ambas, “a definição das escalas espaciais do fenômeno em estudo é fundamental para identificar as bases de dados necessárias, o tamanho da área de estudo e os meios, métodos e técnicas mais adequadas”.

As escalas espaciais possuem características variadas, podendo ser consideradas desde a escala de uma rua, do bairro e das regiões nas quais se inserem até das áreas de grande extensão. A escala mesoclimática se refere ao clima de uma região natural, como florestas, plantações e parques; a escala macroclimática, engloba o clima de uma grande área ou país e a microclimática, retrata uma escala local, “uma fina estrutura climática do espaço aéreo que se estende da própria superfície da Terra a uma altura na qual os efeitos da superfície não podem mais ser distinguidos do clima local” (AMERICAN SOCIETY METEOROLOGY, 2018).

A Figura 2 apresenta a representação das três escalas climáticas (horizontais) que devem ser consideradas em áreas urbanas, de acordo com Oke (2006):

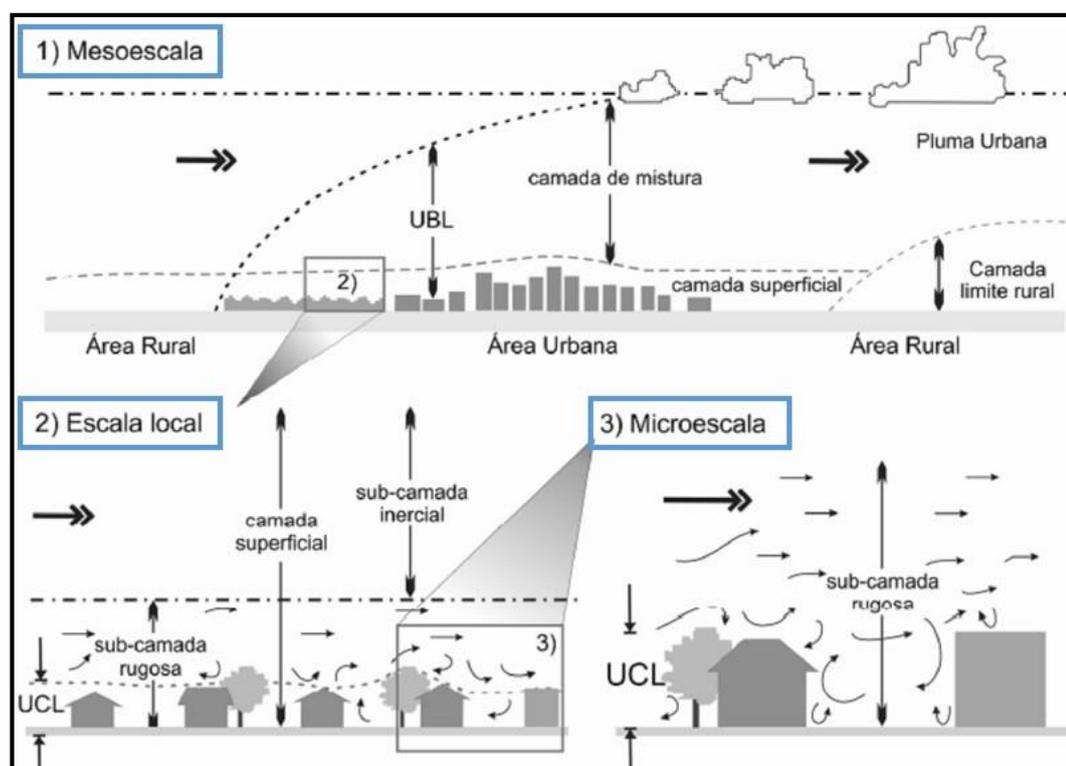


FIGURA 2 - Escalas climáticas horizontais verificadas em áreas urbanas

FONTE: Alterado de Oke, 2006

O microclima urbano é complexo e se modifica constantemente. Na escala microclimática podemos observar os efeitos locais do clima, em sua distribuição espacial e temporal, o que possibilita analisar as ilhas de calor urbanas, as alterações no balanço de energia e a interação com mudanças globais, aumentando os efeitos sociais e ambientais em eventos extremos (DUARTE, 2015).

Atualmente, as atividades humanas exercem um impacto tão significativo nas cidades, que o clima urbano é bastante distinto do clima das áreas rurais pertencentes ao mesmo município e este fato pode ser facilmente percebido. Para Oke et al. (2017), nas áreas urbanas a composição química da atmosfera é alterada, assim como as propriedades térmicas e hidrológicas da superfície. Seus parâmetros aerodinâmicos são modificados pelos processos de urbanização, as várzeas dos cursos d' água são aterradas e as coberturas naturais do solo, substituídas por superfícies pavimentadas.

Khalil et al. (2018), explicam que os fatores que mais influenciam a criação de um clima urbano incluem armazenamento de energia, aumento da rugosidade e menor evaporação. Essa influência pode ser verificada em muitas cidades do mundo, mas são acentuados em cidades densamente construídas (KATZSCHNER, 2010).

Os materiais usados na construção das cidades são variados. Como exemplo pode-se citar o concreto, asfalto, pedra, tijolo, madeira, metal e vidro, entre outros, além de materiais naturais, como solos, vegetação e água. Segundo Oke et al. (2017), cada material encontrado nas cidades possui misturas distintas de propriedades radiativas, térmicas, de rugosidade e de umidade, de modo que o comportamento climático de uma superfície urbana é único, já que compreende grande variedade de materiais em diferentes proporções.

Conhecer as especificidades do clima urbano é de grande relevância para pesquisadores, planejadores e gestores urbanos, para que ações mitigadoras possam ser incentivadas para melhorar a qualidade de vida para população das cidades. Além disso, estudos sobre o clima urbano devem ser estimulados tanto para um melhor entendimento acerca dos impactos da urbanização, quanto pela sua interdisciplinaridade e a premente necessidade de inclui-lo nas decisões de planejamento urbano e recuperação das cidades.

Com relação ao impacto da ação humana sobre o ambiente, cabe salientar que o clima encerra nele mesmo importantes desvios na variação de seus elementos (temperatura, umidade, precipitação, direção e velocidade dos ventos, etc.). Essa variação, motivada por fatores estáticos e dinâmicos (topografia, altitude, latitude, uso da terra, atividade solar, correntes oceânicas, massas de ar, entre outros), tornam impossível a previsão de suas condições a médio e longo prazo com elevado grau de confiabilidade (JARDIM e SILVA, 2016).

2.2.1. Características urbanas e fatores climáticos que influenciam o clima

2.2.1.1. Uso e Ocupação do solo

No Brasil, toda cidade com mais de 20 mil habitantes, deve possuir um Plano Diretor de Desenvolvimento urbano, conforme estabelecido pelo Estatuto das Cidades, Lei no 10.257, de 10 de julho de 2001, em seu Art. 41 (BRASIL, 2008, p. 27).

O plano diretor é um instrumento básico da política de desenvolvimento e de expansão urbana das cidades brasileiras. As Leis de Uso e Ocupação do Solo, Parcelamento do Solo e Zoneamento Ambiental, traçam diretrizes para que as cidades

de desenvolvam de forma regular e organizada. No entanto, quando as cidades perdem o controle do seu próprio planejamento e/ou não fiscalizam o cumprimento do que é estabelecido pelos planos diretores, uma série de problemas surge em decorrência dessa forma de ocupação, especialmente com relação às áreas de expansão.

Como ocorre na maioria dos países em desenvolvimento, no Brasil o processo de urbanização tem sido caracterizado pela movimentação da população das áreas rurais para as urbanas, principalmente nas últimas décadas. Essas mudanças populacionais influenciaram as regulamentações de uso do solo urbano e as políticas públicas para habitação nas cidades brasileiras de médio e grande porte (SOUZA et al., 2016).

Alterações no uso do solo urbano, podem ser percebidas principalmente pela perda de áreas verdes no processo de crescimento da área urbana ao longo dos anos, podendo resultar em mudanças climáticas caracterizadas por diferentes estados de equilíbrio (LIMA; RUEDA, 2018).

No que se refere aos países em desenvolvimento, o Brasil se destaca como sendo um dos mais urbanizados do mundo, onde até mesmo cidades de pequeno e médio porte estão passando pelo processo de urbanização sem o devido cuidado com a ocupação ordenada da terra urbana (LIMA; RUEDA, 2018).

A cidade de Cuiabá, capital do estado de Mato Grosso, também apresentou um crescimento urbano considerável nas últimas décadas. Segundo dados do IBGE (2018), a população urbana do município vem aumentando significativamente em relação a rural. Em 1960, a população urbana que era de 57.860 habitantes, chegou a 551.098 habitantes em 2010 (último senso), sendo que, do total de habitantes, 98,12% residem na área urbana e apenas 1,87% na área rural.

A Prefeitura Municipal de Cuiabá, através da Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano (SMDU), publicou uma Lei Complementar nº 389 de 03 de novembro de 2015, que propõe diretrizes para disciplinar o uso, a ocupação e urbanização do solo do município. Essa Lei tem como objetivo ordenar “o pleno desenvolvimento das funções” sociais da cidade e garantir o bem-estar de seus habitantes em padrões dignos de conforto urbano-ambiental, através de intervenções que assegurem condições de convivência entre as diversas funções urbanas e padrões mínimos e máximos de intensidade de Ocupação do Solo (CUIABÁ, 2015).

A existência de uma Legislação Urbanística Municipal é de grande relevância para regulamentar e ordenar o uso do solo nas cidades, no entanto, o cumprimento das Leis e a fiscalização devem ser acompanhados de perto pelos legisladores para que as ações preconizadas sejam efetivamente cumpridas.

O que tem sido evidenciado em estudos realizados no Brasil e no mundo, é que embora existam legislações a serem seguidas, a forma de ocupação das áreas urbanas tem ocorrido de forma desordenada, acarretando uma série de problemas para as cidades, especialmente com relação a degradação do meio ambiente e as mudanças no clima.

A expansão urbana pode causar mudanças no microclima e contribuir com o surgimento de anomalias termo-higrométricas como as ilhas de calor urbanas, que podem afetar a saúde da população das cidades e o conforto urbano (LAMARCA et al. 2018).

2.2.1.2. Latitude e Altitude

Entre os mais diversos fatores que determinam as diferenças entre um ambiente rural e um urbano, a latitude e a altitude das áreas de estudo se destacam e devem ser sempre consideradas. A latitude regula a quantidade de radiação solar disponível, e a altitude, regula a coluna de ar sobre o local (OKE et al., 2017).

Ynoue et al. (2017) explicam que “a inclinação do eixo da Terra com relação ao plano de órbita ao redor do sol, influencia a quantidade de energia solar que chega a cada latitude ao longo do ano”. O aumento da latitude acarreta variações na altura do sol, principalmente em estações opostas como o verão e o inverno, afetando a duração o dia, ou seja, no verão os dias são mais longos e as noites mais curtas e no inverno, ocorre exatamente o contrário. Quanto maior a quantidade de radiação solar disponível, mais altas tendem a ser as temperaturas de uma determinada região.

Já a altitude é a altura de um determinado lugar com relação ao nível do mar. A relação da altitude com a temperatura do ar pode ser explicada pelo fato de que devido a redução das moléculas de gases na atmosfera, quanto maior for a altura de um local, menor será a temperatura do ar (YNOUE et al., 2017).

A variação da temperatura do ar em Brasília (DF) e em Cuiabá (MT), foi apresentada por Ynoue et al. (2017). Essas cidades brasileiras possuem latitudes muito próximas, mas altitudes muito diferentes. Cuiabá está localizada na latitude de 15,5° Sul, com altitude de 151 metros e Brasília, latitude de 15,8° Sul e altitude de 1.159 metros acima do nível do mar. A diferença de altitude entre as cidades é de 1.008 metros e a temperatura do ar da cidade de Cuiabá, que possui a altitude menor é superior que a de Brasília em 6,5°C.

Varejão-Silva (2006, p. 79) afirma que o efeito da latitude e da altitude sobre a temperatura média do ar é evidente. O autor ressalta que “localidades próximas, com latitude semelhantes, mas situadas em altitudes diferentes, devem apresentar curvas anuais de temperatura praticamente da mesma forma, alterando apenas as ordenadas dos pontos correspondentes”.

2.2.1.3. Radiação Solar

A radiação solar é a principal fonte de energia do planeta Terra e influencia as condições meteorológicas e a maioria das atividades humanas das quais se tem conhecimento. A distribuição espaço-temporal da radiação solar está intimamente relacionada com o clima, com o relevo e aos processos físicos, químicos e biológicos dos ecossistemas terrestres (FENG et al., 2018).

A energia solar que chega à superfície da Terra pode ser considerada um fator muito importante no desenvolvimento dos processos físicos que determinam as condições do clima, especialmente nas áreas urbanizadas. É uma energia limpa, ambientalmente correta e inesgotável na maioria dos lugares do mundo (FUNARI; TARIFA, 2017).

Tempo e clima são determinados pela quantidade de radiação solar que entra e que sai da Terra. Esse fato é conhecido como balanço de energia e para que haja um equilíbrio no clima, a energia que sai da Terra deve ser igual àquela que entra na sua atmosfera. Se isso não ocorrer, o clima pode esfriar, se a quantidade de energia solar que entra for menor do que a que retorna, ou aquecer, se ocorrer o contrário (YNOUE et al., 2017). O balanço de energia pode ser entendido da seguinte forma:

“Se cem unidades de energia solar atingem o topo da atmosfera terrestre, aproximadamente 30% dessa radiação volta para o espaço como radiação de onda curta (albedo planetário) – 6% espalhada pela atmosfera, 20% refletida pelas nuvens e 4% refletida pela superfície da Terra. A atmosfera absorve 19% da radiação solar, restando 51% dessa radiação para ser absorvida pela superfície terrestre, ou seja, 51% da radiação solar foi transmitida através da atmosfera, conseguindo atingir a superfície” (YNOUE et al., 2017, p. 22).

Quando a radiação solar incide sobre uma superfície, parte da radiação incidente é refletida (albedo planetário), outra é absorvida (absorção) e a restante é transmitida (“atravessa” a atmosfera). Quanto menor for o albedo, maior será a quantidade de energia disponível para ser absorvida e transmitida, ou seja, maior será a liberação de calor para o meio externo (VAREJÃO-SILVA, 2006).

A interação da atmosfera e da superfície terrestre com a radiação solar pode ser observada na Figura 3.

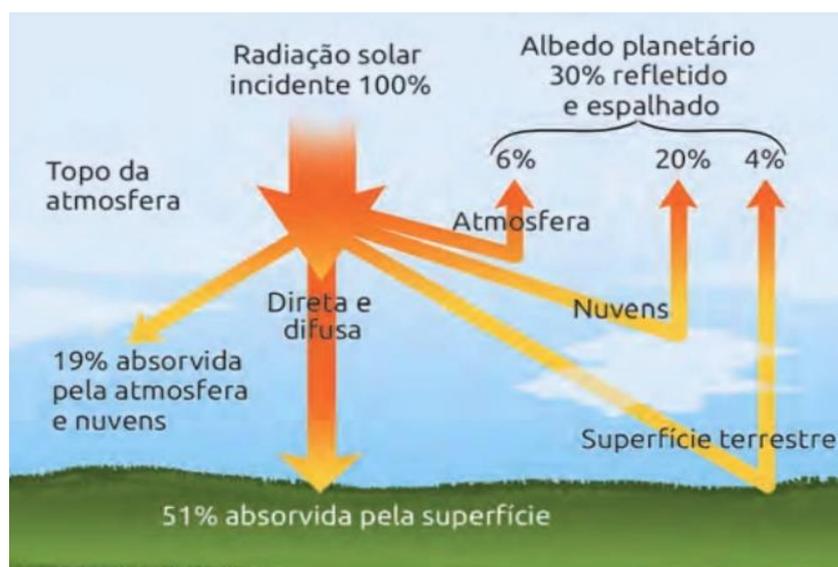


FIGURA 3 - Interação da atmosfera e da superfície terrestre com a radiação solar
FONTE: (YNOUE et al., 2017)

A superfície urbana possui menor reflexão de radiação de ondas curtas em relação às áreas rurais, devido à geometria da cidade e ao coeficiente de reflexão dos materiais presentes nas áreas urbanas. Em ruas e avenidas que possuem edificações verticalizadas em áreas vizinhas, possibilitam que parte da radiação refletiva por uma superfície seja absorvida por outra que estiver mais próxima (SOUZA, 2016).

2.2.1.4. Temperatura do Ar e Umidade Relativa do Ar

A temperatura do ar e a umidade do ar são elementos climáticos muito utilizados em estudos inerentes ao clima das cidades. Normalmente, a temperatura do ar é indicada por um termômetro exposto ao ar em um local protegido da radiação solar direta e a umidade relativa do ar, definida pela relação entre a pressão de vapor e a pressão de vapor de saturação em relação à água (AMERICAN SOCIETY METEOROLOGY, 2018).

Entre os elementos do clima que mais sofrem variações devido à influência da urbanização, a temperatura do ar e a umidade relativa do ar têm se destacado nos estudos sobre o clima urbano. Características comuns das cidades, como a rugosidade, o uso e ocupação do solo, a impermeabilidade, o albedo de superfície e as propriedades térmicas dos materiais de construção promovem o aumento da temperatura tanto no ar quanto na estrutura urbana e conseqüentemente, a redução da umidade.

Para entendermos a distribuição espacial da temperatura do ar aos longos dos anos, os efeitos da continentalidade e dos oceanos devem ser considerados. Nos meses de inverno, os continentes são mais frios que os oceanos numa mesma latitude, e nos meses de verão, são mais quentes. As regiões costeiras têm temperaturas mais amenas devido ao efeito termorregulador da água e, portanto, regiões mais afastadas do mar costumam ter um clima caracterizado por verões muito quentes, invernos frios e precipitação mais escassa, porque os continentes possuem capacidade térmica menor que a da água (YNOUE et al., 2017).

A proximidade ou afastamento do mar exercem uma grande influência na distribuição da temperatura do ar. A água possui calor específico maior que o continente e por isso, as variações de temperatura na água são menores e isso explica o fato da variação da temperatura do ar ser maior sobre uma superfície de terra e menor sobre uma superfície de água (VAREJÃO-SILVA, 2006; YNOUE et al., 2017).

Os oceanos e a forma de circulação das águas também devem ser considerados no entendimento da temperatura do ar e da umidade relativa do ar. Ynoue et al., (2017) explicam que “as correntes oceânicas são movimentos quase horizontais da circulação das águas do oceano produzidos por ação dos ventos na superfície do mar, que

influenciam a circulação atmosférica e interfere nos elementos climáticos, como temperatura e precipitação”.

A temperatura do ar em um determinado local depende de fatores, como latitude, altitude, cobertura de nuvens, natureza das superfícies e proximidade com cursos d'água. Em consequência destes fatores, percebe-se que a temperatura do ar é usualmente maior nos trópicos e menores em latitudes médias, maior durante o dia que à noite, com céu limpo e quando o solo está seco (YNOUE et al., 2017).

Com relação à umidade relativa do ar, os referidos autores explicam que para um melhor entendimento de suas variações se faz necessário considerar o aumento da temperatura do ar. A pressão do vapor aumenta em temperaturas maiores e diminui em temperaturas menores.

Na cidade de São Paulo, por exemplo, quando há passagem de frentes frias, a variação da umidade relativa do ar pode ser controlada pela temperatura. Ao amanhecer e os raios solar aparecerem, a temperatura do ar começa a aumentar e a umidade diminui e no período da tarde, essa situação se agrava, ou seja, a temperatura aumenta ainda mais e a umidade pode atingir valores muito baixos. No entardecer, a temperatura do ar passa a diminuir gradativamente e com isso, a umidade vai se restabelecendo. Logo, é possível afirmar que nessa situação temos elementos climáticos que se alteram de forma inversamente proporcional (YNOUE et al., 2017, p. 31).

A variação diária da umidade relativa do ar é maior no verão que no inverno, principalmente em regiões com clima tropical. O verão, por ser uma estação com mais ocorrência de precipitações, é mais úmida e o inverno, onde as chuvas são mais escassas, é uma estação mais seca e fria, com umidade relativa do ar normalmente abaixo da média ideal, recomendada pela Organização Mundial da Saúde (OMS), devendo variar entre 60% a 80%. Quando os índices de umidade relativa do ar ficam entre 30 e 21% é considerado estado de atenção, entre 20 e 12% (alerta) e abaixo de 12% (alerta máximo). No estado de Mato Grosso, os menores índices de umidade podem ser verificados às 15 horas, horário local (CPTEC, 2018).

Vários são os fatores que interferem e influenciam na umidade do ar. A temperatura do ar, uso e ocupação do solo, a presença ou ausência de áreas verdes, lagos, rios, podem ser citados como exemplos. Em Cuiabá, objeto de estudo da presente pesquisa, a umidade do ar no período quente-seco que se inicia em abril, chega a níveis alarmantes, com valores considerados menores que de um deserto. No

mês setembro de 2018, por exemplo, e um dia com predomínio de sol, Cuiabá registrou 38°C e umidade relativa do ar de 8%, segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2018.).

Logo, é possível afirmar que a umidade relativa do ar de uma determinada localidade poderá influenciar diretamente na qualidade de vida dos habitantes, porque ela representa uma variável meteorológica que pode afetar o organismo de todos os seres vivos. A umidade baixa é prejudicial para saúde humana, porque afeta de forma negativa o sistema respiratório. No entanto, se a umidade for muito alta (100%) o ar fica saturado de vapor d'água, o que interfere no mecanismo de controle da temperatura corporal exercido pela transpiração (CPTEC, 2018).

2.2.1.5. Precipitação

A precipitação pode ser definida como sendo “todas as partículas aquosas líquidas ou de fase sólida que se originam na atmosfera e caem na superfície da terra” (AMERICAN SOCIETY METEOROLOGY, 2018).

As chuvas são mensuradas através das estações meteorológicas, que podem ser convencionais (onde os dados meteorológicos são lidos e anotados por um observador a cada intervalo de tempo e enviados a um centro coletor) ou automáticas (compostas por uma unidade de memória central - "datalogger" - que registra os valores observados minuto a minuto e os disponibiliza automaticamente a cada hora) (INMET, 2018).

Ynoue et al., (2017) explicam que a unidade de medida da quantidade de chuva é a altura pluviométrica, normalmente expressa em milímetros (mm), embora possam ser utilizadas outras unidades como polegadas, por exemplo. O equipamento utilizado para medição é o pluviômetro que pode ter tamanhos, formas e sistemas de registro variados.

A quantidade e a distribuição das chuvas definem o clima de uma região, podendo classificá-lo como seco se houver pouca ocorrência das chuvas e úmido, no caso de precipitações mais frequentes (YNOUE et al., 2017).

Carraca e Collier (2008) explicam que áreas urbanas influenciam as medidas de temperatura do ar, os padrões do vento e a qualidade do ar, da mesma forma como podem afetar o desenvolvimento das nuvens e da precipitação. A população residente

nas cidades já pode sentir os efeitos do aumento da temperatura média do ar e da alteração nos padrões de precipitação devido à urbanização.

Além disso, uma das questões mais preocupantes com relação à precipitação, principalmente nas áreas densamente urbanizadas, é a ocorrência de inundações. A impermeabilização excessiva do solo urbano impede que a água da chuva infiltre e com isso, o escoamento superficial se torna volumoso, ocasionando as conhecidas e muitas vezes, trágicas, inundações urbanas.

2.2.1.6. Ventos

O vento pode ser definido como o ar em movimento em relação à superfície da Terra. Como os componentes verticais do movimento atmosférico são relativamente pequenos, especialmente nas proximidades da superfície, o vento é o termo mais utilizado para denotar seu componente horizontal (AMERICAN SOCIETY METEOROLOGY, 2018).

Para sua melhor caracterização, em qualquer ponto da atmosfera, faz-se necessário considerar os parâmetros de direção e velocidade dos ventos. A direção define a posição a partir da qual o vento vem e não para onde ele pode estar indo, ou seja, para saber para onde o vento se dirigirá, será necessária a utilização da conhecida “Rosa dos Ventos” (YNOUE et al., 2017).

Segundo os autores (op. cit.) a velocidade do vento é expressa em metros por segundo (m/s) ou em quilômetros por hora (km/h). Quando a velocidade registrada como nula, ou seja, 0 m/s, significa que não há vento, situação conhecida como calmaria. No entanto, quando em poucos minutos a velocidade do vento aumenta de forma repentina e não persistente, tem-se uma situação de rajadas.

Logo, é possível afirmar que o vento é uma grandeza vetorial, ou seja, tem origem (de onde vem), extremidade (até onde vai) e, também, direção (norte-sul, leste-oeste), sentido (de leste, de oeste, etc) e intensidade (velocidade) (YNOUE et al., 2017).

Nos estudos relacionados às áreas urbanas, a ventilação é um parâmetro que não deve ser desconsiderado. As irregularidades na rugosidade das cidades modificam sua direção do vento, velocidade e intensidade. Em climas tropicais, ao contrário dos

climas temperados, incluir o fluxo de ventilação nas áreas urbanas é uma preocupação constante e um desafio para os pesquisadores, porque a irregularidade do solo urbano implica em maior complexidade (DUARTE, 2015).

“Da área rural a urbana, o vento se ajusta as novas condições de camada limite definidas pela área urbanizada – topografia, geometria, dimensões dos edifícios, traçado das vias, vegetação, etc. – e os efeitos se sobrepõem do impacto de um único edifício no solo até os impactos em larga escala de áreas urbanizadas. (...). Os estudos de ventilação urbana precedem o estudo de soluções de ventilação nos edifícios por ação dos ventos. Mesmo para edifícios que fazem o uso de ventilação artificial no período diurno, ressalta-se a importância da ventilação noturna para o resfriamento da massa construída” (DUARTE, 2015, p.31).

Pereira et al. (2002) explicam que “a intensidade e a direção dos ventos são determinados pela variação espacial e temporal do balanço de energia na superfície terrestre, que causa variações no campo da pressão atmosférica, gerando os ventos”. O vento se desloca de áreas de maior pressão (mais frias) para aquelas de menor pressão (mais quentes), e quanto maior a diferença entre as pressões dessas áreas, maior será a velocidade de descolamento.

2.2.2. O Clima Urbano de Cuiabá

A cidade de Cuiabá, capital do estado de Mato Grosso, está localizada na região denominada “depressão cuiabana” (Figura 4), na região centro-oeste do Brasil (CUIABÁ, 2012).

Cuiabá situa-se numa região de encontro de três importantes ecossistemas brasileiros, o cerrado (no seu entorno), o Pantanal (ao sul), e a floresta Amazônica (ao norte). O município divide águas da Bacia Amazônica e Bacia Platina. Entre os principais rios dessas redes hidrográficas estão o rio Cuiabá e o das Mortes, também conhecido como rio Manso (FERREIRA, 2017).

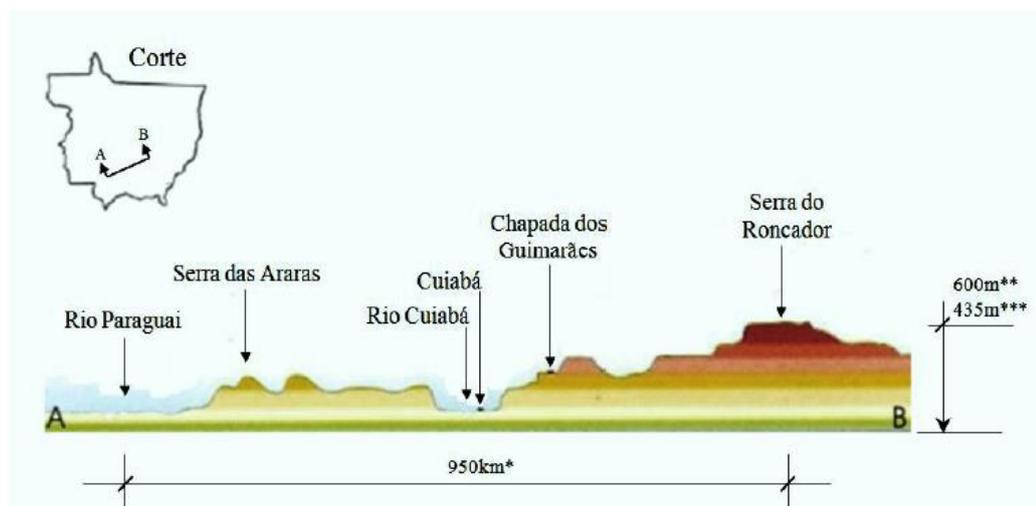


FIGURA 4 - Corte esquemático de parte do mapa físico de Mato Grosso
FONTE: Santos, 2012

Com relação à vegetação predominante, destacam-se o Cerrado, cerradão, e matas ciliares. É banhada por rios caudalosos, ribeirões e córregos que fazem parte da bacia do rio Cuiabá. Dentre os principais rios, encontra-se o rio Cuiabá, propriamente dito, o rio Coxipó, o rio Bandeira, bem como, os córregos do Moinho, do Barbado, da Prainha, Oito de Abril e o da Salgadeira (CUIABÁ, 2012; SOUZA, 2016).

Conhecida como sendo uma das cidades mais quentes do Brasil, fato atribuído às características geomorfológicas da região, pouca ventilação, baixa altitude e estações do ano bem definidas, Cuiabá apresenta um clima tropical continental, sem influência dos ventos marítimos e onde já foi verificada a relação entre o uso e a ocupação do solo urbano com a formação das ilhas de calor. A cidade apresenta baixa frequência e velocidade dos ventos, que torna a influência do espaço construído sobre a temperatura do ar cada vez mais perceptível, já que as trocas térmicas por convecção são minimizadas (DUARTE, 2015).

Alvares et al. (2013), desenvolveram um sistema de informações geográficas para identificar tipos climáticos baseados na classificação de Köppen, com a utilização de dados mensais de temperatura do ar e precipitação de 2.950 estações meteorológicas. O clima de Cuiabá, segundo classificação de Köppen-Geiger, é do tipo AW, definido pelas temperaturas elevadas, chuva no verão e seca no inverno, ou seja, é um clima tropical semiúmido, com quatro a cinco meses secos. Cuiabá possui duas estações bem definidas, uma seca (outono-inverno) e uma úmida, primavera-verão (MAITELLI, 1994).

Com relação às precipitações, Santos (2012) destacam que em Cuiabá, as chuvas possuem características tipicamente tropicais, com os maiores índices no verão e os menores no inverno, sendo que mais de 70% do total de chuvas acumuladas durante o período de um ano se precipitam de novembro a março, e se devem aos sistemas de circulação atmosférica, conhecidos como Sistemas de Correntes Perturbadas de Oeste, de Norte e de Sul. Em média as mínimas podem chegar aos 10°C quando frentes frias passam sobre a região e as máximas aos 41°C. O índice pluviométrico apresenta diferenças significativas, uma vez que o inverno é seco e o verão chuvoso.

Segundo informações do INPE (2018), o total anual de precipitação para Cuiabá gera em torno de 1350 milímetros. A precipitação máxima mensal ocorre, em média, nos meses de janeiro e fevereiro, variando entre 210 a 215 mm e no restante do ano, as massas de ar seco sobre o centro do Brasil inibem as formações chuvosas. Nos meses secos, normalmente de junho a setembro, as passagens de frentes frias associadas à fumaça produzida pelas constantes queimadas, reduzem a umidade relativa do ar a níveis muito baixos.

As temperaturas médias anuais do ar em Cuiabá variam entre 25°C e 26°C, enquanto as máximas ultrapassam 35°C durante quase todo o ano. A temperatura média anual máxima varia de 31°C a 34°C e a temperatura média mínima anual, varia entre 18°C a 21°C. A umidade relativa do ar tem média anual de 70%, diminuindo significativamente no inverno, chegando a níveis mínimos de 12%, na estação seca. A direção do vento predominante é norte e noroeste durante a maior parte do ano, e sul no período do inverno (DUARTE, 1995; ROCHA, 2018).

A cidade de Cuiabá possui um rigor climático constante e o crescimento desordenado associado à falta de planejamento se tornou cada vez mais perceptível. Considerar medidas de planejamento baseado no microclima local no qual a cidade está inserida é de grande relevância para que problemas atmosféricos urbanos oriundos do crescimento demográfico acelerado possam ser minimizados (MACIEL et al., 2014).

2.3. ANOMALIAS TERMO-HIGROMÉTRICAS

As anomalias termo-higrométricas são alterações verificadas na temperatura do ar e na umidade relativa do ar, especialmente nas áreas urbanas, onde os efeitos da urbanização e da degradação ambiental comprometem a qualidade de vida da população nas cidades. Entre as anomalias mais conhecidas, destacam-se as ilhas de calor, ilhas de frescor, ilhas úmidas e ilhas secas. Na presente pesquisa, serão abordadas as ilhas de calor e de frescor.

2.3.1. Ilhas de Calor

Nos últimos anos, a diferença de temperatura do ar existente entre áreas urbanas e rurais em suas proximidades pode ser facilmente percebida e têm sido objeto de estudo de muitas pesquisas. Essa diferença de temperatura é conhecida como “ilha de calor” e quanto maior for sua intensidade, mais expostos estarão os habitantes das áreas urbanas, ao desconforto térmico e ao aumento do risco da mortalidade relacionada ao calor (CHAPMAN et al., 2017).

Estudos inerentes aos efeitos da ilha de calor nas áreas urbanas, à relação existente entre a densidade de ocupação do solo, ausência de áreas verdes e formas de mitigação foram desenvolvidos em diversos países. Trabalhos recentes enfatizam a preocupação dos autores com o aquecimento e desconforto causado pelo aumento da temperatura nas áreas urbanas, principalmente no período noturno.

Chapman et al. (2017); Hu et al. (2017); Koomen; Diogo (2017); Richter (2016); Du et al. (2016) e Hua et al. (2016) ressaltam que o efeito da ilha de calor em áreas urbanas é uma das questões ambientais mais críticas para as cidades de maior porte. Além disso, afirmam que estudos anteriores mostraram existir uma forte correlação entre a ilha de calor e o fator de visão do céu, que indica sua ligação potencial com a morfologia urbana.

Oke et al. (2017) explicam que as ilhas de calor podem ser melhor definidas se forem classificadas em quatro tipos diferentes:

1. Ilha de calor subsuperficial: diferenças entre os padrões de temperatura no solo sob a cidade, incluindo os solos urbanos e o tecido subterrâneo construído, e aqueles no terreno rural circundante;
2. Ilha de calor de superfície: diferenças de temperatura na interface da atmosfera externa com os materiais sólidos da cidade e a interface de ar rural para o solo equivalente;
3. Ilha de calor de camada de dossel: diferença entre a temperatura do ar contido na camada de cobertura urbana, a camada entre a superfície urbana e o nível do telhado e a altura correspondente na camada superficial do campo;
4. Ilha de calor de camada limite: diferença entre a temperatura do ar na camada entre o topo da cobertura urbana e o topo da camada limite urbana e em altitudes semelhantes da camada limite da atmosfera com a da região rural próxima.

Para Chapman et al. (2017), indiscutivelmente a ilha de calor é um exemplo preciso de como as mudanças na cobertura do solo afetam o clima local e regional. Os autores fizeram uma revisão bibliográfica sistemática acerca de como a intensidade das ilhas de calor mudaram devido à urbanização, mudanças climáticas ou ambas.

Foram pesquisados trabalhos científicos publicados entre 2000 e 2016; os autores concluíram que existe uma premente necessidade da elaboração de pesquisas com maior foco no impacto do crescimento urbano na ilha de calor e em estudos de mudanças climáticas, estresse por calor, variação na densidade urbana e seus impactos no calor antropogênico. Os autores afirmam que se concentrando em apenas um fator, seja mudança climática ou crescimento urbano, corre-se o risco de subestimar as temperaturas urbanas futuras e dificultar a adaptação (CHAPMAN et al., 2017)

Yao et al. (2018), realizaram um estudo sobre as variações interanuais na intensidade da ilha de calor urbana e fatores associados na China, com objetivo de preencher as lacunas de pesquisa existentes no conhecimento das ilhas de calor. Foram realizadas análises sistemáticas de variações interanuais da ilha de calor, suas relações com fatores climáticos e relacionados à urbanização para o período 2001-2015. Os autores concluíram que a velocidade média do vento tem pouco efeito na ilha de calor urbana, mas a diminuição da vegetação e o aumento da população foram os principais

fatores que contribuíram para o aumento da ilha de calor nos dias e noites de verão, enquanto o albedo apenas influenciou a ilha de calor urbana em dias de inverno.

Para Katzschner (2010), uma ilha de calor pode ser explicada por duas ações diferentes ao longo do dia. Durante o dia, há um armazenamento de energia solar na superfície urbana, que é liberada na atmosfera durante a noite. Assim, o processo de urbanização acaba afetando o equilíbrio entre a energia solar usada para aquecimento da temperatura do ar e a energia utilizada para o resfriamento por evaporação, resultando dois efeitos negativos como a ilha de calor e a ventilação reduzida.

As principais causas do fenômeno da ilha de calor urbana incluem a retenção da radiação de ondas curtas e longas entre as edificações, diminuição das perdas de calor por ondas longas devido à construção de edifícios, aumento do calor sensível devido aos materiais de construção, calor liberado das atividades humanas e redução do potencial de evapotranspiração. A mitigação dos impactos negativos de ilhas de calor urbanas tem sido encorajada na área de planejamento urbano através do plantio de vegetação, manejo do albedo no nível do solo e em telhados e melhoria da ventilação (LEE; OH, 2018).

Oke (1974) apresentou em seus estudos o perfil das ilhas de calor dos centros urbanos, descrevendo que o local da cidade com maior atividade antrópica, normalmente a região central, se caracteriza por ser mais quente que os bairros mais afastados. Em sua mais recente publicação, o autor e colaboradores apresentaram uma representação esquemática de uma ilha de calor típica, à noite, em condições calmas e claras em uma cidade relativamente plana, através de um mapa isotérmico e um corte transversal da temperatura do ar (Figura 5). A área central da cidade destaca-se como o “pico” da ilha de calor, sendo mais perceptível no período noturno e percebe-se que a temperatura vai diminuindo gradativamente conforme aumenta a distância da área urbanizada.

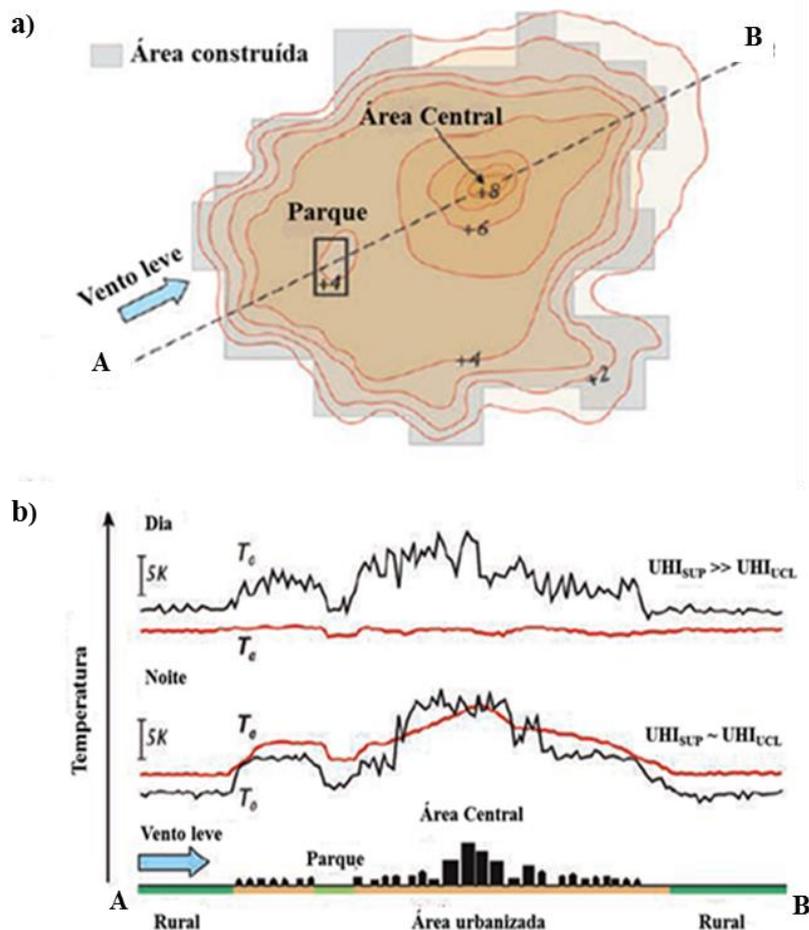


FIGURA 5 – (a) Mapa isotérmico com características típicas da ilha de calor urbana.
 (b) Corte transversal da temperatura do ar durante o dia e a noite

FONTE: Alterado de OKE et al. 2017

Comparando-se as temperaturas do ar entre uma zona urbana e a zona rural adjacente, a principal característica que se percebe é o reduzido resfriamento na área urbana no início da noite, com relação à zona rural, onde a temperatura do ar diminui rapidamente depois que o sol se põe. Oke (1987) ressalta que as diferenças de temperatura do ar são maiores durante a noite e atingem o valor máximo entre três a cinco horas depois do crepúsculo e que durante o dia, as temperaturas rapidamente se igualam. A ilha de calor é mais intensa à noite, em situações de ventos fracos e céu limpo, quando as diferenças entre os microclimas são mais evidenciadas.

Segundo Oke et al. (2017), o termo "ilha de calor" foi definido devido à semelhança existente entre o padrão espacial das temperaturas do ar na camada do dossel urbano com os contornos de altura de uma ilha oceânica. Segundo os autores, essa similaridade é apropriada para a superfície, camada limite e as ilhas de calor

subsuperficiais, tanto de dia quanto de noite, mas no caso das áreas urbanizadas, geralmente descreve apenas o caso noturno.

Muitos são os fatores que podem alterar o clima de um determinado local. Esses fatores incluem mudanças na cobertura do solo urbano, redução das áreas verdes, aumento da impermeabilidade do solo e a produção de calor gerado pelas atividades humanas dentro dos ambientes urbanos (SILVA et al., 2018).

Para os autores acima citados, a preservação e manutenção dos espaços verdes e as árvores ajudam a controlar as temperaturas do ar e a mitigar a formação das ilhas de calor. As alterações no solo urbano associadas à urbanização podem influenciar a formação das ilhas de calor devido à falta de planejamento adequado do desenvolvimento da cidade. Mudanças no uso e ocupação do solo resultaram em impactos ambientais, sociais e econômicos negativos sobre as cidades brasileiras, especialmente nas que experimentaram um crescimento recente, acelerado e desordenado.

Solecki et al. (2015), afirmam que uma das principais estratégias para minimizar os efeitos das ilhas de calor, é o aumento da cobertura vegetal nas áreas urbanas. Para os autores, as diferentes configurações das áreas verdes urbanas, com ruas arborizadas, canteiros centrais nas ruas, parques, praças e jardins, geram um resfriamento na área urbana, conhecido como ilhas de frescor.

As ilhas de calor se correlacionam com as ilhas secas da mesma forma que as ilhas de frescor se correlacionam com as ilhas de umidade, devido a umidade relativa do ar ser inversamente proporcional à pressão de saturação do vapor de água, que por sua vez é diretamente proporcional à temperatura do ar (YNOUE et al., 2017).

2.3.2. Ilhas de Frescor

Ao contrário das ilhas de calor, que se caracterizam pelo aumento da temperatura nas áreas urbanas com relação às áreas rurais, as ilhas de frescor são anomalias térmicas que se caracterizam por apresentarem temperaturas menores com relação às áreas urbanas em seu entorno. Estão relacionadas à ação das áreas verdes, à presença de cursos d'água, das matas ciliares, parques urbanos e áreas sem intervenções, com vegetação natural.

Em regiões de clima quente, onde o desconforto térmico castiga os habitantes das cidades, as ilhas de frescor se apresentam de forma positiva. A presença de vegetação seja através dos parques urbanos ou áreas com vegetação preservada pode gerar um resfriamento localizado. Em regiões com maior quantidade de áreas permeáveis, concentração de remanescentes florestais ou vegetação nativa apresentam menores temperaturas do ar e maior umidade relativa do ar, atuando como ilhas de frescor urbano (LEAL, 2012).

A importância da presença de áreas verdes nas cidades é incontestável por várias questões, especialmente as relacionadas à minimização dos efeitos da urbanização. Além de proporcionar sombra e resfriamento via evapotranspiração da vegetação, os espaços verdes possibilitam uma maior porosidade da superfície, aumentando a capacidade de armazenamento de água e disponibilizando-a para o resfriamento evaporativo (HATHWAY; SHARPLES, 2012).

Oke et al. (2017), explicam que distritos com menores índices de ocupação do solo ou até mesmo sem nenhum desenvolvimento urbano, incluindo florestas, lagos, rios, parques com vegetação e outros espaços verdes são regiões que apresentam uma relativa frieza com relação as suas proximidades. O calor verificado nas áreas urbanas está intimamente ligado às construções e atividades humanas. Este fato se torna ainda mais explícito quando há pouco vento para misturar os efeitos térmicos.

Logo, as ilhas de frescor podem ser definidas como locais da cidade nos quais a temperatura se apresenta de forma mais amena e que estão associados à presença de áreas vegetadas. Nestas áreas o ar tende a ser mais fresco e mais denso por apresentarem temperatura do ar e umidade do ar mais estáveis quando comparadas as áreas densamente pavimentadas (FERREIRA et al., 2015).

2.4. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DO CLIMA EM ÁREAS URBANAS

A avaliação do clima em áreas urbanas, através da identificação de anomalias termo-higrométricas, pode ser realizada através de medições e análises de variáveis microclimáticas. A temperatura do ar, umidade relativa, radiação solar, precipitação, velocidade e direção dos ventos podem ser aferidas com a utilização de equipamentos específicos, em estações fixas ou através de medições móveis.

Para Oke et al. (2017), a capacidade de aferir e registrar dados microclimáticos avançou muito nas últimas décadas, mas ainda permanecem lacunas relacionadas a como analisar um ambiente complexo e heterogêneo como o de uma cidade. Duas formas de observações podem ser implementadas: a primeira é uma estação instrumentada para fornecer informações meteorológicas de rotina em áreas urbanas e a segunda é uma avaliação de campo estabelecida para avaliar aspectos do clima urbano, muitas vezes para responder a perguntas específicas.

A medição em estações fixas é realizada em longo prazo, observa propriedades em intervalos regulares de tempo à medida que a atmosfera passa por um ponto fixo no espaço; é utilizada por agências nacionais oficiais de serviços meteorológicos, autoridades municipais e em áreas rurais. A medição móvel utiliza locais fixos de observação e são realizadas num espaço de tempo menor, realizadas em locais com configurações densas e registram em frequências altas; observa propriedades através da atmosfera com um caminho determinado pela plataforma de observação (bicicleta, veículo e a abordagem de seguimento de fluxo é realizada por um balão de flutuação que segue o fluxo de ar a um nível constante de densidade.

A Figura 6 apresenta as formas de medição ao longo do espaço e do tempo. (OKE et al., 2017).

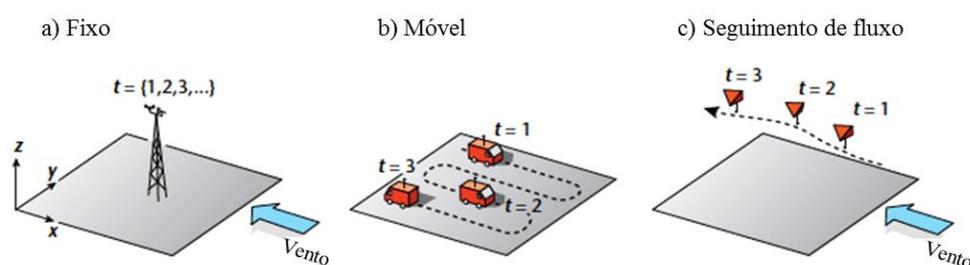


FIGURA 6 - Formas de medição em logo do espaço e do tempo

FONTE: Oke et al. 2017

Algumas questões devem ser esclarecidas independentemente da forma de medição a ser empregada e antes mesmo que sejam realizadas, para que o trabalho não seja realizado indevidamente. Uma dessas importantes questões refere-se ao conhecimento das características do ambiente urbano que possam influenciar as observações, bem como os métodos empregados para a coleta de dados (OKE et al., 2017).

O estudo deve ser planejado para controlar, inclusive e na medida do possível, efeitos que não estejam sendo estudados. A atmosfera urbana é fluida e suas propriedades se ajustam espacial e temporalmente às condições mutáveis em seus limites e seus processos internos. Caracterizar esse campo contínuo e estabelecer suas propriedades urbanizadas requer uma amostragem cuidadosa tanto no espaço quanto no tempo (OKE et al., 2017, p.45, tradução nossa).

A maioria dos estudos sobre clima urbano tem a intenção de entender e segregar os efeitos que podem ser atribuídos aos processos que ocorrem exclusivamente em áreas urbanas. Uma das metodologias mais utilizadas no que diz respeito aos estudos climáticos em áreas urbanas foi desenvolvida por Oke (1978; 1982; 1984; 1987; 2004; 2006). No Brasil, autores como Monteiro (1976), Lombardo (1985), Assis (1990, 2000), Mendonça (2003), também se dedicaram aos estudos inerentes ao clima urbano, sendo utilizados como referência em diversas pesquisas.

Oke et al. (2017) ressaltam que embora muitas pesquisas tenham sido realizadas ao nos últimos, ainda há a existência de uma lacuna de conhecimento entre planejamento e clima urbano, que pode estar relacionada a fatores como à complexidade do tema, à sua interdisciplinaridade e a falta de comunicação entre os setores envolvidos. “O clima tem um importante papel a desempenhar no desenho urbano e deve ser incluído de forma integral na formação dos planejadores”.

As alterações climáticas em ambiente urbano podem ser observadas em diferentes escalas climáticas (distância horizontal) e limites da camada atmosférica (distância vertical). “Para o sucesso de uma estação urbana não há contribuição mais importante do que a apreciação do conceito de escala”. A plena valorização do papel da escala é essencial para entender os climas urbanos; a escala é um tema organizador em todo o clima urbano. (OKE, 1984; 2006).

A clareza da intenção de se implantar uma estação urbana é essencial para o seu sucesso. Intenções mais comuns estão relacionadas ao desejo de se representar o ambiente meteorológico em um lugar para fins climatológicos gerais e o desejo de fornecer dados em apoio às necessidades de um usuário em particular. Em ambos os casos, as escalas espaciais e temporais de interesse devem ser definidas e a localização da estação e a exposição dos instrumentos podem ser distintos de acordo com cada caso (OKE, 2006, p. 2).

Ugeda Júnior; Amorim (2016) fizeram uma reflexão acerca do método de análise denominado Sistema Clima Urbano, desenvolvido há 42 anos por Monteiro (1976), que considera o clima das cidades como um sistema. Esse sistema é composto por subsistemas, que se articulam segundo canais de percepção climática. A cidade gera um clima próprio, que é o resultado da interferência de todos os fatores que se processam sobre a camada limite da área urbana, alterando o clima em escala local. Os efeitos mais diretos são percebidos pela população através de manifestações capazes de desorganizar a vida da cidade e deteriorar a qualidade de vida de seus habitantes, como o desconforto térmico, poluição do ar, entre outros.

No que se refere à produção científica inerente ao clima urbano no Brasil, os autores (op. cit.) ressaltam que grande maioria dos trabalhos realizados está pautada no Sistema Clima Urbana ou a ele fazem referência, demonstrando que “a aplicabilidade da proposta é plenamente atual e permite a compreensão das características climáticas das cidades”. Tecnicamente, houve avanços significativos nos últimos anos, que possibilitaram a compreensão mais apurada do Sistema Clima Urbano, principalmente em relação a sua dinâmica espacial e temporal (UGEDA JÚNIOR; AMORIM, 2016).

Em pesquisas cujo objeto de estudo está inserido nas áreas urbanas, a escolha das escalas temporal e espacial é muito importante, e o local das medições e a exposição dos instrumentos são diferentes em cada caso. Quanto aos métodos para avaliação do clima urbano, percebe-se que os pesquisadores têm utilizado principalmente as medições por estações fixas, estações móveis, transecto móvel e também por imagens de satélite (SANTOS, 2012).

O satélite “Landsat 5” tem sido utilizado como ferramenta para a análise climatológica e não somente para o monitoramento dos recursos terrestres. Seus dados digitais inseridos na imagem podem ser convertidos em valores de temperatura de superfície, através de um modelo matemático gerado pelo software de SIG, como é o caso do Spring. De acordo com o autor, para o estudo do campo térmico das cidades pode-se utilizar imagens de satélite de baixa e alta resolução. “As imagens Landsat TM (canal 6 – infravermelho térmico) podem ser utilizadas, por exemplo, no estudo da variação térmica infravermelha intraurbana através da superfície urbana” (MENDONÇA, 2003, p. 188).

Em trabalhos internacionais que abordam a temática do clima urbano, os métodos mais verificados são as medições por estações fixas e imagens de satélite. Os investimentos em estudos inerentes ao clima são bastante significativos nos países de “primeiro mundo” e por isso, muitos países possuem estações fixas espalhadas em seus territórios. Para Elagib (2011), Murphy et al. (2011), Pórolniczak et al. (2015), Theophilou; Serghides (2015), a utilização de estações meteorológicas fixas, associadas ou não as medições móveis, na investigação das variações termohigrométricas em áreas urbanas proporcionam uma grande vantagem: as medições estão disponíveis por mais tempo e a exatidão das medições é alta.

No Brasil, o investimento ainda é insuficiente e embora tenham sido realizadas muitas pesquisas em nível de mestrado e doutorado, ainda existem lacunas a serem debatidas. No Programa de Pós-graduação em Física Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso, por exemplo, muitos trabalhos foram desenvolvidos com base na linha de pesquisa sobre “Análise e Modelagem Microclimática de Sistemas Urbanos”.

Nos últimos cinco anos, Maciel (2014), Souza (2016), Ribeiro (2016), Paula (2016) e Rocha (2018), entre outros, avaliaram as interações microclimáticas de áreas da cidade de Cuiabá, França (2017) na cidade de Sorriso, Zavitoski (2018) em Sinop, cidades localizadas no interior do estado de Mato Grosso, Mota (2017) na cidade de Coari, interior do estado de Amazonas e Querino (2017), na cidade de Porto Velho, capital do estado de Rondônia.

Os autores avaliaram a influência do uso e ocupação do solo nas variações do clima urbano, a relação existente entre a formação de ilhas de calor e a configuração urbana, estratégias para minimização do desconforto causado pelo aumento das temperaturas, influência da arborização no clima, entre outros temas e obtiveram resultados relevantes.

2.4.1. Método do Transecto Móvel

O método do transecto móvel foi utilizado pela primeira vez por Schmidt, na cidade de Viena em 1930, sendo considerado um “instrumento verdadeiramente útil e

eficaz para o estudo das diferenças térmicas observadas entre cidades e seus arredores” (MINAKI; AMORIM, 2013).

É utilizado em estudos de clima urbano para obter informações sobre características de ilhas de calor urbanas, intensidade das ilhas de frescor, para investigar o efeito das configurações de uso do solo no microclima urbano e também para avaliar o conforto térmico. Nesses estudos, os sensores precisam coletar amostras com precisão sobre o microclima, considerando um ambiente físico que se modifica de forma dinâmica (HAB et al. 2015).

O método do transecto móvel foi empregado por Oke (1982), e no Brasil, por Maitelli (1994), Amorim (2002), Araújo et al. (2008), Alves (2010), Barros (2012), Santos (2012), Franco (2013), Rosseti (2013), Maciel (2014), Paula (2016), França (2017), Mota (2017), Querino (2017), Zavitoski (2018) e outros pesquisadores, cujos trabalhos demonstram os bons resultados deste procedimento.

Segundo Gartland (2010), o método do transecto móvel consiste na obtenção de dados meteorológicos ao percorrer um trajeto pré-definido dentro de um determinado local, seja este uma cidade ou regiões da cidade, bairros inteiros ou apenas algumas ruas do bairro, parques urbanos entre outros. Esse percurso pode ser feito a pé, de bicicleta, de motocicleta, com veículos automotores e transporte público (metrô e/ou trens urbanos). A extensão do transecto e a distância entre os pontos amostrados dependem dos objetivos do estudo e da finalidade. Utilizam-se instrumentos próprios que contenham medidores das variáveis meteorológicas a serem estudadas adaptadas em abrigos artesanais ou comercializadas.

Valin Jr et al. (2016), fizeram uma análise do desempenho termo-higrométrico de abrigos micrometeorológicos feitos com materiais alternativos em coletas de dados em pontos fixos. Foram avaliados abrigos fabricados com tubo de PVC horizontal, tubo de PVC vertical, pratos plásticos, pote de sorvete e de madeira com furos. O abrigo de PVC vertical e o de pote de sorvete foram os que apresentaram menor desempenho, não sendo recomendados. Na comparação dos abrigos, os autores verificaram que quanto maior for a intensidade de radiação solar global e quanto menor for a velocidade externa do ar, maiores serão as diferenças da temperatura do ar registradas.

Questões como os efeitos combinados de inércia do sensor, velocidade do ar, frequência de amostragem e velocidade da plataforma utilizada, devem ser cuidadosamente consideradas, uma vez que determinam a resolução espacial dos dados do transecto (ACHBERGER; BÄRRING, 1999).

Para realização de medições móveis, normalmente os sensores são instalados em veículos, na altura compreendida entre 1,25 a 2,00 metros acima do solo (Figura 7) ou carregados manualmente por uma pessoa ao longo de um trajeto na área de pesquisa. Para Tsing et al. (2016), fazer uma medição a pé significa que distâncias menores foram cobertas dentro de períodos de tempo ajustados em comparação com o percurso realizado com veículos automotores ou bicicleta, podendo permitir uma maior resolução espacial.

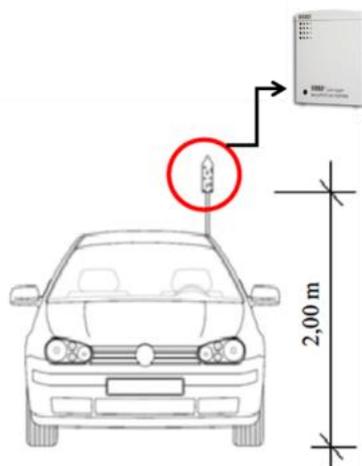


FIGURA 7 - Posição do abrigo no veículo e equipamento
FONTE: Adaptado de Santos, 2012

Para medições realizadas em percursos mais longos, necessitando a utilização de veículos automotores, o trajeto deve ser concluído em uma hora e a velocidade do veículo não deve ser superior a 40 km/h. Oke (1984) explica que as coletas das variáveis microclimáticas devem ser realizadas em dias condições de tempo atmosférico ideal, ou seja, céu limpo e ventos fracos. Os horários ideais para medição sugeridos pelo autor são as 08h, 14h, 20h e 02h. No Brasil, o Instituto Nacional de Meteorologia – INMET realiza as coletas às 12 h, 18 h e 00 h GMT (*Greenwich Mean Time*), que correspondem às 8 h, 14 h e 20 h dos horários locais.

Gartland (2010) ressalta que embora seja um método consideravelmente eficaz, existem algumas desvantagens, sendo uma das principais a impossibilidade de obter medições simultâneas de diferentes locais, a não ser que sejam realizadas por equipes de pelo menos duas pessoas. Além disso, recomenda que a coleta dos dados seja realizada em uma hora, deve-se evitar no percurso se aproximar de fontes de calor e esperar que o equipamento tenha tempo o suficiente para entrar em equilíbrio com as condições atmosféricas locais.

3. A CIDADE DE CUIABÁ

A cidade de Cuiabá, capital do Estado de Mato Grosso, objeto de estudo da presente pesquisa, está situada na região Centro-Oeste do Brasil. Especificamente, a pesquisa foi realizada numa área pertencente às regiões oeste e norte do município.

3.1. ASPECTOS FÍSICOS

A cidade de Cuiabá, capital do estado de Mato Grosso está localizada numa região conhecida como “depressão Cuiabana”, com coordenadas entre 15°10’ e 15° 50’ de latitude sul e 50°50’ e 50°10’ de longitude oeste e altitude média de 165 metros acima do nível do mar. A Figura 8 apresenta a localização de Cuiabá no Brasil e no estado de Mato Grosso, bem como a localização da área urbana no município.

O município possui uma área de 3.538,17 km², sendo 254,57 km² pertencentes à área urbana e 3.283,60 km² a área rural. Além do distrito-sede, pertencem ao município de Cuiabá, os distritos de Coxipó da Ponte, Coxipó do Ouro e Guia. (CUIABÁ, 2012).

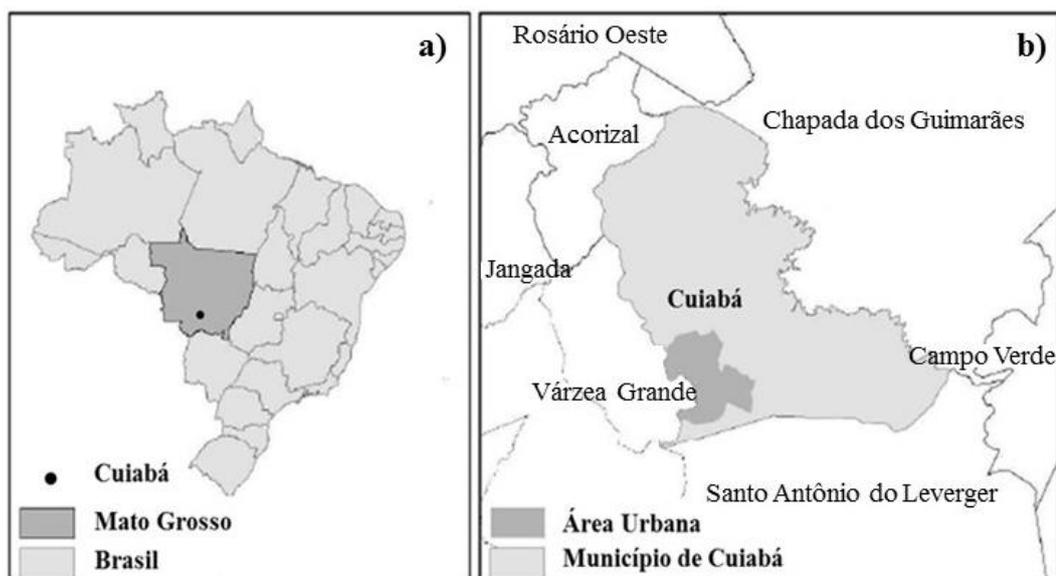


FIGURA 8 - Localização de Cuiabá no Brasil e no estado de Mato Grosso (a); Município de Cuiabá, delimitação da área urbana e municípios vizinhos (b)

FONTE: Alterado de Souza, 2016

A área urbana de Cuiabá está dividida em quatro regiões administrativas: Norte, Sul, Leste e Oeste (Figura 9). Cada região é dirigida por um administrador regional, que não se constitui em pessoa jurídica, ou seja, isento de autonomia política e/ou financeira (CUIABÁ, 2013).

Em relação à distribuição populacional, a região Leste possui 49 bairros e a máxima concentração populacional de Cuiabá, com 41,52%. A região Oeste é composta por 24 bairros e detém 20,34% dos habitantes do município. A região Sul, é a mais extensa em área territorial e a segunda maior região na análise populacional, com 35 bairros e 29,67% dos habitantes da capital cuiabana. Por fim, a região Norte, com 10 bairros, representando 8,47 % da população dessa cidade (CUIABÁ, 2013).

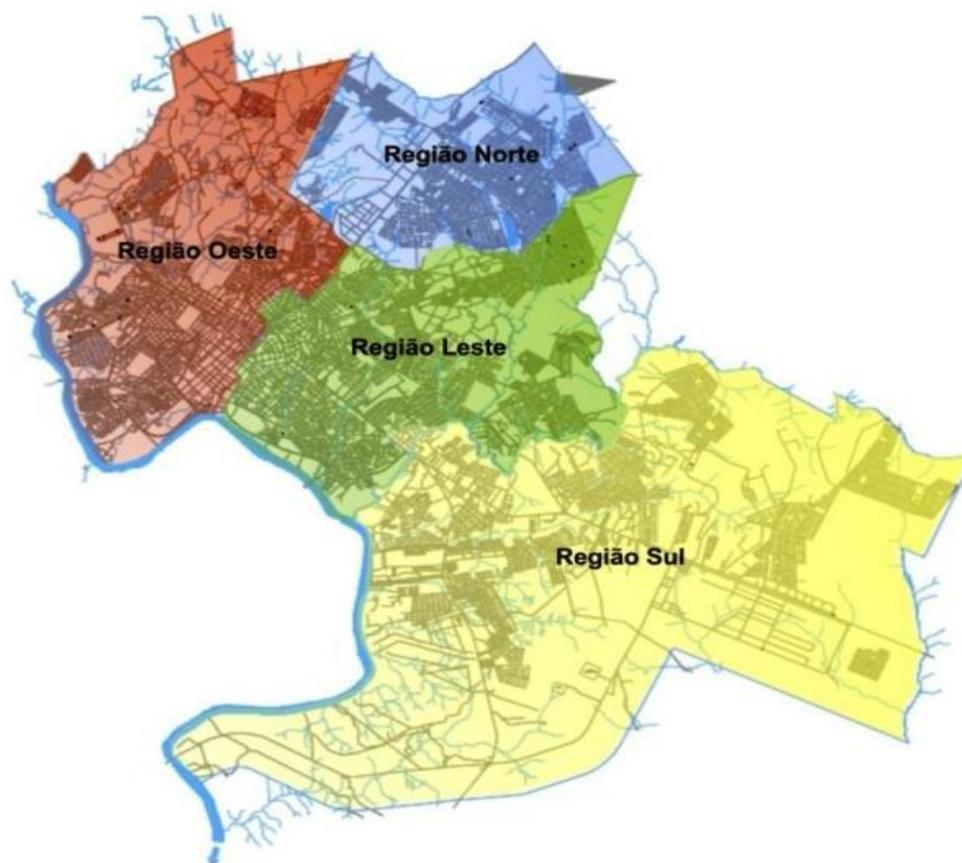


FIGURA 9 - Regiões administrativas de Cuiabá
FONTE: Cuiabá (2012)

3.2. EVOLUÇÃO URBANA

A cidade de Cuiabá surgiu através da expansão paulista, que procurava por índios e ouro na direção noroeste do Brasil, seguindo principalmente os rios Tietê e

Paraguai. As descobertas das “Lavras do Sutil” ocorreram em 1722, no morro do Rosário e a ocupação do que seria futuramente a parte central de Cuiabá, teve seu início na margem direita do Córrego da Prainha. O povoamento teve como limites naturais o morro do Rosário, à margem esquerda, e o morro da Boa Morte, à direita (CUIABÁ, 2012).

As buscas por ouro e a localização estratégica da Igreja Matriz incentivaram o povoamento da cidade no sentido Leste-Oeste. As ruas paralelas ao córrego da Prainha, onde foram encontradas as primeiras habitações que consolidaram o espaço urbano de Cuiabá, surgiram aos poucos, ao longo dos anos. Outro eixo de expansão da cidade de Cuiabá foi definido pela construção do porto, distante 1,5 km das “Lavras do Sutil”, na margem esquerda do rio Cuiabá. O porto ligava Cuiabá ao centro político-econômico do Brasil pela navegação nas bacias do Paraguai e da Prata (CUIABÁ, 2012).

Segundo Ferreira (2017), o povoado, que deu origem a cidade de Cuiabá, foi elevado à categoria de vila em 1727 e recebendo o nome de Vila Real do Senhor Bom Jesus de Cuiabá. A vila iniciou-se ao redor do Largo da Matriz, com a construção de prédios públicos para abrigar a administração portuguesa em Mato Grosso.

Cuiabá foi elevada à categoria de cidade em 1818 e em 1835, sendo declarada oficialmente, a capital provincial, anteriormente representada pela cidade Vila Bela da Santíssima Trindade, localizada na região oeste do estado, nas proximidades da divisa do Brasil com a Bolívia. O processo de urbanização originado pela transferência da capital para Cuiabá contribuiu para que a cidade começasse a ganhar as características que tem atualmente (IBGE, 2017; FANAIA, 2017).

Até o início da década de 60, o crescimento de Cuiabá ocorreu de forma lenta. O município contava cerca de 50 mil habitantes e em 1970 já havia ultrapassado a faixa de 100 mil habitantes. Nas duas décadas seguintes a população continuou a crescer, acolhendo novos migrantes. Em 1980 o censo demográfico do IBGE contabilizou mais de 200 mil habitantes, chegando a 400 mil habitantes em 1991 e a área urbana disponível passou a não comportar todo contingente populacional, ocasionando a ampliação do perímetro urbano através da elaboração de novas leis em 1974, 1978 e 1982 (CUIABÁ, 2012).

Com o objetivo de minimizar os impactos decorrentes do crescimento urbano desordenado, a intervenção do poder público tornou-se necessária. Eixos de crescimento foram definidos, destacando a implantação do campus da Universidade Federal do Mato Grosso e a criação de um Centro Político e Administrativo, para alojar o governo do estado (FACCHINETTO, 2008 apud SANTOS, 2012)¹.

Com relação à expansão do perímetro urbano de Cuiabá, nas últimas décadas este tem ocorrido com o surgimento dos condomínios fechados, que levou a Prefeitura a elaborar Leis Complementares para disciplinar os empreendimentos do tipo “condomínio horizontal”. Aqueles com mais de 30 mil m² ficaram sujeitos à elaboração de Relatório de Impacto Urbano, exigência depois alterada para Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV) e Relatório de Impacto de Vizinhança (RIV) (CUIABÁ, 2012).

Nos últimos anos, Cuiabá apresentou uma forma de urbanização acelerada e um aumento populacional significativo, que trouxeram como consequências uma série de mudanças na paisagem, no uso do solo urbano e no clima local. Em algumas áreas de Cuiabá, houve um aumento de edificações verticais, que absorvem e armazenam parte do calor durante o dia, emitindo-o durante a noite para a atmosfera, e, também, contribuem na alteração do fluxo natural da ventilação.

Embora ainda existam bairros da cidade com ruas não pavimentadas, a maior parte das superfícies do solo urbano foi impermeabilizada, com materiais como o concreto e asfalto e a diminuição das áreas verdes de Cuiabá se tornou cada vez mais perceptível, principalmente nas vias públicas. Nas obras da Copa do Mundo de 2014 foram realizados rasgos na cidade e houve a remoção da vegetação nas vias públicas para passagem de um veículo leve sobre trilhos, cuja obra até então, não foi concluída (SANTOS, 2012; PAULA, 2016).

A Figura 10 apresenta a evolução da área urbana do município de Cuiabá do século 18 até o ano de 2010.

¹ FACCHINETTO, J. Transformações urbanas em Cuiabá. **Revista Vitruvius**. Ano 08. 2008. Disponível em: <www.vitruvius.com.br/revistas> apud SANTOS, F. M. de M. **Influência da Ocupação do Solo na variação termo-higrométrica na cidade de Cuiabá-MT**. Cuiabá, 2012.102 f. Tese (Doutorado em Física Ambiental) – Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, 2012.

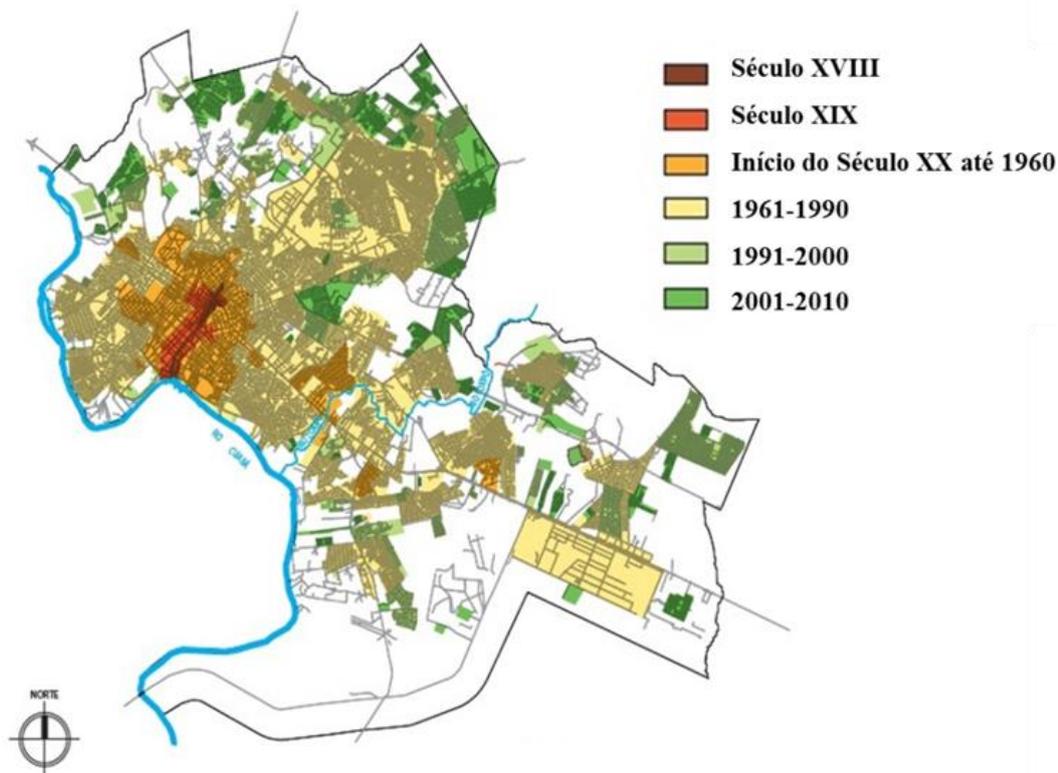


FIGURA 10 - Evolução da área urbana de Cuiabá

FONTE: Cuiabá, 2012

Cuiabá possui alguns pontos de referência que também são considerados locais que influenciam o clima urbano, podendo atuar como minimizadores do desconforto provocado pelo calor. Entre eles destacam-se parques urbanos como o Parque Dante de Oliveira, Mãe Bonifácia, Morro da Luz, Massairo Okamura, Zé Bolo Flô e mais recentemente os parques Tia Nair e das Águas, além de áreas com vegetação preservada e próximas de recursos hídricos, como as regiões adjacentes aos Rios Cuiabá e Coxipó.

Segundo dados do IBGE (2018), a população urbana do município de Cuiabá vem aumentando significativamente em relação a rural. Em 1980 registrou-se 92,96% da população total na área urbana, enquanto a população rural representava 7,04%. O aumento populacional de Cuiabá foi de aproximadamente 952% entre os anos de 1960 e 2010 e a população urbana que era de 57.860 habitantes em 1960 chegou a 551.098 habitantes em 2010, sendo destes 98,12% residentes na área urbana e apenas 1,87%, na área rural.

A população estimada para o ano de 2018 é de 607.153 habitantes e o IDH (Índice de Desenvolvimento Humano) é 0,785, de acordo com o último censo demográfico realizado em 2010 (IBGE, 2018).

3.3. ÁREA DE ESTUDO

A área definida para realização da pesquisa apresenta grande potencial de desenvolvimento no sentido norte da cidade de Cuiabá, já que no sentido sul, encontra-se uma barreira natural formada pelo Rio Cuiabá, que é a divisa da capital com a cidade de Várzea Grande. Além disso, até o presente momento não foram realizados estudos referentes às condições do clima urbano para essa região.

Especificamente, a área definida está localizada em partes das regiões administrativas Oeste e Norte de Cuiabá, sendo a maioria dela, na região Norte. Essas regiões se configuram como a principal ligação de Cuiabá ao noroeste e norte do estado de Mato Grosso, através da rodovia federal BR-251, que liga a capital à cidade de Chapada dos Guimarães e da rodovia estadual MT-010, conhecida como “Estrada da Guia” que liga Cuiabá a cidades como Rosário Oeste e Nobres, sendo essa última muito visitada por turistas.

A presença de áreas verdes, remanescentes de matas ciliares, maciços de vegetação, fundos de vale e espaços urbanos sem ocupação, são características dessa região que não podem ser desconsideradas. No interior e nas proximidades da delimitação da área de análise, além das áreas verdes pertencentes às matas ciliares de cursos d’água e a vegetação remanescente, dos espaços vazios, das áreas públicas e das edificações, destaca-se a presença de dois parques urbanos: o Parque das Águas (no interior da área de pesquisa) e o Parque Massairo Okamura, ambos com vegetação considerável.

A Figura 11 apresenta a área urbana de Cuiabá com as regiões administrativas, a delimitação da área de pesquisa e áreas verdes em suas proximidades.

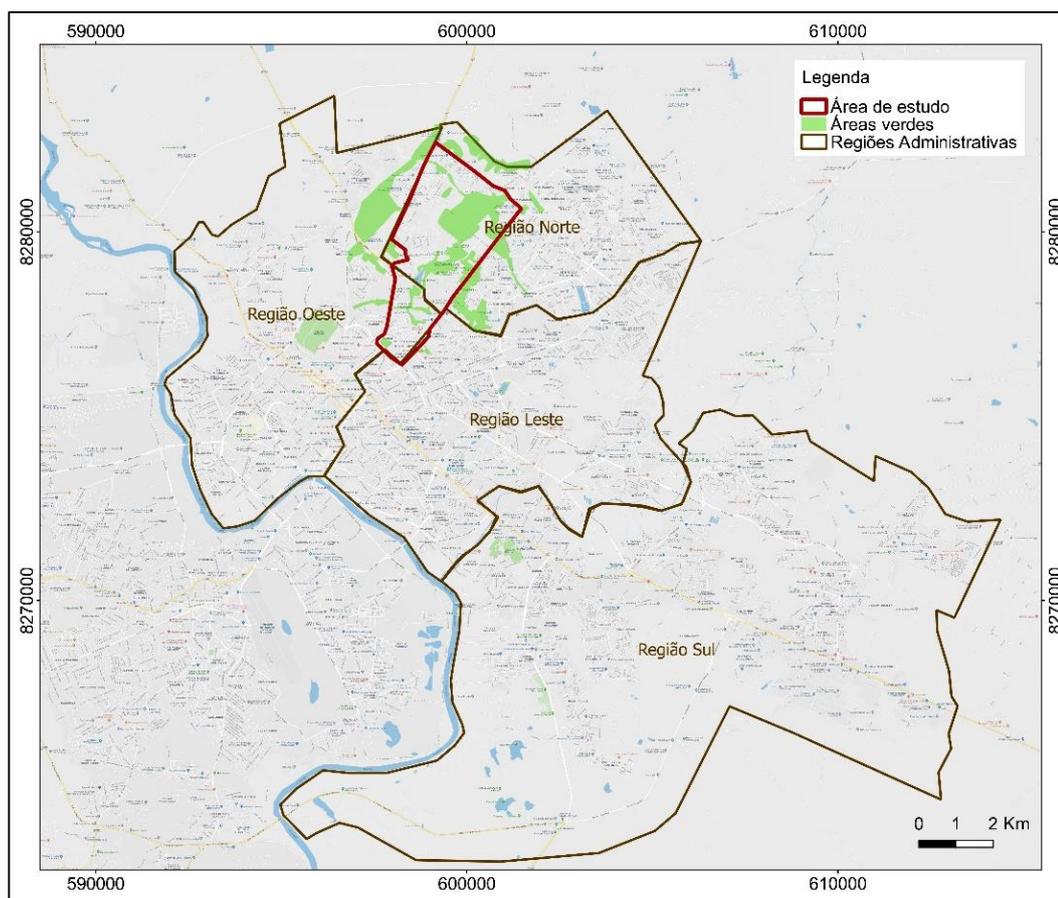


FIGURA 11 - Localização da área de estudo na área urbana de Cuiabá e representação das áreas verdes

A área de pesquisa abrange cinco grandes bairros de Cuiabá, sendo quatro localizados na região Norte e um deles na região Oeste, próximo à rodoviária. Na região Oeste, o bairro é o denominado Alvorada, com 2,39 km² de área aproximadamente e na região Norte, os quatro bairros são o Paiaguás com cerca de 1,20 km² de área, Jardim Florianópolis (cerca de 1,0 Km²), Jardim Vitória (cerca de 1,04 km²) e Centro Político Administrativo (cerca de 4,97 km² de área).

Os quatro bairros pertencentes à região Norte são compostos por 14 localidades e área de expansão urbana. Nesses locais encontram-se loteamentos regulares, assentamentos informais, núcleos habitacionais, condomínios e desmembramentos. A maior área destinada a expansão urbana está localizada nas proximidades desses bairros, principalmente no Jardim Vitória (CUIABÁ, 2013).

Na região oeste, o bairro Alvorada é composto por 13 localidades e área de expansão urbana, embora em menor proporção com relação ao bairro Jardim Vitória.

Nessas localidades encontram-se loteamentos regulares, assentamentos informais, núcleos habitacionais e condomínios verticais (CUIABÁ, 2013).

A Figura 12 apresenta a localização dos bairros pertencentes às regiões Norte (a) e Oeste (b) de Cuiabá, com destaque para os que estão situados especificamente na área de estudo.

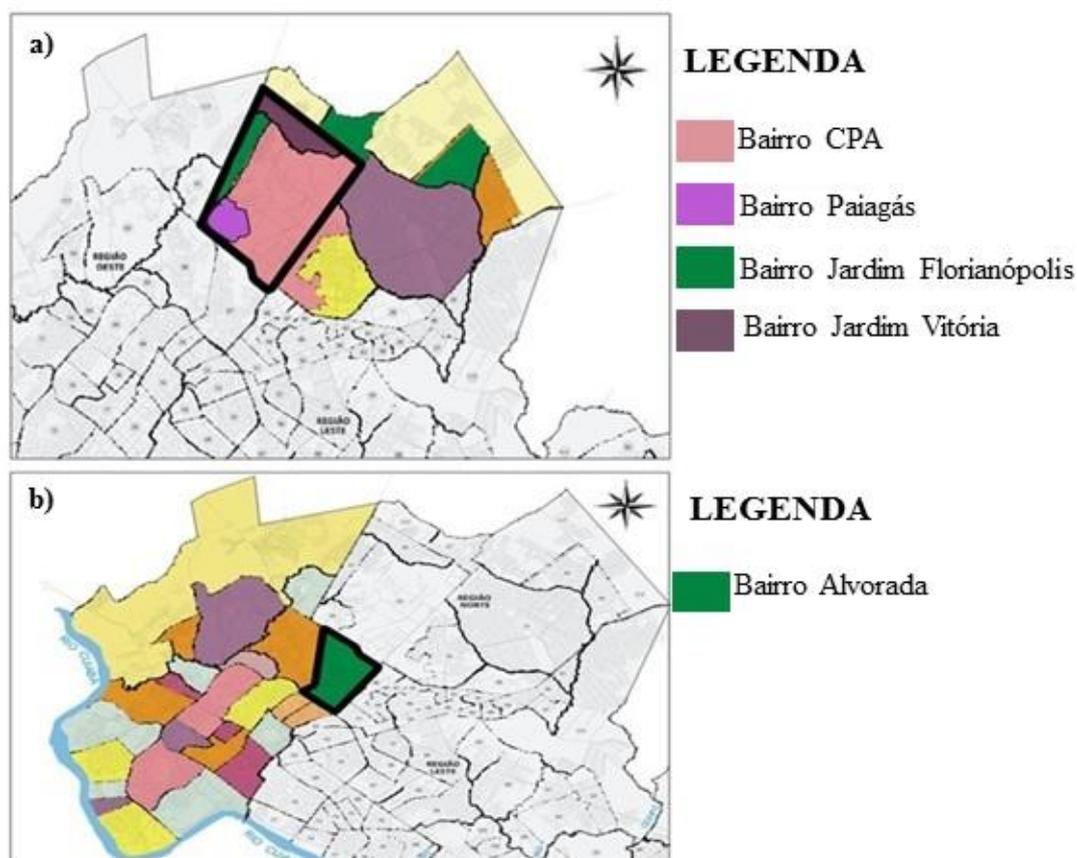


FIGURA 12 - Região Norte (a) e Oeste (b) de Cuiabá - MT
FONTE: Adaptado de Cuiabá, 2013

Com relação a densidade demográfica (Tabela 1), os bairros Alvorada e Jardim Vitória se destacam como sendo os que possuem maiores densidades, classificadas como altas. Já os bairros Paiaguás, Jardim Florianópolis e Centro Político Administrativo, possuem densidades médio-altas. Densidade baixa foi verificada em parte do bairro Centro Político Administrativo.

TABELA 1 - Densidade demográfica dos bairros das regiões Norte e Oeste

| Regiões | Bairros | Área (km²) | Densidade demográfica (hab./ha) | Classificação de densidade demográfica |
|----------------|--------------------------------|------------------------------|--|---|
| Oeste | Alvorada | 2,39 | 57,40 a 86,02 | Alta |
| | Paiaguás | 1,20 | 28,77 a 57,40 | Médio-alta |
| | Jardim Florianópolis | 1,00 | 28,77 a 57,40 | Médio-alta |
| Norte | Jardim Vitória | 1,04 | 57,40 a 86,02 | Alta |
| | Centro Político Administrativo | 4,97 | 0 a 11,04 28,77 a 57,39 | Baixa Médio-alta |

Embora a área de estudo ainda possa ser considerada uma área urbana com potencial de expansão em Cuiabá, no entorno da rodovia (BR-251), na saída para o município de Chapada dos Guimarães encontram-se loteamentos consolidados, condomínios fechados, atividades comerciais e institucionais, como a escola pertencente à Fundação Bradesco. Segundo Cuiabá (2013), o início da urbanização dessa região foi na década de 1960 e tendo um maior incentivo nos últimos dez anos.

Cada bairro possui características específicas com relação ao uso e ocupação do solo, mas quando pertencem à mesma região, tendem a ser similares nesses termos. Os bairros Paiaguás, Jardim Florianópolis e Jardim Vitória, pertencentes a região norte de Cuiabá, são os que mais se assemelham com relação as características de uso e ocupação do solo, com condições urbanas precárias e ausência de infraestrutura urbana básica, como vias pavimentadas, canalização de esgotos, coleta de resíduos, limpeza de lotes, entre outros, em parte de seus territórios. Com relação ao uso do solo, há predominância de usos mistos, com áreas residenciais, comerciais e institucionais, como de educação, de transporte e armazenamento.

O bairro Centro Político Administrativo possui características distintas com relação aos demais. Na área de pesquisa, é o bairro no qual estão localizadas a maior parte de áreas verdes, entre elas dois parques urbanos. Abriga áreas institucionais relevantes (prédios do Governo Estadual), comerciais (Lojas e Shopping) e residenciais. Já o bairro Alvorada, pertencente à região Oeste de Cuiabá, possui áreas comerciais consolidadas, com serviços de alojamento (hotéis) e alimentação, de transporte e armazenamento (terminal rodoviário) e residenciais.

Com relação ao zoneamento, conforme a Lei de Uso, Ocupação e Urbanização do Solo de Cuiabá, os bairros da região norte pertencem a Zonas Urbanas de Uso Múltiplo (ZM), Zona Especial de Interesse Social (ZEIS), Zonas de Expansão Urbana

(ZEX) e Zonas de Interesse Ambiental (ZIA), sendo essa última, presente nas proximidades dos parques urbanos e matas ciliares. Já o bairro Alvorada, na região oeste, pertence a duas Zonas Urbanas, a de uso múltiplo (ZM) e Zona Especial de Regularização (ZERE) (CUIABÀ, 2011).

As Zonas de Urbanas de Uso Múltiplo, são regiões da cidade nas quais são permitidas a integração de vários usos do solo e atividades, desde que sejam compatíveis com a vizinhança. As Zonas Especiais de Interesse Social são áreas urbanas constituídas por parcelamentos irregulares, conjuntos habitacionais irregulares e se caracterizam como locais de moradia de população de baixa renda, que por seu grau de consolidação são passíveis de regularização. As Zonas de Expansão Urbana configuram-se como áreas não parceladas destinadas à ampliação da ocupação urbana (CUIABÀ, 2011).

Já as Zonas de Interesse Ambiental, dividem-se em três categorias, que se subdividem em áreas públicas ou privadas com potencial ambiental, com ou sem a presença de corpos hídricos, fundos de vale, áreas de preservação permanente e áreas lindeiras às de preservação permanente. As Zonas Especiais de Regularização são áreas que possuem parcelamentos irregulares perante o Município ou Cartório de Registro de Imóveis (CUIABÀ, 2011). A Figura 13 apresenta parte do mapa de zoneamento de Cuiabá, com delimitação da área de pesquisa.

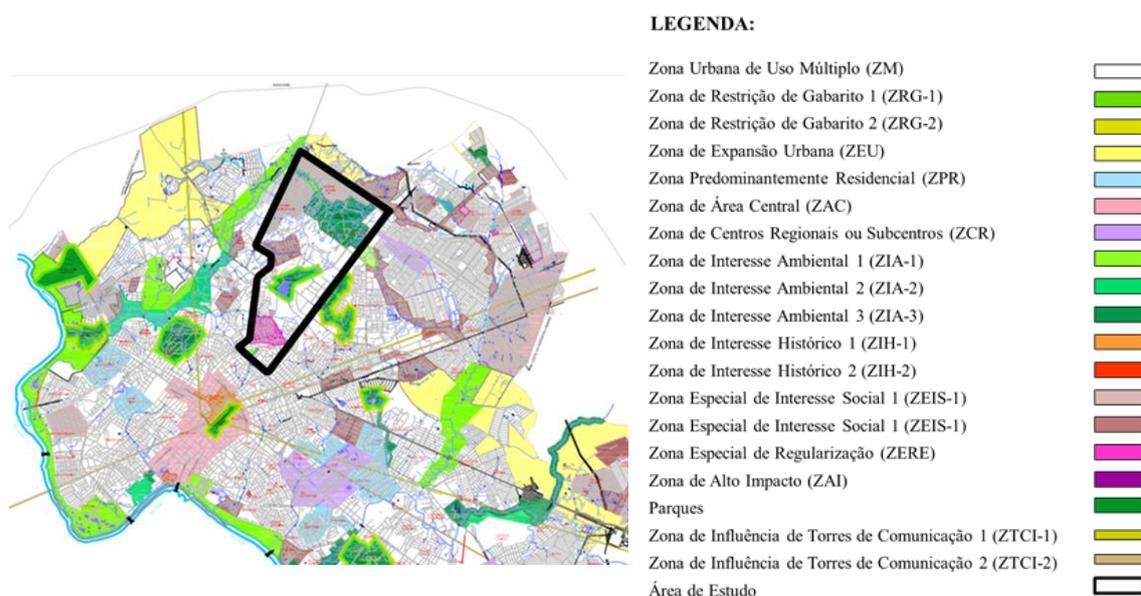


FIGURA 13 - Zoneamento de Cuiabá, com delimitação da área de pesquisa

FONTE: Adaptado de Cuiabá, 2013

A definição dessa área específica para estudo em Cuiabá, baseou-se no fato de ser uma região que apresenta importante potencial de desenvolvimento e que ainda não foi explorada em estudos. Além disso, não há tanta sobreposição de processos de evolução urbana, já que o seu desenvolvimento se apresentou de forma mais significativa a partir da década de 1960, na parte pertencente à região Oeste e do ano 2000 na maior parte da região norte.

A perceptível sensação de frescor sentida pela população à medida que se distancia da área central de Cuiabá, principalmente no deslocamento para o sentido norte, também foi considerada na definição da área de estudo. Por ser uma área com características de zonas de expansão, acredita-se que essa sensação pode estar relacionada à presença de áreas verdes e a uma menor influência do calor antropogênico proveniente das regiões densamente urbanizadas, podendo ocorrer uma diminuição da temperatura do ar e um aumento da umidade relativa do ar.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho foi dividido em etapas nas quais foram adotados diferentes instrumentos e procedimentos para coleta e análise de dados. As etapas definidas estão descritas a seguir.

4.1. MEDIÇÃO DAS VARIÁVEIS MICROCLIMÁTICAS EM ESTAÇÃO FIXA

Para avaliação das variáveis microclimáticas do ano 2017/2018, foram utilizados dados referentes à temperatura do ar, umidade relativa do ar e precipitação, coletados por uma estação fixa: a Estação Meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (Figura 14). Dados da Estação Meteorológica do Aeroporto Internacional Marechal Rondon, também foram considerados (disponíveis em www.wunderground.com).



FIGURA 14 - Estação fixa do INMET

FONTE: Google Earth Pro, 2018

A estação fixa automática do Instituto Nacional de Meteorologia é uma estação oficial e está localizada nas dependências da 13ª Brigada de Infantaria Motorizada situada na Avenida Historiador Rubens de Mendonça, com latitude de $15^{\circ}33'33.5''S$, longitude $56^{\circ}03'46.6''O$ e altitude de 242 metros. Já a estação Meteorológica do Aeroporto Internacional Marechal Rondon, está localizada com latitude de $15^{\circ}39'01''S$ e longitude de $56^{\circ}07'03''O$ e altitude de 182 metros. Devido as características de cobertura do solo em suas proximidades, respeitando-se o raio de

200 metros de influência, de acordo com Oke (2004), os dados desta estação foram utilizados na presente pesquisa para identificação da ilha de calor urbana.

Quanto à estação do INMET, a instituição parceira (13ª Brigada de Infantaria Motorizada) abriga a estação meteorológica seguindo as recomendações do instituto, que através de uma nota técnica explicam que a estação meteorológica deve ser instalada em uma base física, em área livre de obstruções naturais e edificações, devendo estar situada em área gramada mínima de 14 metros por 18 metros, cercada por tela metálica. Os sensores e demais instrumentos devem ser fixados num mastro metálico de 10 metros de altura, aterrado eletricamente e protegido por para-raios. Os equipamentos para as medições de chuva (pluviômetro) e radiação solar, bem como a antena para a comunicação, ficam situados fora do mastro, mas localizados no interior do cercado (INMET, 2011).

Nas estações automáticas do INMET a medição dos parâmetros meteorológicos (temperatura, umidade, pressão atmosférica, precipitação, direção e velocidade dos ventos, radiação solar) é feita através de sensores específicos e os dados são aferidos em intervalos de minuto a minuto, posteriormente integralizados para o período de uma hora e disponibilizados via satélite ou via telefonia celular para a sede do Instituto de Meteorologia, localizada em Brasília-DF. O conjunto dos dados recebidos é validado, através de um controle de qualidade e armazenado em banco de dados, sendo disponibilizados gratuitamente via internet (INMET, 2018).

Para realização da presente pesquisa, foram utilizados os dados referentes à temperatura do ar, umidade relativa do ar, precipitação, velocidade e direção dos ventos durante todo o período de coleta de dados que se iniciou em novembro de 2017 e foi concluído em outubro de 2018. Esses dados horários foram somados e uma média diária foi definida para que os 365 dias do ano de delimitação da pesquisa, ou seja, de 01/11/2017 a 31/10/2018, pudessem ser considerados.

Os dados de referência fornecidos pela estação fixa foram comparados, por coleta, com os valores médios dos dados coletados pelo método do transecto móvel. Foi realizado o teste estatístico não-paramétrico de Wald-Wolfowitz para independência e estacionariedade, ou seja, para verificar a tendência e homogeneidade dos dados. No entanto, não foram verificadas tendências significativas entre os dados analisados.

4.2. MEDIÇÃO DE TEMPERATURA DO AR E UMIDADE REATIVA DO AR PELO MÉTODO DO TRANSECTO MÓVEL

Foram coletados dados de temperatura do ar e umidade do ar em diferentes períodos do ano de 2017-2018, por meio do método do transecto móvel. As coletas dos dados foram realizadas em dias específicos de cada mês, totalizando vinte e cinco dias de dados coletados (Tabela 2) e classificados de acordo com a estação do ano e respectivo período sazonal. Os dias foram definidos tendo como base as recomendações de Oke (1982), com condições de tempo atmosférico ideal, ou seja, céu limpo e ventos fracos.

TABELA 2 - Período de medição pelo método do transecto móvel

| MÊS | DIAS | ESTAÇÃO | PERÍODO |
|---------------|-------------|-----------|--------------|
| NOVEMBRO/2017 | 07. 12 e 24 | Primavera | Quente-úmido |
| DEZEMBRO/2017 | 15 e 16 | Primavera | Quente-úmido |
| JANEIRO/2018 | 20 | Verão | Quente-úmido |
| MARÇO/2018 | 12 | Verão | Quente-úmido |
| ABRIL/2018 | 08 e 24 | Outono | Quente-úmido |
| MAIO/2018 | 02 e 10 | Outono | Quente-seco |
| JUNHO/2018 | 11 | Outono | Quente-seco |
| | 26 e 30 | Inverno | Quente-seco |
| JULHO/2018 | 04,13 e 19 | Inverno | Quente-seco |
| AGOSTO/2018 | 10, 27 e 31 | Inverno | Quente-seco |
| SETEMBRO/2018 | 05 e 12 | Inverno | Quente-seco |
| | 25 | Primavera | Quente-úmido |
| OUTUBRO/2018 | 14 e 26 | Primavera | Quente-úmido |

No mês de fevereiro de 2018 não foi possível realizar as medições devido às condições do tempo, características da estação quente-úmida, com precipitações praticamente em todos os dias do mês. Além disso, vale ressaltar que no estado de Mato Grosso, as chuvas foram volumosas e quase ininterruptas desde dezembro de 2017. A volta do fenômeno *La Niña* de intensidade fraca foi um agravante verificado, principalmente na primavera, considerada a estação mais instável de todas (INMET, 2018).

A metodologia para a coleta dos dados de temperatura do ar e umidade do ar consistiu na definição de uma região da cidade de Cuiabá e um trajeto para realização do transecto móvel, com pontos pré-definidos. O trajeto se iniciou na Rua Jules Rimet, em frente à rodoviária de Cuiabá (Ponto 1), seguindo sentido Chapada dos Guimarães

até onde se localiza a Escola da Fundação Bradesco. Em seguida, atravessou-se o Bairro Jardim Vitória até a Avenida Historiador Rubens de Mendonça, na qual se seguiu até a Avenida Miguel Sutil, finalizando o trajeto no mesmo local onde o mesmo se iniciou.

A definição do trajeto levou em consideração os objetivos do presente estudo, como o de avaliar uma área urbana pertencente a zonas de expansão, ainda não analisada, onde não há tanta sobreposição de processos de evolução urbana, uma vez que seu desenvolvimento foi mais significativo nas últimas décadas.

A Figura 15 apresenta a área de estudo com localização dos pontos fixos e sentido do trajeto, que teve extensão total de aproximadamente 15,6 km, passando por bairros das regiões oeste (Bairro Alvorada) e norte de Cuiabá (Bairro Paiaguás, Jardim Florianópolis, Jardim Vitória e Centro Político Administrativo).

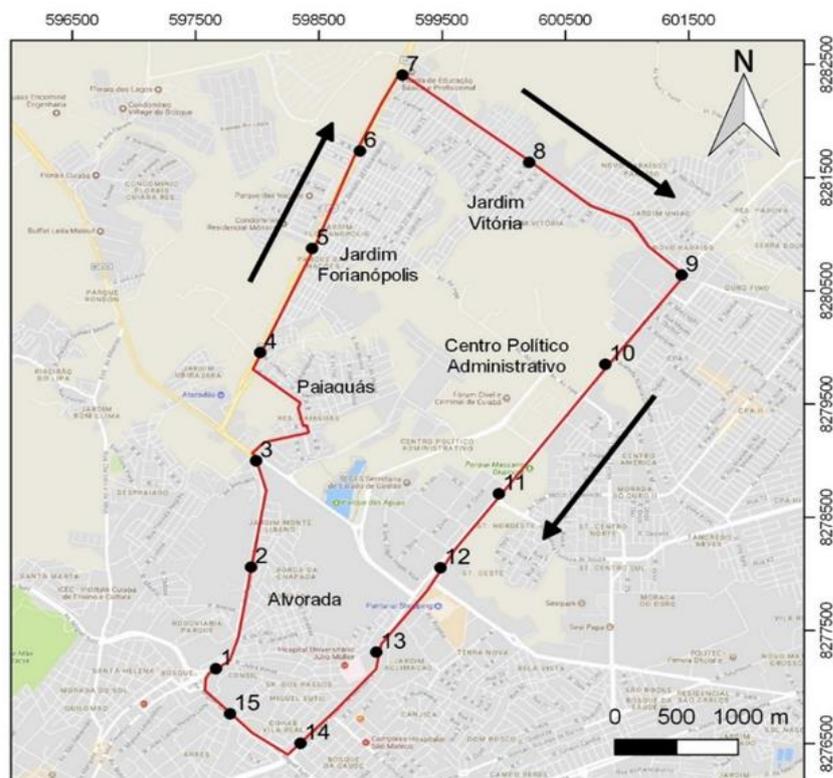


FIGURA 15 - Área de estudo com localização dos pontos fixos e sentido do trajeto
FONTE: Adaptado de Google Earth Pro, 2018

Para coleta dos dados foi utilizado um sensor tipo *datalogger* de temperatura do ar e umidade do ar da marca Onset, modelo U12-013 posicionado na lateral de um veículo automotor, há aproximadamente 2,00 metros do solo, protegido por um abrigo

alternativo de PVC (Figura 16). A precisão do sensor de umidade é de $\pm 2,5\%$ operando com intervalo de medições programável entre 1 segundo a 18 horas, e o sensor de temperatura com precisão de $\pm 0,35^{\circ}\text{C}$ e resolução de $0,03\%$. Os dados do sensor tipo *datalogger* foram importados e exportados com a utilização do software BHW-PRO, disponibilizado em conjunto ao dispositivo.



FIGURA 16 - Veículo com equipamento posicionado

Um GPS/MAP da marca Garmin, modelo Etrex Legend foi utilizado para obtenção das coordenadas geográficas angulares e UTM (Universal Transversa de Mercator) dos pontos definidos para medição. A Figura 17 apresenta o sensor tipo *datalogger* e o GPS utilizados.

Durante todo o trajeto, as medições foram realizadas com velocidade do veículo de no máximo 40 km/h, iniciando-se pontualmente às 20:00 horas, horário local de Cuiabá, no período máximo de uma hora, no qual as temperaturas do ar não apresentam mudanças significativas devido à ausência da radiação solar. Além disso, Oke (1982) explica que é após o pôr do sol que a ilha de calor atinge sua intensidade máxima.

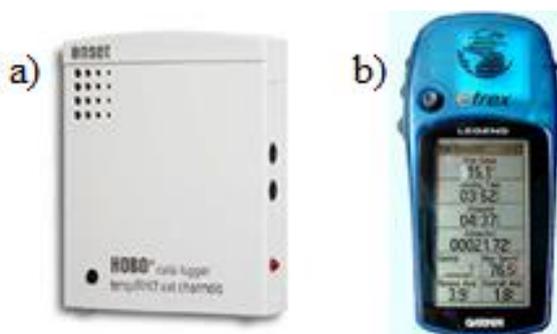


FIGURA 17 - Datalogger Onset U12-013 (a) e GPS Garmin (b)

O horário das coletas de dados foi o recomendado pela Organização Mundial de Meteorologia (OMM) para o período noturno adaptado ao fuso horário local, ou seja, às 20h (00:00h UTC). Nos meses de novembro e dezembro de 2017 e janeiro de 2018, as medições foram realizadas no horário de 21:00 horas devido ao horário brasileiro de verão, que corresponde às 20:00 horas habituais recomendada para realização da coleta de dados. Segundo Maitelli (1994) este horário é o mais apropriado para evidenciar a contribuição da ocupação e uso do solo nas variações microclimáticas em áreas urbanas.

Foram definidos 16 pontos para coleta dos dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar, parando-se em cada ponto por dois minutos, obtendo-se doze dados instantâneos no local de parada, dos quais foram considerados dez dados, descartando-se os dois primeiros para estabilização do equipamento.

Os dados coletados pelo método do transecto móvel foram analisados por período sazonal, considerando a divisão entre os mesmos pelas estações do ano, ou seja, o período quente-seco corresponde as estações de outono e inverno e o período quente-úmido, as estações de primavera e verão. Foi realizada a análise estatística, através de um teste não-paramétrico denominado *Bootstrap* com 500 reamostragens e cálculo dos intervalos de confiança com nível de 95%. Este teste foi realizado para estimar de modo mais preciso os intervalos de confiança.

4.2.1. Características dos Pontos Fixos do Transecto Móvel

Os dezesseis pontos fixos do transecto móvel foram definidos com base nas diferentes características de uso e ocupação do solo urbano da área estudada, altitude e distância aproximada entre os pontos, variando de 1 a 2 km entre cada parada.

No início da coleta de dados, o acesso principal a rodovia federal BR-251 através da Avenida República do Líbano, foi interdito para realização da obra de uma trincheira para viabilização do tráfego da região. Devido a este fato, o trajeto inicialmente planejado precisou ser alterado, passando-se por um desvio no Bairro Paiaguás, mas os pontos de medição não tiveram alterações na sua localização. A Tabela 3 apresenta os dados de localização, com as coordenadas UTC e a altitude de cada ponto fixo.

TABELA 3 - Dados de localização e altitude dos pontos fixos

| Pontos fixos do Transecto Móvel | | | |
|--|----------------|----------------|---------------------|
| Ponto | X (UTM) | Y (UTM) | Altitude (m) |
| 1 e 16 | 597676.63 | 8277161.20 | 208 |
| 2 | 597957.64 | 8278050.15 | 184 |
| 3 | 598021.82 | 8278973.74 | 212 |
| 4 | 598040.98 | 8279956.87 | 192 |
| 5 | 598465.10 | 8280875.12 | 202 |
| 6 | 598867.04 | 8281764.79 | 192 |
| 7 | 599192.47 | 8282401.77 | 190 |
| 8 | 600227.49 | 8281623.67 | 226 |
| 9 | 601442.47 | 8280650.18 | 247 |
| 10 | 600824.22 | 8279850.60 | 225 |
| 11 | 599964.94 | 8278713.22 | 215 |
| 12 | 599415.73 | 8278012.49 | 220 |
| 13 | 598967.14 | 8277309.55 | 246 |
| 14 | 598344.77 | 8276505.15 | 212 |
| 15 | 597792.62 | 8276769.41 | 193 |

O primeiro ponto de medição, que também é o último ponto mensurado, denominado Ponto 1/16 (P1/P16), está localizado na Avenida República do Líbano, em frente ao terminal rodoviário de Cuiabá (sentido norte), na região Oeste do município pertencente ao bairro Alvorada (Figura 18). Caracteriza-se pelo grande fluxo pessoas e de veículos durante todo o dia e quanto à ocupação do solo, há predomínio de estabelecimentos comerciais e serviços como hotéis, farmácias, conveniências, postos de gasolina, características comuns de áreas próximas às estações rodoviárias.



FIGURA 18 - Ponto 1/16 (P1/P16) - Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia do local

O segundo ponto, denominado Ponto 2 (P2), está localizado na Avenida República do Líbano nº 3251, também no bairro Alvorada, há aproximadamente 1 km

do ponto anterior (Figura 19). Está localizado numa região de baixada com presença de vegetação ciliar e curso d' água em suas proximidades. Caracteriza-se pelo considerável fluxo de veículos, principalmente por se localizar num dos principais acessos aos bairros da região norte de Cuiabá e rodovias como a BR-251 sentido Chapada dos Guimarães e a MT-010, sentido distrito da Guia.



FIGURA 19 - Ponto 2 (P2) - Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia do local

O terceiro ponto, denominado Ponto 3 (P3), está localizado no cruzamento da Av. República do Líbano com a Avenida Dr. Hélio Ribeiro, num Posto de Gasolina (Figura 20). Da mesma forma que os pontos anteriormente, caracterizam-se pelo intenso fluxo de veículos durante todos os períodos do dia. Quanto à ocupação, percebe-se uma densa ocupação do solo urbano com predomínio de áreas impermeabilizadas e vegetação encontrada apenas no interior dos lotes, mas em pequena escala.



FIGURA 20 - Ponto 3 (P3) - Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia do local

O quarto ponto, denominado Ponto 4 (P4), é o primeiro localizado na BR-251, na saída do bairro Paiaguás, pertencente a região Norte de Cuiabá (Figura 21). Devido ao desvio, a distância entre o ponto anterior e este é mais longo pela necessidade de se adentrar ao bairro Paiaguás. Este ponto de medição caracteriza-se pelo grande fluxo de veículos em velocidade alta por se tratar de uma rodovia, embora seja uma região de perímetro urbano. A ocupação da área é predominantemente residencial, com presença de áreas com vegetação remanescente no interior e fora dos bairros, matas ciliares, solo exposto, terrenos vagos e algumas ruas no interior dos bairros sem pavimentação.

No início das coletas dos dados, a BR-251 encontrava-se em fase de obras de duplicação, com pistas sem pavimentação, sinalização e iluminação pública. Esse trecho em obras estendeu-se durante todo o trajeto na rodovia, abrangendo os pontos 4 (P4), 5 (P5) e 6 (P6). A pavimentação foi executada no mês de dezembro de 2017, a sinalização em meados do mês de junho de 2018 e a iluminação pública apenas nas proximidades do Ponto 4, em outubro de 2018. Nos demais pontos de coleta na rodovia, a iluminação não foi colocada até o presente momento.



FIGURA 21 - Ponto 4 (P4) - Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia do local

O quinto ponto, denominado Ponto 5 (P5), é o segundo localizado na BR-251, nas proximidades do bairro Jardim Florianópolis à direita e alguns condomínios residenciais, à esquerda, em frente a um supermercado (Figura 22). Caracteriza-se pelo significativo fluxo de veículos em alta velocidade e no início das coletas, um maior trecho em obras de duplicação. A ocupação da área é predominantemente residencial, com comércio nas proximidades das pistas e presença de áreas com vegetação

remanescente no interior e fora dos bairros, espaços com solo exposto, terrenos sem ocupação e com ruas no interior dos bairros sem pavimentação.



FIGURA 22 - Ponto 5 (P5) - Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia do local

Já o sexto ponto, denominado Ponto 6 (P6), também se localiza diretamente na BR-251, nas proximidades de uma rotatória, no bairro Jardim Florianópolis e alguns condomínios residenciais, pertencente a região norte de Cuiabá (Figura 23). Caracteriza-se pelo grande fluxo de veículos e presença de estabelecimentos comerciais em suas proximidades. A ocupação da área é predominantemente residencial, com pouca vegetação remanescente, espaços maiores com solo exposto e algumas ruas no interior dos bairros sem pavimentação no início das coletas e atualmente pavimentada.



FIGURA 23 - Ponto 6 (P6) - Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia do local

O sétimo ponto, denominado Ponto 7 (P7), localiza-se na Avenida José Estevão Torquato da Silva, no início do bairro Jardim Vitória e em frente à Escola da Fundação Bradesco (Figura 24). Caracteriza-se pelo grande fluxo de veículos, por ser a principal

via trafegável do bairro, com linhas de transporte público e ligação direta à região do Bairro CPA e demais bairros pertencentes à região norte de Cuiabá. A ocupação da área é mista, com áreas residenciais, institucionais e comerciais, com pouca vegetação remanescente, espaços vagos maiores e ruas no interior dos bairros pavimentadas.



FIGURA 24 - Ponto 7 (P7) - Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia do local

Já o oitavo ponto de medição, denominado Ponto 8 (P8), também localizado na Avenida José Estevão Torquato da Silva, no bairro Jardim Vitória, está em frente à Escola Municipal de Educação Básica Dejeni Ribeiro Campos (Figura 25). Da mesma forma que o Ponto 7, caracteriza-se pelo grande fluxo de veículos, mas com velocidade reduzida por ser um acesso de entrada ao bairro, ocupação densa de uso misto, com áreas institucionais, residenciais e comerciais, com pouca vegetação e ruas de acesso ao interior do bairro com e sem pavimentação.

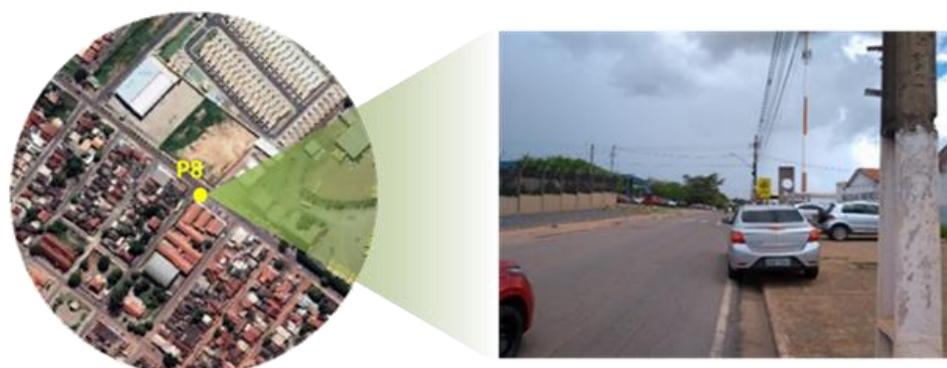


FIGURA 25 - Ponto 8 (P8) - Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia do local

O nono ponto de medição, denominado Ponto 9 (P9), é último localizado na Av. José Estevão Torquato da Silva, no bairro Jardim Vitória, já no cruzamento com

a Avenida Historiador Rubens de Mendonça, popularmente conhecida como Avenida do CPA (Figura 26). Da mesma forma que o Ponto 8, caracteriza-se pelo grande fluxo de veículos, por ser a principal ligação para os Bairros com grande densidade populacional, como Primeiro de Março, Três Barras e Morada da Serra. A ocupação é de uso misto, com áreas residenciais e comerciais, solo exposto em alguns lotes e ruas pavimentadas.



FIGURA 26 - Ponto 9 (P9) - Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia do local

Já o décimo ponto, denominado Ponto 10 (P10), é primeiro ponto do percurso localizado na Av. Historiador Rubens de Mendonça sentido sul (Figura 27). Caracteriza-se pelo considerável fluxo de veículos, por ser a principal ligação dos bairros a região central de Cuiabá, cortando a cidade no sentido norte-sul, com velocidade regulamentada de 60 km/h. O ponto 10 está localizado numa baixada com presença de vegetação remanescente, nas proximidades do IBAMA, entre regiões densamente urbanizadas.



FIGURA 27 - Ponto 10 (P10) - Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia do local

No décimo primeiro ponto, denominado Ponto 11 (P11), também localizado na Av. Historiador Rubens de Mendonça, em frente ao Parque Massairo Okamura, próximo ao acesso à Avenida Leônidas P. Mendes, um dos principais acessos a região leste da capital (Figura 28). Caracteriza-se pelo intenso fluxo de veículos durante todo o dia, com velocidade regulamentada de 60 km/h. O ponto 11 está localizado numa área com presença de vegetação, nas proximidades da FIEMT e da região onde estão localizados os edifícios do Governo Estadual.



FIGURA 28 - Ponto 11 (P11) - Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia do local

Já o décimo segundo ponto, denominado Ponto 12 (P12), também localizado na Avenida Historiador Rubens de Mendonça, caracteriza-se pelo intenso fluxo de veículos, principalmente por situar-se ao lado do principal retorno da referida avenida, em frente a Secretaria de Estado da Fazenda (SEFAZ), próximo ao Shopping Pantanal (Figura 29). O ponto 12 está localizado numa área densamente urbanizada, com ruas pavimentadas, com vegetação arbórea nas proximidades.



FIGURA 29 - Ponto 12 (P12) - Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia do local

O décimo terceiro ponto, denominado Ponto 13 (P13), também localizado na Avenida Historiador Rubens de Mendonça, em frente a um posto de combustíveis (Figura 30). Caracteriza-se pelo grande fluxo de veículos, localizado numa área urbanizada, mas ainda com vazios urbanos, solo exposto, ruas pavimentadas em suas proximidades, edificações verticais (cânion urbano) e com pouca vegetação.



FIGURA 30 - Ponto 13 (P13) - Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia do local

O décimo quarto ponto, denominado Ponto 14 (P14), também localizado na Avenida Historiador Rubens de Mendonça, caracteriza-se pelo grande fluxo de veículos, densa urbanização, ruas pavimentadas em suas proximidades, edificações verticais (cânion urbano) e com poucos pontos com vegetação. O Ponto 14 está localizado nas proximidades do acesso à Avenida Miguel Sutil (Figura 31).



FIGURA 31 - Ponto 14 (P14) - Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia do local

O penúltimo ponto de medição, denominado Ponto 15 (P15), está localizado na Av. Miguel Sutil, no quarteirão entre as Av. Historiador Rubens de Mendonça e Rua James Rimet (Figura 32). Caracteriza-se pelo grande fluxo de veículos em

velocidade significativa (60 km/h) e está localizado numa área densamente urbanizada, com ruas pavimentadas em suas proximidades, edificações verticais, áreas comerciais e pontos com vegetação arbórea em suas proximidades.



FIGURA 32 - Ponto 15 (P15) - Ocupação do solo com raio de 200m de influência e fotografia do local

4.3. ANÁLISE DOS PONTOS FIXOS DO TRANSECTO MÓVEL

Para análise da similaridade entre os pontos fixos do transecto móvel, foi utilizada a técnica estatística denominada Análise de *Cluster* ou de Agrupamento, para classificar as variáveis mensuradas (temperatura do ar e umidade relativa do ar) em grupos, de forma que as localizadas dentro de um mesmo grupo sejam similares, e em grupos diferentes sejam distintas entre si. Foram elaborados dendogramas hierárquicos, utilizando-se o método de Ward e a distância euclidiana quadrática, que quanto mais próxima de 0, indicará uma maior similaridade. A análise foi realizada por períodos sazonais e os grupos separados de acordo com a similaridade verificada entre as médias de temperatura do ar e umidade relativa do ar.

Para elaboração dos dendogramas, utilizou-se um ambiente computacional denominado *Cocalc* e linguagem R. A interpretação do dendrograma deve ser feita de cima para baixo, onde as linhas verticais (eixo y), representam os grupos unidos por ordem decrescente de semelhança, e a posição da reta, na escala (eixo x), indica as distâncias entre os grupos que foram formados. Quanto mais próximo de zero no eixo y, maior será a similaridade verificada. O número de agrupamentos é determinado pela escolha de um nível de semelhança.

Além da análise de agrupamento, mapas temáticos foram elaborados com objetivo de analisar a cobertura do solo no entorno de cada ponto fixo, estabelecendo um raio de influência de 200 metros, segundo metodologia proposta por Oke (2004). Esses mapas foram elaborados com utilização do programa ArcGIS 10.3, licenciado pelo Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), no Laboratório de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto.

Para elaboração dos mapas, foi realizada uma classificação supervisionada da cobertura do solo de cada ponto pelo método da máxima verossimilhança, utilizando-se uma imagem de entrada como arquivo de assinatura espectral.

4.4. CARACTERIZAÇÃO TERMO-HIGROMÉTRICA DA ÁREA DE ESTUDO

Para caracterização das variações da temperatura do ar e umidade relativa do ar nos pontos fixos, foram elaborados mapas da área de estudo utilizando a técnica geoestatística denominada Krigagem Ordinária. Foram utilizados os programas GS+ e *Surfer 13 for Windows*. Essa técnica foi escolhida por permitir uma análise precisa da variabilidade espacial das variáveis mensuradas e possibilitar a verificação na área de estudo, a presença de anomalias microclimáticas, como as ilhas de calor e frescor.

Segundo Amorim et al (2015), a representação espacial da ilha de calor, na maioria das vezes, esteve baseada na interpolação de dados por meio de técnicas estatísticas como a Krigagem, que apresentam confiabilidade restrita aos pontos medidos. Essa técnica proporciona consideráveis generalizações nas áreas onde não ocorreram registros de dados, além de não relacionarem as informações da temperatura do ar com as características de superfície.

Silva Júnior et al (2013), em estudo realizado sobre o clima da cidade de Belém, afirmaram que a interpolação espacial dos pontos pelo método da krigagem foi adotada por produzir melhores estimativas, por não ser embasada na tendenciosidade do estimador e na variância mínima das estimativas, além de apresentar relevante qualidade estatística.

4.5. ANÁLISE DAS ILHAS DE CALOR URBANA E INTRAURBANA

Após análise da variação termo-higrométrica nos pontos fixos e para identificar as possíveis interferências das ilhas de calor e frescor na área da pesquisa, faz-se necessário verificar a intensidade da ilha de calor urbana e intraurbana, para um melhor entendimento do comportamento dessas anomalias.

Para avaliar a intensidade da ilha de calor urbana, utilizou-se dados coletados pela estação fixa oficial localizada no Aeroporto Internacional Marechal Rondon, devido suas características de uso e ocupação do solo, que se distinguem de áreas densamente urbanizadas, com gabaritos das edificações mais baixos e áreas de conservação e proteção ambiental.

Para análise da magnitude da ilha de calor foram consideradas as médias de temperatura do ar por período sazonal e por estação do ano, já que na presente pesquisa os períodos sazonais foram definidos de acordo com as estações do ano. Foram coletados dados de temperatura do ar no horário correspondente às 20:00 horas, nos dias nos quais foram realizadas as coletas de dados em campo. Esses valores de temperatura do ar foram subtraídos do valor aferido em cada ponto fixo do trajeto do transecto móvel, para obtenção das diferenças de temperatura do ar entre a área urbana e rural.

Com relação à ilha de calor intraurbana, considerou-se a subtração do ponto de menor temperatura do ar aferida com relação aos valores obtidos em cada um dos demais pontos fixos (FIALHO, 2012). Essa avaliação permite uma análise da área de pesquisa de forma particular, uma vez que são considerados apenas os dados coletados na pesquisa de campo.

5. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

A apresentação e análise dos resultados serão abordadas seguindo as etapas de acordo com os objetivos específicos da presente pesquisa. As etapas foram assim organizadas:

- a) Caracterização microclimática no período de um ano, de novembro de 2017 a outubro de 2018;
- b) Análise dos pontos fixos de acordo com a classificação da cobertura do solo;
- c) Análise dos pontos fixos quanto à similaridade;
- d) Caracterização termo-higrométrica dos pontos fixos pelo método do transecto móvel;
- e) Análise das Ilhas de Calor Urbana e Intraurbana.

5.1. CARACTERIZAÇÃO MICROCLIMÁTICA PARA O ANO DE 2017-2018

Analisando a temperatura do ar, observou-se que as maiores médias foram verificadas nos meses de novembro de 2017, com 27,86°C e no mês de setembro de 2018, com 27,89°C. Os menores valores médios foram observados nos meses de junho e julho, com médias de 22,86°C e 24,48°C respectivamente.

De acordo com Querino et al (2011), em novembro, o sol cruza exatamente a latitude de Cuiabá, fazendo com que os raios solares atinjam a superfície do solo perpendicularmente e, como consequência, uma menor radiação tende a ser atenuada devido ao menor ângulo Zenith e menor caminho ótico da atmosfera. Por outro lado, os valores mais baixos verificados em junho coincidem com o início do período de inverno no hemisfério sul, como resultado de uma menor radiação no topo da atmosfera (MACHADO et al, 2015, tradução nossa).

Os meses de abril, maio, junho, julho e agosto foram os meses que registraram dias com as menores temperaturas do ar devido ao fenômeno conhecido como friagem, assim como foi observado por Paula (2016). No mês de maio, especificamente, houveram dias nos quais a temperatura do ar variou cerca de dez graus com relação ao

dia anterior, devido a massa de ar polar no sul do estado. Da mesma forma, o mês de agosto, normalmente um dos mais quentes do ano, em 2018 teve cerca de duas semanas com temperaturas amenas, com a máxima não ultrapassando 27°C, o que é pouco comum para o mês.

Quanto a umidade relativa do ar, as maiores médias foram verificadas nos meses de fevereiro com 79,06% e março com 78,64%, médias acima do ideal de 60% recomendados pela Organização Mundial da Saúde (OMS). As menores médias de umidade relativa do ar foram verificadas nos meses de agosto e setembro de 2018, com 52,39% e 49,23%, respectivamente. No final do mês de junho e início de julho, a umidade relativa do ar chegou a níveis alarmantes, registrando menos de 30%, devido a interferência de uma massa de ar seca que impediu a formação de nuvens de chuva. A Figura 33 apresenta os valores médios mensais da temperatura do ar e umidade relativa do ar para o ano de 2017/2018.

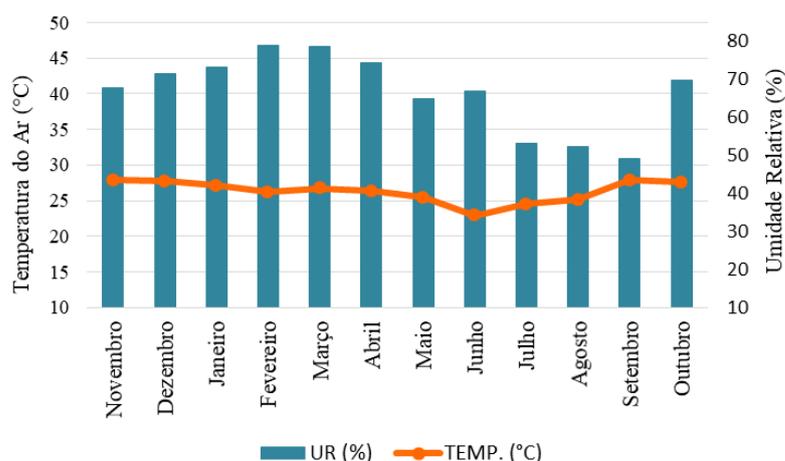


FIGURA 33 - Médias mensais das variáveis microclimáticas para o ano entre novembro de 2017 a outubro de 2018

Com o objetivo de verificar o comportamento das variáveis microclimáticas para o ano da pesquisa, utilizou-se dados das normais climatológicas disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a fim de examinar as diferenças.

A temperatura do ar apresentou um mesmo comportamento, com as maiores diferenças verificadas nos meses de fevereiro e junho, embora pouco significativas, de 1,92°C a menos no mês de fevereiro e 1,74°C a menos em junho para o ano de 2018. Já com relação a umidade relativa do ar, as normais climatológicas apresentaram

valores médios mais altos que os do ano da pesquisa. As maiores diferenças foram verificadas nos meses maio, julho e setembro, com 17,6% a menos de diferença para 2018, nos meses de maio e setembro e de 19,7% no mês de julho. As Figuras 34 e 35 apresentam os valores médios mensais referentes a temperatura do ar e umidade relativa do ar para o ano da pesquisa e normais climatológicas.

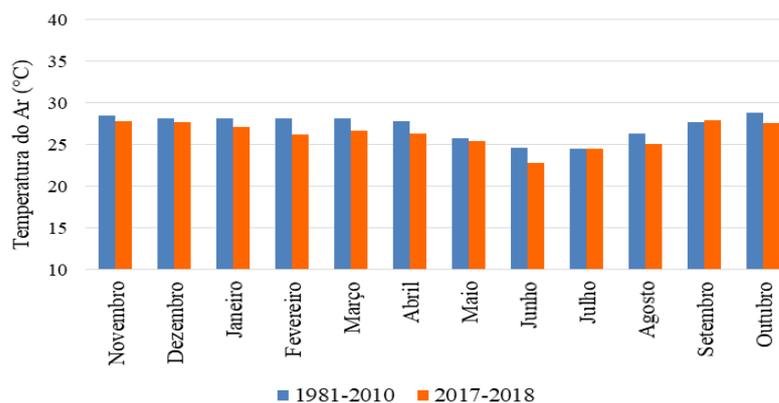


FIGURA 34 - Médias mensais da temperatura do ar das normais climatológicas (1981-2010) e ano 2017-2018

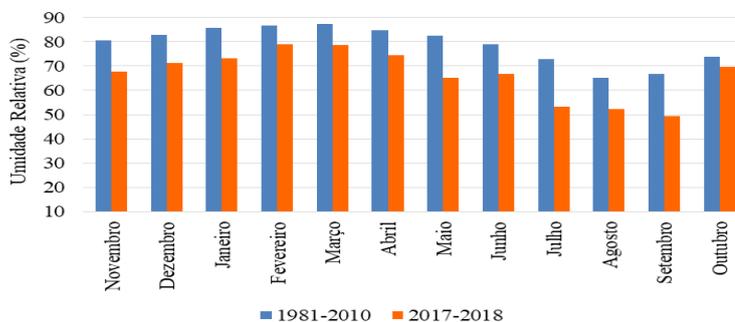


FIGURA 35 - Médias mensais da umidade relativa do ar das normais climatológicas (1981-2010) e ano 2017-2018

Quanto à precipitação, as maiores médias foram verificadas nos meses de dezembro de 2017 e fevereiro de 2018, registrando 321,96 mm e 419,32 mm respectivamente. Num estudo realizado por Machado et al (2015), com recorte temporal de 1961 a 2011, fevereiro se destacou como sendo o mês que teve o período mais longo de dias chuvosos e julho o que teve o período mais longo de dias secos, o que corrobora com o ano da presente pesquisa.

No período quente-úmido, de novembro a março, as chuvas foram frequentes devido aos efeitos da *La Niña*, que mesmo sendo de intensidade fraca foi um agravante

verificado. Além disso, a umidade que vem da Amazônia e as nuvens de chuva formadas pela Alta da Bolívia na região, também influenciam para a ocorrência de precipitações em maior volume e frequência (INMET, 2018).

Já no período quente-seco, foi possível observar que os meses mais secos foram de abril ao início de setembro, sendo que o mês de julho se destacou como sendo o mais seco do ano da pesquisa, com média de 5,37 mm de precipitação. A Figura 36 apresenta as médias mensais de precipitação para o ano da pesquisa.

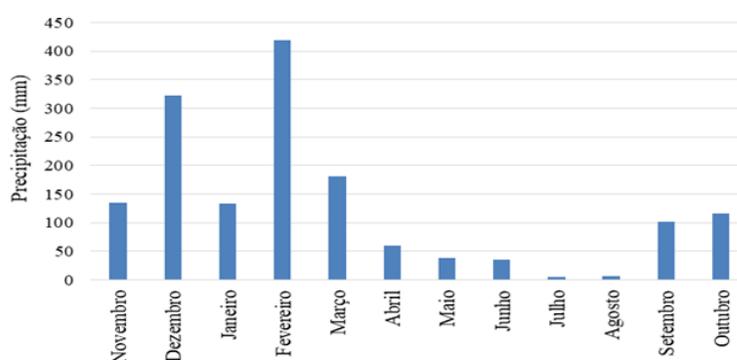


FIGURA 36 - Médias mensais de precipitação para o ano 2017-2018

Em termos de precipitação, no ano entre novembro de 2017 a outubro de 2018, alguns meses foram atípicos em relação as médias previstas pelas normais climatológicas de 1981-2010.

A Figura 37 apresenta as médias mensais de precipitação das normais climatológicas e do ano da presente pesquisa.

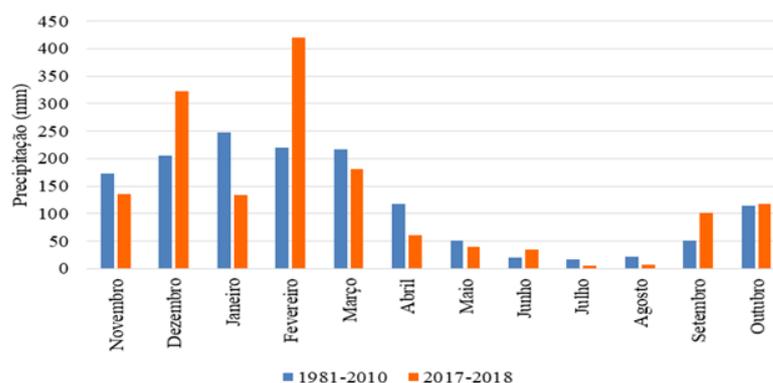


FIGURA 37 - Médias mensais de precipitação das normais climatológicas (1981-2010) e para o ano 2017-2018

Observa-se que, nos meses de dezembro de 2017 e fevereiro de 2018, as médias de precipitação foram superiores as normais climatológicas, com diferenças consideráveis, de 116,76 mm de precipitação a mais em dezembro e 198,92 mm a mais em fevereiro. Segundo Machado et al. (2015), a Massa Equatorial Continental presente em Cuiabá durante o verão, que se caracteriza pela forte convecção de ar e pela formação de nuvens com grande desenvolvimento vertical, pode explicar o significativo volume de precipitações.

As variáveis microclimáticas relacionadas ao regime dos ventos, como a direção e a velocidade também foram analisadas, especificamente para os dias nos quais foram realizadas as coletas de dados pelo método do transecto móvel (Tabela 2).

Com relação a direção dos ventos, observa-se que houveram mudanças na direção dos ventos em todas os períodos do ano, sendo que na estação da Primavera (período quente-úmido), houve o predomínio das direções Noroeste (NO) e Norte (N), responsável pelo aumento da umidade proveniente da região norte do país, impulsionando a ocorrência das precipitações que são características do início do período quente-úmido de Cuiabá. Na estação do verão, a direção do vento verificada predominantemente foi a Leste/Nordeste (ENE).

Já no período quente-seco, na estação de outono, verificou-se o predomínio das direções Sudeste (SE) e Noroeste (NO) e no inverno, predomínio da direção sul (S), responsável pelas quedas de temperatura do ar observadas nesse período. Da mesma forma, Machado et al. (2015) verificaram que na estação seca, houve um aumento da ocorrência de vento na direção sul (S) e explicam que este padrão caracteriza um regime de ventos típicos de monções, fazendo com que os verões sejam chuvosos e os invernos, secos. A Tabela 4 apresenta a velocidade média do ar e a direção dos ventos nos dias das coletas de dados.

TABELA 4 - Velocidade média do ar e direção do vento nos dias do Transecto

| Períodos e estações | Dias de Medições | Velocidade Média do Ar (m/s) | Direção Média dos Ventos* | | | |
|---------------------|------------------|------------------------------|---------------------------|------------|-----|-----|
| Quente-úmido | Primavera | 07/11/2017 | 1,2 | NO | | |
| | | 12/11/2017 | 1,1 | S | | |
| | | 24/11/2017 | 1,3 | NO | | |
| | | 15/12/2017 | 0,9 | N | | |
| | | 16/12/2017 | 1,0 | N | | |
| | Verão | 20/01/2018 | Calmo | Calmo | | |
| | | 12/03/2018 | 1,0 | ENE | | |
| Quente-seco | Outono | 08/04/2018 | 1,0 | SE | | |
| | | 24/04/2018 | 1,4 | SE | | |
| | | 02/05/2018 | 1,2 | NO | | |
| | | 10/05/2018 | 1,0 | N | | |
| | | 11/06/2018 | 0,8 | NO | | |
| | Inverno | 26/06/2018 | Calmo | Calmo | | |
| | | 30/06/2018 | 0,7 | NO | | |
| | | 04/07/2018 | 0,8 | S | | |
| | | 13/07/2018 | 1,7 | NE | | |
| | | 19/07/2018 | 0,7 | NE | | |
| | | 10/08/2018 | 2,5 | S | | |
| | | 27/08/2018 | 2,6 | S | | |
| | | 31/08/2018 | 0,7 | NO | | |
| | | 05/09/2018 | 2,0 | S | | |
| | | 12/09/2018 | Calmo | Calmo | | |
| | | Quente-úmido | Primavera | 25/09/2018 | 1,6 | ENE |
| | | | | 14/10/2018 | 1,5 | NO |
| | | | | 26/10/2018 | 1,1 | N |

*N - norte; NO - noroeste; NNO - norte/noroeste; NNE - norte/nordeste; E - leste; ENE - leste/nordeste; SE - sudeste; S - sul; SO - sudoeste; SSE - sul/sudeste; SSO - sul/sudoeste.

Quanto a velocidade do vento, a cidade de Cuiabá apresenta pouca ventilação, sendo que o valor máximo observado no período da coleta de dados, foi de 2,6 m/s na

estação do inverno no mês de agosto de 2018 e no outono, a velocidade máxima registrada foi de 1,4 m/s no mês de abril de 2018. Na Primavera, estação pertencente ao período quente-úmido, a maior velocidade do vento foi de 1,6 m/s no início do mês de novembro de 2017 e, no verão, a velocidade do vento não passou de 1,0 m/s.

De acordo com Vilanova e Maitelli (2009) a baixa frequência e média velocidade do vento que minimizam a troca de calor por convecção podem ser explicadas pelo fato de que a cidade de Cuiabá está localizada em uma depressão cercada por platôs.

5.2. ANÁLISE DOS PONTOS FIXOS DE ACORDO COM A COBERTURA DO SOLO

Para um melhor entendimento e análise acerca dos pontos fixos definidos para coleta de dados, foram elaborados mapas temáticos para cada ponto, respeitando o raio de 200 metros de influência, conforme metodologia proposta por Oke (2004).

5.2.1. Mapas temáticos de acordo com a cobertura do solo

Os mapas temáticos da cobertura do solo de cada ponto fixo foram elaborados a partir da definição de seis classes: área edificada (concreto e outros materiais), água, vegetação arbórea, vegetação rasteira, solo exposto e asfalto. Para elaboração dos mapas, foi realizada uma classificação supervisionada da cobertura do solo de cada ponto, obtendo-se as porcentagens referentes a cada classe de interesse para análise.

Os pontos fixos com suas respectivas coberturas do solo serão apresentados a seguir:

a) Ponto 1 – Ponto 16 (P1/P16)

O Ponto 1/16, denominado P1/P16 (Figura 38), está localizado em uma área densamente urbanizada, em frente ao terminal rodoviário de Cuiabá, em zona de tráfego considerável durante todo o dia. Nesse ponto a classe referente a área edificada, que abrange todas as edificações e calçadas, apresentou maior porcentagem (51,5%).

No entanto, ainda há presença de vegetação arbórea (20%), vegetação rasteira (13%) e áreas com solo exposto em menor proporção (4%). A área asfaltada representa 11% da cobertura do solo e a presença de água foi pouco significativa (0,5%).

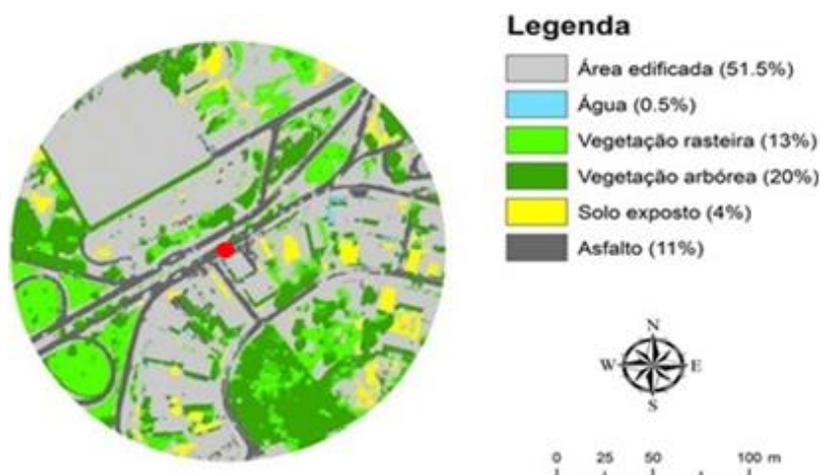


FIGURA 38 - Mapa temático da cobertura do solo nos Pontos 1 e 16

b) Ponto 2 (P2)

O Ponto 2, denominado P2 (Figura 39), está no localizado em uma zona de corredor de tráfego, com movimento constante em todos os períodos do dia. A classe que se apresentou com maior porcentagem foi a vegetação arbórea (25%), representada pela presença de mata ciliar, embora a presença de água não tenha sido visualizada na classificação. Nesse ponto, observam-se áreas com solo exposto (22%), vegetação rasteira (19%) e, no que se referem a áreas impermeabilizadas, as edificadas representaram 20% e as áreas asfaltadas, 14% da cobertura do solo.

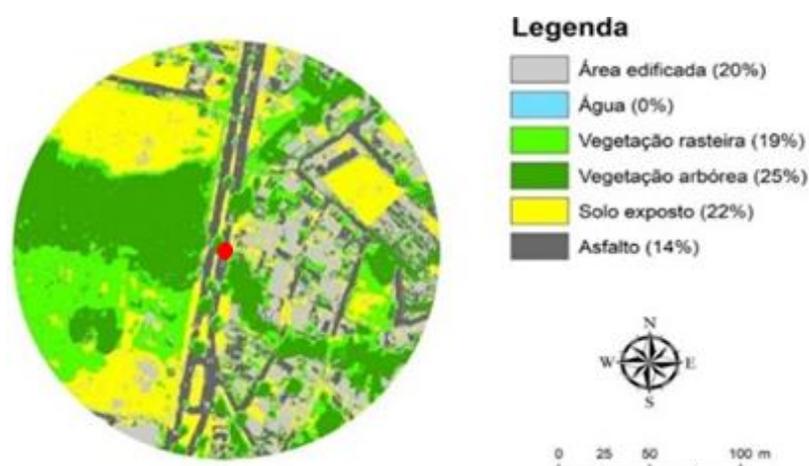


FIGURA 39 - Mapa temático da cobertura do solo no Ponto 2

c) Ponto 3 (P3)

Da mesma forma que o ponto anterior, o Ponto 3 (P3), está localizado em uma zona de corredor de tráfego, nas proximidades da rotatório que viabiliza o acesso à região norte de Cuiabá, assim como à rodovia BR-251, sentido Chapada dos Guimarães e MT-010, sentido distrito da Guia (Figura 40). A classe das áreas edificadas foi a que apresentou, nesse ponto, a maior porcentagem de cobertura do solo (40%). A área asfaltada corresponde a 20% e as áreas com vegetação arbórea e rasteira, representaram 13% cada. Foi observado também a presença de locais com solo exposto, com 8%.

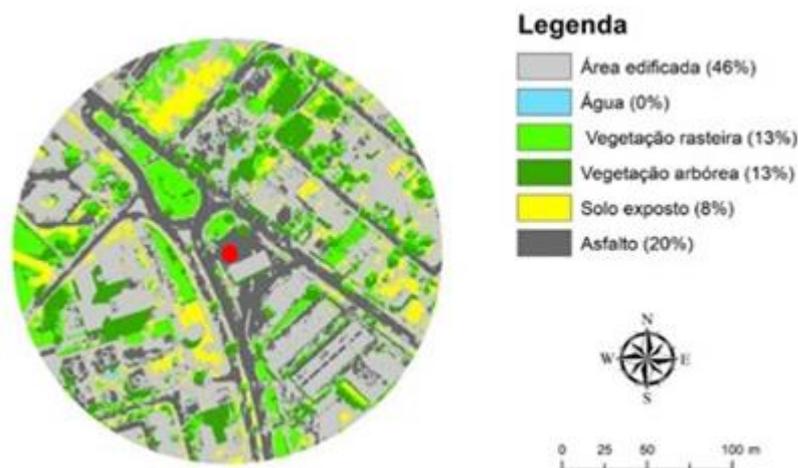


FIGURA 40 - Mapa temático da cobertura do solo no Ponto 3

d) Ponto 4 (P4)

O ponto 4 (P4) é o primeiro localizado diretamente na Rodovia Federal (BR-251), sentido Chapada dos Guimarães (Figura 41). Por suas características peculiares, está localizado em uma área de fluxo intenso de tráfego. A área edificada, representa 36% da cobertura do solo e a área pavimentada (asfalto), 13%. As áreas com vegetação arbórea, vegetação rasteira e áreas com solo exposto apresentaram as mesmas porcentagens de cobertura do solo, cada classe com 17%.

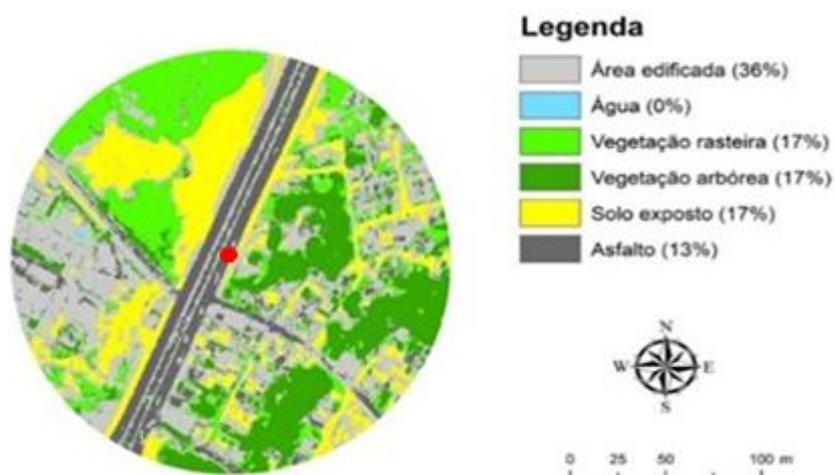


FIGURA 41 - Mapa temático da cobertura do solo no Ponto 4

e) Ponto 5 (P5)

Assim como o ponto 4, o ponto 5 (P5), está localizado na Rodovia Federal (BR-251) e caracteriza-se pelo grande fluxo de veículos, geralmente em maior velocidade (Figura 42). Esse ponto está localizado nas proximidades do bairro Jardim Florianópolis e apresenta 42% de área edificada. É possível observar a presença de muitas áreas de solo exposto (21%), principalmente porque no interior do bairro mencionado, as ruas não possuem pavimentação. As ruas e demais áreas asfaltadas, representam 8% da cobertura solo; vegetação arbórea (15%) se apresentada de forma pontual, não formando aglomerações, da mesma forma que a vegetação rasteira (14%).

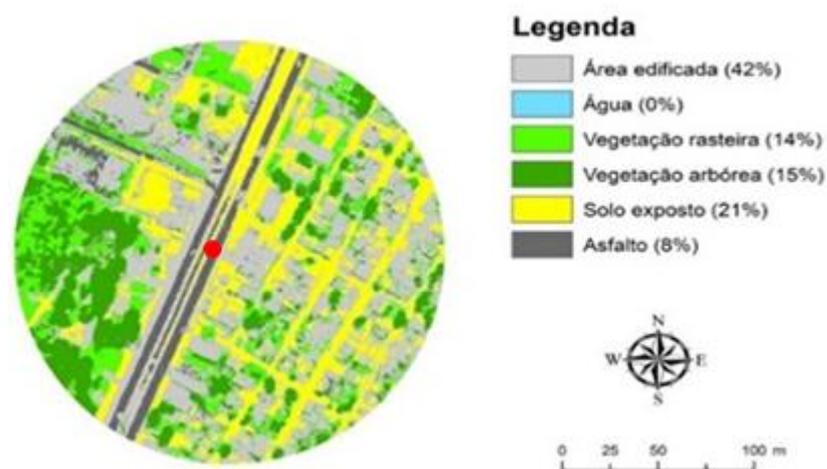


FIGURA 42 - Mapa temático da cobertura do solo no Ponto 5

f) Ponto 6 (P6)

O ponto 6, denominado P6 (Figura 43), é o último localizado na BR-251 e localiza-se nas proximidades de uma rotatória que acessa os bairros Jardim Florianópolis e Jardim Vitória. Nesse ponto, a área edificada apresenta uma taxa considerável, 46% da cobertura do solo. A vegetação arbórea representa 12% e a vegetação rasteira está presente em 6% da área de influência. As áreas asfaltadas correspondem a 15% e áreas com solo exposto, presente em terrenos não ocupados e no interior de lotes, 21%. Nesse ponto, assim como nos anteriores localizados na rodovia, não foi detectada a presença de água.

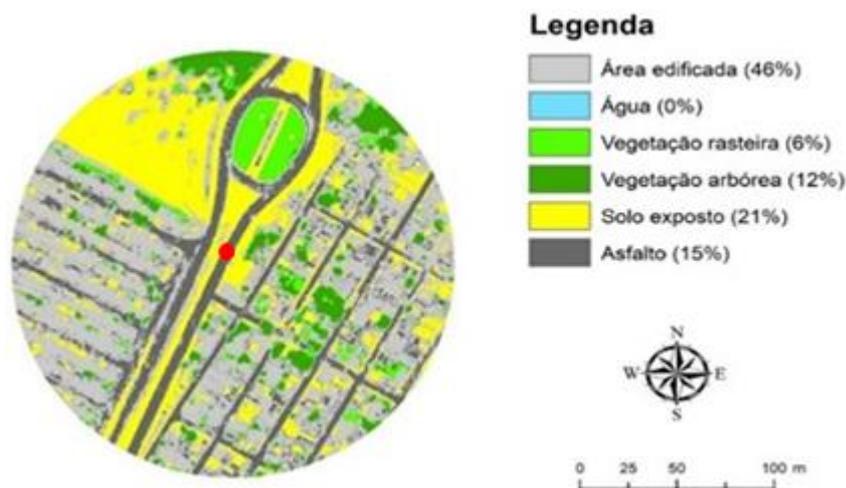


FIGURA 43 - Mapa temático da cobertura do solo no Ponto 6

g) Ponto 7 (P7)

O ponto 7 (P7), está localizado no início do bairro Jardim Vitória, em frente à Escola da Fundação Bradesco, na principal avenida do bairro, caracterizada pelo alto fluxo de tráfego, por ser também um importante acesso à Avenida Historiador Rubens de Mendonça e Bairros como o CPA (Figura 44). Possui uma vasta área edificada (42%), embora a vegetação esteja presente em maior escala, somando 44% da cobertura do solo, sendo 27% de vegetação rasteira e 17% de vegetação arbórea. A área asfaltada representa 10% do raio de influência e as áreas de solo exposto com 4%.

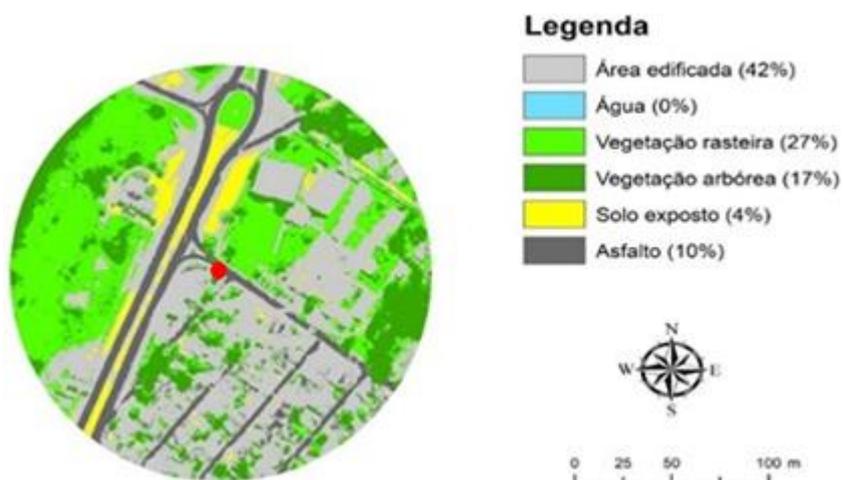


FIGURA 44 - Mapa temático da cobertura do solo no Ponto 7

h) Ponto 8 (P8)

O ponto 8 (P8), está localizado no bairro Jardim Vitória, numa área de urbanização densa, com áreas comerciais e residenciais (Figura 45). A área edificada corresponde a 64% da cobertura do solo, uma das maiores porcentagens verificadas entre os pontos. Ruas e pátios pavimentados com asfalto representam 20% e áreas com solo exposto, 4%. Com relação à vegetação, a arbórea está presente em 7% e a rasteira em apenas 5% do raio de influência contado a partir do ponto.

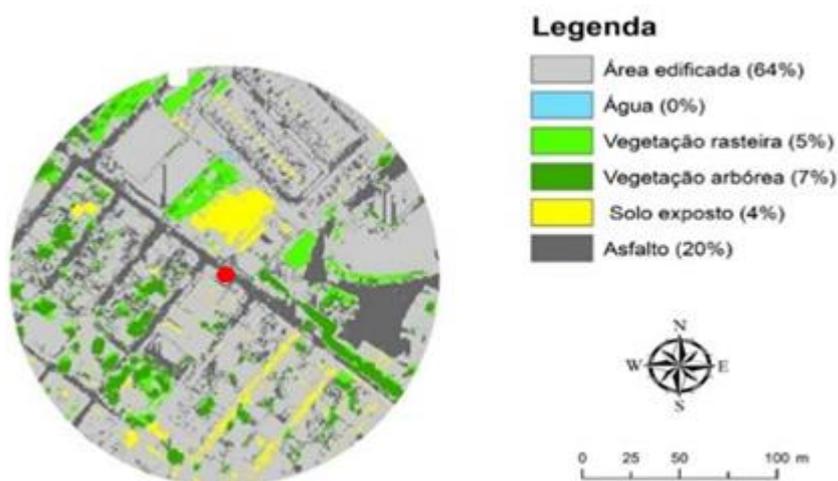


FIGURA 45 - Mapa temático da cobertura do solo no Ponto 8

i) Ponto 9 (P9)

O ponto 9 (P9), o último localizado no bairro Jardim Vitória, caracteriza-se pelo grande fluxo de tráfego, uma vez que possibilita o acesso a área central de Cuiabá, através da Avenida Historiador Rubens de Mendonça, assim como para bairros populosos como o CPA, Morada da Serra, Jardim Umuarama e Primeiro de Março. Possui 38% de edificada, que correspondem as construções em geral, inclusive calçadas (Figura 46). A área pavimentada com asfalto apresenta 17% da cobertura do solo e as áreas sem pavimentação, como solo exposto, representam 13%. Áreas com vegetação arbórea estão presentes em 17% da área de abrangência e com vegetação rasteira, 13%.

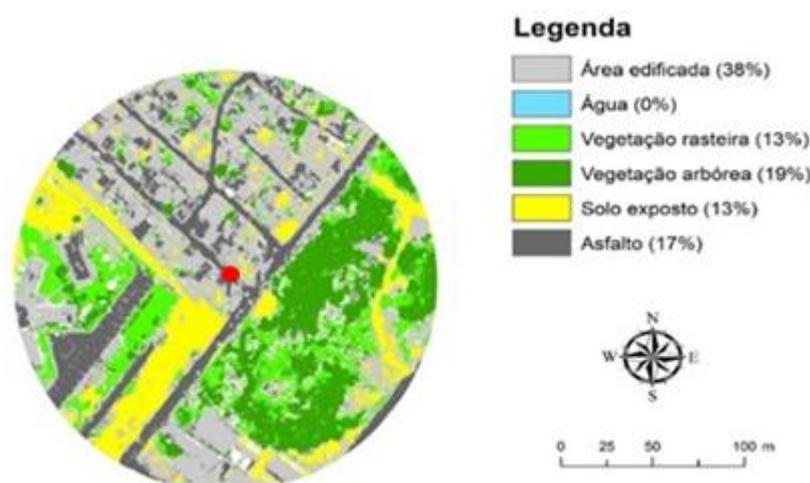


FIGURA 46 - Mapa temático da cobertura do solo no Ponto 9

j) Ponto 10 (P10)

O ponto 10 (P10), está localizado na Avenida Historiador Rubens de Mendonça, sentido a região central de Cuiabá (Figura 47). Apresenta uma considerável área com vegetação arbórea (52%) e a vegetação rasteira está presente em 29% do raio de influência considerado. As áreas edificadas, bem como com solo exposto representam, cada uma, 6% da área. Áreas asfaltadas (7%) aparecem pontualmente na Avenida.

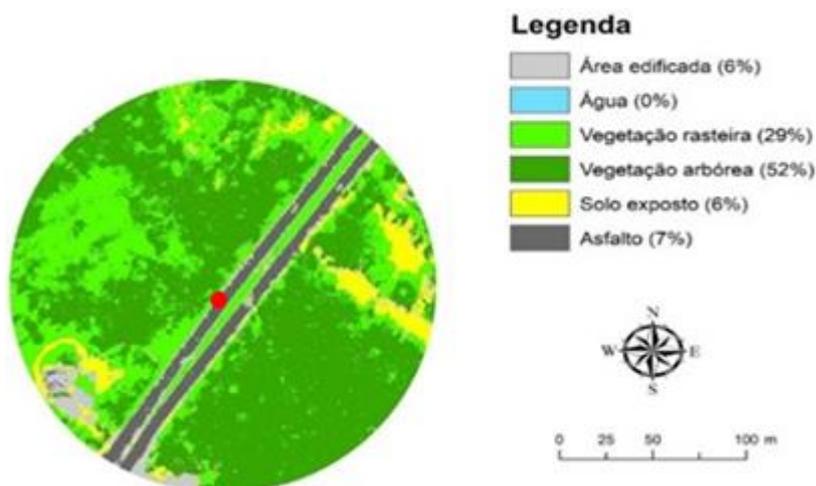


FIGURA 47 - Mapa temático da cobertura do solo no Ponto 10

k) Ponto 11 (P11)

Assim como o ponto anterior, o ponto 11 (P11), apresenta uma considerável área com vegetação arbórea (62%). Está localizado na Avenida Historiador Rubens de Mendonça, sentido a região central de Cuiabá, nas proximidades do Parque Estadual Massairo Okamura, que é uma área de proteção ambiental (Figura 48). Nesse ponto, há uma menor área edificada (10%) e as áreas asfaltadas (11%), aparecem apenas nos principais acessos. Locais com solo exposto (4%) foram observados nos canteiros centrais da Avenida e pontualmente no interior dos lotes.

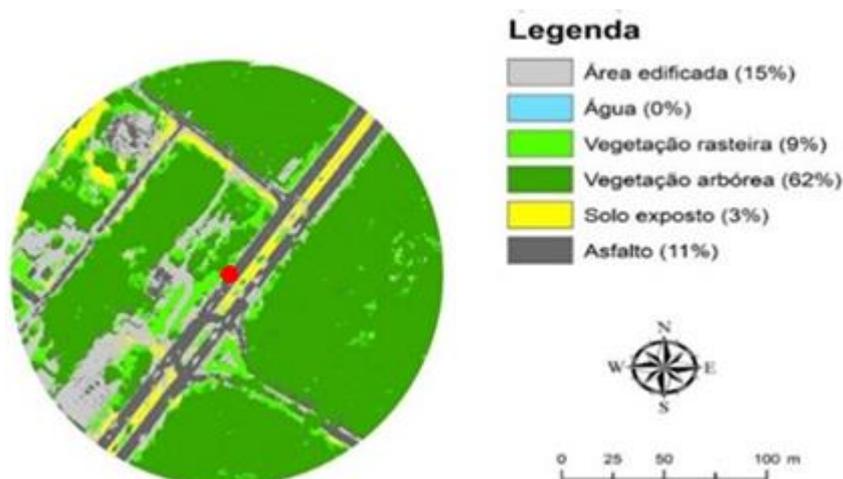


FIGURA 48 - Mapa temático da cobertura do solo no Ponto 11

l) Ponto 12 (P12)

O Ponto 12 (P12), está localizado em uma região importante de Cuiabá, nas proximidades do Tribunal Regional do Trabalho e do Shopping Pantanal (Figura 49). A área edificada está presente em 43% da cobertura do solo e as áreas pavimentadas com asfalto, representam 24%, a maior portagem entre os demais pontos. A vegetação arbórea e rasteira, correspondem a 18% e 10%, respectivamente. Já as áreas com solo exposto (6%), aparecem no interior dos lotes e no canteiro central da Avenida, onde foram removidas as coberturas vegetais para implantação do VLT (veículo leve sobre trilhos).

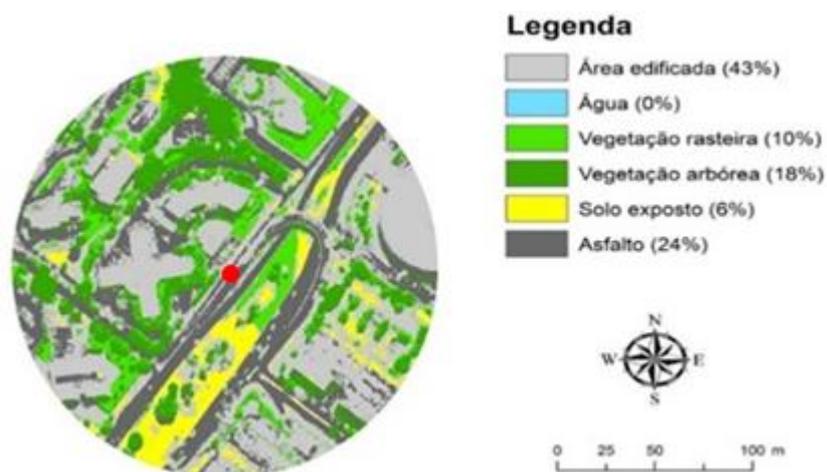


FIGURA 49 - Mapa temático da cobertura do solo no Ponto 12

m) Ponto 13 (P13)

O ponto 13 (P13), também localizado na Avenida Historiador Rubens de Mendonça, apresenta um intenso fluxo de tráfego (Figura 50). A área edificada corresponde a 47% da cobertura do solo e a área asfaltada representa 19%. As vegetações arbóreas e rasteiras representam 10% e 12%, respectivamente. Áreas com solo exposto podem ser facilmente observadas, correspondendo a 12% da cobertura do solo.

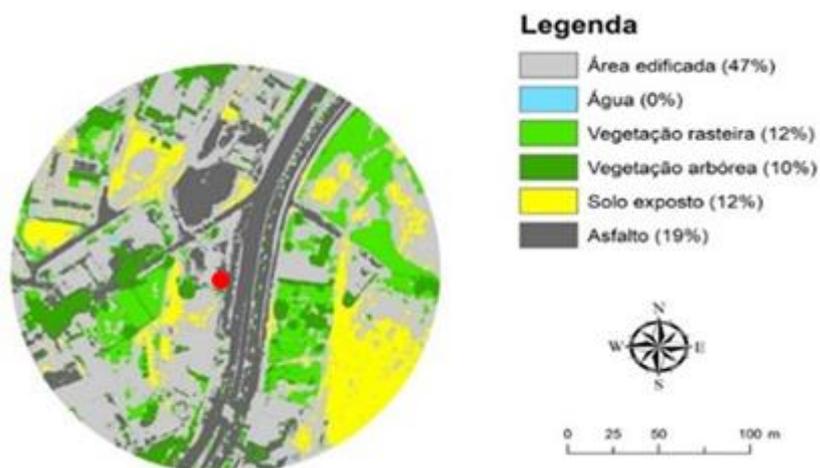


FIGURA 50 - Mapa temático da cobertura do solo no Ponto 13

n) Ponto 14 (P14)

Já ponto 14, denominado P14 (Figura 51), é o que apresenta a maior porcentagem de área edificada entre os demais, com 69%. Está localizado em uma região densamente urbanizada e no cruzamento de duas importantes Avenidas: Historiador Rubens de Mendonça e Miguel Sutil. Da mesma forma, é o que apresenta as menores porcentagens de vegetação arbórea e rasteira, com 4,9% e 3%, respectivamente. Áreas asfaltadas aparecem com 19%, embora acredita-se que essa porcentagem seja maior, já que a sombra das edificações projetada no solo, impedem que a classificação atinja a totalidade das áreas com essa característica. Áreas com solo exposto (4%), aparecem no interior dos lotes e no canteiro central da Avenida, mas numa porcentagem pequena.

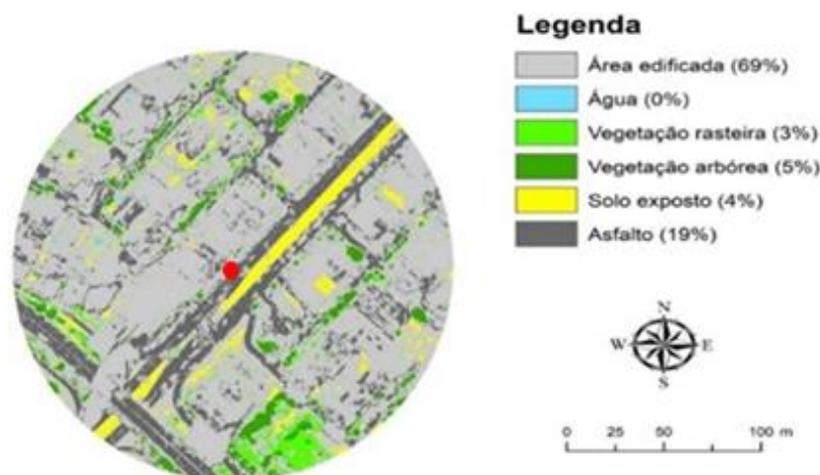


FIGURA 51 - Mapa temático da cobertura do solo no Ponto 14

o) Ponto 15 (P15)

O ponto 15 (P15), está localizado em um importante corredor de tráfego de Cuiabá, a Avenida Miguel Sutil (Figura 52). A área edificada corresponde a 47% da cobertura do solo e áreas pavimentadas com asfalto, representam 19%. A vegetação rasteira aparece em 20% da área e a vegetação arbórea pode ser observada pontualmente (13%), no canteiro central da avenida, nas calçadas e no interior dos lotes. Já as áreas com solo exposto, correspondem a apenas 1%.

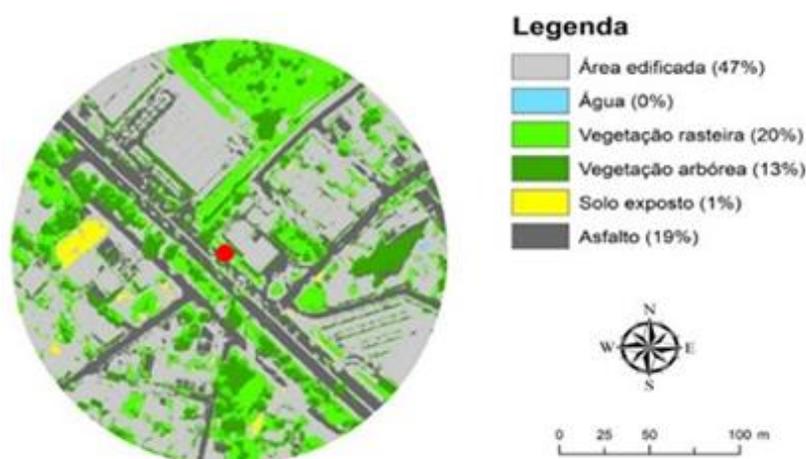


FIGURA 52 - Mapa temático da cobertura do solo no Ponto 15

A Tabela 5 apresenta em síntese o resultado da classificação dos pontos fixos com as respectivas porcentagens da cobertura do solo.

TABELA 5 - Porcentagem da classificação da cobertura do solo nos pontos fixos

| PONTO |  | Área Edif. (%) | Veg. Arb. (%) | Veg. Rast. (%) | Solo Exp. (%) | Asfalto (%) | Água (%) | PONTO |  | Área Edif. (%) | Veg. Arb. (%) | Veg. Rast. (%) | Solo Exp. (%) | Asfalto (%) | Água (%) |
|-------|---|---|---|---|---|---|--|-------|---|---|---|---|---|---|---|
| | |  |  |  |  |  |  | | |  |  |  |  |  |  |
| 1 |  | 51,5 | 20 | 13 | 4 | 11 | 0,5 | 9 |  | 38 | 19 | 13 | 13 | 17 | 0 |
| 2 |  | 20 | 25 | 19 | 22 | 14 | 0 | 10 |  | 6 | 52 | 29 | 6 | 7 | 0 |
| 3 |  | 46 | 13 | 13 | 8 | 20 | 0 | 11 |  | 15 | 62 | 9 | 4 | 11 | 0 |
| 4 |  | 36 | 17 | 17 | 17 | 13 | 0 | 12 |  | 43 | 18 | 10 | 6 | 24 | 0 |
| 5 |  | 42 | 15 | 14 | 21 | 8 | 0 | 13 |  | 47 | 10 | 12 | 12 | 19 | 0 |
| 6 |  | 46 | 12 | 6 | 21 | 15 | 0 | 14 |  | 69 | 4,9 | 3 | 4 | 19 | 0,1 |
| 7 |  | 42 | 17 | 27 | 4 | 10 | 0 | 15 |  | 47 | 13 | 20 | 1 | 19 | 0 |
| 8 |  | 64 | 7 | 5 | 4 | 20 | 0 | 16 |  | 51,5 | 20 | 13 | 4 | 11 | 0,5 |

Observa-se que os pontos que apresentaram maiores percentagens de área edificada foram os Pontos 8 e 14 (P8 e P14), com 64% no Ponto 8 e 69% no Ponto 14. Com relação a vegetação arbórea, os Pontos 10 e 11 (P10 e P11), sobressaíram nesse quesito com relação aos demais pontos, com percentagens de 52% e 62%, respectivamente. Quanto a vegetação rasteira, os pontos que obtiveram maior percentagem foram os Pontos 7 e 10 (P7 e P10), com 27% e 29%, respectivamente.

O solo exposto pôde ser observado em todos os pontos, seja pela presença de lotes vagos, vazios urbanos ou áreas desbastadas, no entanto, foram nos Pontos 2, 5 e 6 (P2, P5 e P6) que as percentagens se destacaram com 22% (P2) e 21% nos demais. As áreas com pavimentação asfáltica se apresentaram em maior quantidade nos Pontos 3, 8 e 12 (P3, P8 e P12), com 20% nos dois primeiros e 24% no Ponto 12.

5.3. ANÁLISE DA SIMILARIDADE DOS PONTOS FIXOS

A análise da similaridade entre os pontos fixos do transecto móvel, foi realizada por períodos sazonais e os grupos separados de acordo com a similaridade verificada entre as médias de temperatura do ar e umidade relativa do ar.

Analisando o período quente-úmido, quatro grupos foram definidos, como pode ser visualizado através do dendograma (Figura 53). No primeiro grupo, os pontos 1, 2, 15, 16, 3 e 14 apresentaram similaridade nos valores próximos nas médias de temperatura do ar e umidade relativa do ar. Entres estes, os Pontos 15 e 16 e os Pontos 3 e 14 foram os mais similares entre si. A figura 54 apresenta os pontos fixos agrupados por similaridade no período quente-úmido pertencentes ao Grupo 1.

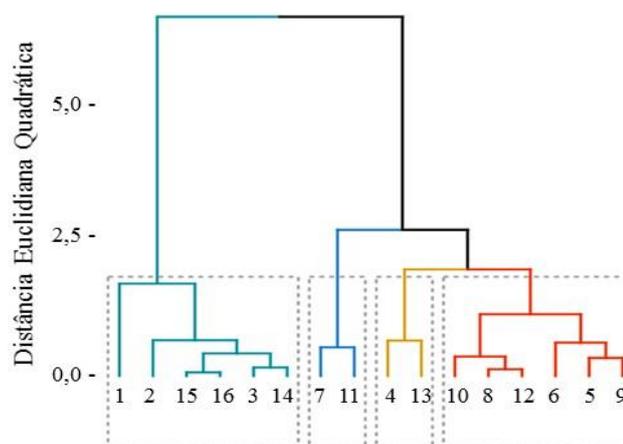


FIGURA 53 - Dendrograma do Período Quente-úmido

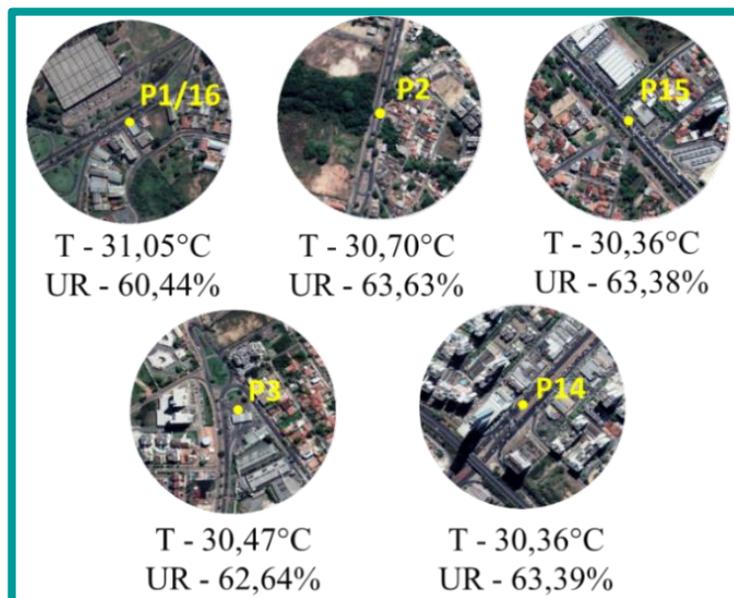


FIGURA 54 - Grupo 1: Pontos agrupados por similaridade no período quente-úmido

Os Pontos 1 e 2, embora sejam similares com os demais pontos do agrupamento, foram os que apresentaram a temperatura do ar mais elevada do período analisado, com 31,05°C e 30,70°C, respectivamente. Esses pontos estão localizados em corredor de tráfego de fluxo intenso durante todos os períodos do dia, que em conjunto com a impermeabilização do solo explicam as altas temperaturas do ar aferidas. Com relação à cobertura do solo, os pontos se aproximam nas proporções de áreas pavimentadas e presença de vegetação arbórea em suas proximidades. O Ponto 1 também registrou a menor umidade relativa do ar (60,44%) e o Ponto 2, por localizar-se em uma baixada, com presença de vegetação ciliar obteve valores de umidade relativa do ar mais alta, com 63,83%.

A similaridade entre os Pontos 15 e 16 pode explicada por fatores específicos, como por exemplo, as características de cobertura do solo. Ambos possuem uma porcentagem similar de área edificada, considerando as calçadas e construções em geral, bem como de área pavimentada com asfalto e pontos com vegetação. A presença de superfícies ativas, impermeabilizadas e a influência de calor antropogênico proveniente principalmente do intenso fluxo de veículos automotores explicam os valores próximos de temperatura do ar (30,36°C e 31,05°C) e umidade relativa do ar de 63,38% e 60,44%, respectivamente.

Os Pontos 3 e 14, também apresentaram maior similaridade entre si, com temperatura do ar de 30,47°C e 30,36°C e umidade relativa do ar de 62,64% e 62,62%, respectivamente, e também, possuem a mesma altitude (212 metros). Entre as características de cobertura do solo, ambos se aproximam na quantidade de áreas edificadas, áreas pavimentadas com asfalto, pelo intenso fluxo de veículos automotores e também, por possuírem a mesma altitude. O Ponto 3 está localizado no principal acesso as rodovias sentido Distrito da Guia e Chapada dos Guimarães e o Ponto 14, situa-se numa altura da Avenida Historiador Rubens de Mendonça com intensas atividades comerciais e próximo ao acesso para Avenida Miguel Sutil. Da mesma forma que os Pontos 15 e 16, a impermeabilização do solo associada a emissão de calor e poluentes pelos veículos, associados à dispersão do calor pelos materiais utilizados nas construções, explica a similaridade entre os valores aferidos de temperatura do ar e umidade relativa do ar.

O segundo grupo é formado pelos Pontos 7 e 11 (Figura 55), que apresentaram as menores médias de temperatura do ar (28,89°C e 28,75°C) e maiores médias de umidade relativa do ar (70,59% e 69,24%) nos dois períodos analisados. Esses pontos situam-se nas proximidades de áreas com vegetação, matas ciliares com corpos d' água, que embora não apareçam no raio de 200 metros de influência, exercem uma influência na temperatura do ar e na umidade relativa do ar da região na qual estão localizados. Além disso, a quantidade de espaços vazios com solo exposto e o fluxo de tráfego significativo em suas proximidades também explicam essa similaridade.

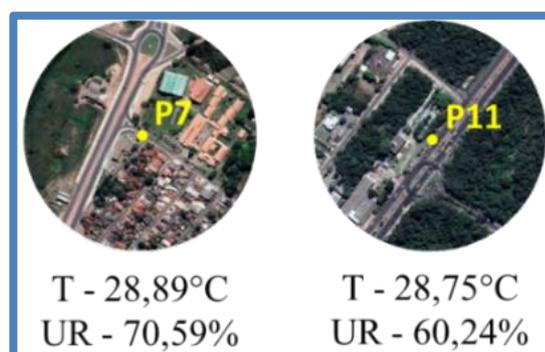


FIGURA 55 - Grupo 2: pontos agrupados por similaridade no período quente-úmido

Já o terceiro grupo, ficou definido pelos Pontos 4 e 13 (Figura 56). A similaridade entre esses pontos, além dos valores de temperatura do ar (29,95°C e

29,94°C) e umidade relativa do ar (66,15% e 64,35%), pode ser explicada por possuírem características de cobertura do solo próximas, como porcentagem de áreas edificadas, áreas pavimentadas com asfalto, áreas sem ocupação com solo exposto e vegetação remanescente. Além disso, vale ressaltar que ambos se localizam em corredores de tráfego importantes da cidade, indicando também a influência do calor antropogênico proveniente dos veículos automotores nos valores de temperatura do ar e umidade relativa do ar.

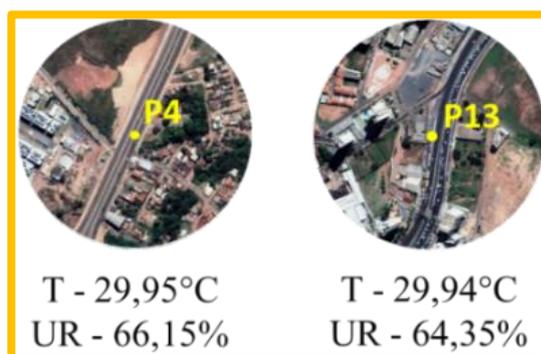


FIGURA 56 - Grupo 3; pontos agrupados por similaridade no período quente-úmido

O quarto grupo é formado pelos pontos 10, 8, 12, 6, 5 e 9 (Figura 57). No entanto, os Pontos 8 e 12 e os Pontos 5 e 9 apresentam maior similaridade entre si, com relação aos valores aferidos de temperatura do ar e umidade relativa do ar.

O Ponto 10 está localizado em uma área com densa vegetação arbórea e poucas áreas pavimentadas e possui maior semelhança nas médias de temperatura do ar (29,26°C) e umidade relativa do ar (68,01%) com relação aos Pontos 8 e 12. Com relação à cobertura do solo, há predomínio de vegetação arbórea e rasteira e praticamente não há edificações em suas proximidades, embora esteja localizado entre duas áreas densamente urbanizadas.

A similaridade entre os Pontos 8 e 12, com temperatura do ar de 29,04°C e 29,13°C e umidade relativa do ar de 67,56% e 67,51%, respectivamente, também pode explicada por semelhanças nas características de cobertura do solo, como a proporção de áreas edificadas, áreas pavimentadas com asfalto e pelo solo exposto em suas proximidades, bem como pelo fato de possuírem altitudes próximas (226 m e 220 m). Ambos estão localizados em corredor de tráfego de fluxo intenso, sendo o Ponto 8 (Bairro Jardim Vitória) um importante acesso aos demais bairros da região norte e o

Ponto 12, um dos principais acessos à região central da cidade, além de se localizar nas proximidades de influenciadores de tráfego, como shoppings e áreas destinadas a serviços públicos.

No Ponto 6, as características de cobertura do solo predominantes são as áreas edificadas, áreas pavimentadas e vazios urbanos com solo exposto. Os valores de temperatura do ar (29,56°C) e umidade relativa do ar (67,73%) aferidos nesse ponto recebem a influência das superfícies impermeabilizadas e do intenso fluxo de veículos automotores em maior velocidade e, são mais similares com os Pontos 5 e 9 que com os demais do agrupamento.

Já os Pontos 5 e 9, a similaridade entre os valores de temperatura do ar (29,58°C e 29,45°C) e umidade relativa do ar (66,66% e 65,88%), pode ser explicada pelas proporções semelhantes de vegetação arbórea e rasteira, de áreas edificadas e solo exposto. Quanto às áreas asfaltadas, no interior do bairro próximo ao Ponto 5 não há pavimentação nas ruas, aumentando a porcentagem de solo exposto. No entanto, ambos se localizam em corredores de intenso fluxo de tráfego, indicando a influência da emissão de calor pelos veículos na temperatura do ar e na umidade relativa do ar aferidos.

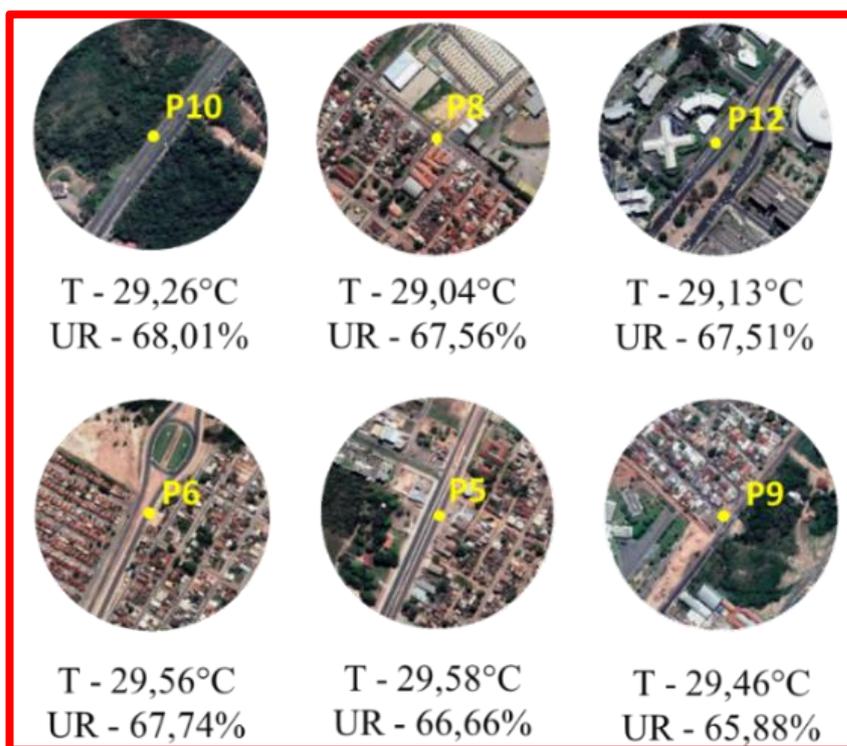


FIGURA 57 - Grupo 4: pontos agrupados por similaridade no período quente-úmido

A Tabela 6 apresenta os intervalos de confiança por *bootstrap* não-paramétrico (500 reamostragens) com nível de significância de 95%. Todos os intervalos de confiança apresentados na sequência tiveram a mesma parametrização.

TABELA 6 - Intervalos de confiança da temperatura do ar e umidade relativa do ar no período quente-úmido

| Período Quente-úmido | | | | | | |
|----------------------|------------|----------------------------|----------------------|------------------------|----------------------------|---------------------|
| Temperatura do Ar | | | | Umidade Relativa do Ar | | |
| Ponto | Média (°C) | Intervalo de confiança 95% | | Média (%) | Intervalo de confiança 95% | |
| | | Limite Inferior (°C) | Limite Superior (°C) | | Limite Inferior (%) | Limite Superior (%) |
| 1 | 31,05623 | 30,84 | 31,25 | 60,44617 | 59,51 | 61,40 |
| 2 | 30,70332 | 30,53 | 30,87 | 63,63303 | 62,49 | 64,62 |
| 3 | 30,47151 | 30,30 | 30,66 | 62,64493 | 61,69 | 63,63 |
| 4 | 29,95272 | 29,77 | 30,14 | 66,15902 | 65,24 | 67,13 |
| 5 | 29,58352 | 29,38 | 29,79 | 66,66203 | 65,72 | 67,57 |
| 6 | 29,56449 | 29,37 | 29,77 | 67,73999 | 66,65 | 68,74 |
| 7 | 28,89731 | 28,64 | 29,11 | 70,59208 | 69,43 | 71,82 |
| 8 | 29,04638 | 28,83 | 29,27 | 67,56516 | 66,45 | 68,63 |
| 9 | 29,45929 | 29,22 | 29,69 | 65,88446 | 64,84 | 66,92 |
| 10 | 29,26652 | 29,04 | 29,49 | 68,01601 | 66,90 | 68,93 |
| 11 | 28,75428 | 28,49 | 29,04 | 69,24532 | 68,11 | 70,38 |
| 12 | 29,13119 | 28,86 | 29,43 | 67,51047 | 66,31 | 68,56 |
| 13 | 29,94291 | 29,72 | 30,19 | 64,3505 | 63,18 | 65,54 |
| 14 | 30,36331 | 30,15 | 30,56 | 62,62546 | 61,61 | 63,71 |
| 15 | 30,36382 | 30,16 | 30,58 | 63,38897 | 62,45 | 64,43 |
| 16 | 30,31703 | 30,11 | 30,56 | 63,39128 | 62,57 | 64,40 |

Analisando o período quente-seco, percebe-se um comportamento diferente na divisão dos grupos. Pontos que se encontravam em um mesmo grupo, passaram a integrar outros agrupamentos, uma vez que as combinações dos locais e períodos sazonais levam a condições similares.

Foram definidos quatro grupos, que podem ser visualizados através do dendograma (Figura 58). No primeiro grupo, apresentaram similaridade os Pontos 7, 5, 6, 11, 8 e 12. No entanto, a maior similaridade foi observada entre os Pontos 5 e 6 e Pontos 8 e 12, com valores próximos de temperaturas do ar e umidade relativa do ar.

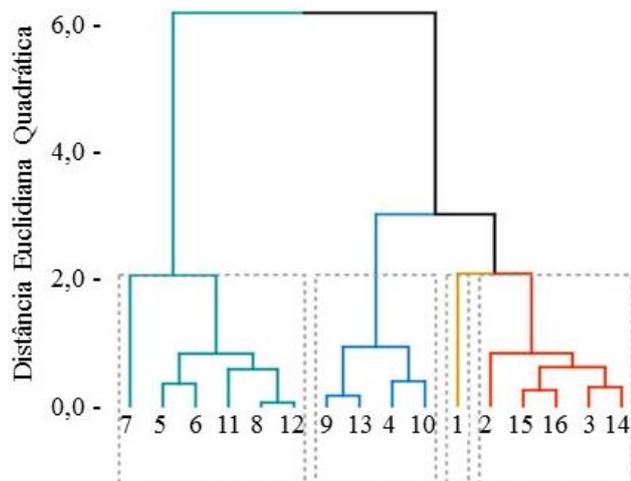


FIGURA 58 - Dendrograma do Período Quente-seco

O ponto 7 é o que apresentou os menores valores de temperatura do ar no período ($25,90^{\circ}\text{C}$), e, conseqüentemente a maior umidade relativa do ar ($62,21\%$). Com relação à cobertura do solo, o ponto 7 apresenta valores de área edificada próximos aos dos pontos 5 e 6, mas possui porcentagens maiores de vegetação arbórea e rasteira. Além disso, o ponto 7 está localizado em uma região com características de zonas de expansão urbana, com áreas sem ocupação do solo em suas proximidades, onde o fluxo de calor armazenado é menor com relação ao da área urbana consolidada, fazendo com que a temperatura do ar seja mais amena nestas áreas.

A similaridade entre os Pontos 5 e 6 pode ser melhor entendida ao considerar que ambos apresentam características de cobertura do solo, como a porcentagem de área edificada, proporção de vegetação e solo exposto semelhantes. Ambos se localizam na BR-251, sentido Chapada dos Guimarães e, portanto, o calor antropogênico proveniente dos veículos automotores e as áreas impermeabilizadas das edificações explicam a similaridade nos valores de temperatura do ar ($27,13^{\circ}\text{C}$ e $27,14^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa do ar aferidos respectivamente ($56,70\%$ e $57,98\%$).

O ponto 11, embora seja similar aos demais pontos no mesmo agrupamento, está localizado nas proximidades de um consolidado Parque Urbano e em uma área que recebe menor influência da urbanização, mantendo mesmo no período seco, temperaturas do ar amenas e umidades relativas do ar maiores. Quanto à cobertura do solo, há predomínio de áreas com vegetação arbórea e rasteira, o que explica as maiores umidades relativas do ar ($58,14\%$) e as menores temperaturas do ar aferidas no período ($26,35^{\circ}\text{C}$), assim como no Ponto 7.

Já os Pontos 8 e 12, permaneceram agrupados assim como no período quente-úmido. No entanto, estão grupos diferentes porque as combinações de locais com as características do período sazonal avaliado, levaram a condições similares com outros pontos. Tanto no Ponto 8, quanto no Ponto 12, além das características de cobertura solo como área edificada, áreas pavimentadas e solo exposto, o fluxo intenso de veículos durante todo o dia, deve ser considerado na variação da temperatura do ar ($26,64^{\circ}\text{C}$ e $26,59^{\circ}\text{C}$) e da umidade relativa do ar ($56,45\%$ e $56,60\%$) em suas proximidades.

A Figura 59 apresenta os Pontos fixos agrupados por similaridade no período quente-seco pertencentes ao Grupo 1.

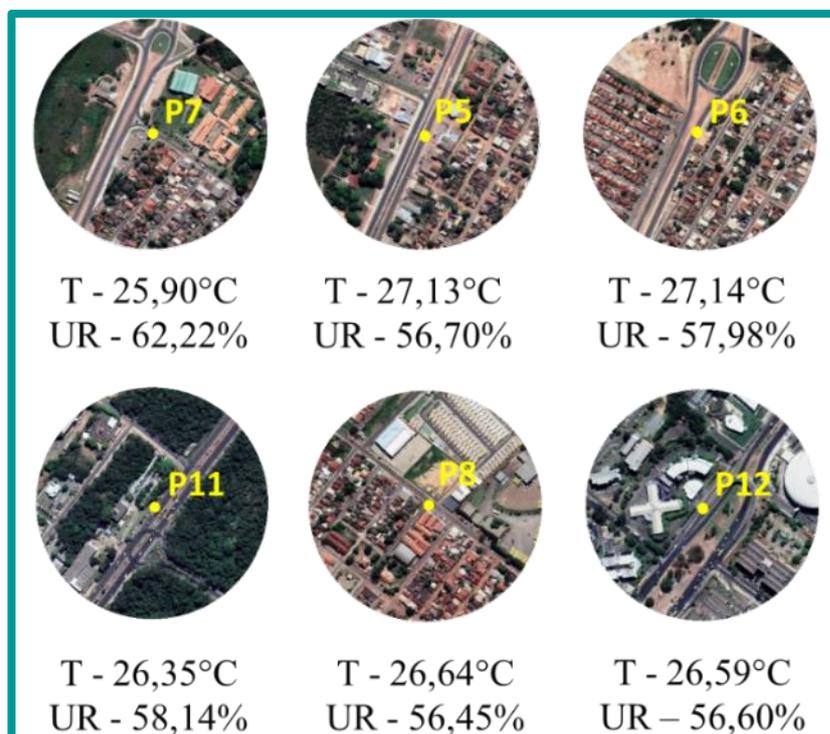


FIGURA 59 - Grupo 1: pontos agrupados por similaridade no período quente-seco

No segundo grupo, os pontos que apresentaram similaridade na temperatura e relativa do ar, foram os pontos 9, 13, 4 e 10, sendo que os pontos 9 e 13, e 4 e 10, tiveram uma maior semelhança entre si (Figura 60). Os pontos 9 e 13, permaneceram agrupados como no período úmido e apresentam características de cobertura do solo semelhantes com relação as áreas edificadas, áreas com solo exposto, pavimentadas com asfalto e vegetação. Embora o Ponto 9 possua maior porcentagem de vegetação e

maior altitude com relação ao Ponto 13, a emissão de calor pelos veículos e as superfícies impermeabilizadas indicam a similaridade verificada na temperatura do ar ($27,77^{\circ}\text{C}$ e $27,68^{\circ}\text{C}$) e na umidade relativa do ar ($52,55\%$ e $53,08\%$), respectivamente.

Já os pontos 4 e 10, apresentaram taxas ligeiramente maiores de umidade relativa do ar ($54,90\%$ e $55,43\%$), com relação aos demais pontos e temperatura do ar de $27,82^{\circ}\text{C}$ e $27,41^{\circ}\text{C}$. Suas características de cobertura do solo em comum se limitam a proporção de áreas pavimentadas com asfalto, já que no Ponto 10 há um significativo predomínio de vegetação e pequena proporção de áreas impermeabilizadas.

Os Pontos se localizam em corredores de tráfego importantes, estando o Ponto 4 localizado na BR-251, sentido Chapada dos Guimarães e o Ponto 10, a Avenida Historiador Rubens de Mendonça, sentido região central de Cuiabá. Portanto, embora possuam características distintas de cobertura do solo, o calor proveniente da movimentação de veículos automotores ao longo do dia e a proximidade de áreas densamente urbanizadas, explicam a similaridade existente entre os valores de temperatura do ar e na umidade relativa do ar

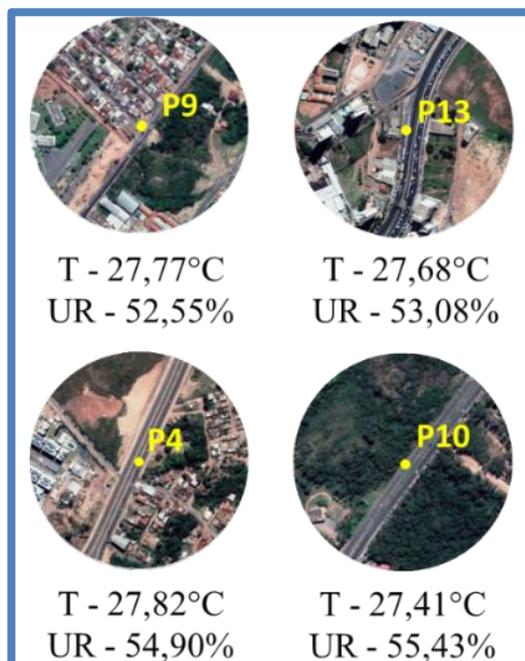


FIGURA 60 - Grupo 2: pontos agrupados por similaridade no período quente-seco

O terceiro grupo, formado apenas pelo ponto 1 (Figura 61), apresenta a maior temperatura do ar do período analisado ($30,15^{\circ}\text{C}$), bem como a menor umidade relativa do ar ($48,09\%$). Esse ponto possui uma cobertura do solo com predomínio de áreas

edificadas e vegetação nas suas proximidades, presente em maior parte no interior dos lotes. Por situar-se em um dos principais acessos aos bairros da região norte, o calor antropogênico proveniente do intenso fluxo de veículos automotores e a dispersão do calor dos materiais de construção oriundos das áreas impermeabilizadas explicam as maiores temperaturas do ar e as menores umidades relativas do ar aferidas nesse ponto.

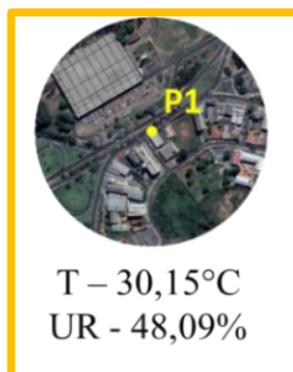


FIGURA 61 - Grupo 1: ponto 1 no período quente-seco

O quarto grupo, formado pelos Pontos 2, 15, 16, 3 e 14 (Figura 62), apresentou uma maior similaridade entre os Pontos 15 e 16 e os Pontos 3 e 14, e do ponto 2 com estes quatro. O Ponto 2 apresenta cobertura do solo com predomínio de vegetação ciliar, embora possua áreas edificadas, solo exposto e áreas pavimentadas com asfalto em suas proximidades. Embora esteja localizado numa baixada, com presença de mata ciliar, o intenso fluxo de veículos explica a maior temperatura do ar verificada nesse agrupamento (29,26°C). Os Pontos 15 e 16, com temperatura do ar de 28,57°C e 28,30°C e umidade relativa do ar de 52,13% e 52,47% respectivamente e os Pontos 3 e 14, com temperatura do ar de 28,70°C e 28,48°C e umidade relativa do ar de 50,38% e 51,21%, permaneceram agrupados como no período úmido, mas em grupos diferentes devido as características do período sazonal analisado.

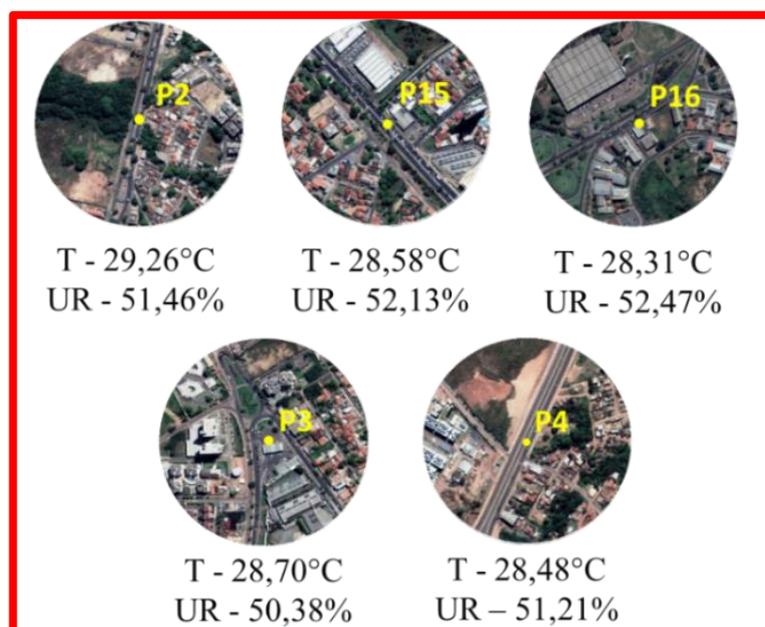


FIGURA 62 - Grupo 4: Pontos agrupados por similaridade no período quente-seco

A Tabela 7 apresenta intervalos de confiança de 95% correspondentes.

TABELA 7 - Intervalos de confiança da temperatura do ar e umidade relativa do ar no período quente-seco

| Período Quente-seco | | | | | | |
|---------------------|-------------------|----------------------------|----------------------|------------------------|----------------------------|---------------------|
| Ponto | Temperatura do Ar | | | Umidade Relativa do Ar | | |
| | Média (°C) | Intervalo de confiança 95% | | Média (%) | Intervalo de confiança 95% | |
| | | Limite Inferior (°C) | Limite Superior (°C) | | Limite Inferior (%) | Limite Superior (%) |
| 1 | 30,15177 | 29,91 | 30,37 | 48,09223 | 46,75 | 49,46 |
| 2 | 29,26948 | 29,03 | 29,51 | 51,46226 | 49,91 | 52,82 |
| 3 | 28,70322 | 28,50 | 28,95 | 50,38632 | 49,28 | 51,82 |
| 4 | 27,82527 | 27,61 | 28,06 | 54,90562 | 53,38 | 56,58 |
| 5 | 27,13109 | 26,87 | 27,40 | 56,70033 | 55,14 | 58,39 |
| 6 | 27,13928 | 26,86 | 27,38 | 57,98768 | 56,33 | 59,54 |
| 7 | 25,90636 | 25,57 | 26,24 | 62,21856 | 60,46 | 64,01 |
| 8 | 26,64601 | 26,35 | 26,94 | 56,45025 | 54,77 | 58,24 |
| 9 | 27,77656 | 27,52 | 28,03 | 52,55189 | 51,23 | 53,98 |
| 10 | 27,40823 | 27,14 | 27,70 | 55,43604 | 54,08 | 56,91 |
| 11 | 26,35492 | 26,06 | 26,61 | 58,13928 | 56,57 | 59,72 |
| 12 | 26,59833 | 26,33 | 26,87 | 56,60424 | 54,98 | 58,17 |
| 13 | 27,68043 | 27,44 | 27,97 | 53,07928 | 51,59 | 54,41 |
| 14 | 28,47872 | 28,17 | 28,78 | 51,21123 | 49,77 | 52,68 |
| 15 | 28,57939 | 28,27 | 28,88 | 52,13099 | 50,69 | 53,55 |
| 16 | 28,30868 | 28,0 | 28,6 | 52,47201 | 51,25 | 54,10 |

Observou-se que ao longo do ano da pesquisa, os dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar apresentaram a mesma tendência de comportamento. Os pontos 7 e 11 se mantiveram com as menores temperaturas e maiores umidades do ar ao longo dos períodos analisados, assim como o ponto 1 destacou-se entre os demais pontos aferidos como sendo o que apresentou as maiores temperaturas do ar e menores taxas de umidade relativa do ar.

5.4. CARACTERIZAÇÃO TERMO-HIGROMÉTRICA DOS PONTOS FIXOS

Para um melhor entendimento da variação termo-higrométrica nos pontos fixos e na área da pesquisa como um todo, optou-se por realizar uma análise geoestatística por meio da krigagem ordinária. As condições climáticas intraurbanas da cidade de Cuiabá-MT, foram analisadas através de mapas com a representação da distribuição espacial da temperatura do ar e da umidade relativa do ar, considerando-se os períodos sazonais.

Segundo Yamamoto e Landim (2013), a geoestatística é baseada fundamentalmente nos conceitos de semivariograma e krigagem. O primeiro é utilizado para descrever a estrutura da variabilidade espacial e o segundo, para descrever os valores não amostrados com variância mínima.

Nesse sentido, para um melhor entendimento da krigagem, foram elaborados semivariogramas do modelo gaussiano, no qual as variáveis de temperatura do ar e umidade relativa do ar obtiveram os melhores ajustes, indicando pequenas variabilidades a curtas distâncias. Esse modelo apresentou valores significativos de coeficiente de determinação (r^2) e da soma do quadrado dos resíduos (RSS), essenciais para a verificação do ajuste e modelo empregado, respectivamente.

O semivariograma também traz informações importantes como o alcance (A_0) que explica até onde uma medida pode interferir na outra, o patamar ($C_0 + C$), indicando que a partir desse ponto, não existe dependência espacial entre as amostras e o efeito pepita (C_0), que é o componente aleatório do modelo (YAMAMOTO; LANDIM, 2013).

No período quente-úmido, observa-se que as maiores temperaturas do ar verificadas foram nos pontos 1 e 2 (P1 e P2), com 31,05°C e 28,72°C, respectivamente,

devido a influência do fluxo considerável de veículos automotores, da dispersão de calor pelos materiais de construção e principalmente, pela interferência da ilha de calor urbana, identificada por Santos (2012), Paula (2016), entre outros. Embora o ponto 2 esteja localizado nas proximidades de uma mata ciliar, acredita-se que a baixa altitude (184 m) associada aos fatores acima mencionados, explicam esses maiores valores de temperatura do ar.

Segundo Callejas (2012) o fluxo de calor proveniente das atividades humanas dissipado dentro do dossel urbano pela ação antrópica pode representar cerca de 33% da energia disponível no meio durante a noite, devido à menor radiação solar direta.

As menores temperaturas do ar foram verificadas nos pontos 7 e 11 (P7 e P11), com 28,88°C e 28,72°C, respectivamente, devido a menor quantidade de superfícies ativas como áreas impermeabilizadas e cânions urbanos. Em áreas urbanas pertencentes a zonas de expansão, o fluxo de calor armazenado é menor com relação ao do dossel urbano, fazendo com que a temperatura do ar seja mais amena nestas áreas. (SANTOS; NOGUEIRA, 2012).

Analisando a diferença entre as médias de temperatura do ar, considerando os pontos nos quais foram registrados a maior e a menor temperatura do ar, verificou-se a diferença de 2,34°C, indicando a influência de uma ilha de calor intraurbana de intensidade moderada. A Figura 63 apresenta o semivariograma e o mapa das isoregiões da temperatura do ar no período quente-úmido.

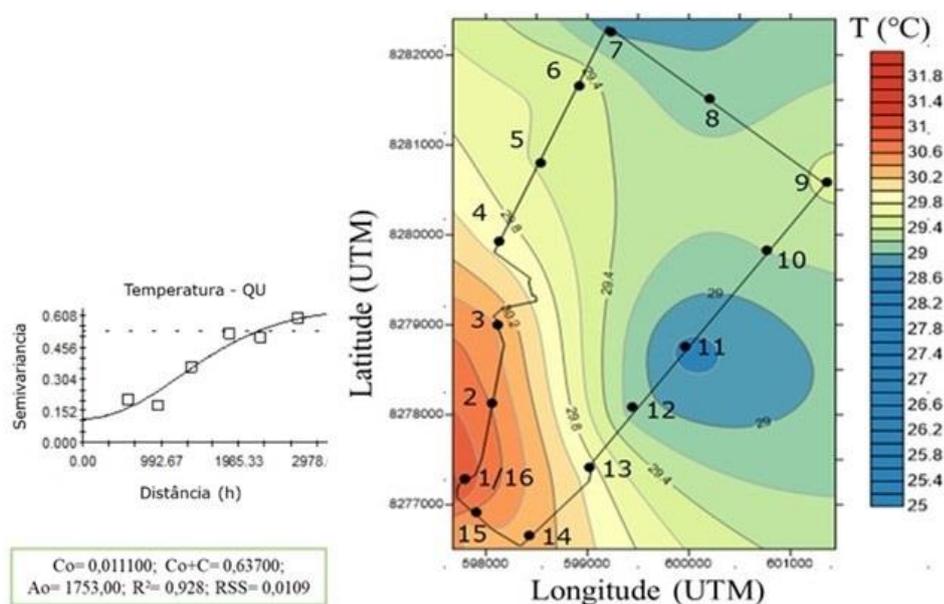


FIGURA 63 - Semivariograma e isoregiões da temperatura do ar (primavera-verão)

Com relação à umidade relativa do ar, foi possível observar que os pontos 7 e 11 foram os que apresentaram as maiores médias, com 70,59% e 69,47%, respectivamente. As menores médias de umidade relativa do ar foram verificadas nos pontos 1 e 14, com 60,43% e 62,55%. Nesse sentido, observa-se que no período quente-úmido, as médias de umidade relativa do ar permaneceram acima do valor recomendado pela Organização Mundial de Saúde (OMS), que é de 60% (CPTEC/INPE, 2018).

Vale ressaltar que no período quente-úmido, o ponto que apresentou a maior média de temperaturas do ar (P1), foi o mesmo que apresentou a menor média de umidade relativa do ar. Da mesma forma, os pontos que apresentaram as menores médias de temperatura do ar (P7 e P11), também foram os mesmos que apresentaram as maiores médias de umidade relativa do ar. Para Alves e Biudes (2012), áreas afastadas das regiões com ocupação do solo mais densa e com presença de arborização proporcionam um arrefecimento da temperatura do ar e um significativo aumento da umidade relativa do ar.

A Figura 64 apresenta o Semivariograma Gaussiano e o mapa das isoregiões da umidade relativa do ar no período quente-úmido.

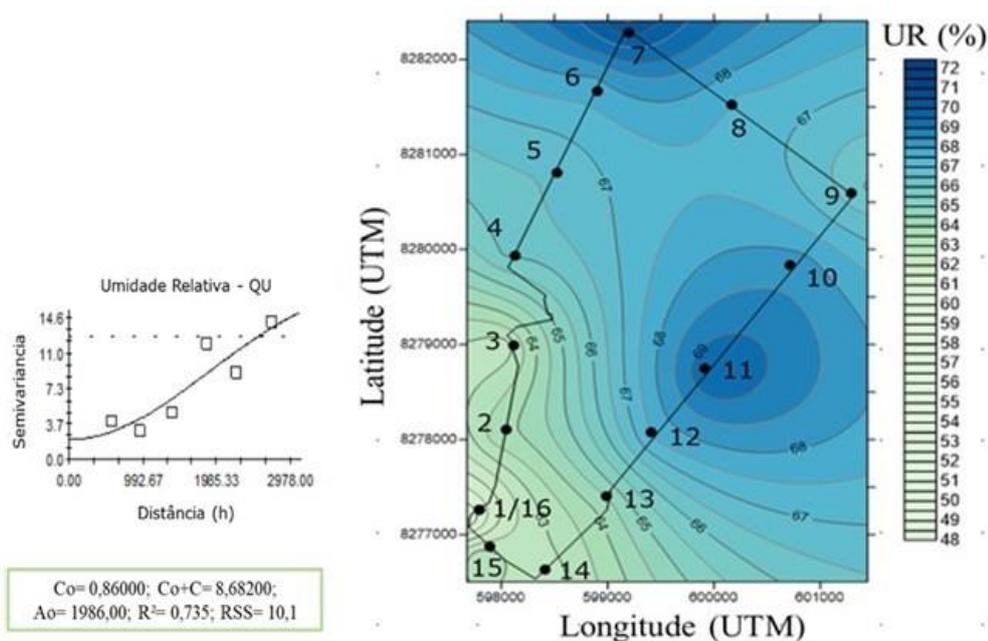


FIGURA 64 - Semivariograma e isoregiões da umidade relativa do ar (primavera-verão)

Analisando-se o período quente-seco, foi possível observar que as maiores médias de temperatura do ar foram verificadas nos pontos 1 e 2 (P1 e P2), com $30,14^{\circ}\text{C}$ e $29,21^{\circ}\text{C}$, respectivamente. Esses pontos também apresentaram maiores médias de temperatura do ar no período úmido. Acredita-se que a influência da ilha de calor, associada ao intenso fluxo de veículos durante todo o dia, contribuem para que essa maior temperatura do ar se mantenha, mesmo no caso do ponto 2, que está localizado nas proximidades de uma mata ciliar.

As menores médias de temperatura do ar foram verificadas nos pontos 7 e 11 (P7 e P11), com $25,85^{\circ}\text{C}$ e $26,24^{\circ}\text{C}$, respectivamente. Também foram nesses mesmos pontos que as menores médias de temperatura do ar foram verificadas no período úmido.

Em média, a diferença de temperatura do ar verificada no período quente-seco entre o ponto 1 (maior temperatura do ar) e o ponto 11 (menor temperatura do ar) é de $4,29^{\circ}\text{C}$, configurando a formação de uma ilha de calor intraurbana de intensidade forte na cidade.

A Figura 65 apresenta o semivariograma e o mapa das isoregiões da temperatura do ar no período quente-seco.

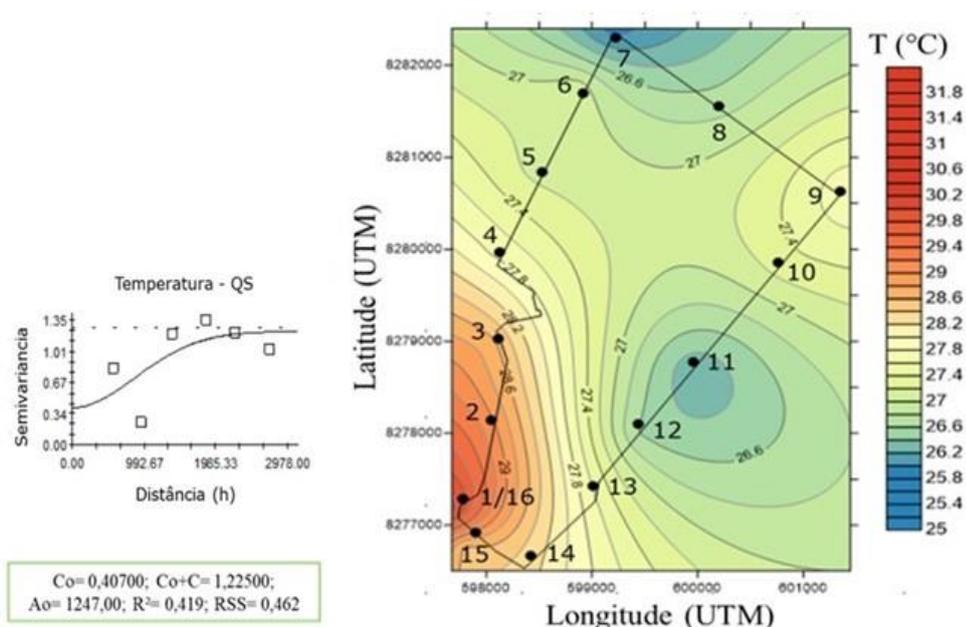


FIGURA 65 - Semivariograma e isoregiões da temperatura do ar (outono-inverno)

Quanto à umidade relativa do ar no período quente-seco, sabe-se que os índices normalmente são preocupantes. A baixa umidade do ar foi percebida com maior

intensidade nos meses de maio a setembro de 2018, chegando a valores alarmantes. Segundo dados da Organização Mundial de Saúde (OMS), a umidade relativa do ar de 30% já pode ser considerada estado de atenção, abaixo dos 20% é considerado estado de alerta e menos de 12% é estado de emergência. Em Cuiabá no mês de agosto de 2018, registrou 9% de umidade relativa do ar, chegando a um clima desértico.

Na área da pesquisa, as maiores médias da umidade relativa do ar foram registradas nos pontos 7 e 11 (P7 e P11), da mesma forma que no período úmido, mas com 60,54% e 56,30%, respectivamente. No ponto 7, a maior média da umidade pode ser explicada pela influência de áreas com características de zonas de expansão, com edificações mais baixas e com presença de vegetação, responsável por elevar a disponibilidade de fluxo de calor latente em suas proximidades.

Já no ponto 11, a distribuição espacial da umidade relativa do ar indica que existe uma forte influência do Parque Massairo Okamura, que foi demonstrado pelas curvas de umidade que tendem para sua localização. Nesse Parque Urbano, há uma vasta vegetação arbórea e a nascente do Córrego do Barbado, um dos principais corpos d'água que desaguam no Rio Cuiabá (NAZÁRIO, 2016).

Paula (2016) analisou a variação termo-higrométrica na cidade de Cuiabá através da realização de medições por transecto móvel nos anos de 2011-2012 e 2016. Um dos pontos fixos definidos pela autora se localiza em frente ao parque urbano Massairo Okamura, da mesma forma que o Ponto 11 da presente pesquisa. Foram verificadas nessa localidade específica, as menores temperaturas do ar e as maiores umidades relativas do ar em comparação com as áreas mais aquecidas e secas, corroborando com os valores aferidos na presente pesquisa.

A autora (op. cit.) destaca que uma área urbana com considerável cobertura vegetal representa significativa influência no equilíbrio higrométrico ambiental, devido aos processos biológicos vegetais, entre eles, a fotossíntese e a transpiração, que estão relacionadas com a absorção da radiação solar de ondas curtas (OLIVEIRA et al., 2011).

As menores médias da umidade relativa do ar foram verificadas nos pontos 1 e 3 (P1 e P3), com 45,77% e 48,04%, respectivamente. A diferença na média de umidade relativa do ar verificada entre o ponto 7 (maior umidade) é de 14,77% com relação ao ponto 1 (menor umidade), o que indica a formação de uma ilha de umidade. O ponto 1 recebe a

interferência da ilha de calor, mantendo temperatura do ar mais elevadas e umidade relativa do ar menor com relação aos demais pontos aferidos.

A Figura 66 apresenta o semivariograma e o mapa da distribuição espacial da umidade relativa do ar no período quente-seco.

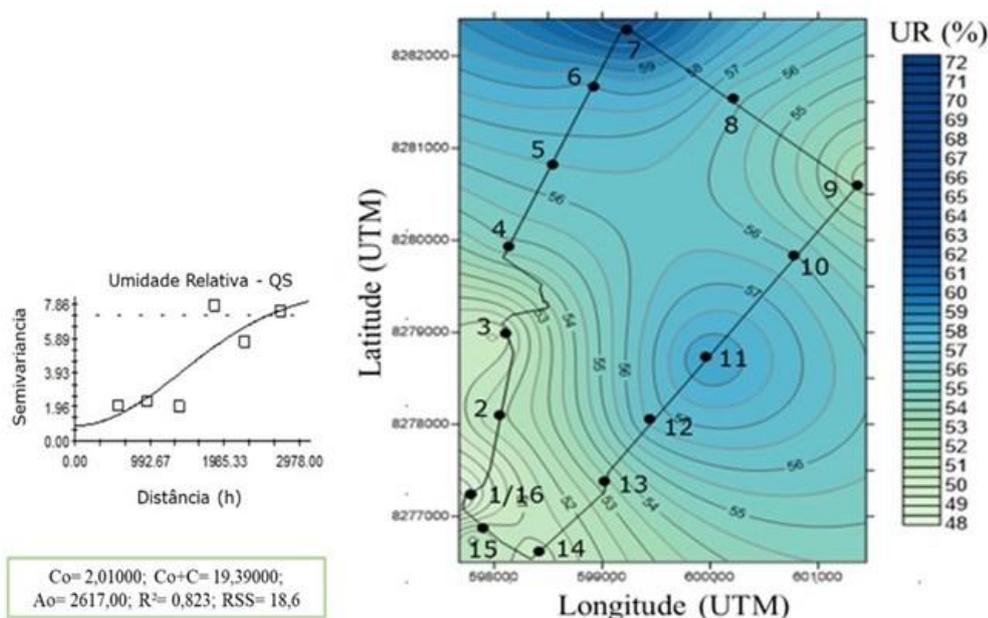


FIGURA 66 - Semivariograma e isoregiões da umidade relativa do ar (outono-inverno)

Num estudo também realizado em Cuiabá-MT no bairro Morada da Serra, por Vasconcelos e Zamparoni (2011), foi possível verificar que na estação seca encontram-se altas temperaturas do ar associadas a maiores densidades de construções e baixas temperaturas do ar relacionadas a uma menor densidade de construções. Os autores afirmam que essas condições de estabilidade demonstram a influência da radiação solar sobre o comportamento dos diversos materiais de construção e da natureza, como a temperatura do ar, que interferem nas mudanças climáticas, em escala local.

Além disso, a inserção correta de vegetação nas cidades pode melhorar a qualidade dos espaços urbanos proporcionado pela formação de ilhas de frescor e de umidade, já que a vegetação pode ser considerada um elemento “fresco”, que possui pouca amplitude térmica durante o dia e noite (GERMANO, 2012).

5.5. ANÁLISE DAS ILHAS DE CALOR URBANA E INTRAURBANA

Para análise das possíveis interferências das ilhas de calor e ilhas de frescor na área de pesquisa, fez-se necessário verificar a magnitude da ilha de calor urbana e intraurbana, bem como seu comportamento através da análise por período sazonal (quente-úmido e quente-seco) e por estações do ano.

A análise da ilha de calor urbana foi realizada com o objetivo de verificar a área de estudo com relação a um ambiente com características rurais e a ilha de calor intraurbana, para verificar o comportamento das variações da temperatura do ar especificamente na área da pesquisa.

Segundo Brandão (2003), as ilhas de calor podem ser classificadas de acordo com a sua magnitude, ou seja, se a diferença de temperatura do ar entre a área urbana e a rural for de 0 a 2,0°C, a ilha de calor possui intensidade fraca; se for de 2,1°C a 4,0°C, a intensidade é moderada; de 4,1°C a 6,0°C, a intensidade é forte e se maior que 6,0°C, de intensidade muito forte.

Para análise da magnitude da ilha de calor urbana foram consideradas as médias de temperatura do ar por período sazonal e por estação do ano, já que na presente pesquisa os períodos sazonais foram definidos de acordo com as estações do ano. Com relação à ilha de calor intraurbana, considerou-se a subtração da menor temperatura aferida em relação aos valores obtidos em cada um dos demais pontos fixos.

No período quente-úmido, foi possível observar que a ilha de calor urbana (ICU) não atingiu muita intensidade, apresentando 2,66°C de magnitude no ponto 1 (P1), classificando-a como moderada, provavelmente pela presença de vapor d'água no ar. A ilha de calor intraurbana (ICIU) também atingiu maior magnitude no ponto 1 (P1), com 2,34°C, também sendo classificada como de intensidade moderada.

As menores magnitudes da ICU foram verificadas nos pontos 7 e 11 (P7 e P11), atingindo apenas 0,48°C e 0,32°C de diferença na temperatura do ar, respectivamente, ou seja, magnitude fraca, o que pode ser um indício da interferência das ilhas de umidade verificadas nesses dois pontos. Da mesma forma, na ICIU as menores magnitudes foram verificadas nos pontos 7 e 11, sendo que como no ponto 11 foi aferida a menor temperatura, este foi utilizado para o cálculo da magnitude nos demais pontos e, portanto, não apresentou magnitude.

Já no ponto 7, a magnitude da ilha de calor intraurbana foi de $0,16^{\circ}\text{C}$, indicando intensidade fraca e corroborando com o fato de que em áreas de expansão e com presença de vegetação, há uma diminuição da temperatura do ar e um aumento da umidade relativa do ar (SANTOS, 2012; ALVES e BIUDES, 2012).

A Figura 67 apresenta a magnitude da ilha de calor urbana e intraurbana no período quente-úmido.

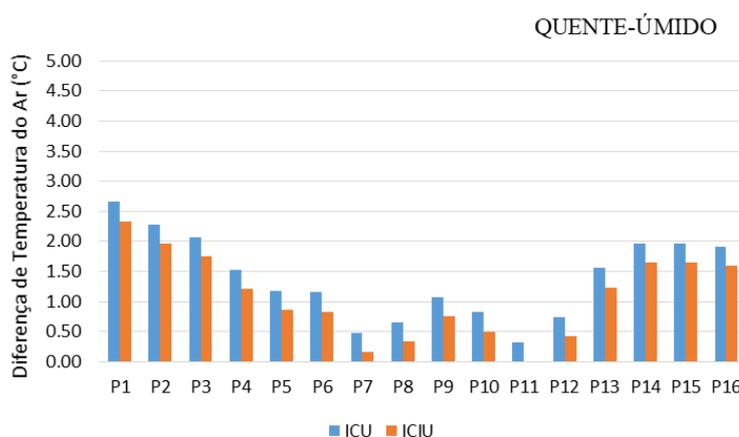


FIGURA 67 - Magnitude da Ilha de Calor Urbana (ICU) e Intraurbana (ICIU) no período quente-úmido

Analisando as ilhas de calor urbana e intraurbana por estação do ano, percebe-se que o comportamento das ilhas se apresentam da mesma forma tanto considerando-se a sazonalidade quanto por estações do ano. No entanto, ao analisar as estações da primavera e verão (período quente-úmido), foi possível observar que a primavera apresentou temperaturas do ar maiores que no verão. Na primavera as maiores diferenças de temperatura do ar foram verificadas no ponto 1, com $2,84^{\circ}\text{C}$ (ICU) e $2,44^{\circ}\text{C}$ (ICIU) e a menor diferença foi encontrada no ponto 11 com $0,41^{\circ}\text{C}$, indicando, nesse caso a influência da vegetação e da proximidade do parque urbano.

Segundo Ferreira et al. (2015), além dos parques urbanos, ruas e quintais das edificações com presença de arborização exercem um papel fundamental na contenção do rigor térmico, sendo que as temperaturas registradas são mais baixas, quando comparadas a áreas densamente construídas, com pouca vegetação.

Além disso, a cobertura do solo e inserção correta de vegetação nas cidades pode melhorar a qualidade dos espaços urbanos proporcionado pela formação de ilhas

de frescor, uma vez que a vegetação é considerada um elemento “fresco” e que possui pouca amplitude térmica durante o dia e noite (GERMANO, 2012).

No verão, as intensidades das ilhas de calor urbana e intraurbana foram praticamente as mesmas em todos os pontos, apresentando mesmo comportamento. As maiores diferenças foram verificadas no ponto 1, com 1,93°C na ICU e 1,94°C na ICIU. No ponto 11, onde na primavera foi encontrada a menor diferença de temperatura do ar, no verão apresentou um valor negativo de -0,01°C, indicando a influência, mesmo que pequena, de uma ilha de frescor.

Segundo Barros; Lombardo (2016), a presença de arborização nas áreas urbanas e as áreas verdes em geral, com altos índices de biomassa vegetal apresentam características de ilhas de frescor, mesmo quando localizam-se em áreas urbanas condensadas.

A Figura 68 apresenta a intensidade da ilha de calor urbana e intraurbana na primavera e no verão.

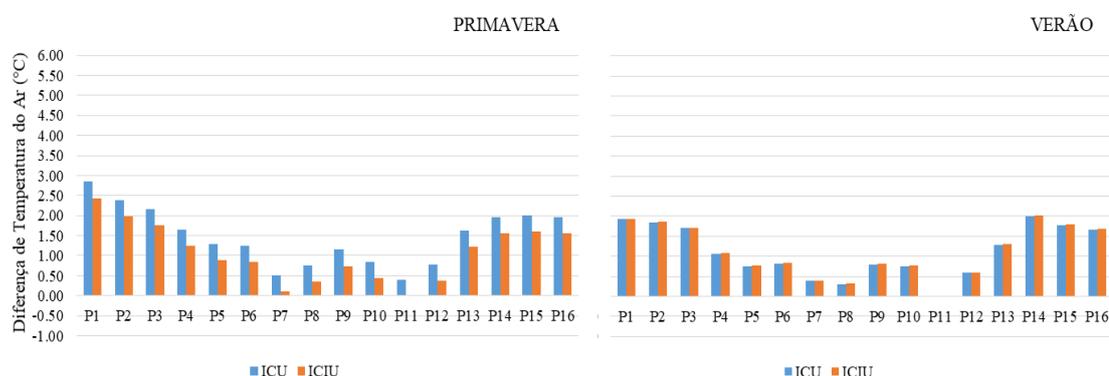


FIGURA 68 - Magnitude da Ilha de Calor Urbana (ICU) e Intraurbana (ICIU) na Primavera e no Verão

No período quente-seco, foi observado um comportamento homogêneo entre a ICU e ICIU. Tanto a ilha de calor urbana quanto a ilha de calor intraurbana apresentaram valores que as classificam como sendo de forte magnitude. A ilha de calor urbana apresentou uma maior diferença no ponto 1 (P1), atingindo 4,38°C e a ilha de calor intraurbana (ICIU) atingiu 4,29°C, também no ponto 1, comprovando a interferência da ilha de calor na temperatura do ar e na umidade relativa do ar aferidas durante todo período da coleta de dados.

As menores magnitudes da ICU, no período quente-seco foram verificadas nos pontos 7 e 11 (P7 e P11), com 0,09°C e 0,48°C, respectivamente. Na ICIU, as

magnitudes foram ainda menores, registrando apenas a diferença de $0,39^{\circ}\text{C}$ no ponto 11, já que no ponto 7 não houve magnitude.

A Figura 69 apresenta a magnitude da ilha de calor urbana e intraurbana no período quente-seco.

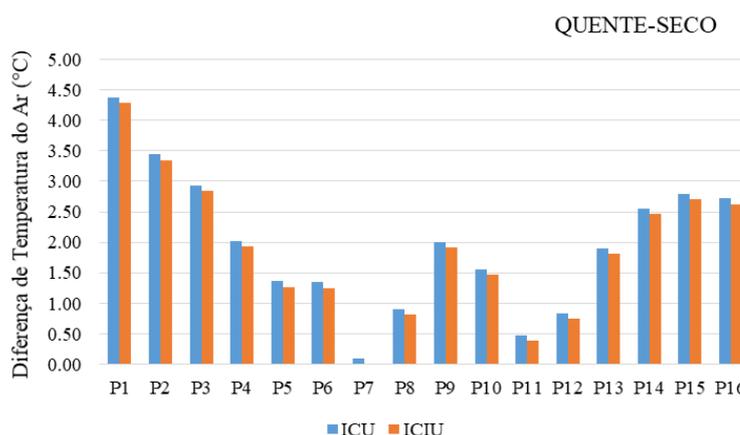


FIGURA 69 - Magnitude da Ilha de Calor Urbana (ICU) e Intraurbana (ICIU) no período quente-seco

Analisando o período quente-seco de acordo com as estações do ano que o compõem, possibilitou que uma avaliação mais apurada fosse realizada com relação as ilhas de calor. No outono, as maiores diferenças de temperatura do ar foram verificadas no ponto 1, com $4,20^{\circ}\text{C}$ (ICU) e $3,48^{\circ}\text{C}$ (ICIU), indicando a influência de uma ilha de calor urbana de intensidade forte e uma ilha de calor intraurbana de intensidade moderada. Com relação a ilha de calor urbana (ICU), a menor diferença foi encontrada no ponto 11, com $0,73^{\circ}\text{C}$, indicando uma ilha de calor de intensidade fraca.

No inverno, as maiores diferenças de temperatura do ar foram encontradas no ponto 1, com $4,32^{\circ}\text{C}$ na ilha de calor urbana e $4,85^{\circ}\text{C}$ na ilha de calor intraurbana, indicando a interferência de uma ilha de calor de intensidade forte nas duas análises.

Quanto a menor diferença, esta foi verificada no ponto 7 e não mais no ponto 11 como nas demais estações do ano, com $-0,53^{\circ}\text{C}$ na ilha de calor urbana, o que ressalta uma influência mais apurada de uma ilha de frescor nessa localidade, reafirmando o impacto da urbanização nas condições climáticas locais.

A Figura 70 apresenta a intensidade da ilha de calor urbana e intraurbana no outono e no inverno.

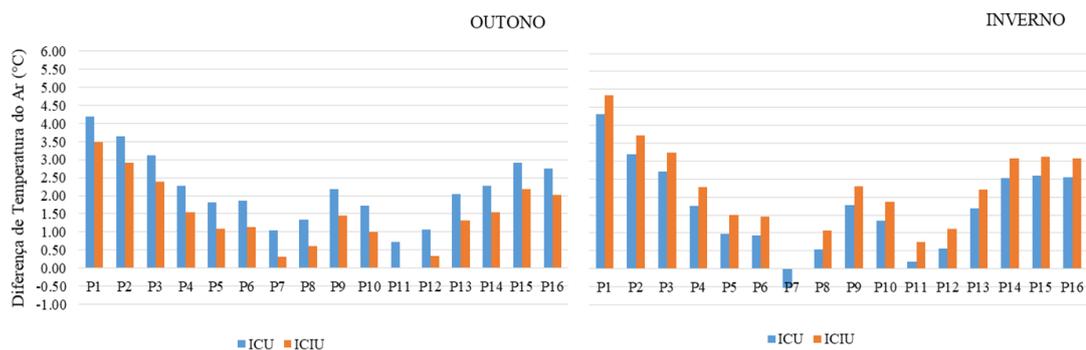


FIGURA 70 - Magnitude da Ilha de Calor Urbana (ICU) e Intraurbana (ICIU) no Outono e no Inverno

Observa-se que no período quente-seco encontram-se as maiores médias de temperatura do ar e também, onde a ilha de calor é melhor visualizada e atinge os maiores picos. (OKE, 1987; OKE et al. 2017). Na presente pesquisa, foi possível verificar que foi no inverno que a intensidade das ilhas de calor urbana e intraurbana atingiram as maiores magnitudes.

Outro fator a ser mencionado refere-se ao fato de que no inverno, a ilha de calor intraurbana apresentou diferenças de temperatura do ar maiores que da ilha de calor urbana, indicando que o ponto onde foi aferida a menor temperatura, representa uma potencial ilha de frescor na área de estudo.

Ao longo do ano da pesquisa, verificou-se a predominância da ocorrência de ilhas de calor urbanas e intraurbanas de magnitude fraca e moderada, com diferenças de temperatura de 0,21°C a 3,65°C (ICU – inverno e outono) e de 0,10°C a 3,48°C (ICIU – primavera e outono). Ilhas de calor urbanas e intraurbanas de magnitude forte foram verificadas com diferenças de temperatura entre 4,2°C a 4,32°C (ICU – outono e inverno) e de 4,85°C (ICIU – inverno).

Assim, percebe-se que a influência da urbanização, do intenso fluxo de tráfego, da cobertura do solo e da geometria das cidades devem ser minimamente analisadas em estudos relacionados com a formação de ilhas de calor. As diferentes variações da geometria das edificações e a forma de ocupação dos espaços urbanos podem influenciar no aumento ou na diminuição de valores de temperatura do ar em relação aos dados medidos nos arredores da cidade, bem como na velocidade e direção dos

ventos, na forma de recebimento de radiação por ondas curtas e na liberação de calor através de ondas longas (NAKATA-OSAKI et al., 2016).

Além disso, o aumento áreas arborizadas em cidades de clima quente como Cuiabá, pode melhorar a qualidade das áreas urbanas proporcionado pela formação de ilhas de frescor, já que a proximidade em relação a superfícies florestais de grande dimensão e sua zona de influência sugere modificações em favor de um menor saldo de energia disponível para condução e transporte por advecção pelo ar (JARDIM; SILVA, 2016).

Os autores (op. cit.) explicam que a interceptação da radiação solar pela vegetação e “a utilização de parte do saldo de energia nos processos metabólicos das plantas e na evapotranspiração, convertem parte do calor sensível disponível para aquecer o ar em calor latente”.

Portanto, a vegetação se configura como componente essencial para a formação das ilhas de frescor que equivalem a “elementos que promovem uma amenização de temperatura do ar, como quando ocorre um adensamento de árvores, grama, corpos hídricos ou quando existe um sombreamento provocado por uma barreira” (GERMANO, 2012, p.28).

5.6. COMENTÁRIOS GERAIS

Na análise de agrupamento verificou-se que alguns pontos fixos permaneceram agrupados tanto no período quente-úmido quanto no período quente-seco. Esse fato pode ser explicado pelas combinações dos locais e períodos sazonais, que levam a condições similares nos valores aferidos de temperatura do ar e umidade relativa do ar. Independente do período analisado as características de cobertura do solo possibilitam que as variáveis mensuradas se mantenham similares.

Na análise da variação termo-higrométrica foi possível verificar a mesma tendência de variação dos dados coletados, alterando-se conforme as características de cada período, ou seja, com maior umidade relativa do ar no verão (período quente-úmido) e menor umidade relativa do ar no inverno (período quente-seco). As maiores médias de temperatura do ar foram verificadas no período quente-úmido (na

primavera), e as menores temperaturas do ar foram aferidas no inverno (período quente-seco).

Quanto às ilhas de calor, a análise urbana e intraurbana se mostrou relevante para uma análise mais precisa dessa anomalia térmica. As ilhas de calor urbana e intraurbana apresentaram comportamentos homogêneos tanto considerando-se a sazonalidade quanto as estações do ano. No entanto, foi no período quente-seco, especificamente no inverno que se verificou as maiores temperaturas do ar do ano da pesquisa e onde as ilhas de calor apresentaram as maiores magnitudes.

Ressalta-se que a influência do intenso fluxo de veículos automotores no clima foi verificada em todo o trajeto definido, já que a emissão de calor e poluentes impulsionam o aumento da temperatura do ar na área urbana, se apresentando de forma mais intensa que as proporções de áreas edificadas. Portanto, considerar a interdisciplinaridade do clima urbano nas ações de planejamento e incentivar o uso de materiais que não retenham grandes proporções de energia durante o dia é essencial para a melhoria da qualidade dos espaços urbanos, podendo proporcionar um ambiente agradável e sadio para a população.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados apresentados foi possível observar comportamentos climáticos característicos da região de Cuiabá, com algumas discrepâncias com relação ao volume e frequência das precipitações e com períodos maiores sob a influência da friagem, proporcionando quebras bruscas de temperatura do ar. Quanto a sazonalidade das chuvas, observou-se períodos bem definidos, compatíveis com as médias das normais climatológicas.

A metodologia do transecto móvel noturno realizado por meio de veículos automotores mostrou ser um método eficiente de investigação das variáveis climatológicas, não apresentando intercorrências nas medições. Quanto as análises estatísticas realizadas, foi possível demonstrar que os dados coletados não apresentaram tendências significativas.

Os mapas temáticos elaborados para verificação da cobertura do solo nos pontos fixos foram uma ferramenta útil para o entendimento das características inerentes a forma de ocupação do solo urbano nos pontos fixos. Através da análise de agrupamento, verificou-se a influência da cobertura do solo nos valores de temperatura do ar e umidade relativa do ar, ao longo dos diferentes períodos do ano da pesquisa, sugerindo que áreas densamente urbanizadas exercem uma influência direta no clima de áreas adjacentes, mesmo com características distintas em termos de uso e ocupação do solo.

Quanto a análise da variação termo-higrométrica por períodos sazonais, foi possível verificar a mesma tendência de variação dos dados coletados ao longo de todo o período analisado. Cuiabá apresenta um perfil térmico que condiz com outros estudos realizados no período noturno, os quais registraram na área mais urbanizada, um significativo aumento da temperatura do ar, comprovando-se a existência de ilha de calor na cidade.

Áreas urbanas com presença de vegetação e áreas afastadas das regiões com ocupação do solo mais densa, apresentam temperaturas do ar mais amenas e umidade relativa do ar elevada com relação as regiões densamente urbanizadas. Essas áreas se configuram como ilhas de frescor e de umidade, essenciais para amenizar o rigor climático de cidades como Cuiabá.

Quanto as ilhas de calor, a análise urbana e intraurbana mostrou-se relevante para uma análise mais precisa dessa anomalia térmica. A ilha de calor urbana e a ilha de calor intraurbana apresentaram comportamento homogêneo tanto considerando-se a sazonalidade quanto as estações do ano.

Áreas de expansão urbana possuem características que as distinguem de outras regiões numa mesma cidade; nelas ainda há possibilidade de coibir ou minimizar os impactos da urbanização, através de intervenções adequadas. A utilização de materiais reflexivos nas edificações, de materiais de construção e pavimentação com tecnologias avançadas, o aumento de áreas vegetadas, a inserção de parques urbanos e outras áreas arborizadas, favorecem a melhoria das condições térmicas em suas adjacências

Acredita-se que a presente pesquisa contribuirá tanto para o meio científico quanto para os gestores públicos e planejadores urbanos, para um melhor entendimento das variações microclimáticas existentes na cidade de Cuiabá e, principalmente, nas áreas de expansão, possibilitando a avaliação da influência das anomalias termo-higrométricas existentes nas áreas urbanas consolidadas.

6.1. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A pesquisa realizada neste trabalho é uma contribuição para a linha de pesquisa da Análise Microclimática de Sistemas Urbanos, de forma a ressaltar a influência das ilhas de calor e ilhas de frescor no clima urbano de Cuiabá e a importância da integração dos estudos inerentes ao clima urbano nas intervenções realizadas pelos planejadores urbanos e gestores públicos.

Desta forma, ficam sugeridas recomendações para futuras investigações em áreas urbanas, sejam próximas ou não da área investigada na presente pesquisa:

a) Investigação em áreas urbanas de expansão e suas adjacências, verificando a influência da ilha de calor na variação termo-higrométrica e o comportamento dessa variação em diferentes horários de medições, possibilitando a avaliação da radiação solar e dos diferentes comportamentos urbanos;

- b) Medições de forma contínua, com equipamentos instalados em locais estratégicos com diferentes coberturas do solo, possibilitando a coleta de dados ao longo de todo recorte temporal a ser proposto para realização da pesquisa;
- c) Avaliar em conjunto com as variáveis microclimáticas a influência da emissão de calor e poluentes provenientes dos veículos automotores no clima local, especialmente nos principais corredores de tráfego nas áreas urbanas;
- d) Verificar através da utilização de simulações computacionais nos pontos fixos, quais medidas mitigadoras podem apresentar um melhor desempenho para a área de estudo devido as alterações na área urbana;
- e) Elaborar diretrizes para ocupação de áreas com características de expansão, utilizando ferramentas urbanísticas associadas às medições das variações termo-higrométricas como a influência da verticalização das edificações.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

7.1. REFERÊNCIAS CITADAS

ACHBERGER, C., BÄRRING, L., Correction of surface air temperature measurements from a mobile platform. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 9899, p. 227–238, 1999.

ALTHOR, G.; WATSON, J. E. M.; FULLER, R. A. Global mismatch between greenhouse gas emissions and the burden of climate change. **Scientific Reports**, v. 6, n. 20281, Fevereiro, 2016.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS P. C.; GONÇALVES, J. L. de M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, Janeiro, 2013.

ALVES, E. D. L. **Caracterização Microclimática do Campus de Cuiabá da Universidade Federal de Mato Grosso**. Cuiabá, 2010. 91 f. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) - Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, 2010.

ALVES, E. D. L.; BIUDES, M. S. Padrões da temperatura do ar e da umidade relativa: Estudo de caso no campus de Cuiabá da Universidade Federal de Mato Grosso. **Boletim Geográfico da UEM**. Maringá, v. 30, n. 3, p. 5-16, 2012.

AMERICAN SOCIETY METEOROLOGY. **Glossary of meteorology**. Boston, 26 jun. 2018. Disponível em: <http://glossary.ametsoc.org/wiki/Main_Page>. Acesso em: 24/09/2018.

AMORIM, M. C. C. T. Características noturnas da temperatura em Presidente Prudente/SP. In: V SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 2002, Curitiba. Anais. CD ROM. Curitiba: UFPR, 2002. p. 752-760.

AMORIM, M. C. C. T.; DUBREUIL, V.; CARDOSO, R. S. Modelagem espacial da ilha de calor urbana em Presidente Prudente - SP, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 16, p. 29-45, 2015.

ARAÚJO, A. P.; ALEIXO, N. C. R.; MENEZES, B. B.; SOUZA, C. G.; RIVERO, C. A. V.; MONTEZANI, E.; BRAIDO, L. M. H.; TEODORO, P. H. M.; AMORIM, M. C. C. T. Ensaio metodológico sobre a utilização de transectos móveis no período diurno em Presidente Prudente - SP. **Revista Formação**, v. 1, n.17, p. 77-95, 2008.

ASSIS, E. S. **Mecanismos de desenho urbano apropriados à atenuação da ilha de calor urbana: análise de desempenho de áreas verdes em clima tropical**. Rio de Janeiro, 1990. 164f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1990.

ASSIS, E. S. **Impactos da forma urbana na mudança climática: método para previsão de comportamento térmico e melhoria de desempenho do ambiente urbano**. São Paulo, 2000. 273f. Tese (Doutorado em Arquitetura). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

BAKLANOV, A.; GRIMMOND C.S.B.; CARLSONA, D.; TERBLANCHEA, D.; TANGA, X.; BOUCHETC, V.; LEEA, B.; LANGENDIJK, G.; KOLLIA, R.K.; HOVSEPYAN, A. From urban meteorology, climate and environment research to integrated city services. **Urban Climate**, v. 23, p. 330-341, 2018.

BARROS, M. P. **Dimensão fractal e ilhas de calor urbanas: uma abordagem sistêmica sobre as implicações entre a fragmentação das áreas verdes e o ambiente térmico do espaço urbano**. Cuiabá, 2012. 171f. Tese (Doutorado) – Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, 2012.

BARROS, H. R.; LOMBARDO, M. A. A ilha de calor urbana e o uso e cobertura do solo em São Paulo-SP. **Geosp – Espaço e Tempo** (Online), v. 20, n. 1, p. 160-177, jan. /abr., 2016.

BRANDÃO, A. M. P. M. O clima urbano na cidade do Rio de Janeiro, In: MENDONÇA, F. (Org.); MONTEIRO, C. A. F. (Org.). **Clima urbano**. São Paulo: Contexto, 192f. 2003.

BRASIL. **Estatuto da Cidade**. 3. ed. Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 2008. 102 p.

CALLEJAS, I. J. A. **Avaliação temporal do balanço de energia em ambientes urbanos na cidade de Cuiabá-MT**. Cuiabá, 2012. 265f. Tese (Doutorado). Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, 2012.

CARRACA M.G.D.; COLLIER C.G. Influência da morfologia urbana na distribuição da precipitação na Grande Manchester. **Cidades e Alterações climáticas. Que futuro?** Universidade de Lisboa, Portugal. p. 15-16, 2008.

CHAPMAN, S.; WATSON, J. E. M.; SALAZAR, A.; THATCHER, M.; MCALPINE, C. A. The impact of urbanization and climate change on urban temperatures: a systematic review. **Landscape Ecology**. Agosto, 2017.

CPTEC – Centro de Previsões do Tempo e Estudos Climáticos. 2018. Disponível em: <<https://www.cptec.inpe.br/>> Acesso em: 28/09/2018.

CUIABÁ. Prefeitura Municipal de Cuiabá. Uso, Ocupação e Urbanização do Solo – Legislação [Jandira Maria Pedrollo – Org.]. SMDU – Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. Cuiabá: 2011.

CUIABÁ. Prefeitura Municipal de Cuiabá / Perfil Socioeconômico de Cuiabá – Volume V. Cuiabá – Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano – SMDU. Cuiabá: Setembro, 2012.

CUIABÁ. Prefeitura Municipal de Cuiabá / Composição dos Bairros de Cuiabá – Database 2011. 3. Edição revista e atualizada. SMDU – Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. Cuiabá: 2013.

CUIABÁ. Prefeitura Municipal de Cuiabá. Lei Complementar nº 389 de 03 de novembro de 2015 – Disciplina o Uso e a Ocupação do Solo no Município de Cuiabá. Câmara Municipal de Cuiabá. Cuiabá, 2015.

DU, H.; WANG, D.; WANG, Y.; ZHAO, X.; QIN, F.; JIANG, H.; CAI, Y. Influences of land cover types, meteorological conditions, anthropogenic heat and urban area on surface urban heat island in the Yangtze River Delta Urban Agglomeration. **Science of the Total Environment**. v. 571, p. 461-470, 2017.

DUARTE, D. H. S. **O Clima como Parâmetro de Projeto para a Região de Cuiabá**. 1995. 214f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1995.

DUARTE, D. H. S. **O impacto da vegetação no microclima em cidades adensadas e seu papel na adaptação aos fenômenos de aquecimento urbano - Contribuições a uma abordagem interdisciplinar**. 2015. 167p. Tese (Livre Docência) – Departamento de Tecnologia da Arquitetura. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2015.

ELAGIB, N. A. Evolution of urban heat island in Khartoum. **International Journal of Climatology**. v. 31, p. 1377-1388, 2011.

FANAIA, P. A Evolução de Cuiabá. 2017. Disponível em: <<http://www.jornaloeste.com.br/artigos>> Acesso em 29/09/2018.

FENG, L.; LIN, A.; WANG, L.; QIN, W.; GONG, W. Evaluation of sunshine-based models for predicting diffuse solar radiation in China. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. n. 94, p. 168-182, 2018.

FERREIRA, J. C. V. História de Cuiabá. Portal Mato Grosso. 2017. Disponível em: <<http://www.portalmatogrosso.com.br/municipios/cuiaba/dados-gerais/historia-de-cuiaba>> Acesso em 07/11/2017.

FERREIRA, L. de F.; CARRILHO, S. T.; MENDES, P. C. Áreas verdes urbanas: uma contribuição aos estudos das ilhas de frescor. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium**, Ituiutaba, v. 6, n. 2, p. 101-120, jul./dez. 2015.

FIALHO, E. S. Ilha de calor: reflexões acerca de um conceito. **Revista Acta Geográfica**, Boa Vista, Edição Especial. Climatologia Geográfica, p. 61-76, 2012.

FRANCO, F. M. **Configuração urbana e sua interferência no microclima local: estudo de caso no bairro do Porto em Cuiabá-MT.** 2013. 142f. Tese (Doutorado em Física Ambiental) - Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, 2013.

FRANÇA, M. S. de. **Avaliação do microclima urbano para a cidade de Sorriso/MT: Estudo de caso.** 2017. 91f. Tese ((Doutorado em Física Ambiental) – Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, 2017.

FREITAS, A. F.; MELO, B. C. B.; SANTOS, J. S.; ARAÚJO, L. E. Avaliação Microclimática em Dois Fragmentos Urbanos Situados no Campus I e IV da Universidade Federal da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física.** v. 6, n. 4, p. 777-792, 2013.

FREITAS, C. F. S. **Regulações territoriais e expansão urbana informal: é possível preservar e incluir?** Cadernos de Arquitetura e Urbanismo. Paranoá n. 19. 2017.

FUNARI, F. L.; TARIFA, J. R. Sunshine, global radiation and net radiation in Brazil. **Revista do Instituto Geológico.** São Paulo, n. 38, p. 49-83, 2017.

GARTLAND, L. **Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas.** São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

GARUMA, G. F.; BLANCHET, J. P.; GIRARD, E.; LEDUC, M. Urban surface effects on current and future climate. **Urban Climate,** v. 24, p. 121-138, 2018.

GERMANO, P. J. M. M. T. **Investigação multitemporal de ilhas de calor e de frescor em Maringá, Paraná, utilizando imagens do satélite landsat 5 – 2000 a 2010.** 2012. 99 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2012.

HÃB, K.; RUDELL, B. L.; MIDDEL, A. Sensor lag correction for mobile urban microclimate measurements. **Urban Climate,** v. 15, p. 622-635, 2015.

HATHWAY, E.A.; SHARPLES, S. The interaction of rivers and urban form in mitigating the urban heat island effect: A UK case study. **Building and Environment.** Oxford, v. 58, p. 14-22, 2012.

HU, X.; ZHOU, W.; QIAN, Y.; YU, W. Urban expansion and local land-cover change both significantly contribute to urban warming, but their relative importance changes over time. **Landscape Ecology,** v. 32, p. 763-780, 2017.

HUA, Y.; WHITEB, M.; DINGA, W. An Urban Form Experiment on Urban Heat Island Effect in High Density Area. In: 4TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON COUNTERMEASURES TO URBAN HEAT ISLAND (UHI) 2016. **Procedia Engineering.** v. 169, p. 166-174, 2016.

IBGE - Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais. Estimativas da população residente com data de referência 1º de julho de 2017.

Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=510340>>
Acesso em: 28/09/2018.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. Nota Técnica n. 001/2011 - Rede de Estações Meteorológicas Automáticas do INMET. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/css/content/topo_iframe/pdf/Nota_Tecnica-Rede_estacoes_INMET.pdf> Acesso em: 26/03/2018.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. Climatologia. 2003. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/html/clima.php>>. Acesso em: 28/09/2018.

INMET - Instituto Nacional De Meteorologia. Normais Climatológicas do Brasil. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas>> Acesso em: 28/09/2018.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2018. Disponível em: <http://sonda.ccst.inpe.br/estacoes/cuiaba_clima.html> Acesso em: 24/09/2018.

IPCC - **Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: global and sectoral aspects. Contribution of working group II to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change** [Field, C. B., V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. Mac-Cracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 2014.

JARDIM, C. H.; SILVA, M. R. Extremos de temperatura do ar em Belo Horizonte: variabilidade natural e influência do clima urbano. **Revista do Departamento de Geografia Universidade de São Paulo**. Volume especial, p. 83-97, 2016.

KATZSCHNER, L. Urban climate in dense cities. In: **Ng, E. (Ed.), Designing High-density Cities: For Social and Environmental Sustainability**. Earthscan, p. 71–85, 2010.

KHALIL, H. A. E. E.; IBRAHIM, A.; ELGENDY, N.; MAKHLOUF, N. Could/should improving the urban climate in informal areas of fast-growing cities be an integral part of upgrading processes? Cairo case. **Urban Climate**, v. 24. p. 63-79, 2018.

KOOMEN, E.; DIOGO, V. Assessing potential future urban heat island patterns following climate scenarios, socio-economic developments and spatial planning strategies. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**. v. 22, p. 287-306, 2017.

LAMARCA, C.; QUENSE, J.; HENRÍQUEZ, C. Thermal comfort and urban canyons morphology in coastal temperate climate, Concepción, Chile. **Urban Climate**, v. 23. p.159-172, 2018.

LEAL, L. **A influência da vegetação no clima urbano da cidade de Curitiba – PR.** 2012- 172f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. Curitiba, 2012.

LEE, D.; OH, K. Classifying urban climate zones (UCZs) based on statistical analyses. **Urban Climate**, v. 24, p. 503-516, 2018.

LIMA, G. N.; RUEDA, V. O. M. The urban growth of the metropolitan area of Sao Paulo and its impact on the climate. **Weather and Climate Extremes**, n. 21. p. 17-26, 2018.

LOMBARDO, M. **Ilha de calor nas metrópoles.** São Paulo: Hucitec, 1985.
LOMBARDO, M. A. O uso de geotecnologias na análise das mudanças climáticas na metrópole de São Paulo. **Revista Geográfica da América Central.** Vol. esp. EGAL, p. 1-19. 2011.

MACHADO, N. G.; BIUDES, M. S.; QUERINO, C. A. S.; DANELICHEN, V. H. M.; VELASQUE, M. C. S. Seasonal and interannual pattern of meteorological variables in Cuiabá, Mato Grosso State, Brazil. **Revista Brasileira de Geofísica.** v. 33, p. 477-488, 2015.

MACIEL, C. R. **Condições microclimáticas de espaços abertos: simulação de estratégias por meio do software ENVI-MET.** 2014. 106f. Tese (Doutorado em Física Ambiental), Instituto de Física, UFMT, Cuiabá, 2014.

MACIEL, C. R.; LUZ, V. S.; SANTOS, F. M. M.; NOGUEIRA, M. C. J. A.; NOGUEIRA, J. S. Interação das Variáveis Microclimáticas e Cobertura do Solo em Região Urbana e Limítrofe-Urbana na Cidade de Cuiabá/MT. **Caminhos de Geografia** (Revista Online). v. 15, n. 51, p. 199–215, Setembro, 2014.

MAITELLI, G. T. **Uma abordagem tridimensional de clima urbano em área tropical continental: o exemplo de Cuiabá-MT.** 1994. 220f. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

MENDONÇA, F. Clima e planejamento urbano em Londrina. In: **Clima Urbano.** MONTEIRO, C. A. de F; MENDONÇA, F. (Org.) et al. São Paulo: Contexto, p. 93-120, 2003.

MINAKI, C.; AMORIM, M. C. de C. T. Análise da temperatura e da umidade relativa do ar na primavera-verão em Araçatuba/SP. **Revista Brasileira de Climatologia.** Vol. 13, p. 236-247. Jul/Dez, 2013.

MILLS, G. Urban Climatology: History, status and prospects. **Urban Climate**, 10, 479-489, 2014.

MONTEIRO, C. A. Teoria e clima urbano. 1976. 181f. Tese (Livre Docência) – Instituto de Geografia. Universidade de São Paulo. São Paulo, 1976.

MONTEIRO, C. A. de F. Teoria e clima urbano. In: **Clima urbano**. MONTEIRO, C. A. de F; MENDONÇA, F. (Org.) et al. São Paulo: Contexto, p. 9-67, 2003.

MOTA, A. B. S. **Mapeamento termohigrométrico do município de Coari-AM utilizando transecto móvel**. Cuiabá, 2017. 67 f. Tese (Doutorado em Física Ambiental) – Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, 2017.

MOTA, S. **Urbanização e Meio ambiente**. Rio de Janeiro: ABES, 1999. 353p.

MURPHY, D. J.; HALL, M. H.; HALL, C. A. S.; HEISLER, G. M.; STEHMANA, S. V.; ANSELMINI-MOLINAC, C. The relationship between land cover and the urban heat island in northeastern Puerto Rico. **International Journal of Climatology**. v. 31, p. 1222-1239, 2011.

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.

NAZARIO, F. **Nascente do parque Massairo Okamura é uma das poucas preservadas**. Disponível em: <<http://www.mt.gov.br/-/3688650-nascente-do-parque-massairo-okamura-e-uma-das-poucas-preservadas>> Acesso em: 12/01/2019.

OLIVEIRA, A. S.; SANTOS, F. M. M.; CALEJJAS, I. J. A.; NOGUEIRA, M. C. J. A.; NOGUEIRA, J. S. Sombreamento arbóreo e microclima de praças públicas em cidade brasileira de clima tropical continental. In: CONGRESSO LUSO BRASILEIRO PARA O PLANEJAMENTO URBANO, REGIONAL, INTEGRADO E SUSTENTÁVEL, 4 – PLURIS, Faro/ Portugal, 2010.

OKE, T. R. **Review of urban climatology: 1968-1973**. Geneva: World Meteorological Organization, 1974 (WMO Technical Note, n. 134).

OKE, T. R. **Boundary Layer Climates**. Londres: Methuen, 1978.

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

OKE, T. R. Methods in urban climatology. In: W. KIRCHHOFER, A. OHMURA and H. WANNER (Editors), **Applied Climatology** (Zürcher Geog. Schriften, 14). Eidgenössische Technische Hochschule Geographische Institut, Zurich, p. 19-29, 1984.

OKE, T. R. **Boundary layer climates**. Londres: Routledge, 1987.

OKE, T. R. Siting and exposure of meteorological instruments at urban sites. In: **Air Pollution Modeling and its Application XVII**. Borrego, C. and A. L. Norman (eds), Springer, 2004.

OKE, T. R. **Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites**. IOM Report, TD. World Meteorological Organization, Geneva, 2006.

OKE, T. R.; MILLS, G.; CHRISTEN, A.; VOOGT, J. A. **Urban Climate**. University of British Columbia. Cambridge: Cambridge University Press, 2017, 542p.

OLIVEIRA, A. S. **Influência da vegetação arbórea no microclima e uso de praças públicas**. Cuiabá, 2011. 146f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, 2011.

PAULA, D. C. J. **Análise termohigrométrica pós intervenções urbanas em Cuiabá-MT**. Cuiabá, 2017. 90f. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) – Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, 2017.

PAULA, D. L. P.; CARDOSO, F. A. C.; CARDOSO, R. B.; CUNHA, G. P. Q.; VIEIRA, E. M. Modelagem espacial da velocidade do vento a 50, 75 e 100 metros de altura para o estado de Minas Gerais, Brasil, empregando geoestatística. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v.10, n.04, p. 1281-1295, 2017.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.

PÓLROLNICZAK, M. et al. The influence of atmospheric circulation on the intensity of urban heat island and urban cold island in Poznań, Poland. **Theoretical and Applied Climatology**. v.127, p. 611-625, 2015.

QUERINO, J. K. A. S. **Caracterização termohigrométrica e de conforto térmico em Porto Velho no período de transição seco-chuvoso**. Cuiabá, 2017. 58 f. Tese (Doutorado em Física Ambiental) – Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, 2017.

QUERINO, C. A. S.; MOURA, M. A. L.; QUERINO, J. K. A. S.; VON RADOW, C.; MARQUES FILHO, A. O. Estudo da radiação solar global e do índice de transmissividade (Kt), externo e interno, em uma floresta de mangue em Alagoas – Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 26(2), p. 204–294, 2011.

RIBEIRO, K. F. A. **Análise da influência da vegetação arbórea no comportamento térmico dos diferentes tipos de revestimento do solo**. Cuiabá, 2016. 157f. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental). Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, 2016.

ROCHA, A. D. da. **Espectro cruzado e coerência wavelet: um estudo de variáveis micrometeorológicas em frações urbanas na cidade de Cuiabá, MT**. 2018. 142f.

Tese (Doutorado em Física Ambiental), Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2018.

ROSSETI, K.A.C. **Efeitos do uso de telhados vegetados em ilhas de calor urbanas com simulação pelo software ENVI-Met.** 2013. 273f. Tese (Doutorado em Física Ambiental), Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2013.

SANTOS, F. M. de M. **Influência da Ocupação do Solo na variação termohigrométrica na cidade de Cuiabá-MT.** Cuiabá, 2012.102 f. Tese (Doutorado em Física Ambiental) – Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, 2012.

SANTOS, F. M. M.; NOGUEIRA, M. C. J. A. Análise da influência da ocupação do solo na variação termohigrométrica por meio de transectos noturnos em CUIABÁ-MT. **Caminhos de Geografia** v. 13, n. 41 p.187-194, Março, 2012.

SILVA JÚNIOR, J. de A.; DA COSTA, A. C. L., PEZZUTI, J. C. B.; DA COSTA, R. F. Variabilidade espacial do conforto térmico e a segregação social do espaço urbano na cidade de Belém, PA. *Revista Brasileira de Meteorologia.* v. 28, n. 4, p. 419-428, 2013.

SILVA, J. S.; SILVA, R. M.; SANTOS, C. A. G. Spatiotemporal impact of land use/land cover changes on urban heat islands: A case study of Paço do Lumiar, Brazil. **Building and Environment.** n. 136, p. 279-292, 2018.

SOLECKI, W. et al. A conceptual framework for an urban areas typology to integrate climate change mitigation and adaptation. **Urban Climate,** v. 4, p. 116-137, 2015.

SOUZA, N. S. **Análise da relação da radiação solar global na formação de ilhas de calor em diferentes configurações urbanas em Cuiabá-MT.** Cuiabá, 2016. 76f. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental). Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, 2016.

SOUZA, J. F.; SILVA, R. M.; SILVA, A. M. Influência do uso e ocupação do solo na temperatura da superfície: o estudo de caso de João Pessoa – PB. **Ambiente Construído,** Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 21-37, jan./mar. 2016.

THEOPHILOU, M.K.; SERGHIDES, D. Estimating the characteristics of the Urban Heat Island Effect in Nicosia, Cyprus, using multiyear urban and rural climatic data and analysis. **Energy and Buildings.** v.108, p. 137–144, 2015.

TSIN, P. K.; KNUDBY, A.; KRAYENHOFF, E. S.; HO, H. C.; BRAUER, M.; HENDERSON, S. B. Microscale mobile monitoring of urban air temperature. **Urban Climate,** n. 18, p. 58-72, 2016.

UGEDA JÚNIOR, J. C.; AMORIM, M. C. C. T. Reflexões acerca do sistema clima urbano e sua aplicabilidade: pressupostos teórico-metodológicos e inovações técnicas. **Revista do Departamento de Geografia Universidade de São Paulo.** Volume especial, p. 160-173, 2016.

UNITED NATIONS. **World Urbanization Prospects: The 2014 Revision**. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, ST/ESA/SER.A/366, 2015.

VALIN JR, M.; SANTOS, F.M.M.; RIBEIRO, K.F.A.; NOGUEIRA, M.C.J.A.; NOGUEIRA, J.S. Análise da relação entre abrigos meteorológicos alternativos para pontos fixos e o comportamento de variáveis termo-higrométricas. **Revista Brasileira de Climatologia**. Ano 12, v.18, jan./jun. 2016.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Recife-PE Brasil, março de 2006.

VASCONCELOS, L. S., ZAMPARONI, G. P. C. Análise do microclima em Cuiabá-MT: um estudo de caso nos bairros Duque de Caxias e dos Bandeirantes. *Geoambiente on-line*, v.16, p. 01-18, 2011.

VILANOVA, S. R. F.; MAITELLI, G. T. A importância da conservação de áreas verdes remanescentes no centro político administrativo de Cuiabá-MT. **Uniciências**, n. 13: p. 55–71, 2009.

YAMAMOTO, J. K.; LANDIM, P. M. B. **Geoestatística: Conceitos e aplicações**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

YAO, R.; WANG, L.; HUANG, X.; ZHANG, W.; LI, J.; NIU, Z. Interannual variations in surface urban heat island intensity and associated drivers in China. **Journal of Environmental Management**. n. 222, p. 86-94, 2018.

YNOUE, R. Y.; AMBRIZZI, M. S. R. T.; DA SILVA, G. A. M. **Meteorologia: Noções Básicas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2017.

ZAVITOSKI, E. V. S. **Análise termohigrométrica nos eixos viários centrais da malha urbana original de Sinop-MT**. 2018. 67f. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental). Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, 2018.

7.2. REFERÊNCIAS CONSULTADAS

ANDRADE, H. **O Clima Urbano** - Natureza, escalas de análise e aplicabilidade. *Finisterra* xl, 80, p. 65-91. 2005.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 12ª Edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

CAMARGO, E. C. G. **Geoestatística: Fundamentos e Aplicações**. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis_ambiente/5geoest.pdf> Acesso em: 30/08/2017.

CHOW, W.T.; POPE, R. L.; MARTIN, C. A.; BRAZEL, A. J. Observing and modeling the nocturnal park cool island of an arid city: horizontal and vertical impacts. **Theoretical and Applied Climatology**. v. 103, p. 197–211. 2011.

CUIABÁ. Prefeitura Municipal de Cuiabá / Plano Diretor de Desenvolvimento Estratégico de Cuiabá. IPDU – Instituto de Planejamento e Desenvolvimento Urbano. Adriana Bussiki Santos (Org.) Cuiabá, MT: Entrelinhas, 2008.

FABRÍCIO, J. F.; ABICHEQUER, L. A.; SOUZA, L. E.; OLIVEIRA NETO, R.; GONÇALVES, I. G. Análise e interpretação de parâmetros de qualidade de maciço para proposição de modelo geomecânico. **Revista Monografias Ambientais**. Santa Maria, v. 14, Ed. Especial Unipampa. p. 62-79, 2015.

FREITAS, A. F.; MELO, B. C. B.; SANTOS, J. S.; ARAÚJO, L. E. Avaliação Microclimática em Dois Fragmentos Urbanos Situados no Campus I e IV da Universidade Federal da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v. 6, n. 4, p. 777-792, 2013.

HEUSINKVELD, B. G.; STEENEVELD, G. J.; VAN HOVE, L. W. A.; JACOBS, C. M. J.; HOLTSLAG, A. A. M. Spatial variability of the Rotterdam urban heat island as influenced by urban land use. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**. v. 119 (2), p. 677–692. 2014.

LI, X.; FENG, L. Multivariate and geostatistical analyzes of metals in urban soil of Weinan industrial areas, Northwest of China. **Atmospheric Environment**. v. 47, p. 58-65, 2012.

MATHERON, G. Principles of geostatistics. **Economic Geology**. El Paso, v. 58, p. 1246-1266, 1963.

PAZ, L. H. F. **A influência da vegetação sobre o clima urbano de Palmas/TO**. 2009.169 F. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, 2009.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences*. n .11, p. 1633-1644. 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007>> Acesso em: 02/09/2018.

PEZZUTO, C. C.; LABAKI, L. C.; FRANCISCO FILHO, L. L. Conforto térmico nos espaços urbanos abertos: a morfologia urbana e a relação com as condições climáticas. In: VII ENCAC E 3ª CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA SOBRE CONFORTO E DESEMPENHO ENERGÉTICO DE EDIFICAÇÕES, Curitiba, 2003.

RICHTER, M. Urban climate change-related effects on extreme heat events in Rostock, Germany. *Urban Ecosystems*, v. 19, p. 849–866, 2016.

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

TEIXEIRA, D. C. F.; AMORIM, M. C. C. T.; DUBREUIL, V. Modelagem da ilha de calor urbana para cidade pequena (Rancharia - SP) a partir de imagens do satélite Landsat 7 e de medidas da temperatura do ar. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17, 2015, João Pessoa. Anais... João Pessoa, 2015. p. 1-8.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. L. **Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras**. São Paulo: Editora Nobel, 1984. 374 p.

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.