

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

**AVALIAÇÃO TERMOHIGROMÉTRICA EM ZONA URBANA
INTERMEDIÁRIA (ZUI), DA CIDADE DE SINOP-MT.**

ÉRICO VINICIUS DA SILVA ZAVITOSKI

Prof.^a Dr.^a Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira
Orientadora

Cuiabá – MT
Março de 2023

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

**AVALIAÇÃO TERMOHIGROMÉTRICA EM ZONA URBANA
INTERMEDIÁRIA (ZUI), DA CIDADE DE SINOP-MT**

ÉRICO VINICIUS DA SILVA ZAVITOSKI

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 Doutor em Física Ambiental.

Área de Concentração: Interação Biosfera-Atmosfera

Linha de Pesquisa: Análise e Modelagem Microclimática de Sistemas Urbanos.

Prof.^a Dr.^a Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira
Orientadora

Cuiabá – MT
Março de 2023

DEDICATÓRIA

Agradeço a DEUS primeiramente, por ter me dado a vida e me proporcionado inúmeras realizações pessoais. Meu muito obrigado a minha mãe Efigênia, tia Raimunda, tia Luiza, minhas irmãs Elen e Emilene (Mila), e aos meus sobrinhos Matheus, Mariana, Alana e Murilo. Todos são pilares emocionais para que eu me mantenha firme nas minhas conquistas.

AGRADECIMENTOS

- A **Prof.^a Dr.^a Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira**, pelas orientações, ensinamentos, incentivos, confiança, compreensão e amizade fraterna. Um imenso coração de mãe aliado à uma grande cientista, pesquisadora e educadora. Que age com enorme profissionalismo, mas não deixando de lado a amorosidade e afeto para com todos seus alunos e equipe de trabalho;
- Ao **Prof.^o Dr. ^o José de Souza Nogueira** (*in memoriam*) pelo grande profissional que por muitos anos se empenhou e se dedicou frente ao programa de pós-graduação em Física Ambiental, visando qualidade do curso, formando mestres e doutores de excelência, e que em meio aos seus objetivos, visava que as pesquisas desenvolvidas pelo programa, fossem de grande contribuição para a sociedade e o meio ambiente. E de forma mais íntima, se fazia um grande pai para todos os alunos, cuidando de cada um com seu jeito amoroso, respeitoso e super bem humorado;
- A **Prof.^a Dr.^a Flávia Maria de Moura Santos**, por toda contribuição no programa de pós-graduação em Física Ambiental, pela generosidade em compartilhar conhecimentos, e por todo incentivo moral e emocional. Profissional, ética, amiga, que age com empatia e bondade de coração.
- A **todos membros da banca examinadora** (*prof.^a Marta, prof.^a Flávia, prof. João, prof. Marcelo, prof.^a Laís e prof.^a Soneize*), por analisarem com bastante ética, profissionalismo e carinho, contribuindo generosamente para melhoria da pesquisa;
- Aos **alunos da pós-graduação**, pela parceria e companheirismo nesta caminhada, especialmente a **Ana Clara Alves Justi**, pelos também atos generosidade e carinho, e por estar sempre disposta a ajudar;
- A **todos do programa de pós-graduação em Física Ambiental** (*coordenação, professores, alunos, técnicos administrativos, zeladores*) pela convivência e os conhecimentos compartilhados durante todo o período de estudo e concretização desta pesquisa;
- A **todos meus familiares** pelo incentivo e torcida em me verem alcançando novas conquistas, bem como adquirindo novos conhecimentos, pela complementação financeira, pela compreensão de minhas ausências, e pelo estímulo emocional no decorrer do curso, fazendo com que eu sentisse a todo momento que tenho uma base familiar muito bem estruturada no amor;
- Agradeço a **CAPES** pelo apoio financeiro durante a realização desta pesquisa;
- E o mais importante de todos agradecimentos, **a DEUS**, que além de ter me dado a vida, saúde e aptidão em adquirir conhecimentos, me proporcionou essa grande experiência acadêmica, científica, que muito tem a ver em relação ao ser humano e a natureza, e as interações entre essas SUAS duas grandes criações.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABELAS	iv
LISTA DE QUADROS	v
LISTA DE ABREVIACÕES E/OU SÍMBOLOS	vi
RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. PROBLEMÁTICA	1
1.2.JUSTIFICATIVA	2
2. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	4
2.1.CLIMA URBANO	4
2.1.1. Estudos Atuais Sobre Clima Urbano	6
2.2.SISTEMA CLIMA URBANO	7
2.2.1. A abordagem do Sistema Clima Urbano na área da arquitetura e urbanismo	11
2.3.ESCALAS CLIMÁTICAS NO ESPAÇO URBANO	12
2.3.1. Na horizontal	12
2.3.2. Na vertical	14
2.3.3. Microclimas urbanos	15
2.4.ELEMENTOS CLIMÁTICOS QUE DETERMINAM O CLIMA URBANO	15
2.4.1. Temperatura do ar em espaços abertos.....	16
2.4.2. Umidade relativa do ar	17
2.4.3. Precipitações pluviométricas	17
2.4.4. Movimento do ar	17
2.5.FATORES RELACIONADOS AS ALTERAÇÕES DOS CLIMAS E MICROCLIMAS URBANOS.....	19
2.5.1. Propriedades termodinâmicas dos materiais.....	19
2.5.2. Rugosidade e Porosidade.....	20
2.5.3. Vegetação urbana	22
2.6.SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO LCZ (<i>Local Climate Zone</i>)	23
2.6.1. Sistema de Classificação Supervisionada Automatizada	25
2.7.ESPAÇO URBANO OJETO DA PESQUISA – CIDADE DE SINOP-MT.....	28

3. MATERIAIS E MÉTODOS	35
3.1.ÁREA DE ESTUDO	35
3.2.COLETAS DE DADOS	35
3.2.1. Método e coleta de dados através de transecto móvel.....	37
3.2.1.1.Instrumentação do Transecto móvel.....	39
3.2.2. Método e coleta de dados através de microestação fixa.....	41
3.2.2.1.Instrumentação da estação micrometeorológica fixa.....	41
3.2.2.2.Calibração dos sensores.....	42
3.3.CARACTERIZAÇÃO DO ESPAÇO URBANO AVALIADO.....	44
3.3.1. Definição dos critérios para escolha da região urbana avaliada	44
3.3.2. Caracterização do Espaço Urbano Avaliado	45
3.3.3. Pontos do transecto móvel.....	47
3.3.4. Definição de recortes urbanos representativos	48
3.3.5. Caracterização visual e espacial dos pontos avaliados.....	49
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	56
4.1.ANÁLISE DA CLASSIFICAÇÃO LCZ NA REGIÃO DO TRANSECTO. 56	
4.2.ANÁLISE DA COBERTURA DO SOLO NO RAIOS DE ABRANGÊNCIA DOS PONTOS FIXOS AFERIDOS	58
4.3.APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS CLIMÁTICOS DO TRANSECTO MÓVEL	67
4.3.1. Análise das variáveis climáticas do transecto nos períodos sazonais.....	68
4.3.2. Análise estatística do transecto.....	73
4.3.3. Análise da similaridade dos pontos fixos	73
4.4.APRESENTAÇÃO DOS DADOS CLIMÁTICOS DA ESTAÇÃO AUTOMÁTICA FIXA	77
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	79
6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	81
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
7.1.REFERÊNCIAS CITADAS	82
7.2.REFERÊNCIAS CONSULTADAS	89

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Esquematisação do Sistema Clima Urbano – SCU	9
Figura 02 - Articulações dos Subsistemas do SCU, segundo os canais de percepção	10
Figura 03 – Escalas climáticas. (CLP) Camada Limite Planetária, CLU - Camada Limite Urbana (CLU), Camada Limite Rural (CLR), Camada de Dossel Urbano (CDU)	13
Figura 04 – Escalas climáticas	14
Figura 05 – Principais elementos climáticos	16
Figura 06 – Comportamento da temperatura do ar de superfície do ar	16
Figura 07 – Gradiente do vento para diferentes áreas	18
Figura 08 – Albedo dos materiais urbanos	20
Figura 09 – Albedo dos telhados	20
Figura 10 – Ventilação natural em relação a rugosidade de altura.....	21
Figura 11 – Comportamento dos ventos em função da rugosidade de altura.....	21
Figura 12 – Comportamento dos ventos em função dos afastamentos dos edifícios	22
Figura 13 – Diferentes orientações de malhas urbanas em relação ao vento predominante ...	22
Figura 14 – Classes do sistema LCZ (<i>Local Climate Zone</i>)	24
Figura 15 – Fluxograma do método de classificação LCZ generator	26
Figura 16 – Dados de entrada e saída do LCZ generator	27
Figura 17 – Projeto urbanístico inicial de Sinop-MT.....	29
Figura 18 – Abertura das primeiras quadras em 1972. (esquerda) mapa da área urbana central de Sinop com a localização das primeiras ruas, quadras e avenidas; (direita) imagem aérea da implantação das 18 primeiras quadras.....	29
Figura 19 – Primeira expansão urbana, 1974.....	30
Figura 20 – Semelhança entre os traçados urbanos das cidades (esquerda)Sinop e (direita) Maringá.....	31
Figura 21 – Zoneamento da Zona Urbana Consolidada - ZUC.....	31
Figura 22 – Mapa de microzoneamento da macrozona urbana.....	32
Figura 23 –Loteamentos Construídos de 2004 à 2020 em Sinop-MT	32
Figura 24 – Padronização das calçadas de Sinop-MT.....	33
Figura 25 – Imagem aérea da Praça da Bíblia.....	34
Figura 26 – Localização da cidade de Sinop-MT.....	35
Figura 27 - Classificação climática de Köppen para o estado de Mato Grosso	36
Figura 28 – Instrumentos utilizados na coleta de dados climáticos em transecto móvel	40

Figura 29 – Microestação Meteorológica Fixa.....	41
Figura 30 – Localização da estação micro meteorológica fixa (automática)	42
Figura 31 – Estação micro meteorológica fixa “in loco”	42
Figura 32 – Mapa de Localização da Área de Avaliação, pertencente à ZUI.....	45
Figura 33 – Croqui representativo da malha viária, pertencente à ZUI	46
Figura 34 – Imagem panorâmica da avenida André Antônio Maggi	47
Figura 35 – Mapa dos Pontos Avaliados Através do Transecto Móvel	48
Figura 36 - Imagem panorâmica do ponto 01	49
Figura 37 - Imagem satélite do ponto 01.....	49
Figura 38 - Imagem panorâmica do ponto 02	50
Figura 39 - Imagem satélite do ponto 02.....	50
Figura 40 - Imagem panorâmica do ponto 03	50
Figura 41 - Imagem satélite do ponto 03.....	50
Figura 42 - Imagem panorâmica do ponto 04	51
Figura 43 - Imagem satélite do ponto 04.....	51
Figura 44 - Imagem panorâmica do ponto 05	51
Figura 45 - Imagem satélite do ponto 05.....	51
Figura 46 - Imagem panorâmica do ponto 06	52
Figura 47 - Imagem satélite do ponto 06.....	52
Figura 48 - Imagem panorâmica do ponto 07	52
Figura 49 - Imagem satélite do ponto 07.....	52
Figura 50 - Imagem panorâmica do ponto 08	53
Figura 51 - Imagem satélite do ponto 08.....	53
Figura 52 - Imagem panorâmica do ponto 09	53
Figura 53 - Imagem satélite do ponto 09.....	53
Figura 54 - Imagem panorâmica do ponto 10	54
Figura 55 - Imagem satélite do ponto 10.....	54
Figura 56 - Imagem panorâmica do ponto 11	54
Figura 57 - Imagem satélite do ponto 11.....	54
Figura 58 - Imagem panorâmica do ponto 12	55
Figura 59 - Imagem satélite do ponto 12.....	55
Figura 60 – Mapa temático de classificação LCZ do recorte urbano que abrange o transecto	56
Figura 61 – Mapa temático de cobertura do solo do ponto 1	58

Figura 62 – Mapa temático de cobertura do solo do ponto 2	59
Figura 63 – Mapa temático de cobertura do solo do ponto 3	60
Figura 64 – Mapa temático de cobertura do solo do ponto 4	60
Figura 65 – Mapa temático de cobertura do solo do ponto 5	61
Figura 66 – Mapa temático de cobertura do solo do ponto 6	62
Figura 67 – Mapa temático de cobertura do solo do ponto 7	62
Figura 68 – Mapa temático de cobertura do solo do ponto 8	63
Figura 69 – Mapa temático de cobertura do solo do ponto 9	64
Figura 70 – Mapa temático de cobertura do solo do ponto 10	64
Figura 71 – Mapa temático de cobertura do solo do ponto 11	65
Figura 72 – Mapa temático de cobertura do solo do ponto 12	66
Figura 73 – Gráfico boxplot da cobertura do solo de todos raios de abrangência de coleta de dados climáticos dos pontos fixos	66
Figura 74 – Plotagem gráfica Boxplot das variáveis T_a e UR, do transecto móvel no período QU (quente úmido) para os 12 pontos aferidos	68
Figura 76 – Plotagem gráfica Matrix das variáveis T_a e UR, do transecto móvel no período QU (quente umido) para os 12 pontos aferidos	70
Figura 77 – Plotagem gráfica Matrix das variáveis T_a e UR, do transecto móvel no período QS (quente seco) para os 12 pontos aferidos	72
Figura 78 – Dendograma de agrupamento para os 12 pontos aferidos	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Coeficientes de terrenos para equação do gradiente de vento	19
Tabela 02: Valores de referência para geometria e cobertura das superfícies das LCZs	25
Tabela 03: Arquivos gerados pelo <i>LCZ Generator</i>	27
Tabela 04 - Dias de medições em relação aos intervalos, meses, estações e períodos do ano	38
Tabela 05 - Regressão linear entre o termohigrômetro de referência e o termo-higrômetro calibrado	43
Tabela 06 – Teste de normalidade (Shapiro-Wilk) para as variáveis climáticas pesquisadas.	43
Tabela 07 – Homocedasticidade Validação do dados do transecto móvel e estação fixa	44
Tabela 08 – Níveis de umidade relativa do ar que influenciam a saúde humana, segundo a OMS	71
Tabela 09 - Resultados dos testes de normalidade e de diferenças estatísticas significativas, das variáveis Ta, UR, com nível de significância	73
Tabela 10 – Coeficientes de correlação cofenética dos agrupamentos por método de encadeamento único para a média das variáveis observadas	74
Tabela 11 – Resumo estatístico das variáveis microclimáticas temperatura do ar (Ta) e umidade relativa do ar (UR), seguindo os períodos sazonais.....	77
Tabela 12 - Resultados dos testes de normalidade e de diferenças estatísticas significativas, das variáveis Ta, UR, aferidas na estação meteorológica fixa, com nível de significância a 5% ..	77
Tabela 13 – Resultados do teste de qui-quadrado (χ^2), com seus graus de liberdade (gl) e o p-valor, entre a estação meteorológica fixa automática e o transeco móvel.....	78

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Apresentação dos pontos de mesmo padrão das variáveis microclimáticas. 75

LISTA DE ABREVIACÕES E/OU SIMBOLOS

CFD	Computational Fluid Dynamics
EMA	Erro médio absoluto
EPA	Environmental Protection Agency
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INCRA	Instituto Nacional de colonização e reforma agrária
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
ODS	Objetivo de Desenvolvimento Sustentável
OMM	Organização Meteorológica Mundial
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
PET	Temperatura Fisiológica Equivalente)
PRODEURBS	Núcleo de Projetos e Desenvolvimento Urbano de Sinop
QS	Quente Seco
QU	Quente Úmido
REMQ	Erro médio quadrático
SCU	Sistema Clima Urbano
T	Temperatura do Ar
UR	Umidade Relativa do Ar
UTC	Coordinated Universal Time
ZUC	Zona Urbana Consolidada
ZUEI	Zona Urbana de Expansão I
ZUEII	Zona Urbana de Expansão II
ZUI	Zona Urbana Intermediária
V	Velocidade média do vento na altura da abertura de entrada do ar.
V_m	Velocidade média do vento, medida na estação meteorológica a uma altura padrão de 10 m (m/s);
Z	Altura da abertura de entrada do vento (m);
K; a	Coeficientes que variam de acordo com a rugosidade do entorno.
UBL	Urban Boundary Layer
RSL	Roughness Sublayer
UCL	Urban Canopy Layer
CLP	Camada Limite Planetária
CLU	Camada Limite Urbana
CLR	Camada Limite Rural
CDU	Camada de Dossel Urbano

RESUMO

ZAVITOSKI, E. V. S. **Avaliação termohigrométrica em zona urbana intermediária (ZUI), da cidade de Sinop-MT.** Cuiabá-MT, 2022, 103f. Tese (Doutorado em Física Ambiental), Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso - Brasil.

A urbanização é um fenômeno global e mais de dois terços da população humana deverá residir em áreas urbanas até 2030, conforme prevê a Organização das Nações Unidas - ONU. O crescimento urbano rápido e mal administrado é muitas vezes associado à crescente degradação ambiental causando vários impactos negativos, dentre eles, o aumento de temperatura dentro dessas áreas urbanizadas. Desta forma, o desenvolvimento deste trabalho tem como objetivo geral fazer uma avaliação termohigrométrica em zona urbana intermediária, denominada ZUI, na cidade de Sinop-MT, e como especificidades desse objetivo, coletar dados climáticos de temperatura do ar e umidade relativa do ar através de transecto móvel, em 12 pontos em região urbana pertencente a ZUI. Para validação dos dados foi realizado a coleta das mesmas variáveis microclimáticas, através de uma estação micrometeorológica comercial fixa instalada pelo autor da pesquisa, a uma distância de 1 (um) quilômetro do ponto inicial (ponto 01) do transecto móvel, região ao qual possui características urbanas semelhantes e que pode ficar instalada de forma segura durante todo período de coletas. A coletas se deram em um período de 12 (doze) meses, divididos entre os anos de 2020 e 2021, abrangendo os períodos sazonais (quente úmido e quente seco). O transecto móvel foi realizado com instrumentação acoplado a um veículo automotor, em um trajeto de aproximadamente 15 quilômetros. Tendo como resultados, o ponto 08 com registro de temperaturas mais amenas (máx. 33,5 °C) no período quente seco, (mín. 22,9 °C) no período quente úmido, localizado em região com densidade arbórea relativa, e maiores afastamentos construtivos. As temperaturas mais altas, foram registradas no Ponto 03 (máx. 38,6 °C) no período quente seco, localizado em região com características morfológicas contendo vias estreitas, calçadas totalmente pavimentadas, sem presença de arborização nos passeios públicos. Os dados obtidos pela estação meteorológica fixa, vem a confirmar e validar os dados e comportamento climático da região. Diante os resultados conclui-se que a arborização é um condicionante contribuidor de forma significativa na melhoria do conforto térmico dos espaços urbanos, atenuando os efeitos da radiação solar incidente no meio. Evidenciando a necessidade do uso da vegetação para melhorar a qualidade de vida no meio urbano, evitando a formação de fenômenos microclimáticos como as “ilhas de calor”. Faz-se necessário que o planejamento das cidades não ignore os aspectos climáticos, e tratem com relevância e necessidade da criação de espaços verdes e bem arborizados na obtenção de melhores condições térmicas favoráveis ao conforto e saúde da população.

Palavras-chave: Clima urbano, transecto móvel, análise microclimática, arborização urbana.

ABSTRACT

ZAVITOSKI, E. V. S. **Thermohygrometric evaluation in an intermediate urban area (ZUI), in the city of Sinop-MT.** Cuiabá-MT, 2022, 103f. Thesis (PhD in Environmental Physics), Institute of Physics, Federal University of Mato Grosso - Brazil.

Urbanization is a global phenomenon and more than two thirds of the human population will live in urban areas by 2030, as predicted by the United Nations - UN. Rapid and poorly managed urban growth is often associated with increasing environmental degradation causing several negative impacts, among them, the increase in temperature within these urbanized areas. In this way, the development of this work has as its general objective to carry out a thermohygrometric evaluation in an intermediate urban area, called ZUI, in the city of Sinop-MT, and as specificities of this objective, to collect climatic data of air temperature and relative humidity through mobile transect, at 12 points in an urban region belonging to ZUI. For data validation, the same microclimatic variables were collected through a fixed commercial micrometeorological station installed by the research author, at a distance of 1 (one) kilometer from the starting point (point 01) of the mobile transect, a region to which it has similar urban characteristics and which can be safely installed throughout the collection period. The collections took place over a period of 12 (twelve) months, divided between the years 2020 and 2021, covering the seasonal periods (hot humid and hot dry). The mobile transect was carried out with instrumentation coupled to a motor vehicle, in a path of approximately 15 kilometers. As a result, point 08 recorded milder temperatures (max. 33.5 °C) in the hot dry period, (min. 22.9 °C) in the hot humid period, located in a region with relative tree density, and greater distances constructive. The highest temperatures were recorded at Point 03 (max. 38.6 °C) in the hot dry period, located in a region with morphological characteristics containing narrow lanes, fully paved sidewalks, without the presence of trees on public sidewalks. The data obtained by the fixed meteorological station, comes to confirm and validate the data and climatic behavior of the region. In view of the results, it is concluded that afforestation is a contributing factor significantly in improving the thermal comfort of urban spaces, attenuating the effects of incident solar radiation in the environment. Evidencing the need to use vegetation to improve the quality of life in urban areas, avoiding the formation of microclimatic phenomena such as “heat islands”. It is necessary that the planning of cities does not ignore the climatic aspects, and treats with relevance and need the creation of green spaces and well wooded in order to obtain better thermal conditions favorable to the comfort and health of the population.

Keywords: Urban climate, moving transect, microclimate analysis, urban afforestation.

1. INTRODUÇÃO

1.1.PROBLEMÁTICA

A urbanização é um fenômeno global e mais de dois terços da população humana deverá residir em áreas urbanas até 2030, conforme prevê a Organização das Nações Unidas - ONU. O crescimento urbano rápido e mal administrado é muitas vezes associado à crescente degradação ambiental causando vários impactos negativos, dentre eles, o aumento de temperatura dentro dessas áreas urbanizadas. O aquecimento global pode exacerbar esses efeitos e a adaptação estratégias para mitigar novos aumentos nas temperaturas nas áreas urbanas são necessários, pois o processo acelerado de urbanização pode alterar significativamente o microclima das cidades, pela grande transformação heterogênea dessas expansões. O que tem feito crescer o número de pesquisas sobre o clima dentro dos espaços urbanos.

A cobertura da superfície para a estrutura da urbanização, causam um microclima próprio, devido interferências de diversos condicionantes estruturais, como: quantidade, posicionamento e tipos das vegetações; densidade construída; uso e ocupação do solo; revestimentos do solo e das edificações; rugosidade e porosidade; tamanho e orientação geográfica da malha urbana; permeabilidade do solo; propriedades termodinâmicas dos materiais; emissão de poluentes, entre outros fatores.

A busca pelo entendimento sobre como as cidades crescem, e quais são os impactos gerados pela exacerbada urbanização, não tem sido uma abordagem prioritária pelos gestores das cidades brasileiras, se esbarrando nas situações políticas e econômicas em que o país se encontra. Estudos urbanos brasileiros carecem de inovadoras abordagens metodológicas que possa permitir o avanço do crescimento sustentável.

O desenfreado crescimento populacional da cidade de Sinop, fez com que a estrutura urbana da cidade passasse por inesperadas adaptações, cedendo a expansões de zoneamentos fora do projeto inicial planejado. Esse inchaço urbano não acompanhou aos estudos de viabilidade para uma expansão também previamente planejada e estruturada. Crescendo de forma muitas vezes desordenada, uma vez que, as terras que circundavam os arredores do zoneamento inicial, já pertenciam a terceiros e com parcelamento do solo de formas geométricas irregulares.

Além desses resultantes estruturais urbanos gerados pela ação antrópica não planejada, deve-se salientar que em cidades de clima tropical é característico altos níveis de temperatura do ar e a diminuição da umidade do ar no meio urbanizado, agravando as condições ambientais da cidade.

1.2.JUSTIFICATIVA

Atualmente a cidade de Sinop tem como dado estimado pelo IBGE no ano de 2021, uma população de 148.960 habitantes, sendo um visado elemento de estudos quando se trata de um acelerado crescimento populacional e urbano. Tendo registros científicos recentes que relatam em torno de 124 loteamentos (regulamentados) abertos em menos de duas décadas. Alguns aspectos ambientais e estruturais podem caracterizar a cidade atualmente, como: diversidade de uso e ocupação do solo; áreas naturais de preservação permanente com dimensões consideráveis dentro da malha urbana; descentralização de áreas comerciais; mobilidade urbana passando por processo de repetidas reestruturações devido ao grande aumento de veículos automotores nas ruas; entre outros fatores que evidenciam esse crescimento e caracterizam sua heterogeneidade.

Os dados de coleta de variáveis climáticas como temperatura do ar e umidade do ar do microclima local visa colaborar para que haja um entendimento da influência da configuração urbana de um determinado local, sendo um importante instrumento de partida para se buscar um modelo conceitual para o planejamento sustentável do crescimento urbano, principalmente para a cidade de Sinop que se constata um momento de expansão urbana fortemente acelerado.

Desta forma, o desenvolvimento deste trabalho tem como objetivo geral fazer uma avaliação termohigrométrica em uma delimitada área, dentro da Zona Urbana Intermediária, denominada ZUI, na cidade de Sinop-MT, através de transecto móvel, tomando como objeto de estudo uma região que teve os primeiros indícios de densificação urbana após a necessidade de expansão gerada pela consolidação construtiva das regiões pertencentes ao projeto de zoneamento inicial da cidade.

Tendo como objetivos específicos, fazer uma análise da classificação LCZ (*Local Climate Zone*) da região que abrange o transecto; analisar a cobertura do solo no raio de alcance dos pontos fixos aferidos; coletar e analisar dados climáticos de temperatura do ar e umidade relativa do ar através de transecto móvel, em um período de 12 (doze) meses, divididos entre os anos de 2020 e 2021, abrangendo os períodos sazonais (quente úmido e quente seco);

e apresentar a coleta das mesmas variáveis microclimáticas, através de uma estação micrometeorológica comercial fixa, que servirão para validação valores obtidos pelo transecto móvel.

2. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

2.1. CLIMA URBANO

O estudo do clima urbano fundamenta-se em uma linha de pesquisa da climatologia que é responsável por compreender o clima da cidade, tendo como foco inicial, fazer uma análise espacial local. Monteiro, 1976, considera que o clima tem diferentes ordens de grandezas ou graus de organização (*climas locais, regionais e zonais*). Landsberg (2006) considera como clima urbano a perspectiva de escala do clima local, haja vista que é nessa escala que a ação antrópica age como fator de organização (integrando as características geoecológicas) e onde se processam as maiores alterações na atmosfera.

Sendo assim, o clima urbano pode ser definido como “um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização” (MONTEIRO, 1976, p. 95), sendo um sistema aberto, complexo, dinâmico e adaptativo.

Oke (1996) também define o clima urbano como um sistema aberto do ambiente urbanizado resultante da interação entre as atividades antrópicas e os fenômenos naturais. O processo de urbanização é um fator determinante para alteração do clima das cidades, pois interferem em como os fenômenos naturais irão responder a uma nova configuração espacial. Conceitua também o clima urbano como adaptativo, pela morfologia e geometria da malha urbana, pela permeabilidade ou propriedades termodinâmicas dos materiais das superfícies, pelo aumento do fluxo de automóveis, entre outros fatores que provocam alterações no balanço energético local.

A definição de meteorologia urbana feito por Oke (1984), caracteriza como um estudo sobre os processos físicos, químicos e biológicos, que interagem a ponto de modificar o estado da atmosfera dos espaços urbanizados. Segundo Andrade (2005, p. 70) relata também que “climatologia urbana como o estudo dos seus estados atmosféricos mais frequentes”. Mais adiante, em 2006, Oke caracteriza uma definição mais abrangente, expondo que a climatologia urbana é um estudo das interações entre a atmosfera e os aglomerados humanos, ressaltando o impacto da atmosfera nas pessoas, infraestruturas e atividades nas cidades, assim como os efeitos reversos, dos impactos desses locais na atmosfera.

Alcoforado (2010), relata que o artigo escrito por W. Lowry, “*Empirical Estimation of Urban Effects on Climate*” (Estimativa Empírica dos Efeitos Urbanos no Clima), apesar que

datado da década de 70, continua sendo um estudo que, de modo mais claro, é comprovada a natureza do clima urbano, assunto ao qual tem sido numerosas vezes estudado e abordado por diversos autores (Landsberg, 1981; Oke, 1984). Partindo do princípio de que não se registaram alterações nos climas regional e local, Lowry tenta isolar o efeito da urbanização. O clima local de uma determinada região (M) é composto pelo conjunto dos elementos climáticos; sendo que, cada um desses elementos é a soma do efeito regional (C), das particularidades locais (L) e do efeito urbano (U), apresentado pela fórmula:

$$M_{itx} = C_{itx} + L_{itx} + U_{itx}$$

Onde, (i) se refere ao tipo de tempo e (t) ao momento, na estação (x), que poderá ser urbana (u). A circunstância anterior à urbanização será a seguinte:

$$M_{i0r} = C_{i0r} + L_{i0r} + 0$$

Se constatar que não houve alterações climáticas na região estudada, anteriores à urbanização, ou seja, (C) e (L) se conservaram constantes, o efeito urbano pode ser descrito como:

$$U_{itu} = M_{itu} - M_{i0r}$$

Para Oke (1984), trata-se de um modelo único que possibilita determinar o “efeito urbano” para cada elemento climático e por tipo de momento, infelizmente uma caracterização dos efeitos da urbanização no clima local só é possível de realizar em cidades construídas desde seu início de colonização, e previamente provida de uma estação meteorológica, o que geralmente é extremamente raro. Existem outras técnicas (embora mais imperfeitas do ponto de vista teórico, mas possíveis), para isolar o efeito urbano, que serão referidas à frente.

Para Borges (2009) não podemos confundir “clima urbano” com “clima local”. O clima urbano é a alteração do clima local, resultado de condições particulares do meio ambiente urbano, levando em consideração alguns aspectos físicos, sendo pela rugosidade do tecido urbano, ocupação, permeabilidade ou pelas propriedades térmicas dos materiais que o compõem. É aquele próprio das cidades e áreas urbanas, correspondendo às características do clima original da região onde se assenta a cidade e modificadas localmente pela ação antrópica. É característico deste tipo de clima apresentarem: aumento da temperatura do ar, diminuição da

umidade relativa, maior nebulosidade e precipitação, diminuição da velocidade do vento, aumento da turbulência dos ventos.

A partir das análises e estudos feitos por diversos autores e cientistas, sobre o clima urbano, conclui-se que:

O clima da cidade é produto de um fenômeno de transformação de energia, a partir da interação entre o ar atmosférico e o ambiente urbano construído. A diferença principal entre os fenômenos térmicos rural e urbano está na repartição entre fluxos turbulentos de calor sensível e latente no balanço energético, o que evidenciou o papel da geometria urbana e dos materiais das superfícies urbanas. Além disto, determinou que as variáveis da forma urbana estão diretamente relacionadas ao processo de alterações climáticas, apontando as possibilidades de modelos preditivos do comportamento térmico das áreas urbanas. (BARBOSA, 2009, p. 17).

2.1.1 Estudos Atuais Sobre Clima Urbano

Alguns estudos recentes exploram o impacto da morfologia urbana ou variáveis relacionadas nas condições climáticas de espaços ao ar livre em categorias de clima tropical e subtropical. Nas regiões de clima tropical, as maiores das pesquisas são desenvolvidas pelo programa de Pós-graduação em Física Ambiental, como os trabalhos de Caneppele (2018), que pesquisou a variação microclimática influenciada pela topografia e urbanização, com estudo de caso a cidade de Cuiabá-MT. Miranda (2018), desenvolveu um trabalho de pesquisa sobre o sombreamento arbóreo em superfícies pavimentadas de área urbana tropical. Chegury (2019), analisou a variação termo-higrométrica e das ilhas de calor na cidade de Cuiabá-MT. Ribeiro (2019), calibrou o índice de conforto térmico PET (temperatura fisiológica equivalente) em espaços abertos para a cidade de Cuiabá-MT. Tocantins (2019), fez um estudo de variáveis termo-higrométricas em parque urbano na cidade de Cuiabá-MT. Souza (2019), analisou anomalias térmicas em função da geometria urbana em Cuiabá-MT. Justi (2021), fez avaliação microclimática e de conforto térmico em parques urbanos com corpos hídricos na cidade de Cuiabá-MT.

Em regiões de clima subtropical os trabalhos mais recentes que enfatizam a morfologia urbana como transformador dos climas urbanas são advindos de pesquisadores chineses, como os trabalhos de Zheng *et al.*, (2021) que investigaram os domínios espaciais apropriados dos arredores regiões de construção para prever as características do fluxo de vento em torno de um edifício específico, considerando variações em layouts (por exemplo, alturas, densidades, e arranjos) na cidade de Dalian, China. Liu *et al.*, (2021) consideraram sete cidades em quatro

zonas termiais climáticas na China para avaliar o impacto do sombreamento na energia demandada de edifícios usando métodos paramétricos e simulações energéticas. Su *et al.*, (2022) avaliaram as formas urbanas e o ambiente ao ar livre em uma cidade da China considerando relações de acoplamento de trinta pontos entre a morfologia urbana e o desempenho do ambiente exterior ao nível pedonal para diferentes escalas. Cui *et al.*, (2021) investigou o impacto de layouts de edifícios usando simulação CFD (*Computational Fluid Dynamics*). Guo *et al.*, (2021), na região úmida cidade subtropical de Nanjing, na China, exploraram o impacto do esverdeamento e traçaram estratégias para reduzir a concentração de poluentes em interseções de ruas urbanas considerando interseções de três vias, quatro vias e rotatórias e layouts verdes. Yang *et al.*, (2021), em Guangzhou, considerou a influência do aquecimento solar natural para avaliar a eficácia de vários layouts de ruas urbanas para melhorar a respirabilidade da cidade, ventilação e remoção de poluição. Li *et al.*, (2022) usaram testes de túnel de vento para avaliar o impacto de variáveis morfológicas (área frontal, área plana, forma e layout do edifício) nos personagens aerodinâmicos.

Os estudos se correlacionam em suas conclusões, enfatizando que as modificações superficiais e atmosféricas alteraram o clima local, tornando as cidades mais quentes que as áreas não urbanizadas ao redor. Esse calor relativo é amplamente conhecido como o efeito de ilha de calor urbana e pode ser problemático para as cidades tropicais, pois aumenta a demanda de energia no verão, afeta a saúde e o conforto térmico (BANERJEE, 2022).

No entanto, esses estudos se limitam apenas a algumas regiões climáticas específicas, e há uma lacuna na identificação do contexto para pesquisas futuras semelhantes em alta densidade tropical, úmida e de baixa latitudes.

2.2. SISTEMA CLIMA URBANO

Em 1976, Monteiro na aplicação das noções de funcionalidade sistêmica aos seus estudos sobre o clima urbano apresentou uma teoria para este estudo que se denominou S.C.U. (Sistema Clima Urbano). O autor enfatiza que a cidade é vista com um sistema aberto que recebe entrada e saída de energia, onde há a presença da ação humana sobre o sistema, configurando a relação clima-cidade como díspar em cada análise. Deste modo, o SCU proposto pelo autor busca agregar tal interação dinâmica como contexto para a análise dos fatores termodinâmicos, hidro meteorológicos e físico-químicos.

Considerado como um sistema de autorregulação de modo que o equilíbrio dentro do sistema se mantenha se autoajustando, para que não haja problemas que abalem a sua estrutura, o autor estabelece 10 proposições que servem como um método de ordenação para uma análise de pesquisa e implementação de melhorias no meio urbano. Dentre essas proposições, se destacam que estrutura interna do SCU não pode ser definida pela simples superposição ou adição de suas partes (compartimentação ecológica, morfológica ou funcional urbana), mas somente por meio da íntima conexão entre elas. (MONTEIRO; MENDONÇA, 2003).

Para o desenvolvimento da Teoria do “Sistema Clima Urbano (S.C.U.)”, Monteiro (1976) embasou-se no referencial teórico da “*Teoria Geral dos Sistemas*” de Bertalanffy (1977), por considerá-la como capaz de revelar a essência de um fenômeno tão complexo como o clima urbano e por utilizar-se de uma perspectiva organística em oposição ao “esquema mecanicista das séries causais isoláveis e do tratamento por partes” (BERTALANFFY, 1977, p. 28). O autor também se espelhou na teoria dos Geossistemas, tratando-a como “uma concepção teórica de efetiva integração nas diferentes esferas que compõem o escopo geográfico” (MONTEIRO, 2001, p.11).

O SCU capta a energia do seu ambiente, exercendo um processo contínuo de transformação. Essa energia é de natureza térmica, advinda da transformação de energia primária de radiações solar, alimentada pelo calor antropogênico e retroalimentada na dinâmica da superfície representado pela Figura 01.

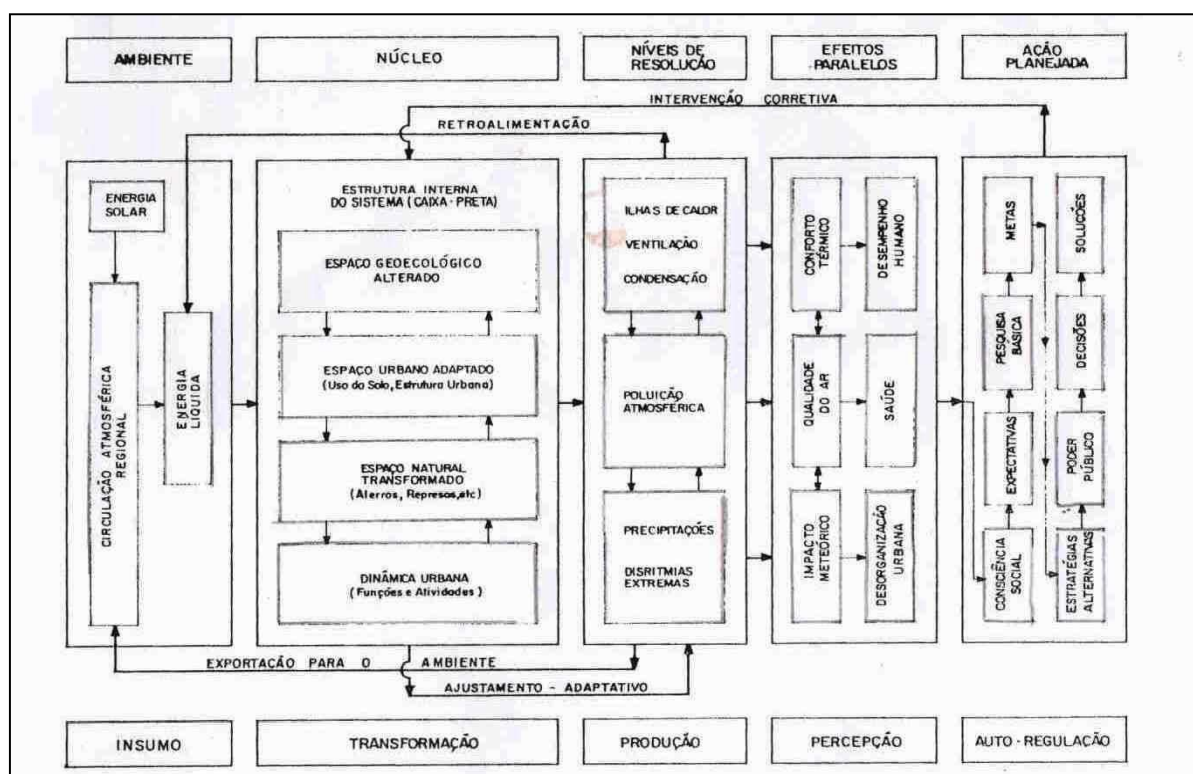


Figura 01 - Esquematização do Sistema Clima Urbano – SCU.

Fonte: Monteiro (1976).

O espaço urbanizado, produto do crescimento urbano, é considerado como o núcleo do SCU, por manter relações com o ambiente regional (meteorológico e geoecológico) em que se insere. Sendo assim, a atmosfera é considerada como controlada, sendo operada pelas formas de crescimento urbano (MONTEIRO, 1976).

Dentro da teoria do Sistema Clima Urbano, observa-se três subsistemas, Figura 02. Esses subsistemas se articulam e se integram, sendo eles: O sistema termodinâmico, que se refere ao conforto térmico; o hidrodinâmico, relacionado a precipitações pluviométricas (chuvas); e o físico-químico, que diz respeito à qualidade do ar (poluição).

Subsistemas Canais Caracterização	I Termodinâmico	II Físico-Químico	III Hidrometeorológico
	Conforto térmico	Qualidade do ar	Impacto meteorológico
Fonte	Atmosfera Radiação Circulação horizontal	Atividade urbana Veículos auto- motores Indústrias Obras-Limpeza	Atmosfera Estados especiais (desvios rítmicos)
Trânsito no sistema	Intercâmbio de operador e operando	De operando ao operador	Do operador ao operando
Mecanismo de ação	Transformação no sistema	Difusão através do sistema	Concentração no sistema
Projeção	Interação Núcleo ambiente	Do núcleo ao ambiente	Do ambiente ao núcleo
Desenvolvimento	Contínuo (permanente)	Cumulativo (renovável)	Episódico (eventual)
Observação	Meteorológica especial (T. de campo)	Sanitária e Meteorológica especial	Meteorológica Hidrológica (T. de campo)
Correlações disciplinares e tecnológicas	Bioclimatologia Arquitetura Urbanismo	Engenharia sanitária	Engenharia sanitária e Infra estrutura urbana
Produtos	"Ilha de Calor" Ventilação Aumento de precipitação	Poluição do ar	Ataques à Integridade Urbana
Efeitos diretos	Desconforto e redução do desempenho humano	Problemas sanitários Doenças respiratórias, oftalmológicas etc.	Problemas de circulação e comunicação urbana
Reciclagem adaptativa	Controle do uso do solo Tecnologia de conforto habitacional	Vigilância e controle dos agentes de poluição	Aperfeiçoamento da infra estrutura urbana e regularização fluvial. Uso do solo
Responsabilidade	Natureza e Homem	Homem	Natureza

Figura 02 - Articulações dos Subsistemas do SCU, segundo os canais de percepção
Fonte: Monteiro (1976)

O autor destaca o elemento termodinâmico dentro do subsistema, pois segundo Monteiro (1976, p. 126), caracteriza como o “nível fundamental de resolução climática para onde convergem e se associam todas as outras componentes”. Este subsistema apresenta como principal o estudo de ilhas de calor.

Ainda destaca Monteiro (1976), que com o processo de crescimento urbano, há uma contínua alteração da superfície e os materiais que a compõe, ao calor gerado pelas construções e atividades antrópicas, às alterações na composição da atmosfera e na velocidade e fluxo dos

ventos. Esse processo é considerado como causa essencial para as mudanças climáticas, essencialmente para geração das “ilhas de calor”.

Sendo assim, as ilhas de calor são originárias essencialmente na diferença do balanço de radiação existente entre a superfície urbana central e a periférica. A energia que provém da radiação solar é dividida entre calor latente e calor sensível, sendo o primeiro utilizado nas transformações físicas (principalmente na evapotranspiração) e o segundo empregado no aquecimento do ar. Quando há uma menor proporção de superfícies hídricas e cobertura vegetal, uma menor quantidade de energia é gasta na evapotranspiração (calor latente), resultando em uma maior quantidade de energia para aquecer a temperatura do ar (calor sensível), (GRIMMOND, 2006).

2.2.1. A abordagem do Sistema Clima Urbano na área da arquitetura e urbanismo

A área da arquitetura e urbanismo, por sua vez, têm como objeto de investigação, a solução de fatores que culmine com a contribuição da melhoria dos espaços transformados. Relata Monteiro (2010) que, os que mais aceitaram a sua proposta foram os arquitetos e urbanistas, uma vez que o SCU aborda questões de conforto térmico do usuário, e baseado nessa metodologia poderiam propor ações de mitigação das chamadas “ilhas de calor”, que vem sendo objeto de estudo de muitos arquitetos. Monteiro (2010), destaca que os arquitetos e urbanistas fizeram os primeiros experimentos no âmbito de clima urbano, focando na interferência das edificações no meio.

Segundo Assis (2006), ao expor sobre a morfologia urbana, relata que os materiais utilizados nas superfícies do espaço urbanizado juntamente com o calor antropogênico geram diferentes climas dentro da cidade. Sendo assim, todas alterações da superfície, se associam aos climas, apresentando mudanças no que tange ao aquecimento e ventilação.

Se tratando de projeto urbano, Corbella e Yannas (2003), relata que o conforto térmico urbano é fortemente dependente do projeto urbano. As decisões do profissional arquiteto urbanista, podem transformar um microclima, tornando-o mais confortável, uma vez que a cidade é composta por um mosaico de microclimas diferentes.

Sant'Anna Neto, (2013), ressalta que as caracterizações climáticas do espaço urbano resulta em processos de alterações em escalas, partindo de escala local, com probabilidade de projetar-se até a escala regional, devendo ser pensados no nível desta complexidade.

2.3. ESCALAS CLIMÁTICAS NO ESPAÇO URBANO

Nas escalas global e regional, o clima da cidade é influenciado por fatores tais como latitude, continentalidade, relevo, posição em relação à circulação atmosférica predominante e sua vulnerabilidade a eventos sinópticos¹. Se tratando de escala local e micro, os fatores climáticos como vegetação, topografia, e superfície do solo (natural ou artificial) originam o clima local e o microclima (ROMERO, 2013). Estes fatores também influenciam as atividades dos seus habitantes em relação às necessidades energéticas (por exemplo, para climatização). Por outro lado, as cidades têm forte rugosidade e são fonte de ar instável, quente e poluído, influenciando o padrão de vento, a temperatura, a precipitação. Esta influência pode ocorrer pela direção dos ventos, atingindo distâncias relativamente grandes da cidade. A compreensão da escala espacial é um elemento-chave para estudar e entender os climas urbanos, para programação de observações instrumentais e para levar a cabo modelação. No entanto, as categorias espaciais discretas são sempre arbitrárias, uma vez que os fenômenos atmosféricos são de natureza contínua (ANDRADE, 2005).

Em função da complexidade e do grau de influência das interações do meio urbanizado e as relevantes trocas de energia dentro do sistema, são determinadas escalas para o estudo do clima urbano: **microescala, escala local e mesoescala**. Suas abrangências espaciais se dão de forma horizontal e vertical, considerando também os limites da camada atmosférica (OKE, 1988).

2.3.1. Na horizontal

Grande parte dos trabalhos de classificação de climas urbanos utilizam a escala horizontal de distância como único critério; portanto, esta, deverá ser adaptada à cada área de

¹ Sistemas atmosféricos de grande escala. Os fenômenos com grande (pequena) escala espacial estão associados à grande (pequena) escala temporal. A razão entre essas escalas é da mesma ordem de grandeza para todos os fenômenos (exceto para o tornado e seus vórtices menores), isto é, 10 m/s. Isso faz com que os fenômenos atmosféricos possam ser tratados como fractais, ou seja, formas geométricas que possuem estrutura similar em todas as escalas, mesmo ocorrendo em diversas escalas de tempo. A escala temporal (cuja unidade é velocidade) representa o tempo que o ar leva para percorrer toda a estrutura do fenômeno.

estudo avaliada. Esses limiares foram sugeridos por Timothy R. Oke, em 1987, posteriormente modificados pelo mesmo autor no ano de 2006, Figura 03 (OKE, 1987, 2006).

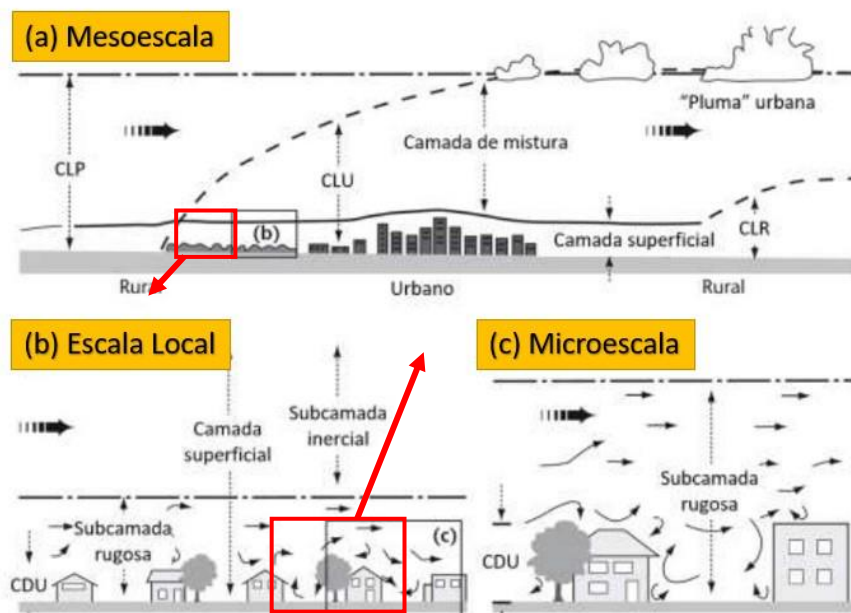


Figura 03 – Escalas climáticas. (CLP) Camada Limite Planetária, CLU - Camada Limite Urbana (CLU), Camada Limite Rural (CLR), Camada de Dossel Urbano (CDU).

Fonte: Adaptado de Oke (1987).

Microescala é determinada pela (até a algumas centenas de metros). Na vizinhança imediata de cada elemento da morfologia urbana existe um microclima particular. A temperatura do ar pode variar de vários graus em curtas distâncias e o comportamento do vento é modificado, mesmo pelo mais pequeno objeto. Estudos típicos de microclimas urbanos estão relacionados com as dimensões de edifícios individuais, árvores, ruas, praças, jardins, etc. A influência destes elementos restringe-se à atmosfera urbana inferior, considerada como subcamada rugosa.

Escala Local ou Topoclimática (100m a alguns quilômetros). Nas áreas urbanas, estudam-se, a esta escala, por exemplo, áreas de morfologia urbana homogênea (dimensões e espaçamento de edifícios, materiais mais frequentes) e de semelhante “metabolismo urbano” (Oke, 2006) e situação topográfica. O “sinal” climático é a integração de efeitos microclimáticos das áreas vizinhas. Um determinado clima local integra um mosaico de microclimas, que se repetem com uma certa regularidade.

Mesoescala (até dezenas de quilômetros). Uma cidade influencia o estado do tempo e o clima numa área superior às suas próprias dimensões e na espessura da atmosfera urbana superior, embora dependa de fenômenos atmosféricos de macroescala.

2.3.2. Na vertical

Andrade (2005), apresentam que as camadas da atmosfera urbana divulgada por Timothy R. Oke, é hoje largamente adaptada, conforme Figura 04. Na camada mais elevada, encontra-se a atmosfera urbana superior denominada *Urban Boundary Layer* – UBL, que integra a influência térmica da cidade como um todo, sendo a superfície com maior dispersão dos ventos de forma vetorizada, sendo os fatores climáticos seus maiores modificadores. A camada intermediária é a *Roughness Sublayer* - RSL, zona onde o fluxo de ventos é influenciado contendo obstáculos com alturas diferenciadas, fazendo com que os deslocamentos das massas de ar sofram alterações significantes, saindo de um movimento natural laminar para um movimento turbilhonar. A *Urban Canopy Layer* – UCL, localiza-se abaixo da superfície que margeia os telhados dos edifícios, sendo uma área que o volume de ar entre os edifícios é fortemente prejudicado pelas condições físicas estruturais urbanas, sendo uma região onde se encontram os maiores condicionantes denominadores e modificadores do microclima.

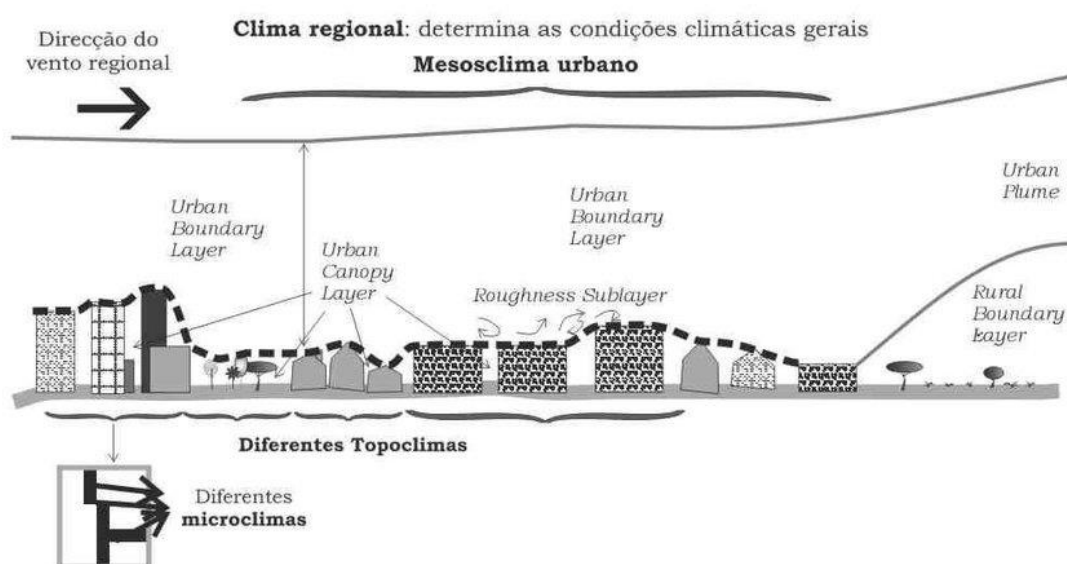


Figura 04 – Escalas climáticas.

Fonte: OKE (1987) adaptado por Andrade (2005).

Para medições realizadas nas áreas urbanas, cujo objetivo seja monitorar o clima local, Oke (2004) *apud* Santos (2012), apresenta duas abordagens para medições realizadas dentro do

espaço urbano, a fim de monitorar o clima local, visando a zona de influência sobre os instrumentos utilizados. A primeira seria a escolha do local dentro da camada de cobertura urbana (UCL - *urban canopy layer*), de modo que fique exposto as condições típicas para coleta, localizando os sensores a uma altura igual as das estações meteorológicas não urbanas. Pressupondo que o fluxo de ar ao redor dos obstáculos será capaz de misturar as propriedades e representar o clima local, sendo mais indicada para medições da temperatura e umidade do ar. A segunda abordagem seria em localizar os sensores em um poste de modo que fique acima da subcamada de rugosidade (RSL - *roughness sublayer*), sendo mais indicada para medições da velocidade, direção do vento e precipitações.

2.3.3. Microclimas urbanos

O microclima é o resultado das variações climáticas reagentes de um espaço de proporções reduzidas, onde os principais elementos climáticos (temperatura do ar e umidade relativa do ar, radiação, e velocidade dos ventos) são diretamente influenciados pelo seu entorno: relevo, edificações, malha urbana, revestimentos, vegetação, dentre outros condicionantes. Quanto ao termo “microclima”, ele tem sido amplamente utilizado para designar as especificidades do clima no espaço urbano, embora ainda não possua definições mais precisas (BORGES, 2009; PAIVA, 2010), porém, é modificado pela ação humana sobre o seu entorno. As alterações entre climas de um local estão relacionadas com particularidades do local, tendo ainda a contribuição dos resultados de práticas humanas capazes de gerar novos climas, cujas características variam entre bairros, entre ruas e até entre residências vizinhas (FEITOSA, 2010).

2.4. ELEMENTOS CLIMÁTICOS QUE DETERMINAM O CLIMA URBANO

Segundo Souza (2019), os elementos climáticos são considerados como grandezas meteorológicas que variam no tempo e no espaço e que são fatores condicionantes para definir o tipo climático de uma determinada região. De acordo com Romero (2001), a caracterização do clima pode ser definida avaliando os elementos climáticos (temperatura do ar, umidade relativa do ar, movimentos das massas de ar e precipitações), Figura 05. Destacando-se a importância desses elementos para a compreensão dos princípios e para o entendimento do que deve ser controlado no ambiente a fim de se obter os resultados esperados durante a pesquisa.

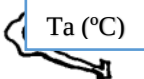
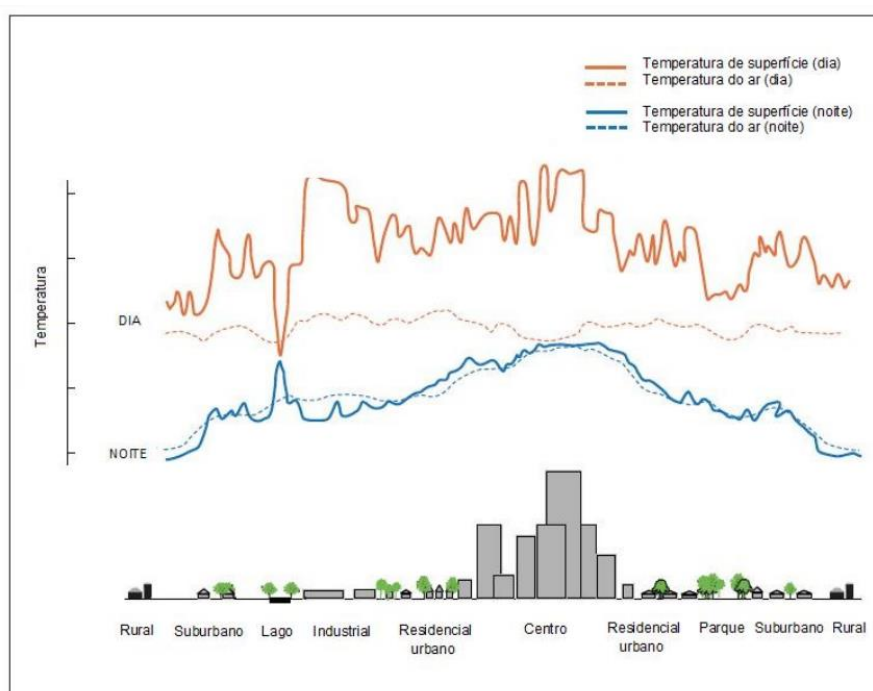
<i>Elementos climáticos</i>		
	Ta (°C)	Temperatura Valores médios/Variações/Valores extremos/ Diferenças térmicas entre o dia e a noite.
	UR (%)	Umidade do ar Absoluta/Relativa/Pressão de valor
	P (mm)	Precipitações Chuva/Neve (todo tipo de água que se precipita da atmosfera).
		Movimento do ar Velocidade/Direção/Mud. diárias e estacionais.
		v (m/s) d (°)

Figura 05 – Principais elementos climáticos.

Fonte: Adaptado de Romero (2001).

2.4.1. Temperatura do ar em espaços abertos.

Segundo EPA (2011), o comportamento das temperaturas de superfície e atmosférica variam com as diferentes formas de uso do solo, Figura 06. A temperatura de superfície varia mais que a temperatura do ar durante o dia, pela forte incidência de radiação solar nesse período sobre os materiais, mas ambas mostram um comportamento de similaridade durante o período noturno. Esse elemento climático varia com fatores como estações do ano, condições de tempo, intensidade de radiação e cobertura do solo.

**Figura 06** – Comportamento da temperatura do ar de superfície do ar.

Fonte: EPA (2011).

2.4.2. Umidade relativa do ar

Outro elemento caracterizado por ser uma variável climática é a umidade do ar que significa o vapor d'água contido na atmosfera. Este vapor d'água é aferido em índices: umidade absoluta, umidade relativa, temperatura do ponto de orvalho e pressão de vapor. A medida mais conhecida dentro dos estudos climatológicos urbanos é a umidade relativa, pela facilidade de obtenção dos dados, além de indicar o grau de saturação do ar (AYOADE, 1996).

É um elemento climático que tem seus valores influenciados por outros elementos que também compõem o clima, como, precipitação pluvial (chuvas) e temperatura do ar. A umidade relativa do ar aumenta quando a temperatura do ar diminui e vice versa. Havendo ainda a interferência dos fatores naturais e de natureza antrópica que possam a vir exercer alterações climáticas, causando uma variabilidade dos elementos que compõem o clima (VAREJÃO-SILVA, 2006).

2.4.3. Precipitações pluviométricas

As precipitações pluviométricas (chuvas) são consideradas uma variável climática fundamental para o equilíbrio do sistema, uma vez que, a água atua como um regulador térmico e controlador da biodiversidade nos ecossistemas. Qualquer mudança no sistema climático resulta impactos nos ciclos de precipitação (PERES e MAIER, 2018).

Segundo Peres e Maier (2018), nas regiões do Centro-Oeste do Brasil nota-se que o ciclo sazonal de precipitações possui dois períodos, (chuvoso) com nove meses e (seco) com 3 meses. O ciclo de precipitação tem início na primavera, estendendo à verões chuvosos, e findando seu ciclo no outono.

2.4.4. Movimento do ar

Para um entendimento generalizado sobre a movimentação de ar, partimos da premissa que a atmosfera é composta por quatro camadas: troposfera, estratosfera, mesosfera e termosfera. O vento é a movimentação do ar que acontece na troposfera (camada mais próxima à superfície terrestre). Em escala global, esse deslocamento do ar é dependente por três grandes forças: gradiente de pressão, força de Coriolis e força centrífuga (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007; STEINKE, 2012).

Quando levamos este estudo de movimentação do ar a nível superficial, temos os condicionantes que alteram esse comportamento dos ventos. Partindo disso, Bittencourt e Cândido (2010) relatam que a o grau de rugosidade da superfície é determinante quanto a intensidade dos efeitos provocados pela fricção. Em função dos obstáculos, a velocidade de escoamento das camadas de ar se altera segundo um eixo vertical. Essa variação é conhecida como gradiente de vento, tendo uma variação junto à superfície, considerada zero, até à velocidade livre de turbulências, Figura 07.

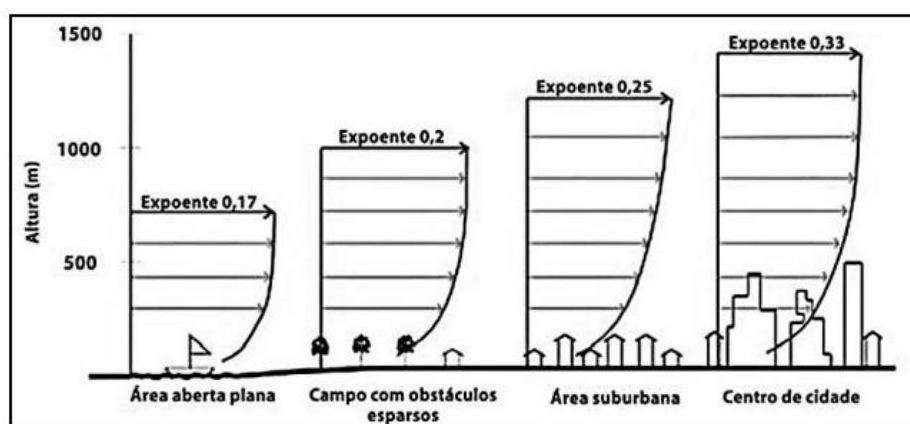


Figura 07 – Gradiente do vento para diferentes áreas.

Fonte: Jackman, (1980) apud Bittencourt e Cândido (2010).

Para Liddament (1986) *apud* Bittencourt e Cândido, (2010), se os dados coletados de velocidade do vento não forem ajustados às características locais do terreno, e ao expoente de velocidade segundo a altura vertical, será natural a evidênciação de erros no cálculo da velocidade de deslocamento do ar. Sendo assim, segundo o núcleo de pesquisa do *Building Reserch Estabiblishment* - BRE, em 1978, o cálculo da velocidade pode ser feito usando a seguinte equação do gradiente do vento:

$$\frac{V}{V_m} = K * Z^a$$

Onde:

V = Velocidade média do vento na altura da abertura de entrada do ar (m/s);

V_m – Velocidade média do vento, medida na estação meteorológica a uma altura padrão de 10 m (m/s);

Z = Altura da abertura de entra do vento (m);

K; a = Coeficientes que variam de acordo com a rugosidade do entorno.

Tabela 01 – Coeficientes de terrenos para equação do gradiente de vento.

Coeficientes do terreno	K	a
Campo aberto plano	0.68	0.17
Campo com obstáculos esparsos	0.52	0.20
Área urbanizada	0.35	0.25
Centro de grandes cidades	0.21	0.33

Fonte: Jackman, (1980) *apud* Bittencourt e Cândido (2010).

2.5. FATORES RELACIONADOS AS ALTERAÇÕES DOS CLIMAS E MICROCLIMAS URBANOS

Um dos principais fatores responsáveis na determinação do clima urbano é a própria morfologia do ambiente construído (modificação antrópica), que está associada ao desenvolvimento das cidades. Quanto maior for a ocupação do meio urbano, menor será a sua capacidade de realizar as trocas de calor por radiação, ocorrendo a pontos de ilhas de calor nos ambientes mais adensados estruturalmente (SOUSA *et al.*, 2005).

2.5.1. Propriedades termodinâmicas dos materiais

A heterogeneidade se faz presente de forma predominante no espaço urbano, contendo na sua estrutura, diversos materiais sendo usados e interagindo energeticamente dentro de um mesmo espaço. Um dos fatores mais significantes que devem ser levados em consideração, tratando-se de variáveis climáticas, são as características térmicas como o albedo² e a emissividade³ desses materiais urbanos. (LOMBARDO, 1985, *apud* MIYAMOTO, 2011).

Segundo Krüger e Gonzalez (2016) o albedo de superfícies das estruturas urbanas estão diretamente relacionados à sua capacidade de absorver ou refletir energia provindas da radiação solar para as superfícies de seu entorno, Figura 08. Essa emissão e reflexão de radiação acaba influenciando nas condições microclimáticas e de conforto térmico em nível no espaço aberto. Como sabemos que no ambiente urbano há uma grande diversificação de materiais, como telhados, pinturas, asfalto, calçadas, concretos, gramas e árvores, ter conhecimento desses valores é importante para a ação do homem no meio urbano, podendo através deles controlar as variáveis climáticas locais.

² Coeficiente de reflexão, é a refletividade difusa ou poder de reflexão de uma superfície.

³ Emissão de temperatura de um objeto através de sua radiação de luz.



Figura 08 – Albedo dos materiais urbanos.
Fonte: Environmental Protection Agency – EPA.

Estudo do Laboratório Nacional Lawrence Berkeley, na Califórnia, revelou que enquanto as coberturas escuras absorvem 80% do calor externo, as claras refletem até 90% da luz solar, Figura 09.

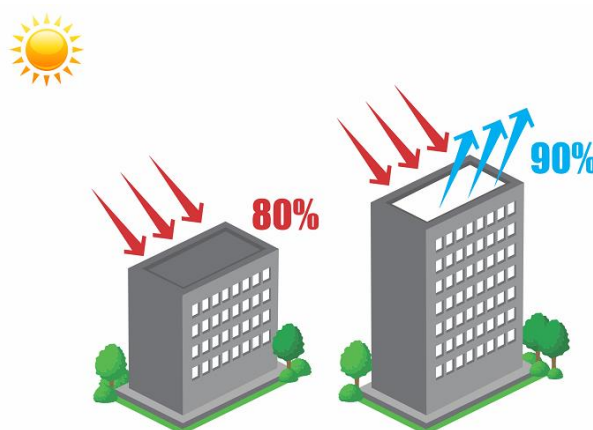


Figura 09 – Albedo dos telhados.
Fonte: Laboratório Nacional Lawrence Berkeley.

Bias, Baptista e Lombardo (2003. p. 1742) afirmam que,

[...] dependendo do albedo, mais radiação será absorvida e mais calor será emitido pela superfície. Esses padrões diferenciados de emissão de calor acabam determinando uma temperatura mais elevada no centro e, à medida que se afasta deste, em direção aos subúrbios, as temperaturas tendem a diminuir.

2.5.2. Rugosidade e Porosidade

A rugosidade é determinada pelas reentrâncias, apresentadas pela superfície das estruturas urbanas que entram em contato direto com as massas de ar (OLIVEIRA, 1993). Alguns autores como Romero (2000), por exemplo, entende a rugosidade, como sendo as

diferenças de alturas da massa edificada, que são responsáveis por alterar significativamente o deslocamento das massas de ar (vento). Dessa forma, define-se uma divisão em dois aspectos, entendendo a porosidade como análise dos afastamentos e a rugosidade como a variação de altura. A variação de alturas dos edifícios, repercutem diretamente no modo circulatório do vento local, Figura 10.

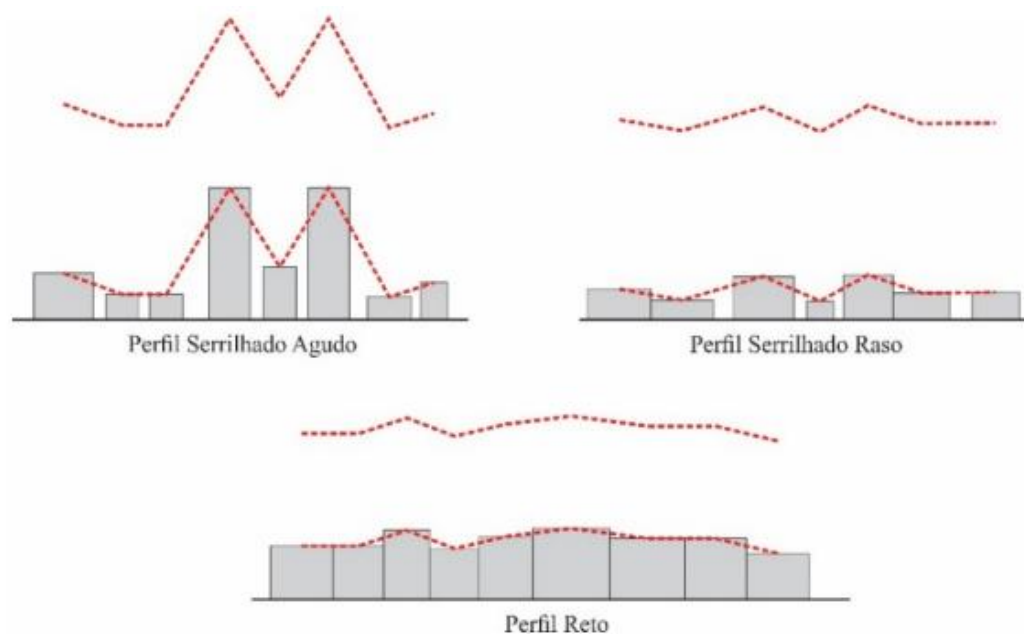


Figura 10 – Ventilação natural em relação a rugosidade de altura.
Fonte: Costa Filho (2017).

Conforme afirma Costa Filho (2017), a variação de altura pode possibilitar mais acesso da ventilação natural à medida que existe mais espaço para a penetração dos ventos, Figura 07. Os obstáculos gerados por edifícios em altura diferentes, faz com que a massa de ar seja forçada a penetrar entre as vias, aumentando a velocidade dos ventos até o nível dos pedestres. Declara também, que os afastamentos entre as construções aumentam a probabilidade de a ventilação natural submergir e se espalhar no tecido urbano, Figura 11 e 12.



Figura 11 – Comportamento dos ventos em função da rugosidade de altura.

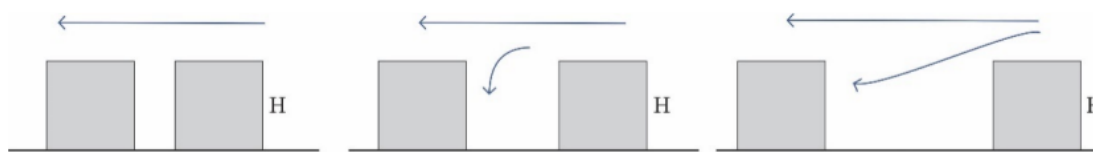


Figura 12 – Comportamento dos ventos em função dos afastamentos dos edifícios.

Fonte: Costa Filho (2017).

Já a porosidade, para Oliveira (1993) é a característica da forma estrutural urbana que produz uma maior ou menor penetração dos ventos entre os vazios urbanos (ruas, avenidas, praças, parques), Figura 13. Segundo Costa Filho (2017) define que os espaçamentos entre as edificações estão relacionados também aos acondicionamentos de uso e ocupação do solo e o sentido da malha urbana em relação aos ventos predominantes. Menores distâncias entre os edifícios geram menores porosidades e maiores alturas, podem diminuir consideravelmente a ventilação do local.

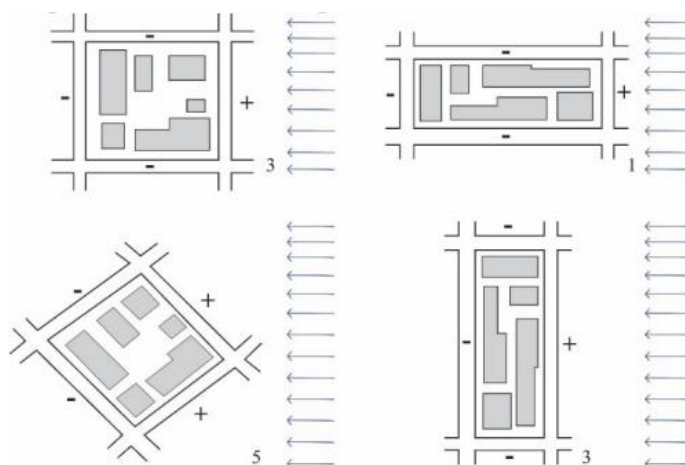


Figura 13 – Diferentes orientações de malhas urbanas em relação ao vento predominante.

Fonte: Costa Filho (2017).

2.5.3. Vegetação urbana

A vegetação urbana é um dos componentes importantes na ecossistema, e oferece diversos benefícios ecológicos e sociais, como reduzir a poluição do ar urbano, aliviar os efeitos da ilha de calor, preservar a biodiversidade, aumentar a sustentabilidade da cidade e melhorar atividades de recreação e lazer ao ar livre (NEIGH *et al.*, 2016).

Em pesquisa realizada na cidade de São Paulo, Lombardo (1985), observou que nas regiões de espaços livres com vegetação e nas proximidades aos reservatórios hídricos, as temperaturas tem aferição de valores menores que em áreas menos vegetadas. A autora em sua pesquisa, estima que um índice de cobertura vegetal de torno de 30% seria o recomendável para

proporcionar um balanço térmico adequado para espaços urbanos. As “ilhas de frescor” podem ser atingidas com a presença da vegetação de parques e bosques, propiciando resfriamento localizado (microclima), mitigando o que se contrapõe ao efeito mais comumente discutido, que são as “ilhas de calor” (SHASHUA-BAR; PEARLMUTTER; ERELL, 2009).

Souch e Souch (2003), ao estudar diferentes espécies vegetativas e espaços inseridos (parques, jardins, ruas, avenidas), registram uma redução na temperatura e um aumento na umidade relativa do ar. Outro registro científico da influência benéfica da vegetação na temperatura do ar, foi através de estudo realizado por Streiling e Matzarakis (2003), que demonstrou que um pequeno grupo de árvores bem como uma única árvore pode ter efeitos positivos no clima urbano. Estes autores recomendam que, quando houver possibilidade, as árvores deveriam ser plantadas em grupos.

Se uma única árvore impacta um limitado espaço no microclima local, de proporcional grandeza, parques urbanos podem estender seus efeitos benéficos ao ambiente construído circundante (YU; HIEN, 2006). O efeito da vegetação urbana não se restringe apenas ao espaço que se encontra inserida, mas sua contribuição se estende para aos arredores imediatos a fim de estabilizar o microclima (SUCOMINE et al., 2009).

Segundo Tapiador et al., (2021) a ODS (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável) estabelecido pela ONU, tem grande contribuição no desenvolvimento ver das cidades, especialmente o ODS11: “Tornar cidades e assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis” (<https://unstats.un.org/sdgs/indicators/indicators-list/>).

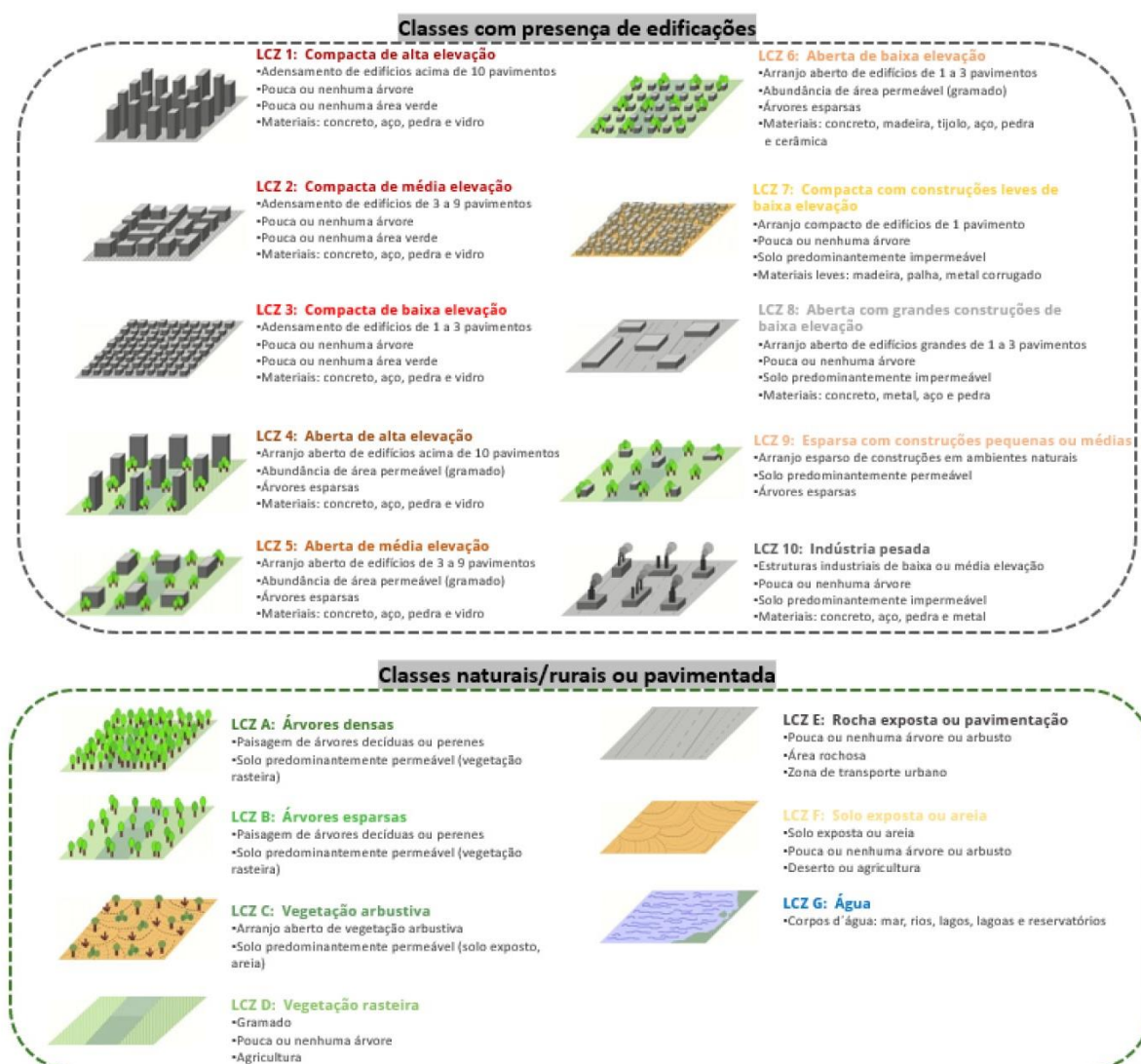
É necessário mapear as distribuições da vegetação urbana de forma oportuna e precisa para melhor compreender os impactos de diferentes tipos de vegetação na meio ambiente e seres humanos, bem como para o planejador urbano formular estratégias de desenvolvimento e gestão sustentáveis para otimizar os serviços ecossistêmicos urbanos e a adaptação às mudanças climáticas afim de garantir os ODS (Biswas et al., 2020).

2.6. SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO LCZ (*Local Climate Zone*)

Stewart e Oke (2012), focados em estudos climáticos de escala local, para tomadas de decisões de mitigação do conforto térmico intraurbano desenvolveram a classificação LCZs, de caráter genérico baseada na cobertura do solo, altura dos edifícios, densidade construída, entre outros parâmetros. A presunção dos autores é que regiões urbanas com morfologias

semelhantes têm uma resposta térmica semelhante aos efeitos locais da ICU. Essa hipótese foi validada por pesquisas com experimentações através de coletas de dados climáticos por estações meteorológicas e transectos com sensores acoplados em veículos (STEWART, OKE e KRAYENHOFF, 2014).

A classificação propõe 17 classes (Figura 14), nas quais cada classe LCZ é definida através de caracterização de cobertura do solo uniforme, estrutura edificada, materiais que constituem esses espaços, e atividades humanas ali exercidas, estendendo por centenas de metros ou quilômetros, que apresentam regime de semelhança da temperatura do ar. A classificação LCZ tem como objetivo extrair a magnitude da ilha de calor urbana pelas diferenças entre as respostas climáticas dessas classes (STEWART; OKE, 2012).



Fonte: Adaptado de Stewart e Oke, 2012, p. 1885 (tradução livre).

Figura 14 – Classes do sistema LCZ (*Local Climate Zone*).

Fonte: Werneck (2022).

Stewart e Oke (2012), descrevem que cada LCZ é representada por propriedades geométricas, como fator de visão de céu, altura média dos elementos construídos, taxa de ocupação, coeficiente de aproveitamento, área permeável e impermeável e por propriedades térmicas, radiativas e metabólicas, como inércia, albedo e calor antropogênico produzido, sendo alguns valores de referências dessas propriedades apresentadas na Tabela 02.

Tabela 02: Valores de referência para geometria e cobertura das superfícies das LCZs.

LCZ Classes	Fator de visão do céu	Relação H/W	Razão da projeção dos edifícios	Razão da área impermeável	Razão da área permeável	Altura média dos elementos	Rugosidade do terreno
1	0,2 - 0,4	>2	40 - 60	40 - 60	<10	>25	8
2	0,3 - 0,6	0,75 - 2	40 - 70	30 - 50	<20	10 - 25	06 - 07
3	0,2 - 0,6	0,75 - 1,5	40 - 70	20 - 50	<30	03 - 10	6
4	0,5 - 0,7	0,75 - 1,25	20 - 40	30 - 40	30 - 40	>25	07 - 08
5	0,5 - 0,8	0,3 - 0,75	20 - 40	30 - 50	20 - 40	10 - 25	05 - 06
6	0,6 - 0,9	0,3 - 0,75	20 - 40	20 - 50	30 - 60	03 - 10	05 - 06
7	0,2 - 0,5	01 - 02	60 - 90	>20	<30	02 - 04	04 - 05
8	>0,7	0,1 - 0,3	30 - 50	40 - 50	<20	03 - 10	05 - 01
9	>0,8	0,1 - 0,25	10 - 20	>20	60 - 80	03 - 10	05 - 06
10	0,6 - 0,9	0,2 - 0,5	20 - 30	20 - 40	40 - 50	05 - 15	05 - 06
A	< 0,4	>1	<10	<10	>90	03 - 30	08 - 01
B	0,5 - 0,8	0,25 - 0,75	<10	<10	>90	03 - 15	05 - 06
C	0,7 - 0,9	0,25 - 1,0	<10	<10	>90	< 2	04 - 05
D	>0,9	< 0,1	<10	<10	>90	< 1	03 - 04
E	>0,9	< 0,1	<10	<90	>10	< 0,25	01 - 02
F	>0,9	< 0,1	<10	<10	>90	< 0,25	01 - 02
G	>0,9	< 0,1	<10	<10	>90	-	1

Sendo importante enfatizar que as classes são definidas pela cobertura do solo homogêneas de escala urbana local, não sendo coeso utilizar a classificação para estudos de microescalas.

2.6.1. Sistema de Classificação Supervisionada Automatizada

Segundo Werneck (2022), a Universidade de Ruhr, desenvolveu um sistema online chamado LCZ Generator, cujo o classificador automatiza o processo de classificação e validação dos resultados. O programa passou diversas atualizações, sendo lançado no ano de 2021 a versão 1.0, integrando também a lista de ferramentas digitais do WUDAPT (World Urban Database). O método utiliza imagens multiespectrais de satélites da coleção Landsat e acrescentaram a coleção Sentinel. Para criar um mapa com a classificação de LCZ, necessita de um conjunto de áreas de treinamento, que são designadas como amostras, através de imagens

satelitais e um algoritmo de classificação dessas imagens. Podendo ser realizado o mapeamento para diferentes períodos, conforme a evolução urbana.

O classificador *LCZ Generator* foi desenvolvido por Demuzere, Kittner e Bechtel (2021), disponível em uma aplicação web. Ele proporciona uma classificação automática do tipo supervisionada por pixel a pixel, utilizando algoritmo de classificação de imagens responsável pelo processo de extração de informações para reconhecer padrões homogêneos. Conforme Lima e Amorim (2020) *apud* Werneck (2022), o algoritmo utiliza o método de aprendizado de máquina *random forest*, baseado em um conjunto de árvores de decisão para realizar classificações e regressões.

Werneck (2022), apresenta na Figura 15, um fluxograma do método de trabalho ao qual descrevem Demuzere, Kittner e Bechtel (2021) na utilização do LCZ Generator em três etapas.

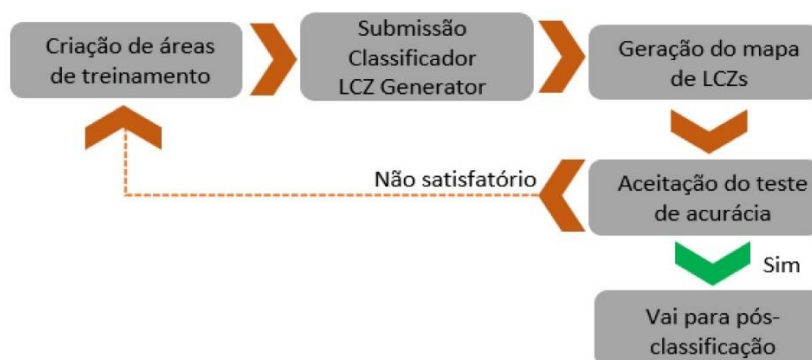


Figura 15 – Fluxograma do método de classificação LCZ generator.
Fonte: Werneck (2022).

Após ter sido criada o conjunto de áreas de treinamento, são enviadas por meio do aplicativo da web as informações pessoais do pesquisador e as amostras, indexando um arquivo de extensão .kml. Sendo bem sucedida a submissão, a classificação LCZ e controle de qualidade são disparados no *back-end*. Posteriormente os resultados são enviados ao usuário via e-mail.

Demuzere, Kittner e Bechtel (2021) *apud* Werneck (2022), descrevem que estão disponíveis globalmente, através do sistema online WUDAPT, um total de 33 recursos de entrada, com resolução espacial de 100 metros. Consistindo em 16 recursos satelitais do Landsat 8; 5 recursos do Sentinel-1; 8 recursos do Sentinel-2 e 4 recursos adicionais que refletem o terreno e altura do dossel de árvores. Sintetizado na Figura 16, os dados de entrada e saída do processamento.

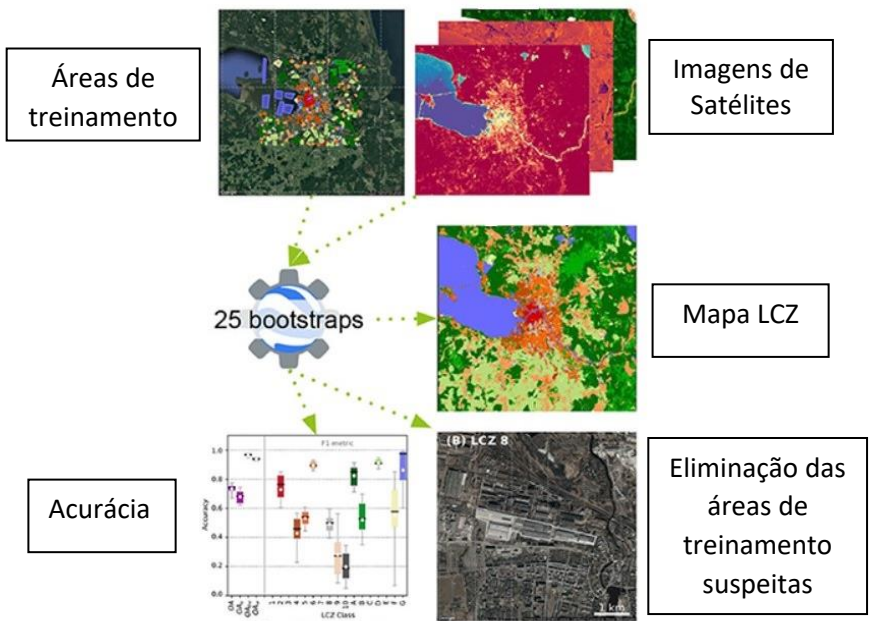


Figura 16 – Dados de entrada e saída do LCZ generator.
Fonte: Adaptado de Demuzere, Kittner e Bechtel, 2021.

Os dados processados são enviados para o e-mail cadastrado e ficam disponibilizados de forma online na plataforma. Segue na Tabela 03, os arquivos encaminhados pela classificação automatizada.

Tabela 03: Arquivos gerados pelo *LCZ Generator*.

Conteúdo	Formato
Página da internet com resumo dos resultados	.html
Mapeamento de LCZs – resolução 100 x 100 metros (banda sem filtro e banda com filtro do tipo gaussiano – ver item 4.2.5)	.tif
Áreas de treinamento submetidas	.kml
Estatística básica das áreas de treinamento	.csv
Controle de qualidade dos polígonos das áreas de treinamento	.shp
Matriz de confusão	.csv
Figura da frequência das áreas de treinamento por classe	.png
Figura do mapa de LCZs (versão com filtro)	.jpg
Figura dos <i>boxplots</i> de acurácias	.jpg

Em posse dos resultados, deve-se avaliar o mapa de LCZ e os valores da acurácia conforme a porcentagem de pixels classificados corretamente.

Verdonck et al. (2019) *apud* Werneck (2022), destacam a importância de se familiarizar com o conceito das classes LCZs e com o espaço a ser classificado. Para ter uma melhor qualidade de mapeamento, é importante que se faça o reconhecimento visual e espacial antes de iniciar a criação das áreas de treinamento. Esses autores sugerem também que o processo seja refeito por no mínimo duas vezes para comparação dos resultados.

2.7. ESPAÇO URBANO OJETO DA PESQUISA – CIDADE DE SINOP-MT

Oficialmente Sinop foi fundada em 14 de setembro de 1974. A então promissora urbanização fazia parte do município de Chapada dos Guimarães, na época considerado o maior município do mundo. A cidade de Sinop foi elevada a Distrito Administrativo em 29 de junho de 1976, através da Lei Estadual 3.754/76. A emancipação veio em 17 de dezembro de 1979, por meio da Lei Estadual nº 4.156/79, com uma área geográfica de 48.678 km².

Em meio à diversos planos de colonização implantados na década de 70, se destaca o projeto de ocupação no norte de Mato Grosso, executado pela empresa Colonizadora SINOP S/A (acrônimo da empresa SINOP - Sociedade Imobiliária Noroeste do Paraná), denominado Gleba Celeste, criando núcleos urbanos, dentre eles a cidade de Sinop, fundada no ano de 1972 (ALVES e BAMPI, 2020).

Esse processo de colonização, através de uma Instituição privada e com planejamento prévio, foi o último desse modelo ocorrido no Brasil, segundo consta em informações da própria colonizadora do município. Fruto de um projeto elaborado e colocado em prática pela Colonizadora de propriedade de Ênio Pipino e João Pedro Moreira de Carvalho, o projeto iniciou em 1970, quando a empresa adquiriu uma área no norte do estado de aproximadamente 645 mil hectares. Após a aquisição da área inicia-se o projeto de ocupação. Foram fundadas, na Gleba Celeste, quatro cidades: Vera, Sinop, Santa Carmem e Cláudia (SANTOS, 2007).

O projeto urbanístico para a implantação da cidade de Sinop, foi concluído no ano de 1972, desenvolvido pela empresa colonizadora. pelo engenheiro civil Roberto Brandão, com aprovação do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), em consonância com a política federal para a ocupação do território amazônico e a integração nacional (CAMARGO, 1973; TREVISAN, 2011).

Esse projeto, (Figura 17), contemplava um moderno estudo urbanístico para a época, com um traçado viário retilíneo, visando facilitar a mobilidade urbana, contando também com lotes de grandes dimensões, ruas e avenidas largas, prevendo uma logística que viesse atender o anseio de uma cidade próspera.

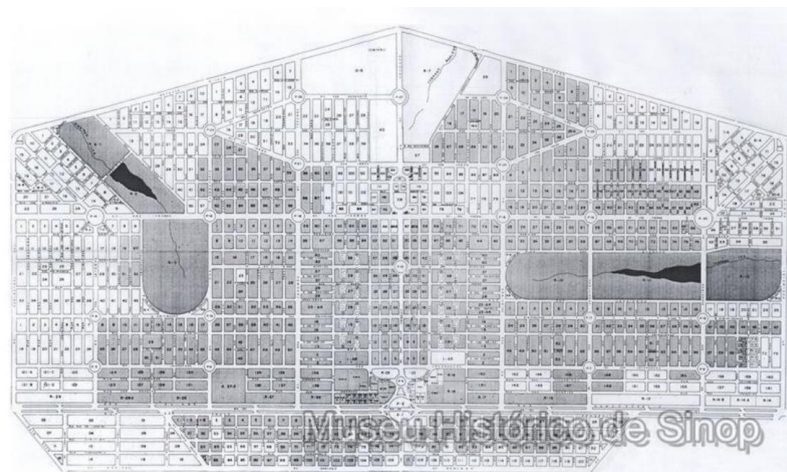


Figura 17 – Projeto urbanístico inicial de Sinop-MT.
Fonte: Acervo Museu Histórico de Sinop

Em consideração feita por Alves e Bampi (2020), o novo modelo de produção industrial foi um dos fatores que influenciou o planejamento da cidade, refletindo na organização dos espaços urbanos. Expressado na divisão setorial por atividade, que demarca o traçado urbano em zonas bem definidas para cada setor, sendo eles: industrial, comercial e residencial. Outra característica que se manifesta é da localização da cidade em meio à floresta Amazônica, que incorpora o eixo rodoviário federal (BR-163) ao seu traçado urbanístico, manifestando a relevância da rodovia para o crescimento da cidade.

A implantação desse traçado se deu por etapas, conforme se recebia as famílias originárias em grande parte do Estado do Paraná. No ano de 1972 foram abertas as primeiras 18 quadras, respeitando o projeto inicial, conforme demonstra a Figura 18.

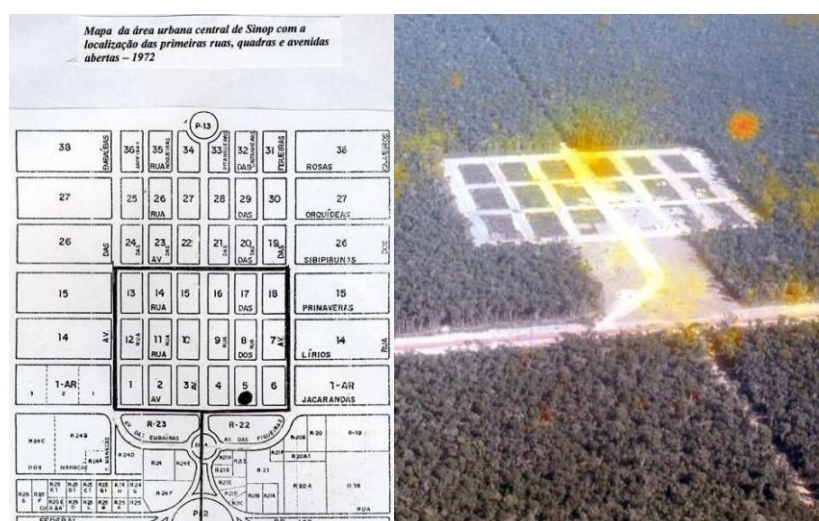


Figura 18 – Abertura das primeiras quadras em 1972. (esquerda) mapa da área urbana central de Sinop com a localização das primeiras ruas, quadras e avenidas; (direita) imagem aérea da implantação das 18 primeiras quadras.
Fonte: Acervo Museu Histórico de Sinop

Em 1974, caracterizou-se pelo ano oficial fundação de Sinop, marcada pela fixação de famílias migrantes, que ali construíram suas residências, abriram pequenos comércios que davam suporte operacional e técnico a esse desenvolvimento inicial. Vislumbrando maior crescimento, surge a necessidade de abertura de novas quadras e ruas, posteriores as 18 quadras já abertas, Figura 19.



Figura 19 – Primeira expansão urbana, 1974.

Fonte: Acervo Museu Histórico de Sinop

Meneguetti (2009), menciona que o plano integrado de parcelamento rural e urbano de Sinop, foi implantado e que o traçado da cidade foi posteriormente revisado e ampliado no ano de 1979, pelo arquiteto Alfredo Clodoaldo de Oliveira Neto.

Os comentários gerados pelos moradores de Sinop que o traçado urbano da cidade foi inspirado no projeto urbanístico da cidade de Maringá, localizada no estado do Paraná (Figura 20), é mencionado por Neto (2012), destacando que tal semelhança não é evidenciada. A cidade de Sinop quase não possui ruas curvas, chamando a atenção pelas largas avenidas, pelas rotatórias, pelos parques urbanos, pelo relevo absolutamente plano (daí os problemas com o escoamento das águas) e pelo traçado viário ortogonal.

Portanto, Neto (2012, p. 13) reconhece ter pensado em Maringá ao propor a revisão do traçado de Sinop, afirmando que “o que eu levei daqui [de Maringá] foi o que todo mundo admira: o verde, reservas de matas naturais, os parques, o cuidado com o verde e avenidas largas”. Com relação ao terreno plano, o arquiteto justifica a utilização do traçado viário ortogonal:

é uma mesa, então eu pensei ‘eu não vou complicar, eu tenho que simplificar’ (...) eu usei o traçado mais comum que tem de cidade - o quadriculado, e aí foram criadas as vias estruturais, eu pensava em avenidas largas, eu já tinha visto esse modelo da avenida aqui [em Maringá]. (NETO, 2012, p. 10-11).

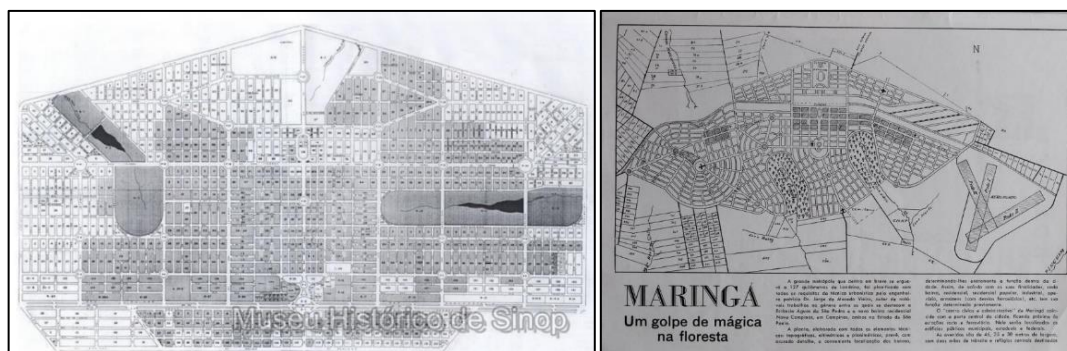


Figura 20 – Semelhança entre os traçados urbanos das cidades (esquerda) Sinop e (direita) Maringá.
Fonte: Museu de Sinop e Museu da Bacia do Paraná. Adaptado pelo autor.

Atualmente a cidade de Sinop, conta com a Zona Urbana Consolidada – ZUC quase por sua totalidade densificada. A estrutura se mostra bem heterogênea, contando com construções verticais, horizontais, comerciais, residenciais, industriais. Construções modernas, em lotes amplos, margeadas por ruas e avenidas largas. Zoneamento este que é regulamentado pela Lei Complementar nº 029/2006, que institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado do município de Sinop. Subdividindo a área por zoneamentos, conforme Figura 21.

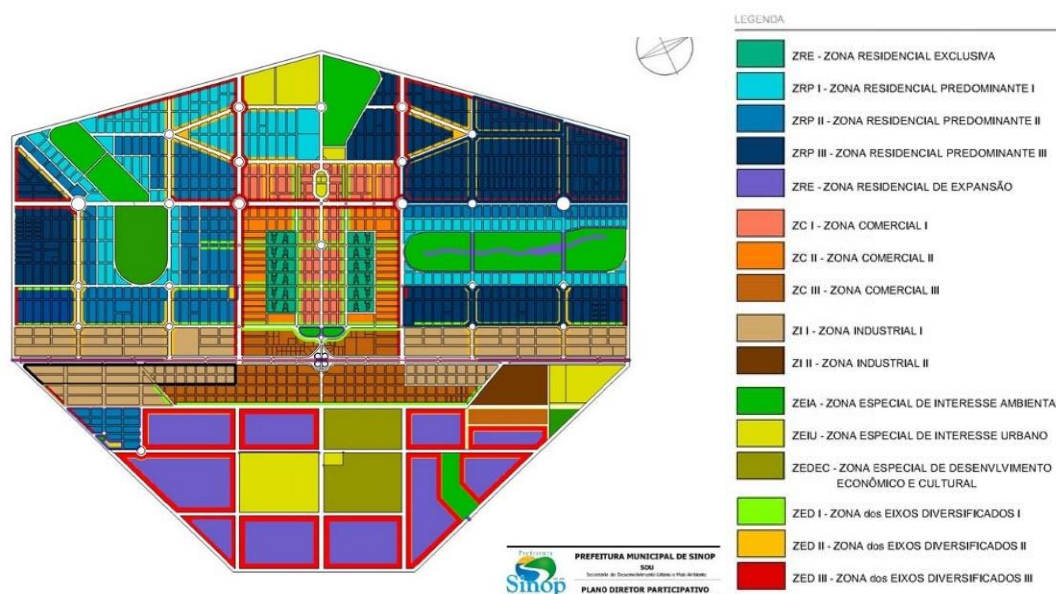


Figura 21 – Zoneamento da Zona Urbana Consolidada - ZUC.
Fonte: Plano Diretor Participativo, 2006

Nos mesmos termos que cerceiam o Plano Diretor Participativo, o município de Sinop, é zoneado de forma que se preveja um crescimento de forma planejada, estabelecendo e delimitando as zonas de expansões, Figura 22.

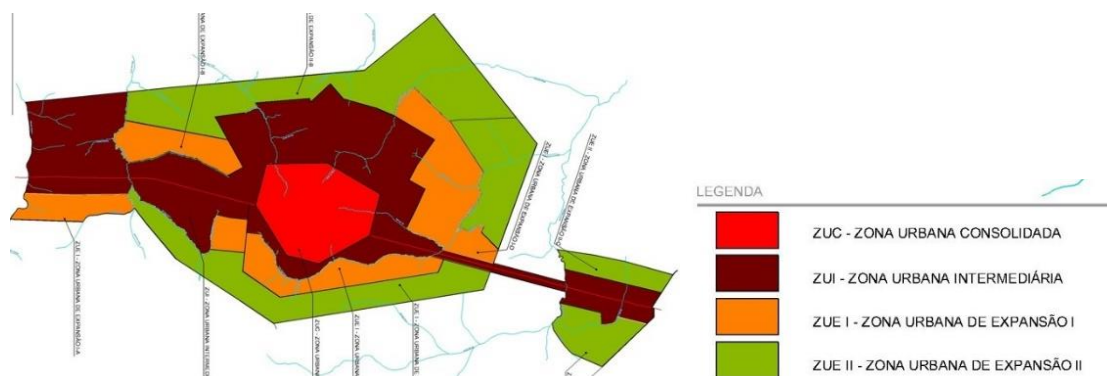


Figura 22 – Mapa de microzoneamento da macrozona urbana.

Fonte: Plano Diretor Participativo, 2006

Sanches *et al.* (2021), demonstrou a evolução da ocupação da cidade de Sinop, através de dados coletados na prefeitura municipal de todos os loteamentos aprovados e suas respectivas datas de aprovação, criando dessa maneira um mapa cronológico de ocupação urbana divididos nos anos de 2004, 2009, 2013, 2016 e 2020, Figura 23.

Os dados coletados relatam que até 2004, foram construídos 44 loteamentos. Período este, que caracteriza as primeiras expansões urbanas fora do projeto inicial. Já de 2004 a 2009, foram construídos 28 loteamentos. Entre os anos 2009 a 2013, foram construídos 30 loteamentos. De 2013 a 2016, foram construídos 41 loteamentos. E entre os anos de 2016 a 2020, foram construídos 25 loteamentos (SANCHES *et al.*, 2021).

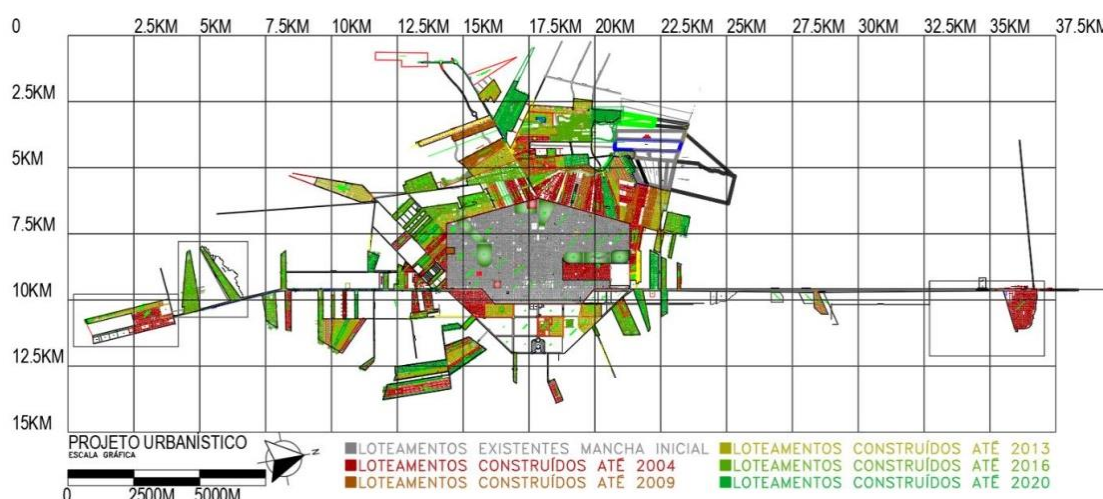


Figura 23 –Loteamentos Construídos de 2004 à 2020 em Sinop-MT.

Fonte: Sanches, et. al. (2021)

O crescimento urbano da cidade segue embasado em leis, decretos e regimentos, para que seu desenvolvimento urbano se dê de forma organizada e controlada. Tendo como premissa cronológica o Código de Postura do município (LEI Nº 7, de 19 de Abril de 1983) e Código de

Obras (Lei nº 22, de 22 de novembro de 1983), que passou por várias adaptações e complementações para sua melhoria. Bem como posteriormente a cidade conta com o Plano Diretor de Desenvolvimento (Lei Complementar nº 29, de 18 de dezembro de 2006), instrumento ao qual cria políticas públicas de desenvolvimento, como a criação de parâmetros urbanísticos para ocupação do solo. Uma das leis também adotadas pelo município que favorece um crescimento estrutural sustentável, é a lei das calçadas (Lei Nº 2423/2017), que dá providências de padronização para as calçadas da cidade, instituindo dimensões dos passeios públicos, área permeável vegetativa, arborização e acessibilidade, Figura 24.

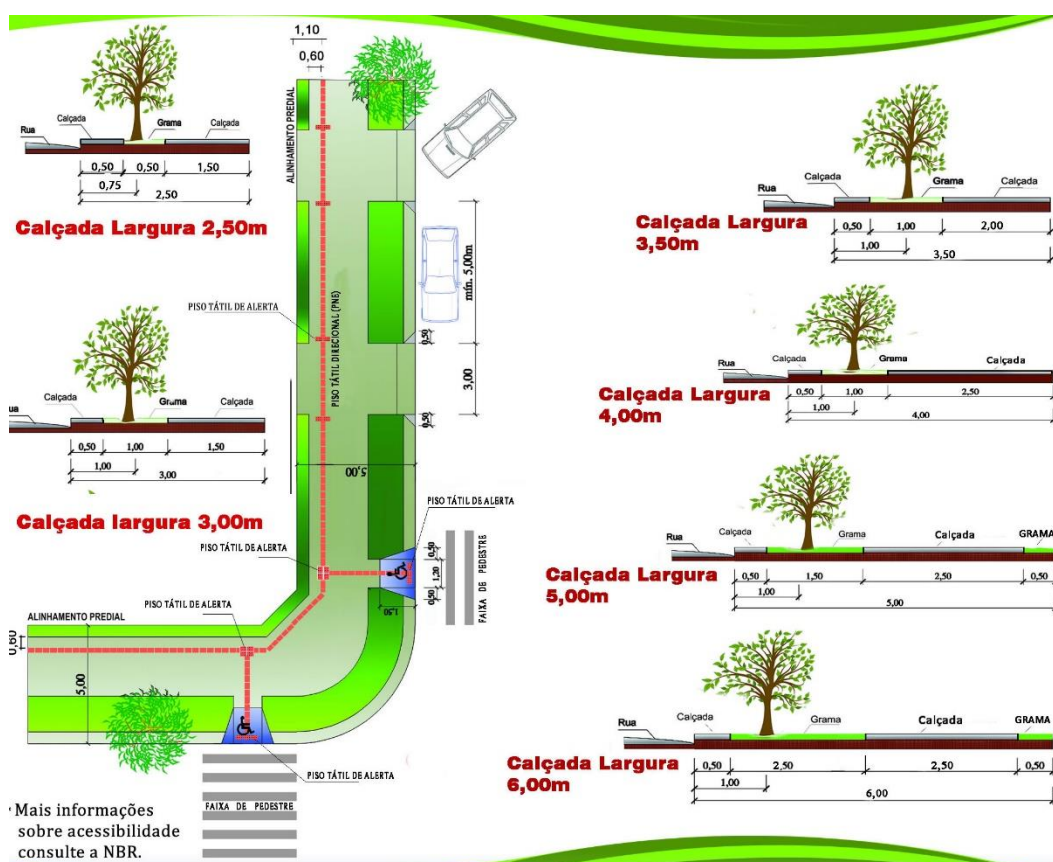


Figura 24 – Padronização das calçadas de Sinop-MT.
Fonte: Prefeitura Municipal de Sinop (PRODEURBS).

Segundo a Secretaria do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Sinop, no dia 06 de maio de 2022, no 1º Workshop de Arborização Urbana de Sinop, foi assinado o “Protocolo de Intenções”, onde a prefeitura municipal, juntamente com entidades envolvidas, assume um compromisso de elaborarem juntos, o Plano Diretor de Arborização Urbana de Sinop que deve estar de acordo com o plano de mobilidade e código de obras do município. “A fim de que estes também insiram em seus textos a obrigatoriedade da preservação, plantio correto e correto manejo das árvores urbanas”, diz trecho do documento. Com objetivo de transformar a área urbana nos próximos 8 anos.



Figura 25 – Imagem aérea da Praça da Bíblia.

Fonte: Zé Imagens Aéreas, 2021. Canal: Kililla Cast. Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=CNt1qGsHhhs>. Acessado em: 18 de junho de 2022.

A característica atual urbana de Sinop já é predominante a presença da vegetação em praças e parques, bem como em ruas e canteiros centrais das avenidas, Figura 25.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. ÁREA DE ESTUDO

A avaliação foi realizada dentro do ambiente urbano da cidade de Sinop, localizada na macrorregião Norte do Estado Mato Grosso, distante aproximadamente 500 km da capital, por deslocamento terrestre, tendo como principal via de acesso, a rodovia federal BR-163 (Figura 26). Tem como localização geográfica 11°50'53" de latitude sul e 55°38'57" de longitude oeste de Greenwich, altitude de aproximadamente 384 metros em planície.

A cidade possui seu relevo pertencente ao Planalto dos Parecis, e seu bioma pertencente a Floresta Amazônica, contendo 3.990,870km² km² em sua unidade territorial (IBGE, 2021) e uma população com cerca de 113.099 habitantes registrada no último censo (IBGE, 2010), com estimativa também registrada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística que no ano de 2021 possuía 148.960 habitantes, sendo este dado objetado pela prefeitura municipal em reportagem a um portal de notícias (G1/MT, 2020), que ao reunir dados técnicos estima-se que a cidade possuía 220.000 habitantes.

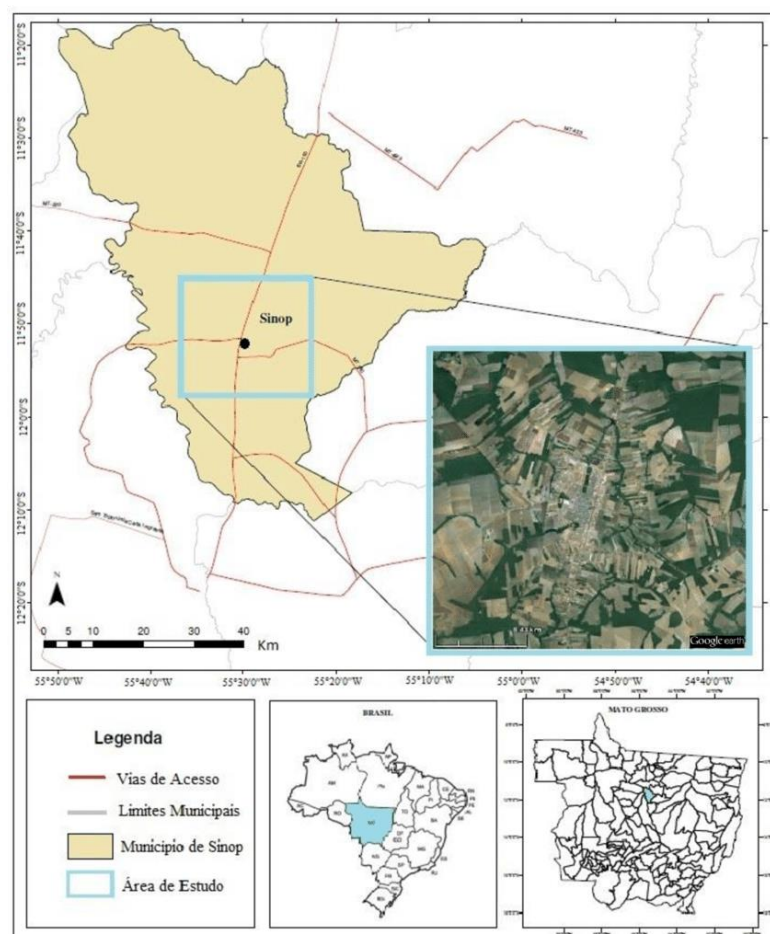


Figura 26 – Localização da cidade de Sinop-MT.

Fonte: Boldrin; Cutrim (2014).

Soares et al. (2015) apud Tres et al. (2016), relata que o estado de Mato Grosso está dividido em dois tipos de classificação: *Am*, definido como clima tropical de monção e *Aw*, clima tropical de savana, Figura 27.

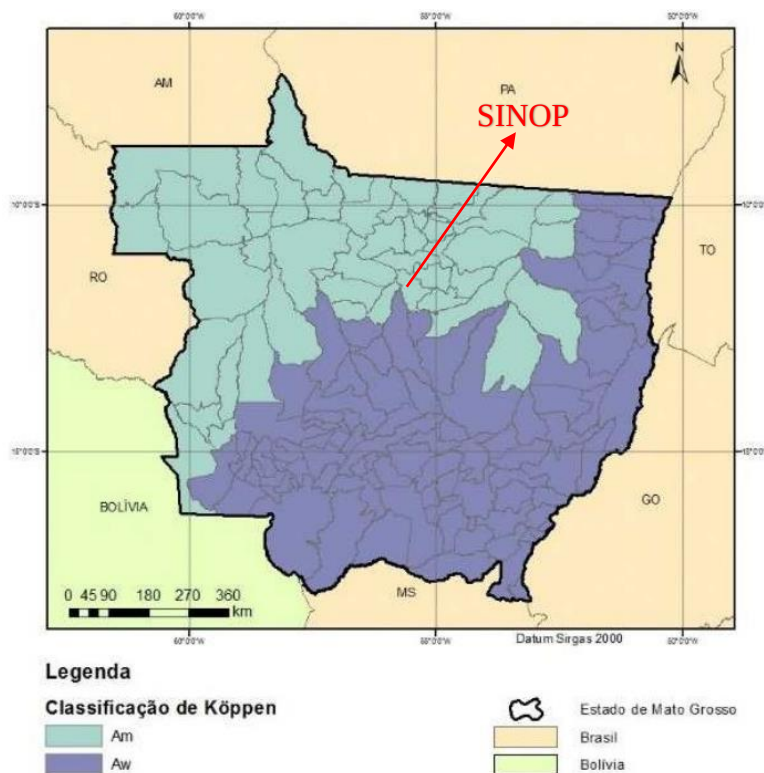


Figura 27 - Classificação climática de Köppen para o estado de Mato Grosso.
Fonte: ALVARES *et al.* (2013) adaptado por TRES *et al.* (2016) e autor.

A cidade de Sinop pela sua localização geográfica, está classificada segundo o perfil climático de Köppen-Geiger⁴, como *Am* clima tropical de monção, podendo ser acessados os perfis de classificação climática no site: apresentando temperaturas médias mensais acima de 18° C em todos os meses do ano e é considerado um tipo de clima intermediário que está entre os tipos *Af* (clima equatorial) e *Aw* (clima tropical de savana). Tendo meses mais secos, com uma média inferior a 60 mm de precipitação no seu mês mais seco, e cerca de 100 mm de precipitação anual total.

⁴ A classificação climática de Köppen-Geiger, mais conhecida por classificação climática de Köppen, é o sistema de classificação global dos tipos climáticos mais utilizado em geografia, climatologia e ecologia. A classificação foi proposta em 1900 pelo climatologista russo Wladimir Köppen, tendo sido por ele aperfeiçoada em 1918, 1927 e 1936 com a publicação de novas versões, preparadas em colaboração com o alemão Rudolf Geiger (Rolin et al., 2007). Disponibilidade de verificar a classificação dos municípios brasileiros, através do site: <https://koppenbrasil.github.io/>.

3.2. COLETAS DE DADOS

Conforme Chegury (2019), a avaliação termohigrométrica para se identificar anomalias do clima em áreas urbanas, deve ser realizada através de medições e análises de variáveis microclimáticas. Os elementos climáticos como temperatura do ar, radiação solar, umidade relativa do ar, velocidade e direção dos ventos e precipitação são aferidas com a utilização de equipamentos específicos, podendo ser estações ou microestações fixas ou através de medições móveis que chamamos de transecto móvel.

Para melhor aproveitamento dos resultados dos dados para a pesquisa, foram estabelecidas medições termohigrométricas em dias considerados como dias ideais, onde as variáveis climáticas não sofrem alterações em dias atípicos, podendo ser medidas em dias com céu claros, ventos fracos e sem precipitações no momento da coleta (OKE, 1982).

Este trabalho de pesquisa e avaliação conta com os dois tipos de métodos de coleta de dados citados. Métodos este usado em diversos trabalhos de pesquisas do microclima urbano evidenciados nos trabalhos de Justi (2021); Chegury (2019); Valin (2019); Caneppele (2018); Zavitoski (2018); Santos (2012), e outros.

3.2.1. Método e coleta de dados através de transecto móvel

O método utilizado para medir a temperatura do ar, a umidade relativa do ar e a velocidade e direção dos ventos em diferentes ambientes dentro de um percurso contínuo, foi o de transecto móvel.

O método foi introduzido no Brasil por Hasenack; Schmidt; Becke (1982), porém, conforme cita Carreras *et al.* (1990, p. 57) *apud* Minaki e Amorim (2013), baseado em Martín Vide (1987), descreve que Schmidt (1930) foi o primeiro a praticá-la em Viena, comprovando que o instrumento é verdadeiramente eficaz para pesquisas com temática das diferenças térmicas que acontecem dentro das cidades.

Segundo Gartland (2010), é uma forma econômica e muitas vezes única para se estudar as variações térmicas no espaço urbano, uma vez que em algumas situações não se dispões de um espaço com todos seus condicionantes necessários para se instalar uma microestação fixa. Esse método resume em percorrer um trajeto pré determinado, com paradas em pontos

estratégicos e representativos para se obter medidas sem interferências de fatores aleatórios que não pertencem a pesquisa.

Segundo Chegury (2019) o percurso do transecto móvel pode ser realizado de diferentes formas e meios. Sendo possível se obter dados das variáveis climáticas através da locomoção por veículos automotores (carro, moto, metrô, trens), veículos com impulsão manual como bicicletas, e também sendo permitido percorrer o percurso a pé. A região do transecto, e as distâncias entre os pontos, bem como suas características, variam conforme o objetivo da pesquisa. Os instrumentos utilizados para registrar os dados meteorológicos podem ser artesanais ou comerciais.

Valin (2019), apresenta um trabalho de análise científica muito representativo para auxiliar pesquisadores possam optar por utilizar abrigos termohigrométricos alternativos para transecto móveis. Tendo como opções, abrigo com tubo de PVC vertical, abrigo produzido em impressora 3D, abrigo com pratos plásticos comuns brancos, abrigo com tubo de PVC horizontal.

As coletas de dados nas estações meteorológicas convencionais do INMET são realizadas nos horários de 12, 18 e 24 UTC, consecutivamente as 9, 15 e 21 horas registrados em Brasília. Em função da localização de grande parte das cidades do Estado de Mato Grosso em função da latitude, a região estudada está a 1 (uma) hora a menos que o horário de Brasília, tendo como ideal as medições as 8, 14 e 20 horas local.

Em pesquisa desenvolvida em espaço urbano por Borges (2009), o horário das 6:00h da manhã apresenta uma homogeneidade de temperatura, sendo partir desse horário que começa a se manifestar maiores diferenciações no aquecimento e resfriamento das superfícies, tanto pelas diferenças de incidência solar quanto pelo tipo da superfície do solo. No período das 9h às 12h, tanto as áreas mais edificadas, e solo com mais taxa de impermeabilização que estão mais à insolação, ficam mais quentes. Observa-se que no período das 12h às 15h, todas as áreas apresentam temperaturas mais elevadas, sendo que, devido ao maior acúmulo às 15h, destaca-se a ocorrência de núcleos relativamente mais quentes e secos nas áreas mais edificadas, tendência esta que permanece até as 18h, quando acontece o pôr-do-sol, e o calor acumulado se dissipa por toda a área, tendendo a se tornar homogêneo.

A escolha das datas para coleta de dados de temperatura do ar ($T^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa do ar (UR%), através do transecto móvel deste trabalho, se deram de forma que se iniciassem com a transição dos períodos sazonais, e de maneira que abrangesse um total de um ano de coleta, tendo início no mês de setembro do ano de 2020 e término das coletas no mês de agosto do ano de 2021, Tabela 04.

Sendo adotado, ao desenvolver a avaliação deste trabalho de pesquisa, os horários das 8 horas e das 14 horas, com monitoramento mensais, durante 3 (três) dias não necessariamente consecutivos. A escolha dos dias se deu em função por ser dia favorável, não atípicos, sem interferências, como, nebulosidades, precipitações, fortes ventos não característicos da região, ou até mesmo temperaturas advindas de quedas ou elevações abruptas.

Tabela 04 - Dias de medições em relação aos intervalos, meses, estações e períodos do ano

Intervalos	Dias	Mês	Ano	Estação	Períodos
8 horas e 14 horas	8, 12 e 17	Setembro	2020	Inverno	Quente-úmido
	2, 3 e 5	Outubro	2020	Primavera	Quente-úmido
	2, 5 e 6	Novembro	2020	Primavera	Quente-úmido
	7, 9 e 10	Dezembro	2020	Primavera	Quente-úmido
	11, 17 e 21	Janeiro	2021	Verão	Quente-úmido
	8, 18 e 21	Fevereiro	2021	Verão	Quente-úmido
	7, 14 e 16	Março	2021	Verão	Quente-seco
	11, 15 e 16	Abril	2021	Outono	Quente-seco
	10, 14 e 21	Maio	2021	Outono	Quente-seco
	6, 11 e 14	Junho	2021	Outono	Quente-seco
	5, 9 e 13	Julho	2021	Inverno	Quente-seco
	9, 10 e 11	Agosto	2021	Inverno	Quente-seco

Manteve-se uma rigorosidade para se igualar a quantidade de dias de coletas e a sequencia mensal exata para se fechar os dois períodos sazonais consecutivos.

3.2.1.1. Instrumentação do Transecto móvel

O transecto móvel foi por meio de um veículo automotivo de cor preto para não interferir nos valores de temperatura através da reflexão de radiação, adaptado externamente, conforme demonstra a Figura 28, por um abrigo feito de cano de PVC desenvolvido pelo Programa de Pós-graduação em Física Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso. Em conformidade com as normas da Organização Mundial de Meteorologia – OMM, os sensores

meteorológicos devem ser protegidos contra a radiação solar direta e devem ter um sistema que permita a ventilação e a dissipação do calor, para que os valores obtidos representem o ambiente local à sombra, contendo em seu interior sensor de temperatura do ar e umidade relativa do ar, modelo: DHT22, sensor com baixo consumo de corrente (2,5 mA durante medições, e 100-150µA em standby), e que possui internamente um captador de umidade capacitivo e um termistor, além de um conversor analógico/digital para comunicação com o microcontrolador. É um sensor bem simples e prático de utilizar tanto com placas Arduino como com placas Raspberry Pi, ESP32, ESP8266, etc. Na parte interna do automóvel contou com um computador portátil (notebook) conectado a um microcontrolador Raspberry Pi, que desempenha o trabalho de receber e processar os dados advindos do sensor externo, sendo ativado quando em contato com sinais de satélite via GPS.



Figura 28 – Instrumentos utilizados na coleta de dados climáticos em transecto móvel

A altura e posicionamento de exposição dos instrumentos meteorológicos para transecto móvel em áreas urbanas, seguiram uma metodologia, onde o raio de abrangência dos sensores no nível da tela (~1,5 m) pode chegar a algumas dezenas de metros em condições neutras quando instável e mais de cem metros quando estável. Quando os sensores estão a uma altura de três metros, as distâncias equivalentes provavelmente se estendem até cerca de trezentos metros em caso estável. (OKE, 2007, p.03)

3.2.2. Método e coleta de dados através de microestação fixa

Segundo o INMET – Instituto Nacional de Meteorologia, os instrumentos meteorológicos são equipamentos utilizados para adquirir dados meteorológicos (termômetro/temperatura do ar, pressão atmosférica/barômetro, higrômetro/umidade relativa do ar etc). A reunião desses instrumentos em um mesmo local, é denominada estação meteorológica.

3.2.2.1. Instrumentação da estação micrometeorológica fixa

As medições com ponto fixo durante todo o período de pesquisa foi realizada através de uma microestação meteorológica comercial DAVIS Vantage Pro2 wireless, conforme Figura 29, instalada em um ponto fixo dentro da Zona Urbana Consolidada - ZUC, distante em torno de 1 quilometro do ponto mais próximo do transecto móvel, localizado na Zona Urbana Intermediária - ZUI. A microestação coletou as variáveis climáticas de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa do ar (UR%), para o trabalho. Tendo potencial de realizar coletas de dados climáticos como, temperatura, umidade, direção e velocidade do vento, precipitação, além do sensor de radiação solar, que fornece o cálculo automático de evapotranspiração.



Figura 29 – Microestação Meteorológica Fixa

Fonte: <https://www.davisnet.com>

A estação micro meteorológica comercial foi instalada em um local estratégico, dentro do Setor Comercial da cidade, denominado Zona Urbana Consolidada - ZUC, conforme Figura 30.

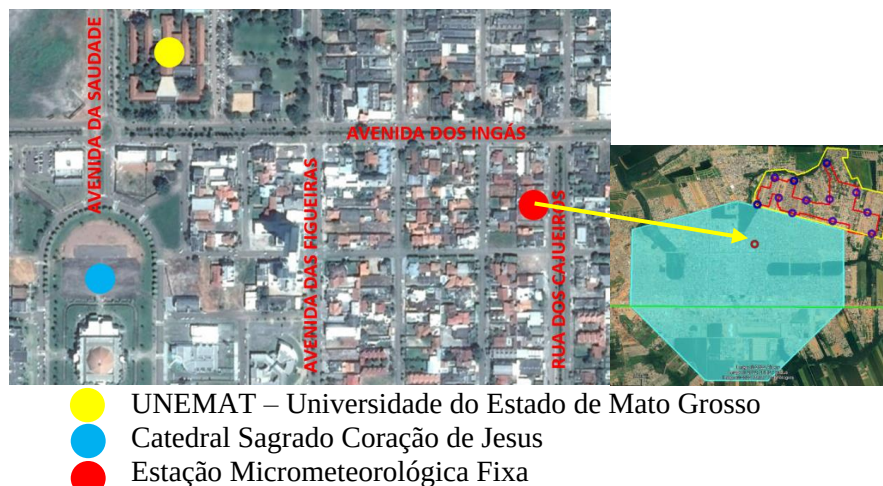


Figura 30 – Localização da estação micro meteorológica fixa (automática).

A estação fixa está instalada em uma haste metálica galvanizada, fixada em uma parede de alvenaria, a uma altura de 4,00m do solo, conforme Figura 31. O local foi escolhido por não sofrer interferência de sombreamento de entorno, por receber radiação durante todo o tempo de exposição solar, e distante de vegetações altas para evitar entupimento do coletor de águas pluviais. A residência confrontante de dois pavimentos está afastada em profundidade da estação, não causando sombreamento nos sensores.



Figura 31 – Estação micro meteorológica fixa “in loco”.

3.2.2.2. Calibração dos sensores

Seguindo metodologias realizadas por Novais *et al.* (2020), para estabelecer relações matemáticas entre os sensores calibrados e o sensor padrão (referência), foi utilizado o método da regressão linear, a fim de estabelecer uma equação de ajuste para cada par de conjuntos de dados. Posteriormente pelo teste de Shapiro-Wilk para a normalidade e teste de Levene para homoscedasticidade (NOVAIS, *et al.* 2020).

A calibração dos sensores da estação micrometeorológica fixa comercial (pesquisa) e o sensor do transecto móvel (pesquisa) foi realizada colocando ambos ao lado de uma estação micrometeorológica fixa comercial padrão (referência) durante 2 (dois) dias nas mesmas condições espaciais.

As medidas de temperatura e umidade relativa do termo-higrômetro calibrado foram bem próximas as medidas do termo-higrômetro de referência. A Tabela 05 representa os modelos ajustados pela regressão linear. O coeficiente angular se aproxima de 1, o coeficiente de determinação (R^2) explica 99,9% dos dados observados e o índice de concordância ideal. Onde, T_1 , UR_1 corresponde a calibração da estação fixa e T_2 , UR_2 corresponde a calibração do sensor do transecto móvel, T_p , UR_p corresponde a estação fixa padrão (referência). Sendo, Coeficiente linear (a) e angular (b) da regressão entre a temperatura (T) e umidade relativa do ar (UR) medidas pelo sensor de referência e pelos calibrados, coeficiente de correlação (R), Índice de concordância (d), erro médio absoluto (EMA) e raiz do erro médio quadrático (REMQ).

Tabela 05 - Regressão linear entre o termohigrômetro de referência e o termo-higrômetro calibrado.

Variáveis	T_p	UR_p	T_1	UR_1	T_2	UR_2
a	0,157	1,542	0,161	1,538	0,152	1,436
b	0,993	0,973	0,991	0,960	0,982	0,953
R	0,999	0,999	0,999	0,999	0,999	0,999
d	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
EMA	0,104	0,725	0,103	0,718	0,114	0,743
REMQ	0,0126	0,0131	0,0128	0,0149	0,0128	0,0121

Segundo Valin (2019), em estatística há a pressuposição de que existe uma “média real” na população, e as amostras coletadas tentam induzir essa média. No caso, comprova que a média na amostra por sensor, está perto da média real, sendo considerado um erro padrão baixo, como o de 0,0128 indica que as médias dos sensores são muito próximas da média real.

Para verificar a normalidade dos dados foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk (S-W), com o tratamento dos dados realizado através do software Past 3.18 (Paleontological Statistics) onde obteve-se os resultados na Tabela 06.

Tabela 06 – Teste de normalidade (Shapiro-Wilk) para as variáveis climáticas pesquisadas.

Teste de normalidade	T_p	UR_p	T_1	UR_1	T_2	UR_2
Shapiro-Wilk W	0,9152	0,9034	0,9127	0,9048	0,9163	0,9069
p(normal)	0,1158	0,2726	0,1143	0,2762	0,1127	0,2761

Os resultados mostram que os valores de “p” são maiores que o valor do nível de significância 0,05, isso caracteriza que os dados coletados seguem uma distribuição normal.

A homocedasticidade foi feita através do teste de Levene (Tabela 07), analisando os dados obtidos pelos sensores utilizados na pesquisa e os sensores padrão.

Tabela 07 – Homocedasticidade Validação do dados do transecto móvel e estação fixa.

		Estatística de Levene	df1	df2	Sig.
Temperatura (°C)	Média	0,042	1,00	21,21	0,081
	Mediana	0,021	1,00	21,00	0,086
	Mediana e com df ajustado	0,022	1,00	21,96	0,085
	Média aparada	0,041	1,00	21,00	0,082
Umidade relativa do ar (%)	Média	1,93	1,00	21,00	0,085
	Mediana	0,022	1,00	16,73	0,071
	Mediana e com df ajustado	0,023	1,00	17,82	0,072
	Média aparada	1,76	1,00	22,00	0,087

Foram utilizados dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar, no qual foi obtido o valor de sig.>0,05, que segundo o resultado do teste pode se considerar que os dados são homogêneos e que não há diferença significativa entre os grupos de dados.

3.3. CARACTERIZAÇÃO DO ESPAÇO URBANO AVALIADO

3.3.1. Definição dos critérios para escolha da região urbana avaliada

A partir da análise termohigrométrica realizada por Zavitoski (2018), dentro da Zona Urbana Consolidada – ZUC da cidade de Sinop, surge o anseio de analisar o comportamento das mesmas variáveis microclimáticas, em região que teve os primeiros registros de crescimento urbanístico pós a abertura da expansão de loteamentos fora do projeto inicial de Sinop, hoje denominada Zona Urbana Intermediária – ZUI, (Figura 32).

Embora a expansão urbana da cidade esteja acontecendo de forma diversificada em todo o entorno da malha urbana inicial, a região avaliada foi a que mais se densificou nesses primeiros períodos de expansão.

O Plano Diretor Participativo de Sinop de 2006, denomina como Zona Urbana Consolidada – ZUC toda a área pertencente ao projeto urbanístico inicial, sendo a área de estudo

uma confrontante direta dessa malha consolidada, componente da Zona Urbana Intermediária – ZUI.



Figura 32 – Mapa de Localização da Área de Avaliação, pertencente à ZUI.
Fonte: Plano Diretor Participativo de Sinop-MT, 2006 e Google Maps, 2022.

Atualmente, ao analisar a malha urbana geral da cidade de Sinop, é possível notar novas regiões que também tiveram grande crescimento urbano, porém de uma forma menos densificada e ainda em processo de estruturação. Outras regiões com grande registro de crescimento e estruturação física, são fortemente evidenciadas em condomínios fechados, o que não gera uma fácil logística para uma pesquisa.

3.3.2. Caracterização do Espaço Urbano Avaliado

Pelo surgimento de loteamentos em parcelas do solo individuais e particulares, os loteamentos se davam conforme a demanda esperada pela empresa loteadora e seus proprietários, seguida de uma prévia aprovação pelo setor responsável da prefeitura municipal. Porém, os sítios (terras) já se davam em formas irregulares em suas delimitações espaciais e não seguindo uma cronologia de aberturas de expansão linear. Em alguns casos existiam vazios

urbanos entre um loteamento e outro, sem a certeza de como se daria o parcelamento do solo nestas áreas não abertas para o uso urbano. Tais circunstâncias, muitas vezes não se conseguia atingir um alinhamento de ruas e avenidas e padronizações de quadras e lotes.

A região escolhida para a pesquisa apresenta uma predominante malha urbana reticulada (planeada) ortogonal regular, exceto em algumas extremidades, conforme o caso acima citado e representado na Figura 33. Não observando avenidas que cortam todos bairros, como acontece no projeto inicial de Sinop (Zona Urbana Consolidada), sendo muitas vezes interrompidos por não congruência espacial. Em alguns pontos se observa bifurcações das vias, alterando a direção da malha.



Figura 33 – Croqui representativo da malha viária, pertencente à ZUI.
Fonte: Plano Diretor Participativo de Sinop-MT, 2006 e Google Maps, 2022.

A área é predominantemente de ocupação residencial, centralizando o comércio na avenida André Antônio Maggi, que é uma via de principal acesso a maioria dos bairros da região, e sendo a linha divisória entre a Zona Urbana Consolidada e a Zona Urbana Intermediária (Figura 00). Conforme dados da prefeitura municipal, a área tem em torno de 87% das ruas pavimentadas, registrando ruas não pavimentadas em zonas de transição entre alguns loteamentos, ou em áreas que estão sendo loteadas recentemente. Por ser uma região onde se deram os primeiros passos para expansão urbana, nota-se um maior índice de vegetação urbana implantada consolidada, muito provavelmente de ordem cronológica de expansão, embora há forte evidência de não adaptação das calçadas conforme exigência urbanística para toda a cidade, Figura 34.



Figura 34 – Imagem panorâmica da avenida André Antônio Maggi.

3.3.3. Pontos do transecto móvel

Uns dos critérios para definição dos pontos de medição seguiram a mesma metodologia utilizada por Caneppele (2018), visando a possibilidade de estacionar o veículo automotor para aguardar o tempo de estabilização dos dados em cada ponto (três minutos), e de modo que o veículo ficasse distante de interferências específicas da urbanização e tráfego do local.

O transecto móvel conta com um percurso totalizando 15 quilômetros totais, tendo 12 pontos de paradas de coletas em locais estratégicos, percorridos em 60 minutos, Figura 35. O veículo automotor manteve uma média de 40 km/h no deslocamento entre os pontos, variando para pouco menos em situações de início de direção e fim de direção, onde há a necessidade da aceleração e desaceleração, também ocorrendo casos de obstáculos, mudança de direção e paradas obrigatórias em sinalizações. Totalizando o percurso em 1 (uma) hora, sendo usado para base de cálculo o tempo médio dos percursos somando com os tempos de paradas: $(15 \text{ km} \times 60 \text{ minutos} / 40 \text{ km/h} = 22 \text{ min e } 30 \text{ seg}) + (12 \text{ pontos} \times 3 \text{ minutos} = 36 \text{ minutos})$, atingindo um tempo aproximado a 60 minutos (58 min. e 30 seg).



Figura 35 – Mapa dos Pontos Avaliados Através do Transecto Móvel.

Fonte: Google Maps, 2022. Adaptado pelo autor.

Os pontos de coleta foram distribuídos de forma que abrangesse todos perfis urbanísticos do bairro, explorando a heterogeneidade dos espaços. Iniciando em proximidades da avenida André Antônio Maggi, característico de maior concentração de comércio, contendo construções de portes consideráveis, adentrando os bairros, percorrendo áreas com maior índice construtivo, menor índice construtivo, ruas pavimentadas e ruas não pavimentadas, bem como áreas com menor arborização e áreas com maior densidade vegetativa.

3.3.4. Definição de recortes urbanos representativos

Para delimitar o recorte de cada área de abrangência dos sensores, foi padronizado um raio de 200 metros a partir do ponto de locação do equipamento de medição, de modo que a morfologia urbana circundante fosse representativa em relação às características da região a ser analisada.

No mapa é possível analisar a proximidade de cada ponto com a área central, onde encontram-se a Prefeitura, algumas Secretarias de governo, a principal unidade do Poupatempo e área comercial e mais adensada da cidade (circulada em verde) e área do parque da Represa Municipal (contornada em verde), os quais são considerados pontos de referência no Município.

3.3.5. Caracterização visual e espacial dos pontos avaliados

Para melhor entendimento das áreas de estudos e seus confrontantes, serão apresentadas uma imagem satélite da localização de cada ponto em que foram coletadas as variáveis climáticas, abrangendo um raio de entorno padronizado de 200 metros, seguido de uma foto panorâmica para melhor identificação do ponto coletado e sua estrutura confrontante, (Figura 36 a Figura 57). As imagens servirão para fins de identificação da localização, estrutura local e de entorno, desconsiderando a representatividade do local no momento exato das coletas. Com a crescente infraestrutura urbana acelerada na cidade de Sinop, possa haver pequenas divergências entre a imagem tirada “in loco”, da imagem satélite, pois as mesmas não são atualizadas mensalmente.

Ponto 01 – Localizado no bairro Jardim Europa, na rua Inglaterra, entre a quadra nº 01 e a chácara nº 409-B.



Figura 36 - Imagem panorâmica do ponto 01.

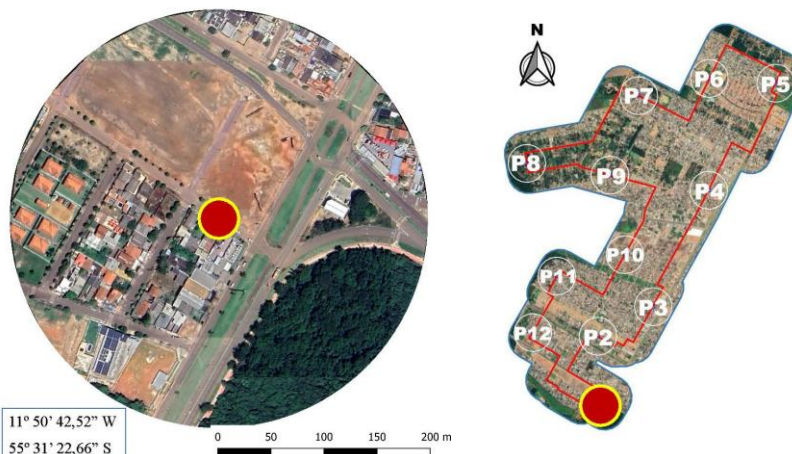


Figura 37 - Imagem satélite do ponto 01.

Fonte: Google Earth, Imagem Landsat / Copernicus. Acessado em junho/2022.

Ponto 02 – Localizado no bairro Jardim Conquista, na rua 23 de julho. Os confrontantes de quadras não estão identificados. (loteamento ainda não legalizado).



Figura 38 - Imagem panorâmica do ponto 02.

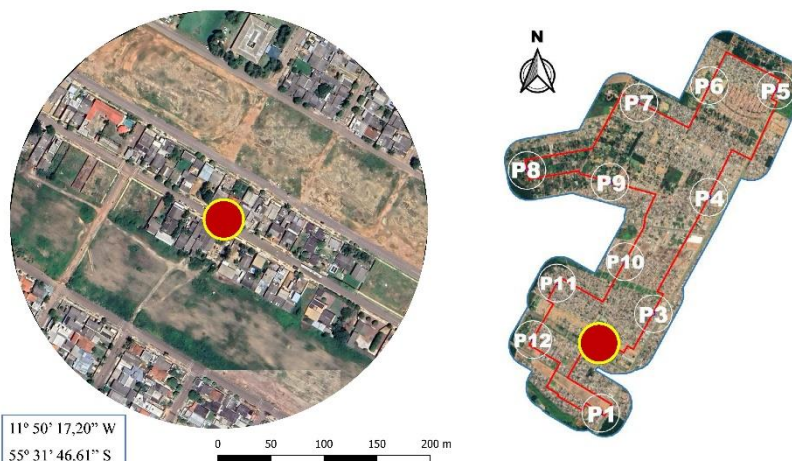


Figura 39 - Imagem satélite do ponto 02.

Fonte: Google Earth, Imagem Landsat / Copernicus. Acessado em junho/2022.

Ponto 03 – Localizado no bairro Jardim Boa Esperança, na rua Elisa Bortolozo Luciano, entre a quadra nº 02 e a quadra nº 04.



Figura 40 - Imagem panorâmica do ponto 03.

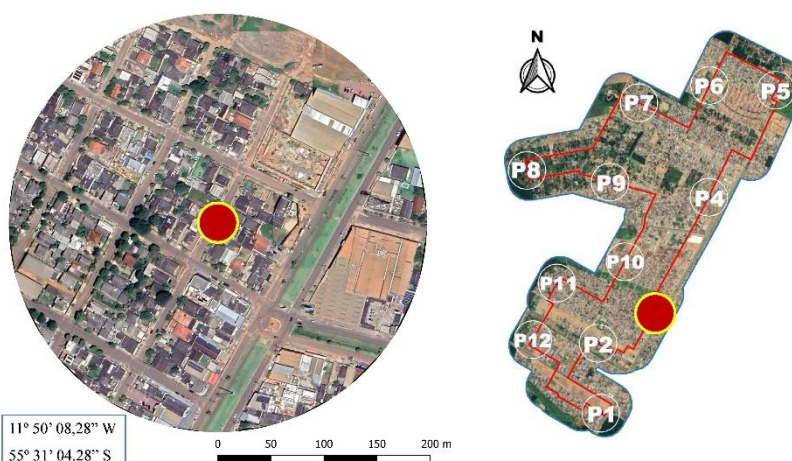


Figura 41 - Imagem satélite do ponto 03.

Fonte: Google Earth, Imagem Landsat / Copernicus. Acessado em junho/2022.

Ponto 04 – Localizado no bairro Jardim Tarumãs, na rua Otávio Pereira Lima, entre a quadra nº 03 e a quadra nº 04.



Figura 42 - Imagem panorâmica do ponto 04.

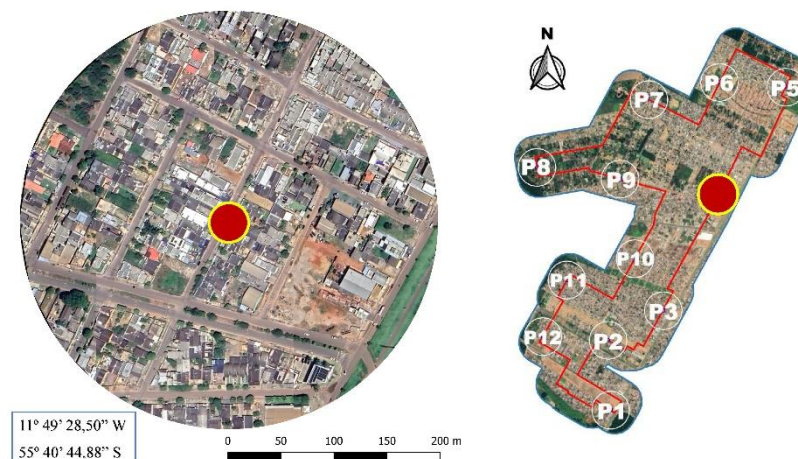


Figura 43 - Imagem satélite do ponto 04.

Fonte: Google Earth, Imagem Landsat / Copernicus. Acessado em junho/2022.

Ponto 05 – Localizado no bairro Jardim Veneza, na rua Laurinda Rosa Ribeiro, entre a quadra nº 04 e a quadra nº 05.



Figura 44 - Imagem panorâmica do ponto 05.

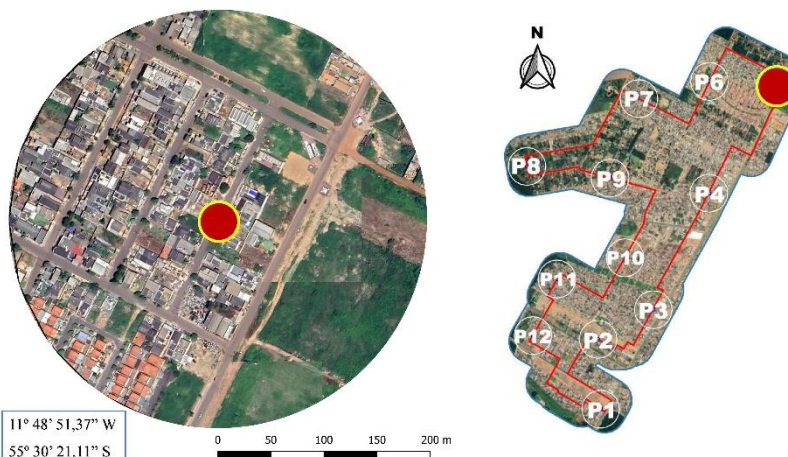


Figura 45 - Imagem satélite do ponto 05.

Fonte: Google Earth, Imagem Landsat / Copernicus. Acessado em junho/2022.

Ponto 06 – Localizado no bairro Daury Riva, na avenida das Águias, entre a quadra nº 26 e a quadra nº 30.



Figura 46 - Imagem panorâmica do ponto 06.

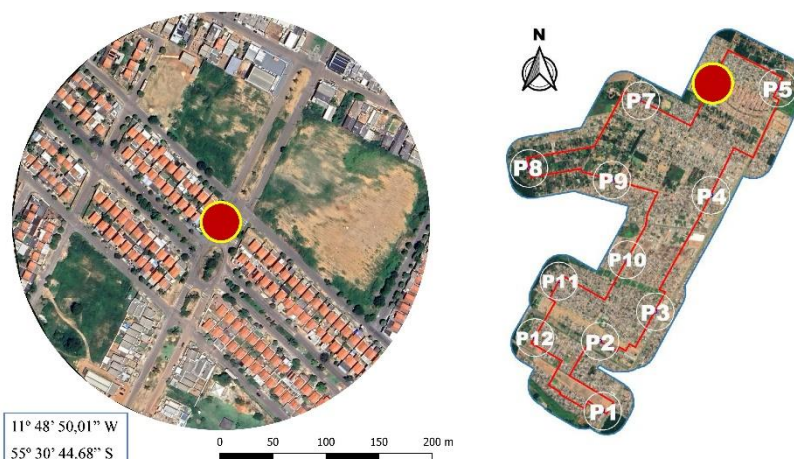


Figura 47 - Imagem satélite do ponto 06.

Fonte: Google Earth, Imagem Landsat / Copernicus. Acessado em junho/2022.

Ponto 07 – Localizado no bairro Maria Vindilina II, na rua Rio Verde, entre a quadra nº 08 e a quadra nº 09.



Figura 48 - Imagem panorâmica do ponto 07.

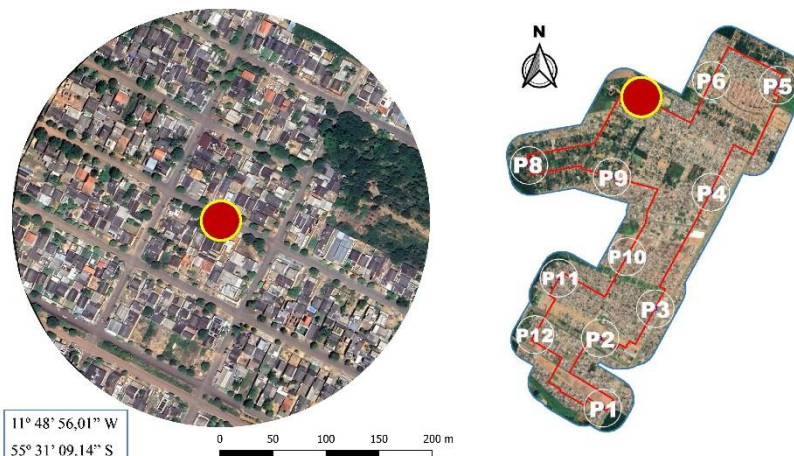


Figura 49 - Imagem satélite do ponto 07.

Fonte: Google Earth, Imagem Landsat / Copernicus. Acessado em junho/2022.

Ponto 08 – Localizado no bairro Campo Verde (chácara 338, 338-A), na rua A1, entre a quadra nº 01 e a quadra nº 02.



Figura 50 - Imagem panorâmica do ponto 08.

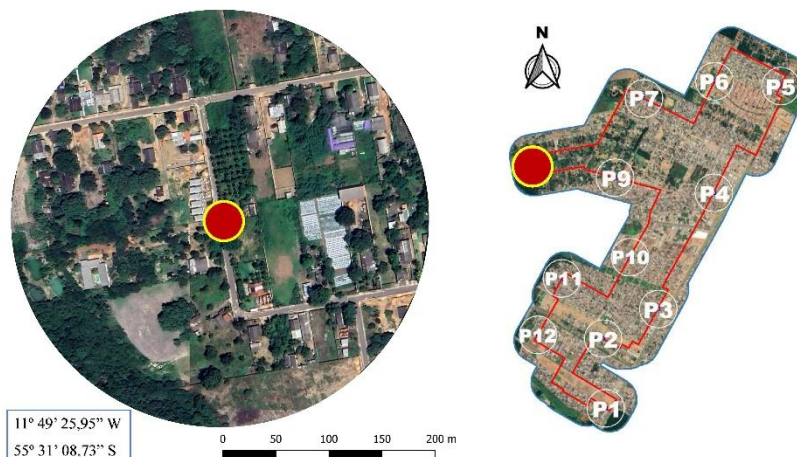


Figura 51 - Imagem satélite do ponto 08.

Fonte: Google Earth, Imagem Landsat / Copernicus. Acessado em junho/2022.

Ponto 09 – Localizado entre os bairros Jardim Novo Horizonte e bairro Recanto dos pássaros, na avenida Amélia, entre a quadra nº 02 e a quadra nº 03.



Figura 52 - Imagem panorâmica do ponto 09.

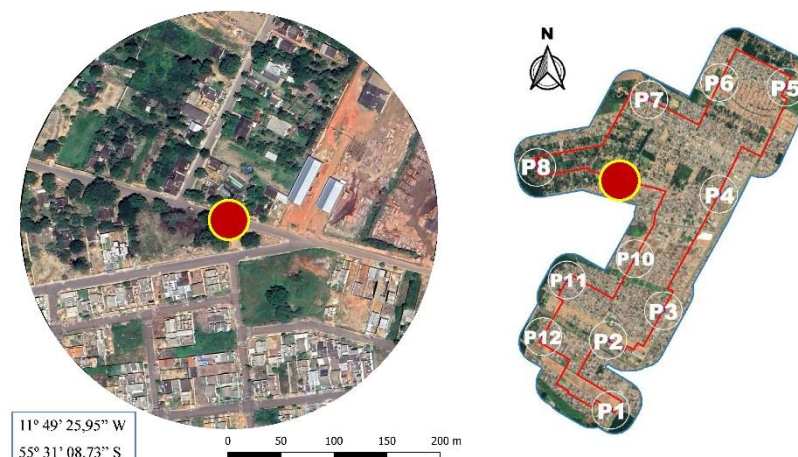


Figura 53 - Imagem satélite do ponto 09.

Fonte: Google Earth, Imagem Landsat / Copernicus. Acessado em junho/2022.

Ponto 10 – Localizado no bairro Jardim Novo Estado, na rua Padre Antônio Haidler, entre a quadra nº 15 e a quadra nº 17.



Figura 54 - Imagem panorâmica do ponto 10.

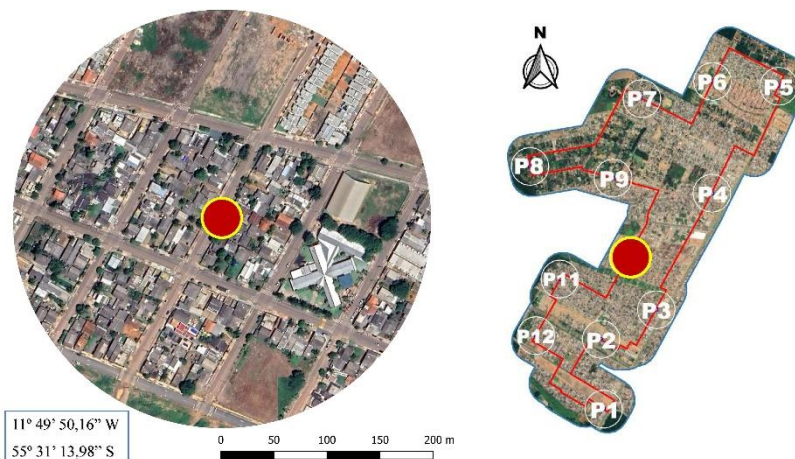


Figura 55 - Imagem satélite do ponto 10.

Fonte: Google Earth, Imagem Landsat / Copernicus. Acessado em junho/2022.

Ponto 11 – Localizado no bairro Jardim Boa Esperança, na rua Antônio Brioschi, entre a quadra nº 31 e a quadra nº 32.



Figura 56 - Imagem panorâmica do ponto 11.

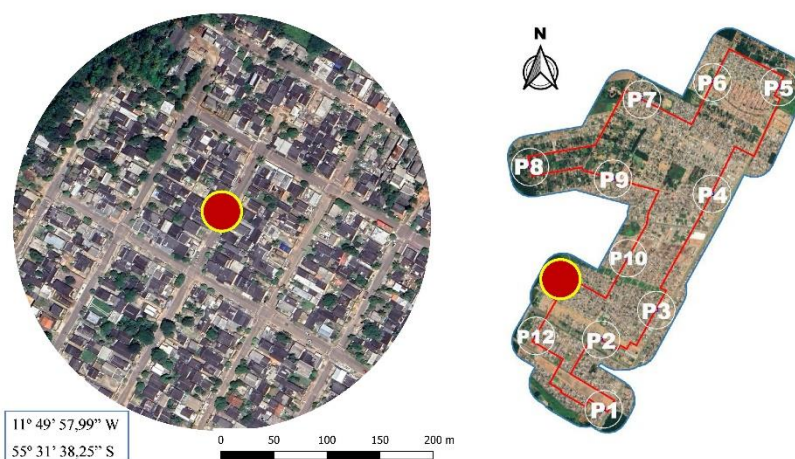


Figura 57 - Imagem satélite do ponto 11.

Fonte: Google Earth, Imagem Landsat / Copernicus. Acessado em junho/2022.

Ponto 12 – Localizado no bairro Jardim Vitória Régia, na rua Stefan W. Von Haupt Buchenrode, entre a quadra nº 27 e a quadra nº 29.



Figura 58 - Imagem panorâmica do ponto 12.

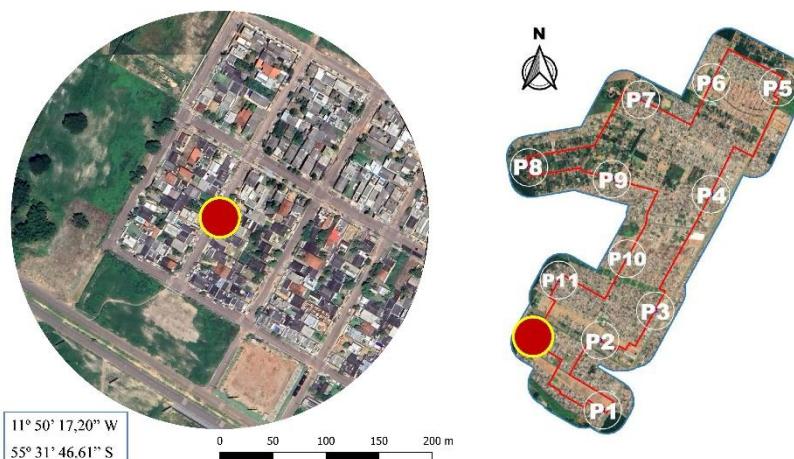


Figura 59 - Imagem satélite do ponto 12.

Fonte: Google Earth, Imagem Landsat / Copernicus. Acessado em junho/2022.

Os 12 pontos se apresentam com algumas similaridades como, ruas pavimentadas e predominância de edifícios residências de um pavimento. Divergem quando se trata em arborização das calçadas (passeio público), largura de ruas e calçadas, havendo ruas com faixa de estacionamento e ruas com apenas as vias transitáveis. Os revestimentos do solo das calçadas também se diferenciam, sendo, algumas totalmente pavimentadas, outras mesclando entre pavimentação e vegetação conforme exige as leis municipais. Observando em alguns casos calçadas com solo totalmente exposto. As construções também se diferem nos seus materiais construtivos, sendo predominantemente em alvenaria, alternando os materiais dos telhados (telhas cerâmicas e/ou fibrocimento). Estima-se identificar as alterações dos dados de variáveis climáticas coletados em função das características urbanísticas de cada ponto e seu entorno, bem como sua localização dentro da malha urbana delimitada para estudo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. ANÁLISE DA CLASSIFICAÇÃO LCZ NA REGIÃO DO TRANSECTO

O sistema de classificação LCZ (*Local Climate Zones*), nos permite uma interpretação do espaço intraurbano com um viés climático, através da relação das características das superfícies urbanas, como, cobertura do solo, arranjos físicos e metabolismo em unidades padronizadas da paisagem local.

A partir de classificadores automáticos e utilizando plataforma de sistema de informações geográficas, empregando atributos espectrais de cada pixel das imagens satelitais na busca por regiões com morfologia homogênea, foi feita uma análise dos dados georreferenciados, e posteriormente ajustes manuais, para melhor visualização espacial. O método de classificação manual não foge ao processo do sistema inicial desenvolvido por Stewart e Oke.

A Figura 60, apresenta um recorte temático da área urbana que abrange todo o transecto.

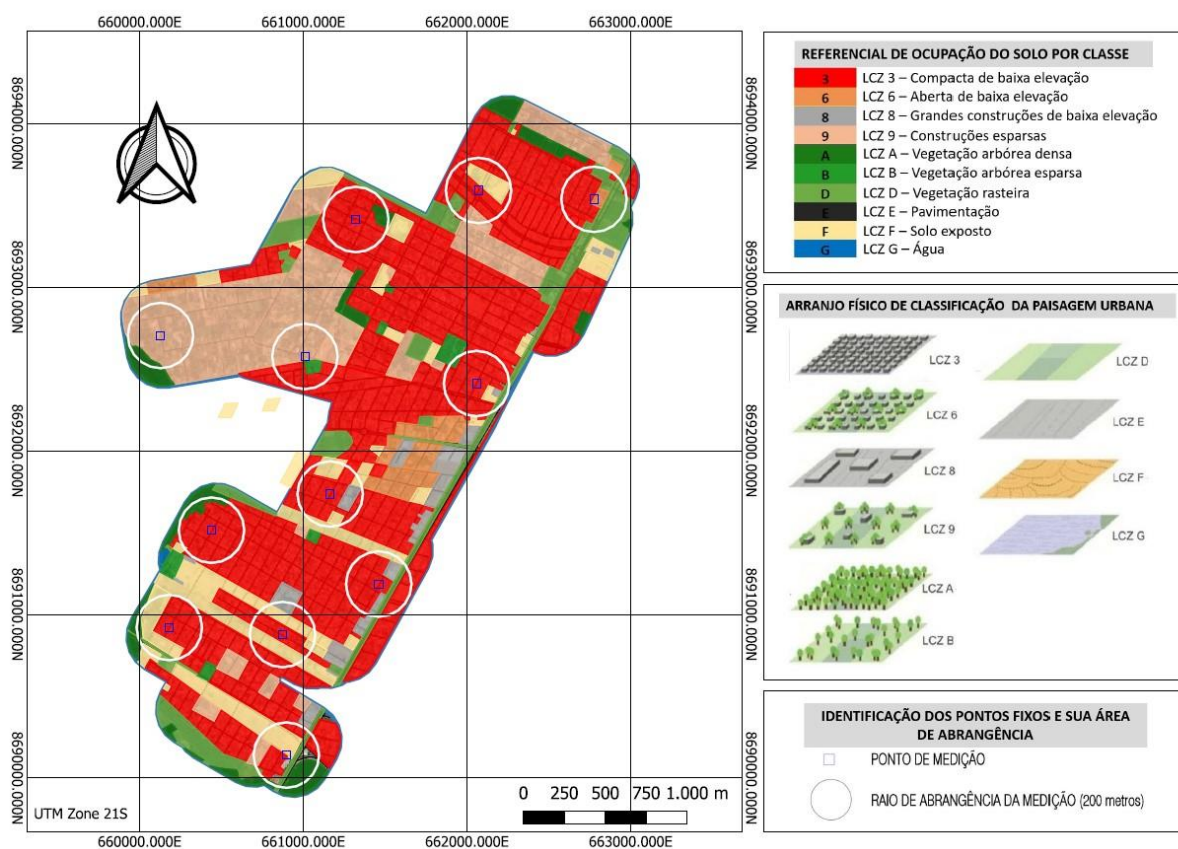


Figura 60 – Mapa temático de classificação LCZ do recorte urbano que abrange o transecto.

Resultante dos padrões derivados das combinações constituídas pelas 17 classes principais, foram identificados nas áreas de abrangência do transecto e seus arredores, 10 classes de zonas climáticas distintas, tendo como classe predominante a LCZ 3 (compacta de baixa elevação), caracterizada por edificações, em sua maioria de uso residencial, implantadas em terrenos compactos, e com pouca vegetação. As regiões LCZ 6 (aberta de baixa elevação), são caracterizados por loteamentos de recente ocupação, porém com potencial construtivo marcado por edificações em fase de início e edificações em fase de acabamento. Observação esta, feita de forma visual durante o transecto. A LCZ 8 (grandes construções de baixa elevação), estão mais concentradas na avenida André Antônio Maggi, via esta, que se encontra a maior parte da ocupação comercial dos bairros que circundam a região do transecto. Algumas LCZ 8 situadas de forma dispersas, são caracterizadas por construções como escolas, creches, postos de saúde e ginásios. Temos também, de forma evidenciada a predominância de regiões com construções esparsas, solo permeável e com a presença de vegetações, caracterizando a LCZ 9, parcelas de loteamento ao qual tiveram primeiras ocupações na região, com lotes de maiores dimensionamentos, propiciando a forma de uso. Vegetação arbórea densa (LCZ A) são mais observadas no perímetro da região, onde se confrontam com áreas de preservação permanentes, porém pouco observada em meio ao maciço urbano. Vegetação arbórea esparsa (LCZ B) estão situadas em poucas regiões de cultivos de plantas frutíferas, ou que circundam espaços de lazer. A LCZ D (vegetação rasteira) são características de canteiros centrais de avenidas, e em sua maioria capim nativo em espaços não construídos. A pavimentação asfáltica das ruas e avenidas, são caracterizadas pela LCZ E, cobertura do solo considerada impermeável e de baixo albedo. A LCZ F (solo exposto), se apresenta de forma marcante em geometrias que cruzam de um perímetro a outro a região, evidenciando a presença de loteamentos ainda não abertos. Porém nota-se presencialmente a delimitação de ruas e avenidas. Reservas hídricas (LCZ G) é a classe menos registrada.

4.2. ANÁLISE DA COBERTURA DO SOLO NO RAIO DE ABRANGÊNCIA DOS PONTOS FIXOS AFERIDOS

Conforme o estudo literário feito para este trabalho, evidencia-se que a análise de uso e ocupação do solo nos espaços intraurbanos tem grande importância no balanço energético nas cidades. Para um melhor entendimento acerca dos dados climáticos coletados nos pontos fixos, foram elaborados mapas temáticos de cobertura do solo.

Definindo-se cinco classes de cobertura do solo para cada ponto avaliado, sendo elas: área edificada (construções, sem especificação de materiais), vegetação densa (espécies arbóreas), vegetação rasteira (gramíneas e capim nativo), solo exposto (solo nu), pavimentação (asfalto ou concreto exposto).

Para elaboração dos mapas, foi realizada uma classificação supervisionada da região estudada, através de ferramentas de sensoriamento remoto, no qual se coletou um quantitativo de amostras de semelhanças da morfologia urbana, definida por imagens multiespectrais de satélite. Posteriormente, foi selecionada uma imagem para cada ponto de coleta dos dados climáticos, com um raio de abrangência de 200 metros, conforme metodologia de Oke (0000).

O resultado das amostras coletadas, serão apresentadas a seguir para cada ponto de parada do transecto, com suas respectivas coberturas do solo:

Ponto 01 – Localizado no bairro Jardim Europa, na rua Inglaterra, entre a quadra nº 01 e a chácara nº 409-B.

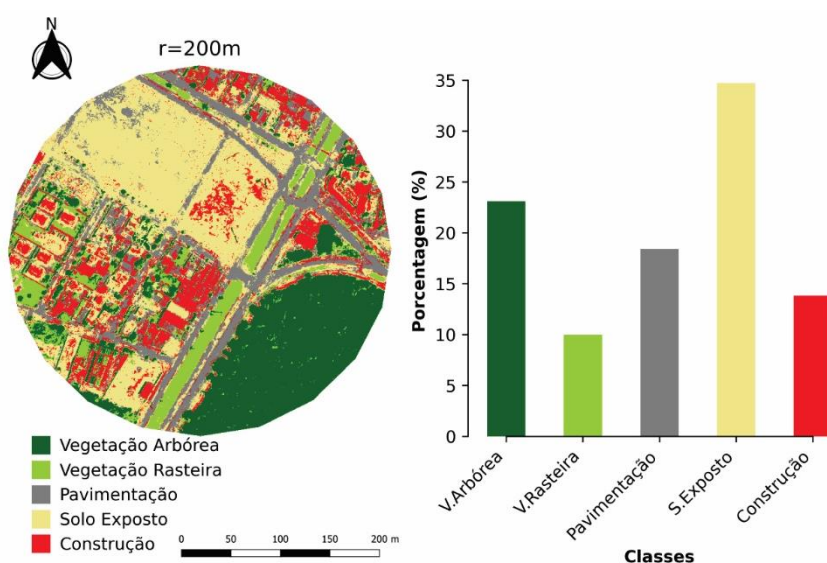


Figura 61 – Mapa temático de cobertura do solo do ponto 1.

O Ponto 1, (Figura 61), está localizado na fronteira entre uma área densamente urbanizada e uma região não urbanizada, porém, reagindo a maiores interferências de solo exposto com 34,72%, e vegetação arbórea com 23,1%. Uma região com baixo índice construtivo, registrando (13,82%) de área edificada, e predominância secundária de pavimentação asfáltica, por ser uma região de encontro de duas grandes avenidas (avenida das Figueiras com avenida André Antônio Maggi). A menor porção de cobertura de solo do ponto 01 é caracterizado pela vegetação rasteira com (9,97%).

Ponto 02 – Localizado no bairro Jardim Conquista, na rua 23 de julho. Os confrontantes de quadras não estão identificados (loteamento ainda não legalizado).

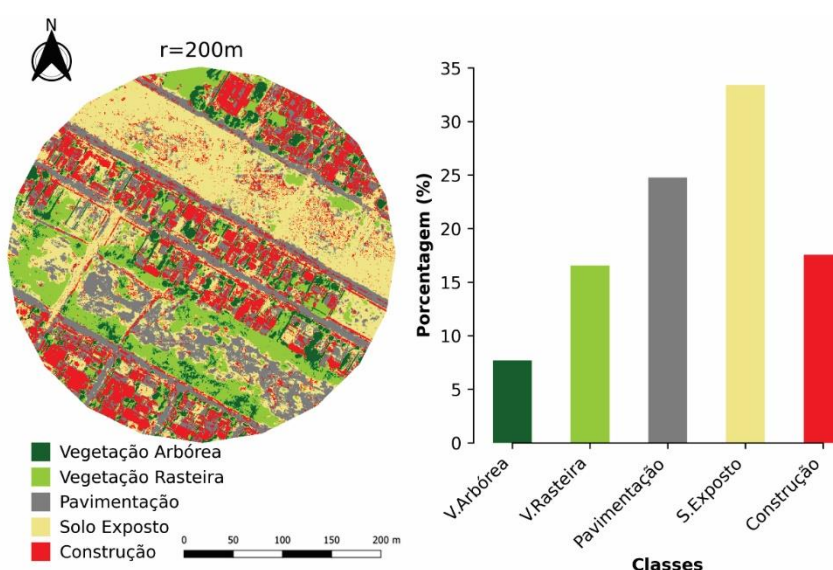


Figura 62 – Mapa temático de cobertura do solo do ponto 2.

O Ponto 2, (Figura 62), está localizado em meio a uma área densamente edificada, entretanto, o loteamento em que se encontra o ponto fixo de coleta de dados climáticos, está situado entre duas regiões não urbanizadas, contendo uma maior porcentagem de solo exposto (33,42%) no raio de abrangência dos sensores. Uma região com um percentual baixo de vegetação arbórea (8,77%), e com representatividade próximas de cobertura do solo de área edificada (17,56%) e vegetação rasteira (16,56%).

Ponto 03 – Localizado no bairro Jardim Boa Esperança, na rua Elisa Bortolozo Luciano, entre a quadra nº 02 e a quadra nº 04.

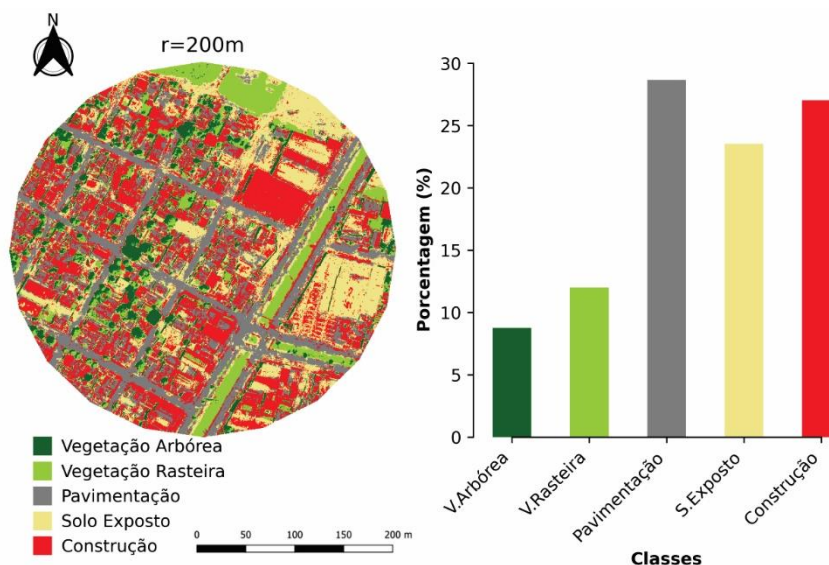


Figura 63 – Mapa temático de cobertura do solo do ponto 3.

O Ponto 3, (Figura 63), se encontra em meio a um maciço edificado, com todas ruas e avenidas pavimentadas, tendo como percentual de edificação 27,02%, e pavimentação 28,68%, e juntas caracterizam mais da metade da parcela de cobertura do solo, vindo seguida de solo exposto com 23,53%. A vegetação arbórea e vegetação rasteira, tiveram a menor cobertura, com 8,77% e 12,01% consecutivamente.

Ponto 04 – Localizado no bairro Jardim Tarumãs, na rua Otávio Pereira Lima, entre a quadra nº 03 e a quadra nº 04.

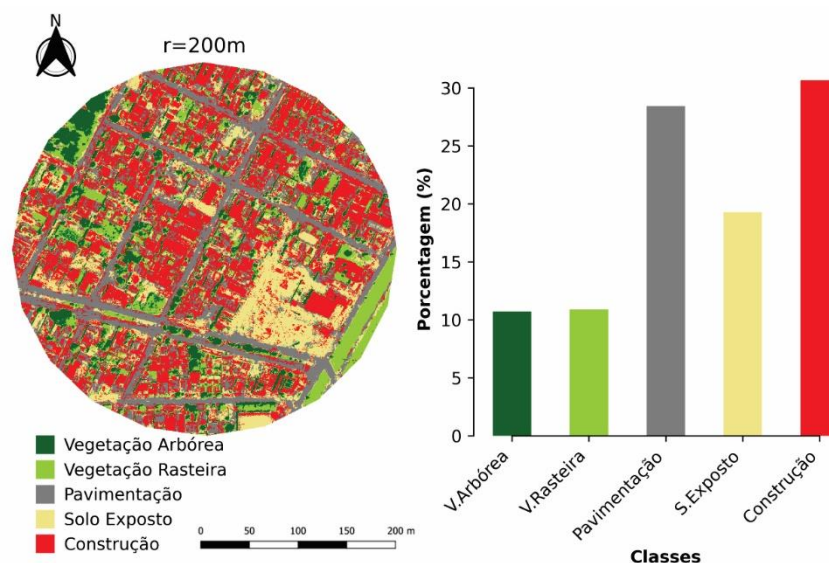


Figura 64 – Mapa temático de cobertura do solo do ponto 4.

O Ponto 4, (Figura 64), se destaca pela grande amplitude percentual entre vegetação arbórea e área edificada, sendo 10,71% para 30,67% consecutivamente. Se assemelhando ao ponto 3 pela grande quantidade de cobertura pavimentada (28,43%). O solo exposto (19,29%) se apresenta em maior quantidade que vegetação rasteira (10,90%), levando em consideração que grande parte de vegetação rasteira possa vir a ser solo exposto em períodos sazonais quente-seco, por serem em sua maioria capim nativo.

Ponto 05 – Localizado no bairro Jardim Veneza, na rua Laurinda Rosa Ribeiro, entre a quadra nº 04 e a quadra nº 05.

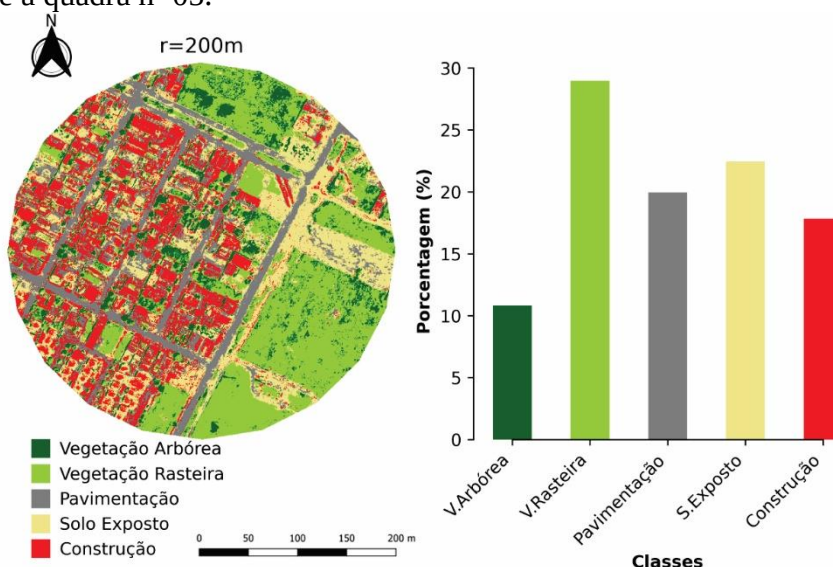


Figura 65 – Mapa temático de cobertura do solo do ponto 5.

O Ponto 5, (Figura 65), localiza-se em um bairro densamente edificado, porem um bairro confrontante de regiões não urbanizadas, tendo como característica de cobertura do solo a predominância de vegetação rasteira (28,97%) e solo exposto (22,45%), por serem bairros que estão sendo ocupados recentemente. A cobertura edificada com (17,82%), se localiza em um único maciço já consolidado. Também há uma grande parcela do solo pavimentada com 19,95%, e concentração de vegetação arbórea com mais expressividade na região edificada, porem com um baixo percentual (10,81%). Nesse caso o solo exposto pode vir a ser a parcela de cobertura do solo que mais ira se destacar em períodos quente-seco, ocorrendo o que foi relatado no ponto 4.

Ponto 06 – Localizado no bairro Daury Riva, na avenida das Águias, entre a quadra nº 26 e a quadra nº 30.

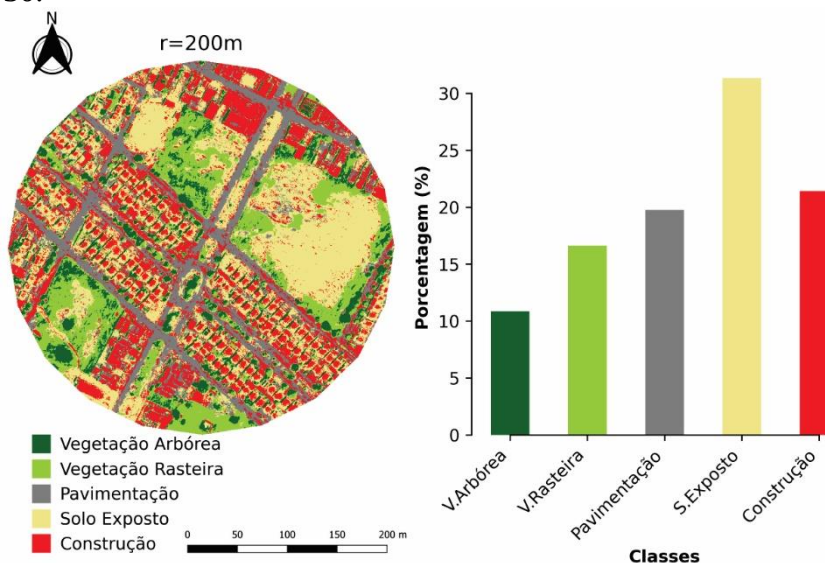


Figura 66 – Mapa temático de cobertura do solo do ponto 6.

O Ponto 6, (Figura 66), se encontra em uma avenida com amplo canteiro central. Uma região com uma diversificação de tamanhos de áreas edificadas, representando 21,41% da cobertura do solo da região. Essa diferenciação dos tamanhos das edificações, podem ser melhor observadas na figura 47, por serem edificações de habitação popular padronizadas. Uma região com baixo índice de vegetação arbórea (10,87%) e uma expressiva de solo exposto (31,34%). Tendo como cobertura pavimentada próxima ao percentual de edificações. A vegetação rasteira se apresenta em meio ao solo exposto.

Ponto 07 – Localizado no bairro Maria Vindilina II, na rua Rio Verde, entre a quadra nº 08 e a quadra nº 09.

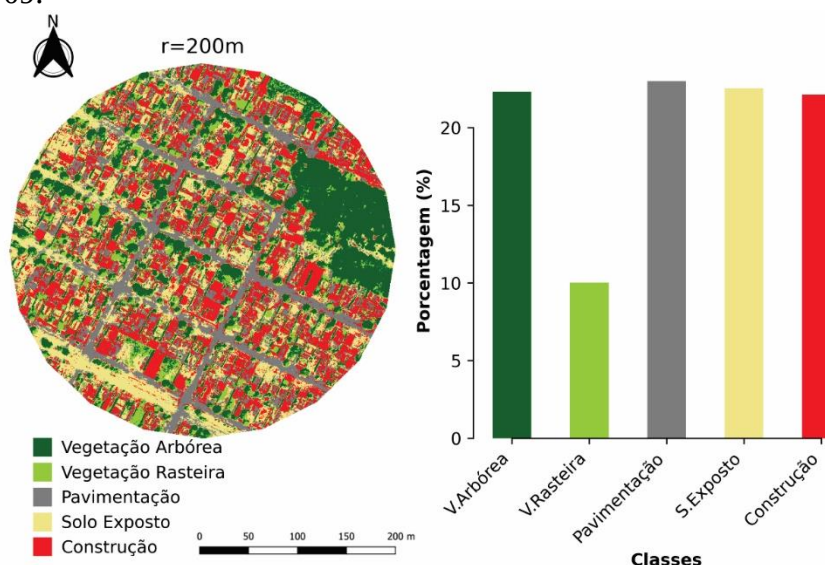


Figura 67 – Mapa temático de cobertura do solo do ponto 7.

O Ponto 7, (Figura 67), é uma região em que há grande similaridade de cobertura do solo entre quase todas as classes de coberturas de solo, diferenciando da vegetação rasteira com menos representatividade (10,02%). Sendo a vegetação arbórea com 22,31%, pavimentação com 23,00%, solo exposto com 22,54% e área edificada com 22,13%.

Ponto 08 – Localizado no bairro Campo Verde (chácara 338, 338-A), na rua A1, entre a quadra nº 01 e a quadra nº 02.

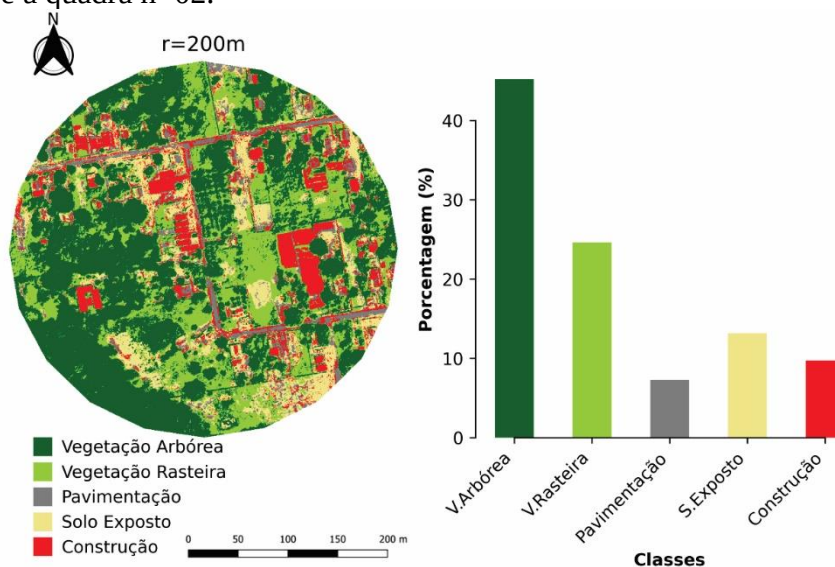


Figura 68 – Mapa temático de cobertura do solo do ponto 8.

O Ponto 8, (Figura 68), se destaca entre todos os pontos em relação a cobertura do solo, por apresentar quase metade da sua área em vegetação arbórea (45,22%), mantendo ainda a segunda maior parcela em cobertura vegetal, tendo vegetação rasteira com 24,61%. Uma pequena parcela de pavimentação (7,28%) por apresentar poucas ruas que cortam a área estudada. Também com poucas áreas edificadas (9,73%), por ser um loteamento com parcelas do solo maiores que as convencionais, propiciando um maior espaçamento entre as construções e consequentemente mais espaço para uso de espaços comuns com áreas verdes. O solo exposto representa 13,17% da área total.

Ponto 09 – Localizado entre os bairros Jardim Novo Horizonte e bairro Recanto dos pássaros, na avenida Amélia, entre a quadra nº 02 e a quadra nº 03.

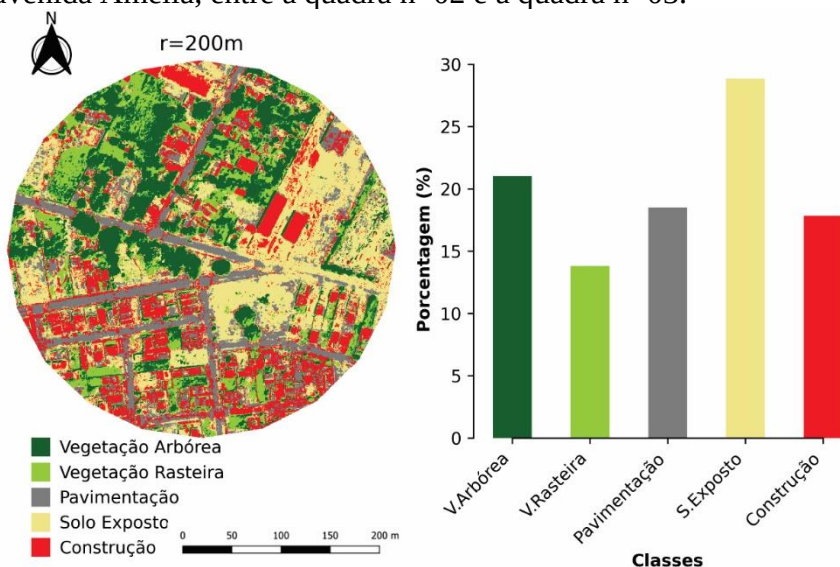


Figura 69 – Mapa temático de cobertura do solo do ponto 9.

O Ponto 9, (Figura 69), tem uma remanescente parcela do solo do loteamento ao qual o ponto 8 pertence, com características semelhantes ao ponto anterior, porem com uma forte evidenciação de fronteira com um bairro densamente edificado. Registrando 21,02% de vegetação arbórea, e 17,82% de área edificada. O solo exposto tem uma parcela expressiva nesse ponto com 28,85% da área total. A pavimentação volta a ter uma relevante ocupação de área com 18,50%, por apresentar lotes de menores proporções, consequentemente com mais vias de acesso urbano. A vegetação rasteira tem uma parcela considerável com 13,81% pela presença predominante de solo exposto.

Ponto 10 – Localizado no bairro Jardim Novo Estado, na rua Padre Antônio Haidler, entre a quadra nº 15 e a quadra nº 17.

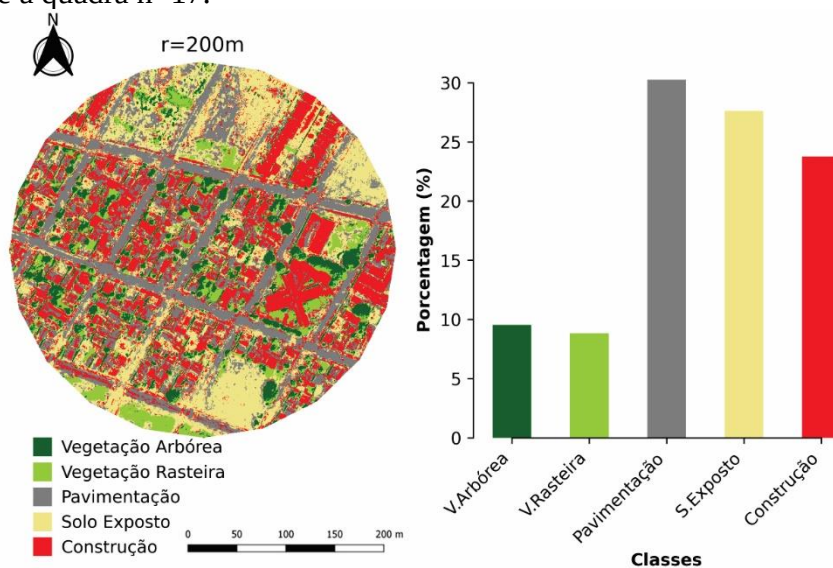


Figura 70 – Mapa temático de cobertura do solo do ponto 10.

O Ponto 10, (Figura 70), tem predominância de solo exposto (27,62%) e pavimentação (30,26%), sendo predominante também a presença de áreas edificadas com 23,76%. Pouca presença de vegetação arborea (9,53%) e vegetação rasteira (8,83%). Essas características se devem por ser um loteamento densamente urbanizado confrontante com uma área não urbanizada.

Ponto 11 – Localizado no bairro Jardim Boa Esperança, na rua Antônio Brioschi, entre a quadra nº 31 e a quadra nº 32.

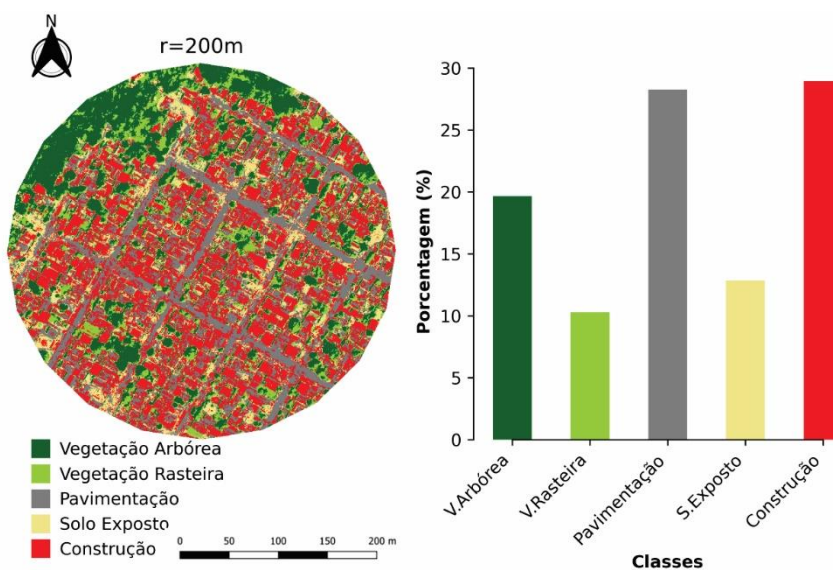


Figura 71 – Mapa temático de cobertura do solo do ponto 11.

O Ponto 11, (Figura 71), localizado em meio área densamente construída, confrontante com área de reserva florestal permanente. Com predominância de área edificada com 28,95%, posteriormente com grande parcela de pavimentação (28,26%). Abrangendo uma parcela da área de preservação permanente tem um percentual de 19,65% de vegetação arbórea. A vegetação rasteira (10,29%) e solo exposto (12,85%) se distribui em meio toda a área estudada.

Ponto 12 – Localizado no bairro Jardim Vitória Régia, na rua Stefan W. Von Haupt Buchenrode, entre a quadra nº 27 e a quadra nº 29.

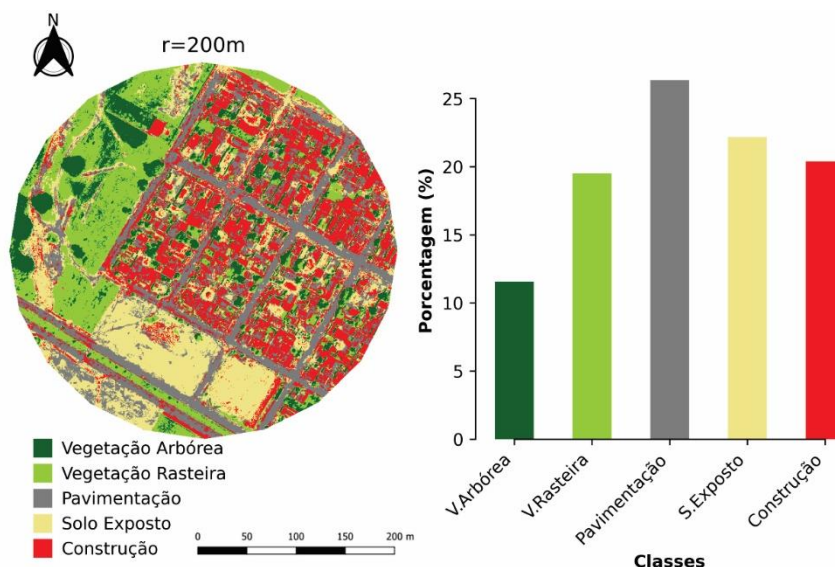


Figura 72 – Mapa temático de cobertura do solo do ponto 12.

O Ponto 12, (Figura 72), está localizado no final do bairro, embora densamente edificado, faz divisa com área que antecede uma área de preservação permanente. Essa característica se expressa em uma grande porção de vegetação rasteira (19,51%) e solo exposto (22,18%). Com um menor índice de vegetação arbórea com 11,55% e um alto índice construtivo com 20,40%. A pavimentação (26,36%) se destaca por todas as vias serem asfaltadas.

A Figura 73, representa um compilado da representatividade de todas as classes de cobertura do solo, em todos pontos de abrangência do ponto fixo ao qual os sensores de coletas de dados climáticos abrangem.

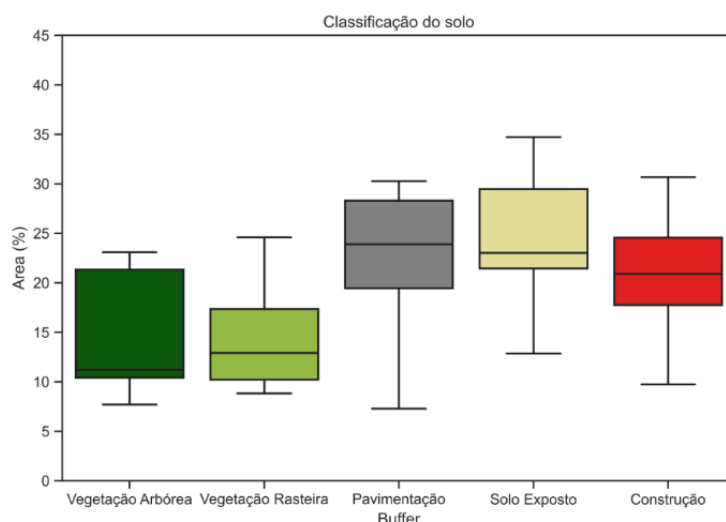


Figura 73 – Gráfico boxplot da cobertura do solo de todos raios de abrangência de coleta de dados climáticos dos pontos fixos.

Quando analisado a cobertura do solo dos pontos de modo geral em suas classes, verifica-se que a vegetação arbórea não é representativa em todos pontos, porém, quando presente, tem uma forte ocupação nas áreas estudadas. Isso se deve aos maciços verdes de áreas de preservação permanente que alguns pontos abrangem. O solo exposto tem maior percentual, por haver loteamentos não urbanizados no percurso do transecto, representando em metragem quadrada uma maior ocupação concentrada. A pavimentação asfáltica e a área edificada se assemelham em ocupação de cobertura de solo, porém a pavimentação se encontra na maioria dos pontos, sendo presente mesmo em meio áreas de solo exposto e vegetação, tendo uma amplitude maior. As áreas densamente edificadas são bem pontuais, tendo representatividade em quantidade nos pontos em que são identificadas.

4.3. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS CLIMÁTICOS DO TRANSECTO MÓVEL

Os resultados do comportamento das variáveis temperatura do ar (T_a) e umidade relativa do ar (UR) realizadas por transecto móvel na área de estudo delimitada dentro da Zona Urbana Intermediária – ZUI, podem ser observados através de gráficos que exibem a tendência central não-paramétrica (mediana), suas dispersões (quartis), a forma de distribuição ou simetria das amostras (mínimo e máximo) e valores atípicos extremos (outliers), desenvolvido pelo Minitab® Statistical Software⁵. Sendo divididos por períodos sazonais (quente úmido – QU e quente seco - QS) para cada variável climática.

Observando as oscilações termo higrométricas dos pontos aferidos no período quente úmido - QU e no período - QS, nota-se um comportamento de tendência esperado entre as duas variáveis. Conforme exemplifica Moraes et al. (2011), o aumento da temperatura do ar faz aumentar o valor da pressão de vapor d'água saturado, resultando na diminuição da umidade relativa do ar, uma vez que a umidade relativa é a relação entre a pressão de vapor d'água e a pressão de vapor d'água saturado. Essa dinâmica também se dá de forma inversa.

Considerando que cada superfície possui um balanço de energia único para o qual há uma única temperatura na sua interface com o ar, que é a temperatura de superfície. Essa temperatura se dá com a combinação entre os fluxos radiativos, condutivos e turbulentos do

⁵ Algumas informações contidas nesta publicação são impressas com a permissão da Minitab, LLC. Todos esses materiais continuam sendo a propriedade exclusiva e de direitos autorais da Minitab, LLC. Todos os direitos reservados.

balanço de energia da superfície. Alterações nos termos do balanço de energia ou nas propriedades térmicas dos materiais afetam a temperatura de superfície (OKE et al., 2017).

A temperatura do ar, além de depender de uma série de fatores externos e internos, costuma responder rapidamente às mudanças na cobertura da terra, já que a presença de cobertura vegetal auxilia na regulação termal da superfície por meio do processo de evapotranspiração (SANTOS, 2011 apud RICKLEFS, 1993).

4.3.1. Análise das variáveis climáticas do transecto nos períodos sazonais quente úmido e quente seco

Nas primeiras amostras, temos o comportamento das variáveis T_a (°C) e UR (%), no período sazonal **quente úmido – QU** (setembro/2020 a fevereiro/2021), Figura 74.

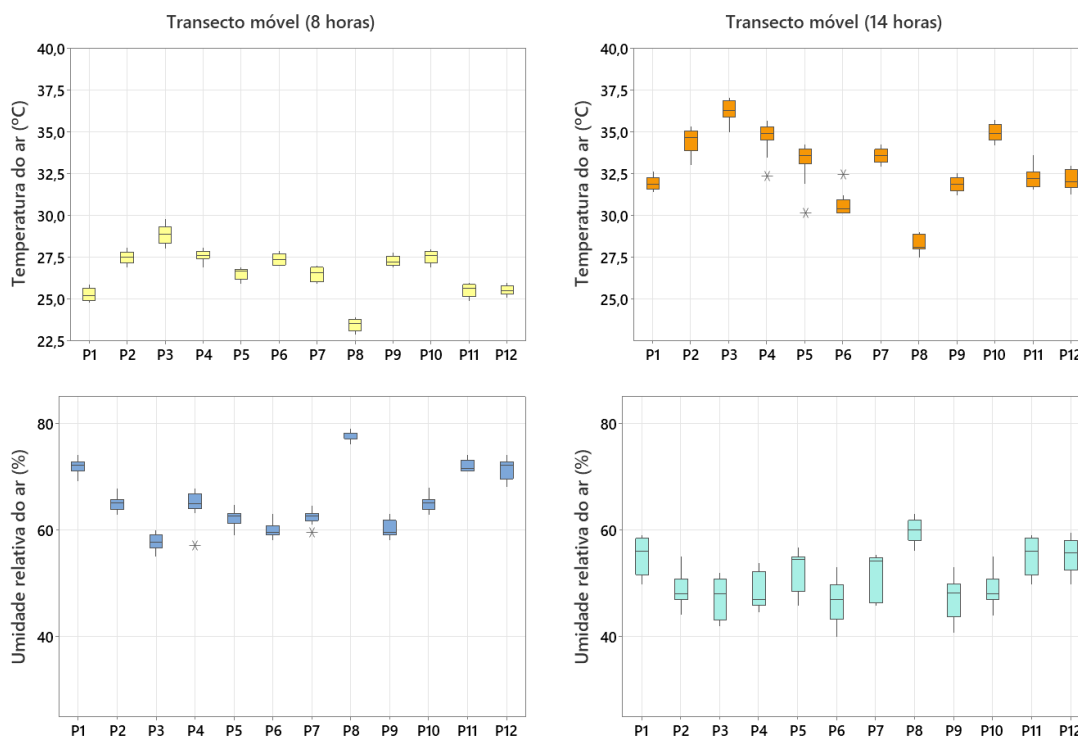


Figura 74 – Plotagem gráfica Boxplot das variáveis T_a e UR, do transecto móvel no período QU (quente úmido) para os 12 pontos aferidos.

Nota-se, que as menores amplitudes de T_a e UR são registradas as 8 horas, e as maiores amplitudes de T_a e UR são registradas as 14 horas. Nos primeiros períodos do dia, essas duas variáveis climáticas estão passando por momento de termorregulação. Conforme aumenta a incidência da radiação solar na superfície, há um ganho e troca de energia térmica entre os materiais incididos, fazendo com que a umidade relativa do ar, antes estável, passe a diminuir ao longo do dia. Os maiores registros de temperatura do ar nos dois períodos, estão no ponto 03, com 29,8°C as 8 horas e 37 °C as 14 horas. Ponto este, localizado em uma região com maior

densificação urbana, rua estreita (sem estacionamento), pavimentada, calçamento sem área permeável, pouca vegetação e parte edificada sem pintura diminuindo o albedo. Subsequentes de forma decrescente, mas ainda com os maiores valores de temperatura registrados, o ponto 02, com 35,9 °C, o ponto 04 com 35,6 °C e o ponto 10, com 35 °C, considerando que os três últimos pontos, mantêm as mesmas características morfológicas do ponto 03, e os dois últimos são diferenciados na largura da via, onde já se observa faixas de estacionamento, o que traz uma melhora na circulação de ar.

Considerando os valores menores de temperatura do ar do mesmo período sazonal analisado, temos como registro o ponto 08, com 22,9 °C às 8 horas, tendo pouca variação de temperatura dentro desse período. Já o registro de mínima às 14 horas, também é aferido no ponto 08, com 27,6 °C, porém com uma maior amplitude térmica neste horário de coleta, devido os materiais influentes circundantes reagindo com picos de maior incidência de raios solares sobre a superfície.

Quanto a umidade relativa do ar nos dois horários de medições, pode-se afirmar que comportaram de forma inversamente proporcional aos dados de temperatura do ar, atingindo altos valores de umidade do ar com temperaturas mais amenas, e baixos valores de UR quando registrado valores maiores de temperatura. Tendo um comportamento de menores disparidades de umidade relativa do ar no período das 14 horas, uma vez que com maiores amplitudes em todos os pontos coletados, quando relacionado ao período das 8 horas. Esse comportamento pode estar relacionado ao horário de pico de altas temperaturas durante o dia em todos os pontos, fazendo com que a umidade relativa do ar dissipe com maior intensidade durante o processo de maior aquecimento da superfície.

De modo geral, ao analisar a temperatura do ar e a umidade relativa do ar, podemos destacar o ponto 08 como o de maior conforto térmico, sendo o ponto que menos reagiu com altas de temperaturas durante o dia e que manteve a maior umidade nos períodos aferidos. O ponto 08 se localiza em uma região de antigo loteamento de pequenas chácaras, que, pelo rápido desenvolvimento urbano da cidade, hoje se encontra em meio aos loteamentos com maiores densidades construtivas, porém preservando seus maiores espaçamentos entre as construções e fortemente marcado por espaços verdes remanescentes.

Após analisar o período quente úmido - QU, faz-se necessário observarmos o comportamento das variáveis T_a (°C) e UR (%), no período sazonal **quente seco – QS** (março/2021 a agosto/2021), Figura 75.

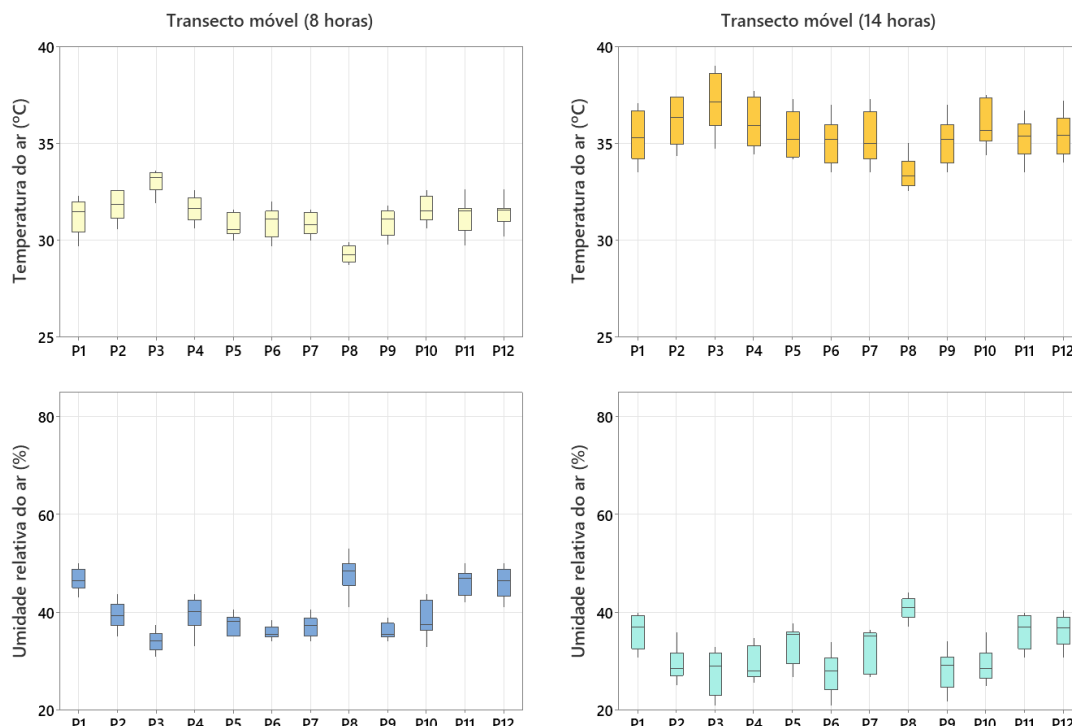


Figura 75 – Plotagem gráfica Boxplot das variáveis T_a e UR, do transecto móvel no período QS (quente seco) para os 12 pontos aferidos.

Diferentemente do período quente úmido em que o teor de água na atmosfera permanece aproximadamente com um comportamento constante ao longo do dia, sem quedas ou elevações abruptas dos valores de umidade relativa do ar. No período quente seco – QS, a razão entre a pressão de vapor atual e saturado apresentam diminuições consideráveis nos dois horários de medição (8h – 14h). As altas temperaturas características desse período, com maiores valores registrados no horário das 14h00, podem estar associados ao balanço de energia do meio urbano e ao comportamento da T_a em relação à variação da incidência de radiação solar diária (PETERSEN, SACK & GLABER, 2014).

Temos maiores registros de altas temperaturas no ponto 03, com 38,6 °C, no período de coleta das 14 horas, e no mesmo ponto as 8 horas com máxima de 34,7 °C. Ponto este, desassociado as características morfológicas das leis urbanas e das estruturas circundantes já citadas e apresentadas anteriormente. O ponto com menores temperaturas do ar registrada nesse período, ainda continuam com o ponto 08, com 28,7 °C às 8 horas, e com 33,5 °C às 14 horas. Embora os valores de temperaturas são considerados elevadas para todos os pontos coletados nesse período sazonal, não se diferem de um comportamento de clima para regiões tropicais em

espaços urbanos. Ressaltando que o ponto 08 aponta as características de maior área de cobertura vegetal local e circundante.

Os valores de umidade relativa do ar para esse período, em sua maioria dos pontos se mantem com valores abaixo do esperado para a saúde e bem estar humano. Tendo registro mínimo de umidade relativa do ar no ponto 03, com 21% no período das 14 horas e com 30,9% às 14 horas. Embora o ponto 08 tenha sido um local com as melhores representatividade de valores em relação os comportamentos das variáveis estudadas, não obteve um valor esperado ideal para umidade relativa do ar, registrando mínima de 41% às 8 horas e 37% as 14 horas.

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS) existem níveis de umidade relativa do ar que podem provocar impactos distintos na saúde humana. UR acima de 60% é o considerado adequado para nossa respiração e abaixo disso já começam as preocupações, Tabela 08.

Tabela 08 – Níveis de umidade relativa do ar que influenciam a saúde humana, segundo a OMS.

Emergência	Alerta	Atenção	Observação	Adequado
Abaixo de 12%	12% a 20%	21% a 30%	31% a 40%	Acima de 60%

Os baixos registros de precipitações nesse período não é o único fator condicionante para baixos índices de umidade relativa do ar, o número de focos de queimadas não para de crescer na região. Mato Grosso segue como campeão no ranking de queimadas segundo dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), em que já soma 8.344 focos de queimadas desde o início do ano de 2021, até o momento. Em comparação com o mesmo período de 2020, já houve um aumento de 20%.

A Figura 76 e 77, apresentam plotagem matrix dos transectos divididos por elementos climáticos aferidos, temporalidade sazonal e horários de medição das variáveis climáticas.

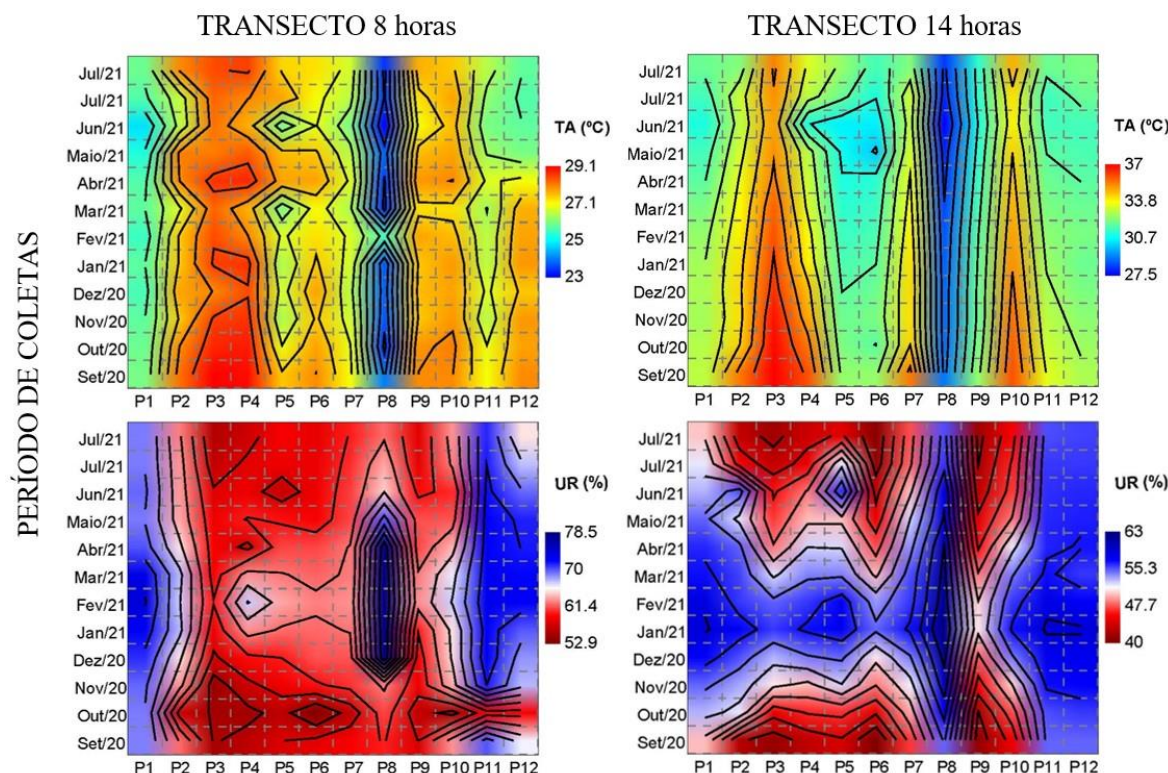


Figura 76 – Plotagem gráfica Matrix das variáveis T_a e UR, do transecto móvel no período QU (quente umido) para os 12 pontos aferidos.

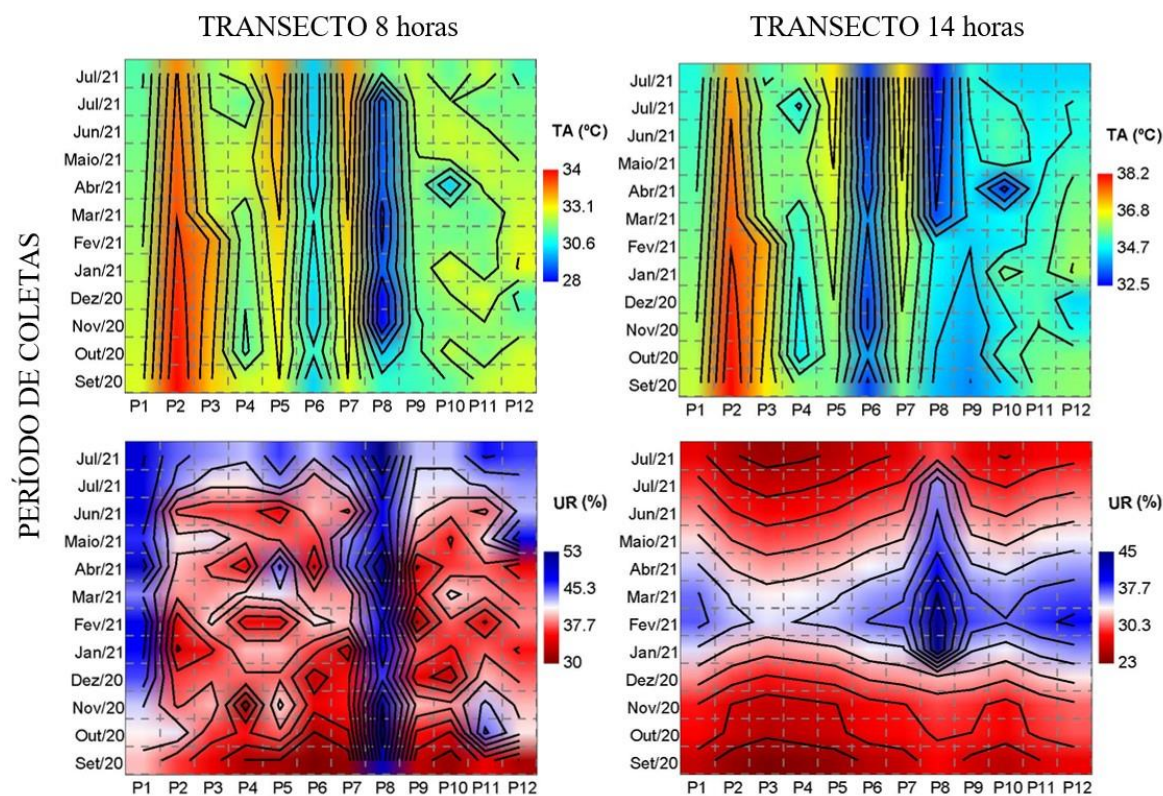


Figura 77 – Plotagem gráfica Matrix das variáveis T_a e UR, do transecto móvel no período QS (quente seco) para os 12 pontos aferidos.

Através da plotagem matrix, correlacionados pelas classificações de cobertura do solo urbano apresentados, podemos fazer uma análise do comportamento das variáveis climáticas de temperatura do ar (T_a) e umidade relativa do ar (UR). Os pontos de maior representatividade da presença de vegetação, mantem um comportamento linear climática, com menores valores de temperatura do ar e maiores valores de umidade relativa do ar, durante os dois períodos sazonais. Tendo maiores variações desses elementos climáticos em regiões de maiores intervenções urbanísticas, propiciando interferências diversas no clima urbano. Intervenções estas, que devem ser levadas em consideração para o melhor planejamento urbano, mitigando fatores que possam interferir no clima local negativamente.

4.3.2. Análise estatística do transecto

Variavelmente, para os condicionantes avaliados, tanto horários (8h e 14h), pontos (01 ao 12), e períodos sazonais (quente seco – quente úmido), todas as variáveis apresentaram diferenças estatísticas significativas, Tabela 09.

Tabela 09 - Resultados dos testes de normalidade e de diferenças estatísticas significativas, das variáveis T_a , UR, com nível de significância.

Intervalos	Fatores	Sig. T_a	Sig. UR
Kolmogorov-Smirnov	Pontos	0,000	0,000
	Períodos	0,001	0,232
Kruskal-Wallis	Horários	0,001	0,001
	Pontos	0,272	0,017

Observa-se que somente a T_a não variou significativamente em relação ao fator períodos e apenas a UR não variou significativamente em relação ao fator pontos.

4.3.3. Análise da similaridade dos pontos fixos

Visando analisar grupos que tiveram comportamento semelhantes entre os pontos aferidos no transecto móvel das variáveis de temperatura do ar e umidade relativa do ar nos dois períodos sazonais, foi analisado a similaridade por meio por meio do cálculo do coeficiente cofenético como medida de proximidade. A distância euclidiana foi usada para representar a semelhança e a dissimilaridade dos pontos analisados, embora a distância euclidiana seja uma medida de dissimilaridade, esta é, por vezes, referida como uma medida de semelhança, tendo em vista que quanto maior seu valor, menor a semelhança entre os indivíduos ou unidades amostrais. As amostras obtiveram coeficientes de correlação significativos ($>0,7$), conforme Tabela 10.

Tabela 10 - Coeficientes de correlação cofenética dos agrupamentos por método de encadeamento único para a média das variáveis observadas.

Agrupamentos	Coeficiente de correlação cofenético
UR (%)	0,823
Ta (°C)	0,891

A Figura 79, representa graficamente através de um dendrograma esses agrupamentos por graus de similaridade das áreas de abrangência do transecto.

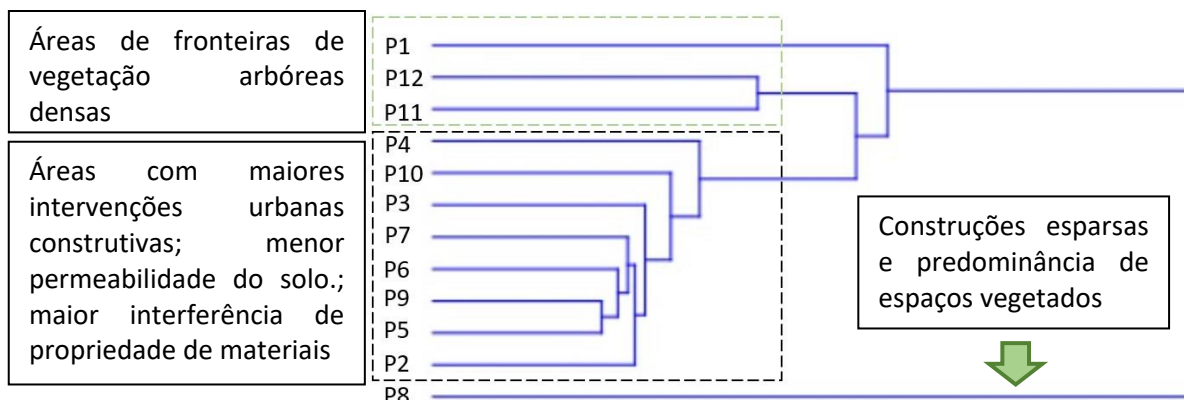
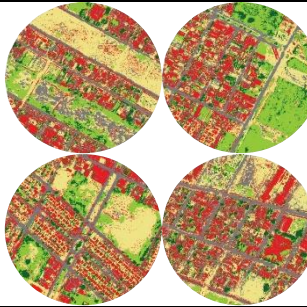


Figura 78 – Dendrograma de agrupamento para os 12 pontos aferidos.

A análise dos agrupamentos gerados a partir dos dados médios para Ta e UR, demonstrou grande influência das classificações realizadas anteriormente das compartimentações morfoestruturais das regiões do transecto. Os pontos 01, 11 e 12, estão próximos a áreas de preservação permanente, embora sua inserção pontual seja em meio a densidade construtiva. Os pontos 02, 03, 04 e 10, estão localizados dentro do maciço urbano, tendo maiores interações com fatores condicionantes para se obter valores de altas temperaturas e baixa umidade relativa do ar. Os pontos 05 e 07, tem em suas características semelhantes de estarem em proximidade de vazios urbanos. Os pontos 06 e 09 embora estão localizados também em meio ao maciço urbanizado, são pontos que estão situados em avenidas largas, sofrendo interferências de maior deslocamento das massas de ar. O ponto 08, tem vários fatores que o privilegiam climaticamente, pois além de se confrontar com áreas verdes de preservação permanente, sua inserção pontual também conta com grandes áreas de vegetação e espaçamentos maiores entre as edificações. O ponto 03 é um ponto onde deve se receber maior atenção para intervenções urbanísticas, a fim de melhorar o micro clima local. O ponto apresentou os mais altos valores de temperatura do ar e os menores valores de umidade relativa do ar nos dois períodos (QU e QS).

Precedido da análise de similaridade dos pontos aferidos, faz se necessário a fragmentação das amostragens com padrões climáticos análogos, para melhor entendimento sobre o comportamento microclimático da região estudada. Sendo apresentado no quadro 01, o referencial visual dos pontos fixos do transecto, com suas respectivas coberturas do solo.

Quadro 01 – Apresentação dos pontos de mesmo padrão das variáveis microclimáticas.

Pontos	Imagem Satélite	Cobertura do Solo  Vegetação Arbórea  Vegetação Rasteira  Pavimentação  Solo Exposto  Construção	Variáveis Climáticas Ta (°C) Média UR (%) Média
P3, P4 e P7			Quente Úmido Ta = 29,1 UR = 67,2 Quente Seco Ta = 35,2 UR = 45,9
P2, P5, P6 e P10			Quente Úmido Ta = 28,4 UR = 67,5 Quente Seco Ta = 34,6 UR = 46,1
P9			Quente Úmido Ta = 27,6 UR = 67,9 Quente Seco Ta = 33,9 UR = 46,8
P1, P11 e P12			Quente Úmido Ta = 27,3 UR = 68,1 Quente Seco Ta = 33,4 UR = 46,3
P8			Quente Úmido Ta = 27,1 UR = 69,2 Quente Seco Ta = 33,2 UR = 48,5

Em função da extração de valores das médias referentes as variáveis climáticas Ta (temperatura do ar) e UR (umidade relativa do ar), nos dois períodos sazonais, temos a similaridade no padrão dos pontos aferidos, conforme representados acima. Observa-se que as médias mais elevadas de temperatura do ar e menores valores de umidade relativa do ar, são registras nos pontos 03, 04 e 07, onde se encontram maior densidade construtiva. Posteriormente de forma decrescente em relação aos valores encontrados, temos os pontos 02, 05, 06 e 10, que se caracterizam por densidade construtiva relevante e grande vazios urbanos sem presença de vegetação densa. A substituição de áreas densamente vegetadas por áreas de solo exposto ou área urbana, alteram os valores do albedo resultando na elevação da temperatura de superfície, principalmente nas áreas com adensamento de construções (PINHEIRO, 2015).

O ponto 09, possui uma abrangência de cobertura do solo mista, porém de forma bem setorizada, onde parte de sua cobertura do solo é caracterizado por construções esparsas, com presença de arborização e outra parcela bem definida com edificações pouco espaçadas e sem a presença de vegetação.

O padrão comportamental das variáveis climáticas Ta e UR, se mantem característico de similaridade nos pontos 01, 11 e 12, quando se trata da vegetação aliada a baixa de temperatura do ar e aumento da umidade relativa do ar, sendo pontos em que margeiam reservas florestais, contando com a presença de arborização densa em seu perímetro, embora, nas imagens do ponto de abrangência, observa-se grande parte da cobertura do solo caracterizada por áreas densamente edificadas e no ponto 01 por solo exposto.

Os menores valores de temperatura do ar e maiores valores de umidade relativa do ar, se encontram no ponto 08, onde a totalidade da parcela do solo abrangida pelo sensor, se caracteriza por construções espaçadas, e grande cobertura vegetada. Justifica-se esses valores pelo o fato, de que no processo de transpiração da vegetação há a liberação de vapor d'água, aumentando a umidade relativa do ar em seus arredores, amenizando a temperatura das localidades que se encontram próxima a essa área, ao contrário de centros densamente edificadas que possuem menor área arborizada e maior área de construção civil, com seus diversos tipos de materiais, que contribuem para o aumento da temperatura (PINHEIRO, 2015 *apud* SANTOS & LIMA, 2013).

4.4. APRESENTAÇÃO DOS DADOS CLIMÁTICOS DA ESTAÇÃO AUTOMÁTICA FIXA

De todos os dados climáticos gerados pela estação meteorológica fixa automática, foram separados para análise dados de temperatura do ar (T_a) e dados gerados pelo sensor de umidade relativa do ar (UR), e o comportamento dos dados estão amostrados em base mensal e de forma cronológica, abrangendo todos períodos sazonais, Tabela 11.

Tabela 11 – Resumo estatístico das variáveis microclimáticas temperatura do ar (T_a) e umidade relativa do ar (UR), seguindo os períodos sazonais.

	Períodos			
	QU (T_a)	QU (UR)	QS (T_a)	QS (UR)
Mín.	25.6°C	41,2%	31,3°C	19,7%
Máx.	32.9°C	72,5%	38,9°C	52,4%
Std. error	0.2576722	0.289105	0.265235	0.246623
Variance	1.925454	2.507451	1.816443	2.612355
Stand. dev	1.387607	1.583493	1.277205	1.677501
Median	28.43 °C	58,2%	33,4 °C	36,4%
Coeff. var	4.92499	4.727975	4.81355	4.78865

Verifica-se que os maiores valores de temperatura do ar (T_a) foram notadas no período quente seco – QS, e de forma inversa nota-se nesse período sazonal o menor valor de umidade relativa do ar (UR). O comportamento do período quente úmido – QU, segue a sazonalidade das regiões tropicais com temperaturas amenas em um curto período de tempo, mantendo valores medianos altos desta variável, e com umidade relativa do ar abaixo do ideal estipulado pela OMS.

(Gráficos de aferições mensais serão apresentados e discutidos na etapa final do trabalho).

Perante a normalidade dos dados, é possível apontar que as variáveis aferidas pela estação meteorológica fixa, apresentam diferenças estatísticas significativas, quando comparadas a fatores temporais estabelecidos, Tabela 12.

Tabela 12 - Resultados dos testes de normalidade e de diferenças estatísticas significativas, das variáveis T_a , UR, aferidas na estação meteorológica fixa, com nível de significância a 5%.

Intervalos	Fatores	Sig. T_a	Sig. UR
Kolmogorov-Smirnov	Meses	0,000	0,000
	Período	0,000	0,000
Kruskal-Wallis	Meses	0,000	0,000
	Período	0,000	0,000

Sendo assim, os resultados do teste de qui-quadrado entre a estação meteorológica fixa e o transecto móvel, evidenciaram que não houve diferenças estatísticas significativas, Tabela 13.

Tabela 13 – Resultados do teste de qui-quadrado (χ^2), com seus graus de liberdade (gl) e o p-valor, entre a estação meteorológica fixa automática e o transecto móvel.

Variáveis Climáticas	χ^2	gl	p-valor
Ta	107	98	0,241
UR	129	118	0,232

Logo, as resultantes do teste estatístico, pode-se afirmar que as variáveis climáticas advindas do transecto móvel, foram validadas com as variáveis coletadas pela estação meteorológica fixa automática de referência.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Resultante da análise dos dados microclimáticos T_a e UR coletados através do transecto móvel, nos 12 pontos inseridos na delimitação urbana, pertencente a Zona Urbana Intermediária – ZUI, conclui-se que a heterogeneidade de estrutura urbana, bem como, densidade construtiva e seu entorno, interferem significativamente na temperatura e umidade da micro localidade. Tendo como o ponto com temperaturas mais amenas o Ponto 08, com máxima de 33,5 °C (período quente seco) e mínima de 22,9 °C (período quente úmido), localizado em região com densidade arbórea relativa, e maiores afastamentos construtivos. As temperaturas mais altas, foram registradas no Ponto 03, com máxima de 38,6 °C (período quente seco) e mínima de 29,8 °C (período quente úmido), localizado em meio a massa urbana com maior densidade construtiva, rua estreita e calçadas com maior índice de pavimentação.

Os dados obtidos pela estação meteorológica fixa, vem a confirmar e validar os dados e comportamento climático da região. Apresentando como máxima de temperatura registrada no período quente seco – QS, no mês de setembro com 38,9 °C, e mínima de umidade relativa do ar com 19,7 %, e temperatura do ar mínima registrada no período quente úmido – QU, no mês de junho, com 25,6 °C, e umidade relativa do ar mínima com 41,2%.

Outro aspecto importante quando se relaciona o clima à estrutura física das cidades, e que ficou evidenciado no desenvolvimento desta pesquisa, é que as variações dos elementos climáticos avaliados, estão fortemente ligadas à ação de alguns fatores específicos (uso e ocupação do solo, entorno construtivo e/ou vegetado). Embora que, muitos outros fatores possam ser estudos de influência nos sistemas atmosféricos de uma cidade, eles, podem ser estudados isoladamente, uma vez que, cada um desses elementos e fatores climáticos respondem a um comportamento a vias de análise, já que o clima, assim como outros sistemas naturais e antrópicos, exibe padrão complexo de organização.

Constata-se que os valores aferidos seguem a sazonalidade da região, onde o período de chuvas (quente úmido – QU) definido por altos índices de umidade relativa do ar, havendo precipitações constantes, enquanto o período de estiagem (quente seco – QS) é bem definido por queda brusca de umidade. No período onde se há uma ausência expressiva de precipitações, os pontos mais próximos de regiões mais vegetadas registram temperaturas mais amenas, bem possivelmente advinda da transpiração das vegetações, seguidas de um resfriamento do ar ao passar por corredores onde há menos radiação solar direta.

Diante os resultados deste trabalho de pesquisa e de mesma temática elaborado por Zavitoski (2018), reafirma-se a conclusão que a arborização é um condicionante contribuidor de forma significativa na melhoria do conforto térmico dos espaços urbanos, atenuando os efeitos da radiação solar incidente no meio. Evidenciando a necessidade do uso da vegetação para melhorar a qualidade de vida no meio urbano, evitando a formação de fenômenos microclimáticos como as “ilhas de calor”.

Faz-se necessário que o planejamento das cidades não ignore os aspectos climáticos, e tratem com relevância e necessidade da criação de espaços verdes e bem arborizados na obtenção de melhores condições térmicas favoráveis ao conforto e saúde da população. Os estudos relacionados com a qualidade do ambiente urbano podem contribuir para melhorar o planejamento a partir da geração de políticas capazes de tornar o uso e a ocupação do solo nas cidades menos impactantes ao meio ambiente, e melhorar a qualidade de vida da população, que necessita de um ambiente ecologicamente equilibrado.

O fator escala e temporalidade de classificação de áreas urbanas, devem sempre ser elementos importantes para um estudo constante. As transformações aceleradas do uso e ocupação do solo urbano pressionam uma constante atualização do mapeamento climático das cidades.

6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O presente trabalho de pesquisa e seus resultados, motivam a se entender melhor como se comporta as variáveis climáticas em uma cidade como a de Sinop, que tem um crescimento acelerado, gerando paisagens novas em curto espaço de tempo. Novos estudos auxiliam na gestão da cidade em criar legislações que propiciam um bom conforto térmico para seus moradores, consequentemente qualidade de vida e não agressão ao meio ambiente no qual a cidade se insere. Com isso, recomenda-se:

- Analisar o comportamento das variáveis climáticas em função do raio (distância) de influência dos parques urbanos da cidade de Sinop;
- Realizar novas avaliações termohigrométricas em diferentes aglomerados urbanos pertencente a Zona Urbana Intermediária, a fim de se entender o comportamento climático em função das diferentes formas de crescimento;
- Fazer aferições de velocidade dos ventos e sua interferência nas diferentes malhas viárias urbanas da cidade de Sinop;
- Estudar a influência dos poluentes atmosféricos nas variáveis microclimáticas das zonas urbanas confrontantes com o eixo viário Rodovia Federal BR- 163.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

7.1. REFERÊNCIAS CITADAS

ALVES, E. D. L. **Caracterização microclimática do Campus de Cuiabá da Universidade Federal de Mato Grosso**. 77 f. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) - Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2011.

ALVES, P. A. S. S.; BAMPI, A. C. **Gênese e desenvolvimento da cidade de Sinop e a relação com as atividades econômicas**, Revista Equador (UFPI), Teresina-PI, v.9, n.1, p.230–245, 2020. Disponível em: <http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador>. Acesso em: 04 de fevereiro de 2021.

ANDRADE, H. **O Clima Urbano - Natureza, Escalas De análise E Aplicabilidade**. Finisterra, vol. 40, n. 80, Agosto de 2005, doi:10.18055/Finis1479.

ARNFIELD, J. **Como fazer climatologia urbana: Uma visão pessoal do legado do professor Tim Oke**. 6ª Conferência Internacional sobre Clima Urbano, Göteborg, Suécia. 12 a 16 de junho de 2006. Disponível em: <https://periodicos.unemat.br/index.php/historiaediversidade/issue/view/199>. Acesso em: 15 de fevereiro de 2021.

ASSIS, E.S. **Aplicações da Climatologia Urbana no Planejamento da Cidade: Revisão dos Estudos Brasileiros**. Revista Rua, v 09, n. 1, pág. 20-25, Salvador, nov. 2006.

AYOADE, J. O. **Umidade atmosférica**. In: Ayoade, J. O. A climatologia para a introdução os trópicos. Rio de Janeiro: Beltrand Brasil, 1996. p.128-154.

B. Li, C. Jiang, L. Wang, J. Liu, **Wind tunnel study on influences of morphological parameters on drag coefficient of horizontal non-uniform buildings**, Build. Environ. 207 (PB) (2022), 108412, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108412>.

BACK, A. J.; OLIVEIRA, T. S. **A urbanização e as modificações do clima**. In: GONÇALVES, T. M.; SANTOS, R. dos (Org.). Cidade e meio ambiente: estudos interdisciplinares. Criciúma, SC: Ed. UNESC, 2010. p. 207-228.

BANERJEE, S. et al. **Analizando Impactos de Variáveis Morfológicas Urbanas e Densidade em Áreas Externas Microclima para Cidades Tropicais: Uma revisão e uma proposta de estrutura para direções de pesquisa futura**. Revista Building and Environment. Vol. 225, 2022.

BERTALANFFY, L. V. **Teoria Geral dos Sistemas**. Petrópolis: Vozes, 1977. 351 p

BIAS, E. S.; BAPTISTA, G. M. M.; LOMBARDO, M. A. **Análise do fenômeno de ilhas de calor urbanas, por meio da combinação de dados Landsat e Ikonos**. In: Anais do SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11, Belo Horizonte: INPE, 2003. p. 1741-1748.

BISWAS, S. *et al.* 2020, **A multisensor approach to forest type mapping for advancing monitoring of sustainable development goals (SDG) in Myanmar**. Remote Sens. 12, 3220. <https://doi.org/10.3390/rs12193220>.

BITTENCOURT, L. S. e CÂNDIDO, C. M. (ELETROBRÁS/PROCEL/UFAL) **Ventilação Natural em Edificações**. Rio de Janeiro, Ago. 2010. Disponível em: <<http://www.labcon.ufsc.br/anexosg/425.pdf>>. Acesso em: 14 fevereiro 2021.

BITTENCOURT, L.; CÂNDIDO, C. **Ventilação natural em edificações**. Rio de Janeiro: PROCEL EDIFICA., 2010.

BOLDRIN, M. T. N.; CUTRIM, A. O. Avaliação de Impactos Potenciais nas Águas Subterrâneas Urbanas de Sinop (MT): Usando a matriz de Leopold. São Paulo, UNESP, Geociências, v. 33, n. 1, p.89-105, 2014.

BORGES, M. G. E. **Influência do ambiente construído no microclima urbano**: Estudo de caso no campus da Universidade Federal de Santa Catarina. 2009. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

CAMARGO, J. G. C. **Urbanismo rural**. Brasília: Ministério da Agricultura/INCRA, 1973., TREVISAN, R. **Cidades plantadas na floresta Amazônica**: ações estatais para ocupação e urbanização do centro-norte brasileiro. Revista Geográfica de América Central, número Especial EGAL, p. 1-18, 2011.

CANEPPELE, L. B. **Variação microclimática influenciada pela topografia e urbanização**. Cuiabá, 2018, 78f. Tese (Doutorado em Física Ambiental) – Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso.

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.

CORBELLA, O.; YANNAS, S. 2003, **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos** – conforto ambiental. Rio de Janeiro, Editora Revan, 288 p.

COSTA FILHO, A. C. **Análise da influência da rugosidade e da porosidade sobre a ventilação natural em Fortaleza, Ceará**. In: XXI Encontro de Iniciação Científica da UNIFOR (EIC), 2015, Fortaleza. Anais... do XXI EIC 2014.

D. Cui, X. Li, J. Liu, L. Yuan, C.M. Mak, Y. Fan, K. Kwok, **Effects of building layouts and envelope features on wind flow and pollutant exposure in height-asymmetric street canyons**, Build. Environ. 205 (April) (2021), 108177, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108177>.

DEMUZERE, M., KITTNER, J., BECHTEL, B. (2021). **LCZ Generator**: a web application to create Local Climate Zone maps. Frontiers in Environmental Science, [doi:10.3389/fenvs.2021.637455](https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.637455).

FEITOSA, S. M. R. **Alterações climáticas em Teresina-PI decorrentes da urbanização e supressão de áreas verdes**. 2010. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2010.

G1 MT. **Prefeitura de Sinop (Mt) contesta IBGE sobre estimativa de 146 mil habitantes e diz que tem 220 mil**. G1 MT. Sinop-MT. 28 de agosto de 2020. Disponível em: <https://g1.globo.com/mt/mato-grosso/noticia/2020/08/28/prefeitura-de-sinop-mt-contesta-ibge-sobre-estimativa-de-146-mil-habitantes-e-diz-que-tem-220-mil.ghml>. Acesso em: 20 de fevereiro de 2021.

GARTLAND, L. **Ilhas de calor**: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. Tradução Silva Helena Gonçalves. São Paulo: oficina de textos, 2010. 248p.

GRIMMOND, C. S. B., 2006, “**Progress in measuring and observing the urban atmosphere**”, Theoretical and Applied Climatology, vol. 84, pp. 3–22

H. Liu, Y. Pan, Y. Yang, Z. Huang, **Evaluating the impact of shading from surrounding buildings on heating/cooling energy demands of different Community forms**, Build. Environ. 206 (April) (2021), 108322, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108322>.

H. Yang, G. Chen, D. Wang, J. Hang, Q. Li, Q. Wang, **Influences of street aspect ratios and realistic solar heating on convective heat transfer and ventilation in full-scale 2D street canyons**, Build. Environ. 204 (April) (2021), <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108125>.

HASENACK, H.; SCHMIDT J.; BECKE, V.L. 1982. **Distribuição noturna da temperatura em Porto Alegre**. In: Encontro Nacional de Geógrafos, 5, 1982, Porto Alegre. Anais...Porto Alegre, 1982, p.438-.

JUSTI, A. C. A. **Avaliação microclimática e de conforto térmico em parques urbanos com corpos hídricos na cidade de Cuiabá-MT**. Cuiabá, 2020, 123f. Tese (Doutorado em Física Ambiental) - Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso.

KRÜGER, E. L.; GONZALEZ, D. E. G. **Impactos da alteração no albedo das superfícies no microclima e nos níveis de conforto térmico de pedestres em cânions urbanos**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 16, n. 3, p. 89-106, jul./set. 2016.

LANDSBERG, H. E. **O Clima das cidades**. Revista do Departamento de Geografia, v. 18, p. 95-111, 2006.

LOMBARDO, M. A. **Ilhas de calor nas metrópoles**: o exemplo de São Paulo. São Paulo: Hucitec, 1985.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. **Climatologia**: noções básicas e climas do Brasil. 1ª ed. São Paulo: Editora Oficina de textos, 2007.

MENEGUETTI, K. S. **Cidade jardim, cidade sustentável**. Maringá: EdUEM, 2009.

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.

MIRANDA, S. A. **Sombreamento arbóreo em superfícies pavimentadas de área urbana tropical**. 2018, 91f. Tese (Doutorado em Física Ambiental) - Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso.

MIYAMOTO, M. T. **A Influência das Configurações Urbanas na Formação de Microclimas**: estudo de casos no município de Vitória-ES. 2011. 149p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Departamento De Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2011.

MONTEIRO, C. A. F. Entrevista. Revista Discente Expressões Geográficas, nº 06, ano VI, p. 01 – 18. Florianópolis, junho de 2010.

MONTEIRO, C. A. F. **Geossistemas: a história de uma procura**. 2. ed. São Paulo: Contexto, 2001. 127 p.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e clima urbano** (Tese de livre-docência apresentada ao Departamento de Geografia/FFLCH-USP). São Paulo, 1976

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e Clima Urbano**: um projeto e seus caminhos. IN: Clima Urbano. MONTEIRO & MENDONÇA, 2003.

NEIGH, C.S.R. *et al.* 2016, **Regional rates of young US forest growth estimated from annual Landsat disturbance history and IKONOS stereo imagery**. Remote Sens. Environ. 173,282–293. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2015.09.007>.

NETO, A. C. O. Entrevista concedida em 14/11/2012. Arquivo do Grupo de Pesquisa Arte, Arquitetura, Cidade. Maringá: DAU/UEM, 2012.

NOVAIS, J. W. Z. *et al.* **Técnica de Calibração de Sensores Meteorológicos de Temperatura e Umidade Relativa do ar Utilizando um Sensor de Referência**. Revista UNICIÊNCIAS, v. 24, n. 1, p. 30-33, 2020. doi: <https://doi.org/10.17921/1415-5141.2020v24n1p30-33>

OKE, T. R. *et al.* **Urban Climates**. Cambridge: Cambridge University Press, 2017.

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

OKE, T.R. **Boundary layer climates**. 2.ed. New York: Routledge, 1996.

OKE, T.R., 1982, **“The energetic basis of the urban heat island”**. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, vol. 108, pp. 1–24;

OKE, T.R., 1987, **Boundary Layer climate**. 2 ed. Methuen, London

OLIVEIRA, P. M. P. **Medição de atributos bioclimatizantes da forma urbana** – rugosidade e porosidade – como instrumento de avaliação da ventilação, visando conforto térmico, conservação de energia e qualidade do ar no ambiente climático urbano. In: Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído, Anais... São Paulo, ANTAC/POLI/USP, 1993, volume 2, p. 1001 a 1013.

PAIVA, J. P. M. **Análise microclimática em conjuntos habitacionais: o caso do conjunto Ceará – Fortaleza/CE.** 2010. Dissertação (Mestrado em geografia). Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2010.

PERES, T.; MAIER, E. **Precipitação na região tropical da américa do sul: mudanças climáticas no século XX.** CaderNAU- Cadernos do Núcleo de Análises Urbanas, v. 10, n. 1, 2018, p. 79-101.

PINHEIRO, R. J. **Efeito da Urbanização na Amazônia Meridional Sobre o Balanço de Energia e Evapotranspiração por Sensoriamento Remoto.** Cuiabá, 160p, 2015, Tese (Doutorado em Física Ambiental) – Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso.

RIBEIRO, K. F. A. **Calibração do índice de conforto térmico PET (temperatura fisiológica equivalente) em espaços abertos para a cidade de Cuiabá-MT.** Cuiabá, 2019. 106f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso.

ROMERO, M. A. B. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano.** São Paulo: Proeditores, 2000.

ROMERO, M. A. B. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano.** 2ª. Edição. São Paulo: Projeto, 2001.

ROMERO, M. A. B. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano.** Brasília: Editora Unb, 2013. 128p.

S. Zheng, Y. Wang, Z. (John) Zhai, Y. Xue, L. Duanmu, **Characteristics of wind flow around a target building with different surrounding building layers predicted by CFD simulation,** Build. Environ. 201 (May) (2021), 107962, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.107962>.

SANCHES, J. C.; CARIGNANI, G.; OSTI, J.; DANIEL, L. P. **A insustentabilidade urbana derivada da baixa densidade no contexto da Amazônia legal mato-grossense: o caso da cidade de Sinop-MT.** In: V SIBOGU - Simpósio Brasileiro on line de Gestão Urbana, 2021, on line. Anais do Simpósio Brasileiro on line e Gestão Urbana. Tupã: Anap, 2021. p. 473-491.

SANT'ANNA NETO, J. L. 2013. **Escalas geográficas do clima. Mudança, variabilidade e ritmo.** In: Amorim, M. C. T.; Sant'Anna Neto, J. L.; Monteiro, A. (Org.). Climatologia urbana e regional: questões teóricas e estudos de caso. São Paulo: Outras Expressões, p. 75-91.

SANTOS, F. M. M. **Influência da ocupação do solo na variação termohigrométrica na cidade de Cuiabá-MT.** Cuiabá, 2012. 88f. Tese (Doutorado)- Programa de Pós-graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso.

SANTOS, L. E. F. **Raízes da História de Sinop.** Arte Design: Sinop, 2007.

SANTOS, N.B. F.; FERREIRA, L.G.; FERREIRA, N.C. **Distribuição espacial da temperatura de superfície no bioma cerrado: uma análise a partir de dados orbitais de resolução moderada, para o período de 2003 a 2008.** In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.5965.

SHASHUA-BAR, L.; PEARLMUTTER, D.; ERELL, E. **The cooling efficiency of urban landscape strategies in a hot dry climate**. Landscape and Urban Planning, Amsterdam, v. 92, p. 179-186, 2009.

SINOP, Prefeitura Municipal de Sinop. **Pacto pela arborização urbana busca transformar Sinop até 2030**. Sinop-MT. 09 de maio de 2022. Disponível em: <https://www.sinop.mt.gov.br/Noticias/Pacto-pela-arborizacao-urbana-busca-transformar-sinop-ate-2030-9811/>. Acessado em: 17 de junho de 2022.

SOUCH, C. A., SOUCH, C. **The effect of trees on summertime below canopy urban climates: a case study** Bloomington, Indiana. Journal of Arboriculture, Champaign, v. 19, n. 5, p. 303–312, 1993.

SOUCH, C., & GRIMMOND, S. **Applied Climatology: Urban Climate**. Progress in Physical Geography, 2006. 30(2), 270-279.

SOUZA, A. S. et al. **Análise do conforto térmico em pontos distintos do Município de Paragominas-PA**. 2005. Disponível em: . Acesso em: 26 nov. 2012.

SOUZA, E. A. **Reflexões acerca da história de Sinop/Mt: imigração e fronteira agrícola**. Revista História e Diversidade, Cáceres-MT, v.9, n.1, p. 96-109, 2017. Disponível em: <https://periodicos.unemat.br/index.php/historiaediversidade/issue/view/199>. Acesso em: 15 de fevereiro de 2021.

SOUZA, N. S. **Análise de anomalias térmicas em função da geometria urbana em Cuiabá – MT**. 98f. Tese (Doutorado em Física Ambiental), Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2019.

STEINKE, E. **Climatologia fácil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

STEWART, I.D.; OKE, T.R. e KRAYENHOFF, S. **Evaluation of the local climate zone scheme using temperature observations and model simulations**. International Journal of Climatology, 34: 1062-1080, 2014.

STEWART, Iain D.; OKE, Timothy R. **Local Climate Zones for Urban Temperature Studies**. Bulletin of the American Meteorological Society, Cidade de publicação, v. 93, n. 12, p. 1879 1900, 2012.

STREILING, S.; MATZARAKIS, A. **Influence of single and small clusters of trees on the bioclimate of a city: a case study**. Journal of Arboriculture, Champaign, v. 29, n. 6, p. 309-317, 2003.

SUCOMINE, N. M. *et al.* A. **Análise microclimática de uma área verde e de seu entorno imediato**. In: Simpósio de pós-graduação em engenharia urbana, Maringá, 2009. Anais... Maringá, 2009. p.1-10.

TAPIADOR, F.J. *et al.* 2021, **Urban vegetation leveraging actions**. Sustainability 13 (9), 4843. <https://doi.org/10.3390/su13094843>.

TOCANTINS, I. **Estudo de variáveis termo-higrométricas em parque urbano na cidade de Cuiabá - MT**. Cuiabá, 2019. 73f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso.

TRES, A. *et al.* **Classificação do estado de mato grosso segundo sistema de zonas de vida de holdridge**. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.13 n.23; p. 2016

VALIN JR, M. O. **Análise de abrigos termo-higrométricos alternativos para transectos móveis**. Cuiabá, 2019.118f. Tese (Doutorado em Física Ambiental) – Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso.

VAREJÃO–SILVA, M. A. **Umidade relativa do ar**. In: Varejão-Silva, M. A. Meteorologia e climatologia. Recife: Versão Digital 2, 2006. p.133-155.

WERNECK, D. R. **Variabilidade da temperatura de superfície diurna entre as zonas climáticas locais (LCZ): um estudo para a área urbana do Distrito Federal**. Brasília – DF, 2022, 174 p. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de Brasília.

X. Guo, Z. Gao, R. Buccolieri, M. Zhang, J. Shen, **Effect of greening on pollutant dispersion and ventilation at urban street intersections**, Build. Environ. 203 (April) (2021), 108075, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108075>.

Y. Su, Y. Wang, C. Wang, D. Zhou, N. Zhou, W. Feng, H. Ji, **Coupling relationships between urban form and performance of outdoor environment at the pedestrian level: a case study of Dalian, China**, Build. Environ. 213 (August 2021) (2022), 108514, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108514>.

Yu, C.; Hien, W. N. **Thermal benefits of city parks**. Energy and Buildings, Lausanne, v. 38, p. 105-120, 2006.

ZAVITOSKI, E. V. S. (2023). WUDAPT Dados de treinamento de nível 0 para SINOP-MT (Brasil), submetidos ao LCZ Generator. Este conjunto de dados está licenciado sob CC BY-SA, e mais informações estão disponíveis em: https://lcz-generator.rub.de/factsheets/495dad14e93152091dcc5f3598ffe3e237fe583c/495dad14e93152091dcc5f3598ffe3e237fe583c_factsheet.html

ZAVITOSKI, E. V. S. **Análise termohigrométrica nos eixos viários centrais da malha urbana original de Sinop-MT**. Cuiabá-MT, 2017, 067f. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) – Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso.

7.2. REFERÊNCIAS CONSULTADAS

BRASIL, **Constituição Federal** (art. 30 e art. 182). Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acessado em 05 de julho de 2021.

BRASIL, **Estatuto da Cidade Lei 10.257/01**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10257.htm. Acessado em 10 de junho de 2021.

CGPU - Coordenadoria Geral de Planejamento Urbano, **Assessoria de Informações Urbanísticas – AIU**, Metodologia sobre o estudo de densidades construídas (2011). Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/web/smu/listaconteudo?search-type=infourbanistica>. Acessado em 15 de agosto de 2021.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico** (2010). Disponível em <http://www.ibge.gov.br/>. Acessado em 07 de junho 2021.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados Meteorológicos** (2021). Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/>. Acessado em 13 de outubro de 2021.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Programa queimadas**: relatório diário. 2022. Disponível em: <https://www.inpe.br/queimadas>. Acessado em: 24 de setembro de 2022.

MASCARÓ, L.; MASCARÓ, J. **Vegetação urbana**. 2. Ed. Porto Alegre: Mais Quatro editora, 2005.

MASCARÓ, L.; MASCARÓ, J. **Vegetação urbana**. UFRGS/FINEP. Porto Alegre, 2002.
MATZARAKIS, A.; RUTZ, F. Rayman: a tool for tourism and applied climatology. 2007

OMS – Organização Mundial da Saúde. **Mudanças climáticas e saúde humana**. 2022. Disponível em: <https://www.tempo.com/noticias/actualidade/periodo-seco-e-quente-resulta-em-baixa-umidade-e-preocupacao-na-saude.html>, Acessado em: 18 de outubro de 2022.

SINOP, Prefeitura Municipal de Sinop/ *Plano Diretor Participativo*, 2006. Disponível em: <https://www.transparencia.sinop.mt.gov.br/Legislacao/Leis/>. Acessado em 22 de julho de 2021.