

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

**ANÁLISE DE VARIÁVEIS CLIMÁTICAS
CONSIDERANDO AS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO
ESPAÇO EM UM CONDOMÍNIO NA CIDADE DE
CUIABÁ-MT**

DOUGLAS OLIVEIRA AUGUSTO

**PROF.^a DR.^a MARTA CRISTINA DE JESUS ALBUQUERQUE
NOGUEIRA**

**Cuiabá, MT
Fevereiro/2023**

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

**ANÁLISE DE VARIÁVEIS CLIMÁTICAS
CONSIDERANDO AS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO
ESPAÇO EM UM CONDOMÍNIO NA CIDADE DE
CUIABÁ-MT**

DOUGLAS OLIVEIRA AUGUSTO

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

**PROF.^a DR.^a MARTA CRISTINA DE JESUS ALBUQUERQUE
NOGUEIRA**

**Cuiabá, MT
Fevereiro/2023**

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

A923a Augusto, Douglas Oliveira.

.ANÁLISE DE VARIÁVEIS CLIMÁTICAS CONSIDERANDO AS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO ESPAÇO EM UM CONDOMÍNIO NA CIDADE DE CUIABÁ-MT [recurso eletrônico] / Douglas Oliveira Augusto. -- Dados eletrônicos (1 arquivo : 102 f., il. color., pdf). -- 2023.

Orientador: Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Cuiabá, 2023.

Modo de acesso: World Wide Web: <https://ri.ufmt.br>.

Inclui bibliografia.

1. Uso e ocupação do solo;. 2. interferências na superfície;. 3. transecto móvel.. I. Nogueira, Marta Cristina de Jesus Albuquerque, orientador. II. Título.

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

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



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA AMBIENTAL

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: ANÁLISE DE VARIÁVEIS CLIMÁTICAS CONSIDERANDO AS CARACTERÍSTICA FÍSICAS DO ESPAÇO EM UM CONDOMÍNIO NA CIDADE DE CUIABÁ-MT

AUTOR: MESTRANDO DOUGLAS OLIVEIRA AUGUSTO

Dissertação defendida e aprovada em **28 de FEVEREIRO de 2023**.

COMPOSIÇÃO DA BANCA EXAMINADORA

1. PROFa. DRa. MARTA CRISTINA DE JESUS ALBUQUERQUE NOGUEIRA (Presidente Banca / **ORIENTADORA**)

INSTITUIÇÃO: Universidade Federal de Mato Grosso

2. PROFa. DRa. FLÁVIA MARIA DE MOURA SANTOS (Membro Interno)

INSTITUIÇÃO: Universidade Federal de Mato Grosso

3. PROFa. DRa. ELISA PAGLIARINI COX (Membro Externo)

INSTITUIÇÃO: Universidade Federal de Mato Grosso

CUIABÁ, 28/02/2023.



Documento assinado eletronicamente por **FLAVIA MARIA DE MOURA SANTOS, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 11/03/2023, às 18:44, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **ELISA PAGLIARINI COX, Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 13/03/2023, às 15:51, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **MARTA CRISTINA DE JESUS ALBUQUERQUE NOGUEIRA**, **Docente da Universidade Federal de Mato Grosso**, em 14/03/2023, às 12:37, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **SERGIO ROBERTO DE PAULO**, **Coordenador(a) de Programas de Pós-Graduação em Física Ambiental - IF/UFMT**, em 10/04/2023, às 14:44, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufmt.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **5549618** e o código CRC **82F3492E**.

Referência: Processo nº 23108.011450/2023-20

SEI nº 5549618

DEDICATÓRIA

Primeiramente ao Criador do universo que sempre iluminou meu caminho, este o qual me proporciona desafios para evoluir em sabedoria e paciência. Dedico também aos meus pais, principalmente a minha mãe Glória de Jesus Oliveira pelo incentivo, minhas irmãs Elisandra e Paola, e aos meus sobrinhos queridos Heitor e Enzo pelo carinho e apoio.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que apesar de meus defeitos e falhas sempre esteve ao meu lado para me oferecer o melhor.

Agradeço a minha mãe pelo apoio, incentivo, paciência e também pelo esforço para me proporcionar educação de qualidade dentro das suas condições e que fizeram grande diferença em minha vida.

À minha família que sempre se fez presente nos meus feitos e me apoiou nos momentos difíceis.

Ao Professor. D.r José de Souza Nogueira (in memoriam) que tive a imensa honra e prazer de conhecer em vida, um homem de bom coração que se dedicou de corpo e alma ao Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental da UFMT o qual tenho a satisfação em participar e também pelo seu respeito, carinho e afeto que este profissional sempre teve aos discentes.

A Professora e orientadora Dr.^a Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira, pela dedicação e sabedoria que foram fundamentais para realização das pesquisas e conclusão do trabalho. Agradeço também pela confiança e paciência investidas em mim e que um dia espero retribuir a outros discentes na construção do conhecimento acadêmico.

A Professora Dr.^a Flávia Maria de Moura Santos pela atenção e pelas sábias palavras nos momentos de dúvidas e pelas críticas construtivas que contribuíram no meu crescimento.

A Professora Dr.^a Elisa Pagliarini Cox pelas críticas construtivas no meu trabalho, as quais contribuíram na melhoria expressiva da qualidade da apresentação das informações.

Ao Professor Dr. Sergio Roberto De Paulo, Coordenador(a) de Programas de Pós-Graduação em Física Ambiental - IF/UFMT pela atenção e dedicação ao programa e aos discentes.

Ao Cesário e a Soilce, pelo amparo técnico e de gestão.

Agradeço a minha colega de turma Barbara Fernanda da Cunha Tasca por todo aporte cedido durante o curso, seus direcionamentos foram de grande relevância para a conclusão do curso.

Às Doutorandas em Física Ambiental Roberta Daniela de Souza e Simone Berigo Büttner de Oliveira pela atenção especial.

Aos colegas e amigos do Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) pela caminhada.

EPÍGRAFE

Pouco conhecimento faz com que as pessoas se sintam orgulhosas. Muito conhecimento, que se sintam humildes.

Leonardo da Vinci

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABELAS	ii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIMBOLOS	iv
RESUMO	v
ABSTRACT	vi
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Problemática	1
1.2. Justificativa	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1. O Espaço Urbano	5
2.2. Clima Urbano	5
2.2.1. Escalas do Clima.....	8
2.3. Fatores e Variáveis Climáticas.....	10
2.3.1. Altitude	10
2.3.2. Latitude e Longitude	10
2.3.3. Radiação Solar	11
2.3.4. Temperatura do Ar	15
2.3.5. Umidade Relativa do Ar	17
2.3.6. Ventos	18
2.3.7. Topografia.....	19
2.4. Uso e Ocupação do Solo.....	19
2.5. Anomalias Antrópicas no Clima	22
2.5.1. Ilhas de Calor	22
2.5.2. Ilhas de Frescor	25
3. O MUNICÍPIO DE CUIABÁ.....	26
3.1. Aspectos Físicos e Geográficos.....	26
3.2. Evolução Urbana.....	27
3.3. O Clima Urbano de Cuiabá.....	28
4. MATERIAIS E MÉTODOS	33

4.1.	Área de Estudo	33
4.6.	Análise Estatística	41
4.7.	Características das Porções Seleccionadas para Coleta de Dados	41
5.	APRESENTAÇÃO DA ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	50
5.1.	Dados Quantitativos dos Ponto de Estudo	50
5.2.	Período Matutino (8h)	54
5.3.	Período Vespertino (14h).....	58
5.4.	Período Noturno (20h)	63
5.5.	Resultado da Análise Estatística	68
6.	CONCLUSÃO	73
7.	SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS.....	75
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
8.1.	REFERÊNCIAS CITADAS	76
8.2.	REFERÊNCIAS CONSULTADAS.....	84

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: ALBEDO DE MATERIAIS URBANOS.....	7
FIGURA 2: ESCALAS CLIMÁTICAS NO ESPAÇO URBANO	9
FIGURA 3: INÍCIO DAS ESTAÇÕES DO ANO	12
FIGURA 4: BALANÇO DE RADIAÇÃO	13
FIGURA 5: INTERAÇÃO DA ATMOSFERA E DA SUPERFÍCIE TERRESTRE COM A RADIAÇÃO SOLAR	14
FIGURA 6: TROCAS TÉRMICAS EXERCIDAS ENTRE A VEGETAÇÃO E A RADIAÇÃO SOLAR	15
FIGURA 7: A TEMPERATURA DO AR EM RELAÇÃO A VARIAÇÃO DA RADIAÇÃO SOLAR	16
FIGURA 8: TEMPERATURAS SUPERFICIAIS DE DIFERENTES SUPERFÍCIES URBANAS.....	22
FIGURA 9: MODELO DE FORMAÇÃO DE "ILHAS DE CALOR"	24
FIGURA 10: LOCALIZAÇÃO DA ÁREA URBANA DE CUIABÁ, MT, BRASIL. REGIÕES DO PERÍMETRO URBANO.	26
FIGURA 11: CORTE ESQUEMÁTICO DE PARTE DO MAPA FÍSICO DE MATO GROSSO.....	27
FIGURA 12: NORMAIS CLIMATOLÓGICA DA TEMPERATURA MÍNIMA °C ENTRE 1931 – 2020	29
FIGURA 13: NORMAIS CLIMATOLÓGICA DA TEMPERATURA MÁXIMA °C ENTRE 1931 – 2020	29
FIGURA 14: NORMAIS CLIMATOLÓGICA DA UMIDADE RELATIVA DO AR ENTRE 1931 – 2020	30
FIGURA 15: NORMAIS CLIMATOLÓGICA DA PRECIPITAÇÃO ACUMULADA ENTRE 1931 – 2020	31
FIGURA 16: LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	33
FIGURA 17: PERCURSO DO TRANSECTO MÓVEL	36
FIGURA 18: TERMÔMETRO DIGITAL INFRAVERMELHO COM MIRA LASER (MODELO MT-360)	38
FIGURA 19: SENSOR DATALOGGER - MODELO HOBO.....	39
FIGURA 20: ABRIGO PARA O DATALOGGER HOBO.....	40
FIGURA 21: DISPOSIÇÃO DOS PONTOS NO CONDOMÍNIO	42
FIGURA 22: PONTO 1	42
FIGURA 23: PONTO 1	43
FIGURA 24: PONTO 2	43
FIGURA 25: PONTO 2	43
FIGURA 26: PONTO 3	44
FIGURA 27: PONTO 3	44
FIGURA 28: PONTO 4	45
FIGURA 29: PONTO 4	45

FIGURA 30: PONTO 5	45
FIGURA 31: PONTO 5	46
FIGURA 32: PONTO 6	46
FIGURA 33: PONTO 6	46
FIGURA 34: PONTO 7	47
FIGURA 35: PONTO 7	47
FIGURA 36: PONTO 8	48
FIGURA 37: PONTO 8	48
FIGURA 38: PONTO 9	48
FIGURA 39: PONTO 9	49
FIGURA 40: PONTO 10	49
FIGURA 41: PONTO 10	49
FIGURA 42: PORCENTAGENS DAS SUPERFÍCIES	52
FIGURA 43: PORÇÕES DOS PONTOS	53
FIGURA 44: TEMPERATURA DO AR E UMIDADE RELATIVA DO AR ÀS 8H.....	54
FIGURA 45: TEMPERATURA SUPERFICIAL ÀS 8H.....	56
FIGURA 46: TEMPERATURA DE GLOBO ÀS 8H.....	57
FIGURA 47: TEMPERATURA DO AR E UMIDADE RELATIVA DO AR ÀS 14H.....	59
FIGURA 48: TEMPERATURA SUPERFICIAL ÀS 14H.....	61
FIGURA 49: TEMPERATURA DE GLOBO °C ÀS 14H.....	62
FIGURA 50: TEMPERATURA DO AR E UMIDADE RELATIVA DO AR ÀS 20H.....	64
FIGURA 51: TEMPERATURA SUPERFICIAL °C ÀS 20H.....	66
FIGURA 52: TEMPERATURA DE GLOBO °C ÀS 20H.....	67

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – VALORES DE ALBEDO E EMITÂNCIA DE DIVERSAS SUPERFÍCIES.....	20
TABELA 2 – ASPECTOS DE URBANIZAÇÃO, QUE ALTERAM O AMBIENTE FÍSICO E LEVAM A ALTERAÇÕES NA TROCA DE ENERGIA E CONDIÇÕES TÉRMICAS EM COMPARAÇÃO A PERIFERIA	24
TABELA 3: PERÍODO DE COLETA DOS DADOS	37
TABELA 4: TEMPERATURA DO AR DA ESTAÇÃO FIXA A901.....	50
TABELA 5: UMIDADE DO AR DA ESTAÇÃO FIXA A901	50
TABELA 6: CARACTERÍSTICA DA SUPERFÍCIE E SOMBREAMENTO	51
TABELA 7: PORCENTAGEM DAS SUPERFÍCIES	51
TABELA 8: VALORES OBTIDOS POR TRANSECTO MÓVEL – T AR °C ÀS 8H	54
TABELA 9: VALORES OBTIDOS POR TRANSECTO MÓVEL – Ur (%) ÀS 8H	55
TABELA 10: VALORES OBTIDOS POR TRANSECTO MÓVEL – Ts °C AS 8H.....	56
TABELA 11: VALORES OBTIDOS POR TRANSECTO MÓVEL – Tg °C ÀS 8H	57
TABELA 12: VALORES OBTIDOS POR TRANSECTO MÓVEL – T AR °C ÀS 14H.....	59
TABELA 13: VALORES OBTIDOS POR TRANSECTO MÓVEL - Ur (%) ÀS 14H.....	60
TABELA 14: VALORES OBTIDOS POR TRANSECTO MÓVEL – Ts °C ÀS 14H.....	61
TABELA 15: VALORES OBTIDOS POR TRANSECTO MÓVEL – Tg °C ÀS 14H	62
TABELA 16: VALORES OBTIDOS POR TRANSECTO MÓVEL – T AR °C ÀS 20H	64
TABELA 17: VALORES OBTIDOS POR TRANSECTO MÓVEL – Ur % ÀS 20H.....	65
TABELA 18: VALORES OBTIDOS POR TRANSECTO MÓVEL – Ts °C AS 20H.....	66
TABELA 19: VALORES OBTIDOS POR TRANSECTO MÓVEL – Tg °C ÀS 20H	67
TABELA 20: DADOS SIMPLIFICADOS DO TESTE MANN-WHITNEY.....	68

LISTA DE ABREVIATURAS E SIMBOLOS

°C – Graus Celsius

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICU – Ilhas de Calor Urbana

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

m – Metros

m/s – Metros por segundos

m² – Metros quadrados

MT – Mato Grosso

PGFA – Pós-graduação em Física Ambiental

T – Temperatura

Trm – Temperatura radiante média

Tg – Temperatura de globo

Ts – Temperatura do superficial

UCL – Camada intra-urbana

UFMT – Universidade Federal de Mato Grosso

UR %– Umidade relativa

ΔT_{u-r} – Intensidade da ilha de calor (°C)

v – Velocidade do vento

RESUMO

AUGUSTO, D. O. ANÁLISE DE VARIÁVEIS CLIMÁTICAS CONSIDERANDO AS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO ESPAÇO EM UM CONDOMÍNIO NA CIDADE DE CUIABÁ-MT. Cuiabá, 2023, 102f. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) - Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso.

A pesquisa que se apresenta foi desenvolvida na cidade de Cuiabá-MT com o objetivo de analisar variáveis climáticas em um condomínio considerando as características físicas do ambiente, compreender os resultados e argumentar. Tal feito é de relevante importância para compreensão da forma que foi elaborado o planejamento do Condomínio e quais considerações foram observadas no que tange ao conforto térmico nas suas dependências. A área do condomínio o qual foi objeto de estudo teve modificações expressivas na superfície, e foi adotado o método dos transectos móveis que consiste na demarcação de pontos espalhados na área de estudo para coleta dos dados de temperatura superficial, radiação, temperatura do ar e umidade relativa do ar utilizando um termômetro de mão e um Termo-higrômetro digital portátil. Assim verificamos as diferenças das variáveis climáticas em cada ponto do transecto de acordo com as suas características. As porções com maiores porcentagens de áreas construídas não apresentaram diferenças significativas nas variáveis de temperatura do ar e umidade relativa, contudo a temperatura superficial em superfícies que receberam radiação solar direta principalmente no período vespertino apresentou diferença significativa mesmo em pontos com grande área verde.

Palavras-chave: Uso e ocupação do solo; interferências na superfície; transecto móvel.

ABSTRACT

AUGUSTO, D. O. ANALYSIS OF CLIMATE VARIABLES IN A CONDOMINIUM CONSIDERING THE PHYSICAL CHARACTERISTICS OF SPACE IN THE CITY OF CUIABA-MT. Cuiabá, 2023, 102f. Dissertation (Master's degree in Environmental Physic); Institute of Physic, Federal University of Mato Grosso.

The research that is presented was developed in the city of Cuiabá-MT with the objective of analyzing climatic variables in a condominium considering the physical characteristics of the environment, understanding the results and arguing. This feat is of great importance for understanding the way in which the Condominium was planned and what considerations were observed in terms of thermal comfort in its premises. The area of the condominium which was the object of study had significant modifications on the surface, and the method of mobile transects was adopted, which consists of demarcating scattered points in the study area to collect data on surface temperature, radiation, air temperature and humidity air temperature using a handheld thermometer and a portable digital thermo-hygrometer. Thus, we verified the differences of the climatic variables at each point of the transect according to their characteristics. The portions with the highest percentages of built-up areas did not show significant differences in the air temperature and relative humidity variables, however the surface temperature on surfaces that received direct solar radiation mainly in the afternoon showed a significant difference even in points with large green areas.

Keywords: Land use and occupation; surface interference; mobile transect.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Problemática

Interação homem e o meio ambiente sempre existiu. Mas partir da Revolução Industrial, onde há aumento do consumo de recursos naturais, e também o aumento da modificação da paisagem natural devido ao crescimento das cidades a referida interação se intensificou, fragilizando o meio ambiente em detrimento de ações antrópicas, e é na região urbana que a maior parcela da população se concentra.

Para Monteiro (1975), desde a Revolução Industrial no século XVIII, as transformações ocorridas no rápido e concentrado processo de urbanização resultaram em mudanças nas cidades devido ao modo de uso e ocupação das áreas, de forma intensiva pela sociedade moderna.

De acordo com Nascimento e Oliveira (2013), dentre os impactos ambientais que comprometem a qualidade de vida dos cidadãos, destacam-se a perda da biodiversidade e recursos naturais, a alteração do microclima e do balanço hidrológico das cidades, a degradação do ambiente e os impactos da ocupação e da atividade antrópica sobre o ambiente.

Já Tocantins (2015) ressalta que a concentração de gás carbônico antropogênico altera climas locais, bem como no aumento da temperatura média da terra.

Ocupações fora dos paradigmas sustentáveis e principalmente alterações na rugosidade de superfícies com a diminuição de áreas verdes afetam ecossistemas originais e estes sofreram mais com os processos de urbanização pós Segunda Guerra Mundial.

As mudanças microclimáticas nos ambientes decorrem de alteração nos balanços energéticos, hídricos e térmicos do ambiente urbano que são consequências de intervenções não sustentáveis como alteração nas superfícies naturais e desarborização por exemplo.

Cidades arborizadas são beneficiadas do ponto de vista estético e são propícias a terem melhores condições climáticas locais, proporcionando um conforto ambiental. Cidades que sofrem com desconforto ambiental necessitam se adequar, desenvolver projetos e implantar uma gestão ambiental com programas de arborização para obtenção de um ambiente urbano mais agradável que proporcione qualidade de vida.

Rampazzo (2015) afirma que as mudanças mais evidentes nas paisagens são ocasionadas e percebidas, principalmente, pela retirada intensiva da vegetação com sua substituição por uma variedade de uso e ocupação do solo em detrimentos dos ecossistemas naturais.

Lince (2013) fala que o processo de urbanização pode impactar na atmosfera urbana formando ilhas de calor, aumento na poluição do ar, alterações no regime de precipitações, maior geração de calor, inversões térmicas, desconforto térmico, aumento no consumo de energia, modificações na ventilação e na umidade, vindo comprometer o equilíbrio térmico em uma escala maior. Assim, o balanço de energia – relações de transferência de calor entre a atmosfera e a superfície – é diferenciado entre as áreas urbanas e as áreas rurais circunvizinhas.

O condomínio objeto deste trabalho é da década de 90 e sua concepção é com casas geminadas, ruas estreitas, pouca vegetação, pouco sombreamento natural e muitas construções. Os materiais empregados nas construções tendem acumular mais energia aumentando a temperatura local e consequentemente interferir no conforto térmico das pessoas que vivem.

1.2. Justificativa

O processo de urbanização, bem como as atividades antrópicas realizadas no meio urbano, influencia significativamente as características climáticas locais, visto que o desenvolvimento das cidades, ao alterar o meio natural, modifica as condições climáticas do espaço, podendo comprometer a qualidade ambiental do meio e a qualidade de vida dos cidadãos, quando essa alteração não ocorre de modo planejado.

O processo de urbanização engendra consideráveis modificações no balanço de energia, pois substitui a cobertura natural da superfície pela concentração de materiais, equipamentos e pessoas numa pequena área (MENDONÇA, 1994).

No Brasil, o conjunto de características que formam clima urbano em cada região, em sua maioria, tem provocado alterações que refletem na população, devido à falta de planejamento urbano, que leve em considerações não só as premissas econômicas, como também as questões sociais e ambientais pertinentes ao processo de urbanização, visando uma melhor qualidade de vida para a população. Desse modo, tais processos de planejamento devem contemplar as características do meio natural no qual as cidades estão inseridas, sendo necessário realizar estudos individualizados para verificar qual a dimensão que tais alterações climáticas podem alcançar.

No Brasil, 87% da população vive em áreas urbanas (IBGE, 2006). Conforme projeção da ONU em 2050 a população urbana irá dobrar o valor da população referente em 2007, saltando de 3,3 bilhões para 6,4 bilhões de pessoas (MACIEL et al. p.5. 2014). Considerando essas informações, como Cuiabá já tem um clima caracteristicamente quente é de suma importância realizar estudos para verificar de que forma que os revestimentos de superfície empregados nas construções podem interferir nessas variáveis e como mitigar as problemáticas em detrimento do crescimento populacional.

A urbanização pode impactar no microclima, com o desenvolvimento do estudo poderá ser possível sugerir a criação de mecanismos que possam melhorar o planejamento na urbanização em relação ao microclima.

Conforme Oke (2004), há necessidade de que pesquisas meteorológicas sejam elaboradas em ambientes urbanos, para que a amplitude de alteração climática de cada local seja conhecida e assim também buscar soluções para problemas encontrados.

No entanto, para estudar o clima de determinada localidade e identificar quais modificações climáticas de origem urbana que ocorreram ali, o ideal é utilizar dados meteorológicos obtidos anteriormente as modificações antrópicas em comparação com os dados adquiridos após o processo de modificação. Porém, dificilmente existem dados da época que antecede modificações antrópicas, restando a opção de comparar

os dados obtidos no espaço modificado, selecionando pontos, caracterizando cada ponto e analisando os dados obtidos.

É importante destacar que, embora este estudo aborde conceitos de clima urbano, o mesmo não possui o objetivo de identificar o clima urbano da cidade de Cuiabá, porém os resultados aqui encontrados podem servir como subsídio para a definição posterior do clima urbano.

Sendo assim, o objetivo geral dessa pesquisa foi avaliar a interação das variáveis climáticas com o espaço físico observando as características construtivas e superfícies mensurando o impacto dessas configurações construtivas nas variáveis microclimáticas, tendo como estudo um condomínio residencial no município de Cuiabá-MT.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. O Espaço Urbano

O primeiro conceito que se tem sobre espaço urbano hoje é uma área grande em m² com edificações, pessoas e veículos circulando, comércios, equipamentos urbanos, equipamentos comunitários, ou seja, um ambiente onde as pessoas tem rotinas diárias de trabalho, escola, esporte e lazer.

Segundo Corrêa (1989) o espaço urbano é constituído por diferentes usos da terra, que cada um deles pode ser observado com forma espacial, não sendo autônoma pois nela se realiza uma ou mais funções vinculadas ao processo da sociedade.

Assim entende-se que o espaço urbano é um ambiente que sofreu diversas ações antrópicas e que consequentemente teve suas variáveis climáticas alteradas, diferentemente de um ambiente natural. De acordo com Karyn (2016), as áreas urbanas possuem uma variedade de tipos de superfícies naturais ou artificiais onde essas interferem significativa no meio ambiente, podendo provocar alterações no ecossistema.

2.2. Clima Urbano

O clima é um conjunto de fenômenos meteorológicos integrados que podem serem medidos ao longo do tempo como umidade do ar, temperatura do ar, radiação, precipitação e ventos, tais fenômenos interagem com o ambiente físico natural e com espaços que sofreram ações antrópicas. Após a Revolução Industrial as ações antrópicas se intensificaram devido a ocupação do solo sem planejamento e consequentemente ocasionaram grande interferências no clima

O clima urbano é um sistema que abrange o clima de um determinado espaço terrestre e sua urbanização (Monteiro & Mendonça 2003), sendo um conjunto formado pelas variáveis climáticas e as características do ambiente construído.

Já Barbirato et al. (2016) apud Luz (2020), enxerga o ambiente urbano diferente do meio natural devido as ações antrópicas, formando o “clima urbano”, comum das cidades, com parâmetros diferentes no clima, de outros ambientes menos construídos, como temperatura do ar, umidade, velocidade e sentido dos ventos e precipitação.

Dessa forma, o clima urbano pode ser definido como “a modificação substancial de um clima local, não sendo possível ainda decidir sobre o ponto de concentração populacional ou densidade de edificações em que essa notável mudança principia” (MONTEIRO, 1976, p. 57). Onde as inserções dos materiais construtivos e as alterações dos elementos naturais em conjunto com os sistemas atmosféricos atuantes ocasionam a alteração do clima em escala local.

O ambiente construído refere-se a característica da tipologia urbana, o adensamento, os espaços entre as construções e a taxa de ocupação. As variáveis climáticas como temperatura, umidade e os ventos são impactadas por esse conjunto.

Conforme Silva (2019), esse processo de alteração climática resulta em ambientes urbanos totalmente heterogêneos no que tange às sensações térmicas, provocando anomalias como ilhas de calor/frescor, conforto/desconforto térmico, poluição e precipitação excessiva (inundações), em vista da capacidade que a produção do espaço urbano tem de acentuar ou eliminar fenômenos climáticos.

O albedo pode ser entendido como a capacidade de reflexão e absorção de energia dos diferentes materiais existentes na superfície, em relação à radiação solar, conforme as propriedades físicas dos diferentes tipos de corpos, como densidade, textura e cor.

As alterações no Albedo ocorrem conforme as intervenções no ambiente, o modo do arranjo espacial das cidades com alterações na superfície natural com a substituição e ou sobreposição de outros materiais refletindo na umidade e variação de temperatura. Influenciando consideravelmente na quantidade de energia térmica acumulada e irradiada para a atmosfera, contribuindo para o aumento da temperatura do ar (BARBIRATO et al., 2007 apud TOCANTINS, 2015). A figura 1 exemplifica o

conceito do autor onde, medindo em escala de zero, para nenhuma reflexão por uma superfície até 1, para uma reflexão total.



FIGURA 1: Albedo de materiais urbanos

FONTE: LOMBARDO, 2003

Andrade (2005) também relata que atividades nas áreas urbanas, alterações nas superfícies interferem no balanço de energia, massa e movimento tendo como resultado o clima urbano.

O clima urbano resulta da substituição da superfície natural do solo por materiais como a pedra, o cimento e o asfalto, da geometria urbana característica e das alterações na composição da baixa atmosfera inerentes a concentração das atividades humanas (GANHO, 1999). Então podemos considerar que o clima urbano é um produto oriundo de variáveis locais relacionadas ao uso e ocupação do solo, o grau de adensamento, o arranjo espacial urbano e os materiais empregados nas ações antrópicas.

Giovani (1976) apud Maciel et al. p.9-10., (2014), relata que o clima de uma determinada região é determinado pelo padrão da diversificação de elementos e suas combinações, apontando os principais elementos climáticos a serem considerados na geometria dos edifícios e no conforto urbano como: radiação solar, comprimento de onda da radiação, temperatura do ar, umidade, ventos e precipitações.

Assim, considerando que fatores locais introduzem variações no clima, determinando e dando origem aos diferentes microclimas que podem ser observados em ambientes como um bairro ou uma rua (MACIEL et al. p.13. 2014), é de suma importância que haja estudos e planejamentos para ações antrópicas no que tange a construções a fim de minimizar o impacto nas variáveis climáticas.

2.2.1. Escalas do Clima

Para o estudo correto do clima é necessário observar o nível de grandeza espacial da pesquisa a ser desenvolvida para definir uma escala para o trabalho.

O clima urbano resulta das modificações que as superfícies, materiais e as atividades das áreas urbanas provocam nos balanços de energia, massa e movimento (LANDSBERG, 1981; OKE, 1988; ARNFIELD, 2003 apud LINCE, 2013). Sendo assim, insere-se na ordem de grandeza do mesoclima, porém sua influência espacial vai além do fato urbano, adentrando na escala geográfica sub-regional (MONTEIRO, 1976). Segundo Lombardo (1985, p. 22), podemos entender o clima urbano como.

[..] um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização. É um mesoclima que está incluído no macroclima e que sofre, nas proximidades do solo, influências microclimáticas derivadas dos espaços urbanos.

Já Ayoade (2010), define três níveis de escalas principais: o macroclimático que se relaciona aos aspectos dos climas de amplas áreas da Terra e com os movimentos atmosféricos em larga; o mesoclimático que se preocupa com o estudo do clima em áreas relativamente pequenas, entre 10 e 100 Km de largura (por exemplo, o estudo do clima urbano e dos sistemas climáticos locais severos como temporais); e o nível microclimático, o qual se relaciona com o estudo do clima próximo à superfície ou de áreas muito pequenas, com menos de 100 metros de extensão.

Um conceito de hierarquia foi definido por Oke (2006) para estudos das alterações climáticas no meio urbano com intuito de padronizar as observações meteorológicas em escalas climáticas (distância horizontal) e nos limites da camada atmosférica (distância vertical), conforme esquematização apresentada na Figura 2.

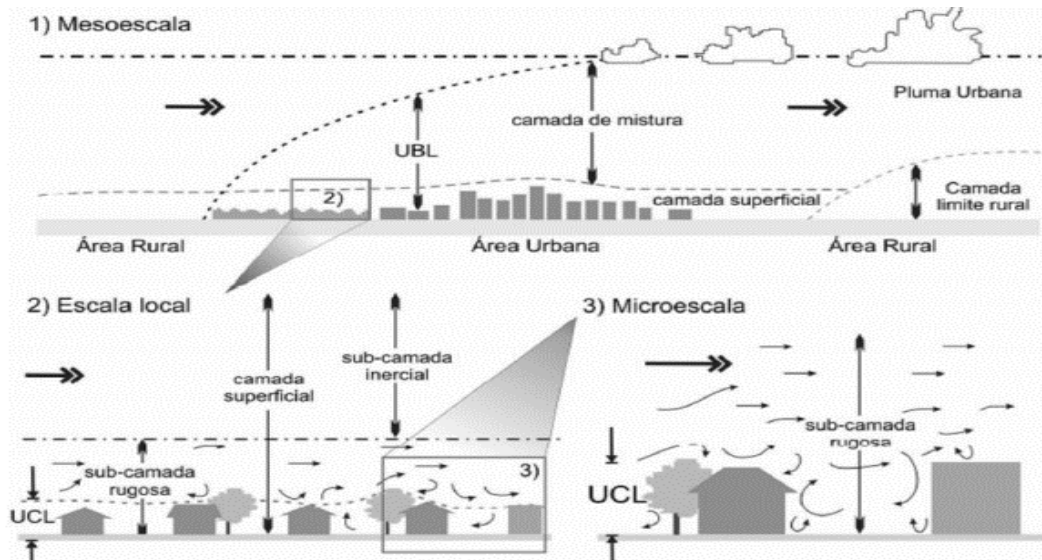


FIGURA 2: Escalas climáticas no espaço urbano

FONTE: Adaptado de OKE, 2006

O Mesoclima (1), na vertical, atinge a camada de limite urbana (UBL) compreendendo a faixa (na horizontal) de climas locais inclusive os de clima urbano sob influências das construções.

O clima local (2) possui características em detrimento dos microclimas formados a partir das configurações da superfície, onde o ambiente típico influencia em determinada porção. Se estendendo até a subcamada rugosa. Já o Microclima (3), em escala menor, compreende aos espaços intraurbanos, ruas, estacionamentos, calçadas, os espaços entre edifícios e outros. Limitando se até a camada do dossel urbano (UCL).

2.3. Fatores e Variáveis Climáticas

Para o referido estudo é necessário compreender alguns conceitos das variáveis climáticas haja visto que o objeto deste estudo está inserido dentro da escala que abrange o microclima, assim é importante observar a associação do comportamento das variáveis climáticas com as características do ambiente construído, uma vez que ações antrópicas e os materiais utilizados no uso e ocupação do solo influenciam nas variáveis climáticas.

2.3.1. Altitude

A altitude é a distância vertical em relação ao nível do mar, sendo positiva se estiver acima deste nível e negativa se estiver abaixo. Sua associação com a temperatura do ar se dá pela diminuição das moléculas de gases na atmosfera. Nessas circunstâncias, quanto maior for a altura de uma região, menor será a temperatura do ar (YNOUE et al., 2017).

Para altitude é necessário ter um ponto referencial, o mar, este é o referencial para mensurar a elevação de determinada região, de modo geral, quanto maior a altitude, menor será a temperatura.

O nível do mar é a referência para altitude. Em elevadas altitudes o ar possui menos partículas sólidas e líquidas que absorvem as radiações solares, essa característica influencia sobre a temperatura, assim, o gradiente termométrico do ar cresce com a altitude proporcionalmente (LEÃO, 2007).

2.3.2. Latitude e Longitude

A latitude e a longitude são chamadas de coordenadas geográficas e determinam a posição de um ponto no plano do planeta Terra.

A linha do Equador divide o globo terrestre em dois hemisférios, duas direções Norte e Sul, os paralelos indicam a distância do Equador, variando de 0° a 90° nas duas direções. À medida em que se afasta do Equador (0°), maior a inclinação dos raios solares incidentes na superfície e maior a área de distribuição da mesma quantidade de energia, fazendo com que as temperaturas vão diminuindo ao se aproximar dos polos (90°). Assim, formando diferentes zonas climáticas como: tropicais, situadas na faixa entre os trópicos de Capricórnio e de Câncer; temperadas, na faixa entre os trópicos e as zonas polares; e as zonas polares, situadas nos dois polos da esfera (MOREIRA e SENE, 2005)

A longitude são linhas perpendiculares às linhas paralelas ao Equador, tendo como referencial o Meridiano de Greenwich, podendo variar entre 0° à 180° para leste (E) e para oeste (O). Diferente da latitude, a longitude é utilizada como ponto de localização geográfica, sendo que a variação de sua coordenada não influencia na mudança do clima (LEÃO, 2007).

Portanto, a partir dos conceitos acima e do tópico anterior, é possível compreender que a latitude e altitude tem influência no clima. As diferentes latitudes têm diferentes inclinação dos raios solares sobre a superfície e consequentemente ângulos de reflexão diferentes; a altitude, conforme varia, tem quantidades diferentes de moléculas e partículas no ar, pois estas que recebem a radiação.

2.3.3. Radiação Solar

A distribuição de temperatura do globo sofre a maior influência pela radiação solar. A quantidade de radiação varia em função da época do ano e da latitude (FROTA & SCHIFFER, 2001).

Tempo e clima são determinados pela quantidade de radiação solar que entra e que sai da Terra.

O movimento da terra em torno do sol é denominado de translação, devido a este fato, ocorrem variações de distancias entre o planeta e o sol, variando também a

quantidade de energia que é incidida na terra. Este movimento é elíptico da origem aos períodos de solstícios e equinócios em função da inclinação do globo em relação ao plano de sua órbita ao redor do Sol, de aproximadamente $23^{\circ} 27'$ quando os raios solares incidem perpendicularmente em pontos dos trópicos e do Equador respectivamente.

Logo, durante o ano ocorrem dois solstícios quando a incidência solar é perpendicular aos trópicos de Câncer e de Capricórnio, onde, no primeiro, esse evento ocorre por volta de 22 de junho e, no segundo, por volta de 22 de dezembro. Os equinócios também ocorrem duas vezes ao ano, em 21 de março e em 23 de setembro. Esses eventos marcam as estações do ano, que duram cerca de três meses e são caracterizadas por condições atmosféricas próprias e típicas (MOREIRA e SENE, 2005; VAREJÃO-SILVA, 2006). A Figura 3 mostra o início das estações do ano em função da incidência do Sol.

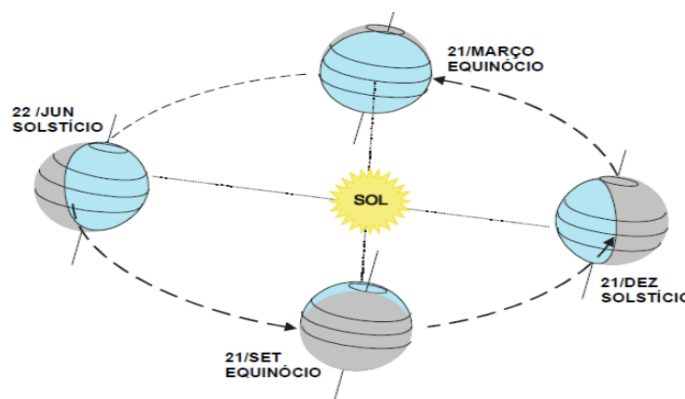


FIGURA 3: Início das estações do ano

FONTE: VAREJÃO-SILVA, 2006

O sol emite energia eletromagnética de onda curta, não necessita de meio material para se propagar. No meio urbano há grande parte de energia proveniente da radiação solar, após entrar na atmosfera incide sobre as edificações e outras superfícies, onde os materiais existentes ali possuem características próprias de absorção e ou reflexão conforme seu albedo. A radiação solar também influencia outras variáveis como precipitação, ventos, temperatura e umidade.

A distribuição espaço-temporal da radiação solar está relacionada com o padrão de relevo, com os processos físicos, químicos e biológicos do ecossistema terrestre, com a agricultura e com o clima, especialmente de áreas urbanizadas (FENG et al., 2018 apud JUSTI, 2021).

Além disso a radiação solar, na atmosfera terrestre se divide em duas porções, direta e difusa. A radiação direta é aquela que atinge diretamente a terra. A radiação difusa é a parcela que sofre um espalhamento pelas nuvens e pelas partículas da atmosfera, sendo refletida na abóbada celeste e nas nuvens e é irradiada novamente para a terra. Deste modo, um céu muito nublado pode apresentar uma parcela de radiação difusa maior que a parcela direta, sendo que o céu claro, sem nuvens, apresenta uma parcela maior da radiação direta (figura 4).

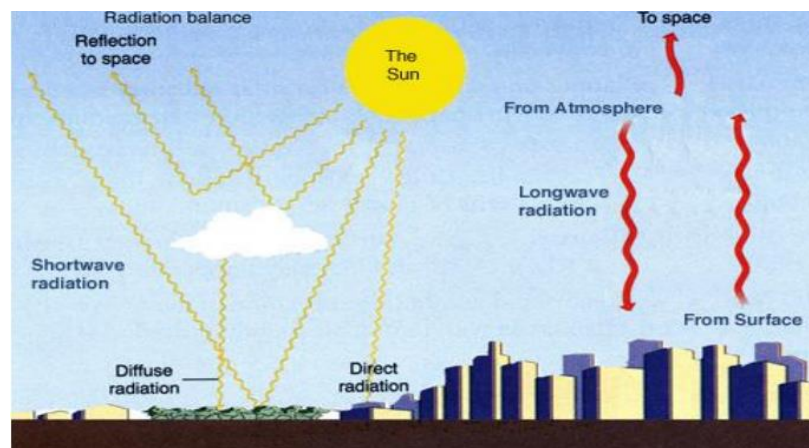


FIGURA 4: Balanço de Radiação

FONTE: LEB 306 – METEOROLOGIA AGRÍCOLA – PROF. FABIO MARIN

O balanço de energia como é determinado pela quantidade de radiação solar que entra e sai. A energia que sai da Terra deve ser igual àquela que entra na sua atmosfera para que haja equilíbrio no clima. O balanço de energia pode ser compreendido através do exemplo a seguir:

“Se cem unidades de energia solar atingem o topo da atmosfera terrestre, aproximadamente 30% dessa radiação volta para o espaço como radiação de onda curta (albedo planetário) – 6% espalhada

pela atmosfera, 20% refletida pelas nuvens e 4% refletida pela superfície da Terra. A atmosfera absorve 19% da radiação solar, restando 51% dessa radiação para ser absorvida pela superfície terrestre, ou seja, 51% da radiação solar foi transmitida através da atmosfera, conseguindo atingir a superfície” (YNOUE et al., 2017).

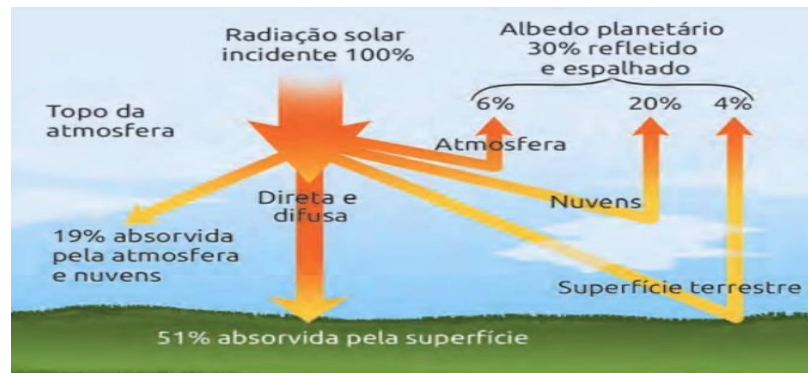


FIGURA 5: Interação da atmosfera e da superfície terrestre com a radiação solar

FONTE: YNOUE et al., 2017

De acordo com Oke (1973) o balanço de energia no espaço urbano, tende criar maior acúmulo de calor nesses ambientes, devido, dentre outros fatores, à composição material e à propagação da radiação em seu interior. Podendo inclusive ter relação com outros fatores urbanos, tais como densidade e extensão espacial da cidade.

A superfície urbana possui menor reflexão de radiação de ondas curtas em relação às áreas rurais, devido à geometria da cidade e ao coeficiente de reflexão dos materiais presentes nas áreas urbanas. Em ruas e avenidas que possuem edificações verticalizadas em áreas vizinhas, possibilitam que parte da radiação refletida por uma superfície seja absorvida por outra que estiver mais próxima (SOUZA, 2016). A figura 6 exemplifica o argumento.

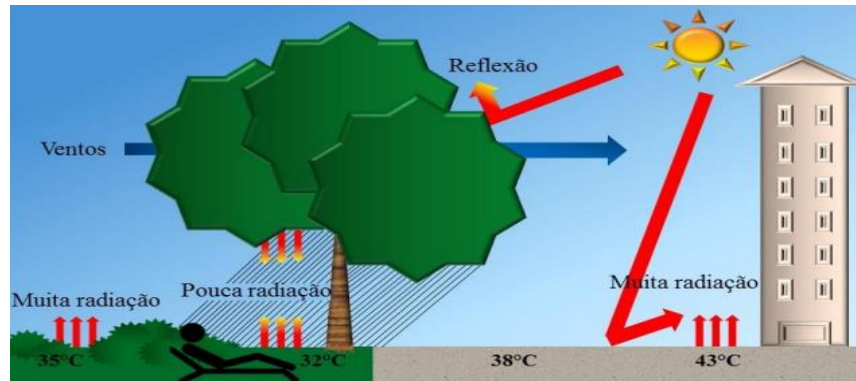


FIGURA 6: Trocas térmicas exercidas entre a vegetação e a radiação solar

FONTE: Adaptada de LAMBERTS & DUARTE, 2016

Deste modo, conforme Paula (2017), cada cidade possui uma dinâmica de balanço de energia específico, decorrentes de suas particularidades, tais como: densidade da construção, forma de ocupação do relevo, impermeabilização do solo, tamanho, canalização de rios, uso do solo, atividade antropogênica, cobertura vegetal, densidade populacional entre outros.

2.3.4. Temperatura do Ar

De maneira simples, a temperatura do ar apresenta a energia contida no meio (OMETTO, 1981), deste modo tem estreita relação ao balanço de energia (MARTINEZ GARCIA, 1978), que, por sua vez, envolve vários fatores como umidade do ar e do solo, ventos e outros. Durante o dia a energia que existe à disposição do ambiente oscila entre dois valores limiares, a temperatura mínima e a máxima.

A temperatura determina o fluxo de calor que passa de uma superfície a outra e é determinada pelo balanço entre a radiação que chega e a que sai e por sua transformação em calor latente (muda o estado físico) ou sensível (não muda o estado físico).

A distribuição da temperatura na terra varia com a latitude, as massas de água e terra, o relevo, a natureza das superfícies, as correntes oceânicas, os ventos predominantes e outros fatores, (ROMERO, 2000; FRANCO, 2010).

Durante o dia a variação da temperatura é influenciada pela incidência dos raios solares sobre o plano horizontal da terra com seu ângulo de inclinação. Ao nascer do Sol, os raios solares incidem na superfície de forma bem inclinada, de forma que a energia solar seja espalhada por uma área maior e obtendo, nesse período, uma temperatura consideravelmente baixa. Já ao meio dia, o Sol atinge sua altura máxima, o ângulo entre seus raios e o ponto imaginário no céu acima do observador possui menor inclinação e faz com que a radiação incida sobre uma superfície menor e consequentemente, a temperatura se eleve. Entretanto, sendo o maior momento de exposição à radiação, esse período não será o de maior aquecimento durante o dia. Pelo fato de existir um atraso de aproximadamente de três a quatro horas entre o momento em que o sol fornece a luz solar mais direta à superfície terrestre e quando a temperatura aumenta. Este fato é chamado de resposta térmica. Deste modo o horário de maior aquecimento do dia durante o verão é, geralmente, entre 15h e 16:30h dependendo da cobertura de nuvens existente (YNOUE et al., 2017).

A figura 7 proposta pela Sociedade Americana de Meteorologia (American Society Meteorology- ASM), descreve comportamento da temperatura do ar em relação a variação da radiação solar.

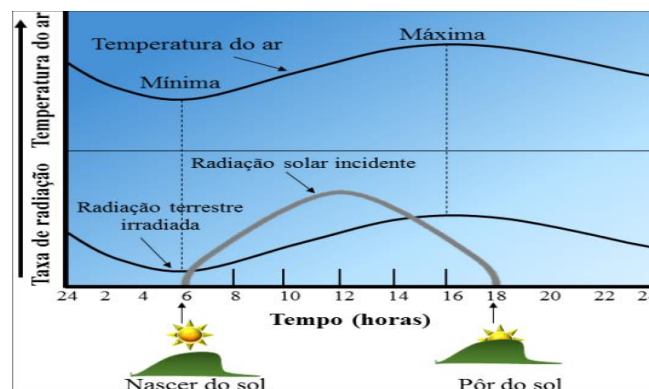


FIGURA 7: A temperatura do ar em relação a variação da radiação solar

FONTE: Adaptada de PETERSEN; SACK & GABLER, 2014

A relação das taxas de resfriamento e aquecimento da superfície da Terra exercem influência na temperatura do ar. O tempo de aquecimento e de resfriamento é preponderante na determinação da temperatura do ar sobre ela. O ar próximo à superfície recebe incidência solar direta, mas este fato provoca indireto na temperatura do ar, pois, segundo Romeiro (1988), a temperatura do ar depende da quantidade de calor ganho ou perdido pela superfície da terra ou outras superfícies com as quais o ar tenha estado em contato. O ar é aquecido por condução, da superfície aquecida com o ar em contato com ela e posteriormente é transferido para camadas superiores por convecção.

2.3.5. Umidade Relativa do Ar

A quantidade de vapor d'água na atmosfera pode ser apresentada através da umidade, que possui variáveis que quantificam essa relação. Dentre elas, destacam-se a pressão de vapor de saturação (e_s), a umidade relativa (UR) e a temperatura do ponto de orvalho (tpo). Atingida a pressão de vapor de saturação, o ar fica com 100% de umidade, ou seja, desde que a temperatura não se altere, nenhuma quantidade de vapor d'água pode ser incorporado ao ar, pois ele atingiu sua capacidade de contê-lo. A umidade relativa é adquirida a partir da razão entre a quantidade de vapor d'água presente no ar e aquela quantidade máxima que o ar teria caso estivesse em condições saturadas (VAREJÃO-SILVA, 2006).

O maior índice de ocorrência de precipitações pluviométricas acontece no verão, logo é mais úmido, e o inverno apresenta precipitações pluviométricas menores, sendo uma estação mais seca e fria, com valores normalmente abaixo da média ideal, que de acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), é entre 50 % a 80 % (ALMEIDA, 2016).

De modo que as superfícies contidas no espaço urbano armazenam e irradiam muito calor, conseqüentemente aumenta-se a temperatura do ar levando a diminuição da umidade relativa do ar (JUSTI, 2021).

LIU et al (2018) reforça o descrito acima, argumentando que o teor de umidade dependerá da interação entre a temperatura do ar e a temperatura superficial do meio circundante, além do uso e ocupação do solo, da presença ou ausência de áreas verdes e corpos hídricos e do regime de ventos.

Para Mascaró & Mascaró (2010), nos ambientes urbanos, a relação entre temperatura e umidade relativa do ar sofre interferência das características do recinto urbano. A quantidade de vapor de água na massa de ar é afetada pela temperatura ambiente do ar. Se as superfícies que formam o sitio urbano armazenam e irradiam muito calor, no caso dos centros urbanos, eleva-se a temperatura local e a umidade absoluta aumentam e diminui a umidade relativa. O teor de umidade local dependerá, então, da interação entre a temperatura do ar e a temperatura superficial do recinto.

2.3.6. Ventos

O vento é o movimento horizontal do ar em relação à superfície terrestre. Para o vento duas grandezas são relevantes: a direção e a velocidade. As condições atmosféricas influenciam no movimento dos ventos. A direção define a posição da sua origem (YNOUE et al., 2017).

A velocidade do vento à superfície varia bastante com o tempo e se caracteriza por intensas oscilações cuja rapidez e amplitude estão relacionadas com o estado de agitação do ar (VAREJÃO-SILVA, 2006).

Em estudos voltados às áreas urbanas, a ventilação é um parâmetro que deve ser observado. As alterações na rugosidade das cidades modificam sua direção, velocidade e intensidade. Em climas tropicais, diferente dos climas temperados, acrescentar o fluxo de ventilação nas áreas urbanas é uma preocupação constante e um desafio para os pesquisadores, porque a irregularidade do solo urbano implica em maior complexidade (DUARTE, 2015).

2.3.7. Topografia

A topografia também influencia a temperatura do ar no local. Além da diferença de radiação recebida por vertentes orientações distintas, o relevo acidentado pode ser um obstáculo para os ventos, podendo alterar a umidade e temperatura do ar em relação a escala original (MACIEL et al. p.16. 2014).

2.4. Uso e Ocupação do Solo

A construção do espaço urbano acaba constituindo um albedo que pode impactar nas variáveis climáticas como temperatura do ar (T_a), balanço de energia e umidade relativa do ar (UR). Por isso vários autores entendem que o uso e ocupação do solo deve ser considerado na formação do clima urbano

As alterações microclimáticas geradas por meio do processo de urbanização, é abordado por diversos autores renomados (LOWRY, 1967; LOMBARDO, 1985; UNGER, 1995; OKE, 1996; PITTON, 1997), que apresentam estudos demonstrando estudos estes que demonstram que o uso e ocupação do solo em áreas urbanas são determinantes nos microclimas desses espaços (GIRALT, 2002, apud ZAVITOSKI, 2018).

Oliveira (1988, p.39) apud Carvalho (2001) cita as características da forma urbana condicionantes a clima:

[..] a rugosidade, a densidade da construção, o tamanho da estrutura urbana (em altura e extensão horizontal), a ocupação do solo urbano, a orientação, a permeabilidade superficial do solo urbano e as propriedades termodinâmicas dos materiais constituintes da estrutura urbana.

Além das atividades que influenciam no ritmo e no fluxo de pessoas na superfície urbana, o tipo de recobrimento do solo interfere no clima local, no processo

de impermeabilização, os materiais introduzidos possuem diferentes propriedades térmicas diferentes dos naturais, alterando a relação com o meio afetando o microclima (MACIEL et al. p.22. 2014).

Franco (2010) apud Lince (2013) desenvolveu um estudo dentro do contexto urbano da cidade de Cuiabá-MT, no Bairro do Porto, onde observou que as maiores temperaturas e as menores umidades relativas tendem a ocorrer nas regiões com maior taxa de área construída, atividade comercial e com maior fluxo de veículos automotores.

Os materiais empregados na pavimentação urbana exercem grande influência no acúmulo de energia radiante nas cidades. (MACIEL et al. p.23. 2014). Essa absorção depende do tipo do material utilizado na pavimentação, bem como a emitância e albedo, conforme tabela 1.

TABELA 1 – Valores de Albedo e Emitância de diversas superfícies.

Superfície	Albedo (%)	Emitância (%)
1 - Ruas Asfalto	5- 20	95
2 - Paredes		
Concreto	10-35	71-90
Tijolo	20-40	90-92
Pedra	20-35	85-95
Madeira	40	90
3 - Coberturas		
Betume e cascalho	8-18	92
Telhas	10-35	90
Ardósia	10	90
Chapa metálica	10-16	13-28
4 – Pinturas		
Branças, claras	50-90	85-95
Vermelha, marrom, verde	20-35	85-95
Preto	2-15	90-98

Superfície	Albedo (%)	Emitância (%)
(continua)		
5 - Áreas urbanas		
Variação	10-27	85-95
Média	15	-
6 - Outras		
Terra preta úmida	8-9	-
Terra preta seca	12-25	-
Areia seca	18-30	-
Campos Verdes	3-15	-

FONTE: Adaptado de MÁSCARO, 1996

O clima de uma cidade é um reflexo não apenas das modificações dos albedos dos materiais e impermeabilização do solo, mas também sua topografia que é muitas vezes alterada (ANJOS, 2012 apud SILVA, 2016). A rugosidade e a configuração geométrica criada pelas cidades devido ao uso e ocupação do solo alteram a direção, intensidade e alcance de ventos, o que produz acúmulo de energia térmico no meio urbano (SILVA, 2016).

O planejamento urbano geralmente não prioriza áreas verdes visto que geralmente são as edificações que tem maior potencial econômico, o planejamento sempre busca atrair investidores. Talvez o ideal seria incentivar investimentos em planejamento urbano verde onde o valor econômico agregado retornaria como qualidade de vida aos cidadãos.

A presença de árvores e outros tipos de vegetação em cidades impacta em uma série de características ambientais, principalmente sobre a temperatura do ar e a umidade do ar. A vegetação, com o aumento da umidade proveniente da evapotranspiração resfria o ar (NICODEMO & PRIMAVESI, 2009 apud MACIEL et al, 2014). De acordo com Primavesi (2007), um metro quadrado de área foliar é mais eficiente que um metro quadrado de lâmina d'água, estima-se que a evapotranspiração da lâmina foliar seja quatro vezes maior que a mesma superfície coberta por água. O uso da vegetação é um recurso eficiente contra o calor, além do sombreamento,

permite a passagem de brisas e absorvem parte da radiação de onda longa sobre sua folhagem (MASCARÓ, 1996).

Segundo Maciel et al (2014), os benefícios do sombreamento podem ser verificados por meio de medições da temperatura superficial de materiais protegidos e expostos pelas copas das árvores, (figura 8).

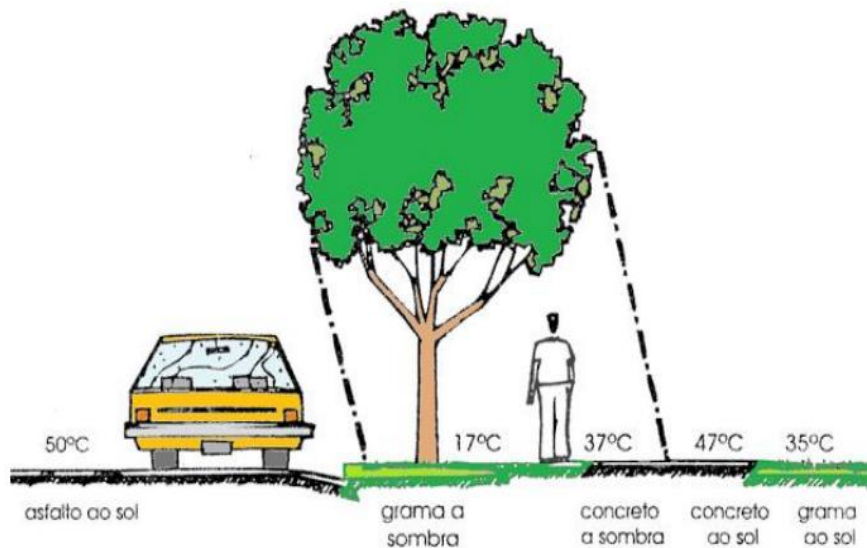


FIGURA 8: Temperaturas superficiais de diferentes superfícies urbanas

FONTE: LAURIE, 1978 APUD MASCARÓ, 2002

2.5. Anomalias Antrópicas no Clima

As interferências do homem no meio ambiente refletem em anormalidades no clima natural e podem trazer consequências como ilhas de calor e ilhas de frescor.

2.5.1. Ilhas de Calor

As ilhas de calor são fenômenos que ocorrem geralmente em espaços urbanos que possuem temperatura superficial mais elevada que a temperatura superficial do seu

entorno, um fato que evidencia que alterações no ambiente como construções alteram a temperatura em determinados pontos

A origem da ilha de calor deve-se não tanto a diferenças de aquecimento, mas como de arrefecimento entre a cidade e o campo imediatamente próximo, este é normalmente mais rápido após o pôr-do-sol no campo do que na cidade devido ao tipo de albedo presente em cada porção. Como consequência a intensidade da ilha de calor (ΔT_{u-r}) atingirá o máximo normalmente de 3 a 5 horas depois do ocaso (T. R. OKE, 1982), diminuindo de intensidade com o decorrer da noite e madrugada (D. J. UNWIN, 1980), mais rapidamente no Verão (T. R. OKE e G. B. MAXWELL, 1975 apud GANHÓ 1999 p.102).

O espaço urbanizado apresenta diversos tipos de materiais empregados nas edificações, e estas com vários aspectos geométricos que favorecem a retenção de energia e dificultam a circulação do ar, sendo assim, conforme o nível desses fatores supracitados impactam diretamente na temperatura do ambiente diferenciando-a do padrão do clima local acabam condicionando a formação de ilha de calor urbana (ICU).

Ao longo do dia, as construções e pavimentação armazenam calor solar. Os materiais empregados no meio urbano, em sua grande maioria, possuem alta capacidade de calor e boa condutividade térmica, fazendo que a energia radiativa seja armazenada em uma camada espessa em estruturas urbanas. O calor armazenado é liberado sob a forma de radiação de comprimento de onda longa (calor sensível) durante a noite, resultando em um resfriamento lento das áreas urbanas no período noturno (GARTLAND, 2011). Esse fenômeno é conhecido como ilha de calor.

Duarte & Serra (2003) afirmam que a densidade construída tem maior relação causal com o aquecimento urbano, devido ao fato de que as densidades construídas afetam o microclima, e com o efeito cumulativo pode alterar o clima regional, podendo inclusive substituir o fator “populacional” pela “densidade construída”.

Uma ilha de calor urbana tem temperatura sua elevada nos grandes centros, áreas residenciais e comerciais, sendo menores nas áreas com menos densidade e mais vegetação, conforme mostra a figura 9.

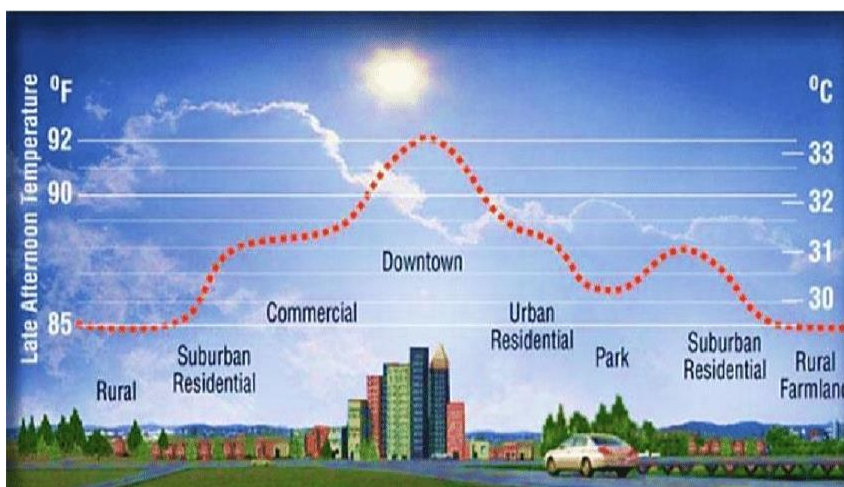


FIGURA 9: Modelo de formação de "Ilhas de Calor"

FONTE: ELGIZAWY, 2016

As modificações na superfície e outros fatores alteram o balanço de energia e podem elevar a temperatura em áreas centrais em relação ao entorno. A tabela 2 exemplifica como essas particularidades modificam o balanço de energia.

TABELA 2 – Aspectos de urbanização, que alteram o ambiente físico e levam a alterações na troca de energia e condições térmicas em comparação a periferia

1. Poluição do ar	Aumento da radiação de ondas longas emitida pela atmosfera, devido a maior absorção das ondas curtas recebidas e radiação de ondas longas emitidas pelos poluentes.
2. Calor Antropogênico	Calor desprendido no processo de combustão.
3. Superfícies Impermeáveis	Substituição de parte do calor latente que seria utilizado para evaporação de áreas úmidas por calor sensível, que aquece os materiais e o ar consequentemente.
4. Propriedades Térmicas das Superfícies	Superfícies e materiais construtivos que acumulam calor durante o dia, liberando-o a noite.

(continua)	
4. Propriedades Térmicas das Superfícies	Superfícies e materiais construtivos que acumulam calor durante o dia, liberando-o a noite.
5. Geometria das Superfícies	Aumento da absorção de ondas longas devido a retenção entre as edificações; diminuição da perda de calor por turbulência causada pela estagnação entre as edificações; diminuição da perda de radiação por ondas longas no espaço entre as edificações pela redução da área de céu visível

FONTE: Adaptado de OKE, 1981

Além dos materiais inseridos na superfície, os materiais particulados e gases na atmosfera lançados por veículos e fábricas, nas zonas centrais causam um efeito estufa localizado (MACIEL et al. p.18. 2014).

2.5.2. Ilhas de Frescor

As ilhas de frescor são o oposto das ilhas de calor, elas apresentam temperaturas menores com relação às áreas urbanas em seu entorno. Recebem influencia de áreas verdes, corpos hídricos, matas ciliares e parques urbanos possuindo temperatura do ar menor e maior umidade do ar em relação as ilhas de calor sendo positivas em regiões de climas quentes.

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

3. O MUNICÍPIO DE CUIABÁ

3.1. Aspectos Físicos e Geográficos

O município de Cuiabá, capital do estado de Mato Grosso, engloba uma área de 3.538,17 quilômetros quadrados, com uma população de mais de 600 mil, correspondendo 254,57 quilômetros quadrados à Macrozona Urbana (Lei n.º 4.719/04) dividida em quatro regiões, sendo Norte, Oeste, Leste e Sul (ver figura 10).

Cuiabá está situada na mesorregião norte-mato-grossense onde encontra-se no Centro Geodésico da América do Sul, nas coordenadas geográficas 15º 35' de latitude sul (S) e 56º 06' de longitude Oeste (W) de Greenwich (Gr).

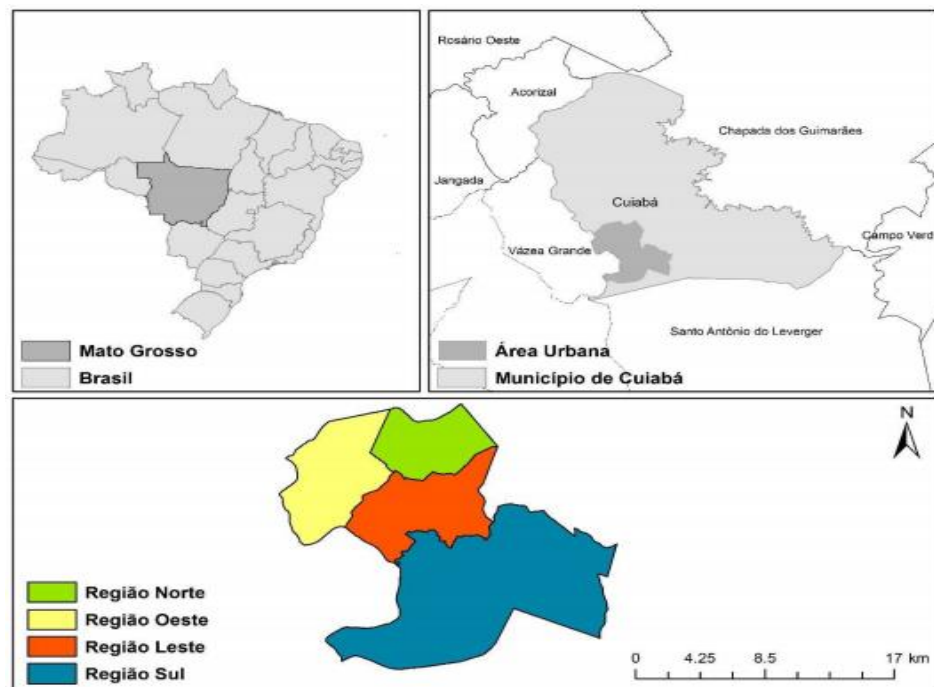


FIGURA 10: Localização da área urbana de Cuiabá, MT, Brasil. Regiões do perímetro urbano.

FONTE: SOUZA, 2016

Sua localização é também denominada depressão cuiabana (ver figura 11), sendo uma depressão relativa pois ainda está à 165 metros em relação ao nível do mar. Na área urbana a altitude varia de 146 a 250 metros (IBGE 2014).

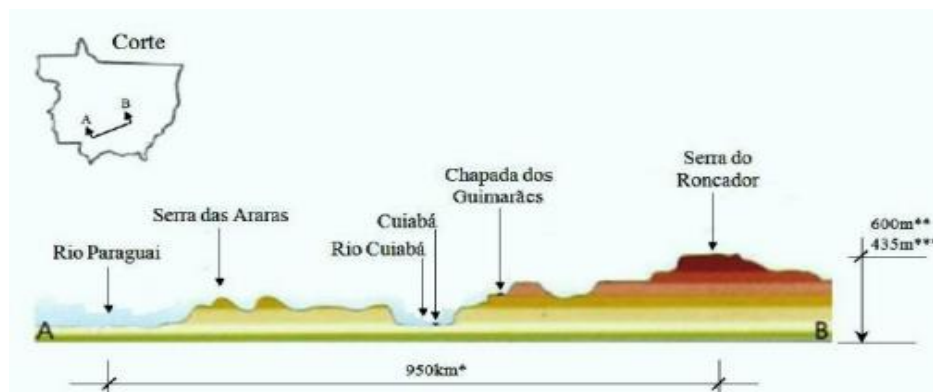


FIGURA 11: Corte esquemático de parte do mapa físico de Mato Grosso

FONTE: SANTOS, 2012

3.2. Evolução Urbana

Cuiabá foi fundada mediante a descoberta de ouro, consolidou-se o povoado um ano mais tarde, em 8 de abril de 1719. Alguns anos depois, com o crescimento da área, ela se torna oficialmente Vila Real do Senhor Bom Jesus de Cuiabá, em função do Rio Cuiabá, que banha a região e por onde se navegava na época. No ano de 1818, a vila foi elevada à condição de cidade, Cuiabá. Somente no ano de 1835 que ela se tornou a capital da província de Mato Grosso.

Com o declínio do ouro ocorreu o êxodo de habitantes para outras cidades da região, contudo, na década de 30 houveram políticas para ocupação do oeste brasileiro que fomentaram o crescimento populacional e urbano da cidade de Cuiabá.

A densidade demográfica urbana de Cuiabá passou de 0,17hab/km² em 1980 a 1,56hab/km² em 2009. Neste período, Cuiabá passou por um processo de explosão populacional, sofrendo uma série de mudanças na estrutura da paisagem e no uso e ocupação do solo urbano, reduzindo a vegetação e revestindo os solos com materiais impermeáveis. Em algumas áreas, inclusive o centro da cidade, houve uma

concentração do crescimento vertical das edificações, que contribuiu para a alteração do fluxo natural dos ventos.

De acordo com Karyn (2016) a ausência de planejamento em algumas cidades do Estado de Mato Grosso, como a cidade de Cuiabá é uma questão histórica, pois seu surgimento se deu por meio da exploração do ouro, e como consequência se desenvolveu de maneira desordenado e sem infraestrutura urbana.

Em Cuiabá, há falta de planejamento urbano adequado para atender a demanda demográfica do espaço para crescimento da cidade de maneira ordenada, seria de suma importância o planejamento bioclimático para considera o clima local (MACIEL et al. p.6. 2014).

3.3. O Clima Urbano de Cuiabá

Segundo Sampaio (2006), o clima de Cuiabá é do tipo Aw de Koppën, que representa um clima tropical semi-úmido, com duas estações bem definidas, uma seca (outono-inverno) e uma chuvosa (primavera-verão). As temperaturas médias anuais oscilam entre 25 °C e 26 °C, enquanto as máximas, frequentemente, ultrapassam 35 °C durante quase o ano todo (MAITELLI, 2005).

De acordo com os dados do INMET, comparativo entre 1931 a 2020, o mês que registrou menores índices de temperatura mínima foi o de julho com 16.1 °C, 17 °C e 17.1 °C nos períodos de 1931-1960, 1961-1990 e 1991-2020 respectivamente, (figura 12), já os índices de temperaturas máximas no mesmo período foram no mês de setembro com 35 °C, 34.1 °C e 35.6 °C respectivamente conforme figura 13.

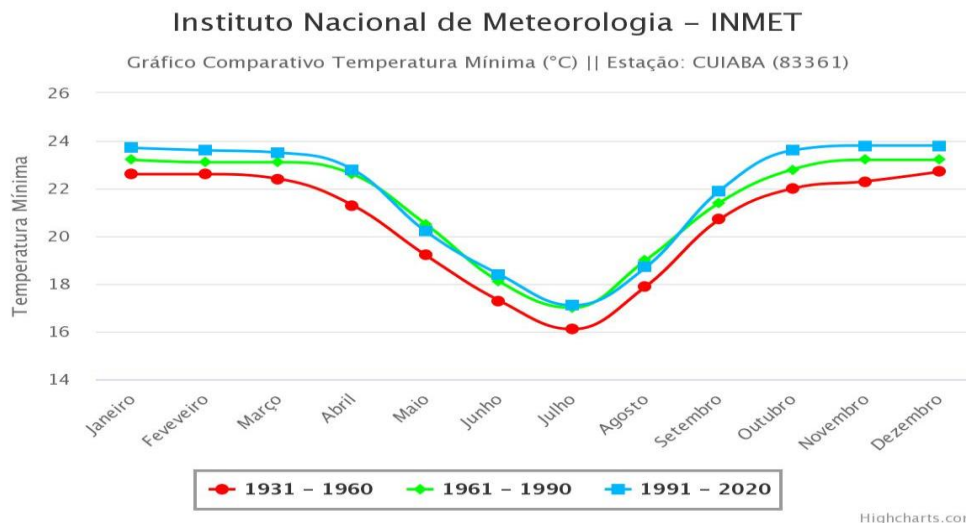


FIGURA 12: Normais climatológica da temperatura mínima °C entre 1931 – 2020
FONTE: INMET, 2021

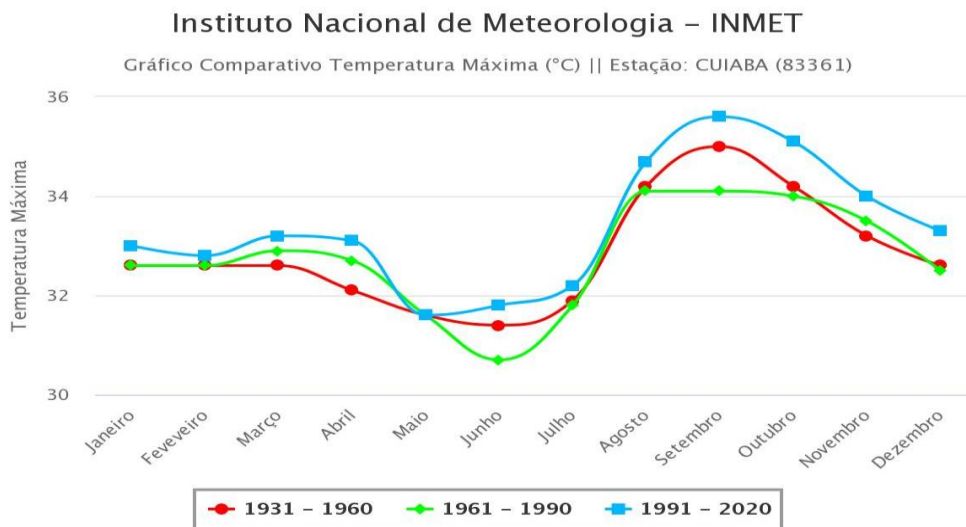


FIGURA 13: Normais climatológica da temperatura máxima °C entre 1931 – 2020
FONTE: INMET, 2021

É conhecida como sendo uma das cidades mais quentes do Brasil, fato atribuído às características geomorfológicas da região, pouca ventilação, baixa altitude, sem influência dos ventos marítimos e estações do ano bem definidas. Já foi verificada a relação entre o uso e a ocupação do solo urbano com a formação das ilhas de calor. A cidade apresenta baixa frequência e velocidade dos ventos, que torna a

influência do espaço construído sobre a temperatura do ar cada vez mais perceptível, já que as trocas térmicas por convecção são minimizadas (DUARTE, 2015).

No período quente-seco, a umidade relativa do ar atinge níveis mínimos próximos a 10% que são considerados de emergência, o período quente se estende de junho à setembro (SANTOS, 2020).

Conforme os dados do INMET, comparativo entre 1931 a 2020, o mês que registrou menores índices de umidade foi o de agosto com 56.4%, 57.3% e 60.4% nos períodos de 1931-1960, 1961-1990 e 1991-2020 respectivamente conforme figura 14.

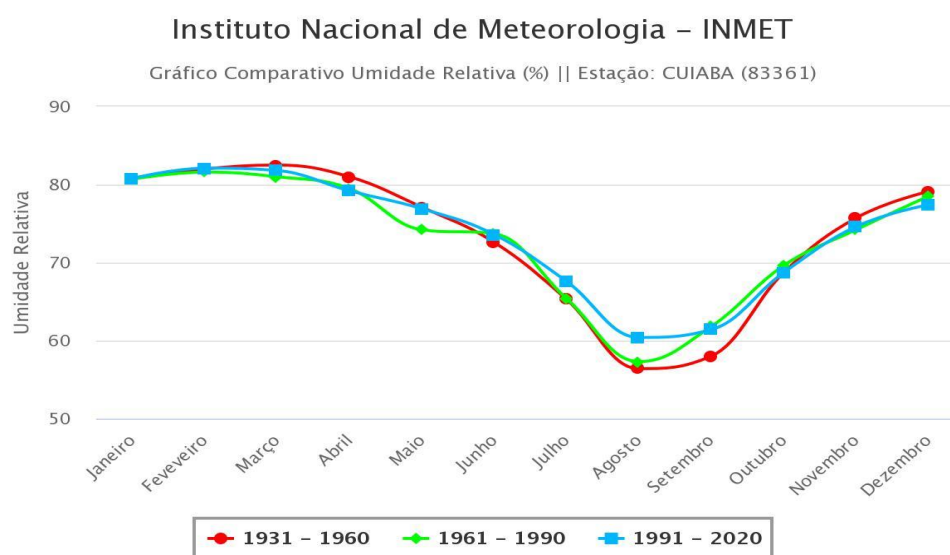


FIGURA 14: Normais climatológica da umidade relativa do ar entre 1931 – 2020
FONTE: INMET, 2021

Com relação a direção do vento atuante em Cuiabá, segundo Duarte & Serra (2003), a direção do vento predominante é N (norte) e NO (noroeste) em grande parte do ano, e S (sul) no período do inverno. Os autores afirmam ainda que o fato de Cuiabá ser uma zona urbana situada em uma depressão geográfica faz com que a frequência e a velocidade média dos ventos sejam extremamente baixas, minimizando o efeito das trocas térmicas por convecção e ressaltando ainda mais a influência do espaço construído sobre a temperatura do ar, o que acaba gerando condições praticamente ideais para experimentos com medições microclimáticas.

O inverno é uma estação amena, embora ocorram temperaturas baixas em razão da invasão do ar polar, chamadas friagens muito comuns nessa época do ano, e que geralmente não se mantém por mais de dois dias. A temperatura média do mês mais frio oscila entre 15°C e 24°C, e a média mínima, de 8°C a 18°C, (OLIVEIRA, 2011).

As chuvas são distribuídas de maneira tipicamente tropical, maximizadas no verão e reduzidas no inverno, sendo que mais de 70% do total de precipitação anual ocorre no período dos meses de novembro a março, sendo que no inverno a estiagem atinge o auge no mês de julho (MORENO et al. 2005).

Foram coletadas informações do INMET, mesmo comparativo citado anteriormente, onde o mês que registrou menor precipitação acumulada foi o de julho (1931-1960) com 6.3 mm e o mês que registrou maior precipitação acumulada foi o de fevereiro (1991-2020) com 261.9 mm conforme figura 15.

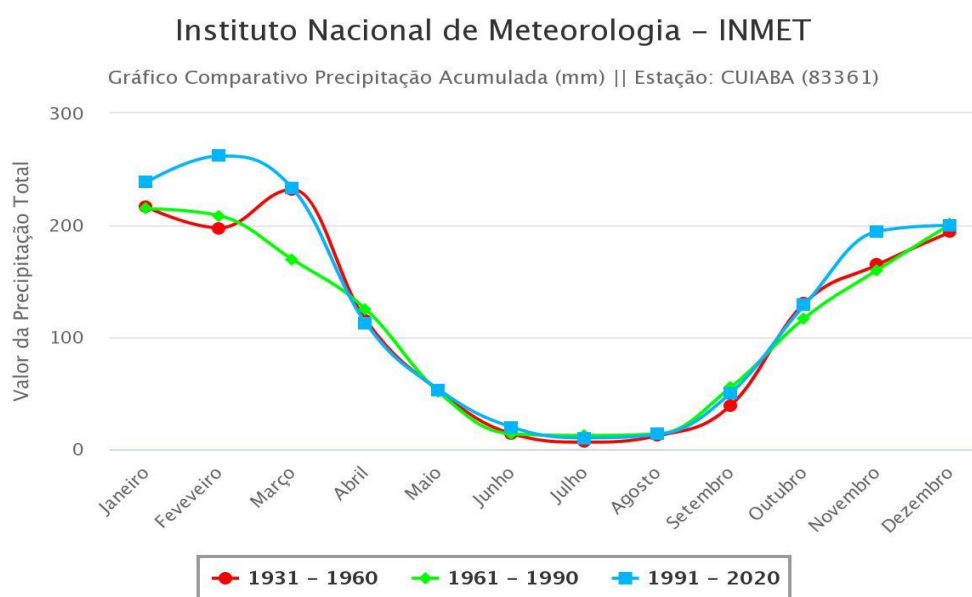


FIGURA 15: Normais climatológica da precipitação acumulada entre 1931 – 2020
FONTE: INMET, 2021

Conforme os dados citados acima, as elevadas temperaturas em Cuiabá e as poucas nebulosidades na maior parte do ano favorecem o desconforto térmico na

cidade, uma consequência da sua topografia e localidade com poucas correntes de ventos, sendo necessário os desenvolvimentos de dispositivos para amenizar a problemática (KARYN, 2016).

Um estudo desenvolvido por Brito (2018) através da análise espaço-temporal da ilha de calor urbana de superfície (IICUS) demonstrou que a cidade de Cuiabá possui focos de calor em bairros com menores índices de vegetação e maior densidade de construção, de tráfego e com superfícies de características térmicas diferentes do ambiente rural circundante. O mesmo estudo também demonstra que houve aumento significativo das médias de IICUS no período quente-úmido entre os anos de 1990 e 2009 em todas as regiões estudadas.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Área de Estudo

O local escolhido para desenvolver o trabalho é o Condomínio Residencial Canachuê (figura 16), um dos primeiros condomínios horizontais de casas padronizadas de Cuiabá da década de 90. O bairro onde situa-se o condomínio é conhecido como Barra do Pari e está localizado na região oeste do município de Cuiabá, em suas proximidades se encontram o shopping Estação e o Círculo Militar. O bairro é predominantemente formado por edificações residenciais geminadas do tipo unifamiliar com dois pavimentos.

Com relação à vegetação o bairro é bem arborizado, o círculo militar possui grande área verde, há o mini estádio Pelezinho, a praça Tadao Ito, e aos fundos do condomínio passa o rio Cuiabá. Já o condomínio em si não é tão arborizado.

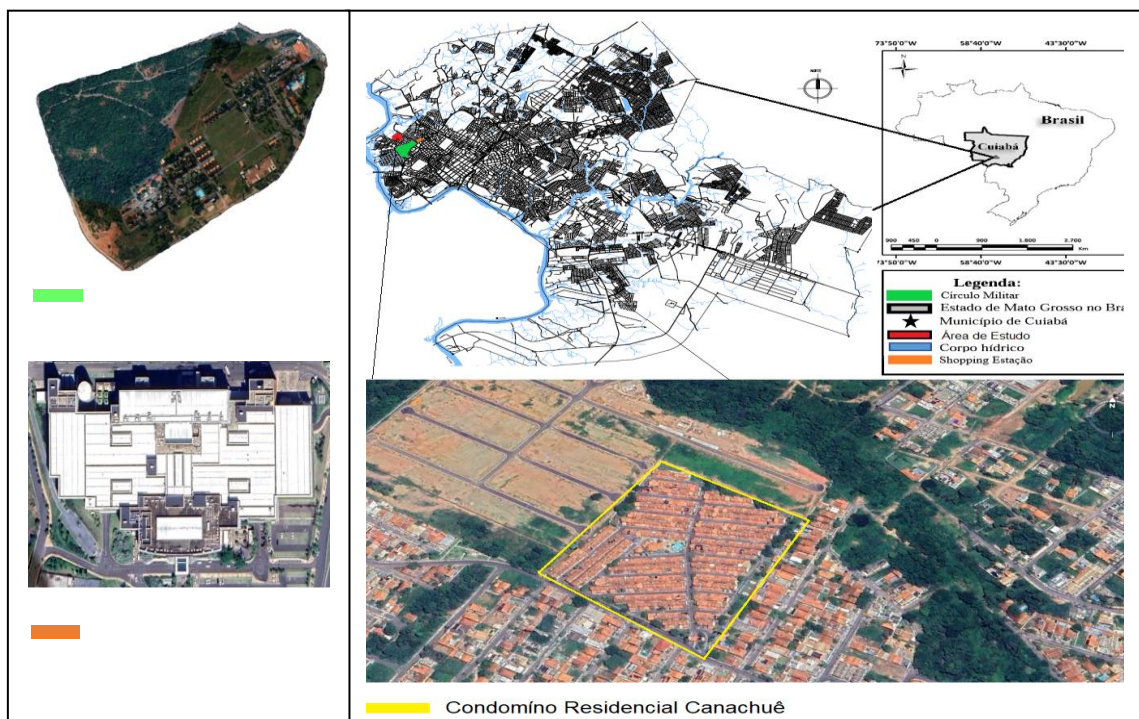


FIGURA 16: Localização da área de estudo

FONTE: Google Earth, 2022 (Adaptado)

O condomínio está localizado R. Profª. Neuza Lula Rodrigues, 150 - Barra do Pari, Cuiabá – MT, possui 5.44 hectares com superfícies heterogenias. Possui 443 casas com as fachadas frontais iguais, a maioria com cobertura de garagem e a porção dos fundos completamente construída, as casas não possuem jardim, ou seja, cada residência possui praticamente 100% do seu terreno impermeabilizado. Já as características da área do condomínio possuem vários tipos de superfícies como pavimento flexível (ruas de asfalto), calçamento em concreto (calçadas, estacionamentos e quadras esportivas), grama, árvores e piscina, além das edificações em alvenaria. As edificações são geminadas.

4.2. Procedimentos e Métodos

O desenvolvimento desta pesquisa adotou como base a metodologia adotada por KATZSCHNER, (1997) e OLIVEIRA, (1989). A metodologia proposta por Katzschner (1997), já foi aplicada no município de Cuiabá por Franco (2010), em pesquisa intitulada “configuração Urbana e interferência no Microclima Local – Estudo de Caso no Bairro Porto em Cuiabá-MT” (MACIEL et al. p.6. 2014).

Katzschner (1997), desenvolveu um método de análise do espaço urbano, onde é definido um de estudo que avalia as condições do clima urbano por meio de descrição qualitativa do espaço e de um sistema de classificação baseado nos padrões térmicos e dinâmicos do clima urbano, em relação à sua topografia, ao uso do solo, às áreas verdes e à altura dada às edificações, seguido por uma descrição quantitativa do espaço. O mesmo autor cita a importância de definir as variáveis que terão mais peso na classificação.

Já OLIVEIRA (1989), desenvolveu um trabalho redefinindo os atributos bioclimatizantes do formato urbano no que tange ao sítio e à tipologia urbana como solo, permeabilidade, porosidade, vegetação e outros. Sendo de suma importância para auxiliar o planejador e o projetista nas escolhas e decisões, pois trata a questão morfológica da fração urbana, seja para a concepção de uma cidade nova, seja

simplesmente para uma expansão urbana ou para uma intervenção com objetivo de renovação urbana em áreas degradadas.

Dentro da área do condomínio foram demarcados 10 (dez) pontos em um quadrante com 7.391.00m² (sete mil, trezentos e noventa e um metros quadrados) para área de estudo, deste modo é um estudo sob a ótica microclima dentro da camada intra-urbana (UCL). Esta área foi delimitada porque a ideia é analisar um quadrante que possua uma variedade de superfícies, como as edificações possuem praticamente as mesmas características a solução foi adotar como parâmetro as áreas do condomínio como o espaço de lazer e áreas verdes.

4.3. Transecto Móvel

A metodologia aplicada para a coleta dos dados de temperatura superficial, temperatura do ar, umidade do ar e temperatura de globo foi pelo método de transecto móvel onde, consistiu na definição de uma porção dentro do condomínio com trajeto demarcado com distancias pré-determinadas percorrido a pé para realização das medições.

De acordo com Cox (2008), o transecto móvel é um método de observação itinerante da temperatura e umidade do ar onde se utiliza sensores em um abrigo adequado sobre um veículo, que realiza um trajeto, sobre áreas com diferentes tipos de uso do solo.

São os objetivos e a finalidade do estudo que definem a extensão do transecto e a distância entre os pontos, os instrumentos utilizados são próprios para medir as variáveis meteorológicas a serem estudadas (CHEGURY, 2019).

A extensão do transecto e a distância entre os pontos amostrados dependem dos objetivos do estudo e da finalidade. Utilizam-se instrumentos próprios que contenham medidores das variáveis meteorológicas a serem estudadas adaptadas em abrigos artesanais ou comercializadas.

Assim, no campo, em cada ponto foram coletados dados como de temperatura do ar, temperatura superficial, temperatura do globo e umidade relativa do ar para subsidiar a análise de que forma essas variáveis se comportam naquele tipo de ambiente.

O percurso foi disposto para ser percorrido dentro de uma hora, ver figura 17.

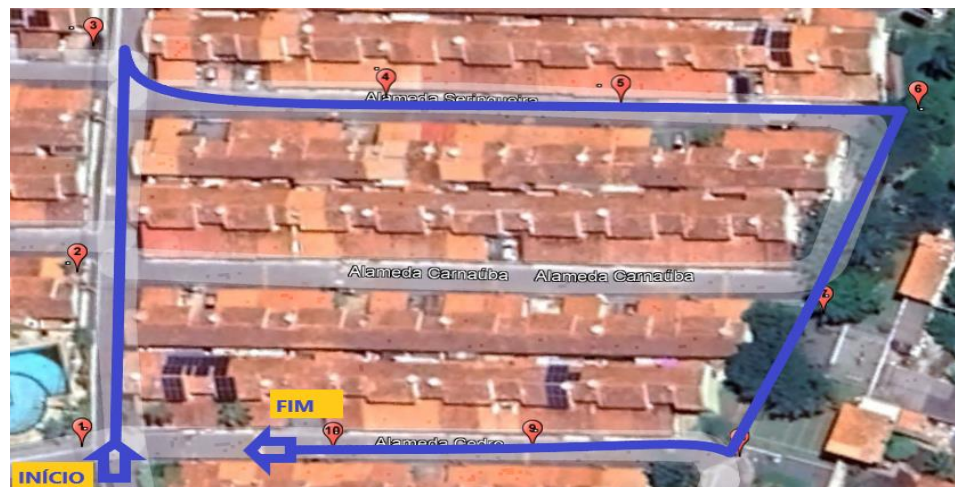


FIGURA 17: Percurso do transecto móvel

FONTE: Google Earth, 2022 (Adaptado)

Na Alameda Flamboiant foram locados os pontos 1, 2 e 3, na Alameda Seringueira os pontos 4, 5 e 6, na Alameda Carnaúba o ponto 7 e na Alameda Cedro os pontos 8, 9 e 10, finalizando neste último, realizando assim um transecto aberto.

4.4. Coleta dos Dados

A coleta dos dados foi realizada nos meses de maio, junho e julho, em três dias consecutivos de cada mês, em cada data da coleta foram realizadas três medições por dia, as 8h (matutino), 15h (vespertino) e 20h (noturno). Esses horários são os mais relevantes em estudos climáticos e também são estabelecidos como padrão da OMM (Organização Mundial de Meteorologia), (MACIEL et al. p.39. 2014).

Segundo Tocantins (2015) há diferenças de temperaturas em função da radiação solar, tal informação é relevante para este trabalho pelo fato de que há pontos de coleta sombreados e não sombreados.

No início da manhã parte-se das temperaturas mais amenas e umidade relativa atmosférica mais elevada, em face do acúmulo das várias horas sem radiação solar direta. No final de tarde se inverte o raciocínio, tendo-se, em média, temperaturas tendendo à redução, vinda de várias horas de efeitos da radiação solar direta e difusa sobre a atmosfera e a umidade relativa por sua vez começa a se recompor em face, dentre outros fatores, pelo viés de redução da temperatura de poucas horas antes.

A ideia de Tocantins reforça as recomendações de coleta de dados nos horários das 8h, 14h e 20h.

TABELA 3: Período de coleta dos dados

Ordem	Coleta	Horários
1º Medição	28/05/2022 à 30/05/2022	8h, 12h e 20h
2º Medição	24/06/2022 à 26/06/2022	8h, 15h e 20h
3º Medição	28/07/2022 à 30/07/2022	8h, 15h e 20h

A medição de 28 à 30/05/2022, do horário de 12h foi descartada para análise, haja visto que o melhor horário para a coleta seria as 14h. Pois de acordo com Mendonça (2019), o horário de 12h é o período em que geralmente há maior incidência solar e menor inclinação dos raios solares em relação a superfície possibilitando que os raios incidam sobre uma superfície menor, mesmo este sendo o momento de maior exposição à radiação, não será o de maior aquecimento durante o dia, pois há um atraso de mais ou menos três a quatro horas entre o momento em que o sol fornece a luz solar mais direta à Terra e quando a temperatura aumenta. Esse momento é chamado de resposta térmica. Deste modo, o horário de maior

aquecimento do dia durante o verão é, geralmente, entre 15h e 16:30h dependendo da cobertura de nuvens existente (YNOUE et al.,2017).

O trajeto foi percorrido a pé em menor tempo possível com intuito de evitar as diferenças de acesso solar nos pontos nos períodos diurno e também o tempo de dissipação de energia acumulada no período noturno.

4.5. Equipamentos Utilizados

Neste estudo, para a coleta de dados por meio de transecto móvel foram utilizados equipamentos para medir a temperatura superficial, temperatura do ar, umidade do ar e temperatura radiante.

Para medição da temperatura superficial foi utilizado termômetro digital infravermelho com mira laser (modelo MT-360, marca Minipa), conforme a figura 18. O equipamento opera em intervalo de temperatura do ar de -30°C a 550°C , com resolução de $(0,5^{\circ}\text{C}/1^{\circ}\text{C})$.



FIGURA 18: Termômetro digital infravermelho com mira laser (modelo MT-360)

FONTE: PRÓPRIA

Para a coleta das variáveis temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) e umidade do ar (%) no transecto foi utilizado o Termo-higrômetro digital portátil, Modelo HOBO tipo U12-012 com cabo externo TMC20-HB. O HOBO U12-012 registra medidas de temperatura do ar (T_{ar}), umidade relativa do ar (U_{r}) e temperatura de globo (T_{g}), com

medidas de resolução de 12 bits, com dados da T_g é possível calcular a temperatura radiante média (T_{rm}).

Os dados coletados pelo termo-higrômetro são salvos em um datalogger. O datalogger tem as dimensões de 58 x 74 x 22mm, conforme figura 19. O sensor é alimentado por baterias de substituição de lítio, e suporta também mais uma saída, o sensor TMC20-HD, capaz de medir a temperatura do ar, água ou solo com cabo de 6,1m, para uso em ambientes interiores, exteriores e submarinas.



FIGURA 19: Sensor datalogger - Modelo Hobo
FONTE: PRÓPRIA

Para proteção do Termo-higrômetro digital contra radiação, ventos e outras variáveis construiu-se um abrigo (figura 20) para coleta de dados no transecto móvel. Foi confeccionado no laboratório de instrumentação do Programa de Pós-graduação em Física Ambiental, utilizou-se um tubo de PVC branco para refletir a radiação. O tubo foi perfurado para permitir a passagem de ar e, na parte superior do tubo, foi colocado uma esfera de plástico de cor preta para proteger o sensor da radiação solar direta.



FIGURA 20: Abrigo para o datalogger Hobo
FONTE: PRÓPRIA

Através do termômetro de globo obtemos a temperatura radiante média (T_{rm}). Este instrumento de medição possui uma esfera pintada de preto, medindo aproximadamente 0,08 m de diâmetro, com um sensor de temperatura do ar no centro (GUO et al., 2018 apud JUSTI, 2021).

Para calcular T_{rm} em espaços abertos com ventilação natural, utiliza-se a seguinte equação:

$$T_{rm} = [(T_g + 273)^4 + \frac{1,1 \cdot 10^8 \cdot v^{0,6}}{\epsilon_g \cdot D^{0,4}} \cdot (T_g - T_a)]^{1/4} - 273 \quad (01)$$

Onde:

T_g : Temperatura do termômetro de globo ($^{\circ}\text{C}$);

v : Velocidade do vento (m/s^{-1});

ϵ_g : Emissividade do globo (0,9 para cor preto fosco);

D : O diâmetro do globo (0,08 m);

T_a : Temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$).

4.6. Análise Estatística

Os dados foram digitalizados e organizados em tabelas por meio do programa Microsoft Office Excel 2011®, os valores das variáveis Umidade relativa, Temperatura do ar e Temperatura superficial foram separados pelos horários de 08h e 20h e analisadas pelos critérios de porcentagens de área construída, asfalto e área verde.

O objetivo é verificar se há diferença estatística significativa entre os agrupamentos dentro do raio de 12,5 metros de cada porção. Dos pontos analisados foram estabelecidos parâmetros de porcentagem de área construída, asfalto e área verde, assim com base na tabela 07 (Porcentagem das superfícies) os dados coletados de Umidade relativa, Temperatura do ar e Temperatura superficial dos horários de 8h e 20h foram organizados conforme o valor da porcentagem estabelecido para aplicação do teste.

Inicialmente foi aplicado o teste de Shapiro-Wilk e percebeu-se que a distribuição dos dados não segue os pressupostos da utilização de estatística paramétrica, que é a normalidade dos dados e igualdade das variâncias, assim optou-se pelo uso da estatística não paramétrica. Então em vez de usar teste-t, fora utilizado Mann-Whitney.

O resultado será apresentado no final do capítulo seguinte.

4.7. Características das Porções Seleccionadas para Coleta de Dados

A seguir serão apresentadas e descritas as porções do Condomínio Canachué para a realização deste estudo. A figura 21 demonstra a distância entre eles. Para cada ponto foi selecionado uma porção com raio de 12,5 metros, com área de 490,87 metros quadrados e caracterizado as superfícies.



FIGURA 21: Disposição dos pontos no condomínio
FONTE: Google Earth, 2022 (Adaptado)

Na caracterização das porcentagens das superfícies foi utilizado imagem extraída do Google Earth em formato pdf, posteriormente utilizando o software AutoCAD a imagem do Google Earth foi posicionada na escala a partir de um ponto de referência e assim cada porção foi caracterizada.

Ponto 1: Localizado entre a Av. Flamboiant e Alameda Araucária, o local apresenta superfície de concreto pintada na cor cinza chumbo, a 8 metros de distância desse ponto existe uma piscina, além disso, próximo há também um jardim com diversas plantas.



FIGURA 22: Ponto 1



FIGURA 23: Ponto 1

Ponto 2: Localizado entre a Av. Flamboiant e Alameda Jatobá, o local apresenta superfície de concreto pintada na cor cinza chumbo, há uma Palmeira-princesa (*Dictyosperma album*), a edificação que fica atrás do ponto possui dois pavimentos com altura de 6,5 metros com cobertura de telhas cerâmicas do tipo romana, há uma área coberta tipo garagem com área de 29,5 metros quadrados com altura média de 2,7 metros sem forro e com fechamento lateral parcial com altura de 1,5 metros. A fachada da edificação é pintada nas cores salmão e marrom.



FIGURA 24: Ponto 2



FIGURA 25: Ponto 2

Ponto 3: Localizado entre a Av. Flamboiant e Alameda Aroeira, o local apresenta superfície de concreto pintada na cor cinza chumbo, a edificação que fica próximo do ponto possui dois pavimentos com altura de 6,5 metros com cobertura de telhas cerâmicas do tipo romana. A fachada da edificação é pintada nas cores salmão e marrom.



FIGURA 26: Ponto 3



FIGURA 27: Ponto 3

Ponto 4: Localizado na Alameda Seringueira, o local possui superfície de pavimento flexível (asfalto). A edificação que fica atrás do ponto possui dois pavimentos com altura de 6,5 metros com cobertura de telhas cerâmicas do tipo romana, há uma área coberta tipo garagem com área de 29,5 metros quadrados com altura média de 2,7 metros sem forro e com fechamento lateral parcial com altura de 1,5 metros. As edições são do tipo geminadas formando um corredor com casas com características semelhantes. A fachada da edificação é pintada nas cores salmão e marrom.



FIGURA 28: Ponto 4



FIGURA 29: Ponto 4

Ponto 5: Localizado na Alameda Seringueira, o local possui superfície de pavimento flexível (asfalto). A edificação que fica atrás do ponto possui dois pavimentos com altura de 6,5 metros com cobertura de telhas cerâmicas do tipo romana, há uma área coberta tipo garagem com área de 29,5 metros quadrados com altura média de 2,7 metros sem forro e com fechamento lateral parcial com altura de 1,5 metros. As edições são do tipo geminadas formando um corredor com casas com características semelhantes. A fachada da edificação é pintada nas cores salmão e marrom.



FIGURA 30: Ponto 5



FIGURA 31: Ponto 5

Ponto 6: Localizado na Alameda Seringueira, o local apresenta superfície de concreto pintada na cor cinza chumbo, com grama e arborizada no seu entorno. A edificação que fica próximo do ponto possui dois pavimentos com altura de 6,5 metros com cobertura de telhas cerâmicas do tipo romana, há uma área coberta tipo garagem com área de 29,5 metros quadrados com altura média de 2,7 metros sem forro e com fechamento lateral parcial com altura de 1,5 metros. A fachada da edificação é pintada nas cores salmão e marrom. No entorno existem diversos tipos de plantas, árvores e grama.



FIGURA 32: Ponto 6



FIGURA 33: Ponto 6

Ponto 7: Localizado na Alameda Carnaúda, o Local apresenta superfície com grama e arborizada, com pavimento rígido (pintado) e flexível no entorno. a edificação que fica próximo do ponto possui dois pavimentos com altura de 6,5 metros com cobertura de telhas cerâmicas do tipo romana, há uma área coberta tipo garagem com área de 29,5 metros quadrados com altura média de 2,7 metros sem forro e com fechamento lateral parcial com altura de 1,5 metros. A fachada da edificação é pintada nas cores salmão e marrom. No entorno existem diversos tipos de plantas, árvores e grama.



FIGURA 34: Ponto 7



FIGURA 35: Ponto 7

Ponto 8: Localizado na Alameda Cedro, o local apresenta superfície com grama e arborizada, com pavimento rígido (pintado) e flexível no entorno. a edificação que fica atrás do ponto possui dois pavimentos com altura de 6,5 metros com cobertura de telhas cerâmicas do tipo romana, a fachada da edificação é pintada nas cores salmão e marrom.

No entorno existem diversos tipos de plantas, árvores e grama.



FIGURA 36: Ponto 8



FIGURA 37: Ponto 8

Ponto 9: Localizado na Alameda Cedro, o local apresenta superfície de pavimento flexível e superfície de pavimento rígido (revestido com piso cerâmico na cor branca) no entorno. A edificação que fica atrás do ponto possui dois pavimentos com altura de 6,5 metros com cobertura de telhas cerâmicas do tipo romana, há uma área coberta tipo garagem com área de 29,5 metros quadrados com altura média de 2,7 metros sem forro e com fechamento lateral parcial com altura de 1,5 metros. As edições são do tipo geminadas formando um corredor com casas com características semelhantes. A fachada da edificação é pintada nas cores salmão e marrom.



FIGURA 38: Ponto 9



FIGURA 39: Ponto 9

Ponto 10: Localizado na Alameda Cedro, o local apresenta superfície de pavimento flexível e superfície de pavimento rígido no entorno. As edificações que ficam atrás do ponto possuem dois pavimentos com altura de 6,5 metros com cobertura de telhas cerâmicas do tipo romana, uma possui uma área coberta tipo garagem com área de 29,5 metros quadrados com altura média de 2,7 metros sem forro e sem fechamento lateral parcial, outra edificação ao lado não possui cobertura na garagem. As edições são do tipo geminadas formando um corredor com casas com características semelhantes. A fachada da edificação é pintada nas cores salmão e marrom.



FIGURA 40: Ponto 10



FIGURA 41: Ponto 10

5. APRESENTAÇÃO DA ANÁLISE DOS RESULTADOS

Com objetivo de evidenciar os efeitos que o meio físico construído interfere nas variáveis climáticas objeto deste estudo (temperatura superficial, temperatura do ar, umidade do ar e temperatura radiante) serão apresentados os dados coletados referentes as estas variáveis em tabelas e gráficos os resultados das medições.

Foram coletados dados da temperatura do ar e da umidade do ar (tabelas 4 e 5) da estação fixa A901 situada no Batalhão do Exército da 13ª Brigada de Infantaria Motorizada nas mesmas datas e horários da realização das medições no condomínio com objetivo de validar os dados deste. Abaixo seguem as informações. Tais dados servem como base de normalidade diária das variáveis em questão neste trabalho.

TABELA 4: Temperatura do ar da estação fixa A901

Estação fixa – Temperatura do ar - 2022									
Horário	28mai	29mai	30mai	24jun	25jun	26jun	28jul	29jul	30jul
8h	22.2 °C	24.1 °C	24.6 °C	21.1 °C	19.9 °C	18.9 °C	**	22.4°C	17.1°C
14h	29.9 °C	32.7 °C	32.1 °C	29.5 °C	27.6 °C	18.8 °C	32.3°C	29.1°C	22.0°C
20h	33.8 °C	34.7 °C	34.5 °C	33.3 °C	32.3 °C	24.5 °C	35.1°C	29.7C	30.3°C

FONTE: INMET, 2022

TABELA 5: Umidade do ar da estação fixa A901

Estação fixa – Umidade do ar - 2022									
Horário	28mai	29mai	30mai	24jun	25jun	26jun	28jul	29jul	30jul
8h	72 %	75 %	65 %	75 %	79 %	81 %	**	51%	76%
14h	48 %	43 %	41 %	40 %	41 %	77 %	33%	36%	63%
20h	34 %	31 %	32 %	25 %	28 %	56 %	19%	36%	33%

FONTE: INMET, 2022

**Sem dados registrados

5.1. Dados Quantitativos dos Ponto de Estudo

Para melhor compreensão, a superfície das porções dos pontos de coleta do transecto foram caracterizados de modo a facilitar a apresentação dos dados e o comportamento das variáveis.

Considerando que o sombreamento e o tipo de material da superfície interferem diretamente na temperatura do ar (T_{ar} °C) e a umidade relativa (U_r), a tabela 06 descreve a superfície na qual a medição da temperatura superficial (T_s °C) ocorreu e o sombreamento no momento da coleta, conforme o horário, determinados pontos apresentaram incidência solar direta na superfície. A tabela não se aplica ao período noturno uma vez que não há incidência solar.

TABELA 6: Característica da superfície e sombreamento

Pontos	Descrição	Sombreamento as 8h	Sombreamento as 14h
1	Concreto	Sombra	Sombra
2	Concreto	Sombra	Sol
3	Concreto	Sol	Sombra
4	Asfalto	Sombra	Sombra
5	Asfalto	Sombra	Sombra
6	Concreto	Sol	Sol
7	Grama	Sol	Sol
8	Grama	Sombra	Sombra
9	Asfalto	Sombra	Sombra
10	Asfalto	Sombra	Sol

Foi desenvolvido também a quantificação das porcentagens dos tipos de superfícies presentes nas porções para dinamizar a organização e comparação dos dados entre os pontos, a tabela 7 apresenta essas informações.

TABELA 7: Porcentagem das superfícies

Pontos	Área Construída - %	Asfalto - %	Concreto - %	Área Verde - %	Água - %
1	12,1	41,48	22,25	14,91	9,17
2	42,68	40,17	14,71	2,44	0
3	44,78	34,9	20,33	0	0
4	67,66	18,97	13,38	0	0
5	67,9	13,14	18,97	0	0
9	69,33	22,84	7,84	0	0
10	65,11	22,84	12,06	0	0
6	19,48	12,85	8,84	58,84	0
7	8,9	10,08	20,13	60,89	0
8	13,43	20,29	28,28	38,01	0

Os pontos foram ordenados pelas maiores semelhanças entre si, o ponto 1 é o único que possui água dentro de sua porção que abrange área recreativa do condomínio. A figura 42 permite uma visualização mais clara.

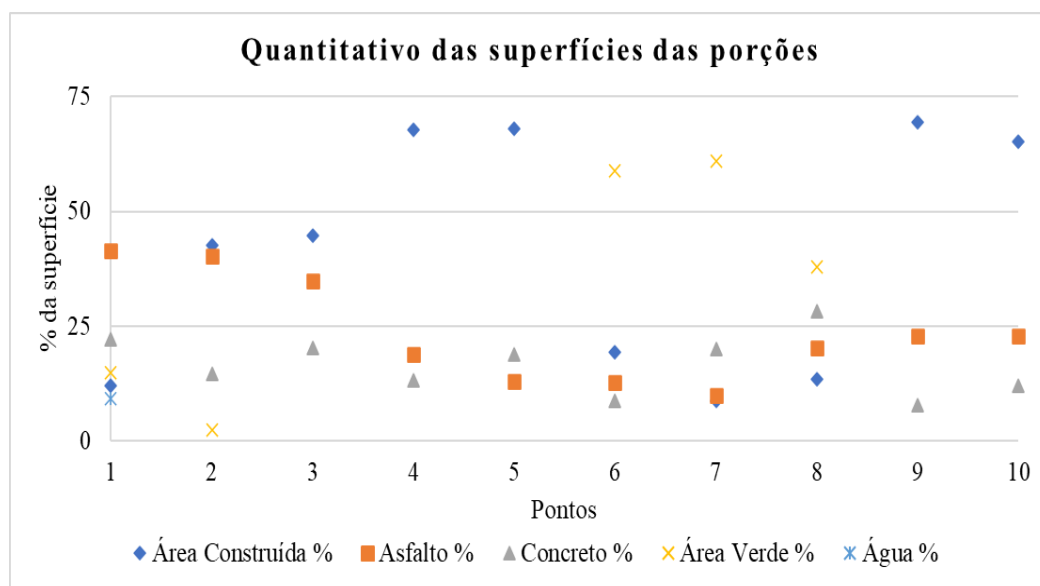


FIGURA 42: Porcentagens das superfícies

É notável maiores densidades de área construída são nos pontos 4, 5, 9 e 10, os que apresentam maiores áreas de superfícies com asfalto são os pontos 1, 2 e 3, já os pontos com maior área verde são os 6, 7 e 8. A figura 43 demonstra as porções sequencialmente conforme a tabela 7.



FIGURA 43: Porções dos pontos

5.2. Período Matutino (8h)

a) Temperatura do ar e Umidade relativa do ar

No período matutino das medições (8h), os pontos do transecto estão recebendo radiação solar em pouca intensidade ainda, com a temperatura do ar ainda baixa, a umidade do ar apresenta valores altos conforme a figura 44.

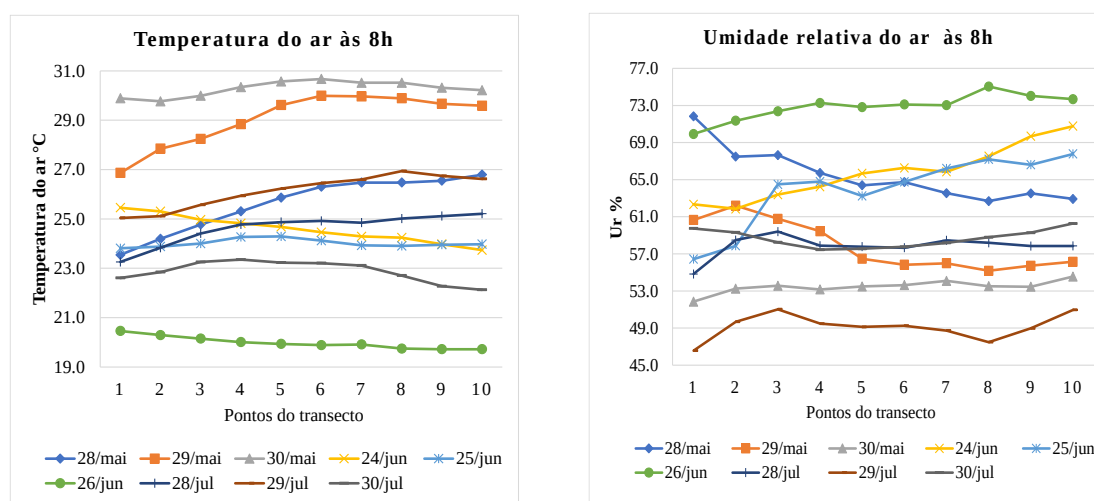


FIGURA 44: Temperatura do ar e Umidade relativa do ar às 8h

Conforme descrito anteriormente, a área de estudo possui construções com 6,5 metros de altura, árvores e diversos tipos de superfícies e durante a coleta dos dados no período matutino, devido ao fato do ângulo de incidência solar alguns pontos ainda não tinham recebido radiação solar direta, no caso os pontos 1, 2, 4, 5, 8, 9 e 10.

TABELA 8: Valores obtidos por transecto móvel – T ar °C às 8h

Transecto móvel - T ar °C 8h									
Ponto	28/mai	29/mai	30/mai	24/jun	25/jun	26/jun	28/jul	29/jul	30/jul
1	23,55	26,87	29,89	25,45	23,81	20,46	23,25	25,04	22,60
2	24,20	27,85	29,77	25,31	23,88	20,29	23,83	25,11	22,84
3	24,77	28,25	29,99	24,97	24,00	20,15	24,41	25,57	23,25
4	25,31	28,84	30,34	24,82	24,27	20,01	24,77	25,93	23,35

Ponto	28/mai	29/mai	30/mai	24/jun	25/jun	26/jun	28/jul	29/jul	30/jul
(continua)									
5	25,87	29,62	30,57	24,68	24,29	19,94	24,87	26,23	23,23
6	26,30	29,99	30,67	24,46	24,12	19,89	24,91	26,45	23,20
7	26,48	29,97	30,52	24,29	23,93	19,91	24,84	26,59	23,11
8	26,48	29,89	30,52	24,24	23,91	19,75	25,01	26,94	22,70
9	26,55	29,67	30,32	23,98	23,95	19,72	25,11	26,74	22,27
10	26,79	29,59	30,22	23,74	23,98	19,72	25,21	26,62	22,13

De acordo com a tabela 8, nas datas de 26 de junho e 30 de julho, em consequência de massa de ar fria houveram queda na temperatura.

No mês de maio a menor temperatura do ar foi registrada no ponto 1, 23,5 °C (28mai) e a maior temperatura do ar registrada foi no ponto 6, 30,67 °C (30mai)

No mês de junho a menor temperatura do ar registrada foram nos pontos 9 e 10, 19,72 °C (26jun), e a maior temperatura do ar registrada foi no ponto 1, 23,8 °C (25jun).

Já no mês de julho a menor temperatura do ar foi registrada no ponto 1, 22,6 °C (30jul) e a maior temperatura do ar registrada foi no ponto 9, 26,7 °C (29jul).

TABELA 9: Valores obtidos por transecto móvel – Ur (%) às 8h

Transecto móvel - Ur (%) 8h									
Ponto	28/mai	29/mai	30/mai	24/jun	25/jun	26/jun	28/jul	29/jul	30/jul
1	71,82	60,65	51,85	62,33	56,43	69,92	54,82	46,565	59,734
2	67,48	62,20	53,25	61,85	57,87	71,35	58,48	49,683	59,312
3	67,65	60,78	53,57	63,39	64,50	72,37	59,40	51,018	58,236
4	65,72	59,44	53,17	64,24	64,79	73,27	57,88	49,471	57,447
5	64,39	56,47	53,49	65,67	63,24	72,83	57,77	49,125	57,553
6	64,74	55,83	53,63	66,27	64,76	73,11	57,65	49,249	57,766
7	63,54	55,98	54,09	65,85	66,21	73,02	58,45	48,723	58,183
8	62,69	55,18	53,51	67,52	67,19	75,04	58,19	47,478	58,798
9	63,53	55,72	53,45	69,68	66,60	74,03	57,84	48,966	59,283
10	62,92	56,15	54,56	70,77	67,78	73,68	57,85	50,967	60,270

Como se pode observar na tabela 9, os menores índices de umidade foram no mês de julho com 47,47%.

Pontualmente, no mês de maio o menor valor de umidade relativa foi no ponto 10 com 54,56% (30mai); já o maior valor foi no ponto 1 com 71,8% (28mai).

No mês de junho o menor valor registrado foi no ponto 1 com 56,4% (25jun) e o maior registro foi no ponto 8 com 75,04% (26jun).

Já no mês de julho o menor registro foi no ponto 8 com 47,47% (29jul) e o maior registro foi no ponto 10 com 60,27% (30jul).

b) Temperatura superficial

Cada superfície se comporta de maneira diferente de acordo com suas propriedades. As superfícies que no momento da coleta dos dados estavam recebendo radiação solar direta foram as que apresentaram maiores temperaturas conforme a figura 45.

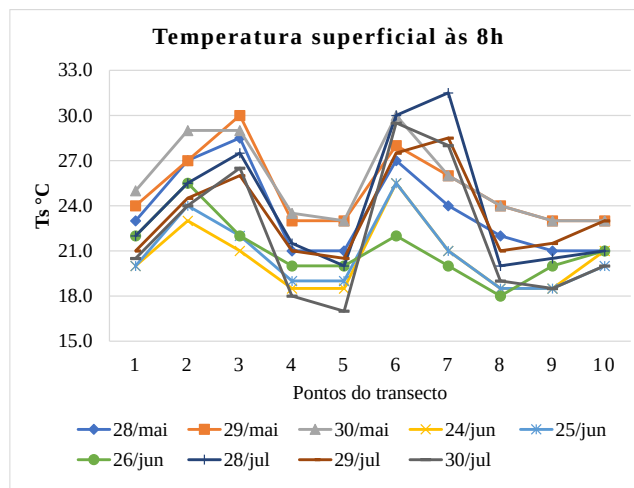


FIGURA 45: Temperatura superficial às 8h

TABELA 10: Valores obtidos por transecto móvel – Ts °C as 8h

Transecto móvel - Ts °C 8h									
Ponto	28/mai	29/mai	30/mai	24/jun	25/jun	26/jun	28/jul	29/jul	30/jul
1	23,0	24,0	25,0	20,0	20,0	22,0	22,0	21,0	20,5
2	27,0	27,0	29,0	23,0	24,0	25,5	25,5	24,5	24,0
3	28,5	30,0	29,0	21,0	22,0	22,0	27,5	26,0	26,5
4	21,0	23,0	23,5	18,5	19,0	20,0	21,5	21,0	18,0
5	21,0	23,0	23,0	18,5	19,0	20,0	20,0	20,5	17,0
6	27,0	28,0	30,0	25,5	25,5	22,0	30,0	27,5	29,5

Ponto	28/mai	29/mai	30/mai	24/jun	25/jun	26/jun	28/jul	29/jul	30/jul
(continua)									
7	24,0	26,0	26,0	21,0	21,0	20,0	31,5	28,5	28,0
8	22,0	24,0	24,0	18,5	18,5	18,0	20,0	21,0	19,0
9	21,0	23,0	23,0	18,5	18,5	20,0	20,5	21,5	18,5
10	21,0	23,0	23,0	21,0	20,0	21,0	21,0	23,0	20,0

c) Temperatura de Globo

A temperatura de globo (T_g °C) é uma variável utilizada no cálculo da Temperatura Radiante Média (T_{rm} °C). No período das 8h da manhã o tempo de incidência solar é baixo ainda, contudo alguns pontos apresentaram valores maiores que os demais devido a condição do sombreamento conforme mostra a figura 46.

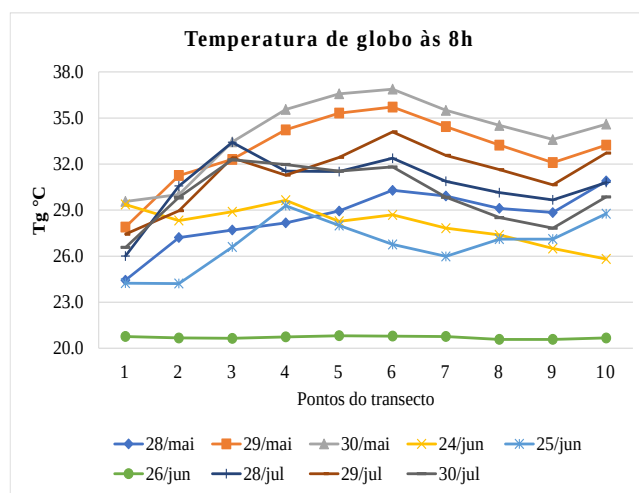


FIGURA 46: Temperatura de globo às 8h

TABELA 11: Valores obtidos por transecto móvel – T_g °C às 8h

Transecto móvel - T_g °C 8h									
Ponto	28/mai	29/mai	30/mai	24/jun	25/jun	26/jun	28/jul	29/jul	30/jul
1	24,4	27,9	29,6	29,4	24,2	20,8	26,0	27,4	26,6
2	27,2	31,3	30,0	28,3	24,2	20,7	30,6	29,0	29,8
3	27,7	32,3	33,4	28,9	26,6	20,7	33,4	32,4	32,3
4	28,2	34,2	35,6	29,6	29,3	20,7	31,5	31,3	32,0
5	28,9	35,3	36,6	28,3	28,0	20,8	31,5	32,4	31,5

Ponto	28/mai	29/mai	30/mai	24/jun	25/jun	26/jun	28/jul	29/jul	30/jul
(continua)									
6	30,3	35,7	36,9	28,7	26,8	20,8	32,4	34,1	31,8
7	29,9	34,4	35,5	27,8	26,0	20,8	30,9	32,6	29,8
8	29,1	33,2	34,5	27,4	27,1	20,6	30,1	31,6	28,5
9	28,8	32,1	33,6	26,5	27,1	20,6	29,7	30,6	27,8
10	30,9	33,2	34,6	25,8	28,8	20,7	30,8	32,7	29,9

O período de maiores valores obtidos foram no mês de maio (30mai) no ponto 6 com superfície de concreto que mesmo com áreas de vegetação na porção do ponto a incidência solar direta exerceu grande influência na Trm.

d) Temperatura Radiante Média

Como a velocidade do vento foi zero (v_0), o valor da Trm foi igual ao da Temperatura de globo, isso em todas as medições em todos os três horários.

5.3. Período Vespertino (14h)

a) Temperatura do ar e Umidade relativa do ar

No período vespertino, no horário de 14h as porções de coleta dos dados já receberam grande quantidade de radiação solar e houve tempo suficiente para a resposta térmica, as porções que receberam radiação solar direta são os pontos 2, 6, 7 e 10. O horário das 14h geralmente é o que apresenta maiores temperaturas.

Superfícies como concreto absorvem mais radiação que o asfalto e consequentemente emitem mais calor, o calor específico do concreto (1.00 J/kg.K) é maior que do asfalto (0.92 J/kg.K)

Como já dito anteriormente, por volta do horário de meio dia a incidência dos raios solares é maior e, portanto, absorvem mais radiação devido ao menor ângulo de incidência solar sobre a superfície.

A tabela 6 informa quais pontos receberam radiação solar direta (sol) e os pontos que receberam radiação solar difusa (sombra). Observa se na figura 47 que o mês que registrou o maior valor de temperatura foi o de junho.

Também na figura 47, neste período do dia (14h) devido ao aquecimento dos pontos, estes apresentam maiores valores de temperatura do ar e na proporção inversa apresentam também menores valores de umidade relativa do ar.

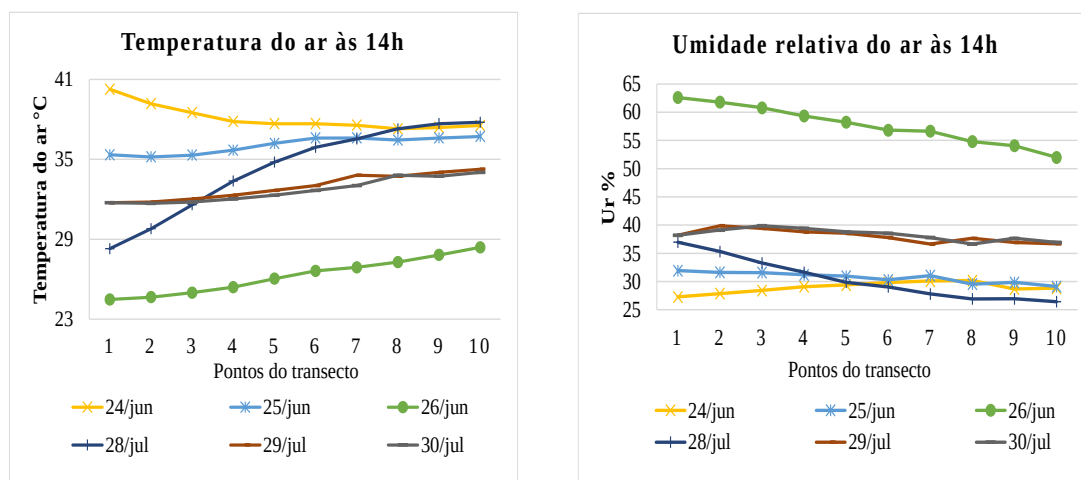


FIGURA 47: Temperatura do ar e Umidade relativa do ar às 14h

Tabela 12: Valores obtidos por transecto móvel – T ar °C às 14h

Transecto móvel - T ar °C 14h						
Ponto	24/jun	25/jun	26/jun	28/jul	29/jul	30/jul
1	40,30	35,30	24,50	28,30	31,70	31,70
2	39,20	35,20	24,70	29,80	31,80	31,70
3	38,50	35,30	25,00	31,60	32,00	31,80
4	37,80	35,70	25,40	33,40	32,30	32,00
5	37,70	36,20	26,00	34,80	32,70	32,30
6	37,70	36,60	26,60	35,90	33,00	32,70
7	37,60	36,60	26,90	36,50	33,80	33,00
8	37,30	36,40	27,30	37,30	33,70	33,80
9	37,40	36,60	27,80	37,70	34,00	33,70
10	37,50	36,70	28,40	37,80	34,30	34,00

As medições do mês de maio no período das 14h foram descartadas porque tais medições foram realizadas no horário de 12h.

No mês de junho a menor temperatura do ar registrada foi no ponto 1, 24,5 °C (26jun), e a maior temperatura do ar registrada foi no ponto 1, 40,3 °C (24jun).

Já no mês de julho a menor temperatura do ar foi registrada no ponto 1, 28,3 °C (28jul) e a maior temperatura do ar registrada foi também no ponto 1, 37,8 °C na mesma data.

Conforme a figura 47 o mês de junho apresentou maiores valores de umidade relativa, na figura 48 é possível observar que na mesma data (26jun) os valores da temperatura do ar foram menores.

TABELA 13: Valores obtidos por transecto móvel - Ur (%) às 14h

Transecto móvel - Ur % 14h						
Ponto	24/jun	25/jun	26/jun	28/jul	29/jul	30/jul
1	27,28	31,92	62,60	36,98	38,19	38,19
2	27,87	31,63	61,77	35,31	39,88	39,13
3	28,41	31,57	60,78	33,31	39,43	39,88
4	29,10	31,19	59,34	31,65	38,79	39,43
5	29,40	30,95	58,22	29,87	38,56	38,79
6	29,82	30,29	56,81	29,05	37,78	38,56
7	30,09	31,05	56,63	27,81	36,64	37,78
8	30,17	29,55	54,80	26,92	37,65	36,64
9	28,68	29,84	54,05	26,94	36,93	37,65
10	28,83	29,11	52,00	26,42	36,68	36,93

No mês de junho, pontualmente no dia 26, os valores de umidade relativa foram os maiores devido a frente fria neste dia, o ponto 1 apresentou maior valor. Ainda no mês de junho o menor valor foi também no ponto 1 em 24 de junho que também apresentou nesta data os maiores valores nos pontos 7 e 8.

b) Temperatura superficial

Neste período as superfícies, após o período de resposta térmica já receberam bastante radiação direta e difusa e os valores são maiores conforme a figura 48.

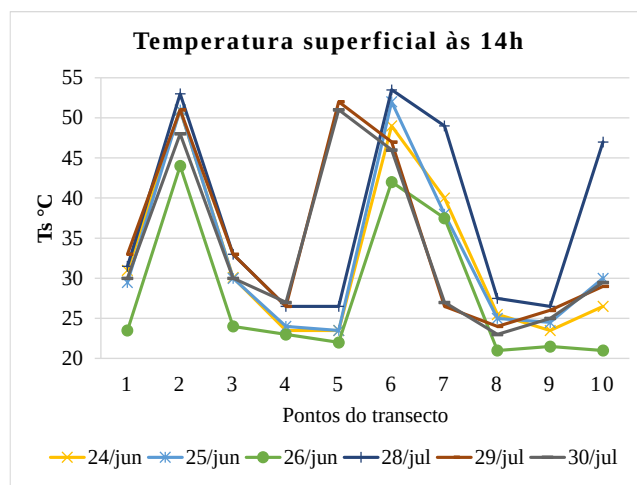


FIGURA 48: Temperatura superficial às 14h

Os pontos 2 e 6 apresentaram maiores picos, ambos de superfície de concreto.

TABELA 14: Valores obtidos por transecto móvel – T_s °C às 14h

Transecto móvel - T_s °C 14h						
Ponto	24/jun	25/jun	26/jun	28/jul	29/jul	30/jul
1	31,00	29,5	23,5	31,5	33	30
2	51,00	51	44	53	51	48
3	30,10	30	24	33	33	30
4	23,50	24	23	26,5	26,5	27
5	23,50	23,5	22	26,5	52	51
6	49,00	52	42	53,5	47	46
7	40,00	38	37,5	49	26,5	27
8	25,50	25	21	27,5	24	23
9	23,50	24,5	21,5	26,5	26	25
10	26,5	30	21	47	29	29,5

Em junho, no dia 24, o ponto 2 apresentou 51 °C, T_s maior entre os pontos devido a superfície de concreto e a radiação solar direta, e as menores temperaturas registradas nos pontos 4, 5 e 9 com superfície de asfalto sob a sombra apresentaram menor T_s com 23,5 °C. No dia 25 a maior temperatura foi registrada no ponto 6 em que sua superfície é de concreto recebendo radiação solar direta (52 °C).

Em julho as maiores temperaturas superficial foram respectivamente nos pontos 6 e 5. No ponto 6 foi registrado 53,5 °C em 28 julho e no ponto 5 foram registrados 52 °C e 51 °C em 29 e 30 de julho respectivamente.

c) Temperatura de globo

No período de 14h, como citado anteriormente devido ao maior nível de incidência solar, as superfícies estão irradiando mais calor conforme suas características físicas e mecânicas.

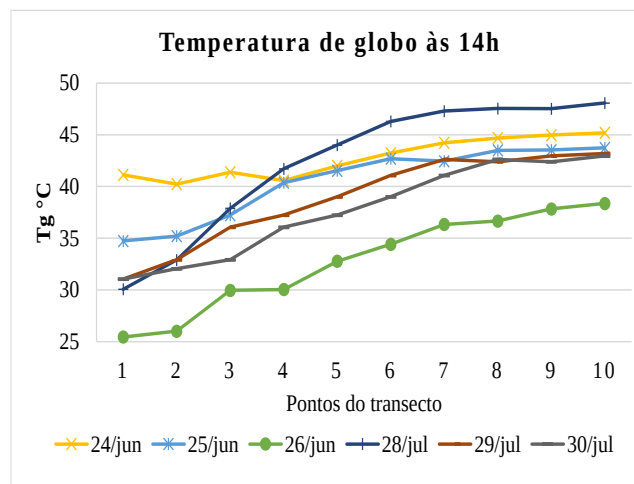


FIGURA 49: Temperatura de globo °C às 14h

Diante da figura 49, o que se percebe é que em quase todas as medições há um tendência de aumento de Tg até o ponto 6 e 7, e a partir do ponto 8 uma leve tendência de estabilidade.

Os pontos 6 e 7 receberam radiação solar direta no período de 14h, entretanto o ponto 6 tem superfície de concreto e o ponto 7 de superfície grama.

TABELA 15: Valores obtidos por transecto móvel – Tg °C às 14h

Transecto móvel - Tg °C 14h						
Ponto	24/jun	25/jun	26/jun	28/jul	29/jul	30/jul
1	41,1	34,7	25,5	30,1	31,1	31,1

Ponto	24/jun	25/jun	26/jun	28/jul	29/jul	30/jul
(continua)						
2	40,2	35,2	26,0	32,9	32,9	32,0
3	41,4	37,2	30,0	37,9	36,1	32,9
4	40,6	40,4	30,0	41,7	37,2	36,1
5	42,0	41,5	32,8	44,0	39,0	37,2
6	43,2	42,7	34,4	46,3	41,1	39,0
7	44,2	42,4	36,3	47,3	42,6	41,1
8	44,7	43,5	36,7	47,5	42,4	42,6
9	45,0	43,5	37,8	47,5	43,0	42,4
10	45,2	43,7	38,4	48,1	43,2	43,0

O maior valor registrado foi no ponto 8 com 44,7 °C em 24 de junho, subsequente nos pontos 8 e 9 com 43,5 °C em 25 de junho. Já a menor temperatura registrada foi no ponto 1 em 26 de junho.

5.4. Período Noturno (20h)

a) Temperatura do ar

No período noturno das medições (20h), os pontos do transecto não estão recebendo mais radiação solar. Após o pôr do sol, com a temperatura do ar baixa, a umidade do ar apresenta valores altos.

Analisando a figura 50 fica nítida a proporção inversa entre temperatura do ar e umidade relativa. Enquanto que no ponto inicial do transecto a temperatura do ar tende serem maiores e a umidade relativa menor, nos pontos finais do trajeto é a umidade relativa que tendem a ser maior e a temperatura do ar menor.

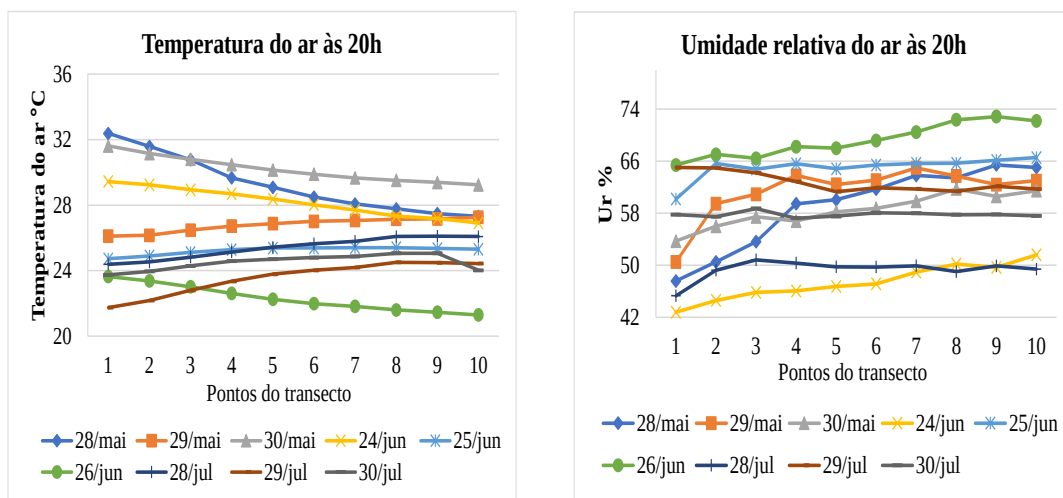


FIGURA 50: Temperatura do ar e Umidade relativa do ar às 20h

Na figura 50 é possível observar que no ponto 1 foram registradas as maiores temperaturas do ar.

TABELA 16: Valores obtidos por transecto móvel – T ar °C às 20h

Transecto móvel - T ar °C 20h									
Ponto	28/mai	29/mai	30/mai	24/jun	25/jun	26/jun	28/jul	29/jul	30/jul
1	32,4	26,1	31,6	29,4	24,7	23,6	24,4	21,7	23,7
2	31,6	26,2	31,2	29,2	24,9	23,4	24,5	22,2	24,0
3	30,8	26,5	30,8	28,9	25,1	23,0	24,8	22,8	24,3
4	29,7	26,7	30,5	28,7	25,3	22,6	25,1	23,4	24,6
5	29,1	26,9	30,1	28,4	25,4	22,3	25,4	23,8	24,7
6	28,5	27,0	29,9	28,0	25,4	22,0	25,6	24,0	24,8
7	28,1	27,1	29,7	27,7	25,4	21,8	25,8	24,2	24,9
8	27,8	27,1	29,5	27,3	25,4	21,6	26,1	24,5	25,1
9	27,5	27,2	29,4	27,2	25,4	21,5	26,1	24,5	25,1
10	27,3	27,3	29,2	26,9	25,3	21,3	26,1	24,4	24,0

No mês de maio foram registrados os maiores valores de temperatura do ar, abas no ponto 1 com 32,4 °C e 31,6 °C em nos dias 28 e 30. Já os menores registros foram no ponto 10 com 27,3 °C nos dias 28 e 29.

No mês de junho os maiores registros foram no ponto 1 com 29,4 °C no dia 24 e também nos pontos 7 e 8 com 25,4 °C em 25 de junho. No mesmo mês o menor registro foi no ponto 10 com 21,3 °C no dia 26.

Já no mês de julho o maior registro foi no ponto 7 com 25,8 °C no dia 28 e o menor registro foi no ponto 1 com 21,7 °C no dia 29.

TABELA 17: Valores obtidos por transecto móvel – Ur % às 20h

Transecto móvel - Ur % 20h									
Ponto	28/mai	29/mai	30/mai	24/jun	25/jun	26/jun	28/jul	29/jul	30/jul
1	47,6	50,5	53,7	42,7	60,2	65,4	45,3	65,0	57,8
2	50,5	59,5	56,0	44,6	65,7	67,0	49,2	64,9	57,4
3	53,6	60,9	57,4	45,8	64,8	66,4	50,8	64,2	58,7
4	59,4	63,8	56,8	46,0	65,6	68,2	50,3	62,8	57,2
5	60,1	62,4	58,2	46,7	64,8	68,0	49,8	61,3	57,6
6	61,7	63,1	58,7	47,1	65,4	69,2	49,7	61,9	58,1
7	63,8	65,0	59,8	48,9	65,6	70,5	49,9	61,7	58,0
8	63,4	63,7	61,7	50,2	65,7	72,4	49,0	61,4	57,8
9	65,4	62,4	60,6	49,7	66,1	72,9	49,9	62,1	57,8
10	65,0	63,0	61,5	51,6	66,5	72,2	49,4	61,7	57,6

No mês de maio o maior valor de umidade relativa registrado foi no ponto 9 com 65,5 % no dia 28 e o menor foi no ponto 1 na mesma data.

Em junho o maior registro foi no ponto 9 com 72,9 % no dia 26. Já o menor registro foi no ponto 1 com 42,7 % no dia 24.

No mês de julho o maior registro foi no ponto 3 com 58,7 % no dia 30 e o menor registro foi no ponto 1 com 45,3 % no dia 28

b) Temperatura superficial

No período noturno, sem a incidência solar as superfícies ainda irradiam calor, principalmente concreto e asfalto.

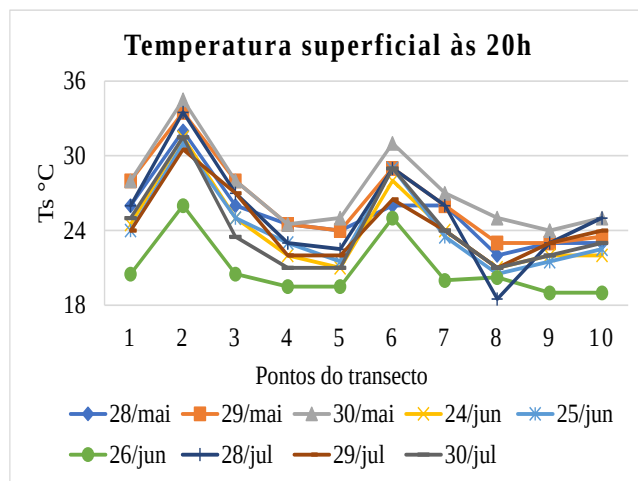


FIGURA 51: Temperatura superficial °C às 20h

Na figura 51 é possível observar que os pontos com maiores picos de temperatura superficial foram os pontos 2 e 6, ambos com superfície de concreto e que receberam radiação solar direta no período vespertino.

TABELA 18: Valores obtidos por transecto móvel – Ts °C as 20h

Transecto móvel - Ts °C 20h									
Ponto	28/mai	29/mai	30/mai	24/jun	25/jun	26/jun	28/jul	29/jul	30/jul
1	26	28	28	24,5	24	20,5	26	24	25
2	32	33,5	34,5	31,5	31	26	33,5	30,5	31,5
3	26	28	28	25	25	20,5	27	27	23,5
4	24,5	24,5	24,5	22	23	19,5	23	22	21
5	24	24	25	21	21,5	19,5	22,5	22	21
6	26	29	31	28	29	25	29	26,5	29
7	26	26	27	24	23,5	20	26	24	24
8	22	23	25	21	20,5	20,2	18,5	21	21
9	23	23	24	22	21,5	19	23	23	22
10	23	23,5	25	22	22,5	19	25	24	23

No mês de maio o maior registro de temperatura superficial foi no ponto 2 com 34,5 °C nos dias 30, o menor registro ocorreu no ponto 9 com 23 °C nos dias 28 e 29.

Já no mês de junho, o maior registro foi também no ponto 2 com 31,5 °C no dia 24 e o menor registro nos pontos 9 e 10.

Com relação ao mês de julho o maior registro foi também no ponto 2 com 33,5 °C e o menor valor foi de 21 °C no ponto 8 nos dias 29 e 30, e nos pontos 4 e 5 no dia 30.

c) Temperatura de globo

Mesmo no período noturno em que não há radiação solar, as superfícies ainda podem estar emitindo calor. A temperatura de globo ainda é de suma importância, pois através dela que se conhece a T_{rm} que é a diferença de T_{ar} (°C) com T_g (°C) e verificar a carga de radiação térmica no ambiente. A figura 52 demonstra por meio de gráfico os dados obtidos.

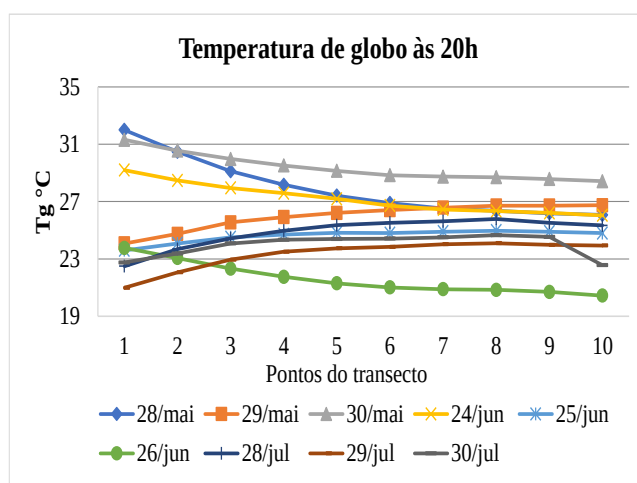


FIGURA 52: Temperatura de globo °C às 20h

TABELA 19: Valores obtidos por transecto móvel – T_g °C às 20h

Transecto móvel - T_g °C 20h									
Ponto	28/mai	29/mai	30/mai	24/jun	25/jun	26/jun	28/jul	29/jul	30/jul
1	32,0	24,1	31,3	29,2	23,6	23,8	22,5	21,0	22,8
2	30,5	24,8	30,5	28,5	24,1	23,1	23,7	22,1	23,4
3	29,1	25,6	30,0	27,9	24,5	22,3	24,4	22,9	24,1
4	28,2	25,9	29,5	27,6	24,7	21,7	25,0	23,5	24,3

Ponto	28/mai	29/mai	30/mai	24/jun	25/jun	26/jun	28/jul	29/jul	30/jul
(continua)									
5	27,4	26,2	29,1	27,2	24,8	21,3	25,4	23,7	24,4
6	26,9	26,4	28,8	26,7	24,8	21,0	25,5	23,8	24,4
7	26,5	26,6	28,7	26,5	24,9	20,9	25,6	24,0	24,5
8	26,4	26,7	28,7	26,3	25,0	20,8	25,8	24,1	24,7
9	26,2	26,7	28,6	26,2	24,9	20,7	25,5	24,0	24,5
10	26,1	26,7	28,4	26,0	24,8	20,4	25,3	23,9	22,6

No mês de maio os maiores valores de Tg °C registrados foram no ponto 1 com 32 °C e 31,3 °C nos dias 29 e 30. Os menores registros foram nos pontos 8, 9 e 10 com 26,7 °C no dia 29 e no ponto 10 com 26,1 °C no dia 28.

Em junho o maior valor registrado foi no ponto 1 com 29,2 °C no dia 24 e o menor no ponto 10 no dia 26.

Já em julho os maiores registros foram todos no ponto 8, sendo a maior de 25,8 °C no dia 28 e os menores valores foram todos no ponto 1, sendo o menor de 21 °C no dia 29.

5.5. Resultado da Análise Estatística

A tabela 20 apresenta os dados de maneira simplificada do teste de *Mann-Whitney*. Foi aplicado um teste não paramétrico devido a não normalidade dos dados.

TABELA 20: Dados simplificados do teste Mann-Whitney

Variáveis	T. ar °C		Ur%		T. s. °C	
	8h	20h	8h	20h	8h	20h
Á. Const.	p = 0,677	p = 0,805	p = 0,757	p = 0,431	p = <0,001	p = <0,001
Asfalto	p = 0,301	p = 0,672	p = 0,792	p = 0,072	p = <0,002	p = <0,001
Á. Verde	p = 0,558	p = 0,878	p = 0,947	p = 0,339	p = <0,034	p = 0,685

Para haver diferença estatística significativa p-valor deve ser menor que 0,05 (5%), onde na tabela 20, a única variável que apresentou p-valor $< 0,05$ foi Temperatura superficial (T. s. °C).

A seguir serão detalhados os resultados das variáveis em cada superfície.

a) Área construída

Para área construída foram separados em colunas os pontos com mais de 50% de área construída (pontos 4, 5, 9 e 10) e os pontos com menos de 50% de área construída (pontos 1, 2, 3, 6, 7 e 8) para aplicação do teste de Mann-Whitney.

A Temperatura do ar as 8 horas, a diferença nos valores das medianas (o teste de Mann-Whitney usa mediana) entre os dois grupos não é grande o suficiente para excluir a possibilidade de que a diferença se deva à variabilidade aleatória das medidas, logo não há diferença estatisticamente significativa (p-valor = 0,677). Para ser significativo, ou seja, igual estatisticamente, o p-valor precisa ser menor que 0,05 (5 %). A mediana, menor que 50% foi 24,80°C e a maior que 50% foi 24,99°C, foram muito próximas, possivelmente pelo fato de que pela manhã, o tempo de incidência solar é pequeno não sendo suficiente para aquecer. Para as 20 horas também não houve diferença estatística significativa (p-valor = 0,805), a mediana menor que 50% foi 25,50°C e a maior que 50% foi 26,10°C. A noite sem incidência solar é possível que já tenha ocorrido equilíbrio térmico entre as áreas.

A Umidade relativa do ar as 8 horas não houve diferença estatística significativa (p-valor = 0,757), sendo a mediana do menor que 50% com 60,35% e a maior que 50% foi 60,83%. As 20 horas também não houve diferença estatística significativa (p-valor = 0,431), com mediana do menor que 50% de 59,65% e maior que 50% de 61,40%. Possível também que já tenha ocorrido equilíbrio térmico entre as áreas.

Já na Temperatura do superficial a diferença nos valores das medianas entre os dois grupos é maior do que seria esperado a problemas aleatórios, então existe uma diferença estatisticamente significativa ($p = <0,001$) para ambos os horários. A 8h a mediana das áreas menores que 50% foi de 24°C e a das maiores de 50% foram de

21°C. As 20h a mediana das áreas menores que 50% foi de 26°C e a das maiores de 50% foram de 23°C.

Isso se deu possivelmente pelo fato de que dos pontos com mais áreas construídas o ponto 10 é o único que recebe radiação solar direta e somente no período vespertino e nos pontos com menores áreas construídas (2, 6 e 7) recebem radiação solar direta no período vespertino.

b) Asfalto

Aqui foram separados em colunas os pontos com mais de 30% de área de asfalto (pontos 1, 2, e 3) e os pontos com menos de 30% de área de asfalto (pontos 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10).

A Temperatura do ar as 8 horas, a diferença nos valores das medianas (o teste de Mann-Whitney usa mediana) entre os dois grupos não é grande o suficiente para excluir a possibilidade de que a diferença se deva à variabilidade aleatória das medidas, logo não há diferença estatisticamente significativa (p-valor = 0,301). Para ser significativo, ou seja, igual estatisticamente. A mediana dos pontos menores que 30% foi de 24,91° C e das maiores que 30% foi de 24,41°C.

Para as 20 horas também não houve diferença estatística significativa (p-valor = 0,672), A mediana dos pontos menores que 30% foi de 26,10°C e das maiores que 30% foi de 24,90°C.

A Umidade relativa do ar as 8 horas não houve diferença estatística significativa (p-valor = 0,792), sendo a mediana do menor que 30% foi de 60,68% e a maior que 30% foi de 60,24%. As 20 horas também não houve diferença estatística significativa (p-valor = 0,072), a mediana do menor que 30% foi de 61,7% e a maior que 30% foi de 57,4%.

Na Temperatura do superficial a diferença nos valores das medianas entre os dois grupos é maior do que seria esperado a problemas aleatórios, então existe uma diferença estatisticamente significativa para ambos os horários ($P = <0,002$ as 8h e $P = <0,001$ as 20h). As 8h a mediana dos pontos com área menor que 30% foi de 21°C e as com área maior que 30% foi de 24°C. As 20h a mediana dos pontos com área menor

que 30% foi de 23°C e as com área maior que 30% foi de 27°C, uma diferença de 4°C. No quesito asfalto, dos três pontos, o ponto 2 é o único que recebeu radiação solar direta no período vespertino e foi suficiente para que o grupo de 3 pontos tivesse uma diferença maior que 3°C em relação ao grupo de 7 pontos.

c) Área verde

Para área verde as colunas foram separadas com os pontos com mais de 50% de área verde (pontos 6, 7, e 8) e os pontos com menos de 50% de área verde (pontos 1, 2, 3, 4, 5, 9 e 10).

Para a Temperatura do ar as 8 horas a diferença nos valores entre os dois grupos não é grande o suficiente para excluir a possibilidade de que a diferença se deva à variabilidade aleatória das medidas, logo não há diferença estatisticamente significativa ($p\text{-valor} = 0,558$). Para ser significativo, ou seja, igual estatisticamente, o $p\text{-valor}$ precisa ser menor que 0,05 (5 %) sendo a mediana menor que 50% foi de 24,82°C e maior que 50% foi de 24,91°C.

No período das 20 horas também não houve diferença estatística significativa ($p\text{-valor} = 0,878$), onde o menor que 50% foi de 25,40°C e maior que 50% foi de 25,80°C.

Na Umidade relativa do ar as 8 horas não houve diferença estatística significativa ($p\text{-valor} = 0,947$), em que a mediana do menor que 50% foi 60,58% e maior que 50% foi 60,50%. As 20 horas também não houve diferença estatística significativa ($p\text{-valor} = 0,339$), a mediana do menor que 50% foi de 59,5% e maior que 50% foi de 57,85%.

Já na Temperatura superficial a diferença nos valores das medianas entre os dois grupos é maior do que seria esperado, então existe uma diferença estatisticamente significativa para o horário das 8 da manhã ($p = <0,034$).

As medianas do grupo com menor de 50% de área verde foi de 21,5°C e do grupo maior que 50% foi 24°C.

O grupo com área verde maior que 50% compreende 3 pontos onde pela manhã dois deles recebem radiação solar direta enquanto que outro grupo composto por 7

pontos (com menos de 50% de área verde) apenas um deles recebe radiação solar direta. Aqui vemos o quanto que a radiação solar direta sobre a superfície influencia na temperatura.

As 20 horas não houve diferença estatística significativa ($p\text{-valor}=0,685$) sendo a mediana do menor que 50% foi de 24°C e maior que 50% foi 25°C.

6. CONCLUSÃO

A concepção do condomínio é de casas geminadas de modo que não há espaços entre as edificações que facilitem a circulação de ar. Diante dos resultados, considerando as características de cada porção, as porcentagens de área construída, asfalto, concreto e área verde foi observado os pontos com maior temperatura do ar apresentaram menor umidade relativa do ar.

O ponto 1 em sua porção tem quase a metade de sua superfície composta por asfalto com 41,48%, é a segunda porção com maior superfície de concreto com 22,25% perdendo somente para a porção do ponto 8 e é a única que contem superfície de água foi o ponto que apresentou os maiores valores de temperatura do ar no período das 20h e naturalmente apresentou os menores valores em umidade relativa do ar, pois as duas variáveis são inversamente proporcionais. Mas os maiores valores de temperatura superficial não foram registrados no ponto 1, este não recebeu radiação solar direta no período das 8h e no período das 14h.

Os pontos com maiores registros de temperatura superficial no período das 20h foram os pontos 2 seguido do ponto 6. O ponto 2 recebe radiação solar direta somente no período das 14h, já o ponto 6 no período das 8h e das 14h. Só o ponto 2 possui 97,56% de superfícies de área construída, asfalto e concreto e o ponto 6 com 41,17%; a área verde do ponto 2 é de 2,44% contra 58,84% do ponto 6. Possivelmente essas diferenças superfícies de área construída, asfalto, concreto e área verde principalmente que torna o ponto 2 mais propício a retenção de energia uma vez que o ponto 6 recebe radiação solar direta em dois períodos.

Os pontos 3 e 6 tiveram maiores registros de temperatura superficial no período das 8h, ambas superfícies são de concreto, o ponto 3 não possui área vegetada e o ponto 6 tendo mais de 58% de área vegetada ainda apresentou os maiores picos de temperatura superficial, entretanto, o ponto 6 recebe radiação solar direta nos dois períodos diurnos enquanto que o ponto 3 recebe somente no período matutino.

Os pontos 4, 5, 9 e 10 são os pontos que em suas porções possuem mais de 65% de sua superfície formada por área construída conforme tabela 7 e as medições de temperatura superficial foram feitas sobre superfície de asfalto. Mas o ponto 10 é o único que recebe radiação solar direta no período vespertino, como consequência este ponto apresentou os maiores picos de temperatura radiante média em relação aos demais.

7. SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Com auxílio do software ENVI-met realizar uma modelagem do condomínio e simular as interações do meio construído com as variáveis climáticas objeto deste trabalho. Após a modelagem lá é possível substituir superfícies, cores de pintura de fachada e até mesmo criar espaços verdes e observar de que maneira as variáveis de comportam e comparar os dados com os deste trabalho.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

8.1. REFERÊNCIAS CITADAS

ANDRADE, H.; **O clima Urbano – Natureza, escalas de análise e aplicabilidade.** Finisterra, XL.; 80, 2005, p. 67-91.

AYOADE, J. O. **Introdução a Climatologia para os Trópicos.** 14. Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

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 Okonos.** In XI Simpósio de Sensoriamento Remoto - SBSR, Belo Horizonte, 2003. Anais... Belo Horizonte, 2003.

BRITO, P. V. de C. **Análise Espaço-Temporal das Ilhas de Calor Urbanas de Superfície na Cidade de Cuiabá-MT.** 2018. Tese (Doutorado em Física Ambiental) – Programa de Pós-graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.

CARVALHO, M. M. de. **Clima Urbano e Vegetação: Estudo Analítico e Prospectivo do Parque das Dunas em Natal.** 2001. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

CHEGURY, J. Q. B. de M. **Análise da Variação Termo-higrométrica e das Ilhas de Calor em Cuiabá-MT.** 2019. Tese (Doutorado em Física Ambiental) – Programa de Pós-graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.

CORRÊA, R. L. **O Espaço Urbano**. São Paulo. Ed. Ática, 1989.

COX, E. P. **Interação entre Clima e Superfície Urbanizada: O Caso da Cidade de Várzea Grande/MT**. 2008. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) – Programa de Pós-graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.

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

DUARTE, D. H. S.; SERRA, G. G. **Padrões de ocupação do solo e microclimas urbanos na região de clima tropical continental brasileira: correlação e proposta de um indicador**. Ambiente Construído. v.3, n.2, p.7-20, abr./jun.2003. ISSN 1415-8876. Porto Alegre, 2003.

ELGIZAWY, E. M. The effect of green facades in Landscape ecology. **Procedia Environmental Science**, v. 34. 2016. Disponível em: <https://ac.els-cdn.com/S1878029616300342/1-s2.0-S1878029616300342-ain.pdf?_tid=4cbcd30c-8690-4e07-84aa-a316a74963b2&acdnat=1536331325_84916199228679995a595f0a623ea5d1>. DOI:10.1016/j.proenv.2016.04.012 Acesso em: 03jun2022.

FERREIRA, J. C. V. **História de Cuiabá. Portal Mato Grosso**. 2017. Disponível em: <<http://www.portalmatogrosso.com.br/municipios/cuiaba/dados-gerais/historia-decuiaba>> Acesso em 27/mai/2022.

FRANCO, F. M. **Configuração urbana e sua interferência no microclima local: estudo de caso no bairro do porto em Cuiabá-MT**. 2010. 153f. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental), Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso.

FROTA, A. B., SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico: Arquitetura, Urbanismo**. — 5. ed. — São Paulo: Studio Nobel, 2001.

GANHO, Nuno. **Clima Urbano e a Climatologia Urbana Fundamentos e Aplicação ao Ordenamento Urbano**. 1999. Caderno de Geografia - Instituto de Estudos Geográficos. Universidade de Coimbra.

GARTLAND, L. **Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas**. Oficina de Textos, 2011.

JUSTI, A. C. A. **Avaliação Microclimática e de Conforto Térmico em Parques Urbanos com Corpos Hídricos na Cidade de Cuiabá-MT**. 2021. Tese (Doutorado em Física Ambiental) – Programa de Pós-graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.

KARYN, F. A. R. **Análise da Influência da Vegetação Arbórea no Comportamento Térmico dos Diferentes Tipos de Revestimento do Solo**. 2016. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) – Programa de Pós-graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.

KATZSCHNER, L. **Urban climate studies as tools for urban planning and architecture**. In: IV Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 1997, Salvador. Anais. Salvador: FAUUFBA/LACAM-ANTAC, 1997.

LAMBERTS, R. & DUARTE, C. P. V. **Desempenho Térmico de Edificações**. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil, Laboratório de Eficiência energética em edificações, 7ª ed., Florianópolis, mar. 2016.

LAURIEI, M. **Clima y microclima. Barcelona:** Gustavo Gili apud MASCARÓ MASCARÓ, L.; MASCARÓ, Juan. Vegetação urbana. UFRGS/FINEP. Porto Alegre, 2002.

LEÃO, É. F. T. B. **Carta Bioclimática de Cuiabá - Mato Grosso**. 2007. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) – Programa de Pós-graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.

LINCE, P. C. do C. **Vegetação e Revestimentos Urbanos: Implicações na Sensação Térmica dos Usuários do Campus da UFMT em Cuiabá-MT**. 2013. tese (Doutorado em Física Ambiental) – Programa de Pós-graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.

LIU, W.; HAN, Y.; LI, J.; TIAN, X. & LIU, Y. **Factors affecting relative humidity and its relationship with the long-term variation of fog-haze events in the Yangtze River Delta**. Atmospheric Environment, v. 193, p. 242-250, nov. 2018.

LUZ, E.G. da. **Influência da Morfologia no Microclima de Frações Urbanas em Cuiabá-MT**. 2020. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) – Programa de Pós-graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.

MACIEL, C. de. R.; NOGUEIRA, M. C. de. J. A; NOGUEIRA, J. de. S. **Ambiente urbano e suas implicações microclimáticas: estudo de caso em Cuiabá-MT**. Novas Edições Acadêmicas, Saarbrücken. 2014.

MAITELLI, G. T. **Interações Atmosfera-Superfície**. In: Moreno G.; Higa T. C. S.organizadores. Geografia de Mato Grosso: território, sociedade e ambiente. Entrelinhas: Cuiabá, 2005. 296p.

MARTINEZ GARCIA, P.F. **Características climáticas de los invernaderos de plástico**. Madrid: Instituto Nacional de Investigaciones Agrárias - INIA, 1978. 48p. (Hojas Tecnica, 19).

MASCARÓ, L. **Ambiência Urbana**. 1 ed. Porto Alegre: Sagra – DC Luzzatto, 1996.

MASCARÓ, L.; MASCARÓ, J. L. **Vegetação Urbana**. Porto Alegre. 3ª Edição, 2010.

MENDONÇA, L. C. de. **Sazonalidade das variáveis meteorológicas da APA de Guapimirim. 2019**. Instituto de Geociências - Curso de Bacharelado em Ciência Ambiental - Trabalho de Conclusão de Curso II. Niterói – RJ.

MONTEIRO, C. A. de F. **Teoria e Clima Urbano**. São Paulo, IGEOG/USP, 1976, 181p. (Série Teses e Monografias, 1).

MONTEIRO, C.A.F. **Teoria e Clima Urbano**. São Paulo: IGEOG/USP, 1975.

MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. Clima Urbano. São Paulo: Editora Contexto, 2003.

MOREIRA, J. C.; SENE, E. D. **Geografia**. São Paulo: Scipione, 2005.

MORENO, G.; HIGA, T. C. S., (orgs.); colaboradora MAITELLI, G. T. **Geografia de Mato Grosso: território, sociedade, ambiente**. Cuiabá: Entrelinhas, 2005. pg.238-287. NASCIMENTOD. T. F.; OLIVEIRA, I. J. de. (2013) Mapeamento do Processo Histórico de Expansão Urbana do Município de Goiânia-Go. Universidade Federal de Goiás.

NICODEMO, MARIA L. F.; PRIMAVESI, O. do. **Por que manter árvores na área urbana?** São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2009. Disponível em: <http://www.hympar.ufscar.br/arquivos/EMBRAPA_Documentos89.pdf>. Acesso em 02jun2022.

OKE, T. R. **City sizeandtheurbanheat island**. AtmosphericEnvironmentPergamon Press 1973. Vol. 7, Canada. 1973.

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

OKE, T. R. **Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: comparison of scale model and field observations**. Journal of Climatology, v.1, 1981.

OKE, T. R. **Sitingandexposureofmeteorologicalinstrumentsaturban sites**. InternationalTechnical Meeting on Air PollutionModellingand its Application. 2004.

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

OLIVEIRA, A. S. de. **Influência da vegetação arbórea no microclima e uso e praças públicas**. 162 f. Tese (Doutorado em Física Ambiental) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2011.

OLIVEIRA, P. M. P. – **Cidade apropriada ao clima: a forma urbana como instrumento de controle do clima urbano**. Vol. 1 - Brasília, Ed. UNB, 1989.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres 1981.

PAULA, D. C. J. de. **Análise Termohigrométrica Pós Intervenções Urbanas em Cuiabá-MT**. 2017. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) – Programa de Pós-graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.

PETERSEN, J. F.; SACK, D. & GABLER, R. E. **Fundamentos de Geografia física**. São Paulo: Cengage Learning, 2014. p. 1-480.

PRIMAVESI, O.; ARZABE, C.; PEDREIRA, M.S. **Aquecimento global e mudanças climáticas: uma visão integrada tropical**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2007.

RAMPAZZO, C. R. **Clima e produção do espaço urbano: contribuição ao estudo da Geografia do Clima no contexto das cidades de São Carlos e Marília**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" Faculdade de Ciências e Tecnologia. 2015.

ROMERO, M. A. B. **Princípios Bioclimáticos para o Desenho Urbano**. São Paulo: 1988.

ROMERO, M. A. B. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano**. São Paulo: Projeto, 2000, 2ª edição.

SAMPAIO, M.M.A. **Análise do desempenho térmico e lumínico de habitações populares em Cuiabá-MT.** 110 f. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) – Departamento de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2006.

SANTOS, F. G. C. d. **Análise Termohigrométrica de Porção Urbana em Função da Morfologia e Revestimentos do Solo na Cidade de Cuiabá-MT.** 2020. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) – Programa de Pós-graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.

SILVA, H. C. A. da. **Diferenças Térmicas e Higrométricas no ano de 2016 em Brasília-DF: Subsídios para a Definição do Clima Urbano.** 2016. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-graduação do Departamento de Geografia - Instituto de Ciências Humanas, Universidade de Brasília, Brasília.

SILVA, S. A. de. **Clima Urbano: Análise do Campo Termo-higrométrico em episódios de Inverno e Primavera em Ituiutaba-Mg.** 2019. Dissertação (Mestrado em Geografia) Programa de Pós Graduação em Geografia do Pontal - Universidade Federal de Uberlândia – MG.

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

TOCANTINS, I. **Praças Públicas em Cuiabá-MT: Influências nas Variáveis Microclimáticas.** 2015. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) – Programa de Pós-graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e climatologia**. Versão Digital 2. ed. Recife: [s.n.], 2006. Disponível em: <http://www.icat.ufal.br/laboratorio/clima/data/uploads/pdf/METEOROLOGIA_E_CLIMATOLOGIA_VD2_Mar_2006.pdf>. Acesso em: 28 maio 2022.

YNOUE, R. Y.; REBOITA, M. S.; AMBRIZZI, T. & DA SILVA, G. A. M. **Meteorologia: noções básicas**. São Paulo: Oficina de textos, 2017.

ZAVITOSKI, E.V. da. S. **Análise Termo-higrométrica nos Eixos Viários Centrais da Malha Urbana Original de Sinop-MT**. 2018. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) – Programa de Pós-graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.

8.2. REFERÊNCIAS CONSULTADAS

ALMANAQUE CUIABÁ. Ano VIII. **De Cultura Popular e Cotidiano. Aspectos Físicos do município de Cuiabá**. Disponível em: <<https://almanaquecuiaba.com.br/aspectos-fisicos-do-municipio-de-cuiaba/>> Acesso em: 04jun2022.

ANGELOCCI, L. R.; PEREIRA, A. R.; SENTELHAS P.C. **Agrometeorologia - Fundamentos e Aplicações Práticas**. 1. ed., Guaíba, RS: Livraria e Editora Agropecuaria Ltda., 2002, 475p.

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

Departamento de Tecnologia da Arquitetura. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2015.

EPA. United States. **Environmental Protection Agency**. Disponível em: <<http://www.epa.gov>>. Acesso: 06/06/2021.

GUITARRARA, Paloma. "**Cuiabá**"; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/brasil/cuiaba.htm>. Acesso em 08 de maio de 2022.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Cidade de Cuiabá, Disponível em <http://www.cidades.ibge.gov.br/painel>, Acesso em: 04jun2022.

INNMET - **Instituto Nacional de Meteorologia**. Clima – Normais Climatológicas. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/>> Acesso em: 28jul2022.

LEÃO, E. B. **Carta Bioclimática de Cuiabá**. 2007.147 f. Dissertação. (Mestrado em Física e Meio Ambiente) - Departamento de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2007.

Lei 4719/04 | Lei nº 4719 de 30 de dezembro de 2004. **DISPÕE SOBRE A AMPLIAÇÃO DOS LIMITES DO PERÍMETRO URBANO DO MUNICÍPIO DE CUIABÁ, DEFINIDO PELA LEI Nº 4.598 DE 08/07/2004**. AUTOR: EXECUTIVO MUNICIPAL.

MARIN, F. Aula 3 - **Balanço de Radiação e Energia em Superfícies Naturais**. Departamento de Engenharia de Biosistemas. Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura "Luiz De Queiroz". Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5665222/mod_resource/content/0/LEB306_

Marin%20Topico3%20-%20Balanco%20Rad%20e%20Energia%20%2B%20Mud%20Clima%20%2B%20Geada.pdf>. Acesso em: 24mai2022.

MENDONÇA, F. A. **O clima e o planejamento urbano de cidades de porte médio e pequeno.** Proposição metodológica para estudo e sua aplicação à cidade de Londrina /PR. 1994. Tese (Doutorado em Geografia Física) -Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

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

MONTEIRO, C.A.F. **A cidade como processo derivador ambiental e a geração de um clima urbano: estratégias na abordagem geográfica.** Geosul, Florianópolis, v. 5, n. ja/ju 1990, p. 80-114, 1990.

RIBEIRO, Amarolina. Graduada em Geografia. **Depressão Relativa e Depressão Absoluta.** Disponível em: < <https://escolakids.uol.com.br/geografia/depressao-relativa-depressao-absoluta.htm>>. Acesso em: 08mai2022.