

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

***ANÁLISE DO COMPORTAMENTO TERMO-
HIGROMÉTRICO URBANO SOB A ÓTICA DO USO E
OCUPAÇÃO DO SOLO EM CUIABÁ - MT***

FERNANDA MIGUEL FRANCO

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

Cuiabá, MT
Dezembro/2013

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

***ANÁLISE DO COMPORTAMENTO TERMO-
HIGROMÉTRICO URBANO SOB A ÓTICA DO USO E
OCUPAÇÃO DO SOLO EM CUIABÁ - MT***

FERNANDA MIGUEL FRANCO

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

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

Cuiabá, MT
Dezembro/2013

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

F825a Franco, Fernanda Miguel.
ANÁLISE DO COMPORTAMENTO TERMO-HIGROMÉTRICO URBANO
SOB A ÓTICA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM CUIABÁ - MT / Fernanda
Miguel Franco. -- 2013
xii, 124 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientadora: Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física,
Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Cuiabá, 2013.
Inclui bibliografia.

1. Clima urbano. 2. Vegetação. 3. Planejamento urbano. I. Título.

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

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

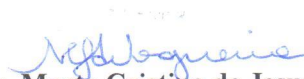
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental

FOLHA DE APROVAÇÃO

**TÍTULO: ANÁLISE DO COMPORTAMENTO TERMO-
HIGROMÉTRICO URBANO SOB A ÓTICA DO USO E
OCUPAÇÃO DO SOLO EM CUIABÁ-MT**

AUTORA: FERNANDA MIGUEL FRANCO

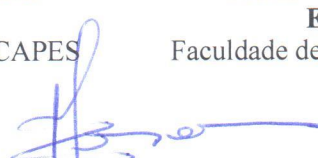
Tese de Doutorado defendida e aprovada em 03 de dezembro de 2013, pela comissão julgadora:


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


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


Prof. Dr. Osvaldo Borges Pinto Junior
Examinador Interno
Programa Nacional de Pós Doutorado - CAPES


Profa. Dra. Gianna Melo Barbirato
Examinadora Externa
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - UFAL


Profa. Dra. Elcione Maria Lobato de Moraes
Examinadora Externa
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - UFPA

DEDICATÓRIA

**Dedico este trabalho a Deus,
criador do universo...**

AGRADECIMENTOS

- A Prof.^a Dr.^a Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira pela amizade, paciência e pelo exemplo de organização e direcionamento que possibilitou a concretização desse trabalho.
- Ao Prof. Dr. José de Souza Nogueira pela dedicação e empenho no Programa de Pós-graduação.
- Aos professores do Programa de Pós-graduação em Física Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT).
- Ao Professor Osvaldo Borges pela preciosa ajuda nas análises estatísticas do trabalho.
- Ao Professor Carlo Raph De Muis, pela ajuda no delineamento das análises de dados e empréstimo de equipamentos.
- Aos companheiros da Pós-graduação em especial: Ândria, Ludymilla, Karyna Ângela, Carol, Laís, Paulo Nince, Luciane, Ivan, pela troca de experiência.
- Aos Alunos de Iniciação Científica pela preciosa ajuda na coleta de dados, e confecção de mapas, Gabriela, Ângela, Natália e Bianca.
- A Nádia pela aula que possibilitou a confecção dos gráficos no SigmaPlot11.
- Em especial a três amigos Flávia, Erondina e Osvaldo, obrigada pelos almoços, pelas risadas e pela amizade, imprescindível.
- Ao meu companheiro Arthur G. S. Chaves, pelo auxílio nos levantamentos fotográficos e coleta de dados, pelo amor e carinho nos momentos difíceis.
- A meus pais Sérgio e Neuza, e aos meus irmãos Sérgio e Tiago, por ser o meu maior incentivo para continuar caminhando.
- Ao Cesário e Soilce pelo auxílio técnico na secretaria da Pós-Graduação em Física Ambiental (UFMT).
- A todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram no desenvolvimento desta pesquisa.
- À FAPEMAT através do Programa de Apoio a Núcleos de Excelência (PRONEX) pelo apoio financeiro ao projeto de pesquisa processo n. 823971/2009.
- A CAPES e ELETROBRÁS pelo apoio financeiro para esta pesquisa.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	III
LISTA DE TABELAS	VIII
LISTA DE QUADROS	IX
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS	X
RESUMO	XI
ABSTRACT	XII
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. PROBLEMÁTICA	1
1.2. JUSTIFICATIVA.....	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. FATORES QUE INTERFEREM NA PAISAGEM URBANA	4
2.1.1. <i>Clima urbano e escalas meteorológicas</i>	4
2.1.2. <i>Causas das modificações dos microclimas urbanos</i>	5
2.1.3. <i>A climatologia e o planejamento urbano</i>	9
2.2. CANYON URBANO	11
2.3. VEGETAÇÃO	14
2.3.1. <i>Conceituação de Áreas Verdes</i>	14
2.3.2. <i>Vegetação e seus benefícios</i>	16
2.4. ELEMENTOS DE ÁGUA.....	18
2.5. PLANEJAMENTO URBANO CLIMATICAMENTE ORIENTADO	19
2.6. CLIMA DE CUIABÁ.....	21
3. ÁREA DE ESTUDO	24
3.1. A CIDADE DE CUIABÁ - MT	24
3.2. EVOLUÇÃO URBANA	27
3.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA ÁREA DE ESTUDO	29
3.4. PERFIL DOS BAIRROS ESTUDADOS.....	30
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	34

4.1.	INSTRUMENTAÇÃO UTILIZADA NA COLETA DE DADOS	34
4.2.	METODOLOGIA DA COLETA DE DADOS NO TRANSECTO MÓVEL	37
4.3.	ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS	39
4.3.1.	<i>Análise de agrupamento</i>	39
4.3.2.	<i>Geoestatística</i>	40
4.4.	CARACTERIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETAS DE DADOS MÓVEIS	41
4.4.1.	<i>Caracterização de uso e ocupação do solo</i>	41
4.4.2.	<i>Caracterização do canyon urbano</i>	42
5.	RESULTADO E DISCUSSÕES	66
5.1.	CARACTERIZAÇÃO MICROCLIMÁTICA DO PERÍODO DE COLETA DE DADOS... 66	
5.2.	ANÁLISE DA MÉDIA DA TEMPERATURA DO AR E UMIDADE RELATIVA NO TRANSECTO MÓVEL	70
5.4.	ANÁLISE DA CLASSIFICAÇÃO DA COBERTURA DO SOLO	80
5.5	ANÁLISE DO FATOR CANYON URBANO.....	85
5.6.	ANÁLISE DA RADIAÇÃO SOLAR DOS PONTOS DO TRANSECTO.....	89
5.7.	MAPAS DOS AMBIENTES TÉRMICOS DA ÁREA DE ESTUDO	91
5.8.	ANÁLISE DE AGRUPAMENTO.....	95
5.9.	EXEMPLOS DE INTERVENÇÕES PARA A MELHORIA DA QUALIDADE CLIMÁTICA URBANAS.....	102
5.10.	COMENTÁRIOS GERAIS.....	110
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	112
6.1.	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	113
7.	BIBLIOGRAFIAS	115
7.1.	BIBLIOGRAFIAS CITADAS	115
7.2.	BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS	123

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Escalas de classificação climática	5
Figura 2 - Benefícios proporcionados pelas Áreas Verdes Urbanas categorizadas como Praças, Canteiros Centrais e Parques Urbanos.....	15
Figura 3 - Médias mensais da temperatura (°C) do ar observada em Cuiabá nos anos de 1970 a 2007 com dados do 9º Distrito de Meteorologia.	23
Figura 4 - Médias mensais da umidade relativa observada em Cuiabá nos anos de 1970 a 2007 com dados do 9ºDistrito de Meteorologia.	23
Figura 5 - Localização da área de estudo no município de Cuiabá-MT	24
Figura 6 – Localização de Cuiabá na Depressão Cuiabana	25
Figura 7 - Rios presentes na região leste da cidade (Córrego do Gambá, córrego Barbado, Rio Coxipó, córrego Fundo, córrego do Moinho, córrego Bangue).....	26
Figura 8 - Plano da Villa do Cuiabá. A imagem traz a data de 1786, e mostra o núcleo urbano e a sua ligação com o Porto, às margens do Rio Cuiabá	27
Figura 9 – Mapa da ocupação urbana de Cuiabá-MT	28
Figura 10 – Mapa de indicação das regiões (Norte, Oeste, Leste e Sul) da cidade de Cuiabá-MT	29
Figura 11 – Delimitação dos bairros Boa Esperança, Santa Cruz e Jardim Universitário.....	32
Figura 12 – Delimitação do bairro Boa Esperança	32
Figura 13 – Delimitação do bairro Santa Cruz	33
Figura 14 – Delimitação do bairro Jardim Universitário	33
Figura 15 - Localização da estação de monitoramento micrometeorológico.....	34
Figura 16 - Estação micrometeorológica automática Vantage Pro 2 Plus (marca <i>Davis Instruments</i>)	35
Figura 17 - Instrumentação para as medições móveis de temperatura do ar.....	36
Figura 18 -Instrumentação para as medições móveis de umidade relativa e radiação solar	37
Figura 19 - Delimitação da área de estudo com a marcação dos pontos do transecto móvel.....	39

Figura 20– (a) Localização do ponto na área de estudo; (b) Dados de imagem de satélite <i>Google Earth</i> ; (c) Cobertura do solo; (d) Desenho do perfil do Canyon do Ponto 1 (e) Imagem panorâmica mostrando Ponto 1 <i>Google Street View</i>	43
Figura 21– (a) Localização do ponto na área de estudo; (b) Dados de imagem de satélite <i>Google Earth</i> ; (c) Cobertura do solo; (d) Desenho do perfil do Canyon do Ponto 2 (e) Imagem panorâmica mostrando Ponto 2 <i>Google Street View</i>	44
Figura 22– (a) Localização do ponto na área de estudo; (b) Dados de imagem de satélite <i>Google Earth</i> ; (c) Cobertura do solo; (d) Desenho do perfil do Canyon do Ponto 3 (e) Imagem panorâmica mostrando Ponto 3 <i>Google Street View</i>	45
Figura 23– (a) Localização do ponto na área de estudo; (b) Dados de imagem de satélite <i>Google Earth</i> ; (c) Cobertura do solo; (d) Desenho do perfil do Canyon do Ponto 4 (e) Imagem panorâmica mostrando Ponto 4 <i>Google Street View</i>	46
Figura 24– (a) Localização do ponto na área de estudo; (b) Dados de imagem de satélite <i>Google Earth</i> ; (c) Cobertura do solo; (d) Desenho do perfil do Canyon do Ponto 5 (e) Imagem panorâmica mostrando Ponto 5 <i>Google Street View</i>	47
Figura 25– (a) Localização do ponto na área de estudo; (b) Dados de imagem de satélite <i>Google Earth</i> ; (c) Cobertura do solo; (d) Desenho do perfil do Canyon do Ponto 6 (e) Imagem panorâmica mostrando Ponto 6 <i>Google Street View</i>	48
Figura 26– (a) Localização do ponto na área de estudo; (b) Dados de imagem de satélite <i>Google Earth</i> ; (c) Cobertura do solo; (d) Desenho do perfil do Canyon do Ponto 7 (e) Imagem panorâmica mostrando Ponto 7 <i>Google Street View</i>	49
Figura 27– (a) Localização do ponto na área de estudo; (b) Dados de imagem de satélite <i>Google Earth</i> ; (c) Cobertura do solo; (d) Desenho do perfil do Canyon do Ponto 8 (e) Imagem panorâmica mostrando Ponto 8 <i>Google Street View</i>	50
Figura 28– (a) Localização do ponto na área de estudo; (b) Dados de imagem de satélite <i>Google Earth</i> ; (c) Cobertura do solo; (d) Desenho do perfil do Canyon do Ponto 9 (e) Imagem panorâmica mostrando Ponto 9 <i>Google Street View</i>	51
Figura 29– (a) Localização do ponto na área de estudo; (b) Dados de imagem de satélite <i>Google Earth</i> ; (c) Cobertura do solo; (d) Desenho do perfil do Canyon do Ponto 10 (e) Imagem panorâmica mostrando Ponto 10 <i>Google Street View</i>	52
Figura 30– (a) Localização do ponto na área de estudo; (b) Dados de imagem de satélite <i>Google Earth</i> ; (c) Cobertura do solo; (d) Desenho do perfil do Canyon do Ponto 11 (e) Imagem panorâmica mostrando Ponto 11 <i>Google Street View</i>	53

Figura 31 – (a) Localização do ponto na área de estudo; (b) Dados de imagem de satélite <i>Google Earth</i> ; (c) Cobertura do solo; (d) Desenho do perfil do Canyon do Ponto 12 (e) Imagem panorâmica mostrando Ponto 12 <i>Google Street View</i>	54
Figura 32 – (a) Localização do ponto na área de estudo; (b) Dados de imagem de satélite <i>Google Earth</i> ; (c) Cobertura do solo; (d) Desenho do perfil do Canyon do Ponto 13 (e) Imagem panorâmica mostrando Ponto 13 <i>Google Street View</i>	55
Figura 33 – (a) Localização do ponto na área de estudo; (b) Dados de imagem de satélite <i>Google Earth</i> ; (c) Cobertura do solo; (d) Desenho do perfil do Canyon do Ponto 14 (e) Imagem panorâmica mostrando Ponto 14 <i>Google Street View</i>	56
Figura 34 – (a) Localização do ponto na área de estudo; (b) Dados de imagem de satélite <i>Google Earth</i> ; (c) Cobertura do solo; (d) Desenho do perfil do Canyon do Ponto 15 (e) Imagem panorâmica mostrando Ponto 15 <i>Google Street View</i>	57
Figura 35 – (a) Localização do ponto na área de estudo; (b) Dados de imagem de satélite <i>Google Earth</i> ; (c) Cobertura do solo; (d) Desenho do perfil do Canyon do Ponto 16 (e) Imagem panorâmica mostrando Ponto 16 <i>Google Street View</i>	58
Figura 36 – (a) Localização do ponto na área de estudo (b) Dados de imagem de satélite <i>Google Earth</i> ; (c) Cobertura do solo; (d) Desenho do perfil do Canyon do Ponto 17 (e) Imagem panorâmica mostrando Ponto 17 <i>Google Street View</i>	59
Figura 37 – (a) Localização do ponto na área de estudo; (b) Dados de imagem de satélite <i>Google Earth</i> ; (c) Cobertura do solo; (d) Desenho do perfil do Canyon do Ponto 18 (e) Imagem panorâmica mostrando Ponto 18 <i>Google Street View</i>	60
Figura 38 – (a) Localização do ponto na área de estudo; (b) Dados de imagem de satélite <i>Google Earth</i> ; (c) Cobertura do solo; (d) Desenho do perfil do Canyon do Ponto 19 (e) Imagem panorâmica mostrando Ponto 19 <i>Google Street View</i>	61
Figura 39 – (a) Localização do ponto na área de estudo; (b) Dados de imagem de satélite <i>Google Earth</i> ; (c) Cobertura do solo; (d) Desenho do perfil do Canyon do Ponto 20 (e) Imagem panorâmica mostrando Ponto 20 <i>Google Street View</i>	62
Figura 40 – (a) Localização do ponto na área de estudo; (b) Dados de imagem de satélite <i>Google Earth</i> ; (c) Cobertura do solo; (d) Desenho do perfil do Canyon do Ponto 21 (e) Imagem panorâmica mostrando Ponto 21 <i>Google Street View</i>	63
Figura 41 – (a) Localização do ponto na área de estudo; (b) Dados de imagem de satélite <i>Google Earth</i> ; (c) Cobertura do solo; (d) Desenho do perfil do Canyon do Ponto 22 (e) Imagem panorâmica mostrando Ponto 22 <i>Google Street View</i>	64

Figura 42 – (a) Localização do ponto na área de estudo; (b) Dados de imagem de satélite <i>Google Earth</i> ; (c) Cobertura do solo; (d) Desenho do perfil do Canyon do Ponto 23 (e) Imagem panorâmica mostrando Ponto 23 <i>Google Street View</i>	65
Figura 43 – Temperatura do ar média correspondente aos dias de coleta de dados nos períodos seco e úmido. (AEROP – Estação do Aeroporto, PGFA – Estação da UFMT)	67
Figura 44 – Comportamento diário médio das variáveis microclimáticas estação (UFMT)	69
Figura 45 – Temperatura do ar e umidade relativa do ar média nos pontos do transecto (Matutino – 8h)	71
Figura 46 – Temperatura do ar e umidade relativa média nos pontos do transecto (Vespertino – 14h)	72
Figura 47 – Temperatura do ar e umidade relativa média nos pontos do transecto (Noturno – 20h)	74
Figura 48 – Pontos do transecto com maiores (1, 15 e 23) e menores (3, 4, 6, 14 e 17) temperaturas do ar	77
Figura 49 – Diferença de temperatura do ar média entre os pontos do transecto	77
Figura 50 – Pontos do transecto com maiores (6, 13 e 17) e menores (1, 12, 21 e 23) umidades relativas	79
Figura 51 – Ocupação do solo (área construída e vegetação) e temperatura do ar média (período seco e úmido)	82
Figura 52 – Ocupação do solo (Superfície d’água) e temperatura do ar média (período seco e úmido)	83
Figura 53 – Ocupação do solo (área permeável e impermeável) e temperatura do ar média (período seco e úmido)	84
Figura 54 – Fatores favoráveis (água, vegetação, solo permeável) e desfavoráveis (área construída e superfície impermeabilizada), comparando com a média da temperatura do ar dos períodos seco e úmido	85
Figura 55 – Comparação entre a temperatura do ar média (período seco e úmido) e a relação H/W	87
Figura 56 – Comparação entre Radiação e H/W	88
Figura 57 – Ponto 4 e 15 respectivamente	89
Figura 58 – Comparação entre radiação solar e temperatura do ar média	90
Figura 59 – Ambiente térmico às 08h da estação quente-seca	91

Figura 60 – Ambiente térmico às 08h da estação quente-úmida	92
Figura 61 – Ambiente térmico às 14h da estação quente-seca	93
Figura 62 – Ambiente térmico às 14h da estação quente-úmida	93
Figura 63 – Ambiente térmico às 20h da estação quente-seca	94
Figura 64 – Ambiente térmico às 20h da estação quente- úmida	95
Figura 65 – Dendrograma de similaridade.....	96
Figura 66 – Dendrograma de similaridade com grupos assinalados.....	97
Figura 67 – Pontos pertencentes ao grupo 1 (12, 16, 18, 19, 20, 22 e 23).....	98
Figura 68 – Ponto pertencente ao grupo 2 (8).....	98
Figura 69 – Pontos pertencentes ao grupo 3 (7, 10 e 14).....	99
Figura 70 – Pontos pertencentes ao grupo 4 (15).....	99
Figura 71 – Pontos pertencentes ao grupo 5 (1, 2, 5, 11 e 21).....	100
Figura 72 – Pontos pertencentes ao grupo 6 (9, 13 e 17).....	100
Figura 73 – Pontos pertencentes ao grupo 7 (3, 4 e 6).....	101
Figura 74 – Localização dos pontos na área de estudo e classificação posicionando os pontos segundo seu agrupamento	102
Figura 75 - Intervenção no rio Cheonggyecheon antes (imagem a) e depois (imagens, b, c, d).....	103
Figura 76 – Imagem (a) vista da Av. Prainha já canalizada, atual Avenida Tenente Coronel Duarte. Imagem (b) no mesmo enquadramento da imagem (a), o croqui do Parque Linear da Prainha a partir da vista sobre o Largo do Mundéu e Chafariz (Praça Bispo Dom Aquino) e Igreja Bom Despacho	104
Figura 77 – (a) Imagem rio Coxipó bairro Boa Esperança (b) Croqui de intervenção rio Coxipó (c) Imagem córrego do Moinho (d) Croqui de intervenção córrego do Moinho	105
Figura 78 – Vias Arborizadas em Mendonza, Argentina.....	105
Figura 79 – (a) Imagem do ponto 1 (b) Croqui de intervenção ponto 1, arborização (c) Imagem do ponto 12 (d) Croqui de intervenção ponto 12, arborização e ciclovia	106
Figura 80 – Cortina Verde, Japão	107
Figura 81 – (a) Imagem do ponto 20 (b, c, d) Croqui de intervenção cortina verde nas edificações e arborização nas calçadas	108
Figura 82 – Área no bairro Santa Cruz com Cerrado remanescente, imagens do Central Park, Parque do Ibirapuera, Garden By the Bay e Parque Mãe Bonifácia..	109

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Período de medição do transecto móvel.....	38
Tabela 2 – Resumo do resultado das maiores e menores médias de temperatura do ar ao longo do transecto móvel.	76
Tabela 3 – Resumo do resultado das maiores e menores médias de umidade relativa do ar ao longo do transecto móvel.	78
Tabela 4 – Teste-t : Duas amostras em par para médias. Erro! Indicador não definido.	
Tabela 5 – Os pontos do transecto e a porcentagem dos elementos de ocupação do solo (água, área construída, vegetação, área impermeável, área permeável).....	80
Tabela 6 – Características do Canyon Urbano	86

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação simplificada de formas urbanas distintas organizadas em ordem decrescente de sua capacidade de impactar o clima local.....	11
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ICU	Ilha de Calor Urbana
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
UCL	Camada Intra-Urbana (<i>Urban Canopy Layer</i>)
Q _f	Calor Antropogênico
Q _h	Calor Sensível
Q _e	Perdas por Evapotranspiração
ΔQ _s	Armazenamento de Calor Sensível
Z _h	Altura Média da Rugosidade dos principais elementos
RSL	Subcamada de Rugosidade
UCL	Camada de Cobertura Urbana
UBL	Camada Limite Urbana (<i>Urban Boundary Layer</i>)
SCU	Sistema Clima Urbano
RSL	Elementos da rugosidade do Lugar
IC	Ilha de Calor
IF	Ilha de Frescor
IU	Ilha Úmida
IS	Ilha Seca
UTM	Universal Transversal de Mercator
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia

RESUMO

FRANCO, F. M. **Análise do comportamento termo-higrométrico urbano sob a ótica do uso e ocupação do solo em Cuiabá - MT.** Cuiabá, 2013. 124f. Tese (Doutorado)-Programa de Pós-graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso.

Muitas cidades basearam o seu crescimento e desenvolvimento em modelos expansionistas, que não são sustentáveis do ponto de vista ambiental, apresentando atualmente importantes sinais de degradação. Os impactos do aquecimento nas cidades têm como consequências o aumento das chuvas, períodos de seca e destruição dos ecossistemas naturais. O clima de Cuiabá é do tipo AW de Koppen (temperaturas elevadas, chuva no verão e seca no inverno), isto é, Tropical semiúmido. Percebe-se com o crescimento urbano, a retirada da cobertura vegetal, a canalização dos rios e córregos, e a impermeabilização do solo, agravando ainda mais as condições microclimáticas locais. O presente trabalho teve como objetivo fazer um estudo em três bairros, Boa Esperança, Santa Cruz e Jardim Universitário, a escolha dos mesmos, se deu devido aos seus aspectos morfológicos por ainda possuírem considerável área de vegetação nativa, pela proximidade ao Rio Coxipó, além da história de formação dos mesmos. Para tanto foram realizadas coletas de dados micrometeorológicos através de estações automáticas (24h) e transecto móvel (8h, 14h, 20h) em dois períodos diferentes, quente-seco e quente-úmido. Nesses períodos as diferenças de temperatura do ar entre os pontos, variaram entre 0,9°C a 3,7°C e a umidade relativa, entre 1,8% a 10,6%. Na análise considerando apenas as características de uso e ocupação do solo as temperaturas tiveram uma variação de 0,1°C a 0,4°C. Assim nota-se que não é somente a ocupação urbana que é responsável pelo comportamento microclimático, mas vários fatores que em maior ou menor grau corroboram para o desempenho climático de cada local. O fator canyon urbano também foi considerado representativo no estudo do desempenho microclimático, pois esse fator pode ser responsável pela quantidade de radiação solar incidente, e consequentemente o aquecimento. O presente estudo traz apenas algumas de muitas questões que envolvem o clima urbano. A contribuição ocorre por apontar alguns problemas específicos que sucederam devido ao processo de crescimento de Cuiabá, que precisam ser considerados pelos planejadores e gestores para que sejam tomadas medidas para a melhoria da qualidade ambiental, a fim de se ter uma cidade mais sustentável.

Palavras-chave: Clima urbano; vegetação; planejamento urbano.

ABSTRACT

FRANCO, F. M. *Analysis of thermo-hygrometric behavior from the perspective of urban and land use in Cuiabá - MT*. Cuiabá, 2013. 124f. Tese (Doutorado)-Programa de Pós-graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso.

Many cities have based their growth and development in expansionist designs, which are not sustainable from an environmental perspective, currently showing significant signs of degradation. The impacts of warming in cities have consequences as increased rainfall, drought and destruction of natural ecosystems. The climate of Cuiabá is AW second Koppen (high temperatures, rain in summer and dry in winter). It is noticed to urban growth, removal of vegetation cover, the channeling of rivers and streams, and soil sealing, further aggravating the local microclimate conditions. This work aimed to make a study on three neighborhoods, Good Hope, Santa Cruz and Garden College, the choice of them, was due to their morphological features still having area of native vegetation is proximity the River Coxipó. Micrometeorological data collections were performed by automated stations (24h) and mobile transect (8a.m., 2p.m. and 8p.m.) in two hot-dry and hot-humid periods. In these periods the differences in air temperature between the points range from 0,9°C to 3,7°C and relative humidity between 1,8% to 10,6%. In the analysis considering only the characteristics use and land cover the temperatures have had a change of 0,1°C to 0,4°C. Thus we note that it is not only the urban occupation that is responsible for microclimate, but several factors to a greater or lesser extent corroborate the climate performance of each site. The urban canyon factor was also considered in study representative of the microclimate performance because this factor may be responsible for the amount of incident solar radiation, and thus heating. The present study only few of the many issues surrounding the urban climate. The contribution is pointing out some specific problems which succeeded due to the growth of Cuiabá-MT that need to be considered by planners and managers so that measures to improve environmental quality are taken in order to have a more sustainable city.

Keywords: Urban climate, vegetation, urban planning.

1. INTRODUÇÃO

1.1. PROBLEMÁTICA

Muitas cidades basearam o seu crescimento e desenvolvimento em modelos expansionistas, que não são sustentáveis do ponto de vista ambiental, apresentando atualmente importantes sinais de degradação.

A qualidade da vida urbana está diretamente relacionada com a interferência da obra do homem no meio natural. O homem enfrenta diariamente a impessoalidade das grandes aglomerações com a má qualidade do meio ambiente, geradas pela rápida transição causada pelo estilo de vida metropolitano.

A partir do século XIX, as atividades humanas passaram a ter força dominante na mudança de composição da atmosfera em função da atividade industrial, que aumentou cerca de vinte vezes no século XX. A expansão da atividade industrial teve como consequências a explosão populacional nas áreas urbanas e o rápido aumento da utilização dos recursos com grande impacto no meio ambiente.

Atualmente existem evidências claras do aumento da temperatura nos centros urbanos como resultados das atividades humanas. Os impactos negativos do aquecimento nas cidades têm como consequências o aumento das chuvas, enchentes, períodos de seca e destruição dos ecossistemas naturais.

As modificações do clima no ambiente urbano apontam algumas características físicas dos centros urbanos que têm efeito sobre o clima desses locais. Entre elas, a localização dos mesmos numa determinada região, a densidade da área construída, a orientação e largura das ruas e a altura relativa das edificações, os parques urbanos e áreas verdes.

A ausência de vegetação, problema encontrado na maioria dos grandes centros, contribui para a formação do efeito da ilha de calor na medida em que prejudica mecanismos fundamentais para a redução da temperatura nas cidades: o sombreamento, a filtragem da poluição, a direção dos ventos e o processo de

evapotranspiração, além da retenção de partículas e do armazenamento do carbono atmosférico.

As cidades abrigam também atividades que mudam a dinâmica do ambiente natural, aumentando assim a produção de calor, como exemplo disso temos a atividade industrial, o deslocamento de pessoas (transito de veículos), a construção civil (transforma a paisagem) entre outras.

1.2. JUSTIFICATIVA

A cidade de Cuiabá resultou da expansão paulista, que buscavam índios e ouro na direção do noroeste, seguindo principalmente o rio Tietê e Paraguai. Com a descoberta das Lavras do Sutil em 1722, no morro do Rosário, teve início a ocupação da parte central da cidade, à margem direita do córrego da Prainha. O povoamento teve como limites naturais, à margem esquerda, o morro do Rosário e, à direita, o morro da Boa Morte.

Em 1960, 238 anos após o início do povoamento o município contava com cerca de 50 mil habitantes. Em 1970 tinha mais de 100 mil habitantes. Nas duas décadas seguintes a população continuou a crescer, acolhendo renovadas levas de migrantes. Em 1980 o censo demográfico do IBGE contabilizou mais de 200 mil habitantes. Cuiabá chegou a 1991 com 400 mil habitantes. A área urbana disponível não comportava toda a população, por isso sancionaram-se novas leis ampliando o limite do perímetro urbano em 1974 de 4,50km² para 48,45 km², em 1978 para 104,98 km², em 1982 para 153,06 km² e em 1994 para 251,94 km².

Em decorrência desse aumento populacional, houve um acréscimo na demanda por habitação acompanhado de um aumento do perímetro urbano. As atividade e funções urbanas também foram se modificando criando novas dinâmicas na vida cotidiana.

Observa-se na cidade de Cuiabá, que há ainda dentro do perímetro urbano área que não foram ocupadas os chamados vazios urbanos e mesmo assim novos empreendimentos em regiões suburbanas estão sendo construídos, causando um grave problema de mobilidade, que é o deslocamento das pessoas diariamente, se tornando cada vez mais complicado.

A região em que está inserida a capital de Mato Grosso ainda conta com um clima com temperatura média anual de 27,9°C, caracterizado por dois períodos distintos um quente-seco e outro quente-úmido.

Com o crescimento urbano, a retirada da cobertura vegetal, a canalização dos rios e córregos, e a impermeabilização do solo, as condições microclimáticas locais são alteradas, acarretando um aumento na temperatura do ar e diminuição da umidade relativa e também efeitos indesejados como a Ilha de Calor¹.

Os bairros centrais já consolidados possuem apenas a vegetação das vias e praças, mas ainda existem muitos bairros que possuem vegetação remanescente, composta por reservas, mata ciliar e área de preservação permanente, assim também como rios e córregos relativamente preservados. Essas características tem um incrível potencial para servir como fator de resfriamento para a melhoria microclimática local.

O objetivo geral do presente trabalho foi fazer uma análise em regiões no perímetro urbano, onde existem áreas verdes e cursos d'água naturais, verificando qual a influência desses elementos nas características termo-higrométricas locais, fazendo-se também uma comparação com o traçado urbano existente.

O objetivo específico foi caracterizar três bairros na região próxima ao rio Coxipó (Boa Esperança, Santa Cruz, Jardim Universitário) segundo alguns aspectos da malha urbana, tais como, o uso e ocupação do solo, o perfil do canyon urbano. Com o auxílio de medidas móveis fazer uma avaliação de algumas das variáveis microclimáticas (temperatura do ar, umidade relativa e radiação solar).

Sendo assim o trabalho buscou expor algumas das variáveis ambientais que interferem na situação climática urbana da cidade de Cuiabá-MT.

¹ Ilha de Calor - A ilha de calor é um dos produtos do clima urbano, sendo ela resultado das modificações que as atividades humanas causam nas características da atmosfera local. Geralmente, a distribuição das isotermas nas cidades mostra uma tendência para o aumento da temperatura da periferia em direção ao centro.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. FATORES QUE INTERFEREM NA PAISAGEM URBANA

2.1.1. Clima urbano e escalas meteorológicas

De acordo com Minella (2009), é atribuída a Orlanski (1975) a diferenciação atmosférica quanto à escala espacial e temporal, classificada como: macroclima, mesoclima e microclima.

Os dados macroclimáticos são obtidos nas estações meteorológicas e descrevem o clima geral de uma região. Os dados mesoclimáticos, informam as modificações do macroclima provocadas pela topografia local como vales, montanhas, grandes massas de água e vegetação. No microclima são levados em consideração os efeitos das ações humanas sobre o entorno, assim como a influência que estas modificações exercem sobre a ambiência dos edifícios, (MASCARÓ, 1996).

Já Oke (2004), afirma que as alterações climáticas em ambiente urbano podem ser observadas em diferentes escalas climáticas (distância horizontal) e limites da camada atmosférica (distância vertical).

Segundo Oke (2006), as escalas climáticas (distâncias horizontais – Figura 1) de interesse na área urbana são: (1) mesoescala, que corresponde à influência integrada da cidade no clima urbano, abrangendo dezenas de quilômetros de extensão; (2) escala local, que inclui os efeitos climáticos decorrentes da forma da paisagem, tal como a topografia, mas exclui os efeitos microclimáticos (cobertura do solo, tamanho e disposição dos edifícios, etc), variando de um para vários quilômetros; (3) microescala, escala típica do microclima urbano, está relacionada com as dimensões individuais dos elementos urbanos (edifícios, árvores, estradas, ruas, pátios, jardins, etc), podendo variar de um metro a centenas de metros.

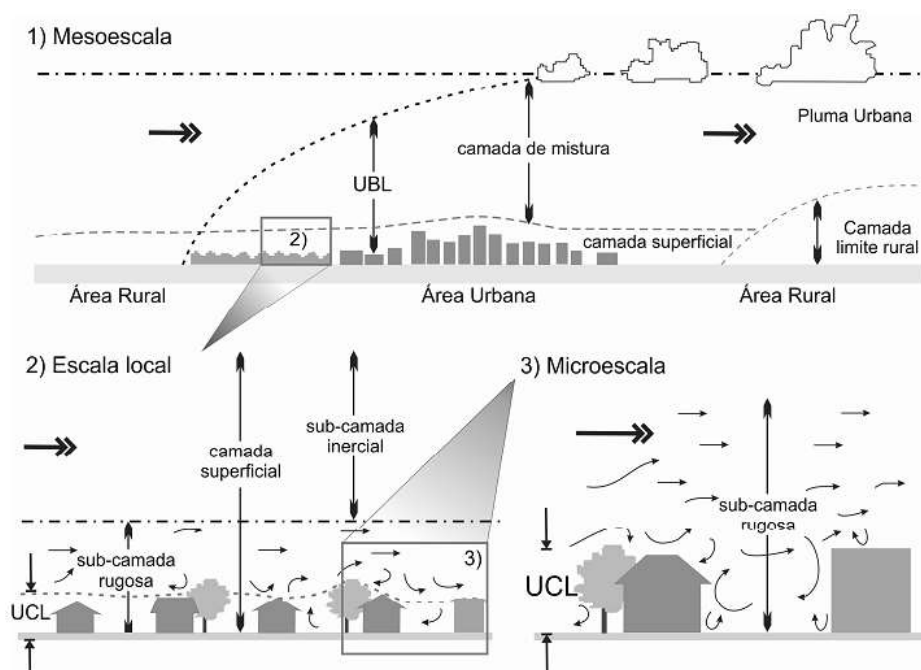


Figura 1 - Escalas de classificação climática

Fonte: Adaptada de OKE, 2004

Já em relação às distâncias verticais (Figura 1), Oke (1978) propôs a divisão da atmosfera urbana em duas camadas limites:

(1) Camada Limite Urbana (*Urban Boundary Layer* - UBL): Ocorre acima do nível médio das coberturas das edificações, sendo produzida pelos processos que ocorrem na mesoescala, entre a atmosfera e o ambiente urbano (cidade).

(2) Camada Intra-Urbana (*Urban Canopy Layer* - UCL): Compreende a camada estratificada entre o solo e o nível médio das coberturas das edificações, sendo produzida pelos processos que ocorrem na microescala, entre a atmosfera e os elementos urbanos (Cânyons).

Portanto, o estudo aqui apresentado será desenvolvido sob a ótica microclimática, analisando os efeitos de características de elementos urbanos sobre o clima de uma porção urbana.

2.1.2. Causas das modificações dos microclimas urbanos

Atualmente existem evidências claras do aumento da temperatura nos centros urbanos como resultados das atividades humanas. Os impactos negativos do

aquecimento global nas cidades têm como consequências o aumento das chuvas, enchentes, períodos de seca e destruição dos ecossistemas naturais.

Santamouris (2001) aponta possíveis causas para explicar as mudanças climáticas, dentre elas salientamos algumas abaixo:

Modificações na superfície terrestre, a terra é formada por placas tectônicas que estão em constante movimento. A mudança é muito lenta, mas modifica o transporte de calor e o sistema global de ventos.

Variação na atmosfera, a mudança climática é influenciada pelos gases existentes na atmosfera, permitindo a passagem da radiação solar de onda curta e bloqueando parte da radiação de onda longa emitida pela superfície terrestre. O efeito estufa depende da concentração de gases como CO₂ (dióxido de carbono) e outros como CH₄ (metano), N₂O (óxido nitroso), O₃ (ozônio) que absorvem a radiação infravermelha emitida pela superfície da Terra e irradiam por sua vez alguma parcela da energia absorvida de volta para a superfície, causando o aquecimento do ar.

Variação no albedo das superfícies devido à vegetação, o albedo é a relação entre radiação solar incidente e refletida. As mudanças no albedo das superfícies influenciam na quantidade de calor absorvido e refletido. Assim, apesar da área continental representar 29% da área total da Terra, esta é a parte que mais vem sofrendo alterações nos últimos anos. Os resultados de modelos climáticos apontam que a modificação do albedo causado pela redução da área de vegetação resulta em diminuição de nuvens e precipitação, uma vez que existe a perda no fluxo de calor latente.

Modificações do clima no ambiente urbano, ao examinar o clima de uma pequena região, observa-se o mesoclima da área local. Nesta escala as atividades humanas têm maior influência na mudança climática, gerando um ambiente urbano diferente das regiões rurais (TARIFA, 2001). Algumas características físicas dos centros urbanos têm efeito sobre o clima desses locais. Entre elas, a localização dos mesmos numa determinada região; a densidade da área urbana; a orientação e largura das ruas e a altura relativa das edificações; os parques urbanos e áreas verdes (GIVONI, 1994).

As estruturas urbanas, volumes e materiais afetam as condições atmosféricas próximas a estas superfícies. Essas mudanças têm como um dos resultados o

aumento da temperatura do ar, gerando o efeito de Ilha de Calor nos centros urbanos densamente ocupados.

Na definição dada por Voogt (2004), o efeito de ilha de calor é o nome dado para descrever o processo de aquecimento, tanto na atmosfera, quanto nas superfícies urbanas, quando comparado com as áreas de entorno, menos urbanizadas. Segundo Oke (1982), uma das principais causas para o aquecimento durante a noite é a relação H/W, com menor fator de visão de céu. Outras causas são: a mudança na propriedade dos materiais da superfície do tecido urbano e a redução no processo de evapotranspiração das plantas. As principais características deste fenômeno foram apresentadas por Voogt (2004) como sendo:

a) A forma espacial do efeito de Ilha de Calor. As isotermas (linhas com mesma temperatura) seguem um formato de “ilha” nas áreas próximas aos centros urbanos, mostrando que as temperaturas mais elevadas estão concentradas nos centros das cidades.

b) Intensidade do Efeito de Ilha de Calor. Durante o dia, a radiação solar aquece as superfícies e este calor é armazenado nos materiais urbanos, sendo liberado no período noturno. Percebem-se altas temperaturas à noite, mesmo sem a radiação solar.

c) Características das superfícies dos materiais. As temperaturas de superfície são influenciadas pelas seguintes condições: período (dia ou noite), quantidade de água (seco ou úmido), cor (clara ou escura) e posição (sombreada ou exposta). Em consequência, a temperatura do ar corresponde ao aquecimento das superfícies, sendo que nas áreas das cidades a temperatura é mais elevada do que em parques.

A ausência de vegetação, problema encontrado na maioria dos grandes centros, contribui para a formação do efeito da ilha de calor na medida em que prejudica mecanismos fundamentais para a redução da temperatura nas cidades: o sombreamento, a filtragem da poluição, a direção dos ventos e o processo de evapotranspiração, além da retenção de partículas e do armazenamento do carbono atmosférico (MCPHERSON *et al.* 2004). Inserir a vegetação em áreas urbanas é uma das principais estratégias para reduzir o efeito de Ilha de Calor, uma vez que as plantas representam um importante papel de regular o clima urbano (YU E HIEN,

2006). Para ser mais preciso, a vegetação reduz o efeito de Ilha de Calor não por meio do resfriamento do ar, mas pelo fato de aquecer menos o ar (DIMOUNDI E NIKOLOPOULOU, 2000).

A substituição das áreas verdes e permeáveis por edifícios e áreas pavimentadas resulta, dentre outros efeitos já mencionados, em alterações nos microclimas urbanos, causando, por sua vez, desconforto ambiental para os pedestres. Essas alterações são caracterizadas principalmente pelo aumento de temperatura do ar e das superfícies urbanas e, conseqüentemente, elevação do consumo de energia pelo uso dos sistemas de condicionamento ativo.

Considerando-se os materiais de uso corrente no ambiente urbano, tais como o concreto e o asfalto, estes apresentam significativas diferenças nas suas propriedades térmicas (incluindo a capacidade de absorção e transmissão de calor) e propriedades radiativas da superfície (reflexão e emissividade) quando comparados com as áreas rurais (OKE, 1982). Sendo assim, a ausência de vegetação contribui para a formação do efeito de ilha de calor, pois influencia em dois mecanismos fundamentais para a redução da temperatura nas cidades o sombreamento e o processo de evapotranspiração (AKBARI, 1997).

Além de alterar a temperatura, a vegetação também influencia na direção dos ventos, na filtragem da poluição e na proteção de pisos e fachadas externas por meio do sombreamento. Akbari (2001) identifica o uso de vegetação como sendo mais eficiente do que a substituição das superfícies por materiais de cor clara ou de alto coeficiente de reflexão, pois os materiais têm a capacidade de absorver e armazenar calor, e mesmo uma superfície de cor branca pode atingir 10°C acima da temperatura do ar ambiente.

Um dos principais efeitos benéficos da vegetação é a evapotranspiração, compreendendo as perdas associadas de água, que ocorrem pela evaporação da superfície do solo e pela transpiração dos estômatos e cuticular da planta. Sendo assim, a transpiração das plantas também ajuda no controle da temperatura e umidade do ar (OMETO, 1981).

As causas acima citadas são apenas algumas, dentre as várias que podem modificar o clima urbano. É necessário que em cada estudo, tenham-se algumas

prioridades, pois seria praticamente impossível controlar todas as variáveis responsáveis pelas alterações ocorridas na cidade.

2.1.3. A climatologia e o planejamento urbano

Embora seja reconhecida a importância da climatologia aplicada ao planejamento urbano, os estudos são ainda fragmentados. Na Alemanha parte da ideia básica de planejar com o clima, através do conceito de “clima urbano ideal”. Dentro deste conceito, as informações sobre o clima urbano são integradas às informações geo-morfológicas e de uso do solo da cidade. Este conceito não define atributos da forma urbana, mas descreve as condições de qualidade do clima que a cidade deve cumprir para satisfazer as condições de conforto térmico e pureza do ar, além de funcionar como instrumento para o planejamento urbano (KATZCHENER, 1997).

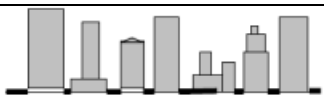
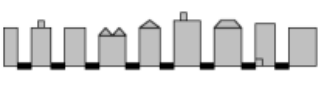
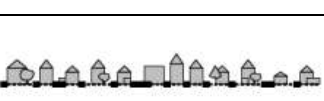
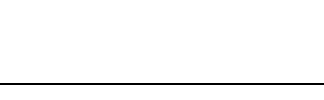
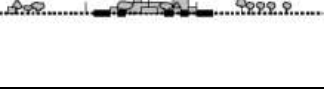
“Mudar a cidade é uma tarefa coletiva” (SOUZA, 2003). Neste contexto coloca-se a climatologia aliada aos instrumentos de previsibilidade, como forma interdisciplinar de conhecer, ou antever a influência da morfologia urbana no comportamento térmico dos espaços e como um aporte essencial e uma ferramenta poderosa de planejamento e gestão urbanos, uma vez que vêm propiciar um pensamento sobre o futuro, que permitirá a tomada e refinamento das decisões estratégicas no presente.

Oke (2004) afirma que a magnitude de cada escala urbana não condiz exatamente com aquelas comumente tratadas nos livros didáticos. As escalas são conferidas pelas dimensões das características morfométricas que compõem uma paisagem urbana. Isso enfatiza a necessidade de descrever as propriedades de áreas urbanas que afetam a atmosfera. As mais importantes características são a estrutura urbana (dimensões dos edifícios e dos espaços entre eles, as larguras das ruas e espaçamento entre as ruas), a cobertura urbana (pavimentado, solo nú, vegetação, água), o tecido urbano (construção e materiais naturais) e o metabolismo urbano (água, calor e poluentes devido à atividade humana).

Essas quatro características básicas das cidades tendem a se agrupar para formar classes urbanas. Por exemplo, áreas mais centrais das cidades têm edifícios relativamente altos que são densamente juntos, assim o solo é em grande parte

coberto por construções ou superfícies pavimentadas, feitas de materiais como pedra, tijolo, cimento e asfalto e onde libera calor de fornos, condicionadores de ar, chaminés e veículos. Na outra extremidade do espectro estão os bairros com baixa densidade, com casas de um ou dois andares, construções pequenas e com grandes jardins ou áreas vegetadas com pouco fluxo de calor.

Quadro 1 - Classificação simplificada de formas urbanas distintas organizadas em ordem decrescente de sua capacidade de impactar o clima local.

Zona Climática Urbana (UCZ)	Perfil	Zg(m)*	H/W**	% Impermeável
Área intensamente desenvolvida com construções altas isoladas, por exemplo, torres do centro comercial.		8	> 2	> 90
Área intensamente desenvolvida e de alta densidade urbana, com edifícios de 2-5 andares, por exemplo, núcleo da cidade velha.		7	1,0 - 2,5	> 85
Área altamente desenvolvida, de média densidade urbana com moradias isoladas, lojas e apartamentos, por exemplo, habitação urbana.		7	0,5 - 1,5	70 - 85
Área altamente desenvolvida, de baixa ou média densidade urbana com grandes edifícios baixos e estacionamento pavimentado, por exemplo, shoppings, armazéns.		5	0,05 - 0,2	70 - 95
Área de médio desenvolvimento, baixa densidade suburbana com uma ou duas casas de andares, por exemplo, habitação suburbana.		6	0,2 - 0,6 (> 1 se arborizada)	35 - 65
Área de uso misto, com grandes edifícios na paisagem aberta, por exemplo, instituições como hospital, aeroporto, universidade.		5	0,1 - 0,5 (dependendo das árvores)	< 40
Área de desenvolvimento semi-rural, casas dispersas na área natural ou agrícola, por exemplo, vilas, fazendas.		4	> 0,05 (dependendo das árvores)	< 10

Legenda:  Construção  Vegetação  Solo Impermeável  Solo Permeável

*(Zg) Rugosidade é um parâmetro que expressa a morfologia geométrica da superfície, cujo conceito significa a medida da rugosidade aerodinâmica da superfície, relacionada, à altura dos elementos e à forma e distribuição da densidade destes.

* (H/W) = É a relação entre a altura dos edifícios (H) e a distância entre eles (W).

Fonte: Adaptada a partir de Oke (2004)

Uma boa abordagem para os componentes construídos é de Ellefsen (1990-1991), que desenvolveu um conjunto de tipos urbanos. Ele diferencia inicialmente de acordo com três tipos de continuidade construída, (conjunto de edifícios, construções individuais adensadas, construções individuais com espaçamento, espaço aberto) (OKE, 2004).

Estes são divididos em um total de 17 sub-tipos por localização e função. A Aplicação do método precisa apenas de fotografias aéreas, que está facilmente disponível, e tem sido aplicada em várias cidades (OKE, 2004).

O esquema de Ellefsen pode ser utilizado para descrever a estrutura urbana para o fluxo de ar, rugosidade, acesso e triagem da radiação. Pode-se argumentar que indiretamente inclui aspectos da cobertura do tecido urbano, porque o metabolismo e uma dada estrutura leva consigo o tipo de cobertura, materiais e grau de atividade humana. O esquema é menos útil, no entanto, quando áreas construídas são escassas e há grandes áreas de vegetação (florestas urbanas, pastagens, terrenos baldios, plantações), solo nú (solo ou rocha), e água (lagos, pântanos, rios). Um esquema mais simples de classificação de zonas de clima Urbano (UCZ) é ilustrado na (Quadro 1). Incorporando os grupos das zonas de Ellefsen, além da medida da estrutura, (H/W) que é a relação entre a altura dos edifícios (H) e a distância entre eles (W), mostrou-se intimamente relacionado com o sombreamento, energia solar e ilha de calor, e também a medida da cobertura de superfície (taxa de área construída) que está relacionado com o grau de permeabilidade da superfície (OKE, 2004).

2.2. CANYON URBANO

A geometria da cidade e as propriedades térmicas das superfícies são os parâmetros principais que influenciam o clima urbano. A relação entre a altura dos edifícios (H) e a distância entre eles (W) influencia a quantidade de radiação incidente e a refletida e também afeta a velocidade do vento.

O efeito da ilha de calor noturna pode ser agravado, com o aumento da relação H/W , uma vez que a saída da radiação de onda longa líquida diminui devido à redução do fator de visão do céu (SVF). A capacidade térmica elevada dos

materiais da superfície urbana também contribui para a formação da ilha de calor noturna, uma grande parte da radiação é armazenada durante o dia em tais materiais e liberada durante o período noturno (JOHANSSON, 2006).

Limor Shashua-Bar *et al.* (2010) afirmam que o clima urbano e o conforto térmico são processos que recebem pouca importância nos procedimentos de planejamento e design das cidades. Muitas vezes, os regulamentos de planejamento urbano usado em países quentes secos, a maioria dos que estão no mundo em desenvolvimento, são importados de climas temperados e são, portanto, mal adaptadas ao clima local. Além disso, podem ser inflexíveis e, conseqüentemente, limitar a possibilidade de concepção urbana. Como consequência, as áreas urbanas, muitas vezes torna-se desconfortáveis.

Em um clima quente e seco, onde a temperatura diurna é grande, com noites frias, a temperatura elevada durante o dia, no período do verão é o principal problema.

Formas urbanas compactas em regiões quentes e secas normalmente encontradas em cidades históricas antigas são conhecidas por ser uma boa solução á adaptação ao clima. Há, no entanto, poucos estudos sobre microclima urbano referentes a climas quentes e secos. (JOHANSSON, 2006)

Na cidade do deserto de El-Oued na Argélia, Bourbia e Awbi (2004) relatam-se apenas pequenas diferenças entre as temperaturas diurnas urbanas e rurais, embora a temperatura máxima tendesse a diminuir na medida em que há um aumento na taxa H/W.

Ahmed (1994) em seu estudo no ambiente quente e úmido, de Dhaka, Bangladesh, descobriu que, em média, as temperaturas máximas diárias diminuíram 4,5°C quando a relação H/W aumentou de 0,3 para 2,8. No entanto, nestes estudos, as taxas de H/W estavam dentro de uma gama limitada de ruas sendo que vários exemplos não foram incluídos. Do ponto de vista do conforto térmico, as condições climáticas e físicas são importantes.

Ali-Toudert *et al.* (2005) realizou um trabalho experimental para estimar os parâmetros de conforto térmico em uma cidade do deserto (Argélia), em um outro estudo dos mesmos autores investigou-se o uso do modelo numérico ENVI-MET, o

caso de cânions urbanos simétricos enfocando os efeitos da orientação de rua sobre o conforto humano.

Johansson (2006) examinou os efeitos da geometria urbana no conforto térmico em ruas novas e antigas da cidade de Fez (Marrocos) e Johansson e Emmanuel (2006) investigaram os mesmos efeitos na cidade de Colombo (Sri Lanka).

Eliasson (1996) analisou a distribuição da temperatura noturna na cidade de Göteborg, Suécia, relacionando-as às diferenças de uso do solo urbano e a geometria das ruas e edificações.

A autora analisou três anos de dados obtidos em duas estações fixas, e estudos de casos utilizando três metodologias distintas, sendo elas: medidas móveis de temperaturas em condições ideais com o uso de veículos, para estudar o padrão horizontal de temperatura dentro da cidade; uso de um sistema datalogger móvel para medir temperatura horizontal e vertical ao longo do perfil dos “canyon” de ruas e intersecções de rua; e um sistema de termógrafo infravermelho para registrar a temperatura superficial em perfis horizontais no ‘canyon’ das ruas e intersecções (ELIASSON, 1996).

Os resultados mostraram que as diferenças intra-urbanas são pequenas, menores que 3°C, entre o ‘canyon’ urbano e uma área aberta, ocorrendo com maior frequência no verão. As medidas móveis mostraram que a diferença entre a área central e uma área de parque com dimensões consideradas são maiores, em média 4°C, sendo confirmados pela comparação entre as estações fixas que apontaram diferenças entre 3,5°C a 6 °C (ELIASSON, 1996)

Em condições exteriores a troca radiante do corpo humano com o meio ambiente é de especial importância, devido à exposição à radiação solar, ao vento, a umidade, as superfícies urbanas, e outros fatores que variam muito mais ao ar livre do que dentro de um ambiente fechado. Existem, no entanto, poucos estudos sobre a relação entre a geometria urbana e conforto térmico em cidades de clima quente-seco e quente-úmido.

2.3. VEGETAÇÃO

2.3.1. Conceituação de Áreas Verdes

Para o estudo de Áreas Verdes Urbanas têm sido consideradas suas diversas categorias, bem como os inúmeros conceitos atribuídos às mesmas que variam de acordo com cada autor e conforme a contextualização da área de estudo. Lima et al. (1994) após a consulta de opinião à comunidade científica e prefeituras municipais definiu alguns termos, *in verbis*:

Área verde: onde há o predomínio de vegetação arbórea; engloba as praças, os jardins públicos e os parques urbanos. Os canteiros centrais e trevos de vias públicas, que têm apenas função estética e ecológica, devem também ser conceituados como área verde. Entretanto, não devem ser consideradas como tal as árvores que acompanham o leito das vias públicas.

Praça: como área verde, tem a função principal de lazer. Uma praça inclusive pode não ser uma área verde quando não tem vegetação e a superfície é impermeabilizada; no caso da presença de vegetação é considerada um jardim.

Arborização urbana: diz respeito aos elementos vegetais de porte arbóreo dentro da urbe, tais como as árvores e outras formas de vegetação. Neste enfoque, as árvores plantadas em calçadas, fazem parte da arborização urbana, porém não integram o Sistema de áreas verdes.

Silva (1981) apud Carvalho (2001) considera áreas verdes como locais com vegetação contínua, livres de edificações, mesmo que recortadas por caminhos, vielas ou com a presença de brinquedos infantis e outras atividades recreacionais, desde que destinadas ao uso público. Nogueira e Wantuelfer (2002) consideram área verde qualquer área de propriedade pública ou privada que apresente algum tipo de vegetação (não somente árvores) com dimensão vertical e horizontal significativa e que sejam utilizadas com objetivos sociais, ecológicos, científicos ou culturais.

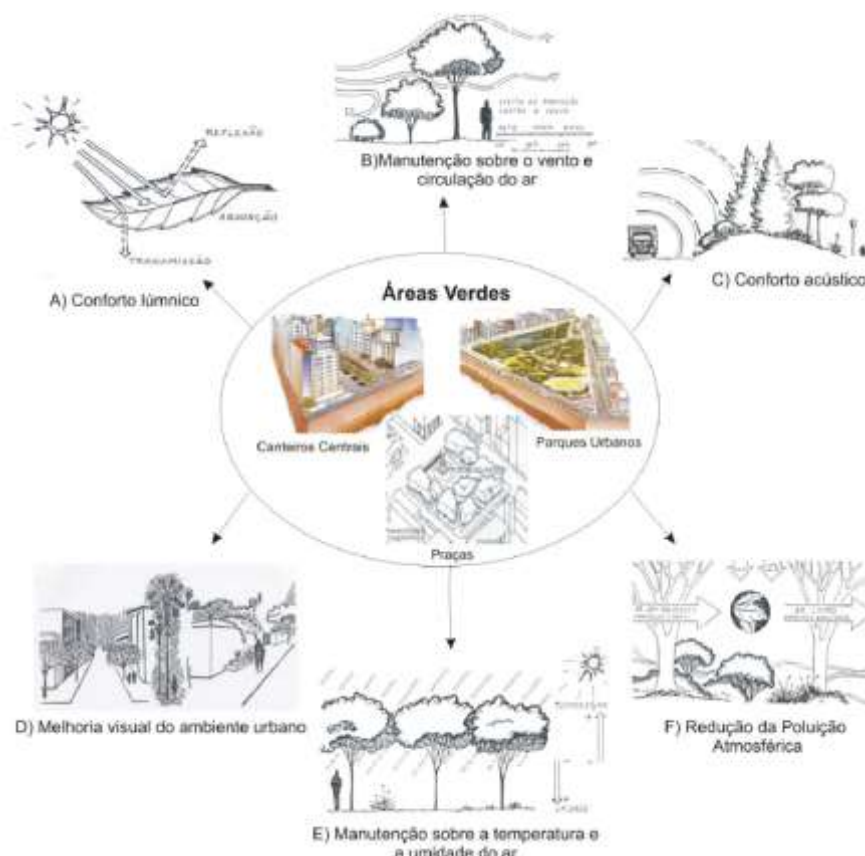


Figura 2- Benefícios proporcionados pelas Áreas Verdes Urbanas categorizadas como Praças, Canteiros Centrais e Parques Urbanos

Fonte: Rosset (2005)

Segundo Oliveira (1996), áreas verdes são conceituadas como áreas permeáveis (sinônimo de áreas livres) públicas ou não, com cobertura vegetal predominantemente arbórea ou arbustiva (excluindo-se as árvores no leito das vias públicas) que apresentem funções potenciais capazes de proporcionar um microclima distinto no ambiente urbano em relação à luminosidade, temperatura, além de outros parâmetros associados ao bem-estar humano (funções de lazer), Figura 2.

Com significado ecológico em termos de estabilidade geomorfológica e amenização da poluição e que suporte uma fauna urbana, principalmente aves, insetos e fauna do solo (funções ecológicas); representando também elementos esteticamente marcantes na paisagem (função estética); independentemente da acessibilidade a grupos humanos ou da existência de estruturas culturais como edificações, trilhas, iluminação elétrica, arruamento ou equipamentos afins; as funções ecológicas, sociais e estéticas poderão redundar entre si ou em benefícios financeiros (funções econômicas) (OLIVEIRA, 1996).

As áreas verdes podem desempenhar um papel vital para o bem estar da população urbana. Uma única árvore não afeta muito a sua vizinhança em termos climáticos, mas grupos de árvores espalhadas podem ser muito eficientes na melhoria microclimática, contribuindo para a condição humana de conforto.

2.3.2. Vegetação e seus benefícios

O papel da vegetação na estratégia de design microclimático são vários e pode ser aplicado em diversos níveis da escala urbana, ao nível da rua, urbano e suburbano (WIRDOYO, 2008; YEANG, 2006).

Ao estipular os benefícios de seu processo de evapotranspiração e características morfológicas, árvores isoladas ou se plantada em grupo sempre são o melhor mecanismo de resfriamento urbano. Como moderador climático, o uso da vegetação pode contribuir criando efeito de sombra, redução da temperatura do solo e do ar, redução da infiltração solar, efeito de ventilação e minimizar o brilho da reflexão, (SHASHUA-BAR *et al.* 2009; WIRDOYO, 2008).

Através de revisão de literatura, pode-se concluir que, no desenho dos espaços urbanos com vegetação, os requisitos que devem ser considerados são a seleção de espécies vegetais apropriadas, configuração de plantio de árvores e forma do espaço urbano.

Em clima quente-úmido é necessário principalmente sombreamento e proteção solar, Shahidan *et al.* (2010) e Hidayat (2010) apontaram que a seleção de espécies vegetais devem focar a altura das árvores, diâmetro da copa, folhas (índice de área foliar (IAF) valor > 5) e ramos densos para filtrar a radiação.

Spangenberg *et al.* (2008) realizaram medições de temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento e temperatura superficial em três tipos de locais: uma quadra aberta, um canyon urbano e na área verde do Parque da Luz, em São Paulo, no verão.

Concluíram que a diminuição da temperatura no parque devida ao resfriamento da vegetação é, em média, 2°C a 2,5°C se comparada à quadra aberta e ao canyon, e a umidade é cerca de 10% maior no parque, atribuindo esses efeitos ao sombreamento e à evapotranspiração, (SPANGENBERG *et al.*, 2008).

Simularam no ENVI-met² cenários sem árvores, árvores com copas densas (IAF=5) e esparsas (IAF=1). As temperaturas ambiente e superficial apresentaram-se 0,5°C a 5°C menores no cenário com copas ralas que no cenário sem árvores, respectivamente. No cenário com copas densas, as temperaturas ambiente e superficial apresentaram-se 1,1°C a 12°C menores que no cenário sem árvores, respectivamente, (SPANGENBERG *et al.*, 2008).

A temperatura média radiante foi o parâmetro mais afetado pelo sombreamento das árvores, com redução de 11°C da copa esparsa e de 24°C da copa densa para o cenário sem árvores, respectivamente. A variação do IAF causou impacto insignificante na umidade relativa e na velocidade do vento foi de 0,86; 0,80 e 0,47m/s nos cenários sem árvores, com árvores esparsas e densas, respectivamente. Além do IAF, apontam densidade de área foliar (DAF) como parâmetro importante de influência da vegetação no microclima. Para climas quentes e úmidos recomendam IAF e DAF altos, (SPANGENBERG *et al.*, 2008).

A atmosfera da paisagem de área de plantação deve também ser considerada uma vez que isto irá assegurar a eficácia do arrefecimento térmico. De acordo com Hidayat (2010), a sobrevivência e a capacidade das plantas para associar com a sua atmosfera depende dos atributos da área. Consequentemente, parques ou áreas acompanhados com elementos naturais como corpos d'água (lagos, rios ou zonas úmidas), melhoram o microclima.

A vegetação tem muitos impactos positivos na moderação do clima urbano. Um estudo realizado em Kuala Lumpur por Sham (1990) mostra que uma área plantada com vegetação densa poderia reduzir de 4°C a 5°C da temperatura urbana. Outro estudo realizado por Wong e Yu (2005) também indicaram a diferença de 4°C entre áreas plantadas com a área central de Cingapura. Entretanto Bowler *et al.* (2010) observaram que conceitualmente a vegetação urbana além do parque, mas também vegetação de pequeno porte, como arbustos e grama também ajuda na modificação da temperatura urbana através de seu mecanismo de evapotranspiração.

Os estudos de Sailor (1995) mostram que o albedo dos materiais e o uso da vegetação influenciam diretamente o microclima urbano, chegando a reduzir as

² ENVI-met – Programa computacional que cria um modelo tridimensional para simular as interações entre superfície – vegetação – atmosfera, possibilitando avaliar o microclima de uma determinada área.

temperaturas do ar em 1,3°C ao aumentar em 14% as áreas verdes na cidade de Los Angeles, Estados Unidos.

Os efeitos das árvores afetam o microclima urbano em dois níveis: no conforto humano e na energia consumida pelos edifícios (Carter, 1995). Segundo Oke (1989), o efeito mais importante é a prevenção do aquecimento dos canyons urbanos, promovendo um alívio nos ganhos de calor pela radiação solar por meio da combinação de absorção e evaporação, (EMMANUEL, 2005).

Segundo Wilmers (1988), esta interação em diferentes áreas urbanas depende da rugosidade do material, das estruturas urbanas e da porcentagem de vegetação existente. Em seus estudos comparou arranjos urbanos com e sem vegetação em diferentes níveis de saturação de água. Em condições ideais de água a evapotranspiração pode atingir 80% em áreas verdes, enquanto que em áreas com pouca vegetação a influência do fluxo de calor sensível e do solo é mais significativa que o fluxo de calor latente.

Segundo Santamouris (2001), a relação entre o fluxo de calor sensível e o fluxo de calor latente é representada pela razão de Bowen sendo o valor 5 típico para áreas urbanas, 110 para áreas de deserto e 0,1 sobre os oceanos tropicais, (TAHA, 1997).

A vegetação tem um importante papel devido às suas propriedades especiais no balanço de energia, dependendo do processo de evapotranspiração, a cobertura vegetal e a superfície com água diminuem os picos de temperatura durante o dia.

Em conclusão, a seleção da vegetação deve ser mais natural e ecologicamente restauradora em vez de tipos ornamentais a escolha das espécies deve refletir as exigências bioclimáticas. Além disso, a utilização de vegetação natural irá facilitar a adaptação ao clima local e reduzir o custo de manutenção.

2.4. ELEMENTOS DE ÁGUA

Há um interesse crescente observado no mecanismo de design de corpos d'água como regulador climático entre os planejadores urbanos, devido ao seu resfriamento e efeito estabilizador térmico em ambiente urbano (SUN E CHEN, 2012; ZHEN, 2010). A importância dos corpos de água para a modificação do clima

urbano inclui a sua evaporação e redução da temperatura de seu entorno (SUN E CHEN, 2012).

Um estudo realizado por Sun e Chen (2012) indica que a temperatura média dos corpos de água foi 29,49°C, que é inferior em temperatura variando de 0,58°C a 3,37°C que área verde (30,07°C) e área construída (32,86°C).

O efeito de arrefecimento de área de superfície molhada é mais acentuado quando combinado com área de sombra. Isto foi verificado nos resultados de Sun e Chen (2012) que a localização e transmissão de cargas térmicas entre os corpos de água e a paisagem envolvente foram importantes para os efeitos de ilha de calor. O efeito de arrefecimento dos corpos de água depende de seu ambiente físico, por exemplo, em áreas com densas superfícies edificadas, a temperatura da água pode aumentar à medida que absorve o calor mais sensível (SUN & CHEN, 2012).

Assim, os corpos de água podem ser posicionados para tirar vantagem de padrões de movimento do ar à escala local e o plantio de árvores ao redor de corpos de água causa arrefecimento de ar, (EMMANUEL, 2005).

Verifica-se que a geometria, bem como a profundidade dos corpos d'água teve impactos para as variações da intensidade da Ilha de frescor urbana, mas negativamente correlacionada com a eficiência da UCI da área da massa de água (SUN & CHEN, 2012; ZHEN, 2010). Isto significa que os corpos de água menores podem oferecer os mesmos efeitos benéficos como a mesma área total de corpos d'água. Observa-se também que a forma e profundidade dos corpos de água tem menos impacto para o potencial de arrefecimento do ambiente urbano, representa maior influência a paisagem circundante, (ZHEN, 2010).

Portanto, a capacidade de variação de efeitos de arrefecimento depende das proporções de área do corpo d'água e sua relação com o entorno. Este recurso é muito mais crucial a ser colocado em consideração ao incorporar elementos de água no design urbano.

2.5. PLANEJAMENTO URBANO CLIMATICAMENTE ORIENTADO

Sendo o entorno das edificações, principalmente em áreas urbanas, em geral pouco semelhantes às condições do terreno, exposição ao vento e à radiação existentes nas estações meteorológicas, há que se analisar a inter-relação deste com a

edificação. Nas cidades, o projetista terá que lidar com um clima modificado, não o da estação meteorológica, mas com o clima urbano. Como menciona Givoni (1998), há por vezes uma interação complexa e mecanismos de feedback entre as edificações e o clima exterior a elas. Por um lado, o ambiente interno é afetado pelas condições climáticas do entorno da edificação; por outro, a própria edificação e, especialmente, grupos de edificações modificam o clima local. Em condições de calor, Johansson (2006) cita ainda o fato de que os próprios equipamentos de climatização, enquanto resfriam o ar interno, emitem calor sensível ao entorno da edificação, criando feedback positivo.

Eliasson (2000) afirma que a razão segundo a qual áreas urbanas se tornam desconfortáveis deve-se ao fato de que a questão de conforto em espaços abertos recebe pouca atenção por parte de planejadores urbanos. Estudos comprovam que o conhecimento acerca de climatologia urbana entre planejadores urbanos é praticamente inexistente, havendo poucas ferramentas acessíveis para o planejamento (ELIASSON, 2000; JOHANSSON, 2006).

Diversos autores nos fornecem diretrizes gerais para se construir em condições climáticas tropicais, entre eles Olgyay (1963), Givoni (1976) e Lippsmeier (1980) apresentando igualmente recomendações gerais para um planejamento urbano climaticamente orientado. De Waal (1993) cita três limitações dessas recomendações:

- a) São (parcialmente) incorretas, não distinguindo entre edificações baixas e altas; entre edificações que usam sistemas passivos daquelas climatizadas; e entre moradias permanentemente habitadas e edifícios comerciais (uso diurno);
- b) Diretrizes não são descritas quantitativamente;
- c) Distinção feita entre dois tipos básicos de clima: quente-úmido e quente-seco.

Segundo Lippsmeier (1980) para climas quente-úmidos, por exemplo, as recomendações podem englobar, grande espaçamento entre prédios, de modo a favorecer fluxos de ar, uso de sombreamento para vias de pedestres, uso de vegetação, vias retas e prédios baixos e orientação das fachadas para um eixo norte-sul.

Landsberg apud De Waal, (1993) sugere uma série de recomendações adicionais para a melhoria do clima urbano em regiões tropicais como uso de

vegetação e fontes d'água distribuídas em diferentes setores da cidade, de modo a promover a evapotranspiração, obtendo-se temperaturas mais baixas, aumento do coeficiente de albedo nas superfícies edificadas.

Segundo Givoni (1998), através de políticas urbanas e do desenho urbano, pode-se interferir no clima de determinada localidade, promovendo o conforto térmico dentro e fora das edificações e, dessa forma, reduzir a demanda de energia em climatização artificial. Os fatores que devem ser pensados no planejamento urbano são: (a) escolha do local para a implantação da cidade ou de loteamentos de grande porte; (b) tamanho das cidades ou do empreendimento; (c) densidade da área construída e distância entre as edificações; (d) cobertura do solo: a elevação de temperatura nas cidades é causada em parte pelo lento resfriamento da massa edificada, que durante o dia armazenou calor e durante a noite o perde de maneira mais lenta, em comparação com as áreas vegetadas e cultivadas; (e) a orientação e as larguras das caixas das vias; (f) altura média das edificações; e (g) desenho das edificações.

Katzschner (1997) utiliza uma avaliação bioclimática (índice denominado PET – physiological equivalent temperature) para a elaboração de mapas climáticos urbanos, para daí extrair recomendações para o planejamento urbano.

Entretanto, comum a todas as recomendações e corroborando a segunda limitação mencionada por De Waal (1993), nota-se a falta de diretrizes quantitativas, no sentido de se oferecerem percentuais recomendáveis para área edificada ou vegetada e recomendações de limites para a relação entre altura de prédios e largura das vias (H/W), por exemplo. Verifica-se uma necessidade de haver um aprofundamento experimental na área de bioclimatologia urbana, devendo as recomendações ser contrastadas com dados experimentais e esses embasarem estratégias para o planejamento urbano.

2.6. CLIMA DE CUIABÁ

Segundo classificação apresentada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o clima em Cuiabá é do tipo tropical continental de estação úmida e seca 4 a 5 meses. Por outro lado, ao se utilizar a metodologia proposta por Köppen-Geiger (1928), o clima da cidade passa a ser classificado como sendo tropical com estação seca (Aw - clima de savana). O clima Aw pertence ao tipo

megatérmico do grupo ‘A’ com característica de apresentar em todos os meses do ano temperatura média mensal superior a 18°C, sendo que em pelo menos um dos meses do ano há precipitação média total inferior a 60 mm. Dos subtipos propostos pela classificação, o ‘w’ é a que melhor se adéqua a região, pois estabelece que haja chuvas de verão.

Moreno *et al.* (2005), apresentam Mato Grosso com os seguintes tipos de clima: tropical chuvoso, tropical de savana e tropical de altitude, subdividido em quente úmido e subquente úmido, ambos com três meses secos, e subquente semiúmido, com quatro a cinco meses secos.

Campelo Jr. *et al.* (1991) realizaram caracterização microclimática de Cuiabá, utilizando dados do período de 1970 a 1989. Nessa caracterização foram levantadas as médias e desvio padrão da temperatura do ar, umidade relativa, precipitação, módulo da velocidade do vento e direção, pressão atmosférica, entre outros elementos do clima. De acordo com a caracterização microclimática realizada, as temperaturas médias mais elevadas foram verificadas em outubro e novembro devido à ação da Massa Tropical Continental.

As menores médias das temperaturas foram verificadas nos períodos de junho e julho, período de inverno, que ocorrem em consequência da inversão da Massa Polar do Atlântico. Com relação à umidade do ar, é possível perceber que ela se eleva com o início do período úmido, atingindo os maiores valores durante o verão, período de maior precipitação pluviométrica na região. Durante o outono, a umidade do ar inicia o seu declínio em consequência da diminuição da precipitação, alcançado os menores valores no inverno, em agosto, (CAMPELO JR. *et al.*, 1991).

Na estação seca (outono e inverno) as condições de tempo na região são determinadas pela atuação do sistema de circulação estável do Anticiclone do Atlântico Sul e pelo sistema de correntes perturbadas de Sul e sudoeste do Anticiclone Polar, enquanto que na estação chuvosa (primavera – verão) o sistema de correntes perturbadas de Oeste e Noroeste das linhas e instabilidade das Frentes Intertropicais exerce as maiores influências nas condições de tempo, (PINHO, 2008).

As condições térmicas regionais são comandadas pela posição continental, extensão latitudinal, relevo e sistemas de circulação atmosférica. Em função da variação da latitude e da posição em relação à passagem de correntes de ar frio de

origem polar, durante a primavera-verão, as temperaturas se mantêm constantemente elevadas, principalmente na primavera, ocasião em que o Sol passa pelos paralelos da região, dirigindo-se para o Trópico de Capricórnio e a estação chuvosa ainda não teve início. No inverno, são observados tempos estáveis, grande secura do ar, altas amplitudes térmicas diárias e elevadas temperaturas. Contudo, frequentemente ocorrem baixas temperaturas resultante da ação direta do Anticiclone Polar que origina o fenomeno da “friagem” que dura aproximadamente 2 a 3 dias, (PINHO, 2008)

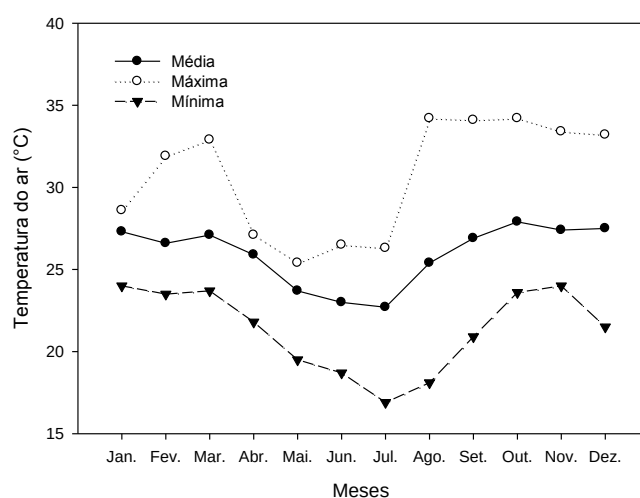


Figura 3- Médias mensais da temperatura (°C) do ar observada em Cuiabá nos anos de 1970 a 2007 com dados do 9º Distrito de Meteorologia.

Fonte: Cuiabá (SMDU), 2012

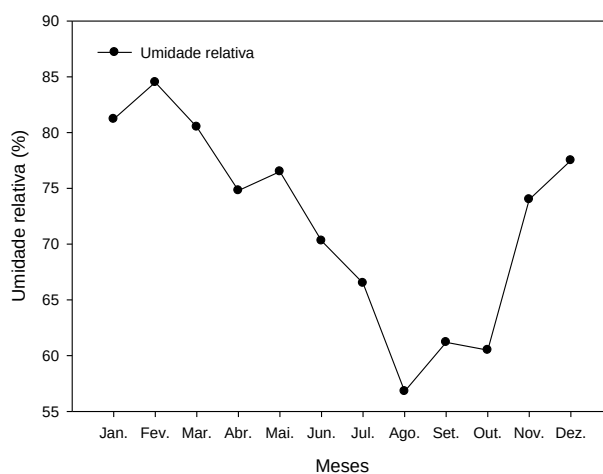


Figura 4- Médias mensais da umidade relativa observada em Cuiabá nos anos de 1970 a 2007 com dados do 9º Distrito de Meteorologia.

Fonte: Cuiabá (SMDU), 2012

3. ÁREA DE ESTUDO

3.1. A CIDADE DE CUIABÁ - MT

O município de Cuiabá possui área de 3.538,17 km² correspondendo 254,57 km² à macrozona urbana (Lei n.º 4.719/04) e 3.283,60 km² à área rural. Além do distrito-sede de Cuiabá, integram o município os distritos de Coxipó da Ponte, Coxipó do Ouro e Guia. Em 2011, a Lei n.º 5.395/11 criou os distritos de Nova Esperança (Pequizeiro), Aguaçu e Sucuri e reorganizou os distritos-sede de Coxipó do Ouro, Nossa Senhora da Guia e Coxipó da Ponte. O município de Cuiabá localiza-se na mesorregião Centro-Sul-Mato-grossense, na microrregião Cuiabá. Esta microrregião é formada pelos municípios de Chapada dos Guimarães, Cuiabá, Nossa Senhora do Livramento, Santo Antônio do Leverger e Várzea Grande, (CUIABÁ 2012).

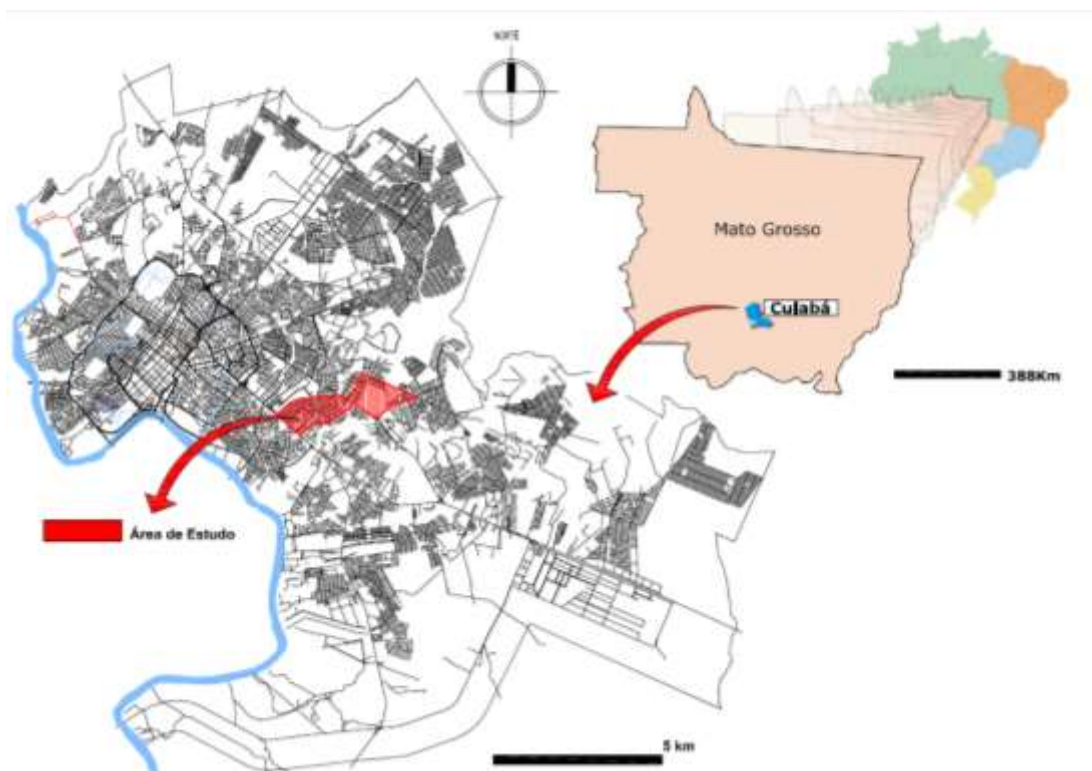


Figura 5 - Localização da área de estudo no município de Cuiabá-MT
Fonte: Adaptado, CUIABÁ (SMDU) 2010

A sede municipal, situada à altitude de 177 metros, segundo demarcação realizada pela Comissão Rondon, em 1909, encontra-se no Centro Geodésico da

América do Sul, nas coordenadas geográficas 15° 35' 56" de latitude sul (S) e 56° 06' 01" de longitude oeste (W) de Greenwich (Gr) (Figura 5), (CUIABÁ 2012).

Com relação aos aspectos geomorfológicos o município situa-se na província denominada Baixada Cuiabana. Esta consiste numa peneplanície³ de erosão, onde predominam relevos de baixas amplitudes. Na área urbana as altitudes variam de 146 a 259 metros. Seu ponto mais alto localiza-se no Morro da Conceição, onde encontra-se implantado o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). A compartimentação, segundo o modelo do relevo, na área urbana e seu entorno, assinala sete unidades distintas: canal fluvial, dique marginal, planície de inundação, área alagadiça, área aplainada, colinas e morrotes, que apresentam características próprias e comportamento específico quanto às diversas formas de uso e ocupação do solo, (CUIABÁ 2012).

A Depressão Cuiabana, ilustrada na Figura 6, compreende uma área rebaixada entre o Planalto dos Guimarães e a Província Serrana que vai se estreitando de sul para norte, até a altura do paralelo 15°, quando se expande para leste, acompanhando o vale do rio Manso. Ao sul, a Depressão limita-se com o Pantanal Mato-grossense; enquanto que a oeste, noroeste e norte com a Província Serrana; e finalmente a leste com o relevo escarpado do Planalto dos Guimarães, (ROSS & SANTOS 1982).

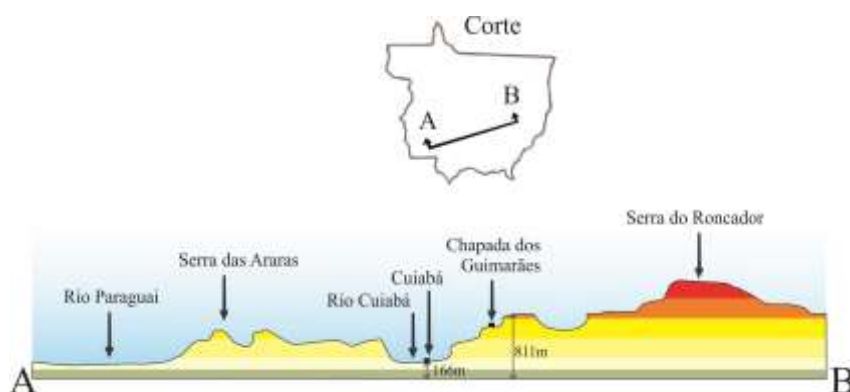


Figura 6– Localização de Cuiabá na Depressão Cuiabana

Fonte: Miranda e Amorim, 2000

³ Na teoria do ciclo de erosão, estado final do relevo terrestre, que se caracteriza por relevos pouco pronunciados e vales pouco profundos.

A cidade é farta em recursos hídricos: diversos rios, ribeirões e córregos formadores da Bacia do Rio Cuiabá banham-na. O Cuiabá, importante afluente da Bacia do Rio Paraguai, integrante da Bacia Platina, limita o município a oeste, fig.7.

Os principais rios, ribeirões e córregos que banham a cidade de Cuiabá são:

a) Rios: Cuiabá, Coxipó, Bandeira, Coxipó-Açu, Claro, Aricá-Açu, Mutuca, Machado, Aricazinho e dos Peixes;

b) Principais ribeirões: Baús, Forquilha, Soberbo, da Ponte, Coelho, Formoso, do Couro, Cágados e Taquaral;

c) Principais córregos: Moinho, Raizama, Salgadeira, Três Barras, Sucuri, Barbado, Prainha, da Pinheira, Mané Pinto, Gambá e Gunitá, (CUIABÁ 2012).



Figura 7 - Rios presentes na região leste da cidade (Córrego do Gambá, córrego Barbado, Rio Coxipó, córrego Fundo, córrego do Moinho, córrego Banguê)

Fonte: Adaptado, CUIABÁ 2012

A cidade situa-se na confluência de três importantes ecossistemas brasileiros: o Pantanal ao sul, o Cerrado no seu entorno e a floresta Amazônica ao norte. A vegetação predominante na região é o Cerrado, sendo que as matas mais densas são encontradas nas proximidades dos cursos d'água. Na cidade, a vegetação é encontrada principalmente em praças, nos domicílios e ao longo da malha viária.

3.2. EVOLUÇÃO URBANA

Cuiabá resultou da expansão paulista pelas monções que buscavam índios e ouro na direção do noroeste, seguindo principalmente o Tietê abaixo e o Paraguai acima. Com a descoberta das Lavras do Sutil em 1722, no morro do Rosário, teve início a ocupação do que seria a parte central da cidade, à margem direita do córrego da Prainha. O povoamento teve como limites naturais, à margem esquerda, o morro do Rosário e, à direita, como ponto mais distante, o morro da Boa Morte, (FREIRE, 1992).

As catas (local de extração do ouro) e a Igreja Matriz foram importantes focos de atração do povoamento da cidade no sentido Leste-Oeste. Assim foram surgindo ruas paralelas ao córrego da Prainha, conforme as curvas de nível do terreno e nelas levantadas as primeiras habitações que consolidariam o espaço urbano de Cuiabá, Figura 8, (SIQUEIRA *et al.*, 2007).



Figura 8 - Plano da Villa do Cuiabá. A imagem traz a data de 1786, e mostra o núcleo urbano e a sua ligação com o Porto, às margens do Rio Cuiabá

Fonte: Reis, 2000

Distante 1,5 km das Lavras do Sutil, à margem esquerda do rio Cuiabá, foi construído um porto, criando novo eixo de expansão do núcleo urbano. O Porto Geral ligava Cuiabá ao centro político-econômico do Brasil pela navegação nas bacias do Paraguai e do Prata, (SIQUEIRA *et al.*, 2007).

Após a chegada do governador Rodrigo César de Menezes, em 1727, o povoado foi elevado à categoria de vila com o nome de Vila Real do Senhor Bom Jesus de Cuiabá e iniciou-se, ao redor do Largo da Matriz, a construção de prédios públicos para abrigar a administração portuguesa em Mato Grosso (SIQUEIRA *et al.*, 2007).

Cuiabá permaneceu contida até o início da década de 60. Depois sobreveio grande alteração no seu curso evolutivo, decorrente dos incentivos federais para a integração nacional e da política de ocupação da Amazônia. Os incentivos fiscais e creditícios concedidos pela Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (Sudam) fizeram com que grandes empresas agropecuárias se estabelecessem no Norte do Estado, (FREIRE, 1992).

Com isso a ocupação da Amazônia Mato-Grossense intensificou-se, fortalecendo Cuiabá como centro de apoio à ocupação. Fluxos migratórios que vinham crescendo tinham Cuiabá por fim ou meio e demandavam novos espaços e a ampliação de equipamentos urbanos, (FREIRE, 1992).

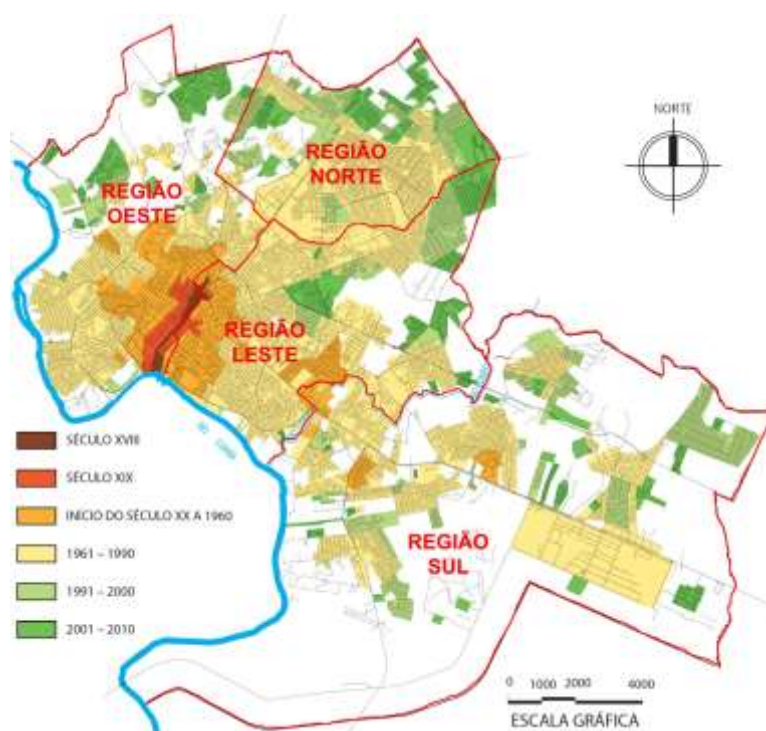


Figura 9– Mapa da ocupação urbana de Cuiabá-MT
Fonte: Cuiabá, 2012

Em 1960 o município contava cerca de 50 mil habitantes. Em 1970 tinha mais de 100 mil habitantes. Nas duas décadas seguintes a população continuou a crescer, acolhendo renovadas levas de migrantes. Em 1980 o censo demográfico do IBGE contabilizou mais de 200 mil habitantes, (CUIABÁ, 2012).

Cuiabá chegou a 1991 com 400 mil habitantes. Grande parte dos novos cuiabanos radicou-se na cidade. A área urbana disponível não comportava toda a

gente, por isso sancionaram-se novas leis ampliando o limite do perímetro urbano em 1974, 1978 e 1982, (CUIABÁ, 2012).

Em julho de 2004, o perímetro urbano municipal seria novamente alterado pela Lei n.º 4.598, sob o prefeito Roberto França, que revogou a lei anterior para finalmente incorporar a região do Sucuri e permitir a construção do Núcleo Habitacional Sucuri. Destarte o perímetro urbano passou a contar 252,58 km², (CUIABÁ, 2012).

3.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA ÁREA DE ESTUDO

O Plano Diretor de Cuiabá, Plano Diretor de Desenvolvimento Estratégico (PDDE), consolidado pela Lei Complementar n.º 150, de 29 de janeiro de 2007, estabeleceu 4 regiões administrativas na área urbana da cidade, onde estão distribuídos seus 116 bairros (CUIABÁ, 2007). De acordo com a divisão administrativa apresentada pelo PDDE, à área de estudo proposta para a realização deste trabalho se encontra na Região Leste da cidade de Cuiabá, Figura 10.



Figura 10 – Mapa de indicação das regiões (Norte, Oeste, Leste e Sul) da cidade de Cuiabá-MT

Fonte: Adaptado de Cuiabá, 2009

Existem na Região Leste 47 bairros, de diferentes classes de renda, de baixa a alta, ocupando uma área da ordem de 40 km². Os bairros ao leste desta região são eminentemente residenciais, enquanto que nos bairros das porções centro e oeste existe uma grande diversidade de atividades e equipamentos urbanos, bens públicos ou privados, de utilidade pública.

Algumas importantes Unidades de Conservação da Natureza se encontram na região leste, como o Parque Cuiabano Tia Nair, com área de 10ha, e o Parque Zoobotânico da UFMT, com vegetação ocupando 20ha dos 67ha do *campus*. No entanto, as áreas verdes mais importantes da região, em diversidade e extensão, são as matas ciliares dos córregos Moinho, Carumbé, Fundo, Barbado e do Rio Coxipó, além dos extensos fragmentos de cerrado, não protegidos, dos bairros Santa Cruz I e II, e do Instituto de Linguística de Cuiabá, com 10ha e 30ha, respectivamente, (GUARIM & VILANOVA, 2008).

Um estudo recente realizado pelo Grupo de Pesquisa Cartografia Geotécnica e Dinâmica Superficial (GPCGDS) da UFMT, publicado na forma de relatório pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Urbanismo de Cuiabá (CUIABÁ, 2008), mostrou que a “maior parte dessas áreas encontra-se alterada pela forma desordenada de ocupação”, e que parte dos cursos d’água, “originalmente intermitentes e perenes, encontram-se totalmente descaracterizados pela destruição das nascentes, tornando-se, assim, canais efêmeros, transportando águas de chuvas, águas servidas, e esgoto”.

3.4. PERFIL DOS BAIRROS ESTUDADOS

Para a realização deste trabalho, foram escolhidos 3 bairros da Região Leste do município de Cuiabá, MT, região onde o processo de urbanização se apresentou mais intenso nestes últimos 30 anos.

O processo evolutivo urbano de Cuiabá permitiu com que a cidade fosse se expandindo horizontalmente, sem nenhum limitador geográfico novos bairros iam surgindo, muitos concebidos de maneira irregular, fruto de invasão. O adensamento e verticalização não foram uma opção para planejadores. Dessa forma nota-se grandes vazios urbanos, assim também como bairros com fragmentos de mata nativa ainda preservada.

A escolha dos bairros, Boa Esperança, Santa Cruz e Jardim Universitário, Figura 11, se deu devido aos seus aspectos morfológicos por serem bairros que estão em uma região valorizada da cidade, mas ainda possuem considerável área de vegetação nativa, pela proximidade ao Rio Coxipó, além da história de formação dos mesmos.

O crescimento populacional ocorrido na cidade de Cuiabá na década de 1970 motivou à adoção de algumas medidas urbanísticas, como a canalização de córregos, a construção de pontes de concreto, a iluminação a vapor de mercúrio, além de medidas que facilitaram a expansão da cidade em direção à região do Rio Coxipó, como a abertura da estrada para Campo Grande - MS, o asfaltamento da Av. Fernando Corrêa da Costa, a criação do distrito industrial e a fundação, dia 10 de Dezembro de 1970, da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), (BARROS, 2012).

A expansão da infraestrutura destinada à Cidade Universitária tornou possível o surgimento de um comércio de maior porte na Av. Fernando Corrêa da Costa, além de conjuntos habitacionais para a classe média financiados pelo poder público, como por exemplo, o conjunto habitacional do IPASE e os loteamentos dos Jardins Boa Esperança, Shangrilá, Califórnia e Américas, destinados à população de maior poder aquisitivo, (FREIRE, 1997).

A segunda onda de expansão da região, na década de 1990, provocada pela consolidação do Shopping Três Américas, originou a formação de alguns bairros na porção posterior da UFMT, entre estes os bairros Jardim Itália (JIT) e Santa Cruz (STC), loteamentos planejados pela mesma incorporadora, (GALDINO & ANDRADE, 2008).

Na atualidade no Santa Cruz muitos dos lotes ainda não foram ocupados, mantendo ainda extensos fragmentos do cerrado original da região. Com parte das ruas ainda não asfaltadas e ausência de áreas de lazer, o bairro Santa Cruz, mais lembrado pelo hospital que existia no lugar, ainda espera pela infraestrutura.

O Jardim Universitário foi construído para os funcionários da UFMT e financiado pela Caixa Econômica Federal. Hoje, poucos dos moradores são funcionários da UFMT.



Figura 11 – Delimitação dos bairros Boa Esperança, Santa Cruz e Jardim Universitário

As maiores áreas verdes encontradas nos bairros estudados estão localizadas às margens do rio Coxipó, córrego Fundo e córrego do Moinho, em seguida as vegetações existentes nas praças, e em menor número as árvores presentes na malha viária.

O bairro Boa Esperança está localizado na região leste da cidade, possui uma área de 176,41ha. O bairro é de renda médio-alta, sendo que a média da renda dos responsáveis pelos domicílios é de 21,54 salários mínimos. Total de moradores 5.967 habitantes sendo 2.832 homens e 3.135 mulheres, Figura 12, (CUIABÁ, 2012).



Figura 12 – Delimitação do bairro Boa Esperança

Fonte : Imagem Google Street View da entrada da UFMT e praça no centro do bairro

O bairro Santa Cruz está localizado na região leste, possui uma área de 251,64ha. O bairro é de renda médio-alta, sendo que a média da renda dos responsáveis pelos domicílios é de 13,17 salários mínimos. Total de moradores 1.232, homens 626 e mulheres 606, Figura 13, (CUIABÁ, 2012).



Figura 13 – Delimitação do bairro Santa Cruz

Fonte: Imagem *Google Street View* de uma rua de terra no bairro e um hospital desativado

O bairro Jardim Universitário está localizado na região leste, possui uma área de 121,80ha. O bairro é de renda média, sendo que a média da renda dos responsáveis pelos domicílios é de 6,05 salários mínimos. Total de moradores 4.424, homens 2.083 e mulheres 2.341 Figura 14, (CUIABÁ, 2012).

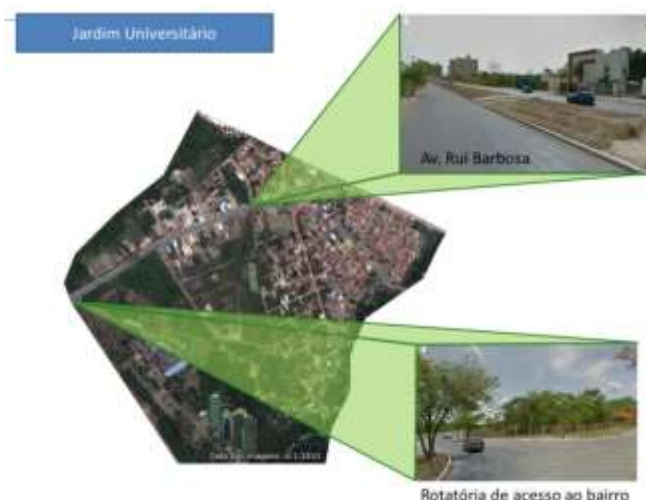


Figura 14– Delimitação do bairro Jardim Universitário

Fonte : Imagem *Google Street View* da rotatória de acesso ao bairro e a avenida principal

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Para atingir o objetivo geral desta pesquisa, foram necessários diferentes instrumentos e procedimentos de coletas de dados, sendo apresentados, nos itens que se seguem.

As etapas foram assim organizadas:

- a) Escolha do local para a realização da pesquisa, determinação de um trajeto para a coleta dos dados microclimáticos;
- b) Caracterização de uso e ocupação do solo dos pontos de coleta de dados;
- c) Medições das variáveis ambientais, em pontos fixos;
- d) Medição de temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa do ar (%) e radiação solar (W/m^2) nos pontos pré-determinados no transecto móvel;
- e) Confecção dos gráficos e análise dos dados;
- f) Análise estatística.

4.1. INSTRUMENTAÇÃO UTILIZADA NA COLETA DE DADOS

Para a aferição dos dados nos pontos fixos foram utilizadas duas estações automáticas. Uma estação foi posicionada no perímetro urbano, local considerando com percentual de área construída médio, na Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) mais precisamente no bloco de Pós-Graduação em Física Ambiental (PGFA). A segunda é a estação do Aeroporto Marechal Rondon, local considerado com baixo percentual de área construída, Figura 15.



Estação UFMT



Estação AEROPORTO

Figura 15- Localização da estação de monitoramento micrometeorológico

Fonte: Google Earth (2013)

Para avaliação das variáveis microclimáticas foram utilizados dados de temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa do ar (%) e velocidade dos ventos (m/s). A

estação automática utilizada na UFMT foi a *Davis Instruments*, modelo Vantage Pro 2 Plus (Figura 16). Registrou-se a temperatura do ar, umidade relativa do ar, a velocidade e direção do vento com intervalo de registro de dados programado para 15 minutos nas 24h de cada dia.



Figura 16- Estação micrometeorológica automática Vantage Pro 2 Plus (marca *Davis Instruments*)

As medições móveis foram realizadas utilizando os seguintes aparelhos. Termômetro digital portátil *datalogger* modelo TH - 060, 2 canais de entrada (T1, T2,) escalas tipo K: - 200 a 1370°C tipo J: - 200 a 400°C, resolução - 200 a +200°C / 200 a 1370°C, capacidade de armazenamento: 15.000 dados, temperatura de operação: 0 a 40°C . Sensor de par termoelétrico tipo K. Para a coleta dos dados o sensor foi montado no interior de um abrigo, produzido com dois tubos de PVC, o mesmo abrigo utilizado por Barros (2012). O sensor foi instalado no interior do menor dos tubos, com 50 mm de diâmetro por 50 cm de comprimento, e o conjunto foi fixado ao interior de um segundo tubo, com dimensões de 100 mm de diâmetro por 60 cm de comprimento. O sensor foi apoiado internamente ao tubo menor de forma a não tocar a sua parte metálica nas paredes deste, da mesma forma que o tubo

menor foi colocado no interior do maior, mantendo as paredes destes afastadas, permitindo a ventilação entre elas (Figura 17).



Figura 17- Instrumentação para as medições móveis de temperatura do ar

Para a coleta das variáveis umidade relativa do ar (%) e radiação solar (W/m^2) no transecto foi utilizado o Termo-higrômetro digital portátil, Modelo HT - 260 da marca Instrutherm, (Figura 18). Este modelo funciona com umidade relativa (%) na faixa etária de 0% a 100% UR. E o medidor de energia solar da MS - 100 da Instrutherm, resolução de 1W/m^2 , $1\text{Btu}/(\text{ft}^2 \times \text{h})$, escala de 2000 W/m^2 , $634\text{Btu}/(\text{ft}^2 \times \text{h})$, tempo de amostragem aprox. 0,4 segundo. E as medições de todas as variáveis ocorreram consecutivamente nos pontos selecionados para o transecto móvel.

Todos os equipamentos usados na pesquisa passaram por um processo de calibração, assim também como troca de pilhas e baterias para não ocorrer possíveis imprevistos durante a coleta de dados.



Figura 18-Instrumentação para as medições móveis de umidade relativa e radiação solar

4.2. METODOLOGIA DA COLETA DE DADOS NO TRANSECTO MÓVEL

Para o presente estudo, foram feitas medições de temperatura do ar, umidade relativa e radiação solar por meio de um transecto móvel em diferentes períodos do ano a coleta de dados teve início em setembro do ano de 2012 representando o período quente-seco e terminou em março de 2013 representando o período quente-úmido, a coleta de dados não se deu de maneira contínua. Foram estabelecidos dias com condições de tempo atmosférico ideal, ou seja, céu claro e ventos fracos (OKE,1982) nos períodos distintos, (Tabela 1).

A técnica do transecto móvel é muito utilizada pelos estudiosos de clima urbano, em Cuiabá estudos realizados por Cox (2008), Campos Neto (2007), Barros (2009 e 2012) utilizaram essa metodologia. O método do transecto móvel permite avaliar melhor a tendência térmica e higrométrica em um espaço maior dentro do contexto urbano.

O método de medições móveis e a instrumentação utilizada neste trabalho foi adaptada com base nos trabalhos realizados por Kaiser & Faria (2001), aplicado em Bauru, SP, Pezzuto (2007), em Campinas, SP, Franco (2010), e Barros (2012) em Cuiabá, MT.

Tabela 1– Período de medição do transecto móvel

MÊS	DIA	Nº DIAS	PERÍODO
SETEMBRO/2012	02 / 04 / 06/ 07/ 09/ 11/ 13/ 19/ 23/ 30	10	SECO
JANEIRO/2013	21 / 22 / 23/ 24/ 25	5	ÚMIDO
MARÇO/2013	05 / 07 / 08 / 10/ 12	5	ÚMIDO

A metodologia para a coleta dos dados de temperatura do ar, umidade relativa e radiação solar, em um percurso dentro do ambiente urbano consistiu na definição de um trajeto que atendesse a representação da área de estudo como um todo, com coletas móveis durante o percurso em pontos pré-estabelecidos com diferentes ocupações do solo, (Figura 19).

A OMM (Organização Mundial de Meteorologia) recomenda que as principais observações meteorológicas de um dia típico devam acontecer às 00 h, 06 h, 12 h e 18 h GMT (Greenwich Meridian Time), correspondentes às 20 h, 02 h, 08 h e 14 h, horário de Cuiabá/MT. Assim, com exceção do horário das 02 h, por motivo de segurança dos equipamentos utilizados, esses foram os horários em que aconteceram as medições móveis.

Denominado por roteiro, cada horário de medição foi iniciado, aproximadamente, 10 minutos antes do horário pesquisado. Dependendo das condições locais de trânsito, com o veículo a uma velocidade média entre 20 km/h a 30 km/h, o roteiro era completado entre 40 minutos à 1 hora. De acordo com este procedimento, o roteiro das 08 horas, por exemplo, tinha início às 07h50 min, sendo finalizado, após percorrer todo o trajeto ao longo da área de estudo, entre 08h30 min. e 08h40 min.



Figura 19- Delimitação da área de estudo com a marcação dos pontos do transecto móvel

O trajeto do transecto móvel percorreu 10,3km abrangendo os 3 bairros estudados (Boa Esperança, Santa Cruz e Jardim Universitário), Figura 19. Vale ressaltar que é importante determinar um percurso que favoreça a realização do trajeto, pois, há vários fatores que podem interferir na coleta de dados tais como trânsito congestionado, acidentes, interdições e obras.

4.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

4.3.1. Análise de agrupamento

A análise de agrupamento ou *Cluster Analysis*, consiste em uma sequência de regras (algoritmo) para agrupar objetos sem inferência de probabilidade a priori dos grupos. Técnica utilizada em classificadores denominados de não supervisionados, dado um conjunto de ‘n’ unidades amostrais, os quais são medidos segundo variáveis, e assim obter um algoritmo que possibilite reunir os indivíduos, tal que exista homogeneidade dentro do grupo e heterogeneidade entre grupos (REGAZZI, 2000).

No caso do estudo em questão utilizou-se o método hierárquico. Nestes métodos os indivíduos são alocados nos grupos em diferentes etapas, de modo hierárquico, o resultado final é uma árvore de classificação. Foi adotado o método do vizinho mais próximo também chamado de método do encadeamento simples “single linkage method”. Neste método calcula-se a matriz de distâncias entre os indivíduos da população, em seguida os indivíduos mais próximos são agrupados. Elaborando assim um dendrograma que é um gráfico em forma de árvore onde podemos observar alterações dos níveis de similaridade para as sucessivas etapas do agrupamento.

4.3.2. Geoestatística

Um outro procedimento que se utiliza, aliado aos transectos móveis, é a geoestatística. Esta técnica vem ganhando ênfase em estudos climatológicos, devido principalmente, ao fato de que os métodos clássicos de análise estatística de dados, geralmente supõem que as realizações das variáveis aleatórias são independentes entre si, ou seja, que observações vizinhas não exercem influências umas sobre as outras (GUIMARÃES, 2004; MORAL, 2010).

A geoestatística define um conjunto de procedimentos matemáticos que permite reconhecer e descrever relacionamentos espaciais existentes através da interpolação. Esses procedimentos utilizam valores conhecidos para estimar valores desconhecidos visando à construção de superfícies contínuas a partir de amostras pontuais (BARROS, 2009; MORAL, 2010).

Krigagem é um processo de estimativa de valores de variáveis distribuídas no espaço, ou no tempo, a partir de valores adjacentes, enquanto considerados como interdependentes pelo semivariograma. O termo krigagem, tradução do francês *krigeage*, e do inglês *kriging*, foi cunhado pela escola francesa de geoestatística em homenagem ao engenheiro de minas sul-africano e pioneiro na aplicação de técnicas estatísticas em avaliação mineira, Daniel G. Krige (DRUCK et al. 2004; LANDIM, 2006).

A krigagem possibilita, além de outras coisas, a construção de mapas de contornos (isolinhas ou curvas de nível) com alta precisão, uma vez que após a interpolação, o número de dados aumenta significativamente.

Após a realização da coleta dos dados pelos transectos, foi estruturado um banco de dados, em função do horário da medição, com as variáveis temperatura do ar, e

coordenadas geográficas. Com o programa *Surfer* 9.8 foram feitos mapas térmicos de superfície contínua.

4.4. CARACTERIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETAS DE DADOS MÓVEIS

4.4.1. Caracterização de uso e ocupação do solo

Neste item serão caracterizados os pontos selecionados para a coleta de dados micrometeorológicos. Foram utilizadas informações registradas *in loco*, além de fotografias e imagens do *software Google Earth*, datadas de 9 de outubro de 2012.

Com o objetivo de caracterizar e quantificar as categorias de cobertura do solo encontradas na porção urbana em estudo, utilizou-se um *software* do tipo CAD (*computer aided design* – desenho auxiliado por computador), conforme as etapas descritas a seguir:

a) Seleção das porções urbanas e obtenção das imagens no *software Google Earth*. Extrair uma medida conhecida com o auxílio da ferramenta régua. Esta medida conhecida será utilizada para escalar a imagem no *software* CAD.

b) Inserção da imagem obtida no *software* CAD. Após a importação da imagem obtida no *Google Earth* para o CAD, é preciso “escalar” a imagem, ou seja, dimensioná-la aos valores reais a partir de uma medida conhecida de um objeto presente na imagem.

c) Seleção da área a ser trabalhada na imagem. Após a imagem ser escalada, seleciona-se a área que será caracterizada a cobertura do solo, de acordo com a metodologia escolhida para o trabalho. No caso da presente pesquisa, foi utilizado o raio de 150 metros, segundo metodologia de Oke (2004).

d) Identificação das categorias de cobertura do solo. Após a seleção da área a ser trabalhada, identifica-se as categorias de cobertura do solo presentes no local. Para esta etapa, além da imagem do *Google Earth* já escalada, são utilizadas fotografias do local e visitas *in loco*.

e) Quantificação das áreas das categorias de cobertura do solo. Após as áreas serem delimitadas como polígonos, é necessário contabilizar o total correspondente a cada categoria de cobertura do solo na imagem.

Com isso foram confeccionadas imagens caracterizando cada um dos 23 pontos segundo o seu uso e ocupação do solo, as Figuras 20 a 42 apresentam o resultado desse levantamento.

4.4.2. Caracterização do canyon urbano

Além do levantamento de uso e ocupação do solo, foi realizada a medição das variáveis que possibilitam fazer o cálculo do índice Canyon Urbano (H/W). Que pode ser descrito como a relação entre a altura dos edifícios e a distância entre eles. Fator Canyon Urbano ($(H1+H2)/W$), $H1$ é a altura da edificação do lado direito, $H2$ é a altura da edificação do lado esquerdo e W a largura da rua.

Foi realizado o levantamento das alturas das edificações que se encontram do lado direito e esquerdo da via em que se posicionava cada ponto, assim também como a largura da via. As medidas foram feitas com a utilização de uma fita métrica de 50 metros.

Com essas informações foi possível fazer o cálculo do índice canyon urbano assim também como sua representação gráfica (Figuras 20 a 42).

A seguir serão apresentadas características dos 23 pontos estudados, cada imagem contém o uso e ocupação do solo, perfil do canyon urbano e a fotografia do ponto ao nível do pedestre, (Figuras 20 a 42).

PONTO 1

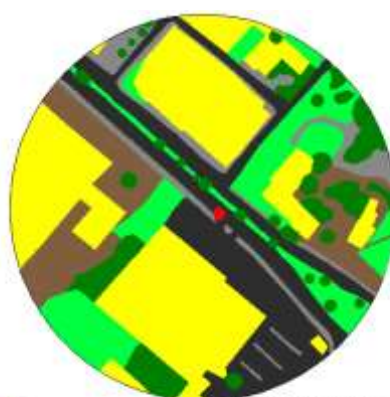


Ponto 1 localizado na Av. Fernando Correa da Costa, via principal.

(a)



(b)



Água	Vegetação Remanescente
Área Construída	Asfalto
Arborização	Superfície Impermeável
Vegetação Rasteira	Solo Nu

(c)



(d)



(e)

Figura 20– (a) Localização do ponto na área de estudo; (b) Dados de imagem de satélite *Google Earth*; (c) Cobertura do solo; (d) Desenho do perfil do Canyon do Ponto 1 (e) Imagem panorâmica mostrando Ponto 1 *Google Street View*

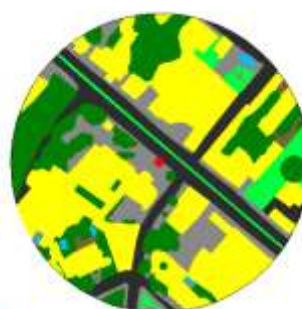
PONTO 2



Ponto 2 localizado na Av. Fernando Correa da Costa, via principal.



(a)



Água	Vegetação Remanescente
Área Construída	Asfalto
Arborização	Superfície Impermeável
Vegetação Rasteira	Solo Nu

(b)



(c)



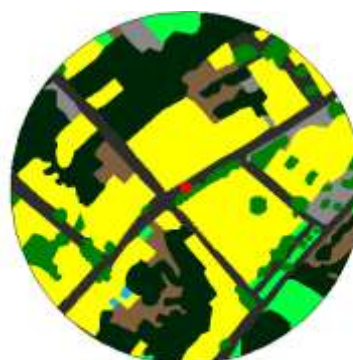
(d)

Figura 21– (a) Localização do ponto na área de estudo; (b) Dados de imagem de satélite *Google Earth*; (c) Cobertura do solo; (d) Desenho do perfil do Canyon do Ponto 2 (e) Imagem panorâmica mostrando Ponto 2 *Google Street View*

PONTO 3



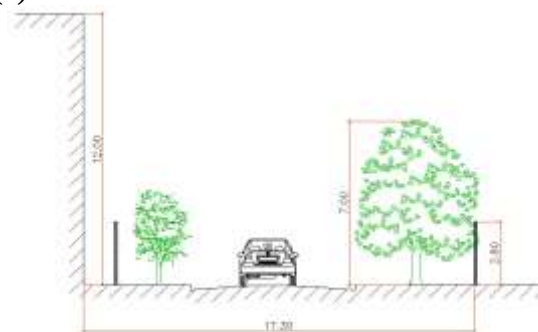
Ponto 3 localizado na rua 1º de Maio, via local.



Água	Vegetação Remanescente
Área Construída	Asfalto
Arborização	Superfície Impermeável
Vegetação Rasteira	Solo Nu

(a)

(b)



(c)



(d)

Figura 22– (a) Localização do ponto na área de estudo; (b) Dados de imagem de satélite *Google Earth*; (c) Cobertura do solo; (d) Desenho do perfil do Canyon do Ponto 3 (e) Imagem panorâmica mostrando Ponto 3 *Google Street View*

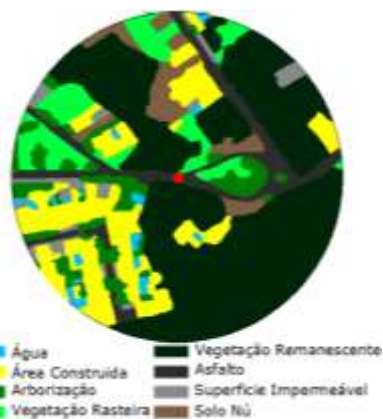
PONTO 4



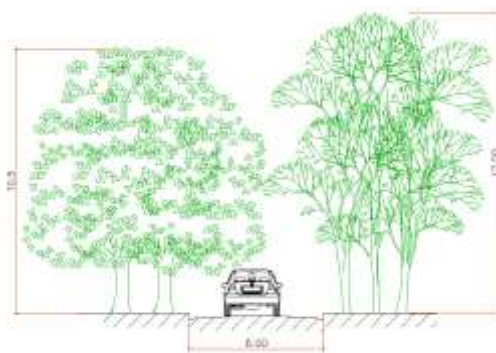
Ponto 4 localizado na rua Treze, via local.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 23– (a) Localização do ponto na área de estudo; (b) Dados de imagem de satélite *Google Earth*; (c) Cobertura do solo; (d) Desenho do perfil do Canyon do Ponto 4 (e) Imagem panorâmica mostrando Ponto 4 *Google Street View*

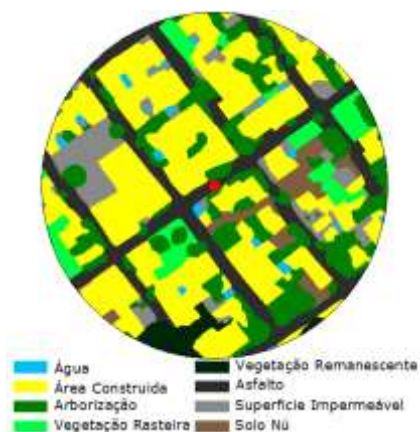
PONTO 5



Ponto 5 localizado na rua Pontes e Lacerda, via local.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 24– (a) Localização do ponto na área de estudo; (b) Dados de imagem de satélite *Google Earth*; (c) Cobertura do solo; (d) Desenho do perfil do Canyon do Ponto 5 (e) Imagem panorâmica mostrando Ponto 5 *Google Street View*

PONTO 6

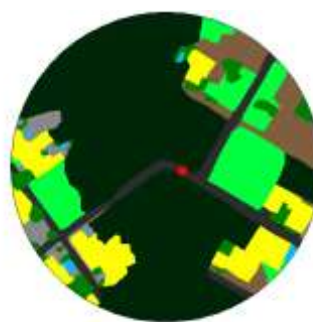


Ponto 6 localizado na rua Aluizio Azevedo, via local.



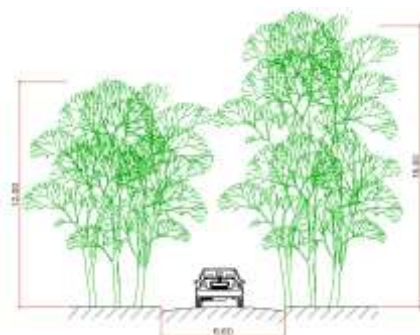
0m 50m 100m

(a)



Água
 Área Construída
 Arborização
 Vegetação Rasteira
 Vegetação Remanescente
 Asfalto
 Superfície Impermeável
 Solo Nu

(b)



(c)



(d)

Figura 25– (a) Localização do ponto na área de estudo; (b) Dados de imagem de satélite *Google Earth*; (c) Cobertura do solo; (d) Desenho do perfil do Canyon do Ponto 6 (e) Imagem panorâmica mostrando Ponto 6 *Google Street View*

PONTO 7



Ponto 7 localizado na Av. Jornalista Arquimedes Pereira Lima, via principal.



0m 50m 100m

(a)



Água
 Área Construída
 Arborização
 Vegetação Rasteira
 Vegetação Remanescente
 Asfalto
 Superfície Impermeável
 Solo Nu

(b)



(c)



(d)

Figura 26– (a) Localização do ponto na área de estudo; (b) Dados de imagem de satélite *Google Earth*; (c) Cobertura do solo; (d) Desenho do perfil do Canyon do Ponto 7 (e) Imagem panorâmica mostrando Ponto 7 *Google Street View*

PONTO 8



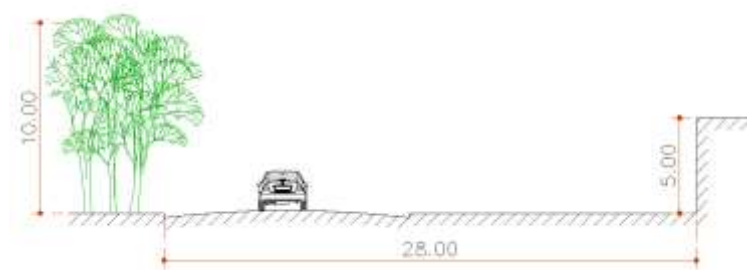
Ponto 8 localizado na Av.
Jornalista Arquimedes
Pereira Lima, via principal.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 27– (a) Localização do ponto na área de estudo; (b) Dados de imagem de satélite *Google Earth*; (c) Cobertura do solo; (d) Desenho do perfil do Canyon do Ponto 8 (e) Imagem panorâmica mostrando Ponto 8 *Google Street View*

PONTO 9



Ponto 9 localizado na Av. Rui Barbosa, via coletora.

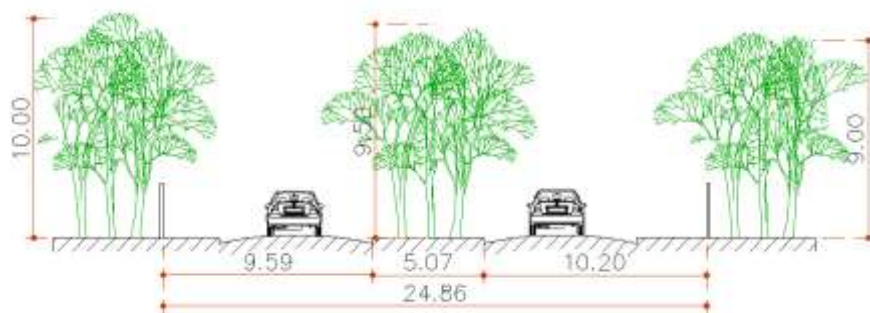


(a)



Água
 Área Construída
 Arborização
 Vegetação Resteiras
 Vegetação Remanescente
 Asfalto
 Superfície Impermeável
 Solo Nu

(b)



(c)



(d)

Figura 28—(a) Localização do ponto na área de estudo; (b) Dados de imagem de satélite Google Earth; (c) Cobertura do solo; (d) Desenho do perfil do Canyon do Ponto 9 (e) Imagem panorâmica mostrando Ponto 9 Google Street View

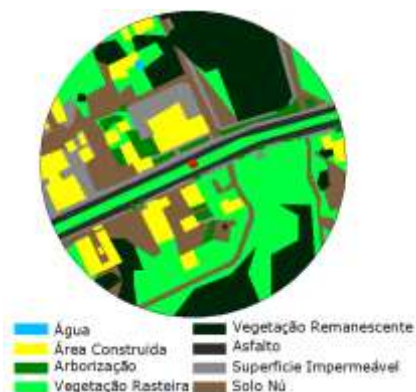
PONTO 10



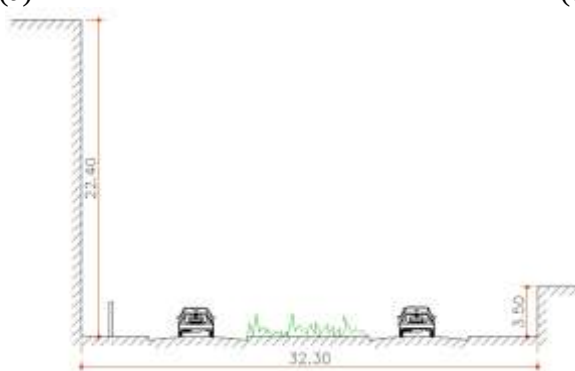
Ponto 10 localizado na Av. Rui Barbosa, via coletora.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 29– (a) Localização do ponto na área de estudo; (b) Dados de imagem de satélite *Google Earth*; (c) Cobertura do solo; (d) Desenho do perfil do Canyon do Ponto 10 (e) Imagem panorâmica mostrando Ponto 10 *Google Street View*

PONTO 11



Ponto 11 localizado na Av. Rui Barbosa, via coletora.



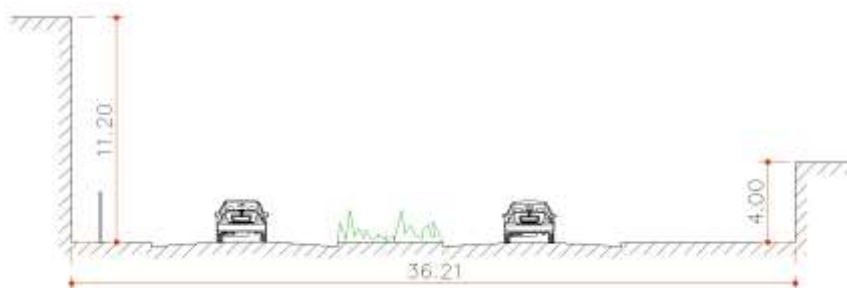
0m 50m 100m

(a)



Água
 Área Construída
 Arborização
 Vegetação Rasteira
 Vegetação Remanescente
 Asfalto
 Superfície Impermeável
 Solo Nu

(b)



(c)



(d)

Figura 30– (a) Localização do ponto na área de estudo; (b) Dados de imagem de satélite Google Earth; (c) Cobertura do solo; (d) Desenho do perfil do Canyon do Ponto 11 (e) Imagem panorâmica mostrando Ponto 11 Google Street View

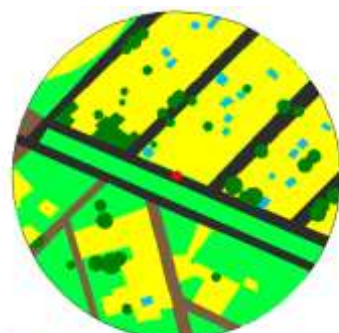
PONTO 12



Ponto 12 localizado na Av. Das Torres, via principal.



(a)



Água
 Área Construída
 Arborização
 Vegetação Rasteira
 Vegetação Remanescente
 Asfalto
 Superfície Impermeável
 Solo Nu

(b)



(c)



(d)

Figura 31– (a) Localização do ponto na área de estudo; (b) Dados de imagem de satélite *Google Earth*; (c) Cobertura do solo; (d) Desenho do perfil do Canyon do Ponto 12 (e) Imagem panorâmica mostrando Ponto 12 *Google Street View*

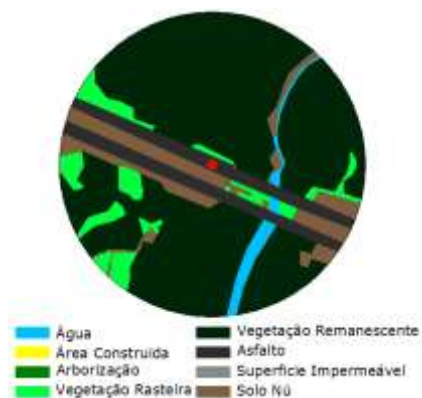
PONTO 13



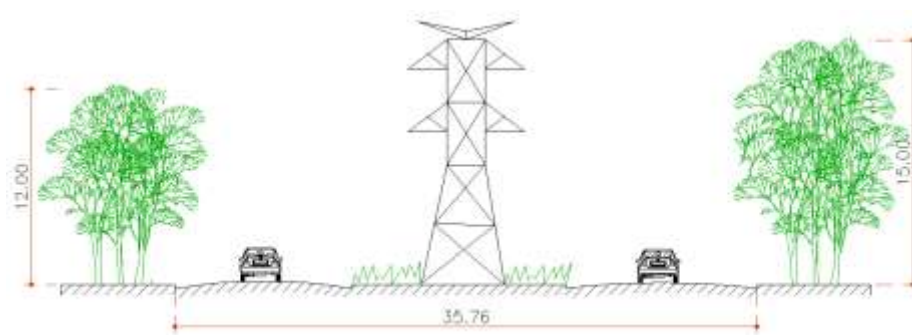
Ponto 13 localizado na Av. Das Torres, via principal.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 32– (a) Localização do ponto na área de estudo; (b) Dados de imagem de satélite *Google Earth*; (c) Cobertura do solo; (d) Desenho do perfil do Canyon do Ponto 13 (e) Imagem panorâmica mostrando Ponto 13 *Google Street View*

PONTO 14



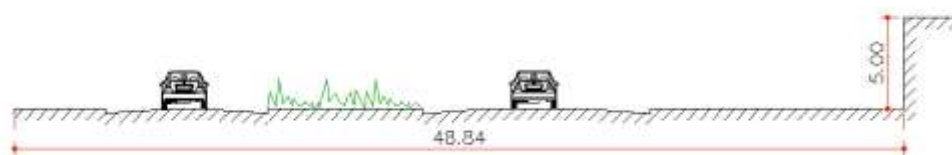
Ponto 14 localizado na Av. Das Torres, via principal.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 33– (a) Localização do ponto na área de estudo; (b) Dados de imagem de satélite *Google Earth*; (c) Cobertura do solo; (d) Desenho do perfil do Canyon do Ponto 14 (e) Imagem panorâmica mostrando Ponto 14 *Google Street View*

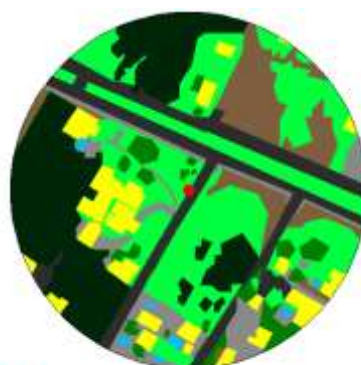
PONTO 15



Ponto 15 localizado na Rua Bernardo Guimarães, via local.

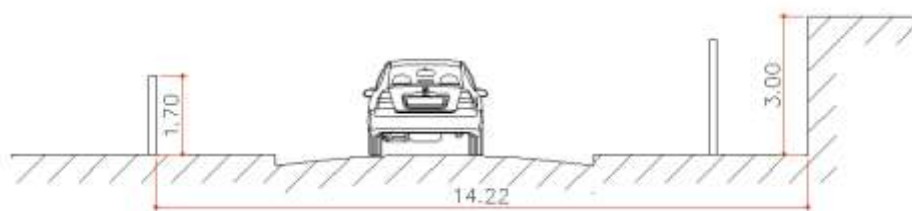


(a)



Água	Vegetação Remanescente
Área Construída	Asfalto
Arborização	Superfície Impermeável
Vegetação Rasteira	Solo Nu

(b)



(c)



(d)

Figura 34– (a) Localização do ponto na área de estudo; (b) Dados de imagem de satélite *Google Earth*; (c) Cobertura do solo; (d) Desenho do perfil do Canyon do Ponto 15 (e) Imagem panorâmica mostrando Ponto 15 *Google Street View*

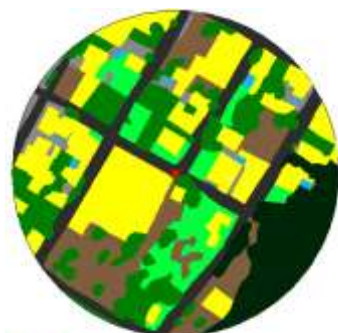
PONTO 16



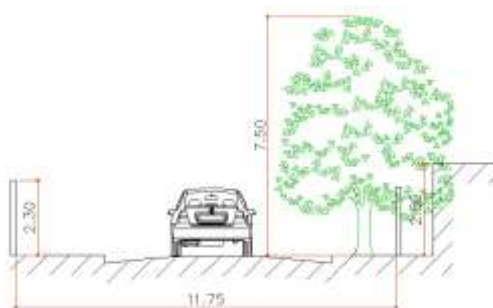
Ponto 16 localizado na Rua Gonçalves Dias, via local.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 35 – (a) Localização do ponto na área de estudo; (b) Dados de imagem de satélite *Google Earth*; (c) Cobertura do solo; (d) Desenho do perfil do Canyon do Ponto 16 (e) Imagem panorâmica mostrando Ponto 16 *Google Street View*

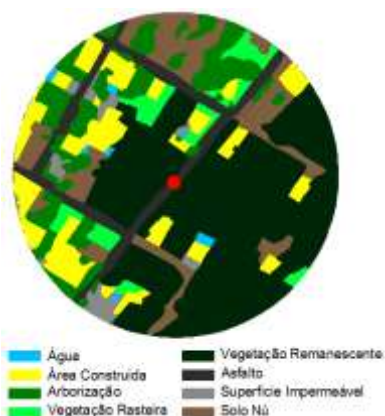
PONTO 17



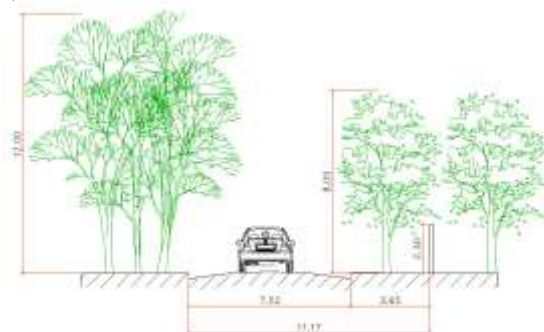
Ponto 17 localizado na Rua Castro Alves, via local.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 36– (a) Localização do ponto na área de estudo (b) Dados de imagem de satélite *Google Earth*; (c) Cobertura do solo; (d) Desenho do perfil do Canyon do Ponto 17 (e) Imagem panorâmica mostrando Ponto 17 *Google Street View*

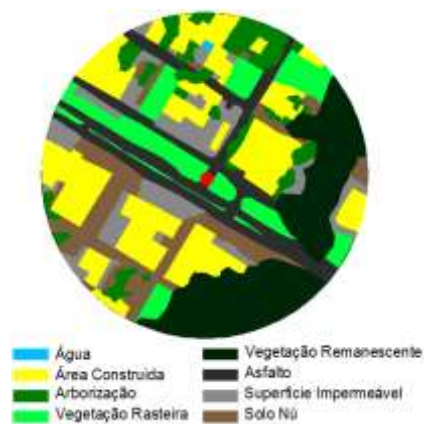
PONTO 18



Ponto 18 localizado na Rua Castro Alves, via local.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 37 – (a) Localização do ponto na área de estudo; (b) Dados de imagem de satélite *Google Earth*; (c) Cobertura do solo; (d) Desenho do perfil do Canyon do Ponto 18 (e) Imagem panorâmica mostrando Ponto 18 *Google Street View*

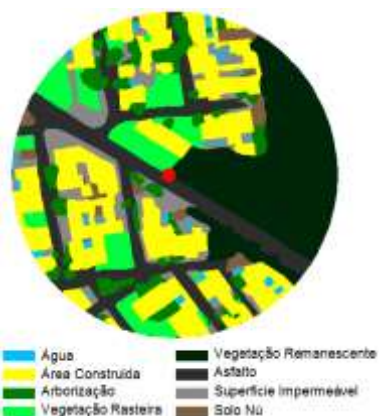
PONTO 19



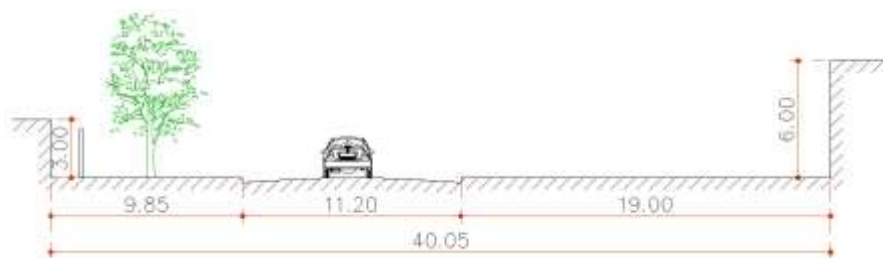
Ponto 19 localizado na Av. Jornalista Arquimedes Pereira Lima, via principal.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 38 – (a) Localização do ponto na área de estudo; (b) Dados de imagem de satélite *Google Earth*; (c) Cobertura do solo; (d) Desenho do perfil do Canyon do Ponto 19 (e) Imagem panorâmica mostrando Ponto 19 *Google Street View*

PONTO 20



Ponto 20 localizado na Rua Vinte, via coletora.



0m 50m 100m

(a)



Água
 Área Construída
 Arborização
 Vegetação Restante
 Vegetação Remanescente
 Asfalto
 Superfície Impermeável
 Solo Nu

(b)



(c)



(d)

Figura 39 – (a) Localização do ponto na área de estudo; (b) Dados de imagem de satélite *Google Earth*; (c) Cobertura do solo; (d) Desenho do perfil do Canyon do Ponto 20 (e) Imagem panorâmica mostrando Ponto 20 *Google Street View*

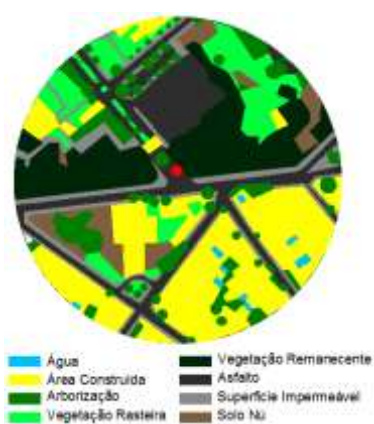
PONTO 21



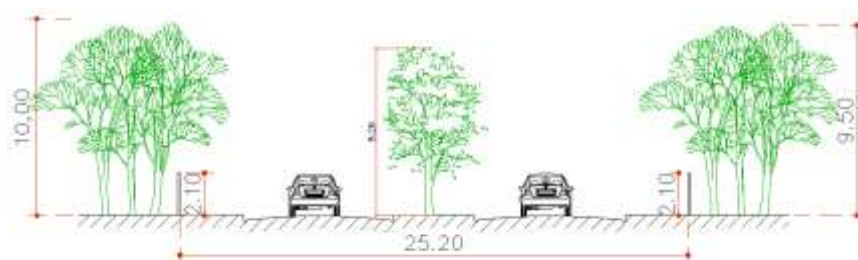
Ponto 21 localizado na Rua Alziro Zarur, via coletora.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 40 – (a) Localização do ponto na área de estudo; (b) Dados de imagem de satélite *Google Earth*; (c) Cobertura do solo; (d) Desenho do perfil do Canyon do Ponto 21 (e) Imagem panorâmica mostrando Ponto 21 *Google Street View*

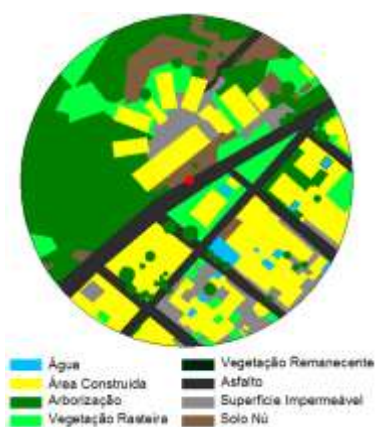
PONTO 22



Ponto 22 localizado na Rua Alziro Zarur, via coletora.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 41– (a) Localização do ponto na área de estudo; (b) Dados de imagem de satélite Google Earth; (c) Cobertura do solo; (d) Desenho do perfil do Canyon do Ponto 22 (e) Imagem panorâmica mostrando Ponto 22 Google Street View

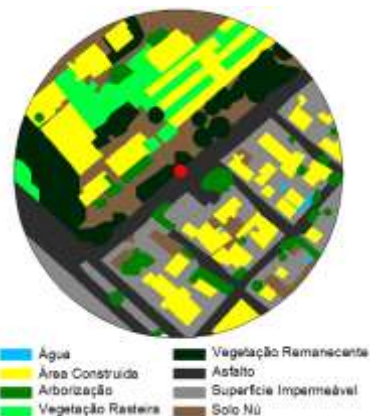
PONTO 23



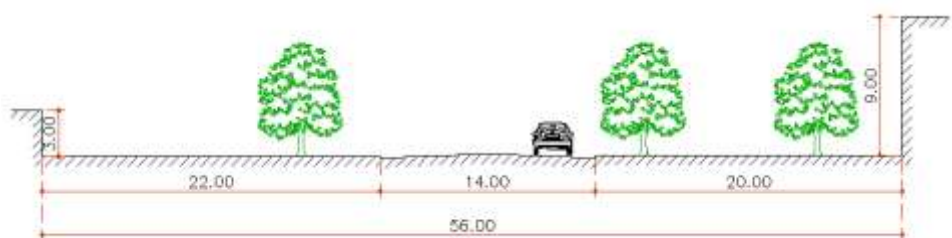
Ponto 23 localizado na Rua Alziro Zarur, via coletora.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 42– (a) Localização do ponto na área de estudo; (b) Dados de imagem de satélite *Google Earth*; (c) Cobertura do solo; (d) Desenho do perfil do Canyon do Ponto 23 (e) Imagem panorâmica mostrando Ponto 23 *Google Street View*

5. RESULTADO E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão apresentadas as análises dos resultados e discussões de todos os subsídios necessários às investigações da seguinte pesquisa.

As etapas foram assim organizadas:

- a) Caracterização microclimática do período de coleta de dados;
- b) Análise da temperatura do ar e umidade relativa no transecto móvel;
- c) Análise da caracterização de uso e ocupação do solo;
- d) Análise do fator canyon urbano;
- e) Análise da radiação solar nos pontos do transecto móvel;
- f) Análise estatística dos dados.

5.1. CARACTERIZAÇÃO MICROCLIMÁTICA DO PERÍODO DE COLETA DE DADOS

Para um melhor entendimento do comportamento microclimático da cidade de Cuiabá, foram analisados dados de dois pontos fixo de medição. Duas estações micrometeorológicas em dois pontos distintos.

Foi realizada uma análise comparativa entre os dados de temperatura do ar média da estação meteorológica do aeroporto Marechal Rondon e a estação da UFMT, Figura 43, observou-se uma tendência de variabilidade dos dados.

Foram analisados os dados do período quente-seco (Setembro de 2012) e quente-úmido (Janeiro e Março de 2013), das duas localidades, os dias avaliados foram os mesmos em que se coletavam dados no transecto móvel, assim possibilitando a comparação entre os mesmos.

As maiores temperaturas do ar foram aferidas no período quente-seco, registradas pela estação micrometeorológica localizada na UFMT (PGFA), a maior temperatura ocorreu no dia 13 de Setembro 2012, com média diária de 34,4°C, no mesmo dia na estação do Aeroporto a temperatura do ar média foi de 31°C, a diferença da temperatura do ar entre as estações foi de 3,4°C. Sendo que a estação urbana (UFMT) obteve as maiores temperaturas médias ao longo de todo o período de coleta de dados, isso se deve a influência do local em que está inserida, com perfil urbano mais consolidado, fluxo de veículos e atividade humana.

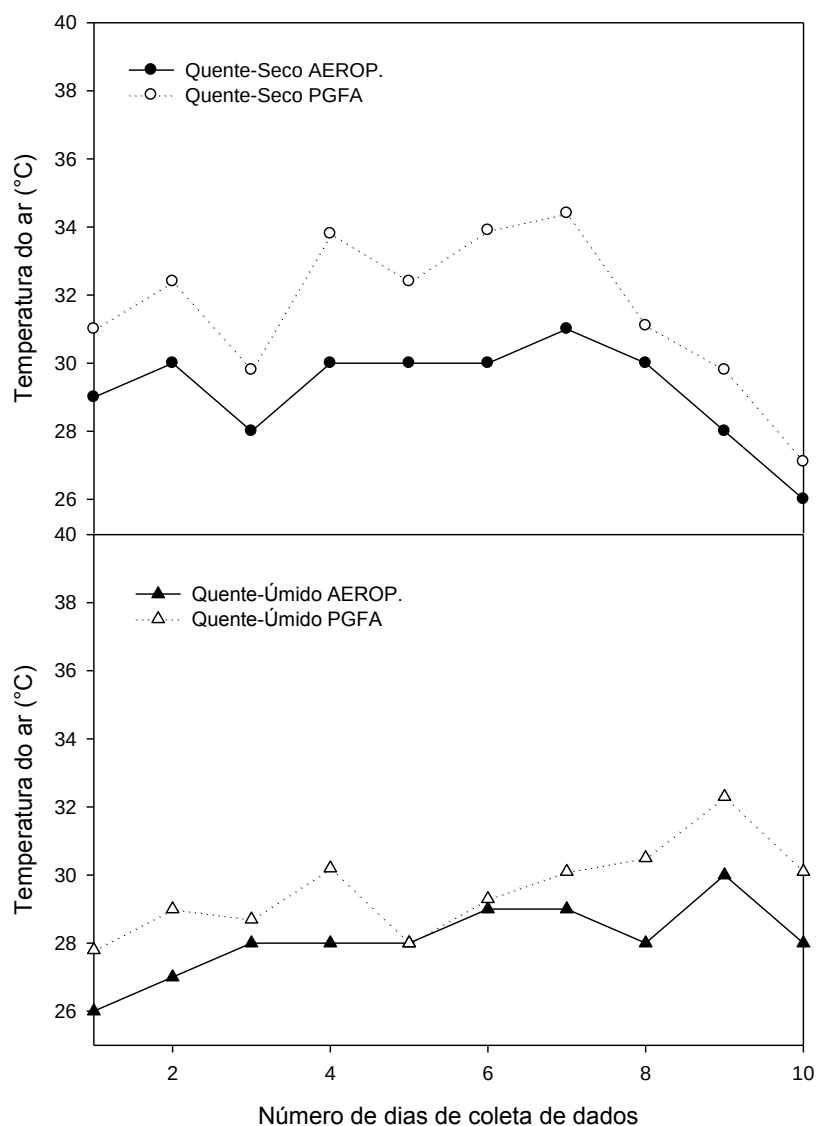


Figura 43—Temperatura do ar média correspondente aos dias de coleta de dados nos períodos seco e úmido. (AEROP – Estação do Aeroporto, PGFA – Estação da UFMT)

Esse comportamento térmico foi citado por Maitelli (1994), ao caracterizar o clima da região, descreve que as temperaturas se mantêm elevadas principalmente durante a primavera, que se inicia em setembro, devido à passagem do Sol sobre os paralelos da região em direção ao Trópico de Capricórnio. Neste período também é frequente a presença de queimadas revestindo completamente a cidade de Cuiabá com fumaça e fuligem. (ALVES, 2011)

A poluição do ar aumenta a quantidade total de radiação infravermelha, de ondas longas, emitida a partir da atmosfera terrestre. Partículas de poluição refletem muita

radiação, tanto do sol como da terra, mas também tendem a absorver mais radiação, aumentando a temperatura do ar, isso acaba elevando ainda mais a temperatura do ar (GARTLAND, 2010).

A curva de comportamento no período quente-seco é diferente do período quente-úmido, no entanto o padrão de desempenho, entre as estações micrometeorológicas é semelhante, sendo que a estação urbana (UFMT) sempre apresentou maiores temperaturas do ar que a estação do aeroporto. Isso ocorre devido ao entorno imediato da mesma, pois a estação posicionada na UFMT tem influência de todo um perfil urbano, criando um aspecto climático que está condicionado a dinâmica dessa fração da cidade.

No período quente-úmido a maior temperatura do ar foi dia 10 de março de 2013, com média de 32,3°C na estação da UFMT e 30°C na estação do aeroporto, a diferença entre as duas temperaturas foi de 2,3°C.

Observa-se que o período quente-úmido obteve a temperatura do ar em média 2,2°C menor que o período quente-seco. As medições ocorreram em Janeiro e Março meses com influencia das chuvas, e com maior umidade relativa do ar o que ocasiona uma diminuição na temperatura do ar.

Moreno (2005) afirma que cerca de 70% das chuvas são acumuladas entre os meses de novembro e março. Assim, os ciclos estacionais possuem um período chuvoso com duração de seis a sete meses (geralmente de outubro a novembro e de março a abril) e um período seco que prolonga de quatro a cinco meses (normalmente de maio a setembro), mantendo, ao longo do ano, uma temperatura média e um índice pluviométrico de 25°C e de 1.450 mm, respectivamente (MAITELLI, 1994).

Na verificação do comportamento diário da variável temperatura do ar, umidade relativa do ar e velocidade do ar na estação micrometeorológica da UFMT, nota-se um comportamento sazonal. Observa-se nas primeiras horas do dia (0h às 5h), tanto a velocidade do ar, como a temperatura do ar, tendem a ser menor, comportamento inverso ao da umidade relativa do ar, onde nas primeiras horas do dia (0h às 5h), encontra seu máximo valor, Figura 44.

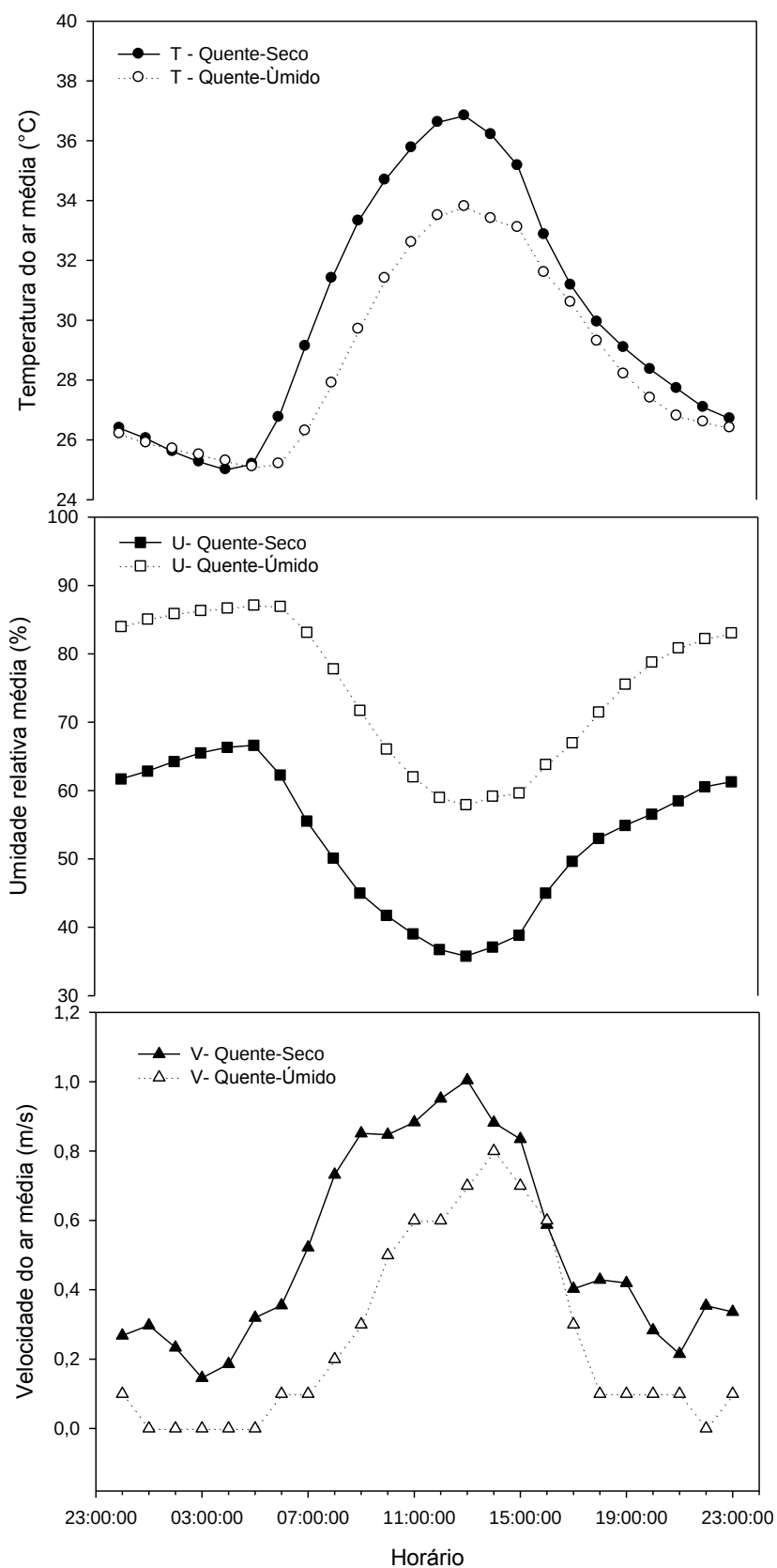


Figura 44 – Comportamento diário médio das variáveis microclimáticas estação (UFMT)

A temperatura do ar e a velocidade do ar tem seu pico em torno das 14h, enquanto a umidade relativa comporta-se de maneira inversamente proporcional sendo que a mínima ocorre nesse horário.

As menores médias de umidade relativa do ar em dados históricos (1970 a 2007) foram nos meses de Agosto (56,8%) e Setembro (61,2%) enquanto as maiores médias de umidade relativa do ar ocorreram nos meses de Janeiro (81,2%) e Março (80,5%), (CUIABÁ, 2012).

O período quente-seco obteve as maiores médias de temperatura do ar, no horário de pico (14h) com média de 36,8°C e no período quente-úmido com média de 33,8°C, com uma diferença de 3°C, Figura 44. As menores médias de umidade relativa do ar também foram aferidas no período quente-seco com média de 35,7% às 14h, e no período quente-úmido com média de 57,9%, com uma diferença de 22,2%, Figura 44.

A velocidade do vento em Cuiabá não é constante, conforme destacam Campelo Jr. et al. (1991), apesar da velocidade do vento ser relativamente baixa, ocorrem rajadas (picos de curta duração) que podem atingir valores de até 35,9 m/s (129,3 km/h). Com relação à direção dos ventos, a direção predominante é (N) norte (NO) noroeste e (S) sul quando o tempo está sobre a influência de massas de ar.

5.2. ANÁLISE DA MÉDIA DA TEMPERATURA DO AR E UMIDADE RELATIVA NO TRANSECTO MÓVEL

Com o objetivo de melhor visualizar a interferência da morfologia urbana em relação ao comportamento termohigrométrico, foram confeccionados gráficos que demonstram o comportamento das variáveis, temperatura do ar e umidade relativa do ar ao longo do transecto móvel.

No período matutino o ponto de maior temperatura do ar foi o 23, com média de 30,3°C no período quente-seco e 29,3°C no período quente-úmido, Figura 45. O ponto 23 está localizado em uma via coletora (Rua: Alziro Zarur) a aproximadamente 70m de uma via principal (Av. Fernando Corrêa da Costa), sendo ambas caracterizadas por possuir alto tráfego de veículos, principalmente no horário

em questão, por se tratar do momento em que as pessoas estão em transito a caminho do trabalho.

A menor temperatura do ar ocorreu no ponto 6, com média de 28,3°C no período quente-seco e no ponto 3 com média de 28,2°C no período quente-úmido, Figura 45. A característica comum aos dois pontos é sua localização ambos estão em vias de mesma dimensão e estão próximos a vegetação, o ponto 6 ainda possui proximidade com o rio Coxipó.

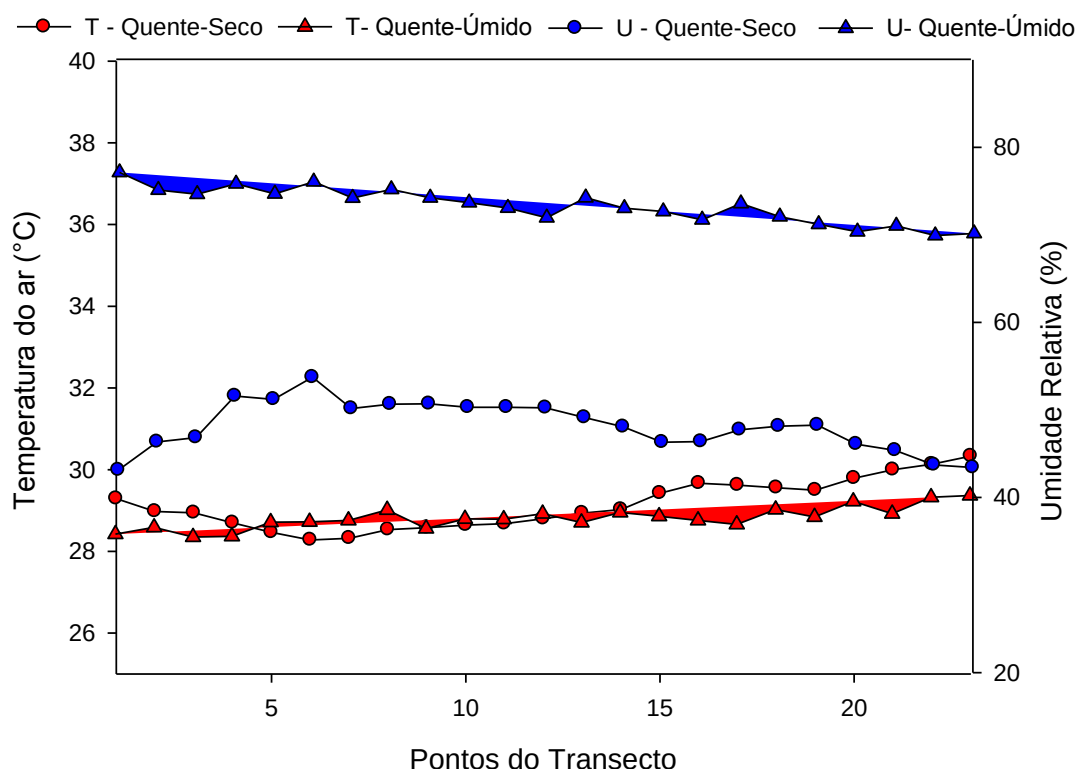


Figura 45 – Temperatura do ar e umidade relativa do ar média nos pontos do transecto (Matutino – 8h)

A diferença entre a maior e menor temperatura no período quente-seco foi de 2°C e no período quente-úmido foi de 1,1°C. Em estudos realizados por Park 2012 foi verificado que o efeito de atenuação térmica que a vegetação proporciona é de 0,58°C a 2,15°C em comparação com um lugar exposto a luz do sol, resultado semelhante ao encontrado na atual pesquisa.

No período matutino a menor umidade relativa média foi encontrada no ponto 1, com média de 43,1% no período quente-seco e no ponto 12 com média de 73,4%

no período quente-úmido, Figura 45. Ambos os pontos ficam localizados em vias principais onde há grande fluxo de veículos e estão totalmente expostos a radiação solar.

A maior umidade relativa foi encontrada no ponto 6, com média de 53,7% no período quente-seco e média de 77,5% no período quente-úmido, Figura 45. O ponto 6 está próximo ao rio Coxipó, em local com alta taxa de área verde e vegetação remanescente ainda preservada, criando um microclima com a atmosfera rica em umidade. A diferença de umidade relativa entre os pontos do transecto, no período quente-seco foi de 10,6% e no período quente-úmido foi de 4,1%, a diferença foi menor devido à distribuição mais uniforme da umidade nesse período. A maior variação da umidade relativa ocorreu no período quente-seco.

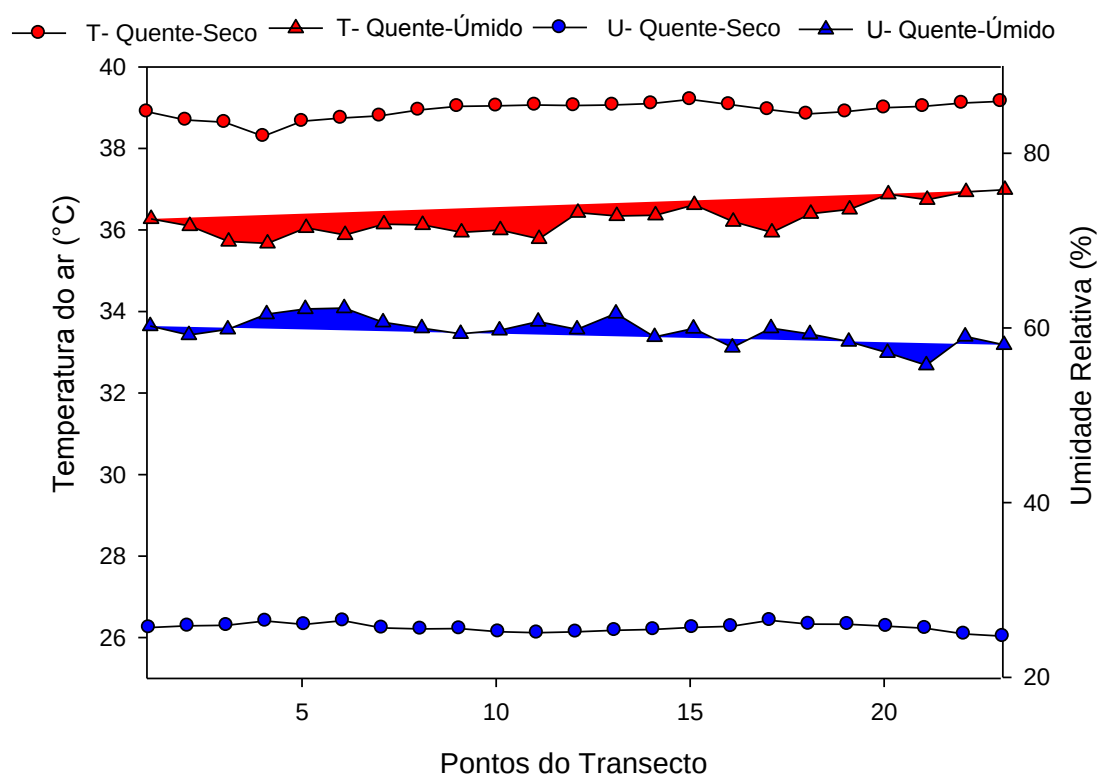


Figura 46 – Temperatura do ar e umidade relativa média nos pontos do transecto (Vespertino – 14h)

No período vespertino, o ponto de maior temperatura do ar foi o ponto 15 com média de 39,2°C no período quente-seco, e o ponto 23 com média de 34,5°C no

período quente-úmido, Figura 46. Novamente o ponto 23 aparece com maior média de temperatura do ar, isso devido à somatória da ação antrópica, mais especificamente, ao tráfego de veículos e a área em que está inserido, com grande índice de área construída e uso comercial. O ponto 15 encontra-se em uma região próxima uma via principal (Av. Profª Edna Affi), uma região que a urbanização ainda não está muito consolidada, vários terrenos vazios, mas já sem vegetação, além disso o ponto ainda encontra-se exposto a radiação solar durante todo o dia, devido a abertura do Canyon.

A menor temperatura do ar foi encontrada no ponto 4 com média de 38,3°C no período quente-seco e média de 33,2°C no período quente-úmido, Figura 46. O ponto 4 está em um local sombreado, em uma área arborizada, não possuindo construções em nenhum dos lados da via, próximo a um córrego, em uma rua local (Rua: Treze), com pouco tráfego de veículos. A diferença de temperatura no período quente-seco foi de 0,9°C e no período quente-úmido foi de 1,3°C.

A localidade do ponto 4 favorece os efeitos da proteção que a vegetação exerce sobre o microclima. De acordo com Rivero (1986), a absorção da radiação solar incidente nas folhas é alta, em torno de 90% das lumínicas e 60% das infravermelhas, da energia absorvida, uma parte se transforma em energia química potencial por fotossíntese e outra em calor latente, ao evaporar-se a água eliminada pela folha por transpiração. Pode-se observar que os elementos vegetais apresentam melhor desempenho térmico em relação aos materiais inertes, contribuindo assim para o resfriamento.

No período vespertino a menor umidade relativa foi encontrada no ponto 23 com média de 24,7% no período quente-seco e no ponto 21 com média de 55,9%, no período quente-úmido, Figura 46. Os pontos 21 e 23 estão localizados na via coletora Alziro Zarur, o que tem relação com o tráfego de veículos e com a semelhança de área construída.

A maior umidade relativa foi encontrada no ponto 17 com média de 26,5% no período quente-seco, no ponto 13 com média de 61,8% no período quente-úmido, Figura 46. O ponto 13 está localizado próximo ao rio Coxipó, em uma região de vegetação remanescente ainda preservada, o ponto 17 está no bairro Santa Cruz,

região estritamente residencial e também está próximo de uma área verde ainda preservada.

Mascaró (1996) afirma que a umidade relativa do ar sob a vegetação é maior que nos espaços sem ela, entre 3% a 10%, verificando-se as maiores diferenças no verão, pois este efeito é proporcional á densidade foliar da vegetação.

A diferença de umidade relativa entre os pontos de maior e menor medida no período quente-seco foi de 1,8% e no período quente-úmido 5,9%, menor diferença diária.

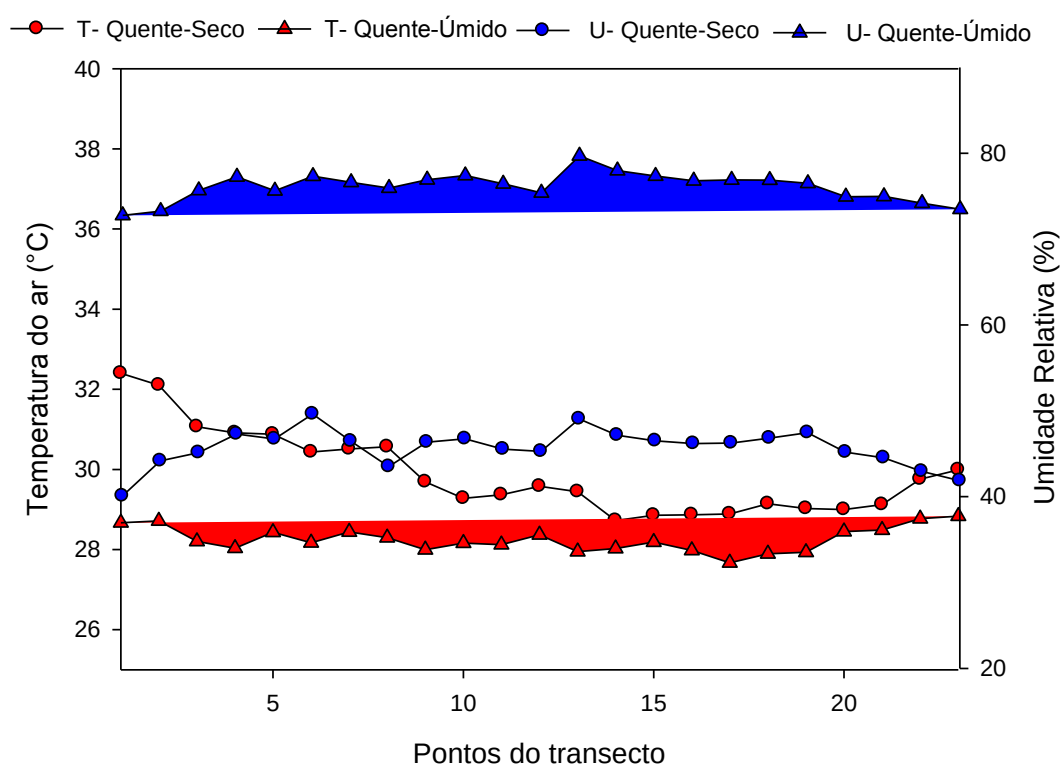


Figura 47 – Temperatura do ar e umidade relativa média nos pontos do transecto (Noturno – 20h)

No período noturno o ponto de maior temperatura do ar foi o 1, com média de 32,4°C no período quente-seco e o ponto 23 com média de 28,8°C no período quente-úmido, Figura 47. Tanto o ponto 1 como o ponto 23 estão próximos a vias de intenso tráfego de veículos o ponto 1 na Av. Fernando Corrêa da Costa e o ponto 23 na Rua Alziro Zarur próximo a Av. Fernando Corrêa da Costa, esse horário não há mais a influência da radiação solar no entanto devido ao acúmulo de calor pelos materiais (asfalto, concreto, tijolo, etc.) os mesmos liberam esse calor para o

ambiente. BRANCO et. al. 2012 ao realizarem estudos na cidade de Fortaleza, observaram que microclimas são influenciados pela presença de materiais construtivos e coberturas naturais. Quanto maior o nível de adensamento maior é a influencia dessas edificações no clima local.

A menor temperatura do ar foi no ponto 14 com média de 28,7°C no período quente-seco e no ponto 17 com média de 27,6°C, no período quente-úmido, Figura 47. Os dois pontos apresentam vantagens com relação ao uso e ocupação do solo, o ponto 14 está localizado em uma região onde há pouca área construída, e o ponto 17 está em um bairro com característica estritamente residencial, locais com pouco tráfego de veículos e com influência de vegetação. A diferença de temperatura no período quente-seco foi 3,7°C e no período quente-úmido foi de 1,2°C.

No período noturno a menor umidade relativa foi aferida no ponto 1 com média de 40% no período quente-seco e com média de 72,7% no período quente-úmido, Figura 47. O ponto 1 tem um entorno que propicia a redução da umidade relativa do ar, via principal (Av. Fernando Correa da Costa) com grande fluxo de veículos, alta taxa de área construída, grande porcentagem de área impermeável e comércios. Pinho 2008, nos estudos de Ilha de Calor realizados em Cuiabá, afirma que as áreas circundantes ao shopping Três Américas localizado na Av. Fernando Correa da Costa próximo a UFMT se mostraram bastante aquecidas, chegando a superar a variação térmica registrada no centro da cidade, atingindo uma magnitude de 6,6°C, no horário das 20h.

A maior umidade relativa foi encontrada no ponto 6 com média de 49,6% no período quente-seco e no ponto 13 com média de 79,6%, no período quente-úmido, Figura 47. Ambos os pontos estão em áreas com vegetação remanescente e próximos ao rio Coxipó, favorecendo assim o aumento da umidade relativa local, de acordo com Guerra Macho *et al.* (1994), em cidades de clima seco, a manutenção dos recursos d'água presentes no perímetro urbano de forma a permitir que esses efeitos possam ser percebidos pelos ocupantes torna-se um fator positivo no planejamento urbano. Devendo-se juntamente instituir políticas de limpeza e preservação desses cursos d'água.

A diferença de umidade relativa no período quente-seco foi de 9,6% e no período quente-úmido foi de 6,9%.

Tabela 2 – Resultados das maiores e menores médias de temperatura do ar ao longo do transecto móvel

TEMPERATURA (°C)				
PERÍODO QUENTE-SECO				
Horário	Ponto	Maior	Ponto	Menor
8h	23	30,3	6	28,3
14h	15	39,2	4	38,3
20h	1	32,4	14	28,7
PERÍODO QUENTE-ÚMIDO				
Horário	Ponto	Maior	Ponto	Menor
08h	23	29,3	3	28,2
14h	23	34,5	4	33,2
20h	23	28,8	17	27,6

A Tabela 2 apresenta o resultado geral das medições de temperatura do ar nos pontos do transecto em resumo temos como pontos de maior temperatura do ar média os pontos 1, 15 e 23 e menor temperatura do ar média 3, 4, 6, 14 e 17, Figura 48.

Os pontos que apresentaram as maiores temperaturas do ar têm em comum algumas características, como estarem próximos ou em avenidas movimentadas, locais total ou parcialmente expostos à radiação solar, baixo índice em relação ao Canyon Urbano (H/W), pouca vegetação, alta taxa de área construída e impermeabilizada, esses fatores somados acarretam em maior ou menor grau de aquecimento.



1



15



23



3



4



6



Figura 48– Pontos do transecto com maiores (1, 15 e 23) e menores (3, 4, 6, 14 e 17) temperaturas do ar

Já os pontos de menor temperatura do ar, encontravam-se próximos às áreas com vegetação, tanto vias arborizadas como áreas de preservação permanente com vegetação remanescente, rios e córregos, maior índice Canyon Urbano (H/W), e a maioria se encontrava à sombra, menos exposta à radiação solar direta. As reduções de temperatura do ar média variaram de 0,9°C a 3,7°C.

Estudos realizados em diferentes espaços verdes urbanos abertos em Tel Aviv mostraram que um parque urbano com uma cobertura densa de árvores tem um efeito de resfriamento durante o verão e o inverno. No verão, reduz as temperaturas em até 3,8°C e os valores de conforto térmico em até 18°C PET (Temperatura Equivalente Fisiológica), enquanto que no inverno reduz as temperaturas em até 2°C e conforto térmico em até 10°C PET, (COHEN *et al.*, 2012).

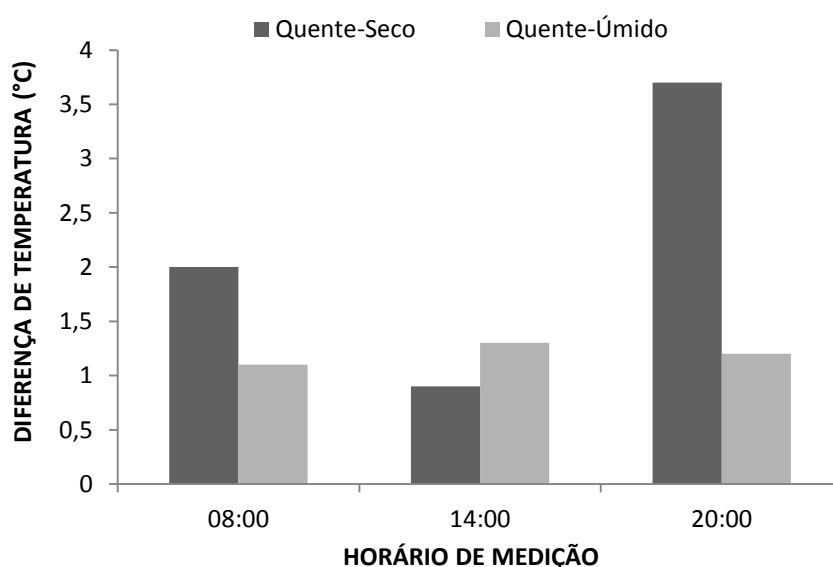


Figura 49–Diferença de temperatura do ar média entre os pontos do transecto

A Figura 49 ilustra a diferença de temperatura do ar média entre os pontos do transecto, no período quente-seco às 8h e 20h a diferença foi maior que no período quente-úmido aproximadamente 1,6°C a mais. Às 14h a diferença de temperatura do

ar maior foi notada no período quente-úmido com 1,3°C enquanto no período quente-seco foi de 0,9°C. No período quente-seco a maior diferença foi no horário das 20h com 3,7°C.

No horário das 20h as temperaturas não apresentam mudanças rápidas pela ausência da radiação solar, assim possibilitando que as características urbanas possam ser mais bem delineadas. Em estudos de ilha de calor esse é o melhor horário para se coletar as variáveis por meio do transecto móvel. Além disso, é após o pôr do sol que a ICU atinge a intensidade máxima (OKE, 1982).

No período quente-seco é mais fácil notar as diferenças de temperatura do ar entre os pontos, isso devido ao comportamento da dinâmica dos fluidos. Como a atmosfera se mostra mais estável nesse período a configuração urbana exerce maior influência no microclima, ou seja, a influência da vegetação e dos cursos d'água é notada com maior facilidade.

A Tabela 3 apresenta o resultado geral das medições de umidade relativa do ar nos pontos do transecto em resumo temos como pontos de maior umidade relativa (6, 13 e 17) e de menor umidade relativa (1, 12, 21 e 23), (Figura 50).

Tabela 3—Resultado das maiores e menores médias de umidade relativa do ar ao longo do transecto móvel

UMIDADE RELATIVA (%)				
PERÍODO QUENTE-SECO				
Horário	Ponto	Menor	Ponto	Maior
08h	1	43,1	6	53,7
14h	23	24,7	17	26,5
20h	1	40	6	49,6
PERÍODO QUENTE-ÚMIDO				
Horário	Ponto	Menor	Ponto	Maior
08h	12	73,4	6	77,5
14h	21	55,9	13	61,8
20h	1	72,7	13	79,6

Os pontos que obtiveram os maiores valores de umidade relativa tem em comum a proximidade com áreas verdes e cursos d'água. O ponto 6 está posicionado em uma via estreita, com arborização de ambos os lados e ainda está próximo ao Córrego Moinho, fatores que favorecem o aumento de umidade relativa. No período

quente-úmido o ponto 13 obteve as menores médias no horário das 14h e 20h, esse ponto é próximo a ponte que passa sobre o Córrego Moinho, possui uma grande área de mata nativa e 0% de área construída.

O sombreamento proporcionado pela vegetação traz melhoras microclimáticas pelo fato de filtrar a radiação solar. Uma área sombreada é fracamente atingida pela radiação solar direta incidente e, assim, a temperatura radiante daquela superfície é menor. Essas condições diminuem a possibilidade de aumento de temperatura do ar, devido ao contato com essa superfície através dos processos de convecção e condução (SHINZATO, 2009).

As regiões com maior concentração de espaços livres, com vegetação ou nas proximidades de reservatórios d'água, as temperaturas sofrem declínios acentuados, assim também como o aumento na taxa de umidade relativa, porque a maior quantidade de vegetação implica em mudança no balanço de energia, (LOMBARDO, 1985).



Figura 50 – Pontos do transecto com maiores (6, 13 e 17) e menores (1, 12, 21 e 23) umidades relativas

5.4. ANÁLISE DA CLASSIFICAÇÃO DA COBERTURA DO SOLO

O uso e ocupação do solo urbano é um dos grandes responsáveis pelo aquecimento das cidades e a formação das ilhas de calor. Vários trabalhos pesquisaram esses efeitos, Sampaio (1981), Maitelli *et al.* (1991), Liu *et al.* (2007), King & Davis (2007) e Kolokotroni & Giridharan (2008) esses pesquisadores em seus estudos encontraram um aumento de temperatura do ar na área edificada que varia de 0,8°C a 10°C. Em um ambiente urbano deve-se considerar que os fatores mais significativos para o resfriamento são a presença de vegetação, água e áreas permeáveis, em contrapartida os fatores que causam o aumento das temperaturas são área construída e superfície impermeabilizada.

Foram elaborados mapas e quantificados segundo a cobertura do solo (água, área construída, vegetação, área impermeável, área permeável), de cada um dos 23 pontos estudados, para um melhor entendimento do comportamento microclimático, Tabela 5.

Tabela 5– Os pontos do transecto e a porcentagem dos elementos de ocupação do solo (água, área construída, vegetação, área impermeável, área permeável)

PONTOS	ÁGUA %	CONST. %	VEGET. %	IMP. %	PERM. %
1	0	36,29	9,23	27,88	26,59
2	0,4	40,57	21,61	31,44	5,96
3	0,15	40,17	34,52	14,96	10,19
4	1,41	16,66	57,43	10,81	13,67
5	1,29	44,09	21,84	23,12	9,64
6	0,55	10,85	59	9,39	20,19
7	0,03	19,96	15,18	23,43	41,38
8	2	13,48	52,3	14,32	17,87
9	0	3,66	54,43	8,64	33,26
10	0,11	11,5	25,25	14,71	48,41
11	0,46	28,71	12,96	28,45	29,41
12	1,2	44,37	6,23	15,15	33,08
13	2,32	0	69,83	9,59	18,25
14	0,36	6,61	16,64	21,69	54,68
15	0,46	7,93	28,44	21,52	41,63
16	0,7	26,82	31,35	19,43	21,68
17	0,66	13,12	59,6	10,31	16,29
18	0,24	25,2	28,72	23,96	21,86
19	1,37	29,04	32,33	24,96	12,27
20	0,89	30,97	30,81	17,29	20,02
21	0,82	24,12	32,4	26,4	16,24
22	1,36	27,02	30,99	22,65	17,96
23	0,24	22,6	18,96	37,36	20,83

Os pontos com maior porcentagem de área verde são (4, 6, 8, 9, 13 e 17) os pontos com maior porcentagem de área construída são (1, 2, 3, 5, 12) considerando-se apenas os pontos que tem uma quantidade acima de 30%. A maior porcentagem de área verde se encontra no ponto 13 (69,8%) o mesmo não possui área construída, a menor porcentagem de área verde (15,2%) e a maior porcentagem de área construída (44,37%) se encontram no ponto 12, Figura 51.

Com relação á temperatura do ar média o ponto 13 apresentou 32,4°C no período quente-seco e 30,1°C no período quente-úmido e o ponto 12, 32,4°C no período quente-seco e 30,4°C no período quente-úmido. Sendo assim os pontos tiveram uma diferença de temperatura do ar média de (0,3°C) apenas no período quente-úmido.

No entanto o ponto de maior temperatura foi o 23 com 33,2°C no período quente-seco e 30,8°C no período quente-úmido esse ponto possui (22,6%) de área construída e (18,9%) de área verde. Os pontos de menor temperatura do ar foram o 9 com 32,3°C no período quente-seco e o 17 com 29,9°C no período quente-úmido. Esses pontos possuem (3,6% e 13,2%) de área construída e (54,4% e 59,6%) de área verde.

A diferença de temperatura do ar entre os pontos no período quente-seco e quente-úmido foi de 0,9°C, nota-se também que a porcentagem de área verde dos pontos 9 e 17 é em média 34% maior que a do ponto 23 e a área construída é em média 10% menor. No entanto é importante salientar que não devemos tratar somente os índices de área construída e de vegetação como sendo os únicos responsáveis pelo comportamento microclimático.

Estudos realizados em Cuiabá por Gheno (2013), mostram que nas categorias de uso e ocupação do solo com áreas mais abertas, terrenos baldios cobertos com vegetação rasteira e algumas árvores e menor concentração de prédios, as temperaturas do ar podem ser até 2,4°C mais baixas do que nas categorias de uso que abrigavam maiores concentrações de edificações.

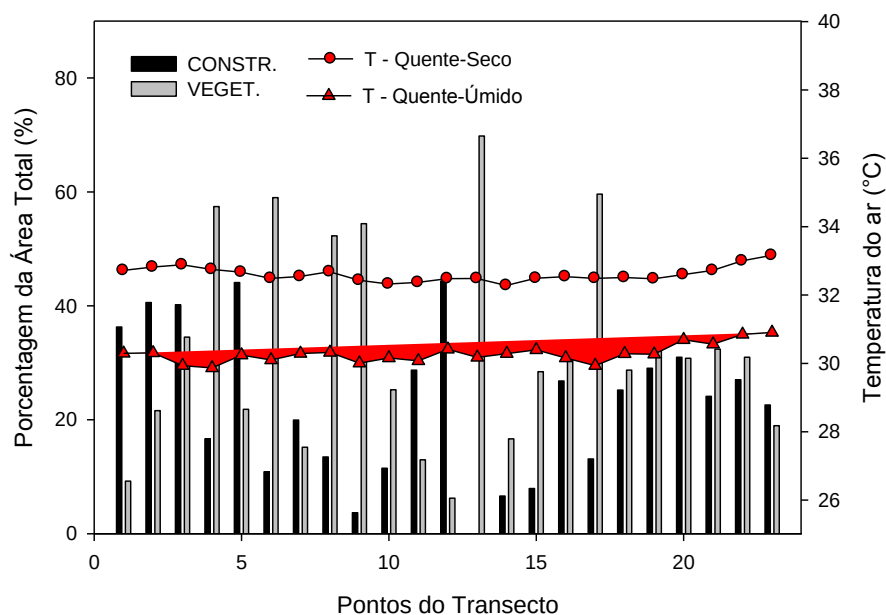


Figura 51– Ocupação do solo (área construída e vegetação) e temperatura do ar média (período seco e úmido)

Huang *et al.* (2008) examinaram os efeitos de quatro tipos diferentes de uso do solo urbano nas variações de temperatura de ar, em Nanjing, China, durante o verão. As quatro áreas selecionadas tinham as seguintes características: superfície urbana com cobertura de concreto, bosque urbano, áreas urbanas com presença de corpo de água e uma área rural. Os resultados mostraram que o microclima dos quatro tipos de uso do solo apresentou diferenças significantes de temperatura do ar.

Em geral, a temperatura do ar dos quatro tipos de uso do solo obedeceu a seguinte ordem, durante o dia: cobertura de concreto > gramado > áreas com corpos d'água > bosques/sombra de árvores, com ordem invertida para o gramado durante a noite, momento que apresentou a menor temperatura. Tomando a cobertura de concreto como referência, os outros três tipos de uso do solo mostraram o efeito em amenizar a temperatura de ar, numa escala de variação entre 0,2°C a 2,9 °C. A intensidade da ilha de calor durante o período monitorado estava entre 0,5°C e 3,5 °C, (HUANG *et. al*, 2008).

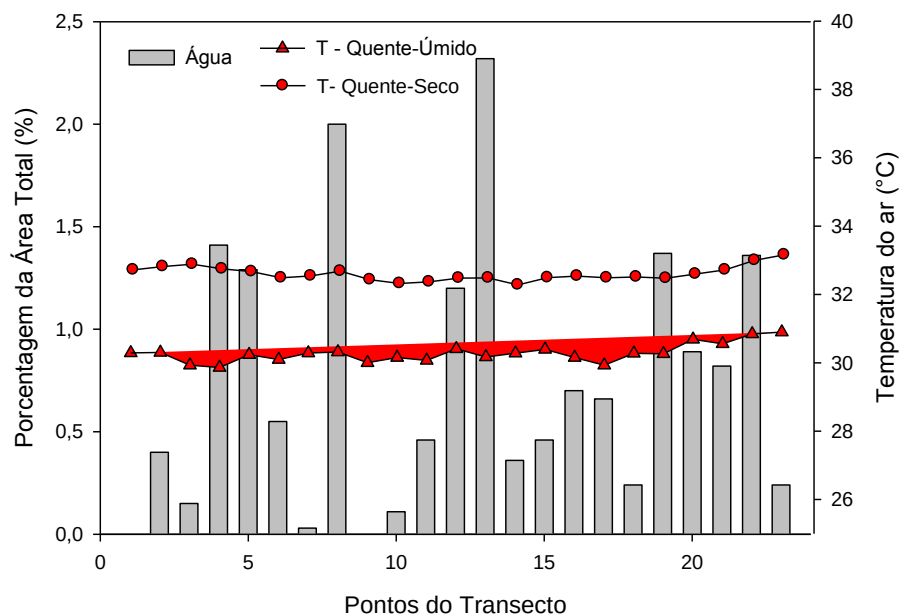


Figura 52– Ocupação do solo (Superfície d'água) e temperatura do ar média (período seco e úmido)

Os pontos com maior porcentagem de área com superfícies d'água são 13 com 2,32%, 8 com 2% e 4 com 1,41%, as temperaturas do ar foram respectivamente 32,4°C, 32,6°C e 32,7°C no período quente-seco e 30,1°C, 30,3°C e 29,8°C no período quente-úmido. Enquanto que nos locais com menor porcentagem de água nos pontos 1 e 9 com 0%, e 7 com 0,03% a temperatura do ar foi de 32,7°C, 32,3°C e 32,5°C no período quente-seco e 30,2°C, 30°C e 30,2°C no período quente-úmido. Foi pequena a modificação na temperatura do ar, variando de 0,1°C a 0,4°C entre os pontos com maior porcentagem de superfícies d'água e os de menor porcentagem, Figura 52.

Isso se deve, pois o efeito de resfriamento da área de superfície molhada é mais acentuado quando combinado com área de sombra, os pontos 13 e 8 são totalmente expostos a radiação solar com exceção do ponto 4 que é sombreado. Segundo Sun e Chen (2012) a localização e transmissão de cargas térmicas entre os corpos de água e a paisagem foram importantes para os efeitos de ilha de calor. O efeito de arrefecimento dos corpos de água depende de seu ambiente físico, por exemplo, em áreas com densas superfícies edificadas, a temperatura da água pode aumentar à medida que absorve o calor mais sensível (SUN & CHEN, 2012).

O comportamento da temperatura do ar em relação à cobertura do solo já é mais claro, Figura 53. O maior índice de área permeável é encontrado no ponto 14 com 54,68% a temperatura média do mesmo é de 32,2°C no período quente-seco e 30,3°C no período quente-úmido, enquanto o ponto com maior índice de área impermeável é o 23 com 37,36% e temperatura média de 33,1°C no período quente-seco e 30,8°C no período quente-úmido é observado uma diferença de temperatura entre os pontos 14 e 23 de 0,9°C no período quente-seco e de 0,5°C no período quente-úmido.

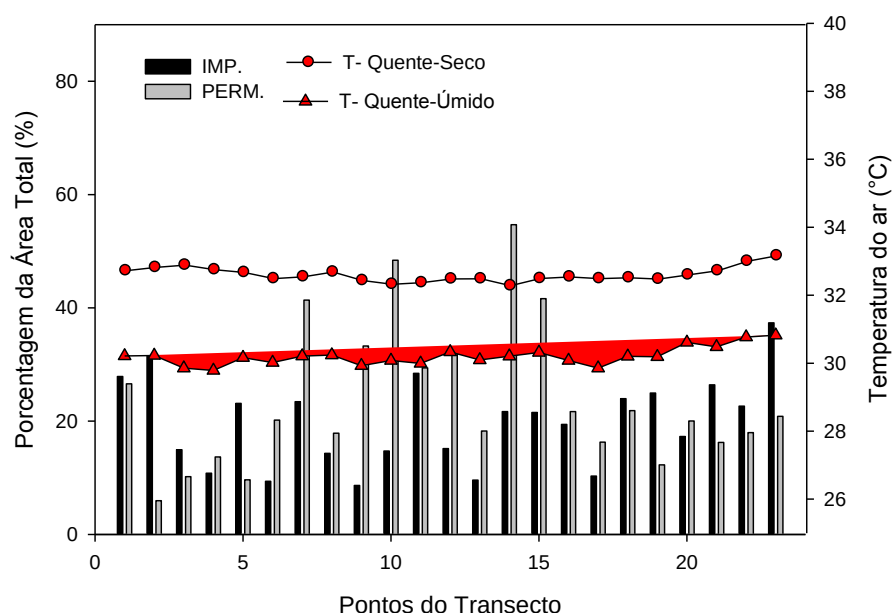


Figura 53– Ocupação do solo (área permeável e impermeável) e temperatura do ar média (período seco e úmido)

O uso de materiais como asfalto e concreto contribuem de maneira significativa para o aumento da temperatura do ar no ambiente urbano, sendo assim um fator que contribui para o aumento da intensidade da ilha de calor, principalmente no período noturno, (HUANG, 2008).

A cobertura e os tipos de uso do solo, além de seus efeitos sobre as condições de balanço de energia, exercem importante influência na interceptação da água advinda da precipitação. O escoamento diminui à medida que aumentam as áreas com cobertura vegetal (de maior rugosidade), e quanto maiores forem às áreas pavimentadas, maior e mais impactante será o escoamento superficial, (PRUSKI et al. 2003).

Quando elencamos os fatores considerados favoráveis (água, vegetação, solo permeável) e desfavoráveis (área construída e superfície impermeabilizada) ao comportamento climático de cada ponto estudado, Figura 54. Notamos que o ponto com maior desvantagem em relação à ocupação do solo é o ponto 2 que tem uma média de temperatura do ar de 32,8°C no período quente-seco e 30,3°C no período quente-úmido e o ponto com a maior percentagem de fatores favoráveis é o ponto 13 com média de temperatura do ar de 32,4°C no período quente-seco e 30,1°C no período quente-úmido. No entanto as diferenças entre essas temperaturas foram de 0,2°C à 0,4°C.

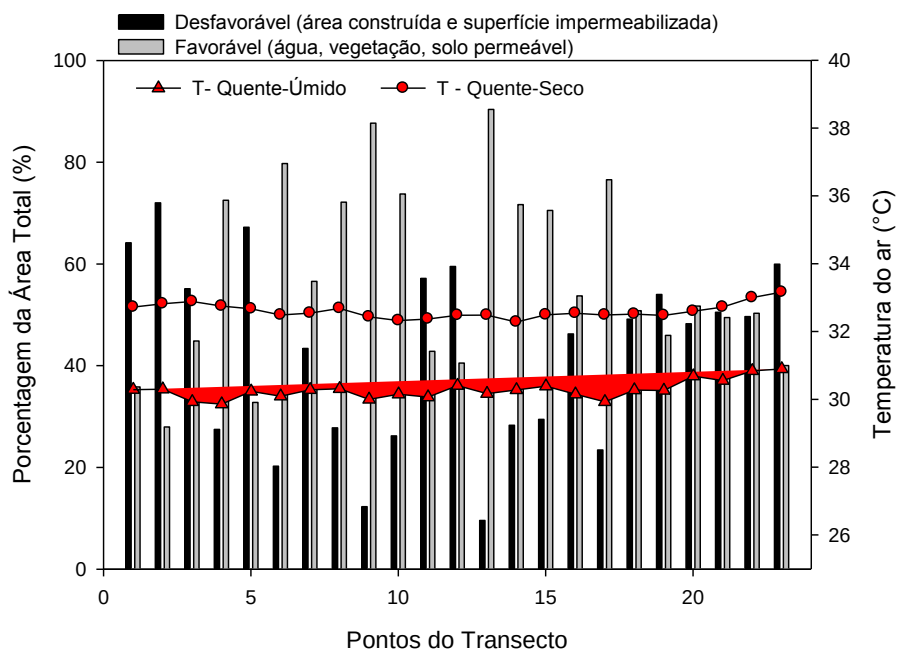


Figura 54— Fatores favoráveis (água, vegetação, solo permeável) e desfavoráveis (área construída e superfície impermeabilizada), comparando com a média da temperatura do ar dos períodos seco e úmido

Sendo assim há de se considerar que não é somente a maneira com que se dá a ocupação urbana que é responsável pelo comportamento microclimático, mas uma soma de vários fatores que em maior ou menor grau corroboram para o comportamento microclimático de cada local, Figura 54.

5.5 ANÁLISE DO FATOR CANYON URBANO

O fator cânion urbano é determinado pela relação entre a somatória da altura dos edifícios de ambos os lados da rua (H) e a distância entre eles que é a largura da

rua (W). Ou seja, quanto maior a altura das edificações e menor a largura da rua mais alto é esse índice, expresso pela equação (H/W).

A influência dos ‘canyons’ urbanos é significativa para formação da ilha de calor. Vários são os fatores que influenciam os microclimas dos canyons urbanos, entre eles: o calor antropogênico produzido pela circulação de pessoas, pelo tráfego de veículo, pelo aquecimento das casas e prédios próximos; diminuição na perda de ondas longas (infravermelho) causada pela redução do fator visão do céu pela geometria dos prédios; grande capacidade de estocar calor, bem como e reemitir-lo, causado pelas propriedades térmicas dos materiais de construção; aumento do fluxo de calor sensível causado pela redução da evaporação, que por sua vez é causado pela ausência da vegetação e da superfície permeável; convergência do calor sensível, causada pela redução da velocidade do vento na camada intraurbana.

Tabela 6– Características do Canyon Urbano

CANYON URBANO						
PONTOS	ALTITUDE	DIREÇÃO	Altura Edifício		Largura da Rua	H/W Fator
			Esq.	Dir.		
P1	164	NO-SE	5,8	10	48,11	0,22
P2	178	NO-SE	10	7	60,02	0,22
P3	177	SO-NE	12	7	17,3	0,89
P4	159	O-L	10,5	12	6	2,75
P5	166	OSO-ENE	3	5,5	14,65	0,39
P6	163	NO-SE	12	15	6,6	2,95
P7	174	NO-SE	5	2,5	59,17	0,11
P8	169	NO-SE	10	5	28	0,45
P9	172	SO-NE	9,5	9	10,2	1,37
P10	177	OSO-ENE	22,4	3,5	32,3	0,75
P11	185	OSO-ENE	11,2	4	36,21	0,36
P12	178	ESE-ONO	0	3	39,15	0,04
P13	166	ESE-ONO	12	15	35,76	0,54
P14	186	ESE-ONO		5	48,85	0,05
P15	188	NNE-SSO	1,7	3	14,22	0,22
P16	189	ONO-ESSE	2,3	7,5	11,75	0,51
P17	182	NE-SO	12	8	11,17	1,43
P18	170	NNE-SSO	*	*	8,75	
P19	171	ESE-ONO	3	6	40,05	0,15
P20	183	NE-SO	4,5	9	14,5	0,62
P21	184	L-O	10	9,5	25,2	0,58
P22	177	ENE-OSO	6	4	33,3	0,24
P23	177	NE-SO	3	9	56	0,13

* Não foi possível fazer o cálculo do fator canyon urbano

Como sombra pode bloquear a radiação solar incidente, alguns estudos têm discutido o efeito do sombreamento em ambientes, internos e externos. A orientação

da rua e a relação altura/largura (H/W) foram medidos para avaliar os níveis de sombreamento em estudos realizados por Johansson 2006 e Emmanuel *et. al* 2004.

Ao longo do trajeto do transecto foram determinados 23 pontos onde se obteve também os valores das condicionantes físicas do canyon urbano, Tabela 6.

A Figura 55 ilustra o comportamento da temperatura do ar e sua relação com o fator Canyon urbano (H/W) nota-se que em uma mesma via os pontos 4, 5 e 6, onde 4 e 6 tem um fator Canyon mais elevado há uma queda de aproximadamente 0,5°C em relação ao ponto 5, sem contar que os pontos distam 100m um do outro, um ganho bem significativo em se tratando de uma distância tão pequena.

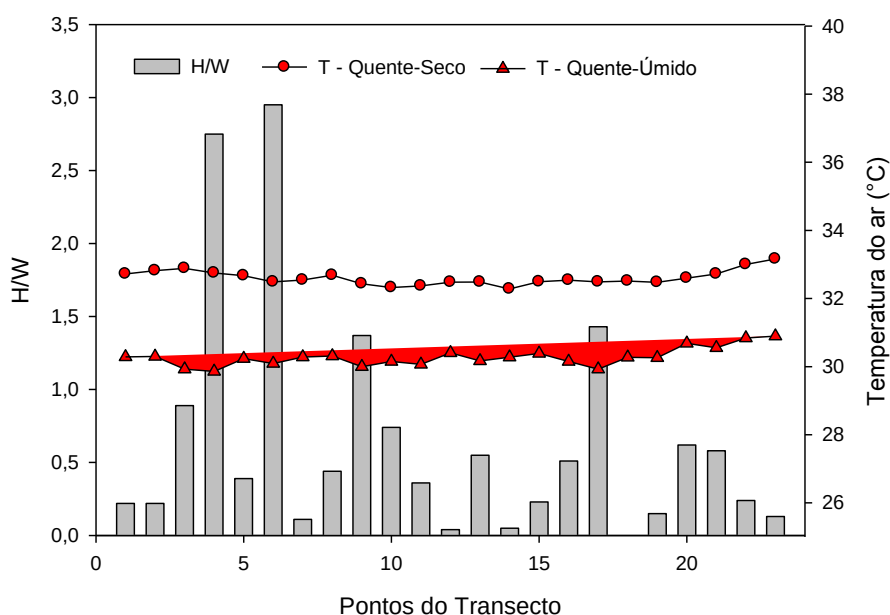


Figura 55 – Comparação entre a temperatura do ar média (período seco e úmido) e a relação H/W

O ponto 17, com a menor temperatura do ar no período quente-úmido (29,9°C), é o 3º com o maior fator (H/W=1,43), enquanto o ponto 23 com a maior temperatura do ar no período quente-úmido (30,9°C) tem um fator (H/W=0,13), 11 vezes menor que o do ponto 17, Figura 55.

Outro fator importante que deve ser considerado é a direção em relação aos pontos cardeais que esse Canyon está direcionado, no caso do ponto 17 se encontra na direção NE-SO, o que significa que em determinadas horas do dia as construções e vegetação vão sombrear a via. Os pontos 4 (O-L) e 5 (OSO-ENE) de elevado fator (H/W) estão em uma direção que não privilegia tanto o sombreamento, o ponto 4

ainda se encontra em situação bem desfavorável com relação a isso pois o sol incide sobre esse ponto ao longo de todo dia. No entanto no ponto 4 há a influência da vegetação que está dos dois lados da rua fazendo assim um túnel verde.

Em um estudo realizado por Kruger et al. 2010, ele afirma que em ruas N-S com elevada proporção (H/W) pode garantir sombreamento mútuo das fachadas dos edifícios, resultando em reduções da necessidade de refrigeração. No entanto as ruas largas, no eixo L-O tem elevado ganho de energia térmica ao longo do dia. O fator abertura do Canyon aliado à direção da rua pode garantir proteção tanto ao pedestre como as construções.

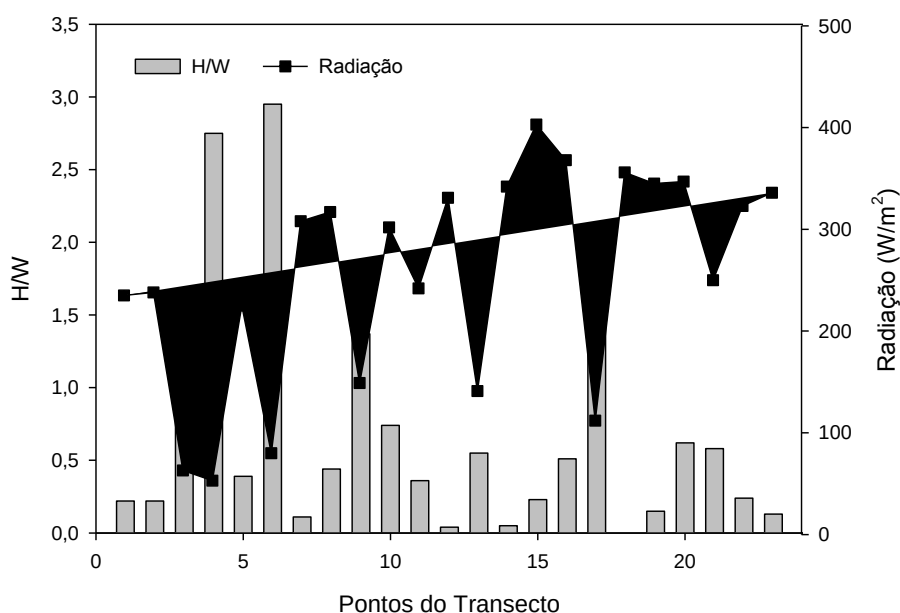


Figura 56 – Comparação entre Radiação e H/W

A radiação é outra variável intimamente ligada com o fator de abertura do Canyon, notado nos pontos 3 (63W/m² e 0,89) , 4 (53W/m² e 2,75), 6 (80W/m² e 2,95), 9 (149W/m² e 1,37), 17 (112W/m² e 1,43) onde estão localizados os maiores fatores (W/H) as medidas de radiação solar também são menores, Figura 56. A maior média de radiação solar foi aferida no ponto 15 com 405W/m² e fator (H/W) de 0,23 e a menor radiação solar no ponto 4 com 53W/m² e fator (H/W) de 2,75. O fator de abertura do canyon juntamente com a sua direção pode determinar as horas de insolação que aquele local poderá ter.

No estudo é evidente a diferença de radiação solar entre o ponto 4 e o ponto 15 que é de 352W/m^2 , aproximadamente 7 vezes maior. Na relação H/W a diferença é de 2,52, aproximadamente 11 vezes maior. Pearlmutter *et al.* (2007) afirmam que a abertura do canyon e sua direção tem efeito direto sobre a radiação solar e consequentemente no conforto exterior. E sugere que Canyon (H/W) na faixa de 1,0 – 2,0 melhoram significativamente o ambiente térmico urbano.

O resultado da análise de regressão linear para a relação radiação solar e fator canyon urbano, em que a regressão linear apresentou um coeficiente de determinação (R^2) de 0,58, foi considerado baixo, no entanto o fator de significância foi bem expressivo apresentando valor de $P=2,17669 \text{ E-}05$.

Stromann- Andersen & Sattrup (2005) calcularam que a geometria do canyon tem um impacto no consumo total de energia de até 30% para edifícios comerciais e 19% para edifícios residenciais, somas consideráveis na busca por uma cidade mais sustentável.



Figura 57– Ponto 4 e 15 respectivamente

5.6. ANÁLISE DA RADIAÇÃO SOLAR DOS PONTOS DO TRANSECTO

Na comparação entre radiação solar e temperatura do ar também é notado que os pontos com altas temperaturas também possuem elevado índice de radiação solar. O ponto com maior radiação solar é o 15 com média de 403W/m^2 e o ponto de menor radiação solar é o 4 com média de 53W/m^2 , Figura 58, a temperatura do ar do ponto 15 é de $32,4^\circ\text{C}$ no período quente-seco e $30,1^\circ\text{C}$ no período quente-úmido e do ponto 4 é de $32,5^\circ\text{C}$ no período quente-seco e $29,8^\circ\text{C}$ no período quente-úmido. A diferença de temperatura varia de $0,1^\circ\text{C}$ a $0,3^\circ\text{C}$.

O ponto 23 de maior temperatura do ar obteve a média de 33,1°C no período quente-seco e 30,8°C no período quente-úmido teve média de radiação solar de 336W/m², o ponto 17 de menor temperatura do ar (29,9°C) teve média de radiação solar de 112W/m². A diferença entre as médias das temperaturas é de 1°C. A diferença entre as médias da radiação solar dos pontos 23 e 17 é de 224W/m².

Os pontos 4 e 17 estão em locais onde há grande influência da sombra da vegetação, sendo assim local protegido da radiação solar.

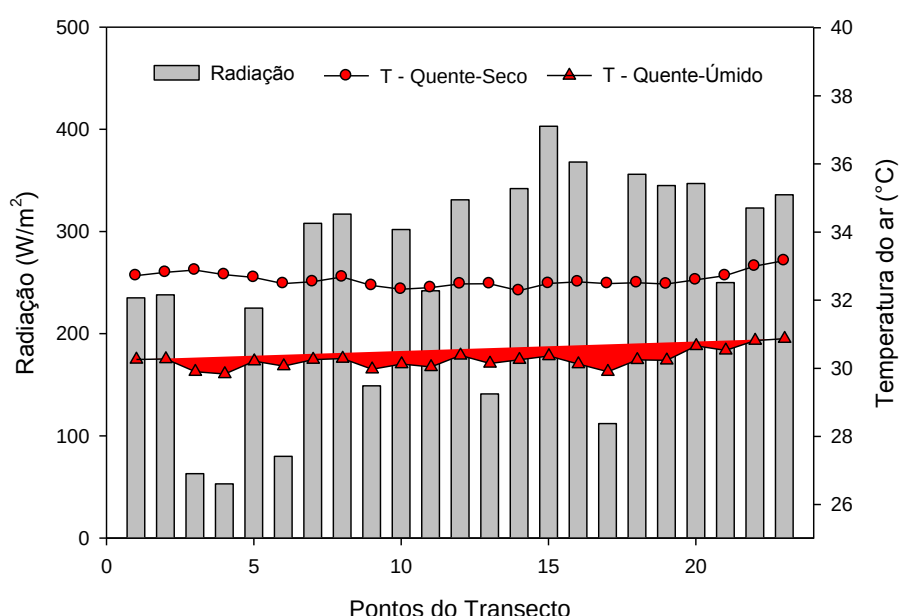


Figura 58 – Comparação entre radiação solar e temperatura do ar média

Os resultados da análise de regressão linear para a relação radiação solar e temperatura do ar, em que a regressão linear apresentou um coeficiente de determinação (R^2) de 0,42 considerado baixo, mas o fator de significância foi de $P=0,001002448$, comprovando a inter-relação entre os fatores.

Papadakis *et al.* (2001) realizou um estudo experimental sobre a influência das árvores na transferência de calor de uma fachada orientada a sudoeste e na temperatura interna no ambiente de escritórios, em edifício do Campus da Universidade de Agricultura de Atenas. Instalaram os equipamentos nas áreas sombreadas e expostas da fachada para monitoramento de radiação solar, por um período de quatro dias. As copas das unidades arbóreas bloqueiam a radiação direta

pela maior parte do tempo e na área sombreada da fachada só foi registrada radiação difusa. As áreas expostas registram 600 W/m^2 e as sombreadas 100 W/m^2 . Os valores só ultrapassaram 100 W/m^2 na parede sombreada, próximo ao meio-dia, quando a altura solar era próxima de 90° e a sombra das árvores não era projetada na parede, registrando 180 W/m^2 . Já para a energia absorvida pela parede, foi sempre maior na área exposta que na sombreada.

5.7. MAPAS DOS AMBIENTES TÉRMICOS DA ÁREA DE ESTUDO

As Figuras 59 á 64 apresentam os mapas dos ambientes térmicos das estação quente-seca e quente-úmida confeccionados a partir da interpolação, pelo método da *Krigagem*, das temperaturas nas medições móveis, conforme funções que melhor se ajustaram aos dados segundo os variogramas construídos.

O ambiente térmico do período matutino foi o que apresentou as menores temperaturas do ar médias, isso devido ao fato que a atmosfera está nas suas primeiras de horas de radiação. Nota-se a região mais urbanizada sempre com as maiores temperatura do ar, enquanto que em regiões de concentração de vegetação e próximo á cursos d'água, as temperaturas mais amenas, Figuras 59 e 60.

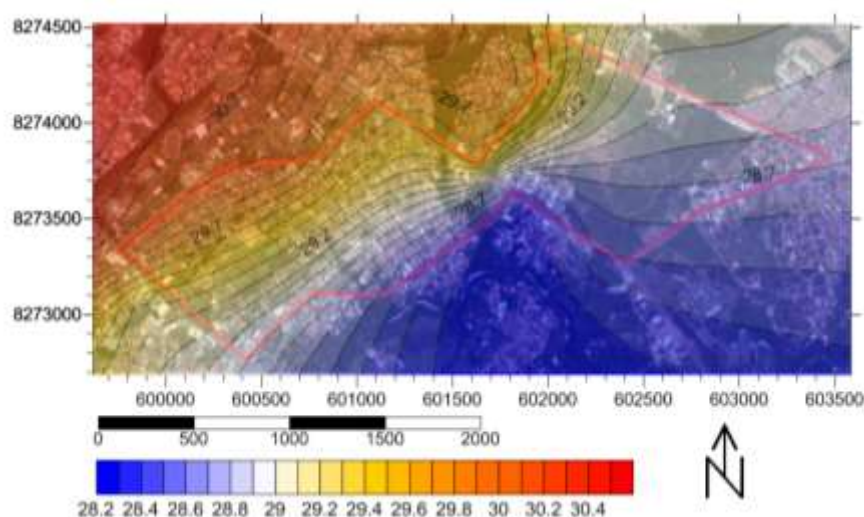


Figura 59– Ambiente térmico às 08h da estação quente-seca

Fonte: Google Earth, 2010; Surfer v 9

O período quente-seco obteve as maiores temperaturas do ar às 8h, Figura 59, a máxima foi de $30,5^\circ\text{C}$, o que já é considerado elevado em se tratando do período matutino. A distribuição espacial da temperatura do ar também foi distinta nas

diferentes estações. Enquanto na estação quente-seca há uma nítida separação entre área mais urbanizada e área com construções mais esparsas permeada com fragmentos de vegetação, na estação quente-úmida se vê um comportamento mais uniforme com foco de calor na parte superior da área de estudo, onde está o bairro Jardim das Américas e a Universidade (UFMT), local onde se concentra grande quantidade de atividades Figura 60.

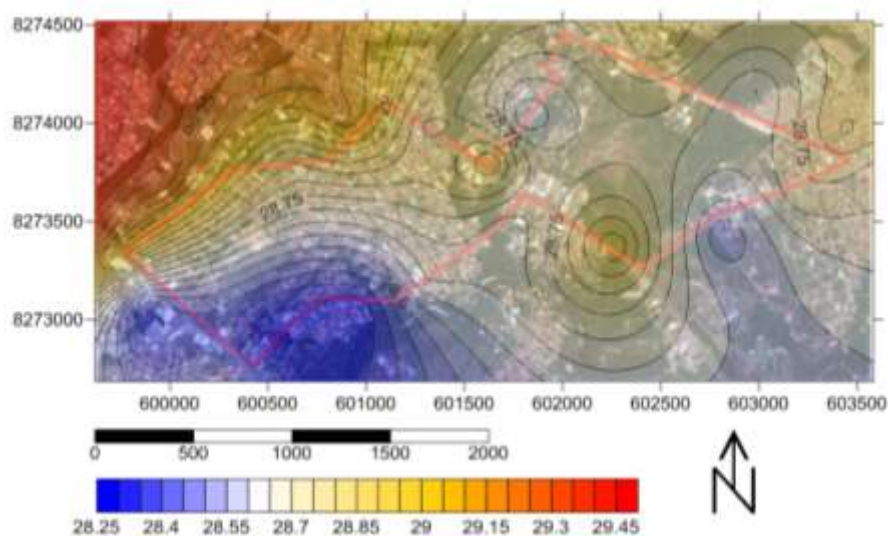


Figura 60 – Ambiente térmico às 08h da estação quente-úmida

Fonte: Google Earth, 2010; Surfer v 9

Esse comportamento térmico já foi citado anteriormente no trabalho de Pinho (2008), onde é destacada essa região como tendo maior temperatura do ar que o centro da cidade de Cuiabá.

O período vespertino foi o mais quente em ambas as estações, quente-seca e quente-úmida, desempenho já esperado devido às características climáticas regionais.

A temperatura do ar média atingiu 39,3°C. Nota-se no período quente-seco apenas o ponto próximo ao rio Coxipó e a uma área de mata ciliar às temperaturas mais amenas, enquanto que todo o restante da área de estudo apresenta temperaturas maiores Figura 61.

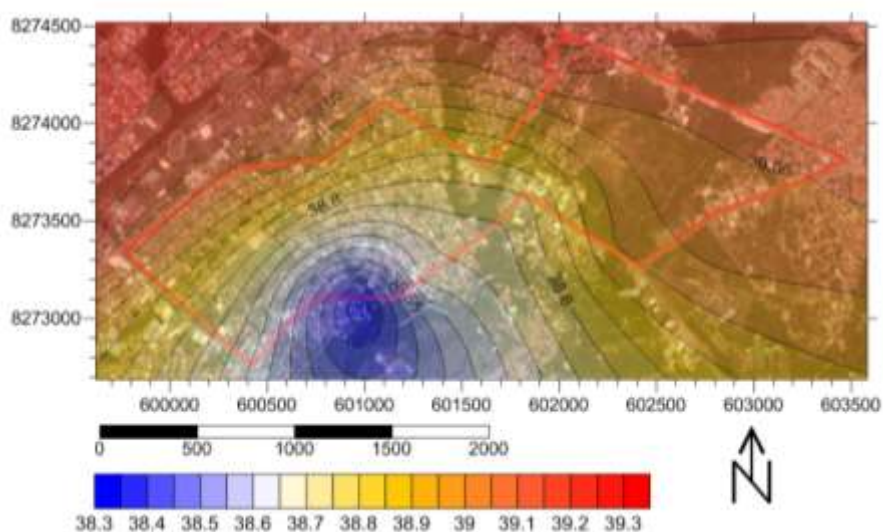


Figura 61– Ambiente térmico às 14h da estação quente-seca

Fonte: Google Earth, 2010; Surfer v 9

Na estação quente-úmida a Av. Alziro Zarur funciona como um foco de calor, isso devido ao grande fluxo de veículos nesse horário no local, pois essa via é um dos principais acessos da Av. Jornalista Arquimedes Pereira Lima á Av. Fernando Correa da Costa. As maiores temperaturas do ar também tenderam a estar em regiões mais urbanizadas, próximo á UFMT, ao bairro Boa Esperança e entorno da Av. Fernando Correa da Costa, enquanto que os locais com maior quantidade de vegetação, bairro Jd. Universitário e Santa Cruz, tiveram temperaturas menores, Figura 62.

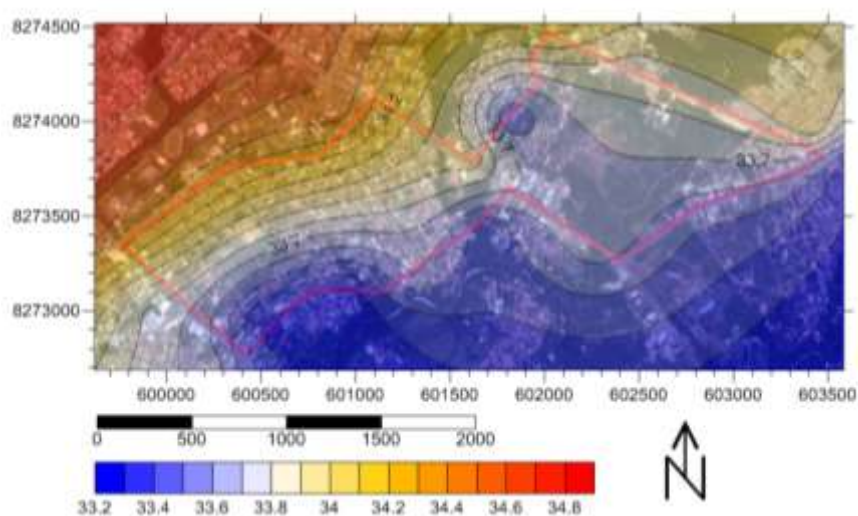


Figura 62 – Ambiente térmico às 14h da estação quente-úmida

Fonte: Google Earth, 2010; Surfer v 9

No período noturno, há uma inversão no comportamento térmico da região estudada, enquanto nos horários das 8h e 14h o local com maior concentração de construções e atividades, estava mais quente, às 20h é a região mais próxima aos córregos do Coxipó e Moinho que estão mais quentes. No entanto ainda é possível notar um foco de calor na Av. Fernando Corrêa da Costa via importante e sempre muito movimentada, Figura 63.

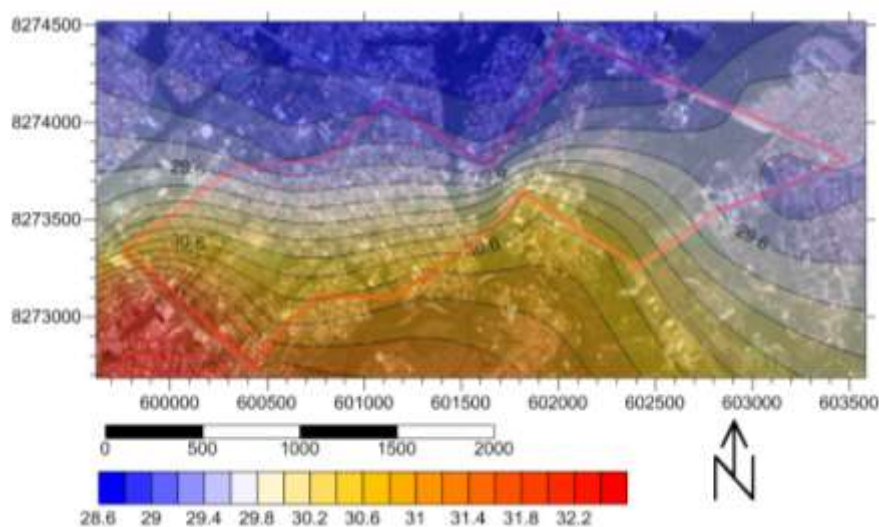


Figura 63 – Ambiente térmico às 20h da estação quente-seca

Fonte: Google Earth, 2010; Surfer v 9

Na estação quente-úmida, o principal foco de calor está voltado para a Av. Fernando Corrêa da Costa, local de muito trânsito de veículos. Enquanto os locais de menor temperatura estão posicionados próximos às reservas de vegetação nos bairros, Santa Cruz e Jardim Universitário, com focos bem localizados, proporcionando efeito de ilha de frescor, Figura 64.

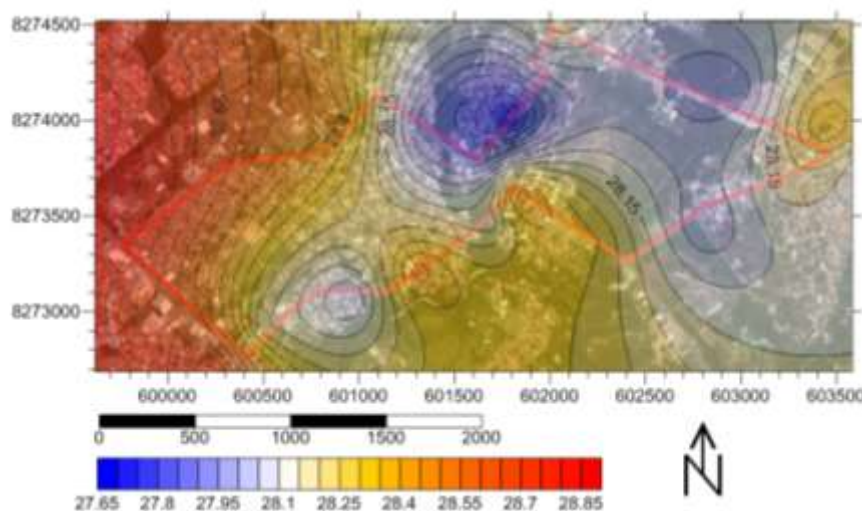


Figura 64 – Ambiente térmico às 20h da estação quente- úmida

Fonte: Google Earth, 2010; Surfer v 9

O microclima de um dado espaço é uma composição dos diversos elementos morfológicos que constituem o ambiente, com raios e intensidades de influência diferenciados, que se auto-regulam em um equilíbrio dinâmico através de uma teia de relações, de forma que são tantas as variáveis quantitativas e qualitativas que muitas vezes fogem ao entendimento de uma ciência que apesar de racional e investigativa encontra questões que necessitam de uma investigação maior.

5.8. ANÁLISE DE AGRUPAMENTO

Após a análise do comportamento das variáveis, temperatura do ar, umidade relativa, radiação solar, classificação do uso e ocupação do solo, fator canyon urbano e o mapa do ambiente térmico dos pontos selecionados, fez-se necessária à realização de uma análise estatística. Para este estudo, optou-se pela análise de Agrupamento utilizando um software específico SPSS 17.0 (*Statistical Package for the Social Sciences*).

A análise de agrupamento (também conhecido por Análise de Cluster) tem o objetivo de classificar os objetos estudados (neste trabalho os vinte e três pontos de medição) em diferentes grupos onde haja a maior similaridade entre si (dentro do grupo) com respeito às variáveis medidas e que os elementos em grupos diferentes sejam heterogêneos em relação a estas mesmas características, (MINGOTI, 2007).

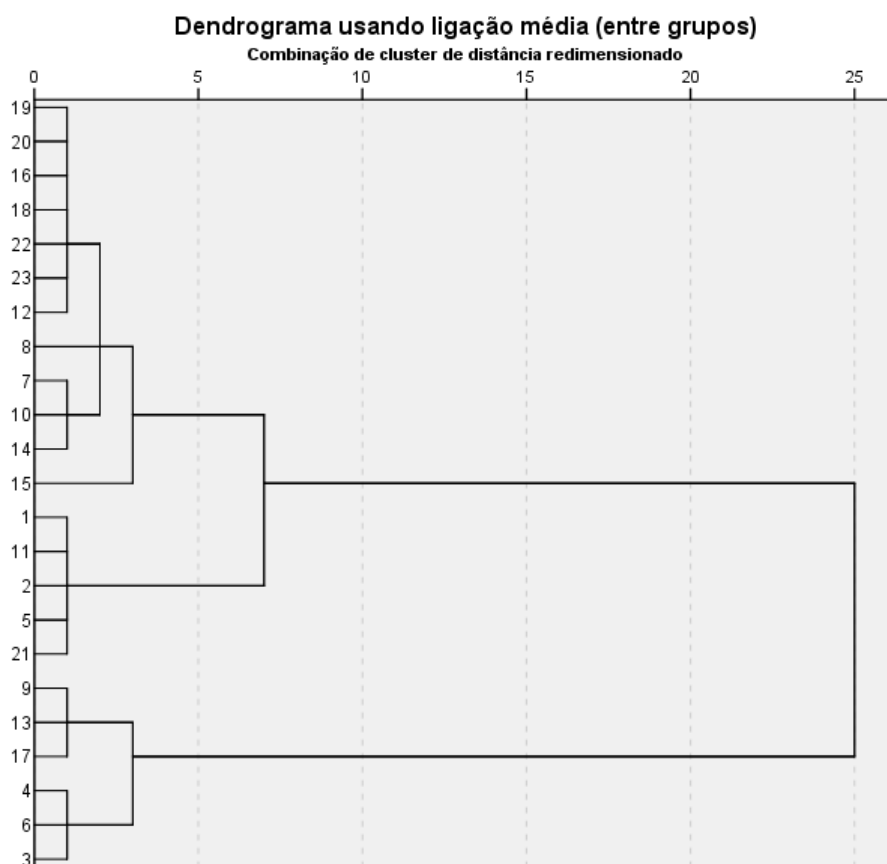


Figura 65 – Dendrograma de similaridade

O dendrograma apresentado na Figura 65 foi obtido utilizando o método de agrupamento comum (entre grupos) – *Average Linkage Between Groups*.

De acordo com o dendrograma apresentado na Figura 65, considerando a distância marcada menor que 5, podemos observar a formação de 7 grandes grupos, assinalados na Figura 66 (abaixo) para facilitar a compreensão.

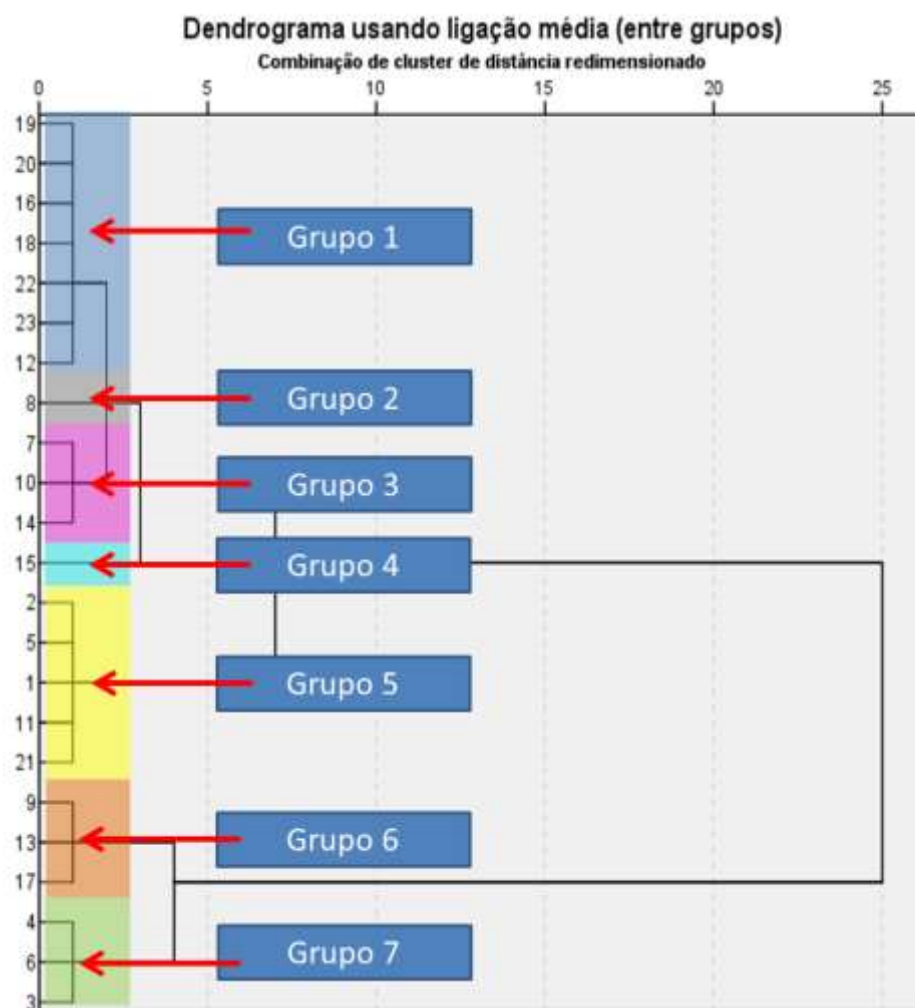


Figura 66 – Dendrograma de similaridade com grupos assinalados

Grupo 1 – (19, 20, 16, 18, 22, 23, 12) Os pontos que fazem parte do agrupamento 1 são os que apresentam as maiores temperaturas médias as 3 maiores temperaturas foram encontradas nos pontos 20 (31,6°C), 22 (31,9°C) e 23 (32,1°C), suas características de uso e ocupação do solo também são parecidas, as porcentagens de área construída nesse pontos variam de 22,6% no ponto 23 a 44,37% no ponto 12.

Outro ponto em comum é que a maioria dos pontos encontram se em vias de grande movimento, os pontos 20, 22 e 23 estão na Av. Alziro Zarur, os pontos 18 e 19 estão na Av: Archimedes Pereira Lima e o ponto 12 está na Av: Profª Edna Affi, outra característica em comum é que as regiões são compostas por um misto de comércio e residências (Figura 67).

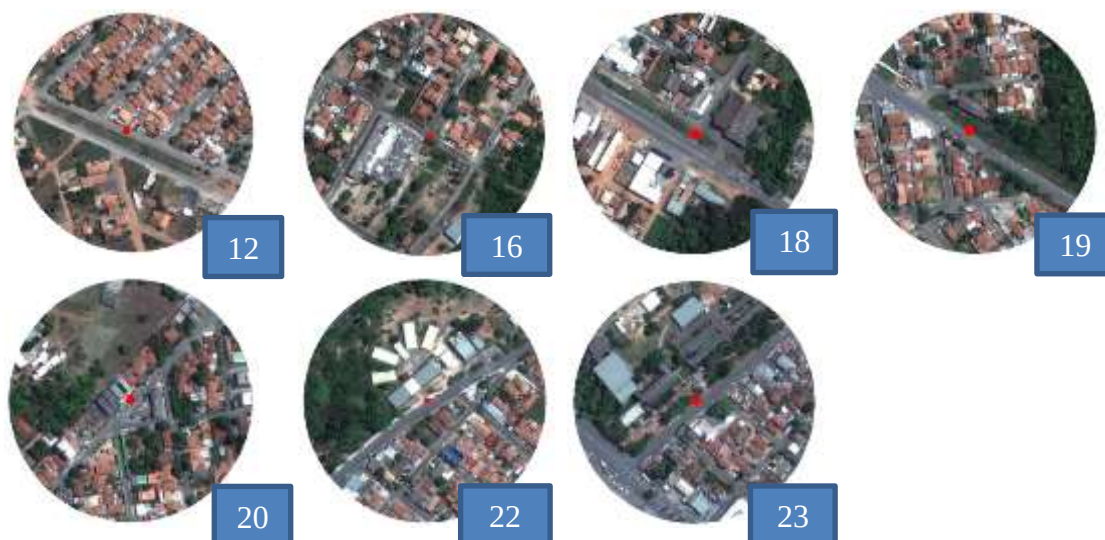


Figura 67 – Pontos pertencentes ao grupo 1 (12, 16, 18, 19, 20, 22 e 23)

Grupo 2 – (8) O ponto 8 ficou em um agrupamento isolado, pois o mesmo tem características bem particulares, estando em uma via bem movimentada (Av. Arquimedes Pereira Lima), mas ao mesmo tempo próximo ao rio Coxipó, e a uma área de vegetação remanescente ainda preservada, podendo ser considerado um caso atípico, (Figura 68).



Figura 68 – Ponto pertencente ao grupo 2 (8)

Grupo 3 – (7, 10, 14) Os pontos estão localizados em 3 avenidas (Av. Arquimedes Pereira Lima, Av. Rui Barbosa e Av. Profª Edna Affi) cuja os fluxos de veículos ao longo do dia variam bastante com relação a intensidade, tendo mais movimento durante os horários de deslocamentos das pessoas de manhã e a noite.

Com relação ao uso e ocupação do solo, os pontos 7 e 14, ficam próximos a comércios, e o ponto 10 está em uma região que possui comércio e residências, a porcentagem de área construída é baixa. Nota-se uma grande quantidade de vazios urbanos nesses 3 pontos, Figura 69.



Figura 69– Pontos pertencentes ao grupo 3 (7, 10 e 14)

Grupo 4 – (15) O ponto 15 está no início da Rua: Bernardo Guimarães, ficando ainda bem próximo da Av. Profª Edna Affi, no bairro Santa Cruz. O local em que está posicionado é ainda tem pouca área construída e tem uso e ocupação do solo residencial. O ponto tem uma característica desfavorável que é estar o tempo todo exposto ao sol, (Figura 70).

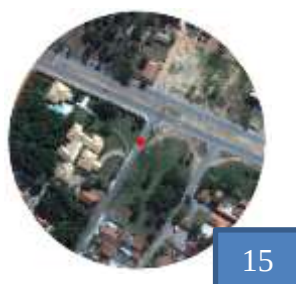


Figura 70– Pontos pertencentes ao grupo 4 (15)

Grupo 5 – (2, 5, 1, 11, 21) Os pontos apresentam características semelhantes em relação ao uso e ocupação do solo os pontos 2, 1, 11 e 21 estão em área comercial em vias de grande fluxo de veículos, somente o ponto 5 está em uma região residencial. Todos os pontos estão expostos à radiação solar em todos os períodos em que foram realizadas as coletas de dados, (Figura 71).



Figura 71 – Pontos pertencentes ao grupo 5 (1, 2, 5, 11 e 21)

Grupo 6 – (9, 13, 17) Os pontos do presente agrupamento possuem uma característica em particular que é a quantidade de área verde, são os pontos que apresentam a maior porcentagem de vegetação ainda preservada, com as seguintes porcentagens ponto 13 (69,83%), 17 (59,6%) e 9 (54,43%). Esse atributo faz com que as temperaturas do ar sejam mais amenas e as umidades relativas maiores assim também como propicia a formação de Ilhas de Frescor, o ponto 17 obteve a menor temperatura do ar média (31,2%), nas duas estações de coleta de dados (quente-seca e quente-úmida), (Figura 72).



Figura 72 – Pontos pertencentes ao grupo 6 (9, 13 e 17)

Grupo 7 – (4, 6, 3) Os três pontos estão localizados em lugares sombreados, os pontos 6 e 3 estão próximos a córregos e áreas verdes com vegetação remanescente, o que contribui para sua semelhança. Pontos que também obtiveram bom desempenho térmico com média de temperatura do ar de 31,3°C (4 e 6) e 31,4°C (3). Diferindo em apenas 0,1°C do ponto 17 de menor temperatura do ar, (Figura 73).



Figura 73– Pontos pertencentes ao grupo 7 (3, 4 e 6)

Em geral todos os agrupamentos apresentaram semelhanças segundo o uso e ocupação do solo e as características com relação a temperatura do ar e umidade relativa. Nota-se grande similaridade entre os elementos de cada agrupamento, pois para a análise foi considerada uma distância euclidiana menor que 5, no entanto se considerarmos uma distância euclidiana de 10 teremos apenas 2 grandes grupos, o primeiro incluindo os grupos 1, 2, 3, 4 e 5 e o segundo incluindo os grupos 6 e 7.

Os pontos com maior porcentagem de área verde tenderam a ficar no mesmo agrupamento, pontos que ficaram em agrupamentos isolados, mesmo possuindo uma área verde considerável tiveram comportamento térmico diferente por estar em vias movimentadas e por estar exposta a radiação solar.

A cobertura do solo também foi determinante na criação de microclimas semelhantes. Em uma pesquisa realizada por Huang *et al.* (2008) utilizou 4 tipos de cobertura do solo para avaliação do microclima urbano, sendo eles: bosques urbanos, superfície de concreto, áreas com presença de água e vegetação rasteira (gramado), chegando a resultados de diferença de temperatura entre 0,5°C e 3,5°C. Durante o dia, o material que mantinha o maior valor era o concreto e à noite, o material com menor temperatura era o gramado.

O mapa de distribuição dos grupos mostra que não necessariamente os pontos ficam próximos, esse comportamento é observado no grupo 3 (pontos 7, 10 e 14), (Figura 74).



Figura 74 – Localização dos pontos na área de estudo e classificação posicionando os pontos segundo seu agrupamento

A análise de agrupamento permitiu observar a relação de todos dados coletados no trabalho de uma forma única e de como funciona a inter-relação entre os pontos estudados possibilitando uma análise mais ampla.

5.9. EXEMPLOS DE INTERVENÇÕES PARA A MELHORIA DA QUALIDADE CLIMÁTICA URBANAS.

O presente trabalho faz uma análise e através desta, aponta alguns locais dentro da região estudada que apresentam temperatura do ar maior que outros assim também como baixa umidade relativa. No entanto há regiões que devido a sua configuração e alguns atributos naturais (vegetação e água) tiveram um melhor desempenho microclimático. Tendo em vista esses aspectos, são sugeridos alguns mecanismos urbanísticos, que podem melhorar o aspecto climático dessas regiões

problemáticas, assim como preservar locais que podem servir para amenizar as temperaturas locais.

O rio tem um importante papel na paisagem urbana de Cuiabá, toda a sua colonização está ligada ao rio, o desenvolvimento da cidade foi às margens do Córrego da Prainha e Rio Cuiabá. Um exemplo interessante de intervenção em regiões ribeirinhas é a criação de parque linear aproveitando o traçado tortuoso que a natureza providencia.

A área estudada ainda tem local com mata ciliar preservada, região propícia para tal intervenção seria o Rio Coxipó e o Córrego do Moinho, devido as suas dimensões e estado de preservação.

O Rio Cheonggyecheon em Seoul é um exemplo de intervenção bem sucedido. Em julho de 2003, o prefeito de Seoul, Lee Myung-bak começou a remover a via expressa elevada e descobrir o rio que antes estava canalizado, Figura 75, uma mudança radical no desenvolvimento da cidade. Houve um grande movimento de união da sociedade para reintroduzir a natureza no ambiente urbano. A restauração histórica e cultural da região e revitalização da economia de Seoul também foram contempladas no projeto, (GIARETTA, 2011).



Figura 75 - Intervenção no rio Cheonggyecheon antes (imagem a) e depois (imagens, b, c, d)

Fonte: <http://www.arquitetonico.ufsc.br/uma-impressionante-renovacao-urbana-em-seul>

O Cheonggyecheon atualmente está alinhado com passarelas, arte, placas históricas, e vegetação. O rio fica abaixo do nível da rua em um barranco de concreto, tem 5,8 km de comprimento e à noite está repleto de pessoas. O rio corta a

cidade e cada ponte que atravessa ele é projetada de forma diferente. O projeto de intervenção fez com que a região tivesse uma diminuição de 3°C na temperatura do ar. Um belo exemplo que poderia ser executado no percurso Rio Coxipó e Córrego do Moinho, Figura 75.

No trabalho acadêmico intitulado “Projeto de Intervenção Urbana: Parque Linear da Prainha em Cuiabá- MT, Uma Ruptura de Paradigmas”. Siva & Garcia Netto (2008) propoem uma realidade alternativa através da implementação do Parque Linear da Prainha uma importante avenida localizada no centro histórico de Cuiabá. A proposta é reabrir o rio que atualmente se encontra canalizado, transformando as suas margens num local de lazer, resgatando a importância histórica do local e melhorando também os aspectos microclimaticos, figura 76.

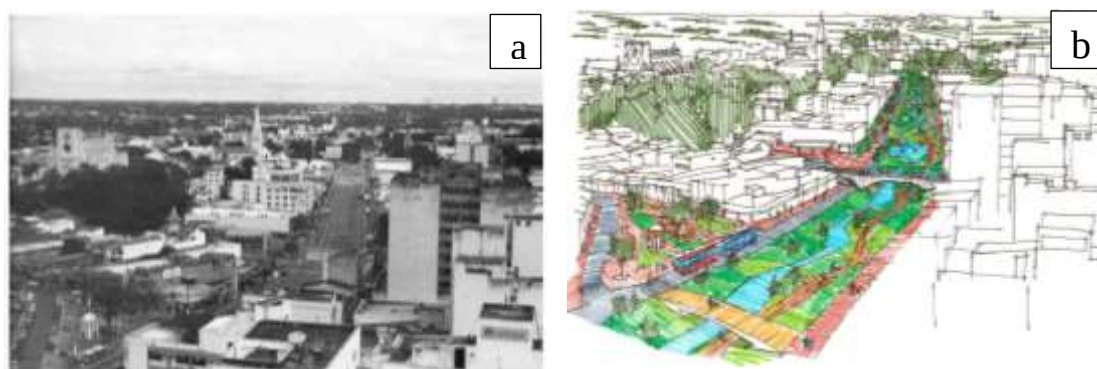


Figura 76 – Imagem (a) vista da Av. Prainha já canalizada, atual Avenida Tenente Coronel Duarte. Imagem (b) no mesmo enquadramento da imagem (a), o croqui do Parque Linear da Prainha a partir da vista sobre o Largo do Mundéu e Chafariz (Praça Bispo Dom Aquino) e Igreja Bom Despacho

Fonte: (a) SIQUEIRA, 2006 (b) SIVA & GARCIA NETTO, 2008

O rio Coxipó percorre todo o fundo do bairro Boa Esperança, mais precisamente, na região sul do bairro, possui mata ciliar preservada, salvo em alguns poucos locais onde há acesso ao rio. O planejamento do bairro não levou em consideração a presença do rio, sendo assim o mesmo é pouco valorizado. A situação atual é de descaso, nas suas margens são encontrados sacos plásticos, garrafas papelão e todo tipo de lixo, em alguns pontos de maneira ilegal é possível notar o lançamento de esgoto doméstico. O principal problema desse rio é o seu anonimato, um rio visto é lembrado. Uma solução interessante para esse caso, seria dar acesso ao rio, proporcionando segurança e lazer a população do entorno, Figura 77.

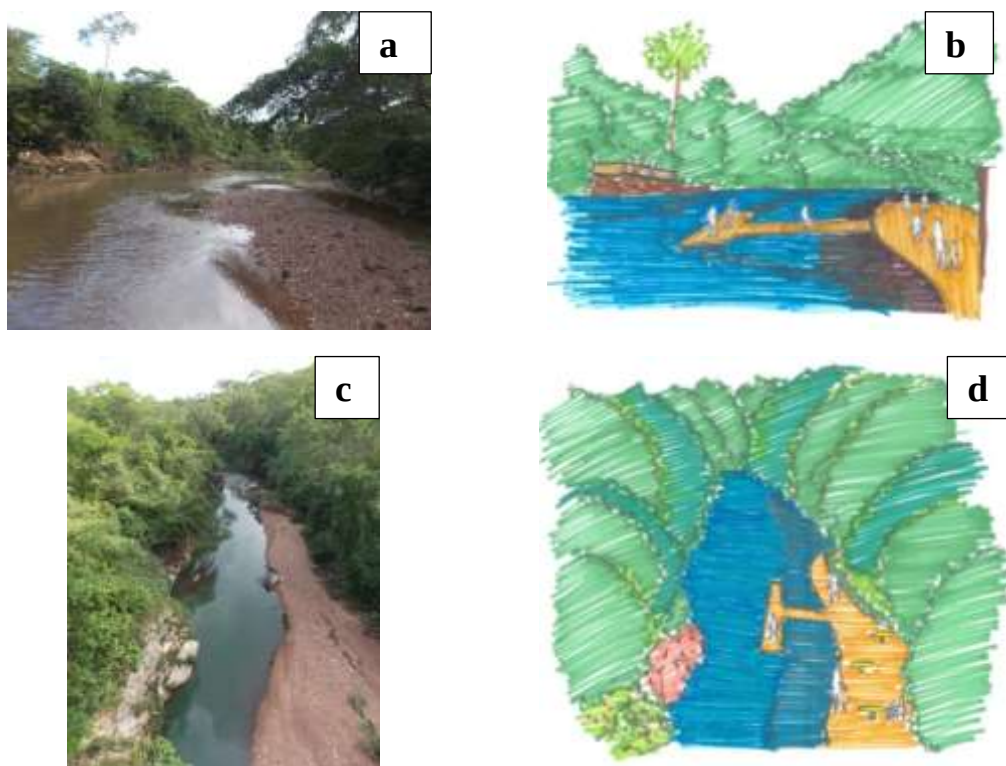


Figura 77 – (a) Imagem rio Coxipó bairro Boa Esperança (b) Croqui de intervenção rio Coxipó (c) Imagem córrego do Moinho (d) Croqui de intervenção córrego do Moinho

Outra intervenção possível e necessária é a arborização urbana, o controle adequado usando um método, planejando as vias pensando na cidade do ponto de vista do pedestre. A cidade de Mendoza na Argentina é um oásis no deserto, possui grande concentração de vias arborizadas e ainda um parque urbano densamente arborizado, sem contar que o clima local é considerado árido.



Figura 78 – Vias Arborizadas em Mendoza, Argentina
Fonte : http://www.mendozaholidays.com/Mendoza_po.asp

Há um sistema de irrigação constante por valetas profundas ramificadas por toda a cidade, seja junto ao meio fio, seja por ramificações internas a praças e parques, Figura 78. Essas valetas tem a função de fazer a irrigação da vegetação com água do derretimento das geleiras na época do verão.

A cidade de Mendoza tem clima árido mesotérmico com radiação solar intensa durante todo o ano. As horas de conforto representam 21,5% das horas anuais enquanto aquecimento representa 70% e refrigeração 8,5%. A média anual de radiação solar global horizontal é 18,06 MJ/m² diários, (ARBOIT *et al.*, 2008).

Todas as ruas em que foi realizado o transecto no presente estudo notam-se a interferência da vegetação, em locais arborizados a temperatura do ar era menor que em locais sem arborização. A arborização das vias traz um maior nível de conforto para o pedestre.

Os pontos 1 e 12 são exemplos de vias que deveriam ter uma arborização eficiente, a Figura 79 mostra alguns exemplos de intervenção com arborização e a proposta de uma ciclovia no canteiro central da Av. Das Torres no ponto 12.

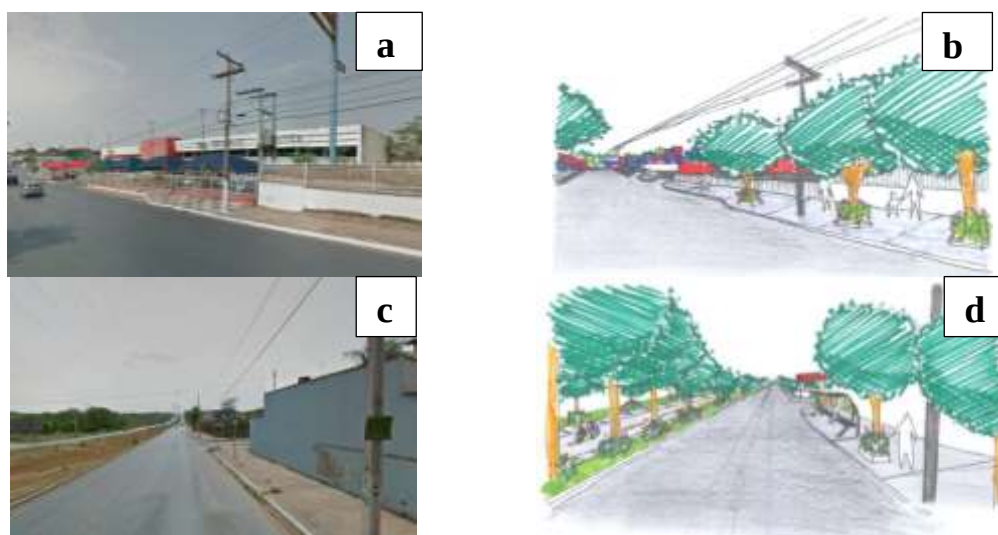


Figura 79 – (a) Imagem do ponto 1 (b) Croqui de intervenção ponto 1, arborização (c) Imagem do ponto 12 (d) Croqui de intervenção ponto 12, arborização e ciclovia

Fonte : (a e c) *Google Street View*

Outro aspecto importante a ser considerado é o uso de materiais na construção civil, as vias com grande concentração de edifícios tendiam a ter maior temperatura do ar que em vias com menor quantidade de edificações, assim também como o seu uso (comercial ou residencial).

O uso do concreto e do aço criam microclimas desfavoráveis, sendo assim temos alguns exemplos de melhorar a qualidade climática com o uso das paredes verdes. E as técnicas de arquitetura sustentável estão colaborando para amenizar o calor.

Um exemplo é a prefeitura de Suginami, uma espécie de bairro nos arredores de Tóquio, que instalou essa espécie de parede verde / jardim vertical, Figura 80, para diminuir os efeitos do sol. Uma cortina feita de pepino e outras plantas, que chegará à 28 metros de altura, cobre a parte do prédio da prefeitura que tem maior incidência de sol. (MARTINS NETO, 2010)

Além de criar uma agradável sombra e diminuir o calor no interior da construção, a parede verde ainda tem a vantagem de produzir alimentos. As prefeituras do Japão estão distribuindo mudas para a população fazer suas cortinas verdes em casa.



Figura 80 – Cortina Verde, Japão

Fonte: <http://mundopossivel.wordpress.com/2010/09/02/cortina-verde-produz-vegetais-e-mantem-temperatura-amena/>

A cortina verde é uma solução que pode contribuir para diminuir a radiação solar incidente na alvenaria da edificação, melhorando o desempenho térmico e a eficiência energética. Em nível urbano, a vegetação possui o mecanismo de evapotranspiração, que ocasiona o aumento dos índices de umidade relativa, trazendo um maior conforto ao pedestre, Figura 81.

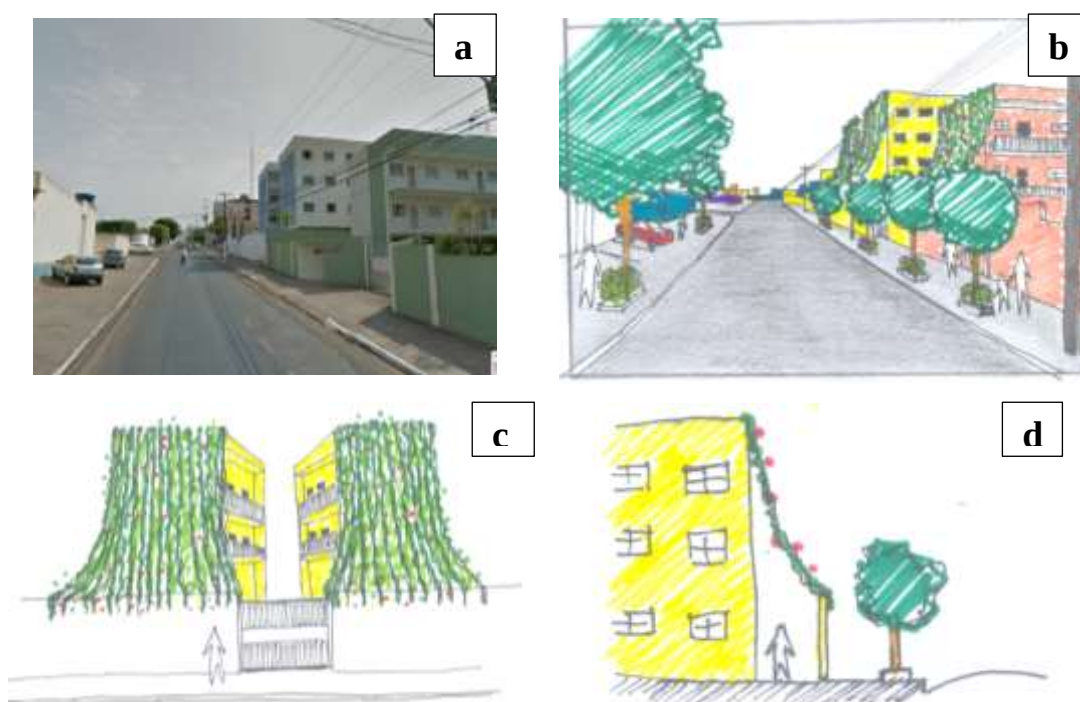


Figura 81 – (a) Imagem do ponto 20 (b, c, d) Croqui de intervenção cortina verde nas edificações e arborização nas calçadas

Fonte : (a) Google Street View

Os parques urbanos também são uma ótima estratégia para minimizar os efeitos do clima nas grandes cidades a região de estudo mais precisamente no bairro Santa Cruz existe uma área de mata nativa ainda preservada que poderia ser utilizada como parque urbano, Figura 82.

Alguns exemplos de parques urbanos são o Central Park em Nova Iorque. Possui uma área de 3,4 km², e está localizado no distrito de Manhattan. É considerado, por muitos nova-iorquinos, um oásis dentro da grande floresta de arranha-céus existente na região. É um lugar onde as pessoas podem diminuir o ritmo frenético de New York.

O Garden By the Bay em Cingapura, é um parque que se estende por 101 ha de aterro marítimo no centro de Cingapura. O complexo *Gardens by the Bay* faz parte de uma estratégia do governo para transformar o país de "cidade-jardim" em "cidade num jardim". O objetivo é aumentar a qualidade de vida pela introdução de mais espaços verdes na cidade.



Figura 82 – Área no bairro Santa Cruz com Cerrado remanescente, imagens do Central Park, Parque do Ibirapuera, Garden By the Bay e Parque Mãe Bonifácia

Fonte: Central Park (<http://www.centralparknyc.org/>), Parque do Ibirapuera (<http://www.parqueibirapuera.org/>), Garden By the Bay (<http://www.gardensbythebay.com.sg/en/home.html>) Parque Mãe Bonifácia (Barros, 2009)

Um exemplo nacional é o parque do Ibirapuera em São Paulo, O Parque do Ibirapuera é o mais importante parque urbano da cidade de São Paulo. Foi inaugurado em 21 de agosto de 1954 para a comemoração do quarto centenário da cidade. O parque conta com ciclovia e treze quadras iluminadas, além de pistas destinadas a cooper, passeios e descanso, todas integradas à área cultural. Sua área é de 1,584 km², e os seus três lagos artificiais e interligados ocupam 15,7 mil m².

O nosso exemplo regional é o parque Mãe Bonifácia inaugurado em dezembro de 2000 e está localizado na Avenida Miguel Sutil, em uma área de 77 hectares. O parque possui cinco trilhas e cinco postos com equipamentos de ginástica, mirante, centro de educação ambiental e praça cívica. (BARROS, 2009)

As estratégias acima citadas são apenas algumas de muitas que o poder público pode fazer uso, tornando assim a cidade mais bonita do ponto de vista estético e mais confortável do ponto de vista climatológico.

5.10. COMENTÁRIOS GERAIS

A região de estudo tem uma característica que está relacionada à quantidade de área verde remanescente, por se tratar de uma localização próxima as margens do rio Coxipó o local que era no passado dividido em chácaras de veraneio. Devido a isso restam ainda alguns cenários verdes.

O comportamento microclimático, depende de muitos fatores, as variáveis quantitativas aferidas (temperatura do ar, umidade relativa, radiação solar) tem uma íntima relação com as variáveis qualitativas (uso e ocupação do solo e fator canyon urbano), sendo assim nas análises é observada a relação entre elas.

São nas áreas urbanas que os sistemas naturais mais sofrem alterações, causadas pela ação antrópica, principalmente por conta dos elementos que constituem a cidade, como: remoção da cobertura vegetal, impermeabilização do solo através de espessas camadas asfálticas e de cimento, que impossibilitam a infiltração da água das chuvas, modificando o regime de escoamento superficial e de evaporação d'água do solo, o que implica na redução da umidade relativa do ar.

A influência do fluxo de veículos automotores nos ganhos de calor no meio é evidente, já que áreas com menor circulação de automóveis apresentaram climas mais agradáveis às áreas com mesmas características de ocupação do solo, mas com menor fluxo de veículos, e conseqüentemente menor calor antropogênico. Portanto, o adensamento urbano e a supressão de vegetação são fatores determinantes na modificação do comportamento termo-higrométrico, evidenciando-se a importância de estabelecer critérios de ocupação do solo, incentivando o uso de materiais que retenham menor quantidade de energia durante o dia e dissipem de forma mais acelerada durante a noite, de forma que as modificações no clima sejam amenizadas.

O principal fator de amenização climática ocorreu em locais com grande quantidade de vegetação. No processo de transpiração das plantas, ocorre a liberação do vapor d'água nos seus arredores, gerando uma perda considerável de energia.

Com isso a vegetação urbana tem um papel fundamental no conforto térmico urbano, em que parques e praças, se transformam em ilhas de frescor, criando um mosaico urbano de microclimas.

Sendo assim fica clara a importância de um planejamento urbano adequado, principalmente aliado à preocupação com o comportamento microclimático tendo em vista as características regionais em que a cidade de Cuiabá está inserida.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo do clima urbano é considerado complexo principalmente por envolver um número muito grande de variáveis, muito mais difícil de mensurar que um ambiente no interior de uma edificação, onde se pode ter certo nível de controle.

Como resultado geral, os pontos que apresentaram as maiores temperaturas do ar e menores umidades relativas têm em comum algumas características, como estarem próximos ou em avenidas movimentadas, locais total ou parcialmente expostos à radiação solar, baixo índice em relação ao canyon urbano (H/W), pouca vegetação, alta taxa de área construída e impermeabilizada, esses fatores somados acarretam em maior ou menor grau de aquecimento.

Já os pontos de menor temperatura do ar e maior umidade relativa, encontravam-se próximos às áreas com vegetação, tanto vias arborizadas como áreas de preservação permanente com vegetação remanescente, rios e córregos, maior índice canyon urbano (H/W), e a maioria se encontrava à sombra, menos exposto à radiação solar direta. As reduções de temperatura do ar média variaram de $0,9^{\circ}\text{C}$ a $3,7^{\circ}\text{C}$. A diferença de umidade relativa entre os pontos do transecto variou de 1,8% a 10,6%.

A maior porcentagem de área verde se encontra no ponto 13 e a menor porcentagem foi obtida no ponto 12. No entanto a diferença de temperatura do ar média entre os pontos foi de $0,3^{\circ}\text{C}$. Também foi pequena a modificação na temperatura do ar, variando de $0,1^{\circ}\text{C}$ a $0,4^{\circ}\text{C}$ entre os pontos com maior e menor porcentagem de superfícies d'água.

Sendo assim há de se considerar que não é somente a maneira com que se dá a ocupação urbana que é responsável pelo comportamento microclimático, mas uma soma de vários fatores que em maior ou menor grau corroboram para o comportamento microclimático de cada local. Os fatores não devem ser considerados isoladamente.

O fator canyon urbano também foi considerado representativo no estudo do desempenho microclimático, pois esse fator pode ser responsável pela quantidade de radiação solar incidente na via, e conseqüentemente o aquecimento da mesma. Como exemplo o ponto 17, com a menor temperatura do ar no período quente-úmido

(29,9°C), é o 3º com o maior fator ($H/W=1,43$), enquanto o ponto 23 com a maior temperatura do ar no período quente-úmido (30,9°C) tem um fator ($H/W=0,13$), 11 vezes menor que o do ponto 17. Pearlmutter *et al.* (2007) sugere que Canyon (H/W) na faixa de 1,0 – 2,0 melhoram significativamente o ambiente térmico urbano.

Na análise de agrupamento os grupos se formaram de acordo com o uso e ocupação do solo e as características com relação à temperatura do ar e umidade relativa. Nota-se grande similaridade entre os elementos de cada agrupamento, pois para a análise foi considerada uma distância euclidiana menor que 5, formando assim 7 grupos.

Em uma análise sobre o comportamento microclimático da região de estudo, é importante ressaltar que todos os fatores que causam um aumento de temperatura do ar e conseqüentemente um acréscimo no desconforto urbano podem ser amenizados com estratégias bioclimáticas. Como a recuperação de córregos e a reconstituição da vegetação que os acompanha, constituída em parques urbanos, associadas à conservação das pequenas áreas verdes e a um programa efetivo de arborização de praças e vias públicas e a distribuição das áreas verdes suficientes para uma melhor ambiência nos espaços urbanos.

Deve-se ressaltar que este estudo traz apenas algumas de muitas questões que envolvem o clima urbano. A contribuição ocorre por apontar alguns problemas específicos que sucederam devido ao processo de crescimento de Cuiabá, que precisam ser considerados pelos planejadores e gestores para que sejam tomadas medidas para a melhoria da qualidade ambiental e de vida da população, a fim de se ter uma cidade mais sustentável.

6.1. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

As pesquisas realizadas neste trabalho são uma contribuição para a linha de pesquisa da Análise Microclimática de Sistemas Urbanos, de forma a reforçar metodologias para investigações e posterior entendimento dos processos formadores do clima urbano.

Desta forma, ficam sugeridas recomendações para futuras investigações no meio urbano:

- a) Estudo de footprint, principalmente em regiões com cursos d'água e vegetação, observando qual o raio de influência no efeito de arrefecimento.
- b) Um estudo sobre a evapotranspiração das plantas no ambiente urbano e também a evaporação das superfícies de água, mensurando o quanto esses fatores contribuem para o aumento da umidade do ar no microclima.
- c) Medições de forma ininterrupta utilizando sensores com dataloggers instalados equidistantes, permitindo o monitoramento nas 24h do dia, para um estudo mais detalhado da distribuição espacial da temperatura do ar e umidade relativa, na cidade.

7. BIBLIOGRAFIAS

7.1. BIBLIOGRAFIAS CITADAS

AHMED K. S. A Comparative analysis of the outdoor thermal environment of the urban vernacular and the contemporary development: case studies in Dhaka. In: Etzion Y, et al., editors. **Architecture of the extremes (Proceedings of the 11th PLEA conference, Dead Sea, Israel)**. Ben-Gurion University of the Negev; p. 341–8, 1994.

AKBARI, H.; KURN, D. M.; BRETZ, S. E.; HANFORD, J. W. Peak power and cooling energy savings of shade tree. **Journal Energy and Buildings**, v. 25, p. 139-148. 1997.

AKBARI H. Shade Tree Reduce Building Energy Use and CO² Emission From Power Plants. **Heart Island Group**, 2001.

ALI-TOUDERT, F.; DJENANE, M.; BENSALAM, R.; MAYER, H. Outdoor thermal comfort in the old desert city of Beni-Isguen, Algeria. **Climate Research**, n°28, 2005, p. 243-256.

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

ARBOIT, M.; DIBLASI, A.; FERNÁNDEZ LLANO, J. C.; ROSA, C. Assessing the solar potential of low-density urban environments in Andean cities with desert climates: The case of the city of Mendoza, in Argentina. **Renewable Energy**, n°33, p.1733–1748, 2008.

ASLA – **American Society of Landscape Architects** – General Design Honor Award. Em: <http://www.asla.org/awards/2007/07winners/056_tbsd.html>. Acesso em 01 de Setembro de 2013.

BARROS, J. R.; ZAVATTINI, J. A. Bases conceituais em climatologia geográfica. **Revista Mercator**. v. 8, n. 16, p. 251-265, 2009.

BOWLER, D.; BUYUNG-ALI, L.; KNIGHT, T. e PULLIN, A. S. The importance of nature for health: Is there a specific benefit of contact with green space. **Environmental Evidence**, 2010.

BOURBIA, F.; AWBI, H. B. **Building cluster and shading in urban canyon for hot dry climate. Part 1: Air and surface temperature measurements**. *Renewable Energy* 2004; 29:249–62.

BRANCO, K. G. C.; ZANELLA M. E.; SALES, M. C. L. O clima em áreas verdes intra-urbanas de fortaleza. **Revista Geonorte**, Edição Especial 2, v.2, n°5, p.443 – 454, 2012.

CAMPELO, JR. J. H.; CASEIRO, F. T.; FILHO, N. P.; BELLO, G. A. C.; MAITELLI, G. T.; ZANPARONI, C. A. G. P. Caracterização macroclimática de Cuiabá. In: **Encontro Nacional de Estudos sobre o Meio Ambiente**, Londrina, Anais. Londrina, v.1, n.7, 1991.

CALLEJAS, I. J. A. **Avaliação temporal do balance de energia em ambientes urbanos na cidade de Cuiabá-MT**. 2012. 264f. Tese (Doutorado em Física Ambiental). Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá-MT.

CARTER, J. Food and Agriculture Organization – FAO, **The potencial of Urban Forestry in developing countries**, 1995.

CARVALHO, L. M. **Áreas Verdes da cidade de Lavras/MG, caracterização, usos e necessidades**. 2001. 115f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia). Universidade Federal de Lavras. Minas Gerais, MG.

CHANG, C. R.; LI, M H.; CHANG, S. D. A preliminary study on the local cool-island intensity of Taipei city parks. In: **Landscape and Urban Planning**, n. 80, p. 386–395, 2007.

COHEN, P.; POTCHTER, O.; MATZARAKIS A. Daily and seasonal climatic conditions of green urban open spaces in the Mediterranean climate and their impact on human comfort. **Building and Environment**, n. 51, p. 285 – 295, 2012.

CUIABÁ. Lei Complementar n.º 150, de 29 de janeiro de 2007. Plano Diretor de Desenvolvimento Estratégico. **IPDU/Prefeitura Municipal de Cuiabá**, Cuiabá, 2007.

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

DE WAAL, H. B. New Recommendations for Building in Tropical Climates. **Building and Environment**, v. 28, n. 3, p. 271-285, 1993.

DIMOUDI, A., NIKOLOPOULOU, M., 2000, Vegetation in the urban environment: microclimatic analysis and benefits. In: **PLEA 2000 (17th International Conference on Passive and Low Energy Architecture)**, Cambridge, UK. Proceedings. Cambridge: James & James (Science Publishers) Ltd, 2000. p. 489-494.

DREW, D. Processos interativos homem-meio ambiente. Tradução: João Alves dos Santos e revisão de Suely Bastos. 3. ed. Rio de Janeiro: **Bertrand Brasil**, 1994.

DRUCK, S.; CARVALHO, M. S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. V. M. **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília. EMBRAPA. p. 209, 2004.

DUARTE, D. H. S. **Padrões de ocupação do Solo e Microclimas Urbanos na Região Tropical Continental**. 278f. Tese de Doutorado, Geografia Física, Departamento de Geografia. Universidade de São Paulo, 2000.

ELIASSON, I. Urban nocturnal temperatures, street geometry and land use. In: **Atmospheric Environment**, n. 30, p. 379–92, 1996.

ELIASSON, I. The use of climate knowledge in urban planning. **Landscape and Urban Planning Journal**, nº48, p. 31-44, 2000.

ELLEFSEN, R., 1990/91: Mapping and measuring buildings in the urban canopy boundary layer in ten US cities. **Energy and Buildings**, 15-16, pp. 1025-1049.

EMMANUEL, M. R. An Urban Approach to Climate-Sensitive Design: Strategies for the tropics. **Spon Press**, New York. p. 63-89, 2005.

EMMANUEL, R.; ROSENLUND, H.; JOHANSSON, E.; Urban shading - a design option for the tropics A study in Colombo, Sri Lanka. **International Journal of Climatology**, n. 27, p. 1995–2004, 2007.

ENVIRONMENTAL VALUATION E COST AND BENEFITS NEWS. Disponível em <<http://www.envirovaluation.org/>> Acesso em 21 de maio de 2013.

FARIAS, H. S.; BRANDÃO A. M. P. M. A influência antrópica na evolução semanal da temperatura do ar no bairro Maracanã/RJ. **Revista Brasileira de Climatologia**. v. 6, p. 7- 22, 2010.

FREIRE, J. D. L. **Por uma Poética Popular da Arquitetura**. EdUFMT: Cuiabá, 1997.

_____. **Cuiabá Nosso Bem Coletivo**. Cuiabá: UFMT, 1992.

_____. **Por Uma Poética Popular da Arquitetura**. São Paulo: ECAUSP, 1988. Dissertação (Mestrado em Artes). Escola de Comunicação e Artes, Universidade de São Paulo, 1988.

GAGO, E. J; ROLDAN J.; PACHECO-TORRES R.; ORDÓÑEZ, J. The city and urban heat islands : A review of strategies to mitigate adverse effects. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, n. 25, p. 749–758, 2013.

GALDINO, Y. S. N.; ANDRADE. L. M. S. Interações entre a Cidade e Paisagem ao longo da Sub-Bacia do Barbado, Cuiabá – MT. ENCONTRO NACIONAL DA ANPPAS, 4, 2008, Brasília. **Anais**. Brasília: Anppas, 2008. p.1-19.

GARTLAND, L. **Ilhas de calor**: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. Tradução: 1. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2010, 248p.

GIVONI, B. Man, climate and architecture, **Applied Science Publishers**, London, 2nd. 1976.

_____. Impact of Planted Areas on Urban Environmental Quality - A Review. **Atmospheric environment Part B-Urban Atmosphere** 25(3):289-299; 1991.

_____. Building and urban design guidelines for different climate. **New York: Van Nostrand Reinhold**, 1994.

_____. Climate Considerations in Building and Urban Design. **John Wiley and Sons Inc.** 256, 1998.

GARDENS BY THE BAY. Em: <http://www.gardensbythebay.com.sg/en/home.html>. Acesso em 10 de Setembro de 2013.

GRUPO DE PESQUISA CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E DINÂMICA SUPERFICIAL – GPCGDS/UFMT. **Caracterização e Delimitação Cartográfica das Áreas de Preservação Permanente (APP'S) e de Zonas de Interesse Ambiental (ZIA'S) na Área Urbana de Cuiabá**. SMADES/Prefeitura Municipal de Cuiabá: Cuiabá, 52p, 2008.

GUARIM, V. L. M. S.; VILANOVA, S. R. F. **Parques Urbanos de Cuiabá, Mato Grosso: Mãe Bonifácia e Massairo Okamura**. Entrelinhas - EdUFMT: Cuiabá, p.112, 2008.

GUERRA MACHO, J. J. **Control Climático em Espacios Abiertos. Evaluación del Proyecto EXPO'92**. Sevilla: CIEMAT, 1994.

GUIMARÃES, E. C. **Geoestatística básica e aplicada**. Uberlândia - MG UFU, 78p, 2004.

GHENO, E. L. Uso do solo, microclimas e clima local no bairro cidade alta, Cuiabá-MT. 79f. Dissertação de Mestrado. Mestrado em Geografia – Ambiente e Desenvolvimento Regional. Universidade Federal de Mato Grosso, 2013.

HUANG, L.; LIA, J.; ZHAOA, D.; ZHU, J. A fieldwork study on the diurnal changes of urban microclimate in four types of ground cover and urban heat island of Nanjing, China. In: **Building and Environment**, n. 43, p. 7–17, 2008.

HUANG, H. C., Seasonal simulation of tropospheric ozone over the midwestern and northeastern United States: An application of a coupled regional climate and air quality modeling system, **Journal of Applied Meteorology and Climatology**, n. 46, p. 945-960. 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Primeiros Resultados do Censo 2010**, 2010. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br>. Acesso em 15 jan. 2013.

IDB (Inter-American Development Bank). **Good practices for urban greening**. Washington: Environmental Division of Social Programs and Sustainable Development Department, 65 p., 1997.

JOHANSSON E. Influence of urban geometry on outdoor thermal comfort in a hot dry climate: A study in Fez, Morocco. **Building and Environment**, nº41, p. 1326-1338, 2006.

JOHANSSON, E.; EMMANUEL, R. The influence of urban design on outdoor thermal comfort in the hot, humid city of Colombo, Sri Lanka. **International Journal of Biometeorology**, v.51, p.119-133, 2006.

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.

KRÜGER, E.; PEARLMUTTER, D.; RASIA, F. Evaluating the impact of canyon geometry and orientation on cooling loads in a high-mass building in a hot dry environment. **Applied Energy**, n. 87, p. 2068–2078, 2010.

LANDIM, P. M. B. Sobre Geoestatística e mapas. **Terra e Didática**. v. 2, n. 1. p 19-33, 2006.

LIMA A. M. L. P. et al. Problemas e utilização na conceituação de termos como espaços livres, áreas verdes e correlatos. In: **Congresso Brasileiro Sobre Arborização Urbana**, 2, 1994. São Luís. Anais São Luís: Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, p.539-553, 1994.

LIPPSMEIER, G. **Tropenbau: building in the tropics**. München: Callwey Verlag, 1980.

LOMBARDO, M. (1985) **Ilha de calor nas metrópoles**. São Paulo: Hucitec.

MAITELLI, G. T. **Uma Abordagem Tridimensional de Clima Urbano em Área Tropical Continental. O Exemplo de Cuiabá – MT**. Tese de Doutorado (Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas), Universidade de São Paulo, 1994.

MARTINS NETO, A. **Cortina verde produz vegetal e mantém temperatura amena**. 02 de Setembro de 2010 Em: <<http://mundopossivel.wordpress.com/2010/09/02/cortina-verde-produz-vegetais-e-mantem-temperatura-amena/>>. Acesso em 10 de Setembro de 2013.

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

MILANO, M. S. Planejamento da arborização urbana: relações entre áreas verdes e ruas arborizadas. In: **Encontro Brasileiro Sobre Arborização Urbana**, 4, 1990. Curitiba. Anais. Curitiba : Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, 1990.

MINAS GERAIS (Estado). CEMIG: Superintendência de Comunicação Social e Representação – RP. **Manual de Arborização**. Belo Horizonte, 1991, 22p.

MINELLA, F. C. O. **Avaliação da influência de aspectos da geometria urbana sobre os níveis de conforto térmico em ruas de pedestres de Curitiba.** Dissertação – Mestrado em Tecnologia – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada.** Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais, 295p., 2007.

MORAL, F. J. Comparison of different geostatistical approaches to map climate variables: application to precipitation. **International Journal of Climatology**. v. 30, n. 4, p. 620-631, 2010.

NOGUEIRA, A.; WANTUELFER, G. Florestas Urbanas planejamento para melhoria da qualidade de vida. **Viçosa: Aprenda Fácil**, 2002.

OFFICIAL WEBSITE OF NEW YORK CITY'S CENTRAL PARK. **Central Park**. Em: < <http://www.centralparknyc.org/>>. Acesso em 10 de Setembro de 2013.

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

____. The Energetic Basis of the Urban Heat Island. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v.108, n.455, p.1-24. Jan. 1982.

____. **The micrometeorology of the urban forest**. J. Phil. R. Sec. Land. B324, 1989.

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

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

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

OLIVEIRA, C. H. **Planejamento ambiental na cidade de São Carlos com ênfase nas áreas públicas e áreas verdes: diagnóstico e propostas**. 181f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais). Centro de Ciências Biológicas e Saúde. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, SP, 1996.

OLYGAY, V. Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism. **Princeton University Press**. p. 30-31, nº74, 1973.

OMETO, J. C. **Bioclimatologia Vegetal**. Agronômica Ceres. São Paulo, SP. 1981.

ORLANSKI, I. Rational subdivision of scales for atmospheric process. **Bull. Amer. Met. Soc.**, v.56, 1975.

PAPADAKIS, G., TSAMIS, P., KYRITSTS, S. An experimental investigation of the effects of shading with plants for solar control of buildings. **Energy and Buildings**, n. 33 p. 833-836, 2001.

PARQUE DO IBIRAPUERA. Em: <<http://www.parqueibirapuera.org/>>. Acesso em 10 de Setembro de 2013.

PARK, M.; HAGISHIMA, A.; TANIMOTO, J.; NARITA, K. I. Effect of urban vegetation on outdoor thermal environment: Field measurement at a scale model site. **Building and Environment**, n. 56, p. 38 - 46, 2012.

PEARLMUTTER, D. Patterns of sustainability in desert architecture. **Arid Lands Newsletter**, nº 47, 2000.

PEARLMUTTER , D.; BERLINER, P.; SHAVIV, E. Integrated modeling of pedestrian energy exchange and thermal comfort in urban street canyons. **Building and Environment**, n. 42, p. 2396–2409, 2007.

PINHO, J. G. **Uso do Solo, Ilha de Calor e Distribuição Espacial das Chuvas na Cidade de Cuiabá-MT**. 204f. Dissertação de Mestrado. Mestrado em Geografia – Ambiente e Desenvolvimento Regional. Universidade Federal de Mato Grosso, 2008.

POTCHTER, O.; GOLDMAN, D.; ILUZ, D.; KADISH, D. The climatic effect of a manmade oasis during winter season in a hyper arid zone: The case of Southern Israel. **Journal of Arid Environments**, n.87, p. 231 - 242, 2012.

PRUSKI, F.F.; BRANDÃO, V.S.; SILVA, D.D. Escoamento superficial. **Viçosa: UFV**, 2003.

REGAZZI, A. J. **Análise multivariada, notas de aula INF 766**, Departamento de Informática da Universidade Federal de Viçosa, v.2, 2000.

REIS, N. G. **Imagens de Vilas e Cidades do Brasil Colonial**. São Paulo: EDUSP/Imprensa Oficial do Estado/Fapesp, 2000.

RIVERO, R. **Arquitetura e clima. Acondicionamento térmico natural**. 2. ed. Porto Alegre: D.C. Luzzatto, 240p., 1986.

ROMERO, M. A. B. - **Princípios Bioclimáticos Para o Desenho Urbano**. São Paulo: Projeto, 2ª edição, 128 p. 2000.

ROSSET, F. **Procedimentos metodológicos para estimativa do índice de áreas verdes públicas. Estudo de caso: Erechim, RS**. São Carlos: UFSCar, 2005. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de São Carlos, 2005.

ROSS, J. L. S.; SANTOS, L. M. **Geomorfologia**. In: Projeto RADAM BRASIL. V. 26, Folha SD. 21 Cuiabá, pp. 193 – 247, Rio de Janeiro, 1982.

SAILOR, D. J. Simulated urban climate response to modifications in surface albedo and vegetative cover. **Journal of Applied Meteorology**, v.34, 1995.

SANTAMOURIS, M. Energy and climate in the urban built environment. **London: James & James (Science Publishers)**, 2001.

SAMPAIO, A. H. **Correlações entre o uso do solo e a ilha de calor no ambiente urbano: o caso de Salvador**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo/SP, 1981.

SHAHIDAN, M.F.; SHARIFF, M.K.M.; JONES, P.; SALLEH, E. e ABDULLAH A. M. A comparison of Mesua ferrea L. and Hura crepitans L. for shade creation and radiation modification in improving thermal comfort. **Journal of Landscape and Urban Planning**, nº 97, p. 168-181, 2010.

SHAM, S. Pembandaran dan Iklim, Implikasinya Terhadap Perancangan Bandar di Rantau Tropika Rendah. In Malay. **Penerbit Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi**. p. 46-49, 1990.

SHASHUA-BAR L.; PEARLMUTTER D.; ERELL E. The cooling efficiency of urban landscape strategies in a hot dry climate. **Landscape and Urban Planning**, nº92, p. 179–186, 2009.

SHASHUA-BAR L.; TSIROS I. X.; HOFFMAN M. Passive cooling design options to ameliorate thermal comfort in urban streets of a Mediterranean climate (Athens) under hot summer conditions, **Building and Environment**, nº 57, p. 110-119, 2012.

SHINZATO, P. **O impacto da vegetação nos microclimas urbanos**. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Universidade de São Paulo, 2009.

SOUZA, L. C. L. **Determinação e apresentação do fator de visão do céu através de um SIG 3 D**. Bauru. Livre-docência – Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação da Universidade de São Paulo, 2003.

SPRONKEN-SMITH, R. A.; OKE, T. R.; LOWRY, W. P. Advection and the surface energy balance across an irrigated urban park. **International Journal of Climatology**, n. 20, p. 1033 – 1047, 2000.

SUN, R.; e CHEN, L. How can urban water bodies be designed for climate adaptation. **Journal of Landscape and Urban Planning**, nº105, p. 27-33, 2012.

TAHA, H. Urban climates and heat islands: albedo, evapotranspiration, and anthropogenic heat. **Journal of Energy and Buildings**, nº25, p. 99-103, 1997.

TARIFA, J. R. **O ritmo e a prática do estudo dos climas de São Paulo (1970-2000)**. In: Tarifa J. R. & Azevedo T. R. Os climas na cidade de São Paulo. Departamento de Geografia, FFLCH-USP. GEOUSP n. 4, 199p., 2001.

VOOGT, J. A. **Urban heart islands: hotter cities**. 2004. Disponível no site: <<http://www.actionbiociencia.org/environment/voogt.html>> Acesso em 20 de maio de 2013.

WILMERS, Fritz. Green for melioration of urban climate. **Energy and Building**, v.1 1, p.289-299, 1988.

WIRDOYO, J. (2008). Vegetation Configuration as Microclimate Control Strategy in Hot Humid Tropic urban Open Space. **International Symposium & Exhibition In Sustainable Energy & Environment**. S E N V A R + I S E S E E 1-3 December 2008.

WONG, N. H.; YU, C. Study of green areas and urban heat island in a tropical city. **In: Habitat International**, nº29, p. 547–558, 2005.

YEANG, K. **ECODESIGN: A Manual for Ecological Design**, John Wiley & Sons, Ltd, 2006.

YU, C.; HIEN, W. N. Thermal benefits of the city parks. **Energy and Buildings**, nº38, p. 105-120, 2006.

ZHEN, Z. The study on the design of micro-climate for the open landscape spaces in city. **IEEE Explore**, 2010.

7.2. BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS

ALONSO, M. S.; LABAJO, J. L.; FIDALGO, M. R. Chacaracteristics of the urban heat island in the city of Salamanca, Spain. **Atmósfera**. p. 137-148. 2003.

AMORIM, M. C. C. T. Ilhas de calor em Birigui/SP. **Revista Brasileira de Climatologia**, Vol. 1, Nº 1. 2005.

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

BAKER, L. A.; BRAZEL, A. J.; SELOVER, N., MARTIN, C.; MCINTYRE, N.; STEINER, F.R.; NELSON, A.; MUSACCHIO, L. Urbanization and warming of Phoenix (Arizona, USA): impacts, feedbacks and mitigation. **Urban ecosystems**, v. 6, p. 183-203. 2003.

BERTACCHI, M. L.; FARIA, J. R. G. (2005) Ilhas de calor na cidade de Bauru (SP): as diferenças de temperatura e a configuração do solo local. **In: VIII ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO**,

IV ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2005. Maceió. Anais. Maceió: ANTAC, p. 646-652.

BUENO, C. L. **A influência da vegetação no conforto térmico urbano e no Ambiente construído**. 2003. 186 f. Tese (Doutorado em Saneamento e Ambiente) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

CHATZIDIMITRIOU, A.; CHRISOMALLIDOU, N.; YANNAS, S. Microclimate modifications of an urban street in northern Greece. In: **PLEA 2005 – PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE**, 2005, BEIRUT. p. 689-694.

COSTA, E. R.; SARTORI, M. G. B. O campo termo-higrométrico intra urbano da Santa Maria/RS e a configuração de ilhas de calor e de frescor urbanas em dia sob domínio da massa polar velha ou aquecida no verão. **Geografia: Ensino & Pesquisa**, Santa Maria, v. 13 n. 2, p. 217-227, 2009.

GALLEGO, L. P. **Tipos de tempo e poluição atmosférica no Rio de Janeiro: um ensaio em climatologia urbana**. 1972. 104p. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 1972.

GIRIDHARAN, R.; LAUB, S. S. Y.; GANESAN, S.; GIVONIC, B. Lowering the outdoor temperature in high-rise high-density residential developments of coastal Hong Kong: The vegetation influence. **Building and Environment** 43 1583–1595. 2008.

GREY, G.W.; DENEKE, F.J. **Urban forestry**. New York, John Wiley, 1978, 279p.

HOSOI, F.; OMASA, K. Voxel-based 3-D modeling of individual trees for estimating leaf area density using high-resolution portable scanning lidar. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 44, p.3610–3618. 2006

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

SARTORI, M. G. B. **O clima de Santa Maria: do regional ao urbano**. 1979. 163f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1979.