

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

ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DAS ILHAS DE
CALOR URBANAS DE SUPERFÍCIE NA
CIDADE DE CUIABÁ-MT

PAULA VALÉRIA DE CARVALHO BRITO

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira
Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Flávia Maria de Moura Santos

Cuiabá, MT
Dezembro/2018

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

ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DAS ILHAS DE
CALOR URBANAS DE SUPERFÍCIE NA
CIDADE DE CUIABÁ-MT

PAULA VALÉRIA DE CARVALHO BRITO

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
Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Flávia Maria de Moura Santos

Cuiabá, MT
Dezembro/2018

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

D278a de Carvalho Brito, Paula Valéria.
ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DAS ILHAS DE CALOR URBANAS DE
SUPERFÍCIE NA CIDADE DE CUIABÁ-MT / Paula Valéria de Carvalho Brito. --
2018
106 f. ; 30 cm.

Orientadora: Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira.
Co-orientadora: Flávia Maria de Moura Santos.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física,
Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Cuiabá, 2018.
Inclui bibliografia.

1. Sensoriamento remoto. 2. calor antropogênico. 3. vegetação. 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 ESPAÇO-TEMPORAL DAS ILHAS DE CALOR
URBANAS DE SUPERFÍCIE NA CIDADE DE CUIABÁ-MT**

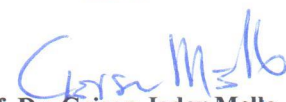
AUTORA: PAULA VALÉRIA DE CARVALHO BRITO

Tese de Doutorado defendida e aprovada em 13 de dezembro de 2018, 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
Coorientadora
Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia
UFMT


Prof. Dr. Leone Francisco Amorim Curado
Examinador Interno
Instituto de Física - UFMT


Prof. Dr. Geison Jader Mello
Examinador Externo
Instituto Federal de Mato Grosso – IFMT


Profa. Dra. Mariza de Mello Arruda Sampaio
Examinadora Externa
Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia - UFMT

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus, meu maior incentivador, meu marido, nossos filhos e a nossa família que sempre está presente em nossas vidas mesmo distante.

AGRADECIMENTOS

- A Deus
- A Prof.^a. Dr.^a Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira pelo apoio, incentivo, amizade, paciência, compreensão e principalmente pela orientação e conhecimento compartilhado.
- A Prof.^a. Dr.^a Flavia Maria de Moura Santos pela amizade, companheirismo e apoio na minha pesquisa.
- 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).
- Aos amigos da Pós-graduação, em especial: Thiaguinho, Jonathan, Leone, Allan, Renan, Raphael, Anna Carolinna, Pabline e outros, que sempre estiveram presentes e me ajudaram de alguma forma.
- Ao Cesário e Soilce pelo auxílio técnico na secretaria da Pós-Graduação em Física Ambiental (UFMT).
- Aos amigos e parceiros de trabalho e pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), que contribuíram para a realização deste trabalho;
- A Jô por deixar nosso ambiente de trabalho mais limpinho e cheiroso.
- Ao meu marido pela compreensão e apoio em mais essa jornada da minha vida.
- Aos meus filhos Hugo e Airon (quatro patinhas) por compreender minha ausência nos momentos da pesquisa e por me fazer entender que com amor e dedicação podemos atingir nossos objetivos.
- A minha amiga e ajudante Elicimone, por cuidar tão bem do meu pacotinho de amor, meu filho querido Hugo, na minha ausência.
- A todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram no desenvolvimento desta pesquisa.
- A CAPES pelo apoio financeiro para este estudo.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	I
LISTA DE TABELAS	V
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS	VII
RESUMO	VIII
ABSTRACT	IX
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 PROBLEMÁTICA.....	1
1.2 JUSTIFICATIVA	2
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1 ILHAS DE CALOR URBANA.....	5
2.1.1 Tipos de Ilhas de Calor Urbana.....	7
2.1.2 Diferença entre ICU e ICUS	8
2.2 SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO AO ESTUDO DE ICUS	9
2.3 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	10
2.4 TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE	12
2.5 ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA (NDVI)	13
3 ÁREA DE ESTUDO	14
3.1 HISTÓRICO DO MUNICÍPIO	14
3.2 ASPECTOS FÍSICOS DO MUNICÍPIO	15
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	26
4.1 ESCOLHA DO LOCAL DA PESQUISA E MARCAÇÃO DOS PONTOS	26
4.2 SELEÇÃO, AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DAS IMAGENS	27
4.2.1 Seleção e Aquisição das Imagens	27
4.2.2 Processamento das Imagens de Satélite.....	29
4.2.2.1 Desenvolvimento dos plugins.....	29
4.2.2.2 Classificação do Uso e Ocupação do Solo	30
4.2.2.3 Radiância Espectral.....	31
4.2.2.4 Temperatura de Brilho	32
4.2.2.5 Emissividade da Superfície e NDVI.....	33
4.2.2.6 Temperatura da Superfície	34
4.3 INTENSIDADE DA ILHA DE CALOR URBANA DE SUPERFÍCIE.....	35

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	36
5.1 CLASSIFICAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	36
5.2 VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE ...	40
5.2.1 Temperatura da superfície das regiões e seus respectivos Bairros	45
5.2.1.1 Região Norte	45
5.2.1.2 Região Sul	48
5.2.1.3 Região Leste	50
5.2.1.4 Região Oeste	53
5.3 ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DO NDVI	55
5.3.1 NDVI das Regiões e seus respectivos Bairros	59
5.3.1.1 Região Norte	60
5.3.1.2 Região Sul	62
5.3.1.3 Região Leste	64
5.3.1.4 Região Oeste	66
5.4 INTENSIDADE DA ILHA DE CALOR URBANA DE SUPERFÍCIE	69
5.4.1 IICUS Região Norte	71
5.4.2 IICUS Região Sul	75
5.4.3 IICUS Região Leste	78
5.4.4 IICUS Região Oeste	81
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	85
6.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	86
7 BIBLIOGRAFIAS	87
7.1 BIBLIOGRAFIAS CITADAS	87
7.2 BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS	96
ANEXO 1	98

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Perfil clássico da ilha de calor de grandes centros urbanos.	7
Figura 2 - Localização espacial do município de Cuiabá-MT	16
Figura 3 - Regiões Administrativas de Cuiabá	17
Figura 4 - Região norte e seus abairramentos	19
Figura 5 - Região sul e seus abairramentos.....	20
Figura 6 - Região leste e seus abairramentos.....	22
Figura 7 - Região oeste e seus abairramentos	24
Figura 8 - Fluxograma com as etapas do processamento das imagens.....	29
Figura 9 - Mapas de Classificação do Uso e Ocupação do Solo da área urbana do município de Cuiabá/MT, obtida a partir de imagens Landsat 5 dos anos de 1990 e 2009.....	37
Figura 10 - Mapa (1) referente a Carta de temperatura da superfície do ano de 2009 no período quente-seco e Mapa (2) do Uso e Ocupação do Solo do ano de 2009. Ponto (A) se refere ao Parque Mãe Bonifácia e o ponto (B) se refere ao Parque Zé Bolo Flô.....	39
Figura 11 - Mapa (1) referente a Carta de temperatura da superfície do ano de 2009 no período quente-seco e Mapa (2) referente ao Uso e Ocupação do Solo do ano de 2009. Ponto (A) se refere à área central do município de Cuiabá e o ponto (B) se refere ao bairro Morada da Serra	40
Figura 12 - Carta de temperatura da superfície da área urbana do município de Cuiabá/MT, obtida a partir de imagens Landsat 5 dos dias 10/01/90 (A) e 02/08/90 (B), 10/01/09 (C) e 06/08/09 (D)	43
Figura 13 - Médias das Temperaturas da Superfície (°C) referente aos bairros da região norte da cidade de Cuiabá-MT, nos anos de 1990 e 2009 no período quente-úmido	46
Figura 14 - Médias das temperaturas da superfície (°C) referente aos bairros da região norte da cidade de Cuiabá-MT, nos anos de 1990 e 2009 no período quente-seco.....	47

Figura 15 - Médias das temperaturas da superfície (°C) referente aos bairros da região sul da cidade de Cuiabá-MT, nos anos de 1990 e 2009 no período quente-úmido	49
Figura 16 - Médias das temperaturas da superfície (°C) referente aos bairros da região sul da cidade de Cuiabá-MT, nos anos de 1990 e 2009 no período quente-seco	50
Figura 17 - Médias das temperaturas da superfície (°C) referente aos bairros da região Leste da cidade de Cuiabá-MT, nos anos de 1990 e 2009 no período quente-úmido	52
Figura 18 - Médias das temperaturas da superfície (°C) referente aos bairros da região Leste da cidade de Cuiabá-MT, nos anos de 1990 e 2009 no período quente-seco.....	53
Figura 19 - Médias das temperaturas da superfície (°C) referente aos bairros da região oeste da cidade de Cuiabá-MT, nos anos de 1990 e 2009 no período quente-úmido	54
Figura 20 - Médias das temperaturas da superfície (°C) referente aos bairros da região oeste da cidade de Cuiabá-MT, nos anos de 1990 e 2009 no período quente-seco.....	55
Figura 21 - Imagem do NDVI da área urbana do município de Cuiabá/MT, obtida a partir de imagens Landsat 5 dos dias 10/01/90 (A) e 02/08/90 (B), 10/01/09 (C) e 06/08/09 (D).....	57
Figura 22 - Correlação entre NDVI e temperatura da superfície (°C), (A) e (C) período quente-úmido de 1990 e 2009, respectivamente, (B) e (D) período quente-seco de 1990 e 2009, respectivamente. *Correlação significativa ao nível de 5% ($p < 0,05$)	Erro! Indicador não definido.
Figura 23 - Médias dos valores de NDVI referente aos bairros da região norte da cidade de Cuiabá, no período quente-úmido dos anos de 1990 e 2009	61
Figura 24 - Médias dos valores de NDVI referente aos bairros da região norte da cidade de Cuiabá, no período quente-úmido dos anos de 1990 e 2009.....	62
Figura 25 - Médias dos valores de NDVI referente aos bairros da região sul da cidade de Cuiabá, no período quente-úmido dos anos de 1990 e 2009	63

Figura 26 - Médias dos valores de NDVI referente aos bairros da região sul da cidade de Cuiabá, no período quente-seco dos anos de 1990 e 2009	64
Figura 27 - Médias dos valores de NDVI referente aos bairros da região leste da cidade de Cuiabá, no período quente-úmido dos anos de 1990 e 2009	65
Figura 28 - Médias dos valores de NDVI referente aos bairros da região leste da cidade de Cuiabá, no período quente-seco dos anos de 1990 e 2009	66
Figura 29 - Médias dos valores de NDVI referente aos bairros da região oeste da cidade de Cuiabá, no período quente-úmido dos anos de 1990 e 2009	67
Figura 30 - Médias dos valores de NDVI referente aos bairros da região oeste da cidade de Cuiabá, no período quente-seco dos anos de 1990 e 2009	68
Figura 31 - Mapa da temperatura da superfície (A), NDVI (B) e Classificação do Solo (C) do ano de 1990 no período quente-úmido	69
Figura 32 - Mapa da temperatura da superfície (A), NDVI (B) e Classificação do Solo (C) do ano de 2009 no período quente-seco	69
Figura 33 - Classificação da IICUS para os bairros da região norte da cidade de Cuiabá no período quente-úmido dos anos de 1990 e 2009.....	71
Figura 34 – Porcentagem do aumento da IICUS no período quente-úmido e no período quente-seco entre os anos de 1990 e 2009, nos bairros da região norte	73
Figura 35 - Classificação da IICUS para os bairros da região norte da cidade de Cuiabá no período quente-seco dos anos de 1990 e 2009.....	74
Figura 36 - Classificação da IICUS para os bairros da região sul da cidade de Cuiabá no período quente-úmido dos anos de 1990 e 2009.....	76
Figura 37 - Classificação da IICUS para os bairros da região sul da cidade de Cuiabá no período quente-seco dos anos de 1990 e 2009	77
Figura 38 – Porcentagem do aumento da IICUS no período quente-úmido e no período quente-seco entre os anos de 1990 e 2009, nos bairros da região sul.....	78
Figura 39 - Classificação da IICUS para os bairros da região leste da cidade de Cuiabá no período quente-úmido dos anos de 1990 e 2009.....	79
Figura 40 - Classificação da IICUS para os bairros da região leste da cidade de Cuiabá no período quente-seco dos anos de 1990 e 2009.....	80
Figura 41 – Porcentagem do aumento da IICUS no período quente-úmido e no período quente-seco entre os anos de 1990 e 2009, nos bairros da região leste	81

Figura 42 - Classificação da IICUS para os bairros da região oeste da cidade de Cuiabá no período quente-úmido dos anos de 1990 e 2009.....	82
Figura 43 - Classificação da IICUS para os bairros da região oeste da cidade de Cuiabá no período quente-seco dos anos de 1990 e 2009.....	83
Figura 44 – Porcentagem do aumento da IICUS no período quente-úmido e no período quente-seco entre os anos de 1990 e 2009, nos bairros da região oeste	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - População Total, Urbana e Rural de Cuiabá – MT	17
Tabela 2 - Regiões Administrativas do município de Cuiabá e suas respectivas áreas (ha), população e densidade populacional (hab/ha) no ano de 2010.....	18
Tabela 3 - Bairros de Cuiabá da região norte e suas respectivas áreas (ha), população e densidade populacional no ano de 2010.....	19
Tabela 4 - Bairros de Cuiabá da região sul e suas respectivas áreas (ha), população e densidade populacional no ano de 2010.....	21
Tabela 5 - Bairros de Cuiabá da região leste e suas respectivas áreas (ha), população e densidade populacional no ano de 2010.....	23
Tabela 6 - Bairros de Cuiabá da região leste e suas respectivas áreas (ha), população e densidade populacional no ano de 2010.....	25
Tabela 7 - Descrição das bandas do TM do Landsat 5, com os correspondentes intervalos de comprimento de onda (μm), suas principais aplicações, resolução espacial (R.E.) (m x m), coeficientes de calibração (radiância mínima – a e máxima – b) e irradiâncias espectrais (I.E.) no topo da atmosfera (T_{OA}) ($\text{Wm}^{-2}\mu\text{m}^{-1}$).....	27
Tabela 8 - Valores de referência para análise da IICUS	35
Tabela 9 - Área em hectares (ha) e quantidade de alterações ocorridas em diferentes classes de Uso e Ocupação do Solo na área Urbana de Cuiabá entre os anos de 1990 e 2009.....	36
Tabela 10 - Valores da temperatura da superfície (mínimo, máximo, média, desvio padrão) para o período quente-úmido (22/01/90 e 10/01/09) e quente-seco (02/08/90 e 06/08/09)	41
Tabela 11 - Valores de NDVI (mínimo, máximo, média, desvio padrão) para o período quente-úmido (01/90 – 01/09) e quente-seco (08/90 – 08/09) da área urbana de Cuiabá.....	58
Tabela 12 - Valores de NDVI (mínimo, máximo, média, desvio padrão) para o período quente-úmido (01/90 – 01/09) e quente-seco (08/90 – 08/09) da região norte	59
Tabela 13 - Valores de NDVI (mínimo, máximo, média, desvio padrão) para o período quente-úmido (01/90 – 01/09) e quente-seco (08/90 – 08/09) da região sul	59

Tabela 14 - Valores de NDVI (mínimo, máximo, média, desvio padrão) para o período quente-úmido (01/90 – 01/09) e quente-seco (08/90 – 08/09) da Região leste	60
Tabela 15 - Valores de NDVI (mínimo, máximo, média, desvio padrão) para o período quente-úmido (01/90 – 01/09) e quente-seco (08/90 – 08/09) da Região oeste	60
Tabela 16 - Valores da IICUS (mínimo, máximo, média, desvio padrão) para o período quente-úmido (22/01/90 e 10/01/09) e quente-seco (02/08/90 e 06/08/09)..	70

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

%	Porcentagem
Adm.	Administrativo
Dens. Pop.	Densidade Populacional
DP	Desvio Padrão
DTs	Diferença da Temperatura de Superfície
ET	Evapotranspiração
ha	Hectares
Hab.	Habitantes
IC	Ilha de calor
ICU	Ilha de calor Urbana
(ICUCC)	Ilha de calor Urbana da Camada Intra-urbana ou Camada de Cobertura
ICUCL	Ilha de calor Urbana da Camada Limite
ICUS	Ilha de calor Urbana de Superfície
I.E.	Irradiâncias Espectrais
IICU	Intensidade da Ilha de calor Urbana
IICUS	Intensidade da Ilha de calor Urbana de Superfície
IFU	Ilha de Frescor Urbana
Km	Quilômetro
m	Metro
NDVI	Índice de Vegetação por Diferença Normalizada
QGIS	Quantum Gis
QU	Quente-Úmido
QS	Quente-Seco
R.E.	Resolução Espacial
TA	Temperatura do Ar
T _{oa}	Topo da Atmosfera
TS	Temperatura da superfície
TST	Temperatura da superfície terrestre

RESUMO

BRITO, P. V. C. *Análise espaço-temporal das Ilhas de Calor Urbanas de Superfície na cidade de Cuiabá-MT*. Cuiabá, 2018. 106f. Tese (Doutorado)-Programa de Pós-graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso.

O efeito da ilha de calor urbana de superfície tem sido objeto de numerosos estudos nas últimas décadas em várias cidades ao redor do mundo, sendo tipicamente fenômenos microclimáticos em áreas urbanas. Identificar quais os bairros estão com os picos mais altos de ICUS ajuda a traçar estratégias para mitigar esse efeito e melhorar a qualidade de vida dos habitantes dessa região. Esta pesquisa teve como objetivo a análise do espaço-temporal das ICUS na cidade de Cuiabá-MT. Para a realização desse estudo foram obtidas imagens da órbita 226 do ponto 71, nos períodos quente-seco e quente-úmido em diferentes anos, 1990 e 2009. A partir do processamento das imagens foram geradas cartas de temperatura da superfície, NDVI e Uso e Ocupação do Solo para a cidade de Cuiabá, para analisar a dinâmica de transformação ocorrida na região de estudo. Foi feita uma análise comparativa das regiões administrativas da área urbana de Cuiabá e seus respectivos bairros. Por meio do perfil desenvolvido para área de estudo foi perceptível o aumento espacial e temporal das temperaturas da superfície no sentido periferia mais arborizada para central com maior densidade populacional e construtiva, resultando em uma diferença de 4°C entre essas áreas. Alguns bairros como Morada da Serra, Campo Velho, Residencial Santa Inês e Pedregal tiveram a intensidade da ilha de calor urbana de superfície (IICUS) caracterizada como forte, com valores superiores a 5°C. Esses bairros possuem adensamento urbano e pouca vegetação. Os bairros que apresentaram os menores valores de IICUS, sendo classificados como fraca foram Bela Marina, Cachoeira das Garças e São Gonçalo Beira Rio, estes bairros estão localizados em áreas com elevada concentração de vegetação. Sendo assim, os resultados dos estudos da ICUS podem ser usados para planejar a melhor forma de reduzir os impactos do aumento das temperaturas urbanas.

Palavras-chave: Sensoriamento remoto, calor antropogênico, vegetação.

ABSTRACT

BRITO, P. V. C. *Spatial-temporal analysis of the Surface Urbans Heat Island in the city of Cuiabá-MT*. Cuiabá, 2018. 106f. Thesis (Doctorate in Environmental Physics) - Institute of Physics. Federal University of Mato Grosso.

The effect of Surface Urban Heat Island has been the subject of several studies in recent decades and in various cities around the world, being typically microclimatic phenomena in urban areas. Identifying which districts have the highest SUHI peaks helps to devise strategies to mitigate this effect and improve the quality of life of the inhabitants of that region. This research propose the analysis of the space-time of the SUHI in the city of Cuiabá-MT. In order to carry out this study, images of the orbit 226 of point 71 were obtained on the dates of 01/22/90, 10/01/09 (hot-wet period) and 02/08/90, 06/08/09 (hot-dry-period). From the image processing, surface temperature charts, NDVI and Soil Use and Occupancy for the city of Cuiabá were generated to analyze the transformation dynamics that occurred in the study region. A comparative analysis was made of the administrative regions of the urban area of Cuiabá and their respective neighborhoods. Through the profile developed for the study area, the spatial and temporal increase of the surface temperatures in the more wooded periphery direction to the center with higher population and constructive density was perceptible, resulting in a difference of 4 ° C between these areas. Some neighborhoods such as Morada da Serra, Campo Velho, Residencial Santa Inês and Pedregal had the Intensity of the Surface Urban Heat Island (SUHI) characterized as strong, with values higher than 5 ° C. These neighborhoods have urban densities and little vegetation. The neighborhoods that presented the lowest values of SUHI, being classified as weak, were Bela Marina, Cachoeira das Garças and São Gonçalo Beira Rio, these neighborhoods are located in areas with high concentration of vegetation. Thus, the results of the SUHI studies can be used to plan how best to reduce the impacts of rising urban temperatures.

Keywords: Remote sensing, anthropogenic heat, vegetation.

1 INTRODUÇÃO

1.1 PROBLEMÁTICA

Em 1950, aproximadamente 30% da população mundial viviam em áreas urbanas. Esse número está agora chegando a 50%, com uma população urbana atual estimada em 2,9 bilhões de pessoas. Até o ano de 2030, prevê-se que a população global aumente em dois bilhões, um crescimento que deverá ocorrer quase que inteiramente nas áreas urbanas. O mundo está experimentando uma crescente urbanização sem precedentes hoje em dia e no Brasil esse crescimento não é diferente. Em relação à década de 70, a população brasileira praticamente dobrou e este aumento afetou diretamente os aglomerados urbanos que tiveram grandes transformações na estrutura da paisagem e na ocupação do solo.

Na década de 1940, Mato Grosso sofreu um intenso processo de urbanização após iniciada a Marcha para o Oeste, para incentivar o progresso e a ocupação do Centro-Oeste, onde ainda havia muitas terras sem habitação. Com este processo de urbanização acelerado, diversos problemas ambientais surgiram ou se agravaram e a cidade de Cuiabá, atual capital do Mato Grosso também foi afetada por essa apropriação de forma desorganizada o que acarretou na substituição da paisagem natural (água, solo, vegetação) pela paisagem artificial composta por cimento, asfalto, materiais químicos, metais e outros.

Atualmente dois termos estão sendo frequentemente usados em artigos de revistas ao estudar fenômeno ambiental urbano. A primeira é a ilha de calor urbano (ICU) que compara os dados da temperatura do ar (TA) das estações meteorológicas entre a área urbana e rural, a segunda é a ilha de calor urbana de superfície (ICUS) que examina a diferença de temperatura da superfície terrestre (TST) derivada de dados de sensoriamento remoto.

Há uma variedade de razões para a variação entre a temperatura urbana e rural. As principais são as diferenças nas propriedades térmicas das superfícies radiantes e uma menor taxa de evapotranspiração no ambiente urbano. As contribuições devido à topografia urbana incluem o "efeito canyon", que ocorre uma diminuição da visão do céu, reduzindo assim, a radiação de onda longa e aumentando

a absorção de radiação de onda curta, ocorrendo também o aumento da rugosidade da superfície que reduz os ventos de camada limite e dificulta a perda de calor sensível.

Os problemas das ilhas de calor podem não só diminuir a qualidade do ar como também aumentar a frequência da precipitação ocasionando enchentes e destruição dos ecossistemas naturais.

O aumento da poluição afeta a saúde física e a qualidade de vida dos moradores urbanos.

As áreas urbanas também exibem uma maior quantidade de geração de calor antrópico.

Existem poucas paisagens no Globo Terrestre que ainda se encontram em estado natural. Devido às atividades antropogênicas, a superfície terrestre está sendo significativamente alterada de alguma forma e a presença do homem e o seu uso indevido do solo tiveram um efeito profundo sobre o ambiente natural, resultando assim em um padrão observável no uso e ocupação do solo ao longo do tempo.

Investigações na área urbana são necessárias, entretanto, algumas pesquisas encontram dificuldades financeiras para aquisição de equipamentos apropriados à pesquisa na escala do urbano, que requer uma instrumentação cada vez mais sofisticada e cara.

Os problemas das ilhas de calor urbano tornaram-se um dos problemas ambientais mais importantes da sociedade hoje em dia.

1.2 JUSTIFICATIVA

O efeito da ilha de calor urbano e da ilha de calor urbana de superfície tem sido objeto de numerosos estudos nas últimas décadas e é exibido por várias cidades ao redor do mundo. As ilhas de calor urbana são tipicamente fenômenos microclimáticos em áreas urbanas. Existem inúmeras razões para estudar o efeito ICU e/ou ICUS, pois envolvem questões sociais, econômicas e problemas ambientais. Hoje, cerca da metade da população mundial é afetada por ICU e este número tende a aumentar à medida que a população urbana cresce.

Atualmente, cerca da metade da população mundial vive em áreas urbanas. Prevê-se que até 2030, 60% da população viva em áreas urbanas, e até 2050, esse número aumentará para aproximadamente 70%. À medida que uma quantidade

crescente da população reside em áreas urbanas, o estudo da ilha de calor (IC) se tornará ainda mais necessário, pois há uma variedade de questões relacionadas à sua ocorrência, estes incluem aumento da mortalidade por ondas de calor mais extremas, elevados custos de resfriamento e aumento da poluição do ar.

O padrão de uso e ocupação do solo de uma região é resultado de fatores naturais e socioeconômicos e sua utilização pelo homem no tempo e no espaço. A terra está se tornando um recurso escasso devido à imensa pressão agrícola e demográfica. Assim, para atender às demandas crescentes das necessidades humanas básicas, a informação sobre o uso e ocupação do solo e as possibilidades de uso ideal são essenciais para a seleção, planejamento e elaboração de projetos. O uso do solo e a mudança da cobertura terrestre tornaram-se um componente essencial nas estratégias atuais de gerenciamento de recursos naturais e monitoramento de mudanças ambientais.

Até recentemente, estudos de efeitos urbanos sobre meteorologia e clima foram realizados para locais isolados e com medições in situ. Com o advento dos satélites de alta resolução de monitoramento da Terra, tornou-se possível estudar esses efeitos remotamente e em escalas continentais ou globais, sendo fundamentais no mapeamento das características e infraestruturas terrestres e da gestão dos recursos naturais.

Os resultados dos estudos da ICUS podem ser usados para planejar a melhor forma de reduzir os impactos do aumento das temperaturas urbanas, sendo assim, identificar quais os bairros estão com os picos mais altos de ICUS ajuda a traçar estratégias para mitigar esse efeito e melhorar a qualidade de vida dos habitantes dessa região. Essas estratégias muitas vezes imitam o ambiente natural e podem incluir telhados verdes, parques e pavimentos porosos que funcionam reduzindo o escoamento, aumentando a evapotranspiração (ET) ou diminuindo a absorção de radiação solar.

O foco principal deste estudo é a ICUS enquanto a ICU também será apresentada como informação suplementar.

Esta pesquisa tem como objetivo geral a análise do espaço-temporal das ilhas de calor urbana de superfície na cidade de Cuiabá-MT.

Para atingir tal objetivo foram definidos alguns objetivos específicos tais como: determinar a temperatura da superfície e NDVI a partir de imagens Landsat-5 dos meses de janeiro e agosto nos anos de 1990 e 2009; criar um esquema de classificação do uso e ocupação do solo; gerar mapas de temperatura da superfície, NDVI e do uso e ocupação do solo na área de estudo, em diferentes épocas; detectar as mudanças que ocorreram; mapear e caracterizar a intensidade da ICUS de acordo com as características urbanas na cidade de Cuiabá.

Diante do exposto, esta pesquisa buscou contribuir com estudos futuros relacionados ao clima urbano, ressaltando a importância de inclusão de medidas de mitigação na reestruturação das cidades com o intuito de torná-las mais sustentáveis e confortáveis.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ILHAS DE CALOR URBANA

O termo ilha de calor urbana (ICU) descreve o fenômeno climático que ocorre principalmente em áreas urbanas e suburbanas, nas quais o ar e a temperatura superficial costumam ser mais quentes do que nas regiões rurais próximas (EMMANUEL & KRÜGER, 2012). Os primeiros registros a respeito do clima urbano foram feitos por Luke Howard em 1818, que publicou um estudo sobre o clima de Londres e apontou um “excesso de calor artificial” nas cidades, mas foi apenas em 1960 que Gordon Manley definiu esse fenômeno como ilha de calor urbano (MONTEIRO, 1976).

Ao longo das últimas décadas, as ilhas de calor foram observadas e estudadas em diversas cidades como: Atenas, Grécia (LIVADA et al., 2002), Paris (DETWILLER 1970), Cingapura e Kuala Lumpur (TSO 1996), Tóquio (FUKUI, 1970) e Washington, DC (KIM, 1992).

Durante o dia, o calor solar é armazenado em estruturas de construção e pavimentação. Os materiais de construção urbana têm frequentemente alta capacidade de calor e boa condutividade térmica, permitindo que a energia radiativa seja armazenada em uma camada espessa em estruturas urbanas. O calor armazenado é liberado sob a forma de radiação de comprimento de onda longa (calor sensível) durante a noite, resultando em um resfriamento lento das áreas urbanas no período noturno (GARTLAND, 2011). Portanto, a ICU é muitas vezes mais forte à noite.

Existem muitos fatores que influenciam a diferença de temperatura entre as áreas urbana e rural, também chamado de intensidade ICU (IICU). A maioria dos estudos da ICU concorda que a ilha de calor experimentada por muitas cidades é mais forte durante as horas noturnas e menos pronunciada durante o dia. Jauregui (1997) relatou que 75% das observações totais para IICU positivo (ou seja, temperaturas mais elevadas em áreas urbanas) foram registradas durante a noite, enquanto que apenas 25% eram evidentes nas horas diurnas.

Montávez et al. (2000) também mostraram que os valores de IICU mais elevados são observados durante a noite, enquanto Kim & Baik (2002) relataram que os valores noturnos de IICU eram cerca de 3,3 vezes maiores do que durante o dia.

Arnfield (2003) relata a influência de vários fatores na IICU da seguinte maneira: IICU diminui com o aumento da velocidade do vento; IICU diminui com o aumento da cobertura de nuvens; IICU é mais forte durante o verão ou a parte quente do ano; IICU tende a aumentar com o aumento do tamanho e da população da cidade; E IICU é maior durante as horas noturnas do que durante o dia.

Pesquisas mostraram que o IICU está correlacionado negativamente com a velocidade do vento e a cobertura de nuvens (KIM & BAIK, 2005; OKE, 1982). Por outro lado, vários estudos relataram que o efeito ICU está positivamente correlacionado com a população da cidade (TRAN et al., 2006, KIM & BAIK, 2004) ou a densidade populacional (STEENEVELD et al., 2011)

Até recentemente, estudos de efeitos urbanos sobre meteorologia e clima foram realizados para locais isolados e com medidas in situ. Com o advento dos satélites de monitoramento terrestre de alta resolução, tornou-se possível estudar esses efeitos de forma remota e em escalas continentais ou globais.

A Figura 1 mostra o perfil da ilha de calor. Em geral, a temperatura subiu fortemente perto dos arredores da cidade, distritos suburbanos, residenciais e comerciais. As temperaturas máximas são normalmente encontradas nos distritos centrais ou outro local de alta densidade urbana. A ilha de calor é mitigada um pouco nas áreas de vegetação e baixa densidade urbana, como campos de golfe, parques e áreas de jogos.

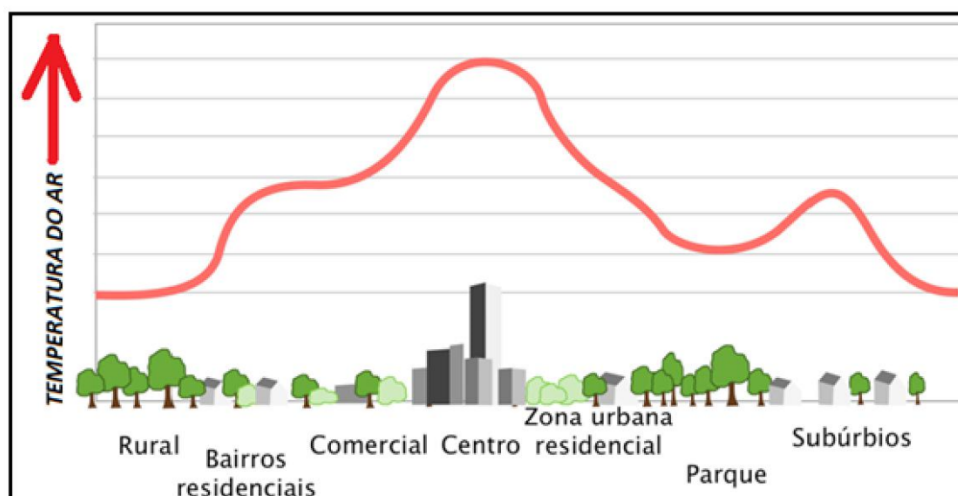


Figura 1 - Perfil clássico da ilha de calor de grandes centros urbanos.

Fonte: Neto & Amorim, 2017

Embora a área urbana seja tipicamente mais quente do que o seu entorno, ocasionalmente o padrão é revertido e o centro da cidade fica mais frio do que os arredores (KLYSIK & FORTUNIAK, 1999). Neste caso, é usado o termo ilha de frescor urbana (STEINECKE, 1999; LI et al., 2011).

Os estudos das ilhas de calor urbano geralmente são conduzidos de duas maneiras: medir a ICU na temperatura do ar através do uso de transectos móveis e estações meteorológicas e medir a ICU na temperatura da superfície através do uso de detecção remota no ar ou por satélite. A diferença fundamental entre estes dois métodos é que eles medem duas quantidades diferentes, embora relacionadas.

Existem vantagens e desvantagens específicas para cada tipo de medida. Os dados in situ têm a vantagem de uma alta resolução temporal e um registro de dados longo, mas geralmente têm uma resolução espacial fraca.

Por outro lado, os dados de detecção remota têm maior distribuição espacial, mas baixa resolução temporal e um registro de dados mais curto.

2.1.1 Tipos de Ilhas de Calor Urbana

Fialho & Azevedo (2009) descreve em seu estudo que existem diferenças entre as ilhas de calor em relação às diversas técnicas de monitoramento que levam a

medidas de temperatura do ar ou da superfície, e que permitem observar fenômenos diferentes

Sendo assim, Fialho & Azevedo (2009) descreve três tipos de diferenças:

- Ilha de calor atmosférica, que leva em consideração diferença entre os tipos de uso e cobertura da terra, além da topografia e localização da área. Ela é mais evidente no período noturno, e normalmente, as medidas padrão da temperatura são tomadas em dois ou mais locais estacionários, ou em vários locais em uma cidade por transecto móvel (STEWART & OKE 2012).
- Ilha de calor vertical, que é um modelo proposto por Oke (1981), dividida em camada de cobertura urbana (UCL- Urban Canopy Layer) e camada limite urbano (UBL- Urban Boundary Layer). A camada de cobertura urbana é a camada logo acima da superfície que se estende até aproximadamente o nível médio das coberturas das edificações. É detectado em microescala. Já a camada limite urbano é a camada acima da altura média dos edifícios até a área de influência da cidade na atmosfera, verificada em mesoescala, dependente das características da rugosidade urbana, velocidade dos ventos, poluição. Geralmente é medida por torres meteorológicas, sensoriamento remoto ou aeronave.
- Ilha de calor urbana de superfície que é a estimativa da temperatura aparente de superfície e que tem como principal ferramenta o uso dos recursos do sensoriamento remoto.

2.1.2 Diferença entre ICU e ICUS

Os mecanismos que contribuem para a formação das ICU e ICUS são diferentes (PENG et al., 2012). Em geral, a principal causa de ICU é a diferença na taxa de resfriamento radiativo entre as áreas urbanas e rurais durante a noite, enquanto a ICUS é impulsionada principalmente pela diferença no aquecimento radiativo da superfície durante o dia, dentro e fora da área urbana. Sendo assim, as variações de ICU e ICUS na distribuição espacial e no padrão temporal podem ser diferentes (TRAN et al., 2006).

Além disso, de acordo com o relatório da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA, 2008), a TS tem influência indireta, mas significativa, na TA, particularmente entre a camada mais próxima da superfície terrestre e o dossel.

Portanto, a comparação de TS e TA pode fornecer alguma pista para a relação entre ICUS e ICU. No entanto, a relação entre a TS e TA não é óbvia e constante. TS geralmente varia sensivelmente dependendo dos materiais de superfície, mas TA não muda na mesma periodicidade (EPA, 2008). Independentemente da alteridade entre TS e TA (NICHOL, 1994), o estudo da ICUS utilizando a TS ainda é importante porque não só ajuda a determinar os comportamentos térmicos nas áreas urbanas, como também ajuda a caracterizar e quantificar a ICU (WENG, 2009).

2.2 SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO AO ESTUDO DE ICUS

Nos últimos anos, o campo de sensoriamento remoto desempenhou bem os estudos de áreas urbanas e ilhas de calor urbano. Há duas décadas, Welch (1980) estava usando os dados do Landsat e Defense Meteorological Satellite Program (DMSP) para estudar a relação entre população, área urbana e utilização de energia na China. Desde então, a percepção remota tornou-se vital no campo dos estudos urbanos, incluindo o estudo do clima urbano e da ilha de calor urbano.

A avaliação de ICUS usando dados de sensoriamento remoto é primeiramente proposta por Rao em 1972, onde descreveu a distribuição espacial da ICU. Os dados de sensoriamento remoto por infravermelho termal foram amplamente aplicados em estudos de ambiente e dinâmica térmica urbana (WENG, 2009). Roth et al. (1989) e Gallo & Tarpley (1996) usaram dados do Advanced very-high-resolution radiometer (AVHRR) para comparar o efeito da ilha de calor urbano com o índice de vegetação para cidades ao longo da costa oeste da América do Norte, Lee (1993) também usou dados do AVHRR para estudar a ilha de calor urbano das cidades da Coreia do Sul, enquanto Kim (1992) usou dados do Landsat de resolução superior para estudar a ilha de calor urbano de Washington, DC. A cobertura de vegetação fracionada e a disponibilidade de umidade superficial foram utilizadas por Owen et al. (1998) para estudar o impacto da urbanização sobre o clima ao redor de State College, Pensilvânia.

As ICUS são comumente estudadas usando sensores remotos térmicos montados em aeronaves ou satélites. A detecção remota é particularmente aplicável à observação de ICUS porque os padrões espaciais da ICUS podem ser facilmente observados a partir do espaço (US EPA, 2009). Os satélites afixados com um sensor remoto térmico fornecem várias resoluções espaciais e temporais para o estudo da ICUS.

Os satélites são tecnicamente restritos a uma resolução temporal elevada ou a uma resolução espacial, mas não a ambas. Por exemplo, um satélite com um sensor de alta resolução terá uma faixa espectral pequena e terá uma taxa de aprovação menos frequente, resultando em imagens de alta resolução coletadas menos frequentemente. Por outro lado, um sensor de baixa resolução tem uma faixa grande e terá passes mais frequentes, sendo que em alguns casos, várias vezes por dia, resultando em imagens de menor resolução coletadas com mais frequência. Os satélites comumente usados com imagens térmicas de alta resolução incluem Landsat-5 TM e 7 ETM+ e o satélite Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) que fornece TST com uma alta resolução espacial de 120m e um ciclo de passagem de 16 dias relativamente frequente. Os satélites com bandas térmicas de menor resolução de 1 km incluem Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) e Advanced very-high-resolution radiometer (AVHRR) que são escolhidos por sua alta resolução temporal fornecendo imagens de temperatura de superfície terrestre (TST) duas vezes por dia (STATHOPOULOU & CARTALIS, 2009).

LandSat tem sido um dos mais usados para estudos urbanos sobre TST (FU & WENG, 2016), incluindo também a vegetação e o uso e ocupação do solo (BOKAIE et al., 2016).

2.3 USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Mudanças no uso e ocupação do solo se tornaram um componente central nas estratégias atuais para o gerenciamento de recursos naturais e monitoramento de mudanças ambientais. O avanço no conceito de mapeamento do solo gerou um aumento na pesquisa em relação a este assunto, proporcionando assim, uma

avaliação precisa das florestas, pastagens e recursos agrícolas que se tornaram prioridade mundial (KARSID, 2004).

A evapotranspiração (ET) é o processo pelo qual a água da superfície terrestre é liberada para a atmosfera no estado de vapor pela transpiração das plantas e por evaporação do solo. Este é um processo de resfriamento devido à absorção do calor latente de vaporização que ocorre durante a ET (DOBLER et al., 2011). As áreas urbanas geralmente substituem os solos permeáveis e úmidos por superfícies impermeáveis, como asfalto e concreto (WONG et al. 2013). Essas superfícies impermeáveis criam um escoamento de precipitação em vez de permitir que a precipitação se infiltre e contribua para a umidade do solo (DOYLE & HAWKINS 2008). Com essa diminuição na umidade, menos evaporação é capaz de ocorrer e, conseqüentemente, menos resfriamento (WONG et al. 2013). Normalmente, a vegetação cobre apenas uma pequena fração da superfície nas áreas urbanas, diminuindo assim a transpiração (OKE, 1982). A presença de superfícies de água nas cidades também desempenha um papel importante, geralmente reduzindo a temperatura do ar (CHANG et al., 2007).

A cobertura da superfície terrestre pode ser alterada por outras causas que não sejam antropogênicas. Fenômenos naturais como clima, inundações, incêndios, flutuações climáticas e dinâmicas dos ecossistemas também podem iniciar modificações sobre a cobertura do solo. Globalmente, o uso e ocupação do solo hoje é alterado principalmente por uso humano direto: agricultura, pecuária, colheita, manejo florestal, construção e desenvolvimento urbano e suburbano (WANG, 2016). Há impactos circunstanciais na cobertura terrestre de outras atividades humanas, como floresta e lagos prejudicados pela chuva ácida, ocasionada principalmente pela combustão de combustíveis fósseis e as culturas das cidades afetadas pelo ozônio troposférico, resultantes das perdas evaporativas por exaustão veicular (MEYER, 1995).

Métodos convencionais de mapeamento do uso e ocupação do solo são trabalhosos, demandam tempo e são feitos com pouca frequência. Estes mapas logo ficam desatualizados com o passar do tempo, principalmente, em ambientes que estão em constantes transformações (WANG, 2016). Na verdade, de acordo com Olorunfemi (1987), monitoramento de mudanças e análise de séries temporais são

bastante difíceis com o método tradicional de pesquisa. Nos últimos anos, foram desenvolvidas técnicas de sensoriamento remoto por satélite, que provaram ser de imenso valor para a elaboração de mapas precisos da cobertura do solo com monitoramento em intervalos regulares de tempo. Em caso de região inacessível, esta técnica é talvez o único método para obter os dados necessários em termos de custo e tempo efetivos (WANG, 2016).

Vários estudos foram realizados sobre o uso e ocupação do solo (BICIK et al., 2014; RIMAL (2011); RAWAT et al. (2014); SINGH et al. (2014); RAWAT & KUMAR, 2015), alguns desses estudos se concentram em entender o processo de mudança do uso e cobertura do solo, bem como desenvolver modelos preditivos de mudança em nível global.

Em alguns casos, a alteração da cobertura do solo pode resultar em impactos ambientais, sociais e econômicos gerando mais danos do que benefícios para a área (MOSHEN, 1999). Portanto, os dados sobre mudanças no uso do solo são de grande importância para os planejadores, pois os mesmos podem analisar as consequências da mudança de uso e ocupação do solo na área. Esses dados são de valor para a gestão de recursos e agências que planejam e avaliam os padrões de uso do solo e na modelagem e previsão de mudanças futuras (KARSID, 2004).

2.4 TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE

A temperatura da superfície terrestre (TST) é de grande importância para o estudo da climatologia urbana. Ela condiciona a temperatura do ar da camada mais baixa da atmosfera urbana e é central para o balanço de energia da superfície (VOOGT e OKE, 2003).

Atualmente, o sensoriamento remoto por satélite pode fornecer uma resolução espacial suficiente de TST (apesar de uma limitação na resolução temporal) e ajudar a compreensão dos fluxos de energia nas áreas urbanas.

As áreas urbanas e industriais produzem uma influência maior no aquecimento, enquanto as áreas de vegetação, como terras agrícolas e florestas, produzem um efeito de resfriamento (ROTH et al., 1989). Especificamente, as

superfícies pavimentadas como o asfalto e concreto aquecem mais e contribuem com a magnitude da ICU.

A maior influência da ICU resulta da infra-estrutura física de ambientes urbanos que substituem vegetação e solo nu por concreto, asfalto e edificações que alteram o albedo e a troca de energia da paisagem criando um efeito de aquecimento (VOOGT & OKE, 2003). O pavimento de concreto e o asfalto preto armazenam a maior quantidade de calor durante o dia e liberam calor na atmosfera à noite, contribuindo para a ICU noturna.

2.5 ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA (NDVI)

A vegetação é de interesse particular, pois apresenta um recurso versátil para administrar e moderar com eficácia uma variedade de problemas associados à urbanização (LIA et al., 2017).

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) baseia-se na absorção diferencial de bandas espectrais no vermelho (banda 3) e infravermelho próximo (banda 4), sendo assim, está ligado à área foliar da vegetação e ao teor de clorofila e se correlaciona com o vigor da vegetação verde, porcentagem de cobertura do solo, atividade fotossintética e produtividade. O NDVI é amplamente utilizado em estudos de larga escala para determinar a vegetação dinâmica e as respostas da vegetação ao clima (LUO et al., 2016).

O NDVI tem seu valor variando de -1 a +1, que é correspondente a presença de água (lagos, rios...) e sombra quando o valor é inferior a zero, indo até uma vegetação mais densa quando o valor é próximo a +1 (LIU & MING, 2000).

3 ÁREA DE ESTUDO

Este estudo foi desenvolvido no município de Cuiabá, capital do estado de Mato Grosso.

3.1 HISTÓRICO DO MUNICÍPIO

O estado de Mato Grosso foi território espanhol durante o período de colonização do Brasil, sendo reconhecido como brasileiro pelo Tratado de Madri de 1751. Em 1718, o bandeirante Pascoal Moreira Cabral Leme subiu pelo rio Coxipó e descobriu enormes jazidas de ouro, fato que ajudou a povoar a região. Em 8 de abril de 1719, Pascoal assinou a Ata de Fundação de Arraial de Cuiabá, enviando Antônio Nunes Maciel a São Paulo para notificar o fato ao governador da capitania, o que ocasionou intensa migração para a região (CUIABÁ, 2012).

Em outubro de 1722, Miguel Sutil, sorocabano, dono de roças nas bordas do rio Cuiabá, pediu que dois índios fossem buscar mel. Quando voltaram traziam além de mel, ouro. O local que fica no córrego da Prainha recebeu o nome de Lavras do Sutil. As jazidas situavam-se nas proximidades do morro onde, hoje, encontra-se a Igreja do Rosário, área central da Capital. Em 1723, foi construída a Igreja Matriz em homenagem ao Senhor Bom Jesus de Cuiabá, no local da atual Basílica do Senhor Bom Jesus de Cuiabá. Nas proximidades das minas, os negros ergueram uma pequena capela dedicada a São Benedito. Em 1726, o Arraial de Cuiabá recebeu novo nome: Vila Real do Senhor Bom Jesus de Cuiabá. Em 1748, foi criada a capitania de Cuiabá (CUIABÁ, 2012).

Cuiabá foi elevada à condição de cidade em 17 de setembro de 1818, através de carta régia assinada por D. João VI, tornando-se a capital da então província de Mato Grosso em 28 de agosto de 1835 (antes a capital era Vila Bela da Santíssima Trindade) com a Lei nº 19, assinada por Antônio Pedro de Alencastro, à época, com cerca de 7 mil habitantes (FERREIRA, 2012).

Cuiabá experimentou um marasmo socioeconômico até o início da década de 60, ocorrendo aí grande alteração no seu percurso evolutivo, quando passou à

condição de polo de apoio à ocupação da Amazônia meridional brasileira, sendo chamada de “Portal 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, com isso a população aumentou consideravelmente, ocorrendo a conurbação com o município vizinho de Várzea Grande (FRANCO, 2013).

Uma nova unidade federativa do Brasil foi criada pela Lei Complementar nº31, de 11 de outubro de 1977, o Estado do Mato Grosso do Sul, como parte desmembrada do Estado de Mato Grosso (CUIABÁ, 2012).

A densidade demográfica urbana de Cuiabá passou de 0,17hab/km² em 1980 a 1,56hab/km² em 2009. Neste período, Cuiabá passou por um processo de explosão populacional, sofrendo uma série de mudanças na estrutura da paisagem e no uso e ocupação do solo urbano, reduzindo a vegetação e revestindo os solos com materiais impermeáveis. Em algumas áreas, inclusive o centro da cidade, houve uma concentração do crescimento vertical das edificações, que contribuiu para a alteração do fluxo natural dos ventos. O aumento populacional de Cuiabá foi de aproximadamente 952% entre os anos de 1960 e 2010, a população urbana que era de 57.860 habitantes em 1960 chegou a 551.310 habitantes em 2010 (SANTOS, 2012).

3.2 ASPECTOS FÍSICOS DO MUNICÍPIO

A área de estudo é o município de Cuiabá, capital do estado de Mato Grosso, que está situada entre as coordenadas geográficas 15°10' e 15°50' de latitude sul e 50°50' e 50°10' de longitude oeste, com altitude média que varia entre 146 a 250 metros acima do nível do mar, compreendendo uma macrozona urbana, também denominada de área urbana, de aproximadamente 254km² e uma área rural com 3.283,60 Km², totalizando uma área de 3.538,17Km². Além do distrito-sede de Cuiabá, integram o município os distritos Coxipó da Ponte, Coxipó do Ouro e Guia (CUIABÁ, 2010) (Figura 2).

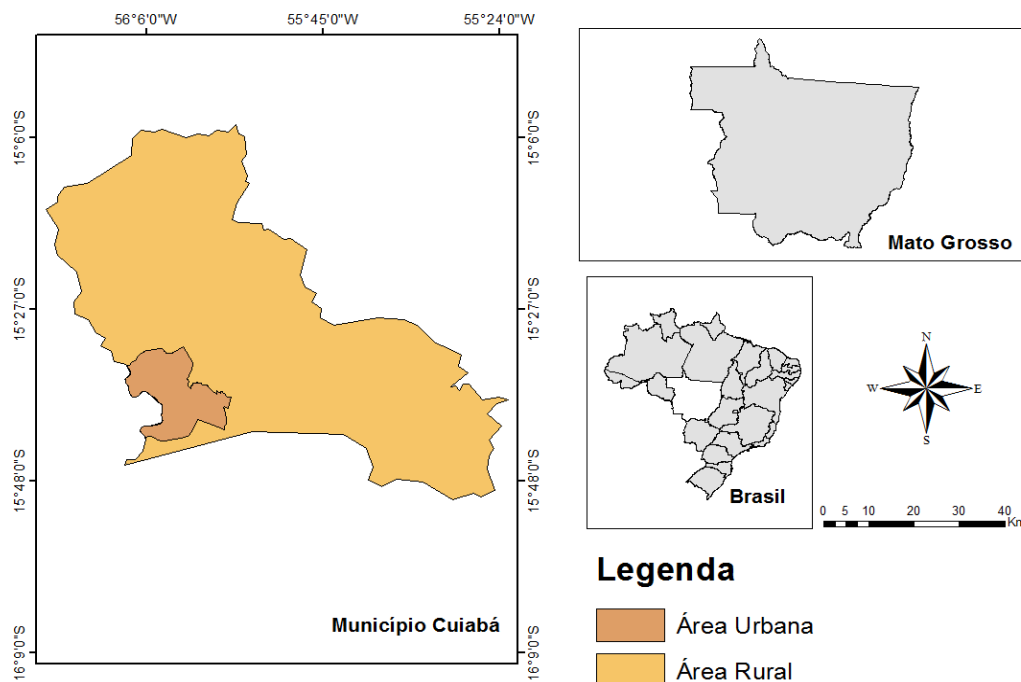


Figura 2 - Localização espacial do município de Cuiabá-MT

Fonte: Próprio Autor

O clima da região é do tipo AW, segundo a classificação de Köppen, típico do regime tropical de savana, com duas estações bem definidas, uma seca ou de estiagem, denominada período quente-seco, que se prolonga de quatro a cinco meses (normalmente de maio a setembro) e uma chuvosa, denominada quente-úmido, com duração de seis a sete meses (geralmente de outubro a abril) (BARROS & DE MUSIS, 2013).

As temperaturas médias anuais oscilam entre 25 °C e 26 °C, enquanto as máximas, frequentemente, ultrapassam 35 °C durante quase o ano todo (MAITELLI, 2005). A precipitação média anual é de 1335mm, sendo que o mês de janeiro apresenta o maior índice pluviométrico, com valores superiores a 200mm e o mês de agosto o menor índice, com valores inferiores a 10mm (CHIARANDA et al., 2012).

Entre 2000 e 2010, a população de Cuiabá teve uma taxa média de crescimento anual de 1,32%. Na década anterior, de 1990 a 2000, a taxa média de crescimento anual foi de 2,05%. No Estado, estas taxas foram de 1,02% entre 2000 e 2010 e 1,02% entre 1990 e 2000. No país, foram de 1,01% entre 2000 e 2010 e

1,02% entre 1990 e 2000. Nas últimas duas décadas, a taxa de urbanização cresceu - 0,09% (ATLAS, 2013)

Tabela 1 - População Total, Urbana e Rural de Cuiabá – MT

População	População (1991)	% do Total (1991)	População (2000)	% do Total (2000)	População (2010)	% do Total (2010)
População Total	402.813	100	483.346	100	551.098	100
Urbana	395.362	98,22	476.532	98,59	540.814	98,13
Rural	7.151	1,78	6.814	1,41	10.284	1,87

Fonte: ATLAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO NO BRASIL (2013)

A área urbana de Cuiabá é dividida em quatro regiões administrativas, região norte, sul, leste e oeste (Figura 3).

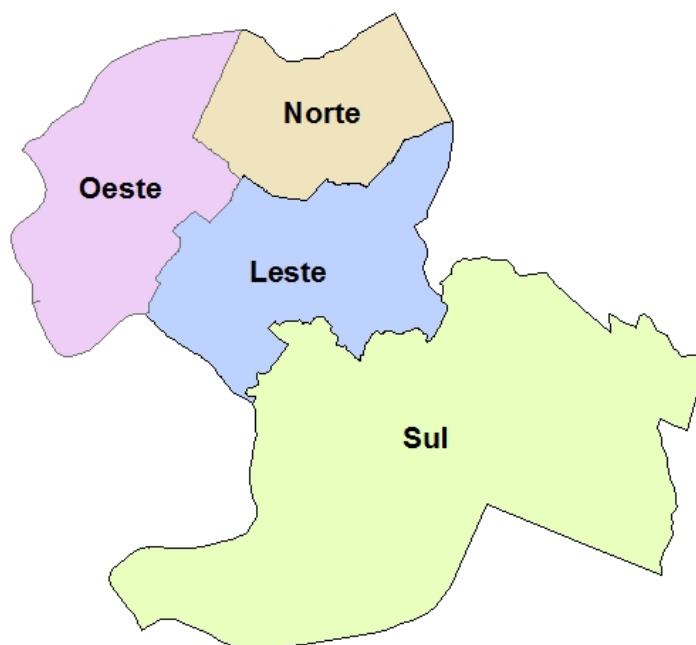


Figura 3 - Regiões Administrativas de Cuiabá

Fonte: Adaptado de Cuiabá (2012)

A região leste com uma extensão territorial de 4.553,73ha é a região com maior número de habitantes no município, com 155.495 habitantes. A região sul com maior área territorial (12.863,20ha) é a segunda com maior número de habitantes, com 145.369. A região norte é a que possui maior densidade populacional com 39,39hab/ha (Tabela 2).

Tabela 2 - Regiões Administrativas do município de Cuiabá e suas respectivas áreas (ha), população e densidade populacional (hab/ha) no ano de 2010

Regiões Administrativas			
Regiões	Área (ha)	População	Dens. Pop.(hab/ha)
Norte	3.070,00	120.924	39,39
Sul	12.863,20	145.369	11,30
Leste	4.553,73	155.495	34,15
Oeste	4.970,07	117.432	23.63

Fonte: Adaptado de Cuiabá (2012)

Em Cuiabá, o bairro é a subdivisão da região administrativa. Os bairros foram criados e delimitados pelas leis municipais 1.315 de 1973, 2.529 de 1988, 3.709 de 1997 e 3.723 de 1997. Cuiabá possui 115 bairros, que se distribuem nas quatro regiões administrativas.

A região norte tem dez bairros e duas áreas de expansão urbana, onde se situam 63 localidades (Figura 4).

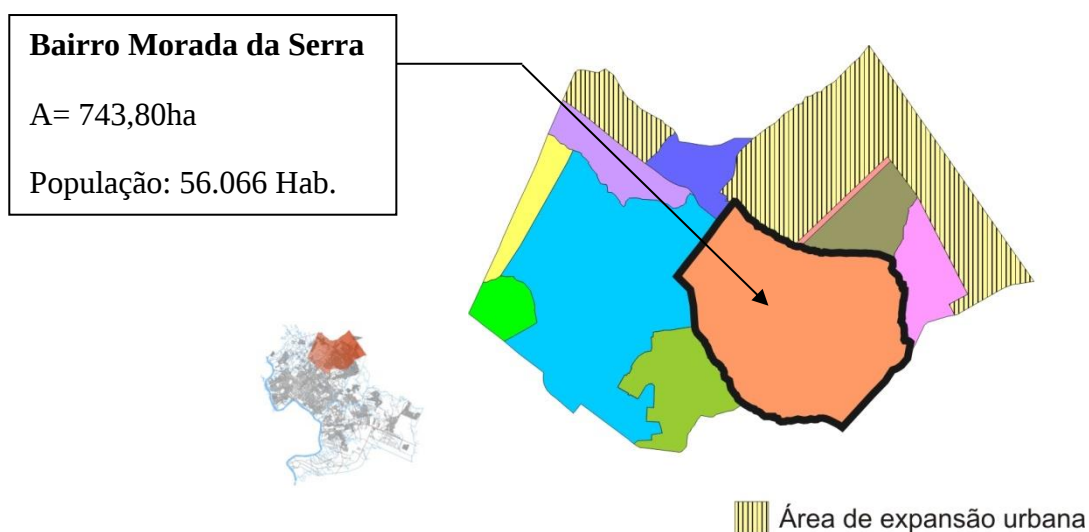


Figura 4 - Região norte e seus abairramentos
Fonte: Santos (2012); Adaptado de Cuiabá (2009)

Entre os bairros, o Morada da Serra se destaca por possuir maior área territorial e a maior população com 56.066 habitantes e densidade populacional de 75,38hab/ha (Tabela 3), apresentando-se na atualidade, como uma nova centralidade em relação à cidade. O bairro Nova Conquista possui o menor número de habitantes com 855 habitantes e o bairro Paiaguás a menor área territorial com 66,60ha. O bairro Centro Político Administrativo possui uma área extensa, com 731,67ha, mas sua densidade populacional é baixa com 7,43hab/ha (CUIABÁ, 2012).

Tabela 3 - Bairros de Cuiabá da região norte e suas respectivas áreas (ha), população e densidade populacional no ano de 2010

Região Norte			
Bairros	Área (ha)	População	Dens.Pop. (hab/ha)
Centro Político Administrativo	731,67	5.434	7,43
Jardim Florianópolis	71,54	4.834	67,57
Jardim Vitória	118,00	8.966	75,98
Morada da Serra	743,80	56.066	75,38
Morada do Ouro	231,00	5.824	25,21
Nova Conquista	15,00	855	57,00
Paiaguás	66,60	4.743	71,22

Paraíso	97,73	5.655	57,86
Primeiro de Março	134,00	7.457	55,65
Três barras	127,29	9.926	77,98

Fonte: Adaptado de Cuiabá (2012)

A região sul reúne 34 bairros, um Distrito Industrial e quatro áreas de expansão urbana, onde se situam cem localidades (Figura 5). Nesta pesquisa o Distrito Industrial foi integrado como bairro.

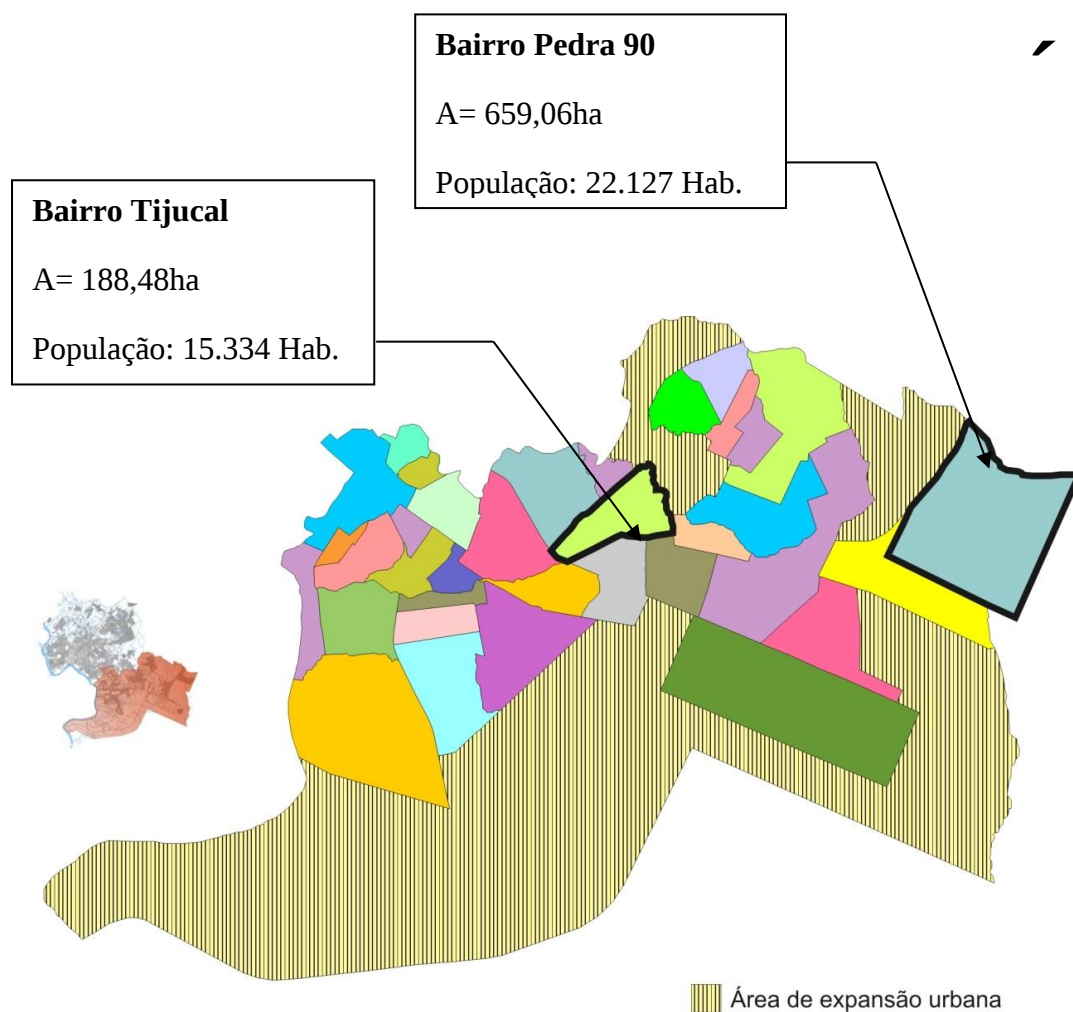


Figura 5 - Região sul e seus abairramentos

Fonte: Santos (2012); Adaptado de Cuiabá (2009)

O bairro Pedra 90 com a segunda maior extensão territorial, com 659,06ha tem o maior número de população, com 22.127 habitantes e o São Gonçalo Beira Rio

com área de 106,58ha e Distrito Industrial com 710,00ha os menores números com 223 e 218 habitantes, respectivamente. São Gonçalo Beira Rio e Distrito Industrial também possuem a menor densidade populacional, com 2,04hab/ha e 0,31hab/ha, respectivamente. O bairro Cohab São Gonçalo possui maior densidade populacional com 112,67hab/ha (Tabela 4).

Tabela 4 - Bairros de Cuiabá da região sul e suas respectivas áreas (ha), população e densidade populacional no ano de 2010

Região Sul			
Bairros	Área (ha)	População	Dens.Pop. (hab/ha)
Altos do Coxipó	234,59	1.955	8,33
Cohab São Gonçalo	43,00	4.845	112,67
Coophema	32,95	1.377	41,79
Coxipó	221,40	2.596	11,73
Distrito Industrial	710,00	218	0,31
Jardim Comodoro	48,34	968	20,02
Jardim das Palmeiras	40,50	1.191	29,41
Jardim dos Ipês	45,33	2.156	47,56
Jardim Fortaleza	65,22	4.012	61,51
Jardim Gramado	120,64	2.495	20,68
Jardim Industriário	239,56	10.007	41,77
Jardim Mossoró	91,38	2.230	24,40
Jardim Passaredo	144,00	3.434	23,85
Jardim Presidente	128,44	3.198	24,90
Jordão	53,82	1.372	25,49
Lagoa Azul	72,22	665	9,21
Nossa Senhora Aparecida	98,00	3.020	30,82
Nova Esperança	265,30	3.834	14,45
Osmar Cabral	96,83	4.530	46,78
Parque Atalaia	558,88	4.934	8,83
Parque Cuiabá	256,17	9.847	38,44
Parque Geórgia	183,96	2.840	15,44
Parque Ohara	115,26	1.200	10,41
Pascoal Ramos	431,62	3.165	7,33
Pedra 90	659,06	22.127	33,57
Residencial Coxipó	286,64	8.307	28,98
Santa Laura	60,12	2.924	48,64
São Francisco	162,26	2.393	14,75
São Gonçalo Beira Rio	106,58	223	2,09

São João Del Rey	108,19	7.052	65,18
São José	215,14	1.208	5,61
São Sebastião	200,00	1.005	5,03
Tijucal	188,48	15.334	81,36
Vista Alegre	38,12	776	20,36

Fonte: Adaptado de Cuiabá (2012)

A região leste possui 49 bairros e uma área de expansão urbana, onde se situam 111 localidades (Figura 6).

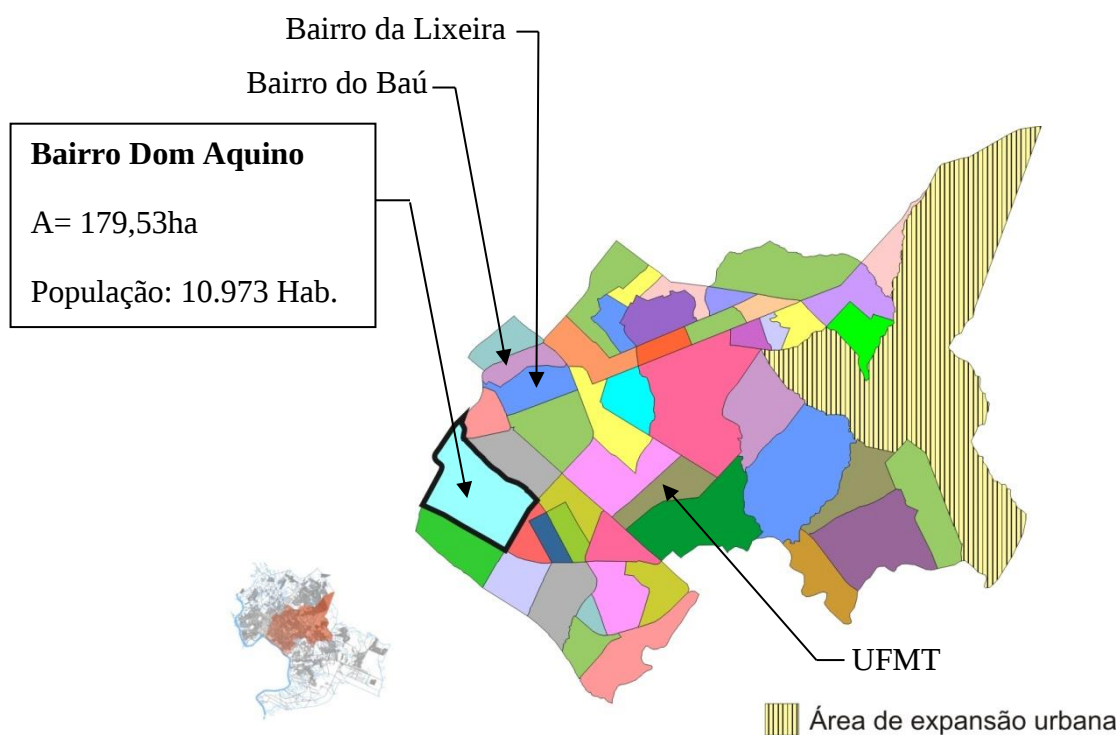


Figura 6 - Região leste e seus abairramentos

Fonte: Santos (2012); Adaptado de Cuiabá (2009)

No bairro Dom Aquino encontra-se a maior população da região com 10.973 habitantes e densidade populacional de 61,12hab/ha. O bairro Cachoeira das Garças concentra a menor população, com 39 habitantes e menor densidade populacional, com 0,51hab/ha. O bairro com menor área territorial e maior densidade populacional é o Jardim Eldorado com 13,45ha e 177,84hab/ha, respectivamente. O bairro Jardim

Itália possui a maior área territorial com 260,00ha e densidade populacional de 22,37hab/ha (Tabela 5).

Tabela 5 - Bairros de Cuiabá da região leste e suas respectivas áreas (ha), população e densidade populacional no ano de 2010

Região Leste			
Bairros	Área (ha)	População	Dens. Pop. (hab/ha)
Bela Marina	110,66	617	5,58
Bela Vista	29,00	3.276	112,97
Boa Esperança	176,41	5.751	32,60
Bosque da Saúde	66,35	4.433	66,81
Cachoeira das Garças	76,05	39	0,51
Campo Velho	27,00	2.589	95,89
Campo Verde	27,13	1.845	68,01
Canjica	34,00	2.358	69,35
Carumbé	30,13	2.144	71,16
Da Lixeira	66,41	4.420	66,56
Do Areão	104,75	5.533	52,82
Do Baú	43,49	2.099	48,26
Do Poção	82,62	4.442	53,76
Do Terceiro	86,20	2.143	24,86
Dom Aquino	179,53	10.973	61,12
Dom Bosco	70,57	2.780	39,39
Dos Bandeirantes	40,15	985	24,53
Grande Terceiro	87,53	4.577	52,29
Jardim Aclimação	71,80	2.169	30,21
Jardim Califórnia	73,05	1.754	24,01
Jardim das Américas	110,70	3.851	34,79
Jardim Eldorado	13,45	2.392	177,84
Jardim Europa	56,54	1.332	23,56
Jardim Imperial	121,80	5.738	47,11
Jardim Itália	260,00	5.815	22,37
Jardim Leblon	71,94	3.656	50,82
Jardim Paulista	39,20	2.143	54,67
Jardim Petrópolis	52,00	1.488	28,62
Jardim Shangri-lá	61,98	1.285	20,73
Jardim Tropical	33,05	1.640	49,62
Jardim Universitário	174,61	2.934	16,80
Morada dos Nobres	120,61	174	1,44
Novo Horizonte	43,46	2.951	67,90

Novo Mato Grosso	121,84	2.416	19,83
Pedregal	61,41	6.279	102,25
Pico do Amor	46,57	1.956	42,00
Planalto	66,90	5.202	77,76
Praeirinho	41,14	1.951	47,42
Praeiro	17,28	1.450	83,91
Recanto dos Pássaros	83,74	2.258	26,96
Residencial Itamarati	53,10	2.103	39,60
Residencial Santa Inês	22,50	2.161	96,04
Residencial São Carlos	23,95	2.561	106,93
Santa cruz	251,64	2.428	9,65
São Roque	15,22	557	36,60
Sol Nascente	27,70	2.106	76,03
Terra Nova	25,89	2.701	104,33
UFMT	87,50	141	1,61

Fonte: Adaptado de Cuiabá (2012)

A região oeste abrange 24 bairros e uma área de expansão urbana, onde se situam 98 localidades (Figura 7).

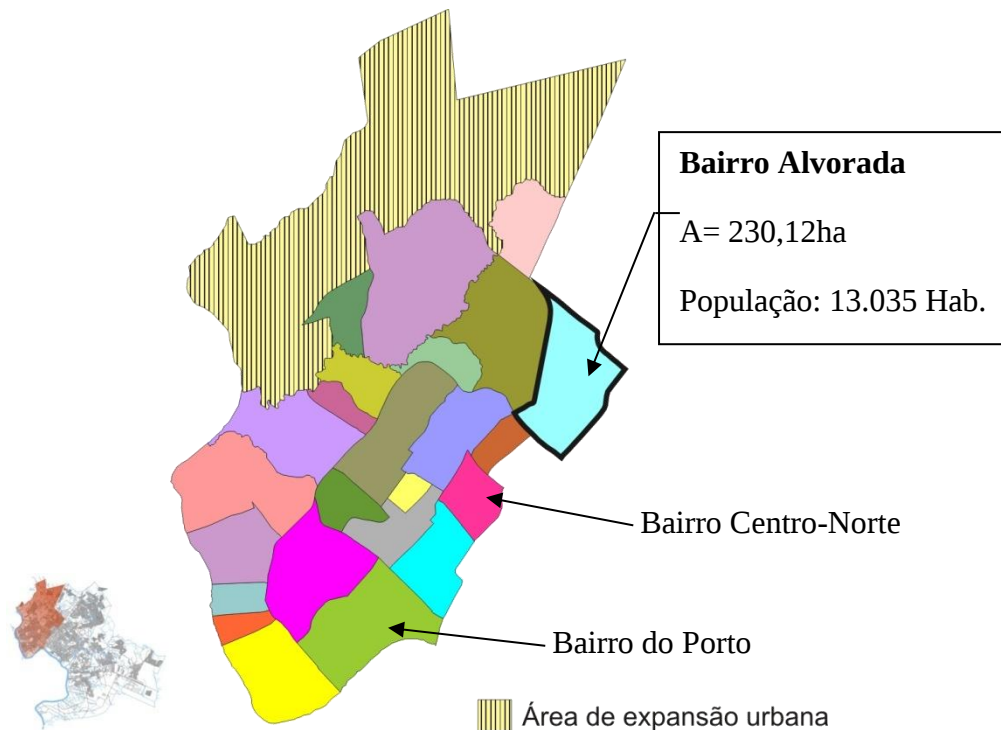


Figura 7 - Região oeste e seus abairramentos

Fonte: Santos (2012); Adaptado de Cuiabá (2009)

O bairro Alvorada concentra a maior população da região com 13.035 habitantes e densidade populacional de 56,64hab/ha. Com 396,87ha, o bairro Ribeirão do Lipa possui a maior área territorial e menor densidade populacional com 5,26hab/ha. O bairro Jardim Ubirajara tem a menor população com 713 habitantes e o bairro Novo Terceiro possui a maior densidade populacional da região com 108,94hab/ha. O bairro com menor área territorial é o Popular com 22,16 ha (Tabela 6).

Tabela 6 - Bairros de Cuiabá da região leste e suas respectivas áreas (ha), população e densidade populacional no ano de 2010

Região Oeste			
Bairros	Área (ha)	População	Dens. Pop. (hab/ha)
Alvorada	230,12	13.035	56,64
Barra do Pari	235,59	6.704	28,46
Centro Norte	81,43	2.510	30,82
Centro Sul	129,24	4.062	31,43
Cidade Alta	218,86	10.244	46,81
Cidade Verde	48,84	2.392	48,98
Coophamil	189,07	5.525	29,22
Da Goiabeira	96,24	5.997	62,31
Despraiado	269,93	7.386	27,36
Do Porto	248,22	9.274	37,36
Do Quilombo	148,12	7.574	51,13
Dos Araés	88,17	5.556	63,01
Duque de Caxias	208,21	5.261	25,27
Jardim Cuiabá	69,45	1.392	20,04
jardim Mariana	82,60	1.672	20,24
Jardim Santa Isabel	139,52	8.213	58,87
Jardim Ubirajara	118,00	713	6,04
Novo Colorado	76,33	3.172	41,56
Novo Terceiro	34,69	3.779	108,94
Popular	22,16	1.597	72,07
Ribeirão da Ponte	37,56	2.126	56,60
Ribeirão do Lipa	396,87	2.087	5,26
Santa Marta	62,82	825	13,13
Santa Rosa	186,67	1.916	10,26

Fonte: Adaptado de Cuiabá (2012)

4 MATERIAL E MÉTODOS

Para atingir o objetivo desta pesquisa, foram necessárias diversas etapas de trabalho, sendo apresentados, nos itens que se seguem:

As etapas foram assim organizadas:

- a) Escolha do local para a realização da pesquisa, das datas e períodos a serem estudados.
- b) Marcação dos pontos com auxílio do Google Earth Pro para aquisição dos dados de temperatura da superfície e NDVI.
- c) Aquisição das Imagens de Satélite através da plataforma ESPA [<http://espa.cr.usgs.gov/>] do serviço geológico americano (USGS).
- d) Processamento das imagens para aquisição das cartas temáticas.
- e) Classificação do Uso e Ocupação do Solo.
- f) Confecção dos mapas e análise dos dados.

4.1 ESCOLHA DO LOCAL DA PESQUISA E MARCAÇÃO DOS PONTOS

Nesse estudo, foi analisado as variações espaciais e temporais da ICUS na área urbana da cidade de Cuiabá. A Intensidade da ilha de calor urbana de superfície (IICUS) é avaliada durante os períodos quente-úmido (janeiro) e quente-seco (agosto) em relação à vegetação e a mudança do uso e ocupação do solo. As análises foram divididas em dois anos, 1990 e 2009. O intervalo dos anos e os períodos diferentes foram escolhidos com o propósito de se comparar os resultados encontrados.

Para aquisição dos dados, 5160 (cinco mil cento e sessenta) pontos foram selecionados na cidade de Cuiabá-MT através de interpretação visual com o auxílio do Google Earth Pro e identificados por bairros, sendo que cada bairro teve em média 40 pontos. Foram definidos locais com características distintas (ruas pavimentadas, sem pavimentação, locais com solo exposto, pouca ou muita vegetação e densidade de construção).

4.2 SELEÇÃO, AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DAS IMAGENS

4.2.1 Seleção e Aquisição das Imagens

Foram selecionadas 4 (quatro) imagens geradas pelo Mapeador Temático – TM do satélite Landsat 5, em dias de céu claro, na órbita 226 ponto 71, correspondentes ao dias: 22/01/90, 02/08/90, 10/01/09 e 06/08/09, adquiridas junto ao site [<http://espa.cr.usgs.gov/>] do serviço geológico americano (USGS).

As imagens TM empregadas cobrem sete bandas espectrais e o sensor TM mede a radiância espectral dos alvos e os armazena na forma de níveis de cinza ou intensidade do pixel ou, ainda, número digital (ND), cujos valores variam de 0 a 255 (8 bits), com uma resolução espacial de 30 m nas bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7, e outra de 120 m, na banda 6 (banda termal que possibilita obter a temperatura da superfície) cujas características estão presentes na Tabela 7.

Tabela 7 - Descrição das bandas do TM do Landsat 5, com os correspondentes intervalos de comprimento de onda (μm), suas principais aplicações, resolução espacial (R.E.) (m x m), coeficientes de calibração (radiância mínima – a e máxima – b) e irradiancias espectrais (I.E.) no topo da atmosfera (T_{OA}) ($\text{Wm}^{-2}\mu\text{m}^{-1}$).

Banda (Região do Espectro)	Faixa espectral (μm)	Principais Aplicações	R. E. (m x m)	Coeficiente de Calibração (Wm ⁻² sr ⁻¹ μm ⁻¹)				I.E. (T _{OA})
				De 01/03/1984 até 04/05/2003		Após 02/04/2007		
				a	b	a	b	
1. (azul)	0,45 - 0,52	Oceanografia; Diferenciação entre solo e vegetação; Diferenciação entre vegetações coníferas e decíduas.	30	-1,52	152,10	-1,52	169,00	1957
2. (verde)	0,52 - 0,60	Refletância de vegetação verde e sadia.	30	-2,84	296,81	-2,84	333,00	1826
3. (vermelho)	0,63 - 0,69	Absorção de clorofila;	30	-1,17	204,30	-1,17	264,00	1554

		Diferenciação de espécies vegetais.						
4. (IV-Infravermelho próximo)	0,76 - 0,90	Levantamento de biomassa; Delineamento de corpos de água.	30	-1,51	206,20	-1,51	221,00	1036
5. (IV-Infravermelho médio)	1,55 - 1,75	Medidas de umidade de vegetação; Diferenciação entre nuvens e neve.	30	-0,37	27,19	-0,37	30,20	215,0
6. (IV-Infravermelho termal)	10,4 - 12,5	Mapeamento de estresse térmico em plantas; Outros mapeamentos térmicos.	120	1,23 78	15, 303	1,2378	15,303	-
7. (IV-Infravermelho distante)	2,08 - 2,35	Mapeamento hidrotermal	30	-0,15	14,38	-0,15	16,50	80,67

Fonte: Chander et al., (2007), Barbosa, (2009).

No diagrama abaixo (Figura 8) estão representadas todas as etapas elaboradas para obtenção das cartas temáticas:

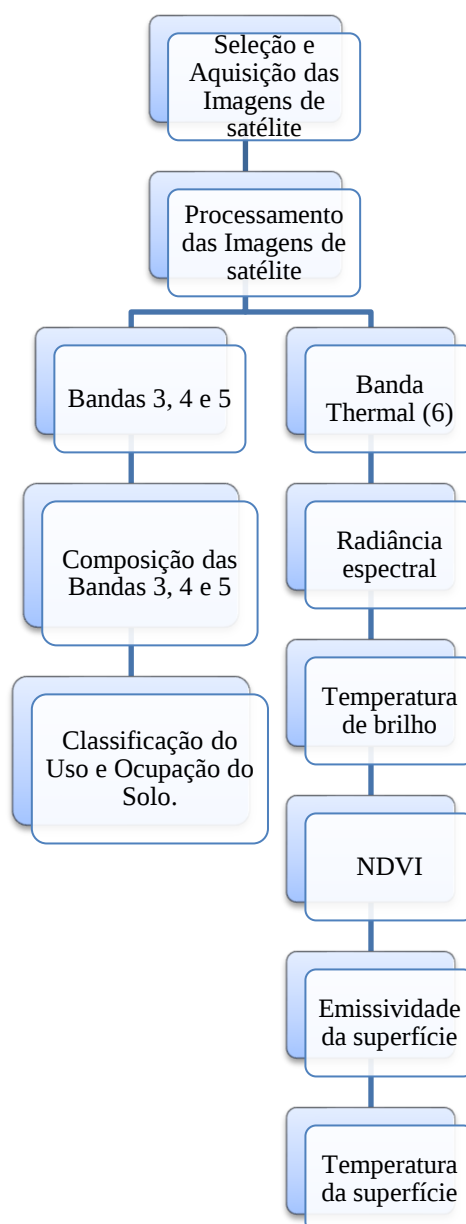


Figura 8 - Fluxograma com as etapas do processamento das imagens

Fonte: Próprio Autor

4.2.2 Processamento das Imagens de Satélite

4.2.2.1 Desenvolvimento dos plugins

O plugin foi desenvolvido usando a linguagem de programação Python. Ele foi escolhido porque é uma linguagem suportada pela API (Application Programming Interface) do Quantum GIS (QGIS), é independente da plataforma e é

suportada por uma variedade de bibliotecas geoespaciais de software livre. Para permitir ainda mais o processamento raster, a Biblioteca de Abstração de Dados Geoespacial (GDAL) e a estrutura PyQt4 foram usadas para criar o plug-in QGIS baseado em gráficos de código-fonte aberto. Ndossi & Avdan, 2016 também utilizaram este método em sua pesquisa.

4.2.2.2 Classificação do Uso e Ocupação do Solo

Para esse estudo foram selecionadas duas imagens de satélite da área urbana de Cuiabá-MT, nas datas de 1990 e 2009.

As duas principais ferramentas usadas para obter informações do uso e ocupação do solo a partir de imagens de satélite são a interpretação visual e o processamento digital de imagens. A interpretação visual usa vários elementos de cena como tamanho, forma, tom, textura e outros para identificar e delinear objetos. Em contraste, a classificação digital da imagem é o processo de atribuição de pixels às respectivas classes. Normalmente cada pixel é tratado como uma unidade individual composta de valores em várias bandas espectrais (LILLISAND et al. 2004).

A área de estudo foi dividida em cinco classes, assim como no trabalho proposto por Silva (2016), identificadas por interpretação visual, com o apoio de informações disponíveis no Google Earth, são elas: Vegetação Densa, que inclui parques urbanos, mata ciliar e de galeria; Arborização, que são formadas por uma composição mista de gramíneas e árvores de pequeno porte, sendo essas tipicamente encontradas em regiões de cerrado e em meio a áreas urbanas; Solo Exposto e/ou Vegetação Rasteira que são as áreas de solo totalmente exposto ou com alguma presença de gramíneas, Corpos d'água, sendo formadas por rios, lagos e armazenamento de água de pequeno porte e Área Construída, sendo composta por características urbanas e estruturas impermeáveis como asfalto e concreto.

A classificação foi feita usando o algoritmo de máxima verossimilhança, que considera a ponderação das distâncias entre as médias dos valores dos pixels das classes, utilizando parâmetros estatísticos. Primeiramente as classes são determinadas através da marcação de polígonos na imagem. A esses polígonos são

associados os nomes e as cores das classes que serão visualizadas na figura após o método. A classificação pressupõe a distribuição dos valores dos *pixels* da imagem, em cada área de treino, sendo descrita como uma função densidade de probabilidade (PATINHA, 2014).

As estatísticas calculadas para cada classe e em cada banda seguem uma distribuição normal, sendo assim, calcula a probabilidade de um dado pixel pertencer a uma classe específica. Se for selecionado um limite de probabilidade e se a maior probabilidade for menor que esse limite, então o *pixel* não é classificado. Por outro lado, se não for definido nenhum limite de probabilidade, então todos os *pixels* serão classificados (VALE et al, 2018).

Com o propósito de interpretar o aspecto visual da imagem e avaliar a melhor composição multiespectral para a fotointerpretação, realizou-se a composição colorida. O resultado foi a associação da banda 3 (três) no verde, da banda 4 (quatro) no vermelho e da banda 5 (cinco) azul.

4.2.2.3 Radiância Espectral

Os dados térmicos em imagens de satélite dos sensores do Landsat são armazenados em números digitais (ND). Os NDs são usados como uma forma de representar pixels que ainda não foram calibrados em unidades significativas. Eles são uma representação de diferentes níveis de brilho em uma imagem raster. Após a obtenção das imagens de satélite, o primeiro processo é converter os números digitais (ND) em radiância (NDOSSI & AVDAN, 2016).

A radiância espectral de cada banda (L_λ) representa a energia solar refletida por cada pixel por unidade de área, de tempo, de ângulo sólido e de comprimento de onda medida ao nível do satélite Landsat para as bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7. Já para a banda 6, essa radiância representa a energia emitida por cada pixel e foi obtida pela equação (1):

$$L_\lambda = \left(\frac{L_{MAX\lambda} - L_{MIN\lambda}}{Q_{CALMAX} - Q_{CALMIN}} \right) * (Q_{CAL} - Q_{CALMIN}) + L_{MIN\lambda} \quad \text{Eq. 1}$$

Onde:

L_λ = radiância espectral na abertura do sensor em $W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$;

$LMAX_\lambda$ e $LMIN_\lambda$ = São constantes de calibração de um determinado sensor;

$QCALMAX$ e $QCALMIN$ = São os valores máximo e mínimo que o QCAL pode alcançar ;

$QCAL$ = Número digital de cada píxel;

Com exceção do QCAL, o restante das variáveis é fornecido no arquivo de metadados de uma imagem.

4.2.2.4 Temperatura de Brilho

A temperatura de brilho é a temperatura necessária para que um corpo negro seja capaz de emitir a mesma quantidade de radiação por unidade de área que o corpo que está sendo observado (KRUSE et al., 1962). Quando o esplendor de um objeto é igual ao de um corpo negro, a temperatura física desse corpo negro é conhecida como a temperatura de brilho do objeto.. Para converter a radiância em temperatura de brilho, a Equação (2) foi usada no estudo (NDOSSI & AVDAN, 2016).

$$T_{sen} = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda} + 1\right)} \quad \text{Eq. 2}$$

Onde:

T_{sen} = Temperatura de brilho do sensor em K (kelvin);

L_λ = Radiância espectral do topo da atmosfera;

K_1 = Constante de calibração 1

K_2 = constante de calibração 2;

Para o Landsat 5 TM, $K_1 = 607,76 W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1}$ e $K_2 = 1260,56K$ (Escritório de Ciência do Projeto Landsat, 2002).

A mesma equação é usada para todos os sensores. Os valores K_1 e K_2 podem variar dependendo do sensor e dos comprimentos de onda pelos quais as bandas térmicas operam.

4.2.2.5 Emissividade da Superfície e NDVI

Emissividade ε é a relação entre a radiação emitida $\varepsilon\lambda$ no comprimento de onda λ e a emissão de corpo negro $B\lambda(T)$ no comprimento de onda λ e temperatura T (TANG et al., 2011). É a relação que compara a capacidade de irradiação de uma superfície com a de um corpo negro (KRUSE et al., 1962). No mundo real, um material que satisfaz as propriedades de um corpo negro perfeito não existe. Como resultado disso, há uma necessidade de fazer a correção da ES ao derivar a TS do espaço. Para poder associar a temperatura da energia térmica infravermelha irradiada por um dado objeto, é necessário conhecer a emissividade desse objeto.

A emissividade de uma substância é determinada pelas suas propriedades termofísicas (WANG et al., 2015). A composição de uma superfície é o determinante da emissividade da superfície. A emissividade das superfícies é tão variável quanto o comprimento de onda. Através do uso do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) é possível estimar a ES de diferentes materiais terrestres na faixa de comprimento de onda de 10–12 μm (WANG et al., 2015). A composição da superfície terrestre muda com o tempo, portanto, é importante estimar a ES de uma área durante o tempo de passagem dos satélites. Para calcular o NDVI da superfície, a Equação (3) foi usada no estudo (VANDEGRIEND et al., 1992). Os parâmetros atmosféricos de espalhamento e absorção também podem afetar a estimativa da emissividade da superfície terrestre do NDVI (SRIVASTAVA et al. 2014).

$$NDVI = \frac{\rho_{IV} - \rho_V}{\rho_{IV} + \rho_V} \quad \text{Eq.3}$$

Onde:

NDVI = Índice de vegetação da diferença normalizada. Seus valores variam de -1 a +1. Para superfícies com alguma vegetação varia entre 0 e 1; já para a água e sombra o NDVI geralmente é menor que zero.

ρ_{IV} = A faixa de infravermelho próximo que corresponde a banda 4 do Lnadat-TM 5;

ρ_V = A faixa do vermelho que corresponde a banda 3 do Lnadat-TM 5;

Para estimar a ES usando os sensores Landsat, um algoritmos baseado em NDVI foi implementado na aplicação.

Segundo o estudo de Van de Griend e Owe (1993) a relação entre emissividade e o NDVI pode ser expresso pela seguinte equação, quando o valor do NDVI varia de 0,157 para 0,727.

$$\varepsilon = 1.0094 + 0.047 * \ln(NDVI) \quad \text{Eq.4}$$

Para a área em que o valor do NDVI está fora da faixa (0,157-0,727), é dividido em cinco faixas e seus valores de emissividade correspondentes poderiam ser inseridos manualmente através da interface do programa (ZHANG et al., 2006).

4.2.2.6 Temperatura da Superfície

A função de Planck corrige a emissão de uma substância em comparação a um corpo negro (Equação 5) (NDOSSI & AVDAN, 2016):

$$T_s = \frac{TB}{\left\{1 + \left[\frac{\lambda * TB}{\rho}\right] * \ln \varepsilon\right\}} \quad \text{Eq. 5}$$

Onde:

T_s = Temperatura da superfície (K);

TB = Temperatura de brilho (K),

λ = Comprimento de onda médio da banda termal considerada. Landsat TM – 5 = Banda 6 = 11,45 μm ;

$\rho = (h * c / \sigma) = 1,438 \cdot 10^{-2} \text{ mk}$, onde:

h = constante de Planck ($6,63 \times 10^{-34} \text{ Js}$),

c = velocidade da luz ($2,998 \times 10^8 \text{ m/s}$)

σ = constante de Boltzman ($1,38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$);

ε = Emissividade espectral.

4.3 INTENSIDADE DA ILHA DE CALOR URBANA DE SUPERFÍCIE

Intensidade da ilha de calor urbana de superfície (IICUS) é a diferença de temperatura da superfície da área urbana (T_{s_u}) e seus arredores (ZHOU et al., 2015). Nesta pesquisa, a área rural que foi usada para análise dos dados está localizada no Distrito Coxipó da Ponte a 5 km do distrito-sede do município de Cuiabá.

Para cada imagem, a temperatura média da superfície rural (T_{s_r}) foi calculada com os pixels incluídos no local ao redor da área urbana (ZHOU et al., 2015). A IICUS foi avaliada dentro da área urbana da seguinte forma (Equação 6) (ACERO & GONZÁLES-ASENSIO, 2018):

$$IICUS = T_{s_u} - T_{s_r} \quad \text{Eq.6}$$

Onde:

IICUS = Intensidade da ilha de calor urbana de superfície;

T_{s_u} e T_{s_r} = Temperaturas da superfície na área urbana e rural, respectivamente.

Para a classificação da IICUS, utilizou-se a classificação adotada por BRANDÃO (1996) (Tabela 8), onde:

Tabela 8 - Valores de referência para análise da IICUS

VALOR	INTENSIDADE DA ILHA DE CALOR URBANA DE SUPERFÍCIE
$0^{\circ}\text{C} \leq IICUS \leq 2^{\circ}\text{C}$	FRACA
$2^{\circ}\text{C} < IICUS \leq 4^{\circ}\text{C}$	MODERADA
$4^{\circ}\text{C} < IICUS \leq 6^{\circ}\text{C}$	FORTE
$IICUS > 6^{\circ}\text{C}$	MUITO FORTE

Fonte: Adaptado de Brandão (1996)

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 CLASSIFICAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Dados registrados na Tabela 25 demonstram que houve mudanças no uso e ocupação do solo na Área Urbana do município de Cuiabá nas 5 (cinco) classes selecionadas: Vegetação Densa, Arborização, Solo Exposto e/ou Vegetação Rasteira, Corpo d'água e Área Construída.

Observou-se que a classe de Vegetação Densa juntamente com a Arborização teve um decréscimo de 1185 hectares em sua área e a Área construída teve um aumento de 2995 hectares.

Essas modificações urbanas implicam em mais emissões de poluentes atmosféricos que dão origem ao aumento da temperatura (TAJIRI et al., 2011). Synnefa & Santamouris (2016) relatam que características óticas e térmicas dos materiais urbanos e alterações dos padrões de ventilação contribuem para alterações no clima local, resultando em condições climáticas potencialmente mais quentes.

Tabela 9 - Área em hectares (ha) e quantidade de alterações ocorridas em diferentes classes de Uso e Ocupação do Solo na área Urbana de Cuiabá entre os anos de 1990 e 2009

Classificação do uso do Solo	1990		2009		Alteração 1990-2009	
	ha	%	ha	%	ha	%
Vegetação Densa	1301	4,91	827	3,12	-474	-36,43
Arborização	6551	24,73	5839	22,04	-712	-10,86
Solo Exposto e/ou Vegetação Rasteira	9918	37,44	8552	32,28	-1366	-13,77
Corpo d'água	818	3,09	374	1,41	-444	-54,27
Área Construída	7903	29,83	10898	41,14	2995	37,89

Fonte: Próprio Autor

A Figura 9 apresenta os mapas de uso e ocupação do solo da área urbana de Cuiabá nos anos de 1990 e 2009. É possível observar que a área construída aumentou nas últimas décadas, apresentando uma expansão de 37,89% entre os anos de 1990 e 2009. As classes vegetadas, Vegetação Densa e Arborização tiveram uma redução em suas áreas de 47,29% de 1990 a 2009, sendo que a Vegetação Densa teve a maior

queda, com valor de 36,43% em relação ao total de área vegetada. Dos anos de 1990 a 2009, a classe de Solo Exposto e/ou Vegetação Rasteira teve uma redução de 13,77% e a classe de Corpos d'água de 54,27%, sendo este um valor bem expressivo.

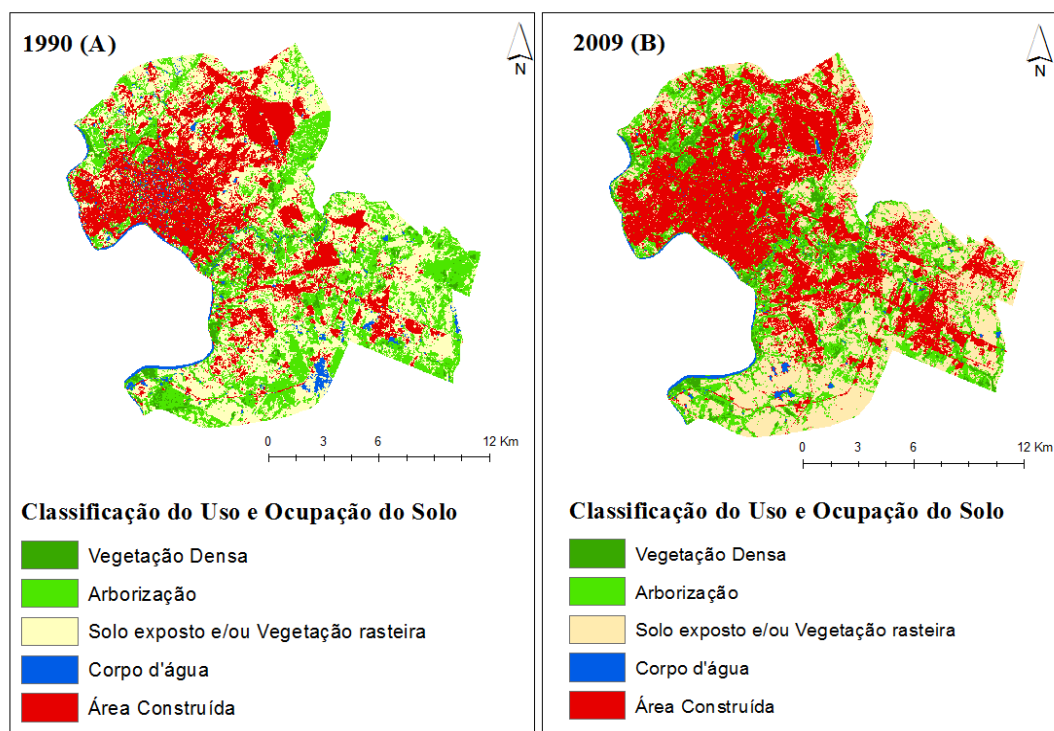


Figura 9 - Mapas de Classificação do Uso e Ocupação do Solo da área urbana do município de Cuiabá/MT, obtida a partir de imagens Landsat 5 dos anos de 1990 e 2009

Fonte: Próprio Autor

Como mostrado na Figura 10, as cores azul e verde do ponto A e B no mapa (1), se referem à temperatura de superfície mais baixa, que varia de 23°C a 28°C, o ponto A é o Parque Mãe Bonifácia e o ponto B é o Parque Zé Bolo Flô, que faz divisa com o Hortoflorestal. Observou-se que no mapa (2) estes pontos referem-se às áreas classificadas como Vegetação Densa e Arborização. A partir das duas imagens de Satélite, mapa (1) e mapa (2), pode-se constatar que parques com alta cobertura vegetal ajudam a reduzir a temperatura da superfície, enquanto áreas comerciais com muitas superfícies impermeáveis, telhados de amianto, e locais com alta concentração de edificação e densidade populacional, aumentam a temperatura da superfície.

Parques e outros espaços verdes localizados dentro das cidades geralmente têm temperaturas do ar e superficiais menores em comparação com superfícies urbanas típicas, como concreto e asfalto. Uma das razões pelas quais os parques e espaços verdes podem ser mais frios que as estruturas vizinhas incluem o maior sombreamento por parte da vegetação com grandes coberturas que reduz as temperaturas da superfície. Esse fenômeno de áreas irregulares e mais frias dentro do mosaico urbano é muitas vezes chamado de ilha de frescor urbana (IFU) (CHOW et al., 2011). Cada vez mais, planejadores urbanos estão cientes de que a forma correta do uso e ocupação do solo e a implantação harmonizada da vegetação nas cidades podem ser uma ferramenta útil para mitigar os impactos prejudiciais decorrentes da ilha de calor urbano de superfície (ICUS), pois a vegetação é considerada um elemento “fresco” e que possui pouca amplitude térmica durante o dia e noite (GERMANO, 2012).

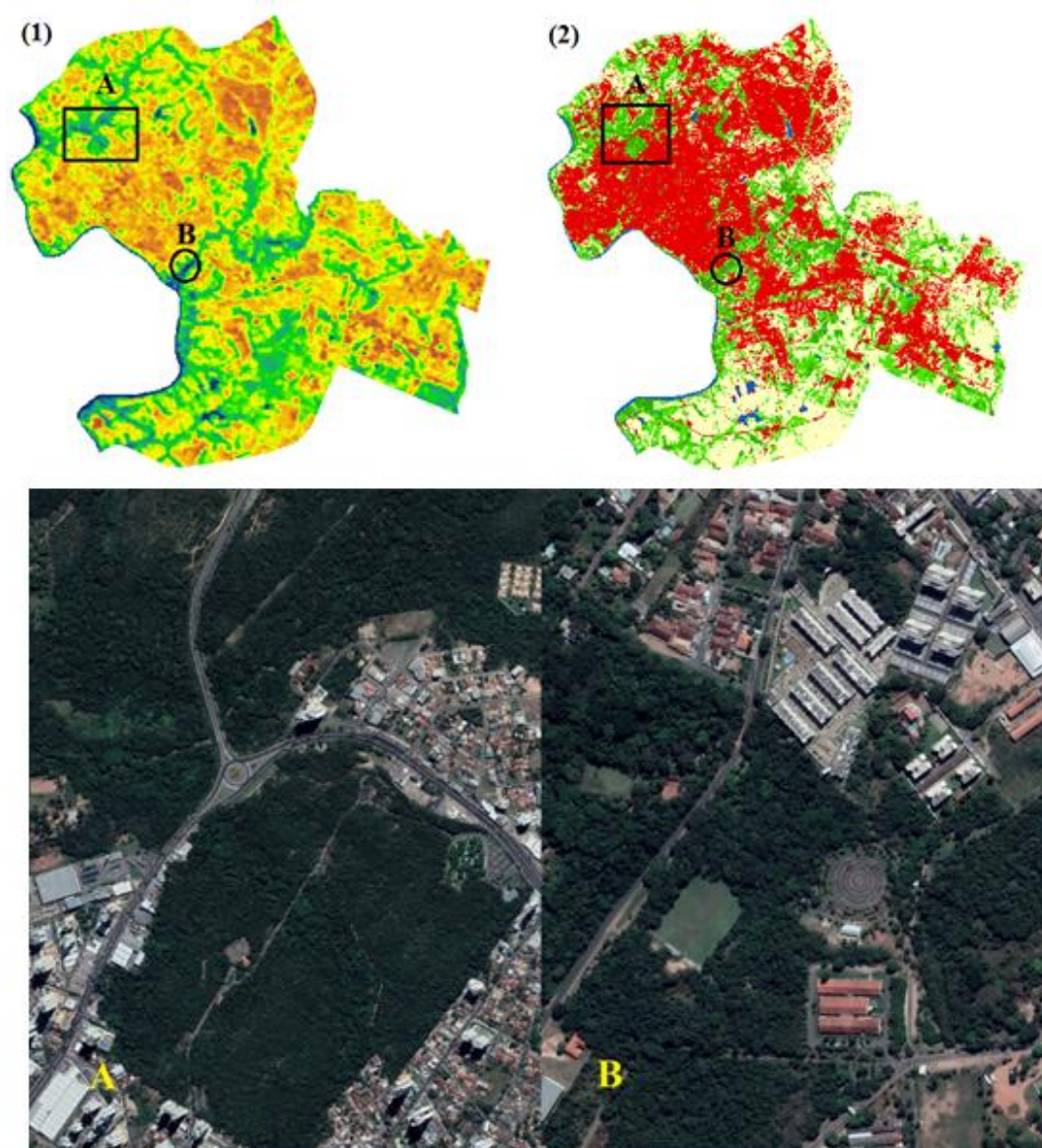


Figura 10 - Mapa (1) referente a Carta de temperatura da superfície do ano de 2009 no período quente-seco e Mapa (2) do Uso e Ocupação do Solo do ano de 2009. Ponto (A) se refere ao Parque Mãe Bonifácia e o ponto (B) se refere ao Parque Zé Bolo Flô

Fonte: (1) e (2) Próprio Autor; (A) e (B) Adaptado do Google Earth

É possível observar na Figura 11 que os pontos indicados no mapa (1) e (2) com a cor avermelhada, se referem as áreas com temperaturas de superfície mais elevadas, que variam entre 34°C e 38°C. O ponto A se refere às áreas centrais do município de Cuiabá e o ponto B se refere ao bairro Morada da Serra, esses locais são áreas comerciais e residenciais densamente povoadas.

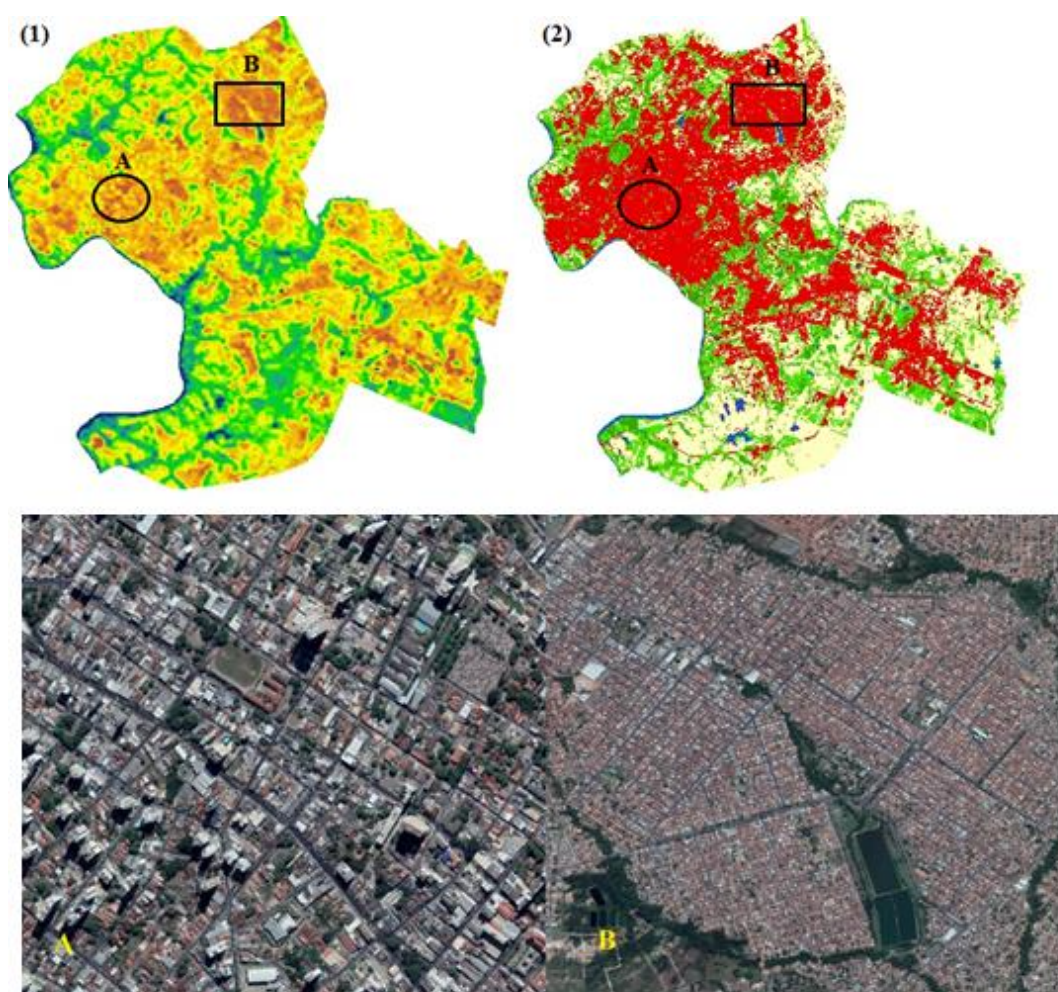


Figura 11 - Mapa (1) referente a Carta de temperatura da superfície do ano de 2009 no período quente-seco e Mapa (2) referente ao Uso e Ocupação do Solo do ano de 2009. Ponto (A) se refere à área central do município de Cuiabá e o ponto (B) se refere ao bairro Morada da Serra
Fonte: (1) e (2) Próprio Autor; (A) e (B) Adaptado do Google Earth

5.2 VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE

As temperaturas médias da superfície da área urbana do município de Cuiabá para os períodos estudados estão relacionadas na Tabela (10). Observou-se que no período quente-seco as temperaturas são mais elevadas em relação ao período quente-úmido, sendo que no ano de 2009 as temperaturas nos dois períodos foram maiores em relação ao ano de 1990. A cidade de Cuiabá, assim como diversas cidades do Brasil, tem crescido de forma rápida e desordenada nas últimas décadas,

sem o devido planejamento, com um aumento da população do aglomerado urbano de 380.140 no ano de 1990 para 540.814 em 2010 (IBGE, 2010). Esse aumento da atividade humana aliada ao grande número de veículos, indústrias, edificações, pavimentações, e diminuição das áreas verdes vem alterando de forma significativa o ambiente desses locais, provocando mudanças nas características climáticas do meio, afetando a qualidade de vida de seus habitantes e distanciando os mesmos de uma relação harmoniosa com o ambiente natural (SHAMS et al., 2009).

Tabela 10 - Valores da temperatura da superfície (mínimo, máximo, média, desvio padrão) para o período quente-úmido (22/01/90 e 10/01/09) e quente-seco (02/08/90 e 06/08/09)

Temperatura da Superfície				
Datas	Mínimo (°C)	Máximo (°C)	Média (°C)	Desvio Padrão
06/08/2009	27,56	31,93	30,48	0,81
10/01/2009	24,07	28,68	26,94	1,00
02/08/1990	23,53	27,85	25,62	0,82
22/01/1990	21,02	24,14	22,50	0,71

Fonte: Próprio Autor

A Figura (12) representa as imagens da temperatura da superfície (TS) para os dias 22 de janeiro de 1990, 02 de agosto de 1990, 10 de janeiro de 2009 e 06 de agosto de 2009. Análise visual da carta de temperatura da superfície possibilita observar que nas áreas com tonalidade azul escuro encontram-se as temperaturas menores, nas áreas verdes e amarelas as temperaturas intermediárias e nas áreas avermelhadas as temperaturas mais elevadas.

O intervalo de classe definido para a temperatura da superfície e NDVI foi pela regra de Sturge (Equação 7) (VIEIRA, 2015):

$$k = 1 + 3,322 \log(n) \quad \text{Eq. 7}$$

Onde:

K = número das classes

n = quantidade de dados.

Comparando-se as imagens, constatou-se que nas datas estudadas as maiores temperaturas foram observadas no ano de 2009, no período quente-seco, nas áreas onde a cobertura vegetal é mais escassa e com maior concentração de edificações, variando de 22,38°C até 37,22°C. Já as menores temperaturas foram verificadas no ano de 1990 no período quente-úmido, variando de 13,31°C até 27,10°C. O período quente-seco que se inicia em abril e termina em setembro, inclui o início da primavera, Maitelli (1994) relata que principalmente na primavera as temperaturas se mantêm elevadas devido à passagem do Sol sobre os paralelos da região em direção ao Trópico de Capricórnio. Esta época também é caracterizada pela constante presença de queimadas na região, ocasionando uma espécie de neblina composta por poluição atmosférica, resultando no aumento da quantidade total de radiação infravermelha, de ondas longas, contribuindo ainda mais para o aumento da temperatura (GARTLAND, 2010).

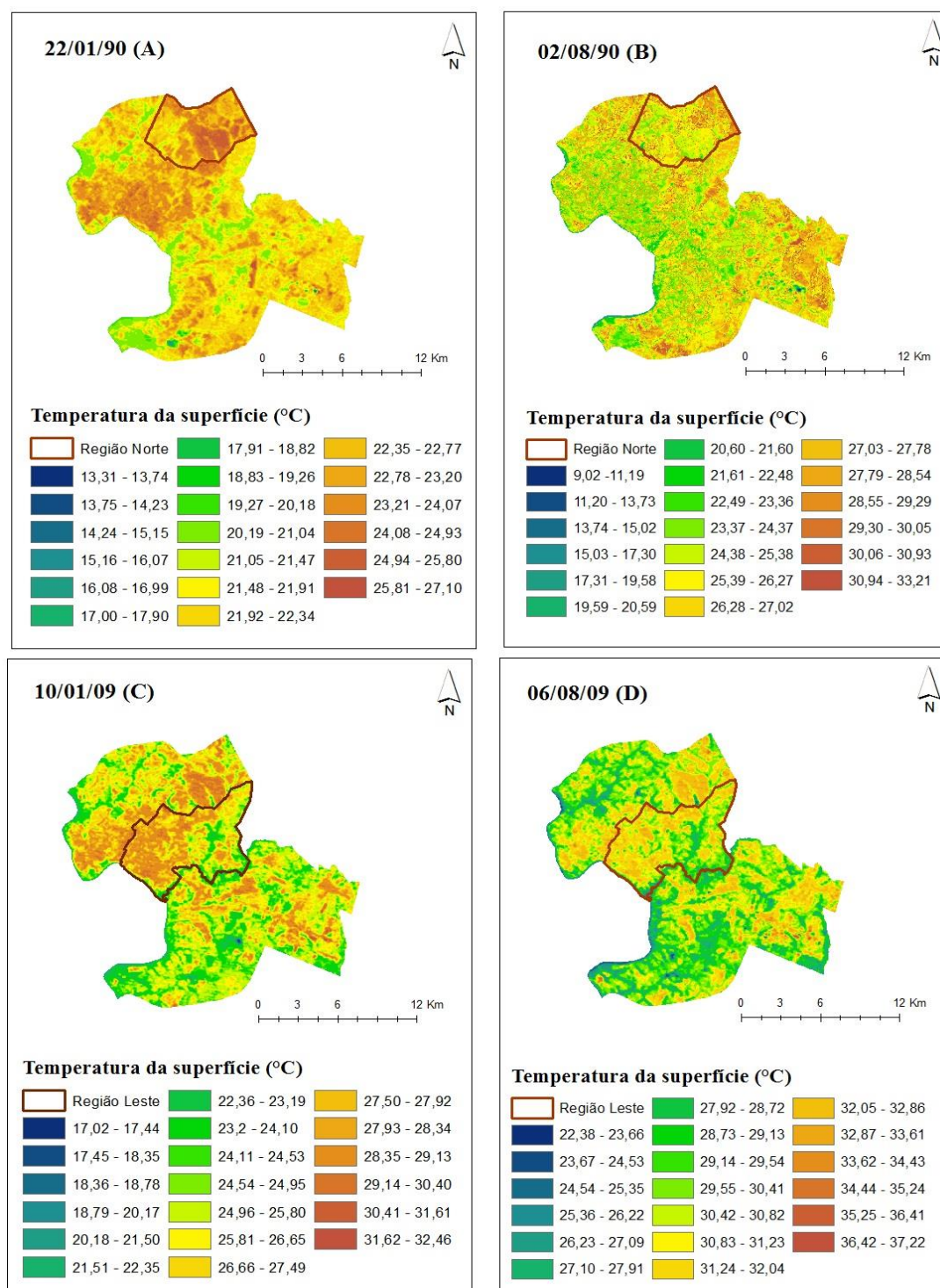


Figura 12 - Carta de temperatura da superfície da área urbana do município de Cuiabá/MT, obtida a partir de imagens Landsat 5 dos dias 10/01/90 (A) e 02/08/90 (B), 10/01/09 (C) e 06/08/09 (D)

Fonte: Próprio Autor

Analisando as regiões da área urbana do município, observou-se que no ano de 1990 a região com maior temperatura nos dois períodos estudados, foi a região norte, com médias de $22,88 \pm 0,59^{\circ}\text{C}$ no mês de janeiro e $26,37 \pm 0,77^{\circ}\text{C}$ no mês de agosto. Já o ano de 2009 verificou-se que a região de maior temperatura foi a região leste, com médias de $27,46 \pm 1,00^{\circ}\text{C}$ no mês de janeiro e $30,84 \pm 0,79^{\circ}\text{C}$ no mês de agosto. Norte e Leste são as regiões que apresentam as maiores áreas com manchas de cor alaranjada e avermelhado mais intenso, como pode ser observado na Figura (12).

Silva (2016) realizou um estudo sobre as anomalias térmicas na Cidade de Cuiabá nos anos de 1985 e 2011, os maiores valores da TS no período estudado também foram encontrados nas regiões norte e leste, corroborando com os dados obtidos nessa pesquisa para a mesma região estudada.

A região sul apresentou os menores valores em relação as outras regiões no período quente-úmido do ano de 1990 com média de $21,91 \pm 0,37^{\circ}\text{C}$ e nos dois períodos do ano de 2009, com valor de $26,24 \pm 0,75^{\circ}\text{C}$ em janeiro e $30,08 \pm 0,73^{\circ}\text{C}$ em agosto. A região oeste apresentou o menor valor em relação as outras regiões no período quente-seco do ano de 1990.

De acordo com o teste Mann-Kendall ficou evidenciado que houve aumento significativo da TS em todas as regiões da área urbana de Cuiabá, no ano de 2009 em relação a 1990 (nível de significância $p < 0,001$).

A urbanização proporcionou modificações na estrutura física da superfície, contribuindo para o aumento da temperatura do ar, que leva à formação do fenômeno de ilha de calor. Estudos realizados por Rocha et al. (2015), Santos (2013) e Silva (2016) em Cuiabá-MT também encontraram aumento da temperatura relacionado com o adensamento construtivo e aumento da população.

O bairro que apresentou a maior TS na cidade de Cuiabá no ano de 1990 no período quente-úmido foi Campo Velho com valor de $24,14 \pm 0,45^{\circ}\text{C}$ e no período quente-seco foi Nova Esperança, com valor de $27,85 \pm 1,58^{\circ}\text{C}$. No ano de 2009 as maiores temperaturas foram encontradas no bairro Residencial Santa Inês no período quente-úmido, com valor de $28,68 \pm 0,48^{\circ}\text{C}$ e no bairro Pedregal no período quente-seco com valor de $31,93 \pm 0,86^{\circ}\text{C}$.

As menores TS encontradas no ano de 1990 foi no bairro Cachoeira das Garças, no período quente-úmido, com valor de $21,02 \pm 0,47^{\circ}\text{C}$ e no bairro Bela Marina no período quente-seco, com valor de $23,53 \pm 1,80^{\circ}\text{C}$. No ano de 2009 o bairro Cachoeira das Garças apresentou a menor TS no período quente-úmido com valor de $24,07 \pm 0,92^{\circ}\text{C}$ e o bairro São Gonçalo Beira Rio a menor TS no período quente-seco, com valor de $27,56 \pm 1,07^{\circ}\text{C}$.

Observou-se também uma variação espacial da TS nos anos estudados com diferenças que podem ser superiores a 3°C entre as regiões com maior densidade populacional e construtivo e as regiões mais arborizadas e periféricas. Santos (2011) também verificou uma variação espacial da TS para as datas de 04/08/1998 e 06/09/2010, na cidade de Recife, com diferenças superiores a 2°C .

5.2.1 Temperatura da superfície das regiões e seus respectivos Bairros

5.2.1.1 Região Norte

A média da temperatura da superfície na região norte no ano de 1990 no período quente-úmido foi $22,88 \pm 0,59^{\circ}\text{C}$ e no período quente-seco foi de $26,37 \pm 0,76^{\circ}\text{C}$. No ano de 2009 no período quente-úmido a média foi de $26,80 \pm 0,61^{\circ}\text{C}$ e no período quente-seco a média foi de $30,46 \pm 0,65^{\circ}\text{C}$.

No ano de 1990, no período quente-úmido, o bairro com maior temperatura da região norte foi o Morada da Serra, com valor de $24,10 \pm 0,92^{\circ}\text{C}$ e a menor temperatura foi observada no bairro Centro Político Administrativo, com valor de $22,19 \pm 0,61^{\circ}\text{C}$ (Figura 13). No período quente-seco a maior temperatura da região norte foi verificada no bairro Nova Conquista com valor de $27,83 \pm 1,20^{\circ}\text{C}$ e a menor foi constatada no bairro Jardim Vitória com valor de $25,44 \pm 0,93^{\circ}\text{C}$ (Figura 14).

No ano de 2009, no período quente-úmido, o bairro com maior temperatura da região norte foi o Morada da Serra, com valor de $28,14 \pm 1,17^{\circ}\text{C}$ e a menor temperatura foi observada no bairro Jardim Vitória, com valor de $25,99 \pm 1,37^{\circ}\text{C}$. No período quente-seco a maior temperatura da região norte foi verificada no bairro Morada da Serra com valor $31,45 \pm 1,08^{\circ}\text{C}$ e a menor foi constatada no bairro Jardim Florianópolis com valor de $29,68 \pm 0,98^{\circ}\text{C}$.

É possível observar nas Figuras 13 e 14 que a temperatura da superfície aumentou em todos os bairros da região norte no ano de 2009 em relação ao ano de 1990, os valores das temperaturas estão relacionados no anexo 1 desta tese.

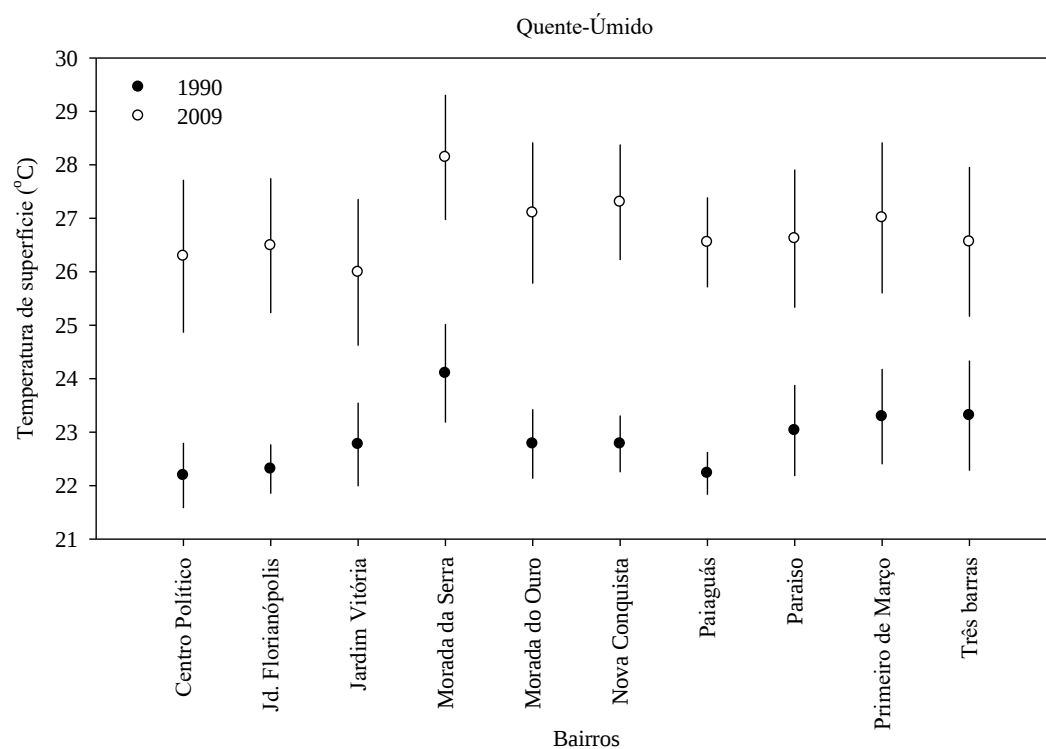


Figura 13 - Médias das Temperaturas da Superfície (°C) referente aos bairros da região norte da cidade de Cuiabá-MT, nos anos de 1990 e 2009 no período quente-úmido

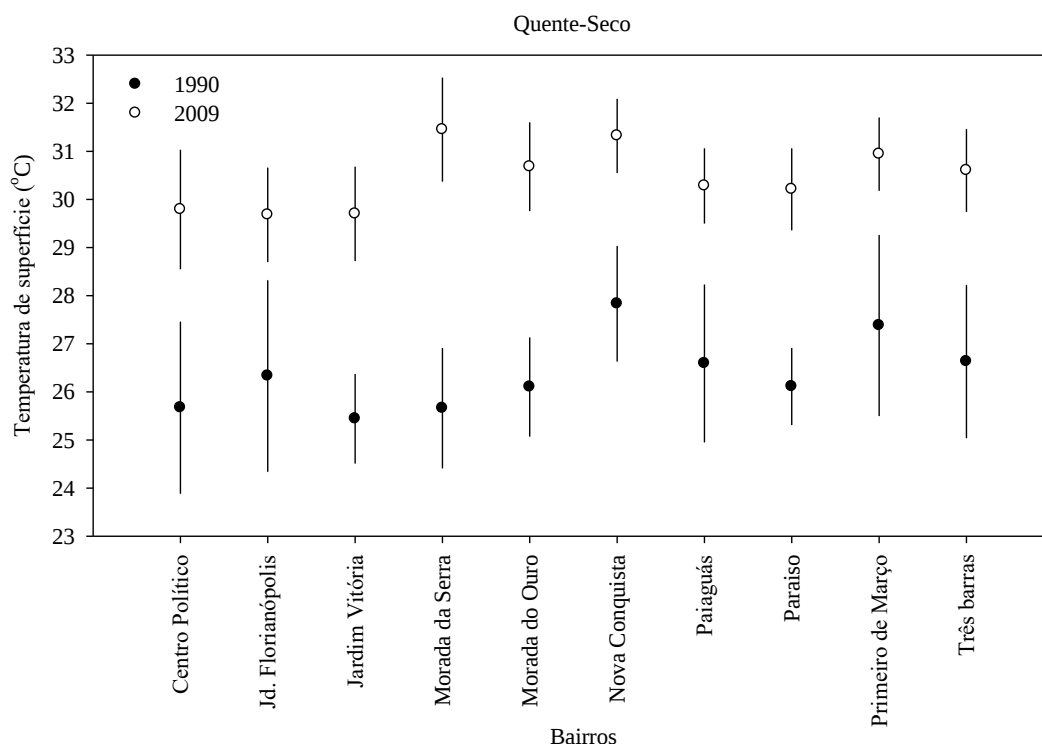


Figura 14 - Médias das temperaturas da superfície (°C) referente aos bairros da região norte da cidade de Cuiabá-MT, nos anos de 1990 e 2009 no período quente-seco

O bairro Morada da Serra que havia recebido quase mil unidades de casas em sua primeira etapa, na década de 80 a 90 recebe mais de onze mil unidades, se consolidando a partir desse momento como uma das regiões mais importantes da cidade, tanto política como economicamente (BIANCARDINI FILHO, 2014). Segundo Amorim et al. (2009), o aumento da temperatura da superfície é causado por modificações das características físicas (alta densidade de construções, concentração de materiais de grande potencial energético de emissividade e refletância) e por atividades urbanas. O bairro Morada da Serra continuou com grandes alterações no decorrer dos anos, apresentando diferença na temperatura da superfície de 5°C entre os anos em questão, o que contribui para a elevação da temperatura do ar na região (SANTOS, 2011).

Os bairros Jardim Vitória, Jardim Florianópolis e Centro Político Administrativo que apresentaram as menores temperaturas da região norte no período estudado, apresentam características parecidas, com áreas arborizadas

próximas, ruas não pavimentadas e com presença de corpos d'água. Gomes e Amorim (2003) descrevem que as áreas mais artificializadas da cidade, como é o caso da região central das cidades, produzem maiores alterações no clima local; por outro lado, as áreas que mais se aproximam das condições ambientais normais da natureza, ou seja, lugares mais arborizados apresentam um clima diferenciado e, por consequência, mais ameno.

5.1.2.2 Região Sul

A média da temperatura da superfície na região sul no ano de 1990 no período quente-úmido foi $21,90 \pm 0,37^{\circ}\text{C}$ e no período quente-seco foi de $25,67 \pm 0,75^{\circ}\text{C}$. No ano de 2009 no período quente-úmido a média foi de $26,24 \pm 0,75^{\circ}\text{C}$ e no período quente-seco a média foi de $30,08 \pm 0,73^{\circ}\text{C}$.

No ano de 1990, no período quente-úmido, o bairro com maior temperatura da região sul foi o Parque Cuiabá, com valor de $22,85 \pm 1,02^{\circ}\text{C}$ e a menor temperatura foi observada no bairro São Gonçalo Beira Rio, com valor de $21,16 \pm 0,54^{\circ}\text{C}$. No período quente-seco a maior temperatura da região sul foi verificado no bairro Nova Esperança com valor de $27,85 \pm 1,58^{\circ}\text{C}$ e a menor temperatura foi constatado no bairro Nossa Senhora Aparecida com valor de $24,59 \pm 1,57^{\circ}\text{C}$.

No ano de 2009, no período quente-úmido, o bairro com maior temperatura da região sul foi o Tijucal, com valor de $28,17 \pm 1,04^{\circ}\text{C}$ e a menor temperatura foi observada no bairro São Gonçalo Beira Rio, com valor de $24,18 \pm 0,74^{\circ}\text{C}$. No período quente-seco a maior temperatura da região sul foi verificada no bairro Tijucal com valor de $31,49 \pm 0,78^{\circ}\text{C}$ e a menor foi constatada no bairro São Gonçalo Beira Rio com valor de $27,56 \pm 1,07^{\circ}\text{C}$, conforme demonstrado nas Figuras 15 e 16, os valores das temperaturas estão relacionados no anexo 1 desta tese.

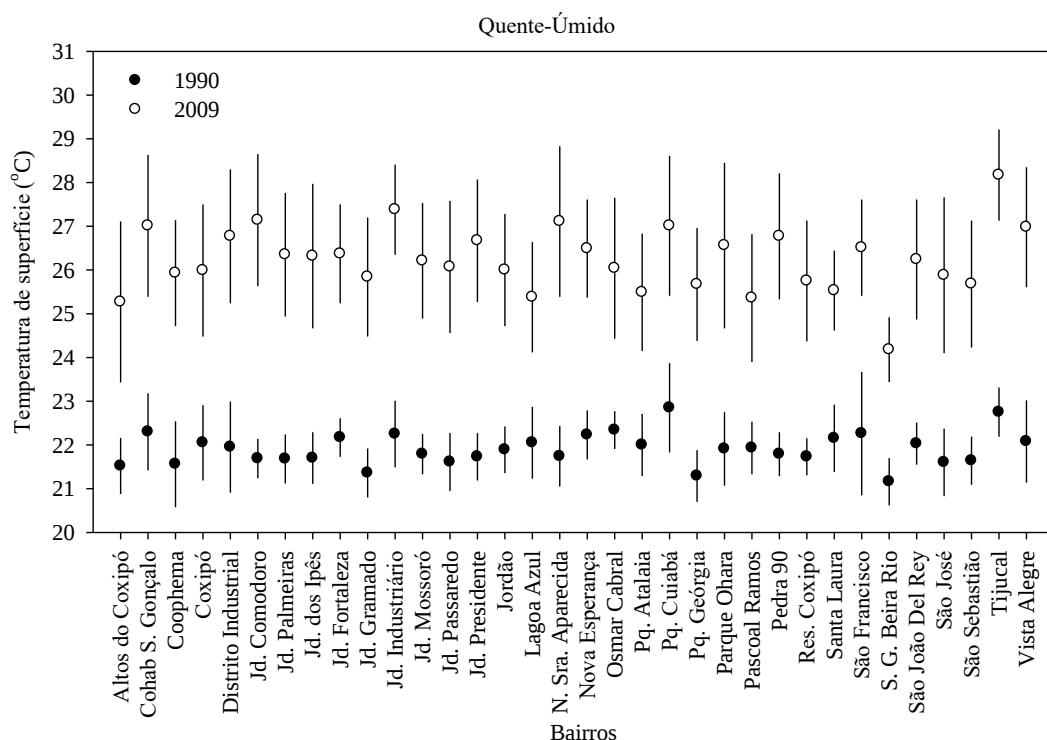


Figura 15 - Médias das temperaturas da superfície (°C) referente aos bairros da região sul da cidade de Cuiabá-MT, nos anos de 1990 e 2009 no período quente-úmido

Observou-se na Figura 16, que no período quente-seco de 1990 a maior temperatura foi verificada no bairro Nova Esperança que na época apresentava grandes áreas com solo exposto, ocorrendo assim maior refletância, já em 2009 o bairros como Tijucal e Pedra 90, que são bairros da região sul com alta densidade de construções, apresentaram as temperaturas mais elevadas, com valores acima de 31°C no período quente-seco. Callejas et al. (2011) relata que áreas construídas armazenam maior quantidade de energia e toda energia disponível se transforma em calor sensível. Já no solo exposto, por dificilmente estar totalmente seco, a energia disponível é convertida em calor latente e sensível.

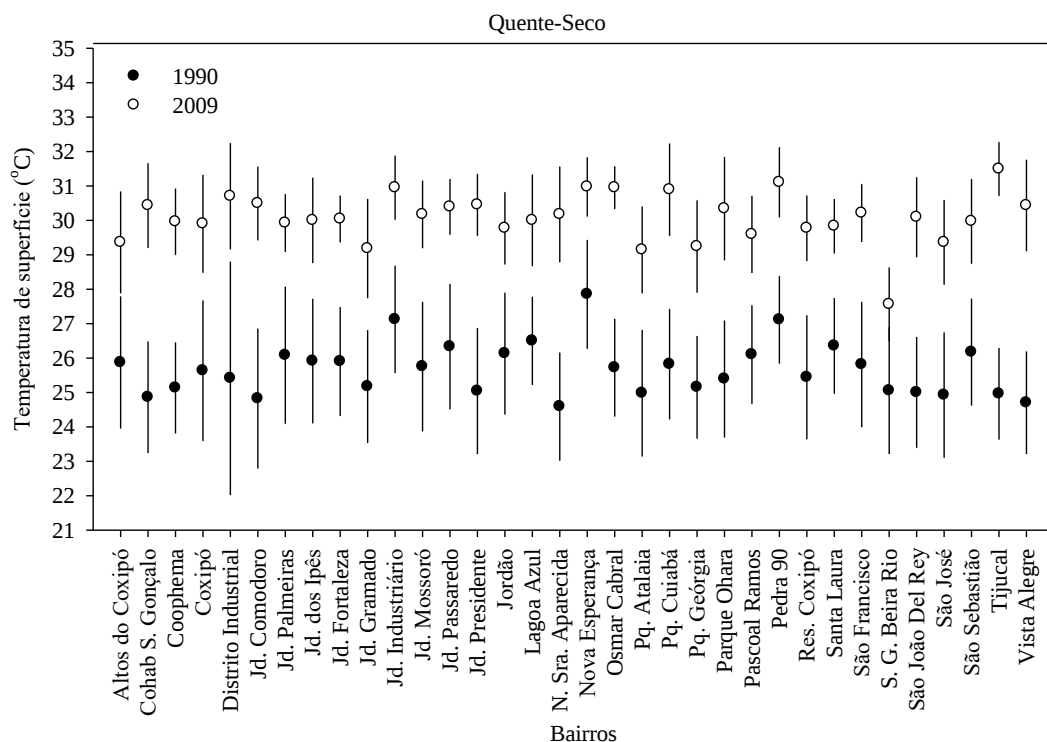


Figura 16 - Médias das temperaturas da superfície (°C) referente aos bairros da região sul da cidade de Cuiabá-MT, nos anos de 1990 e 2009 no período quente-seco

5.1.2.3 Região Leste

A média da temperatura da superfície na região leste no ano de 1990 no período quente-úmido foi $22,85 \pm 0,69^{\circ}\text{C}$ e no período quente-seco foi de $25,55 \pm 0,90^{\circ}\text{C}$. No ano de 2009 no período quente-úmido a média foi de $27,45 \pm 0,99^{\circ}\text{C}$ e no período quente-seco a média foi de $30,84 \pm 0,79^{\circ}\text{C}$.

No ano de 1990, no período quente-úmido, o bairro com maior temperatura da região leste foi Campo Velho, com valor de $24,14^{\circ}\text{C}$ e a menor temperatura foi observada no bairro Cachoeira das Garças, com valor de $21,02^{\circ}\text{C}$. No período quente-seco a maior temperatura da região leste foi verificado no bairro Jardim Eldorado com valor de $27,59^{\circ}\text{C}$ e a menor foi constatado no bairro Bela Marina com valor de $23,53^{\circ}\text{C}$, conforme demonstrado na Figura 17.

No ano de 2009, no período quente-úmido, o bairro com maior temperatura da região leste foi o Residencial Santa Inês, com valor de $28,68^{\circ}\text{C}$ e a menor

temperatura foi observada no bairro Cachoeira das Garças, com valor de 24,07°C. No período quente-seco a maior temperatura da região leste foi verificado no bairro Pedregal com valor 31,93°C e a menor foi constatado no bairro Bela Marina com valor de 28,16°C (Figura 18), os valores das temperaturas estão relacionados no anexo 1 desta tese.

Verificou-se que na região leste, os bairros Bosque da Saúde, Campo Velho, Carumbé, Grande Terceiro, Jardim Eldorado, Jardim Europa, Jardim Paulista, Pedregal, Planalto, Praeiro e Residencial Santa Inês apresentaram as temperaturas mais altas, variando entre 31,40°C a 32,00°C, no período quente-seco do ano de 2009.

Os Bairros Cachoeira das Garças e Bela Marina que apresentaram as menores temperaturas no período estudado têm características semelhantes, áreas com vegetação densa que reduzem a quantidade de radiação solar que chega à superfície abaixo da copa, uma vez que parte da radiação solar incidente é absorvida pelas folhas e utilizada para fotossíntese, e a outra fração é refletida de volta para a atmosfera. Como consequência em relação à vegetação em espaços urbanos, o sombreamento diminui a temperatura da superfície e, por outro lado, superfícies mais frias acabam também por reduzir o calor transmitido para as edificações e a atmosfera (Akbari et al., 1997; Scott et al., 1999).

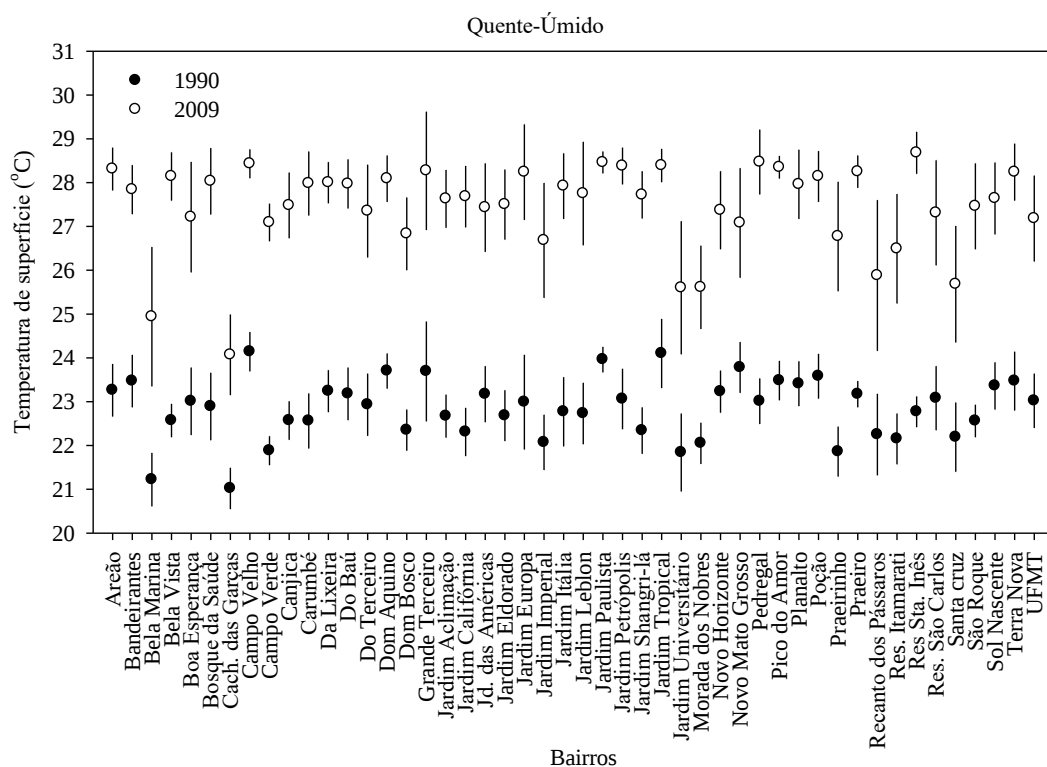


Figura 17 - Médias das temperaturas da superfície (°C) referente aos bairros da região Leste da cidade de Cuiabá-MT, nos anos de 1990 e 2009 no período quente-úmido

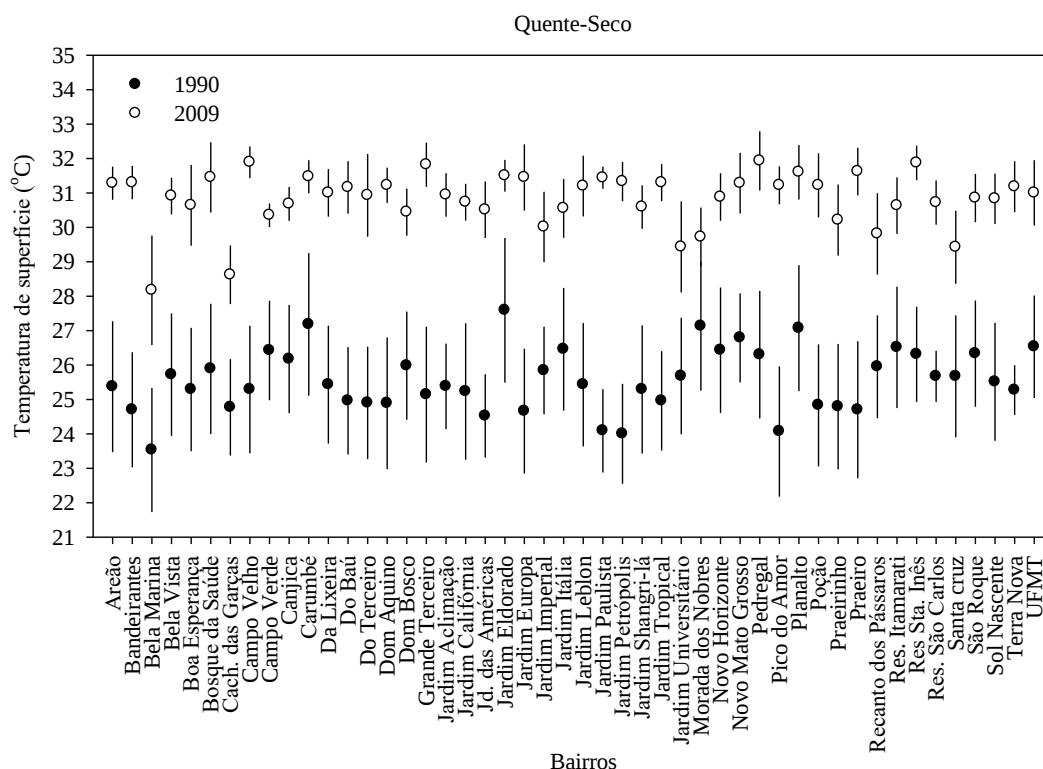


Figura 18 - Médias das temperaturas da superfície (°C) referente aos bairros da região Leste da cidade de Cuiabá-MT, nos anos de 1990 e 2009 no período quente-seco

5.1.2.4 Região Oeste

A média da temperatura da superfície na região oeste no ano de 1990 no período quente-úmido foi $22,48 \pm 0,59^{\circ}\text{C}$ e no período quente-seco foi de $25,36 \pm 0,59^{\circ}\text{C}$. No ano de 2009 no período quente-úmido a média foi de $26,96 \pm 0,83^{\circ}\text{C}$ e no período quente-seco a média foi de $30,31 \pm 0,73^{\circ}\text{C}$.

No ano de 1990, no período quente-úmido, o bairro com maior temperatura da região oeste foi Centro Norte, com valor de $24,14^{\circ}\text{C}$ e a menor temperatura foi observada nos bairros Jardim Mariana e Novo Colorado, com valor de $21,64^{\circ}\text{C}$. No período quente-seco a maior temperatura da região oeste foi verificado no bairro Jardim Ubirajara com valor de $26,33^{\circ}\text{C}$ e a menor foi constatado no bairro Popular com valor de $24,06^{\circ}\text{C}$, conforme demonstrado na Figura 19, os valores das temperaturas estão relacionados no anexo 1 desta tese.

No ano de 2009, no período quente-úmido, o bairro com maior temperatura da região oeste foi o Centro Norte, com valor de 28,31°C e a menor temperatura foi observada no bairro Ribeirão do Lipa, com valor de 25,57°C. No período quente-seco a maior temperatura da região oeste foi verificado no bairro Centro Norte com valor 31,60°C e a menor foi constatado no bairro Ribeirão do Lipa com valor de 28,99°C (Figura 20).

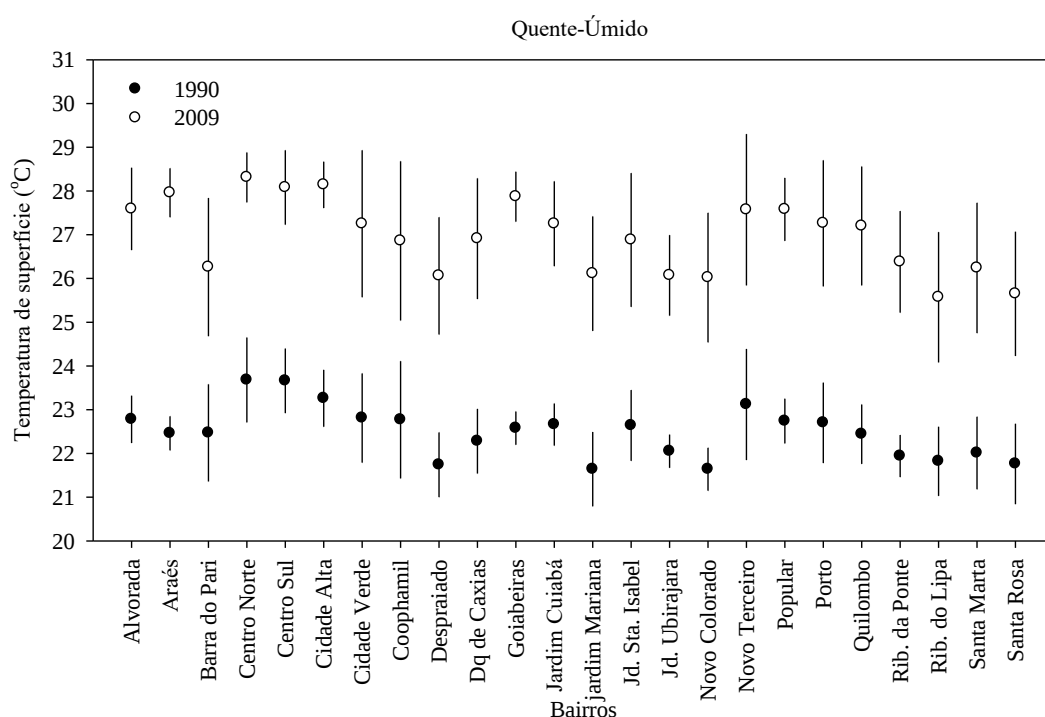


Figura 19 - Médias das temperaturas da superfície (°C) referente aos bairros da região oeste da cidade de Cuiabá-MT, nos anos de 1990 e 2009 no período quente-úmido

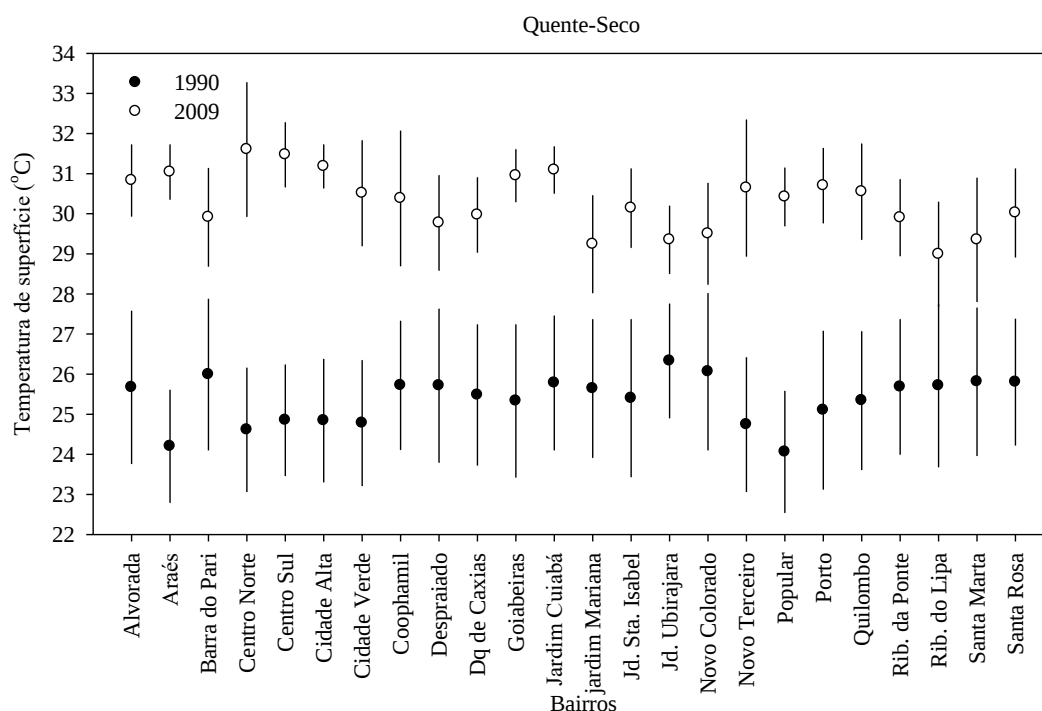


Figura 20 - Médias das temperaturas da superfície (°C) referente aos bairros da região oeste da cidade de Cuiabá-MT, nos anos de 1990 e 2009 no período quente-seco

5.3 ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DO NDVI

A presença de Ilhas de calor na maioria das vezes está relacionada a pouca ou nenhuma vegetação, portanto, para identificar se as áreas apresentam ou não vegetação foi utilizado o NDVI, que é o índice de vegetação mais conhecido e utilizado para estudos de caracterização e monitoramento da vegetação, dentre outras aplicações (SANTOS, 2011)

Os efeitos da urbanização manifestam-se através das alterações nas variáveis ambientais locais, a partir da classificação das imagens de NDVI, por meio de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, tais alterações podem ser verificadas na Figura 21, através da variabilidade espacial e temporal do NDVI para a área urbana do município de Cuiabá/MT.

Constata-se que a cor avermelhada representa valores negativos encontrados em regiões com corpos d'água, o amarelo representa os valores intermediários de

NDVI, sendo encontrado em maiores quantidade nas regiões de maior densidade de construções e também em áreas de solo exposto e sombreamento de nuvem e o tom verde representa os locais com predominância de áreas verdes.

Os resultados variam de -1 a +1 por pixel, de modo que quanto mais próximo de +1, maior a densidade da vegetação, e quanto mais próximo de -1, maior indício de presença de solos descobertos e corpos hídricos. A classe do NDVI caracterizada por solos expostos é menor que 0,10, nessa classe também estão inseridos os valores negativos representados pelos corpos d'água, presença de nuvens e suas sombras, onde absorve a radiação na faixa do infravermelho próximo, justificando o valor baixo de NDVI nesses locais (SANTOS, 2011).

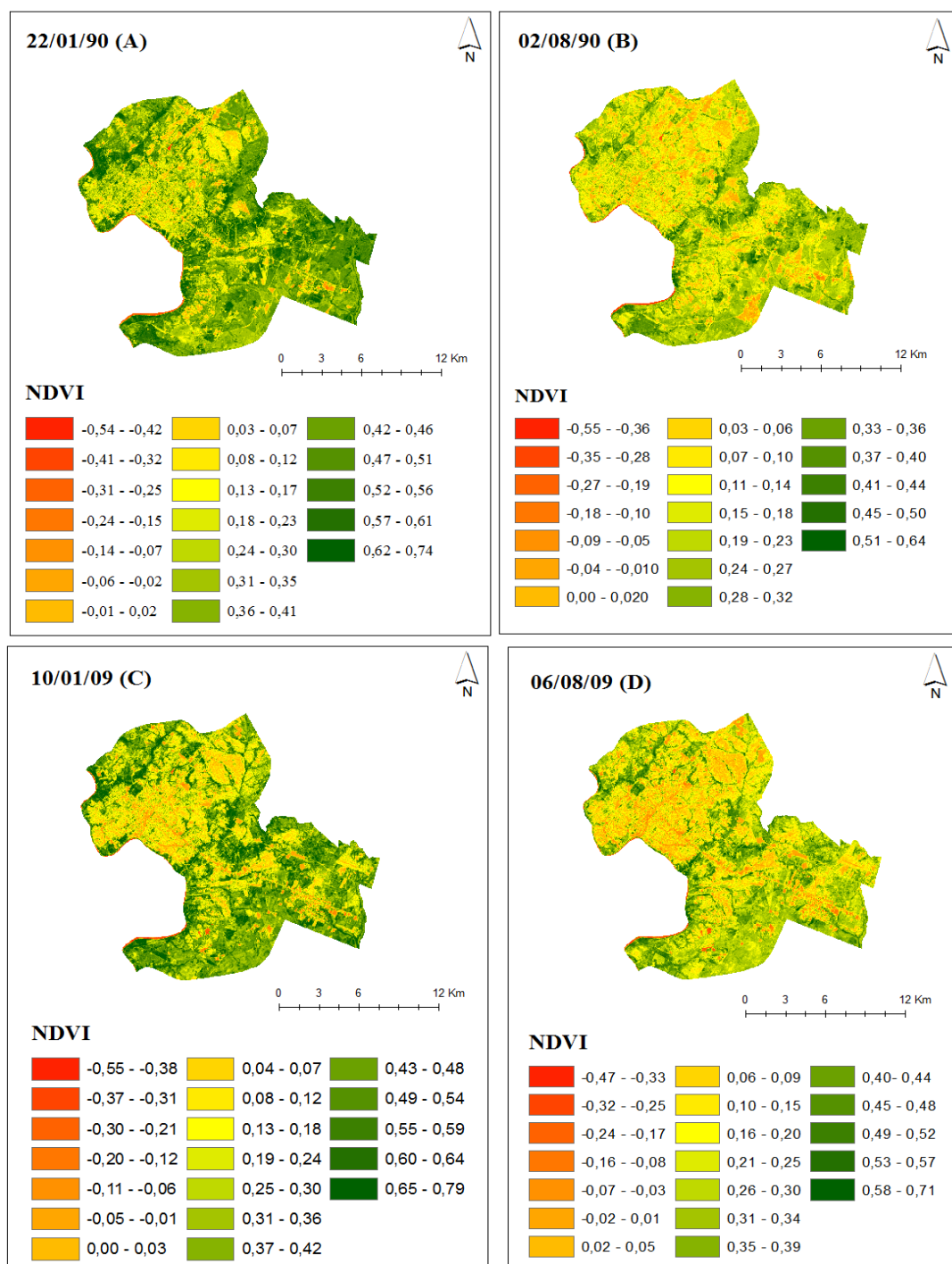


Figura 21 - Imagem do NDVI da área urbana do município de Cuiabá/MT, obtida a partir de imagens Landsat 5 dos dias 10/01/90 (A) e 02/08/90 (B), 10/01/09 (C) e 06/08/09 (D)

Fonte: Próprio Autor

A Tabela 11 apresenta os valores mínimo, máximo, média e desvio padrão do NDVI da área urbana de Cuiabá para os meses estudados.

Percebe-se que no período quente-úmido as médias de NDVI são maiores que no período quente-seco e observou-se também que no ano de 2009 no período quente-úmido houve um decréscimo do valor médio do NDVI em relação ao mesmo período de 1990, ficando caracterizada diminuição da cobertura vegetal. O NDVI tende a atingir o seu valor máximo, em geral, após o ponto mais alto do volume precipitado e, dependendo da capacidade de armazenamento de água do solo e na planta, a vegetação tende a manter o vigor mesmo após o término do período quente-úmido (SOUZA et al., 2016).

O estudo de uma cidade tropical em Cingapura observou que a vegetação urbana, a geometria da superfície e a densidade dos edifícios podem afetar a temperatura local do ar e da superfície, analisando dados do Landsat 5 TM (Nichol, 1996).

O desvio padrão foi maior para o período quente-úmido dos anos estudados com valores de 0,18 para 22/01/90 e 0,21 para 10/01/09, constatando que neste período houve uma maior variabilidade nos valores de NDVI.

Tabela 11 - Valores de NDVI (mínimo, máximo, média, desvio padrão) para o período quente-úmido (01/90 – 01/09) e quente-seco (08/90 – 08/09) da área urbana de Cuiabá

NDVI				
Data	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
01/1990	-0,54	0,74	0,36	0,18
08/1990	-0,55	0,64	0,18	0,12
01/2009	-0,55	0,79	0,33	0,21
08/2009	-0,47	0,71	0,23	0,15

Fonte: Próprio Autor

Na Tabela 11 observou-se que a média do NDVI no ano de 2009 no período quente-seco teve um aumento desprezível de 0,05, do adensamento ou vigor vegetal, em relação ao mesmo período de 1990. Porém uma análise visual das imagens na Figura 21 permite inferir uma redução da cobertura vegetal no ano de 2009.

Leite et al. 2017 também observou um aumento desprezível do NDVI entre os anos estudados e ressaltou que em algumas áreas ocorreram alterações na

refletância, conseqüentemente, no NDVI, em razão dos diferentes estágios de desenvolvimento da vegetação e das mudanças no uso do solo

5.3.1 NDVI das Regiões e seus respectivos Bairros

Comparando as Tabelas 12, 13, 14 e 15 é possível observar que a região sul apresentou os maiores valores médios de NDVI para os períodos quente-úmido, com valor de $0,40 \pm 0,16$ no ano de 1990 e $0,38 \pm 0,19$ no ano de 2009 e quente-seco com valor de $0,21 \pm 0,12$ em 1990 e $0,26 \pm 0,14$ em 2009. A região norte apresentou os menores valores para os anos estudados. No ano de 1990 os valores da região norte no período quente-úmido foi $0,26 \pm 0,17$ e no período quente-seco foi $0,11 \pm 0,09$. No ano de 2009 o valor no período quente-úmido foi $0,25 \pm 0,14$ e no quente-seco foi $0,17 \pm 0,14$.

Tabela 12 - Valores de NDVI (mínimo, máximo, média, desvio padrão) para o período quente-úmido (01/90 – 01/09) e quente-seco (08/90 – 08/09) da região norte

REGIAO NORTE				
	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
01/1990	-0,54	0,70	0,26	0,17
08/1990	-0,39	0,56	0,11	0,09
01/2009	-0,43	0,72	0,25	0,19
08/2009	-0,46	0,65	0,17	0,14

Fonte: Próprio Autor

Tabela 13 - Valores de NDVI (mínimo, máximo, média, desvio padrão) para o período quente-úmido (01/90 – 01/09) e quente-seco (08/90 – 08/09) da região sul

REGIAO SUL				
	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
01/1990	-0,41	0,74	0,40	0,16
08/1990	-0,44	0,64	0,21	0,12
01/2009	-0,48	0,75	0,38	0,19
08/2009	-0,47	0,71	0,26	0,14

Fonte: Próprio Autor

Tabela 14 - Valores de NDVI (mínimo, máximo, média, desvio padrão) para o período quente-úmido (01/90 – 01/09) e quente-seco (08/90 – 08/09) da Região leste

REGIAO LESTE				
	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
01/1990	0,38	0,74	0,33	0,18
08/1990	-0,41	0,58	0,17	0,12
01/2009	-0,45	0,79	0,27	0,21
08/2009	-0,33	0,68	0,19	0,15

Fonte: Próprio Autor

Tabela 15 - Valores de NDVI (mínimo, máximo, média, desvio padrão) para o período quente-úmido (01/90 – 01/09) e quente-seco (08/90 – 08/09) da Região oeste

REGIAO OESTE				
	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
01/1990	-0,46	0,71	0,36	0,19
08/1990	-0,55	0,57	0,17	0,12
01/2009	-0,55	0,74	0,31	0,22
08/2009	-0,47	0,68	0,22	0,16

Fonte: Próprio Autor

5.3.1.1 Região Norte

Na Figura 23 é possível observar que no ano de 1990, no período quente-úmido, o bairro com maior valor de NDVI da região norte foi o Nova Conquista, com valor de $0,44 \pm 0,08$ e o menor valor foi observado no bairro Morada da Serra, com valor de $0,18 \pm 0,12$. No período quente-seco o maior valor da região norte foi verificado nos bairros Jardim Florianópolis e Primeiro de Março com valores de $0,13 \pm 0,07$ e $0,13 \pm 0,10$, respectivamente e o menor foi constatado no bairro Paiaguás com valor de $0,06 \pm 0,05$.

Observou-se que o bairro Nova Conquista no período quente-úmido do ano de 2009 teve uma queda no valor do NDVI em relação ao mesmo período do ano de 1990 e também em relação ao período quente-seco do ano de 1990, podendo estar

relacionado à substituição das áreas vegetadas por edificações, vias, calçadas, solo exposto e pavimentos diversos.

No ano de 2009, no período quente-úmido, os bairros com maior valor de NDVI da região norte foram Jardim Florianópolis, Primeiro de Março e Três Barras com valor de $0,29 \pm 0,18$, $0,29 \pm 0,18$, $0,29 \pm 0,20$, respectivamente e o menor valor foi observado no bairro Morada da Serra, com valor de $0,15 \pm 0,14$. No período quente-seco o maior valor foi verificado nos bairros Jardim Florianópolis com valor de $0,21 \pm 0,15$, e Jardim Vitória com valor de $0,21 \pm 0,13$ e o menor foi constatado no bairro Morada da Serra com valor de $0,11 \pm 0,09$, conforme demonstrado na Figura 24, os valores do NDVI estão relacionados no anexo 1 desta tese.

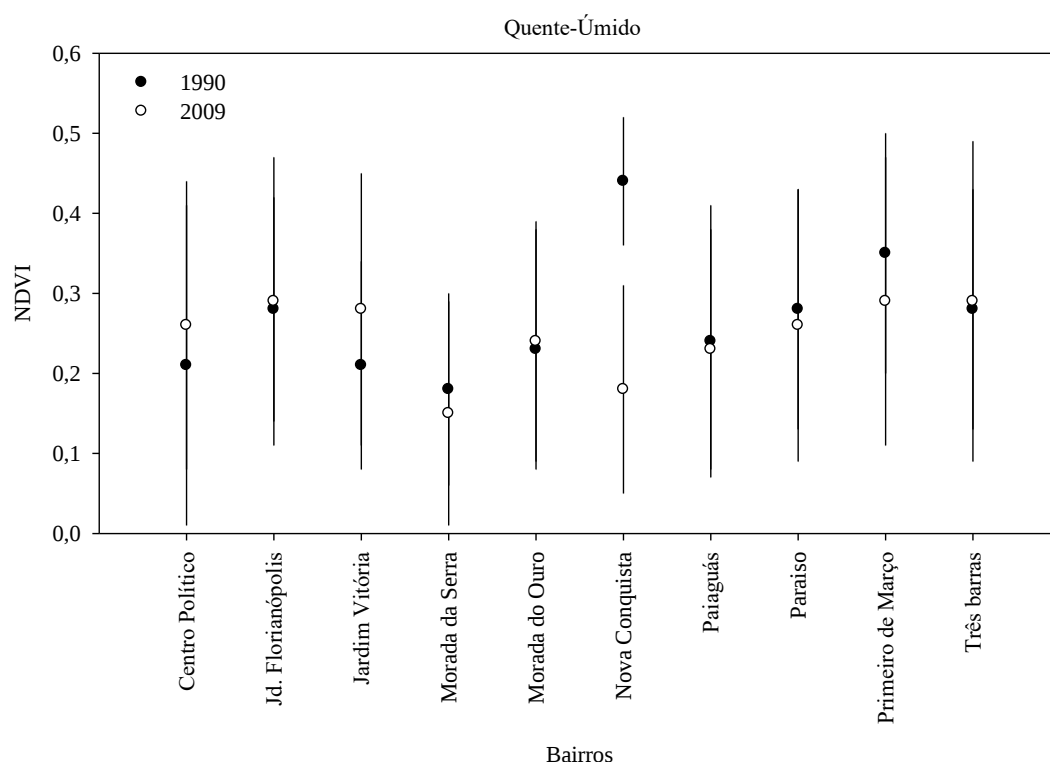


Figura 22 - Médias dos valores de NDVI referente aos bairros da região norte da cidade de Cuiabá, no período quente-úmido dos anos de 1990 e 2009

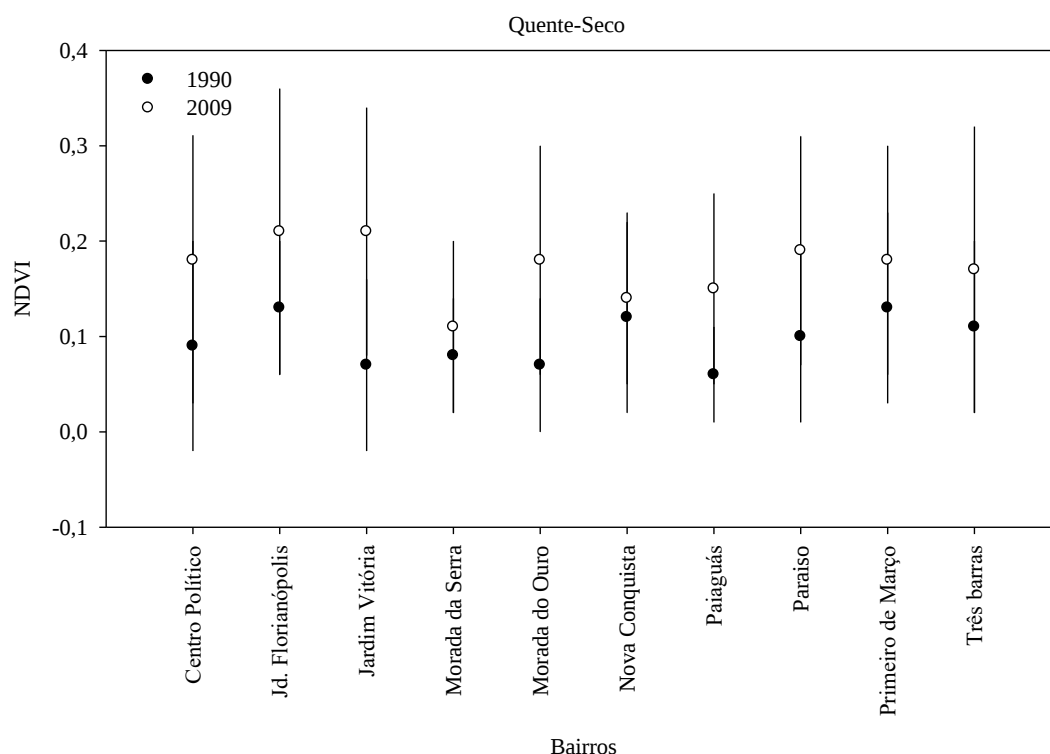


Figura 23 - Médias dos valores de NDVI referente aos bairros da região norte da cidade de Cuiabá, no período quente-úmido dos anos de 1990 e 2009

5.3.1.2 Região Sul

Na Figura 25 é possível observar que no ano de 1990, no período quente-úmido, o bairro com maior valor de NDVI da região sul foi o Coophema, com valor de $0,51 \pm 0,15$ e o menor valor foi observado no bairro Tijucal, com valor de $0,21 \pm 0,13$. No período quente-seco o maior valor da região foi verificado nos bairros Coophema, Pacoal Ramos e São Sebastião com valores de $0,27 \pm 0,09$, $0,27 \pm 0,10$ e $0,27 \pm 0,08$, respectivamente e o menor foi constatado nos bairros São João Del Rey e Tijucal com valor de $0,12 \pm 0,07$ em ambos.

No ano de 2009, o bairro São Gonçalo Beira Rio tanto no período quente-úmido quanto no período quente-seco teve seus valores maiores em relação aos outros bairros, com valores de $0,47 \pm 0,11$ e $0,38 \pm 0,12$, respectivamente. O menor valor de NDVI foi observado no bairro Tijucal para ambos os períodos, com valor de

0,14±0,14 no período quente-úmido e 0,11±0,10 no período quente-seco, conforme demonstrado na Figura 26, os valores do NDVI estão relacionados no anexo 1 desta tese.

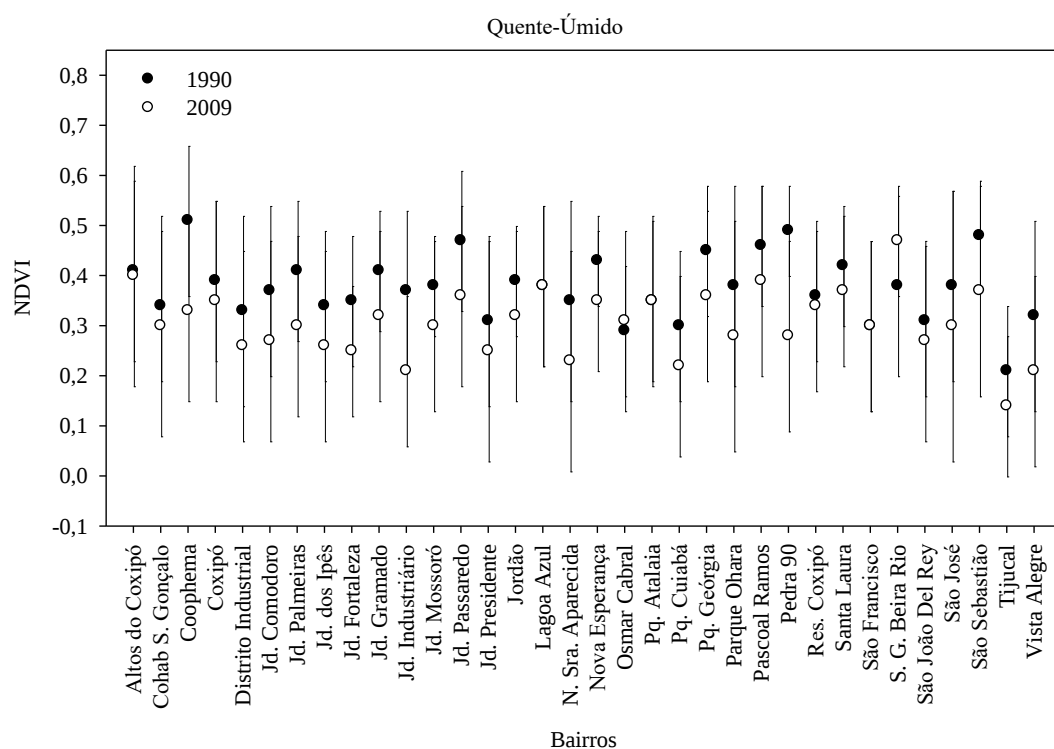


Figura 24 - Médias dos valores de NDVI referente aos bairros da região sul da cidade de Cuiabá, no período quente-úmido dos anos de 1990 e 2009

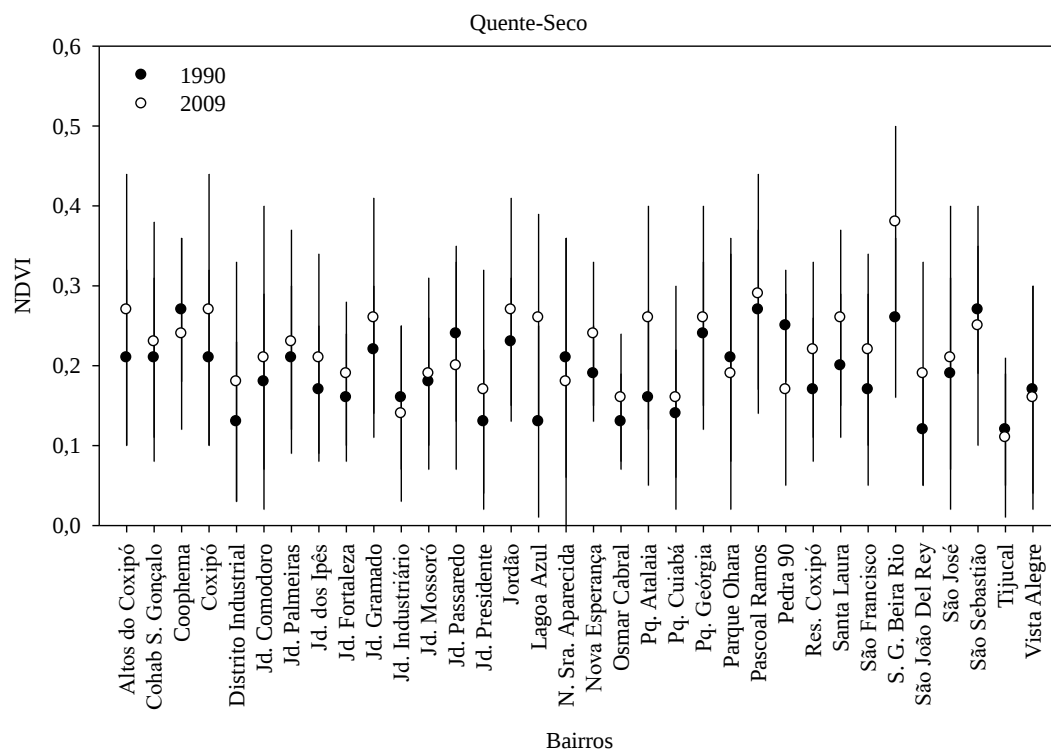


Figura 25 - Médias dos valores de NDVI referente aos bairros da região sul da cidade de Cuiabá, no período quente-seco dos anos de 1990 e 2009

5.3.1.3 Região Leste

É possível verificar na Figura 27 que no ano de 1990, o maior valor de NDVI foi observado no bairro Cachoeira das Garças, com valor de $0,52 \pm 0,15$ no período quente-úmido e $0,28 \pm 0,10$ no período quente-seco. O menor valor encontrado no ano de 1990 para o período quente-úmido e quente seco foi no bairro Terra Nova, com valores de $0,07 \pm 0,11$ e $0,02 \pm 0,04$, respectivamente.

No ano de 2009, o maior valor encontrado para o período quente-úmido foi no bairro Cachoeira das Garças, com valor de $0,51 \pm 0,16$. O bairro Pico do Amor nos dois períodos estudados do ano de 2009 teve seus valores menores em relação aos outros bairros, com valor de $0,06 \pm 0,11$ no período quente-úmido e $0,04 \pm 0,08$ no período quente-seco (Figura 28), os valores do NDVI estão relacionados no anexo 1 desta tese.

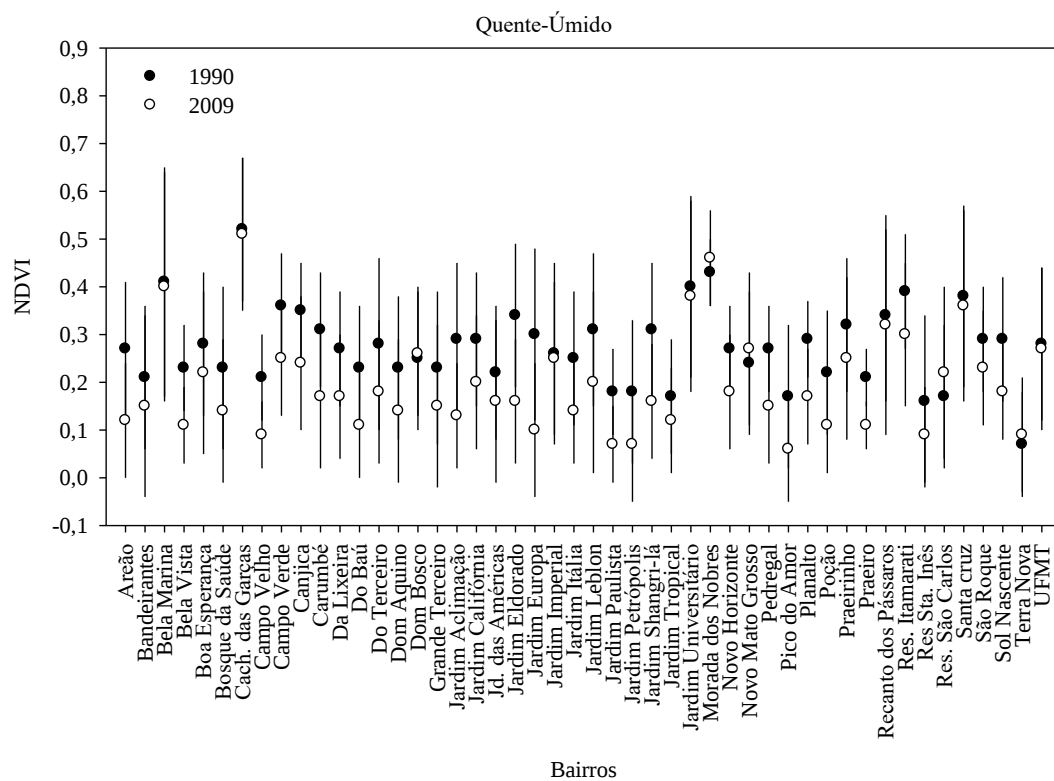


Figura 26 - Médias dos valores de NDVI referente aos bairros da região leste da cidade de Cuiabá, no período quente-úmido dos anos de 1990 e 2009

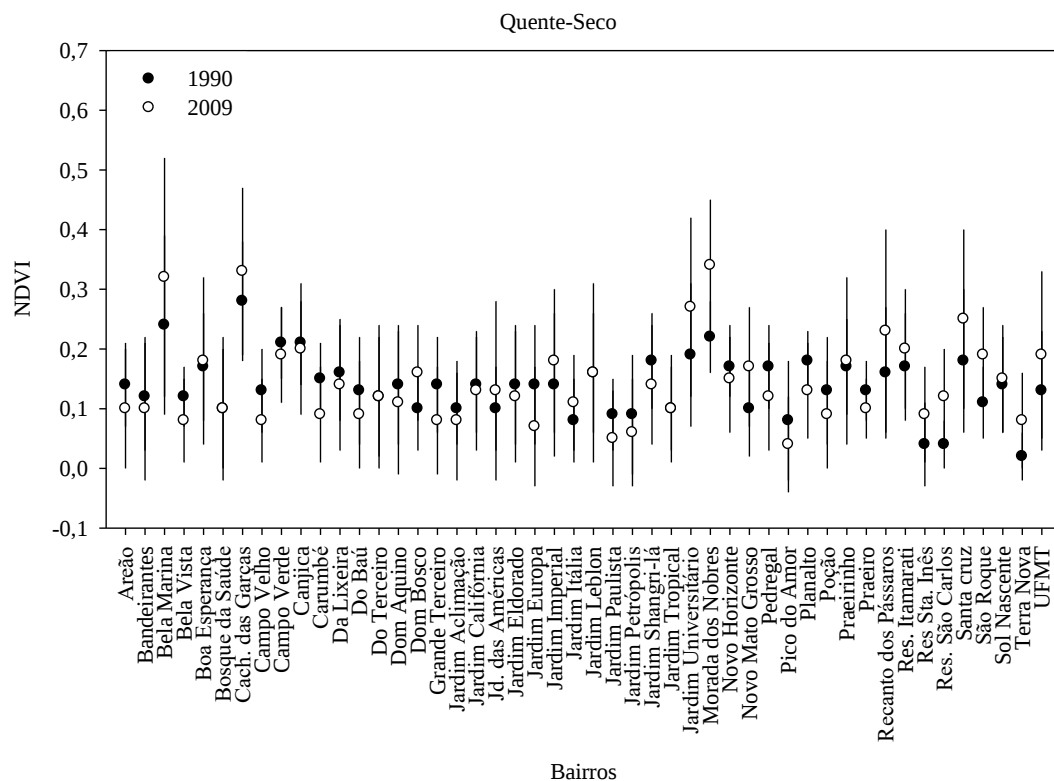


Figura 27 - Médias dos valores de NDVI referente aos bairros da região leste da cidade de Cuiabá, no período quente-seco dos anos de 1990 e 2009

5.3.1.4 Região Oeste

Na Figura 29 é possível verificar que no ano de 1990, no período quente-úmido, o bairro Santa Rosa obteve o maior valor de NDVI da região oeste, com valor de $0,45 \pm 0,15$ e o bairro Centro Norte teve o menor valor nos dois períodos estudado, com valor de $0,08 \pm 0,08$ no período quente-úmido e $0,05 \pm 0,06$ no período quente-seco. O maior valor no período quente-seco foi verificado nos bairros Novo Colorado e Ribeirão da Ponte com valores de $0,21 \pm 0,09$ e $0,21 \pm 0,10$, respectivamente..

No ano de 2009, o maior valor de NDVI foi observado no bairro Ribeirão do Lipa, com valor de $0,40 \pm 0,20$ no período quente-úmido e $0,30 \pm 0,16$ no período quente-seco. O menor valor encontrado no ano de 2009 para o período quente-úmido e quente seco foi no bairro Centro Norte, com valores de $0,06 \pm 0,14$ e $0,05 \pm 0,09$,

respectivamente (Figura 30), os valores do NDVI estão relacionados no anexo 1 desta tese.

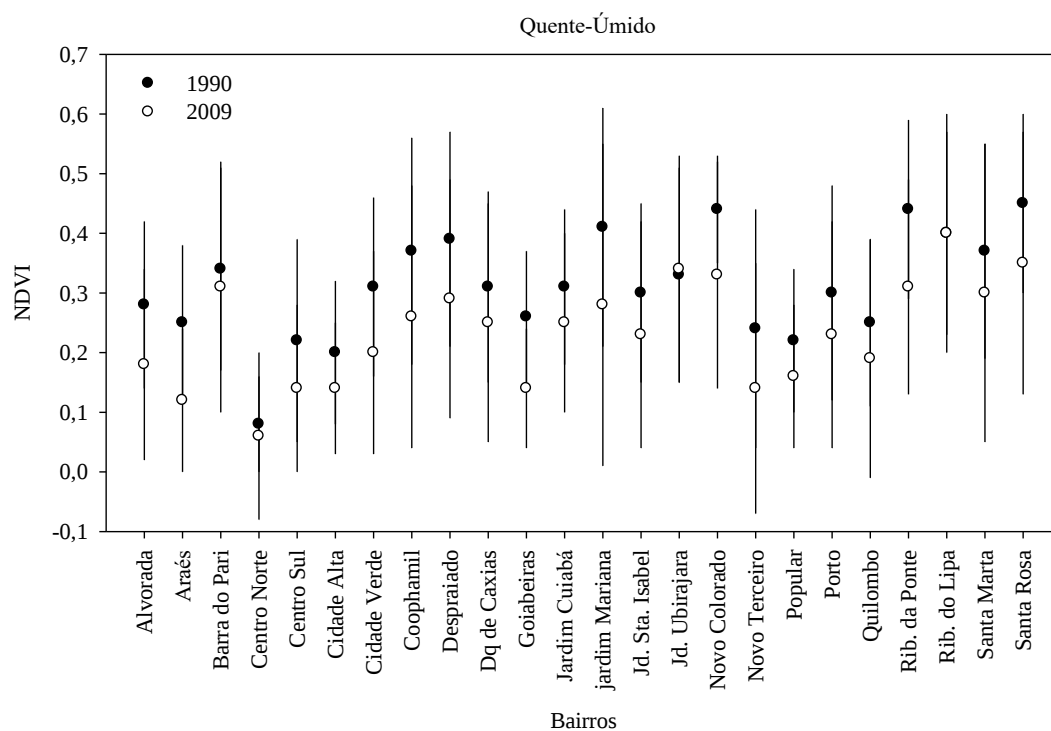


Figura 28 - Médias dos valores de NDVI referente aos bairros da região oeste da cidade de Cuiabá, no período quente-úmido dos anos de 1990 e 2009

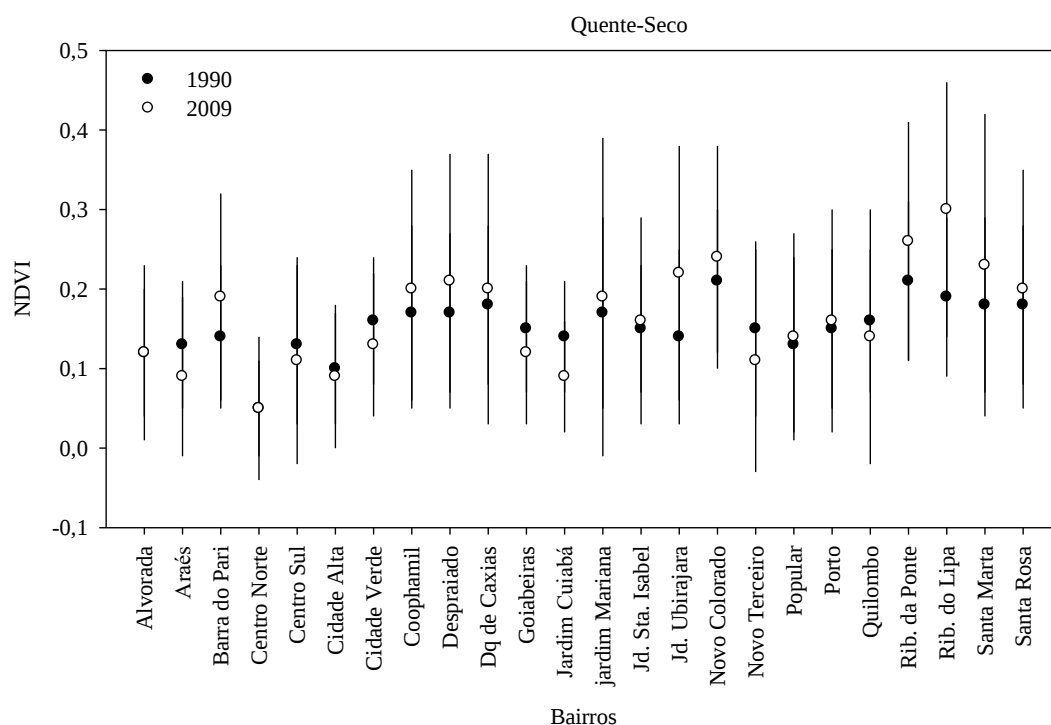


Figura 29 - Médias dos valores de NDVI referente aos bairros da região oeste da cidade de Cuiabá, no período quente-seco dos anos de 1990 e 2009

As Figuras 31 e 32 apresentam os mapas da temperatura da superfície (A), NDVI (B) e Classificação do Solo (C) dos anos de 1990 e 2009 no período quente-úmido e quente-seco, respectivamente. Verificou-se uma similaridade entre eles ao observar que as cores vermelhas que representam maiores temperaturas, menor índice de vegetação e maior densidade de construção, estão visíveis nos mesmos locais dos três mapas. Os mapas também ilustram uma relação semelhante nas áreas com temperaturas mais amenas e maior índice de vegetação.

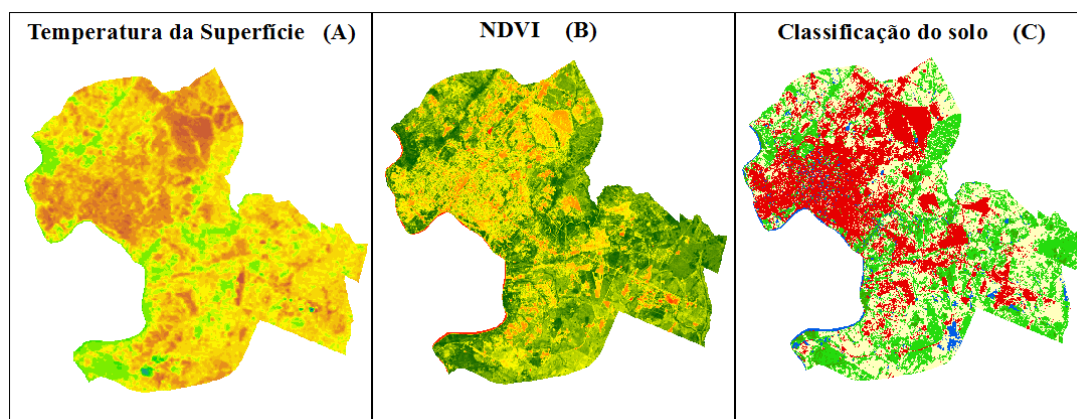


Figura 30 - Mapa da temperatura da superfície (A), NDVI (B) e Classificação do Solo (C) do ano de 1990 no período quente-úmido

Fonte: Próprio Autor

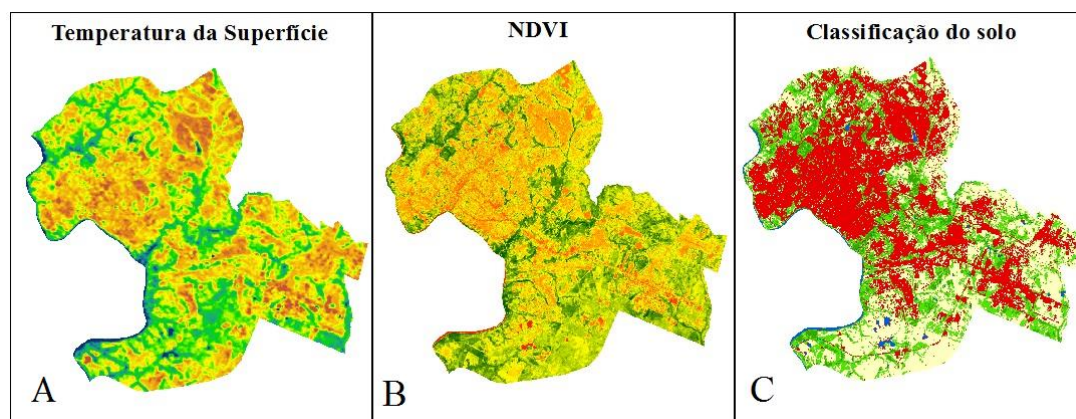


Figura 31 - Mapa da temperatura da superfície (A), NDVI (B) e Classificação do Solo (C) do ano de 2009 no período quente-seco

Fonte: Próprio Autor

5.4 INTENSIDADE DA ILHA DE CALOR URBANA DE SUPERFÍCIE

A Intensidade da ilha de calor urbana de superfície (IICUS) é determinada pelas variações da temperatura da superfície entre áreas rurais, urbanas e circundantes com características geográficas semelhantes.

Os valores médios da IICUS para os períodos estudados na cidade de Cuiabá estão relacionadas na Tabela (16). Eles demonstraram que a IICUS está se intensificando na cidade de Cuiabá e essa tendência pode continuar nas próximas décadas por causa da urbanização.

Tabela 16 - Valores da IICUS (mínimo, máximo, média, desvio padrão) para o período quente-úmido (22/01/90 e 10/01/09) e quente-seco (02/08/90 e 06/08/09)

Intensidade da Ilha de Calor Urbana De Superfície				
Datas	Mínimo (°C)	Máximo (°C)	Média (°C)	Desvio Padrão
06/08/2009	1,73	6,11	4,65	0,81
10/01/2009	1,26	5,86	4,13	1,00
02/08/1990	1,85	6,16	3,94	0,82
22/01/1990	0,85	3,97	2,33	0,71

Fonte: Próprio Autor

No ano de 2009 no período quente-úmido a IICUS foi significativamente maior que no mesmo período do ano de 1990 em todas as regiões de Cuiabá (nível de significância $p < 0,001$). No entanto, diferenças significativas não foram observadas entre os anos de 1990 e 2009 no período quente-seco nas regiões norte e sul.

Duas razões podem levar as diferenças acima. Em primeiro lugar, a atividade da vegetação é consideravelmente maior no período quente-úmido do que no período quente-seco, portanto, as influências da diminuição da cobertura vegetal foram mais evidentes no período quente-úmido, na IICUS. Em segundo lugar, o aumento das superfícies impermeáveis pode absorver mais calor durante o dia no verão que abrange o período quente-úmido do que no inverno que compreende o período quente-seco, devido à maior duração da insolação e maior radiação solar direta (YAO et al., 2017)

Observou-se que as regiões como leste e oeste que abrangem os bairros mais centrais, com pavimentações mais impermeáveis e com mais edificações verticais apresentaram IICUS consideravelmente maiores no ano de 2009 em relação ao ano de 1990 nos dois períodos (nível de significância $p < 0,001$).

Na maioria dos estudos de ilha de calor, o centro da ilha é bem definido e geralmente está localizado no centro da cidade com maior densidade de construções ou nos bairros industriais. Em Cuiabá, alguns bairros da periferia como Nova

Esperança (região sul), Nova Conquista (região norte) e Morada da Serra (região norte) tiveram IICUS superiores às regiões centrais.

5.4.1 IICUS Região Norte

A média da IICUS na região norte no período quente-úmido foi $2,70 \pm 0,59^{\circ}\text{C}$ no ano de 1990 e $3,99 \pm 0,61^{\circ}\text{C}$ no ano de 2009. No período quente-seco foi $4,69 \pm 0,76^{\circ}\text{C}$ no ano de 1990 e $4,64 \pm 0,64^{\circ}\text{C}$ no ano de 2009.

O bairro com maior IICUS no ano de 1990 e 2009 no período quente-úmido foi Morada da Serra com valor de $3,92^{\circ}\text{C}$ e $5,32^{\circ}\text{C}$, respectivamente (Figura 33). O bairro Morada da Serra que no ano de 1990 no período quente-úmido apresentava uma IICUS Moderada, no ano de 2009 no mesmo período passou para Forte, o que demonstra que este bairro cresceu sem um planejamento urbano adequado, que priorizasse a qualidade de vida dos moradores.

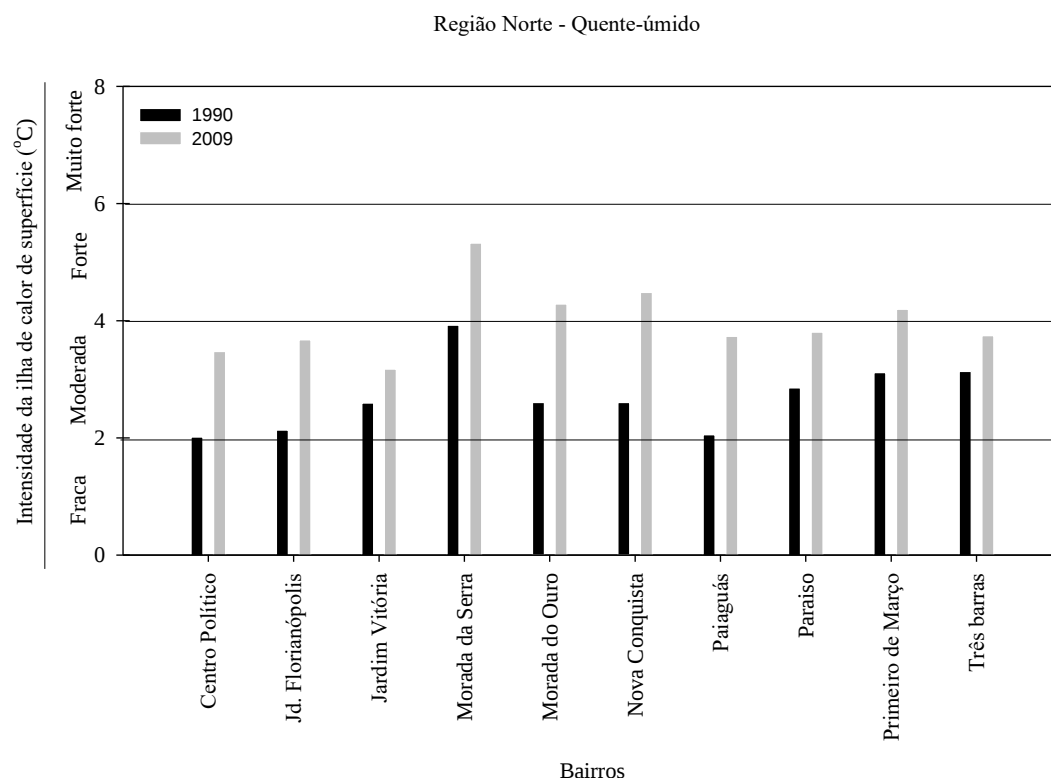


Figura 32 - Classificação da IICUS para os bairros da região norte da cidade de Cuiabá no período quente-úmido dos anos de 1990 e 2009

Ferreira (2018) realizou uma pesquisa sobre o controle térmico da superfície em área intraurbanas densamente edificadas de Cuiabá no ano de 2017 e observou que o Centro, o bairro Morada da Serra e seus entornos próximos, tendem a estar mais aquecidos que outras áreas intraurbanas, ele também descreve que a tendência de Cuiabá, assim como de outras cidades do Brasil e do mundo, é a evolução das regiões periféricas nas áreas urbanas, acarretando no aumento da densidade construtiva e populacional dessas regiões, conjuntamente com a supressão da vegetação ou canalização de rios e córregos.

Esse crescimento das áreas suburbanas pode ocasionar uma expansão das áreas de maior aquecimento intraurbano, provocando um agravamento desta condição ambiental desenvolvida no microclima, podendo prejudicar ainda mais a qualidade de vida da população, levando ao aumento da temperatura em localidades que já possuem climas modificados e que tendem ao aquecimento (FERREIRA, 2018).

O bairro Centro Político Administrativo teve o menor valor de IICUS da região norte no ano de 1990 no período quente-úmido, com valor de 2,01°C e o Jardim Vitória teve o menor valor no período quente-seco, com 3,17°C.

A maior porcentagem de aumento na região norte entre os anos de 1990 e 2009 no período quente-úmido ocorreu no bairro Paiaguás, com valor de 82% e a menor foi no bairro Três Barras, com 19% e no período quente-seco a maior foi no bairro Morada da Serra com valor de 41% e a menor no bairro Jardim Florianópolis com percentual negativo de -17% (Figura 34). Observou-se que em quase todos os bairros que ocorreram as maiores porcentagens de aumento da IICUS na cidade de Cuiabá, o NDVI diminuiu entre os anos estudados e nos bairros com as menores porcentagens o NDVI aumentou. O valor negativo significa que este bairro teve uma IICUS menor no ano de 2009 em relação ao ano de 1990.

O Coxipó da Ponte, área rural, que em 1990 no período quente-seco teve a temperatura de superfície registrada com valor de 21,68°C e em 2009 ela passou para 25,83°C, este local também passou por desmatamento e acréscimo de habitantes na região, porém esta diferença térmica pode estar relacionada com o solo exposto que no período quente-seco contribui para o aumento da temperatura da superfície. No período quente-úmido a temperatura da área rural passou de 20,17°C em 1990 para

22,81°C em 2009. Sendo assim, observou-se que no período quente-úmido a porcentagem de aumento foi maior em quase todos os bairros da região norte em relação ao período quente-seco.

De acordo com Ugeda Júnior (2011), o solo exposto tem capacidade térmica menor e calor específico maior do que os observados nos materiais construtivos. No período quente-seco ocorre uma queda brusca da umidade do solo e consequentemente, a temperatura da superfície tende a ser mais elevada que no período quente-úmido.

Os bairros que tiveram um aumento percentual negativo demonstraram um menor incremento da temperatura da superfície no ano de 2009 em relação ao ano de 1990, com diferenças menores que 4,15°C.

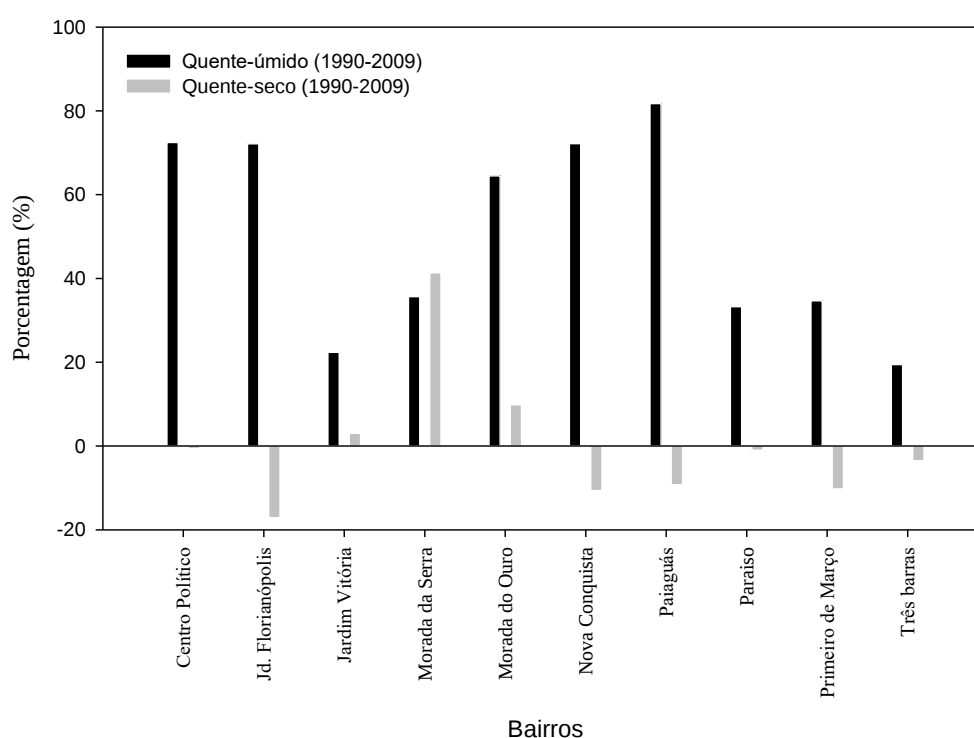


Figura 33 – Porcentagem do aumento da IICUS no período quente-úmido e no período quente-seco entre os anos de 1990 e 2009, nos bairros da região norte

No período quente-seco do ano de 1990 o bairro Nova Conquista teve a maior IICUS, com valor de 6,15°C, classificada como Muito Forte e o menor valor foi no bairro Jardim Vitória, com 3,76°C, classificada como Moderada. Na década de 90, o

bairro Nova Conquista estava em expansão populacional e ainda possuía muitas áreas de solos expostos. Teobaldo Neto & Amorim (2017), que realizaram um trabalho na cidade de Cuiabá para avaliação da ilha de calor superficial no ano de 2014 verificaram as maiores temperaturas nas áreas de solo exposto ou com vegetação rasteira, tanto na área considerada rural, como dentro do perímetro urbano.

No ano de 2009, no período quente-seco, o bairro Morada da Serra teve a maior IICUS com valor de 5,62°C (Forte) e o bairro Jardim Vitória que fica na periferia da cidade de Cuiabá, abrange uma área de vegetação densa e ruas sem pavimentação, teve a menor IICUS registrada, com valor de 3,85°C (Moderada) (Figura 35).

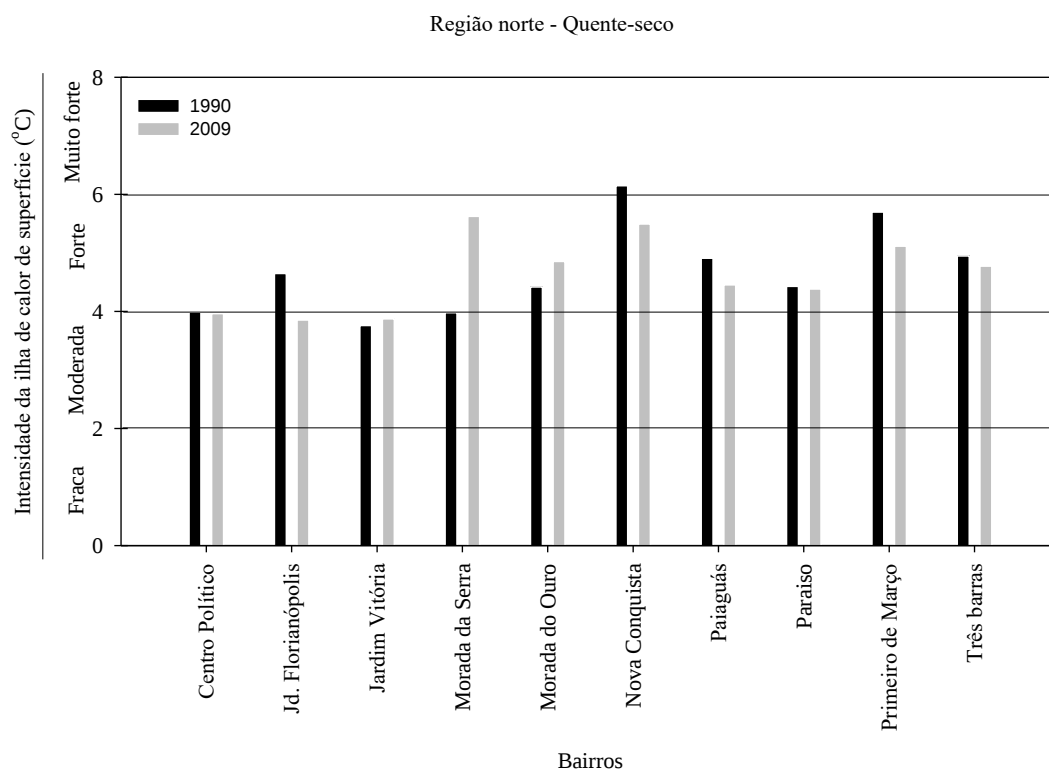


Figura 34 - Classificação da IICUS para os bairros da região norte da cidade de Cuiabá no período quente-seco dos anos de 1990 e 2009

5.4.2 IICUS Região Sul

A média da IICUS na região sul no período quente-úmido foi $1,73 \pm 0,37^{\circ}\text{C}$ no ano de 1990 e $3,42 \pm 0,75^{\circ}\text{C}$ no ano de 2009. No período quente-seco foi $3,99 \pm 0,75^{\circ}\text{C}$ no ano de 1990 e $4,25 \pm 0,73^{\circ}\text{C}$ no ano de 2009.

O bairro com maior IICUS no período quente-úmido no ano de 1990 foi Parque Cuiabá, com valor de $2,67^{\circ}\text{C}$ (Moderada) e no ano de 2009 foi Tijucal com valor de $5,35^{\circ}\text{C}$ (Forte) (Figura 36). Parque Cuiabá e Tijucal são bairros predominantemente composto por segmentos sociais de renda baixa e características construtivas semelhantes (pouca vegetação, quintais reduzidos, onde grande parte está construída, entre outros) (ARAÚJO et al., 2018).

O bairro São Gonçalo Beira Rio foi o que teve menor IICUS com classificação Fraca no período quente-úmido nos anos estudados, com valor de $0,98^{\circ}\text{C}$ no ano de 1990 e $1,36^{\circ}\text{C}$ no ano de 2009.

Região sul - Quente-úmido

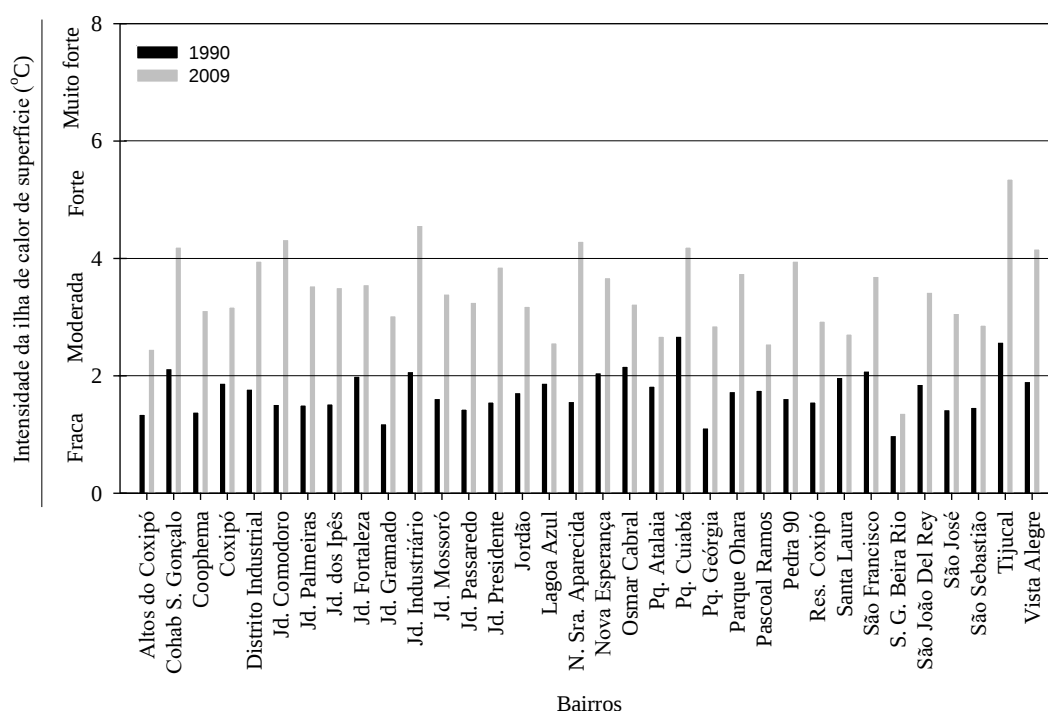


Figura 35 - Classificação da IICUS para os bairros da região sul da cidade de Cuiabá no período quente-úmido dos anos de 1990 e 2009

O bairro com maior IICUS no período quente-seco no ano de 1990 foi Nova Esperança, com valor de 6,16°C (Muito Forte) e no ano de 2009 foi Tijucal, com valor de 5,66°C (Forte) (Figura 37).

No ano de 1990 o bairro Nova Esperança evidenciava um maior percentual de solo exposto, o que justifica esse aumento na temperatura no período seco. De acordo com Ugeda Júnior (2012), o solo exposto tem capacidade térmica menor e calor específico maior do que os observados nos materiais construtivos. No período quente-seco ocorre uma queda brusca da umidade do solo e consequentemente, a temperatura da superfície tende a ser mais elevada que no período quente-úmido.

O bairro com menor IICUS no período quente-seco no ano de 1990 foi Nossa Senhora Aparecida, com valor de 2,91°C (Moderada) e no ano de 2009 foi São Gonçalo Beira Rio, com valor de 1,73°C (Frac).

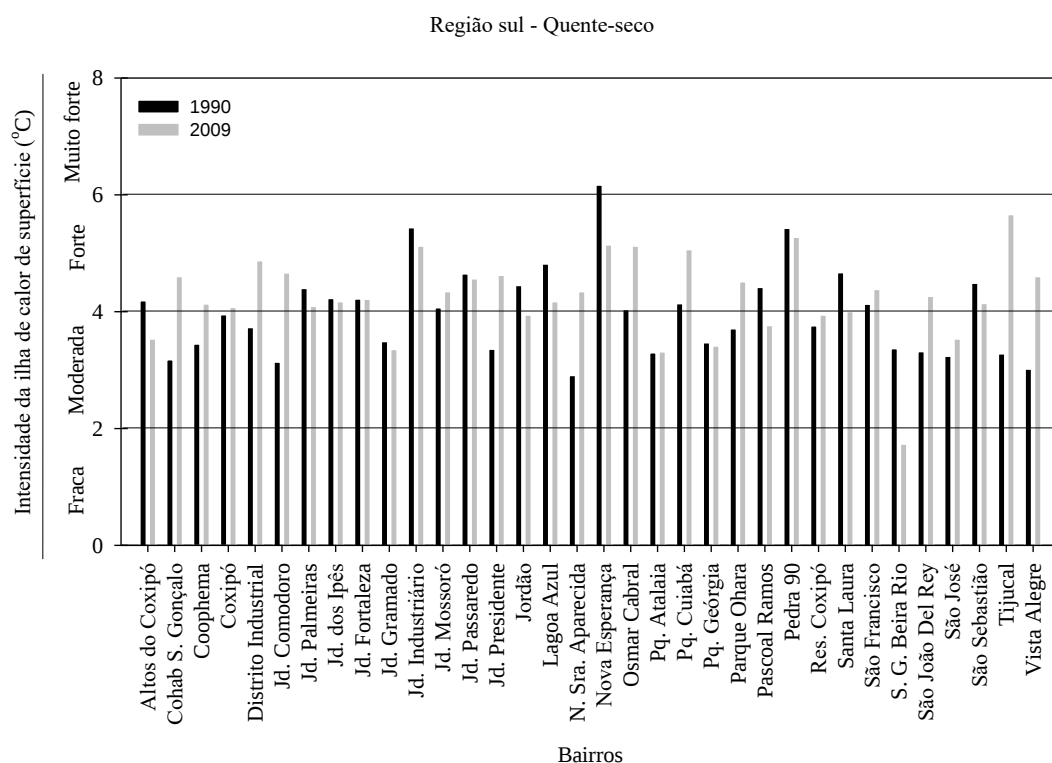


Figura 36 - Classificação da IICUS para os bairros da região sul da cidade de Cuiabá no período quente-seco dos anos de 1990 e 2009

A maior porcentagem de aumento na região sul entre os anos de 1990 e 2009 no período quente-úmido ocorreu no bairro Jardim Comodoro, com intensificação de 185%. Este bairro que no ano de 1990 estava com uma IICUS de 1,51°C com classificação Fraca, no ano de 2009 essa intensidade aumentou para 4,32°C classificada como Forte. Este bairro passou por grandes transformações entre os anos estudados, sendo que na década de 90 possuía poucas casas e ruas sem pavimentação e no ano de 2009 a quantidade de casas aumentaram e as ruas tinham sido pavimentadas. A menor porcentagem no período quente-úmido foi no bairro Lagoa Azul, com 36% (Figura 38).

No período quente-seco a maior porcentagem foi no bairro Tijucal com valor de 72% e a menor no bairro São Gonçalo Beira Rio com -48%.

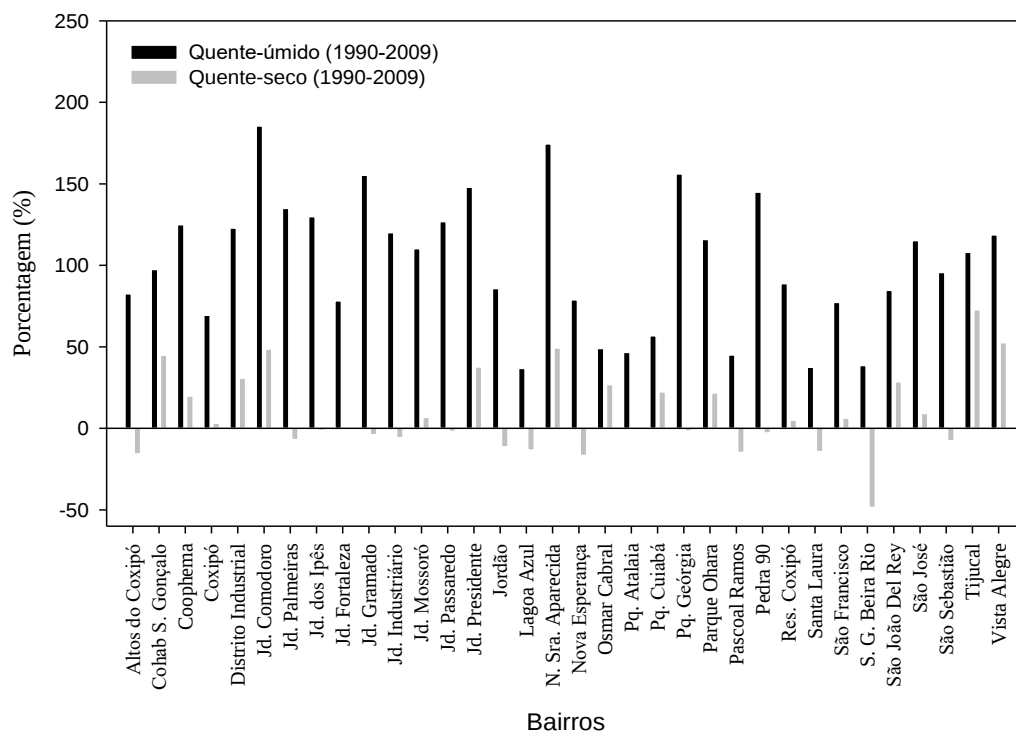


Figura 37 – Porcentagem do aumento da IICUS no período quente-úmido e no período quente-seco entre os anos de 1990 e 2009, nos bairros da região sul

5.4.3 IICUS Região Leste

A média da IICUS na região leste no período quente-úmido foi $2,67 \pm 0,69^\circ\text{C}$ no ano de 1990 e $4,64 \pm 1,00^\circ\text{C}$ no ano de 2009. No período quente-seco foi $3,87 \pm 0,90^\circ\text{C}$ no ano de 1990 e $5,01 \pm 0,79^\circ\text{C}$ no ano de 2009.

O bairro com maior IICUS na região leste no período quente-úmido no ano de 1990 foi Campo Velho com valor de $3,96^\circ\text{C}$ (Moderada) e no ano de 2009 foi Residencial Santa Inês com $5,86^\circ\text{C}$ (Forte) (Figura 39). O bairro Cachoeira das Garças foi o que teve menor IICUS no período quente-úmido nos anos estudados, com valor de $0,84^\circ\text{C}$ no ano de 1990 e $1,25^\circ\text{C}$ no ano de 2009, esses valores estão classificados como IICUS Fraca, sendo que alguns autores como Barros (2016), classificam esses valores como Ilha de Frescor Urbana (IFU).

Barros (2016) relata em seu estudo na cidade de São Paulo que a IFU foi observada em áreas com elevada concentração de vegetação, neste estudo os locais

com classificação como Fraca, também são locais mais arborizados e próximos de rios.

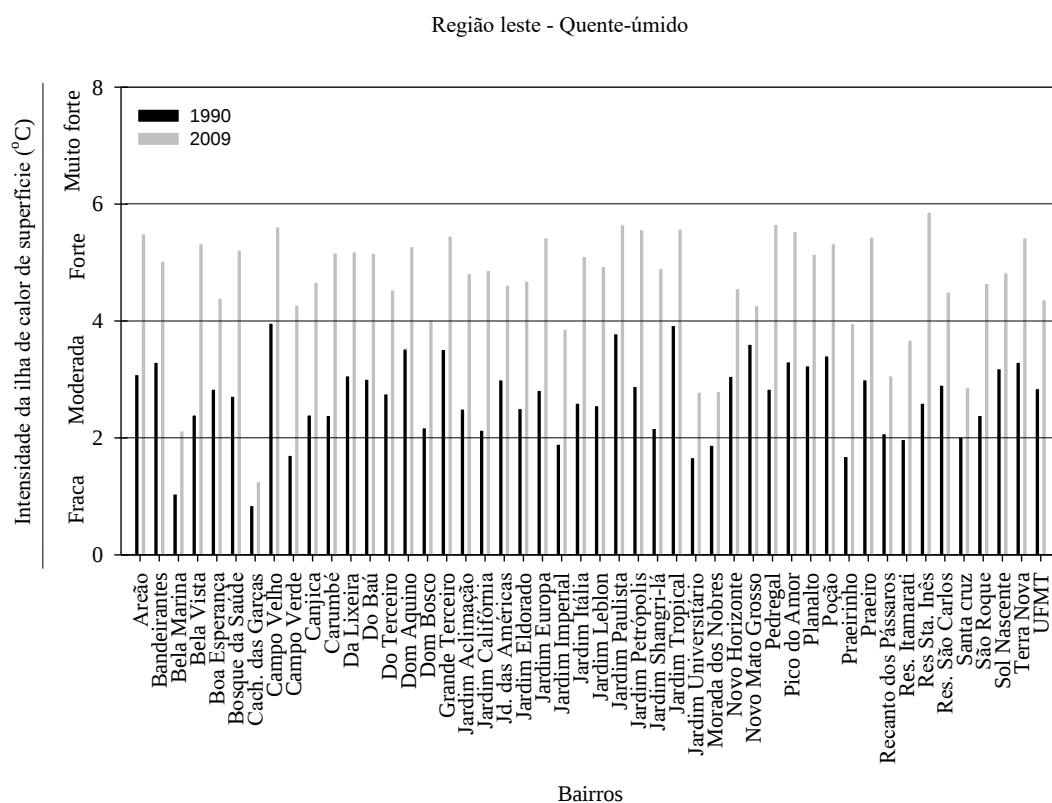


Figura 38 - Classificação da IICUS para os bairros da região leste da cidade de Cuiabá no período quente-úmido dos anos de 1990 e 2009

O bairro com maior IICUS na região leste no período quente-seco no ano de 1990 foi Jardim Eldorado com valor de 5,91°C (Forte) e no ano de 2009 foi Pedregal com 6,10°C (Muito Forte). O bairro Bela Marina foi o que teve menor IICUS no período quente-seco nos anos estudados, com valor de 1,85°C (Fraca) no ano de 1990 e 2,34°C (Moderada) no ano de 2009 (Figura 40).

Os bairros Campo Velho, Residencial Santa Inês, Jardim Eldorado e Pedregal possuem características semelhantes, com ruas pavimentadas, pouca vegetação e um aglomerado de casas muito próximas umas das outras.

A área construída coberta de edifícios, estradas e outras superfícies impermeáveis absorve a radiação solar mais alta devido à maior condutividade térmica durante o dia e liberada lentamente à noite na forma de emissão. Portanto, as

áreas urbanas tendem a experimentar uma temperatura relativamente mais alta em comparação com áreas rurais adjacentes. O desenvolvimento urbano é tipicamente responsável pela mudança notável da temperatura da superfície, à medida que a vegetação é substituída por metal, asfalto e concreto, sendo que estes não evaporam e não transpiram (RANI et al., 2018).

Barros (2016) relata que a geometria urbana, que se refere às dimensões e ao espaçamento das edificações dentro da cidade, influencia no desenvolvimento da ICUS. A geometria urbana afeta o escoamento do vento, a absorção de energia e a habilidade da superfície em emitir radiação de onda longa para o espaço.

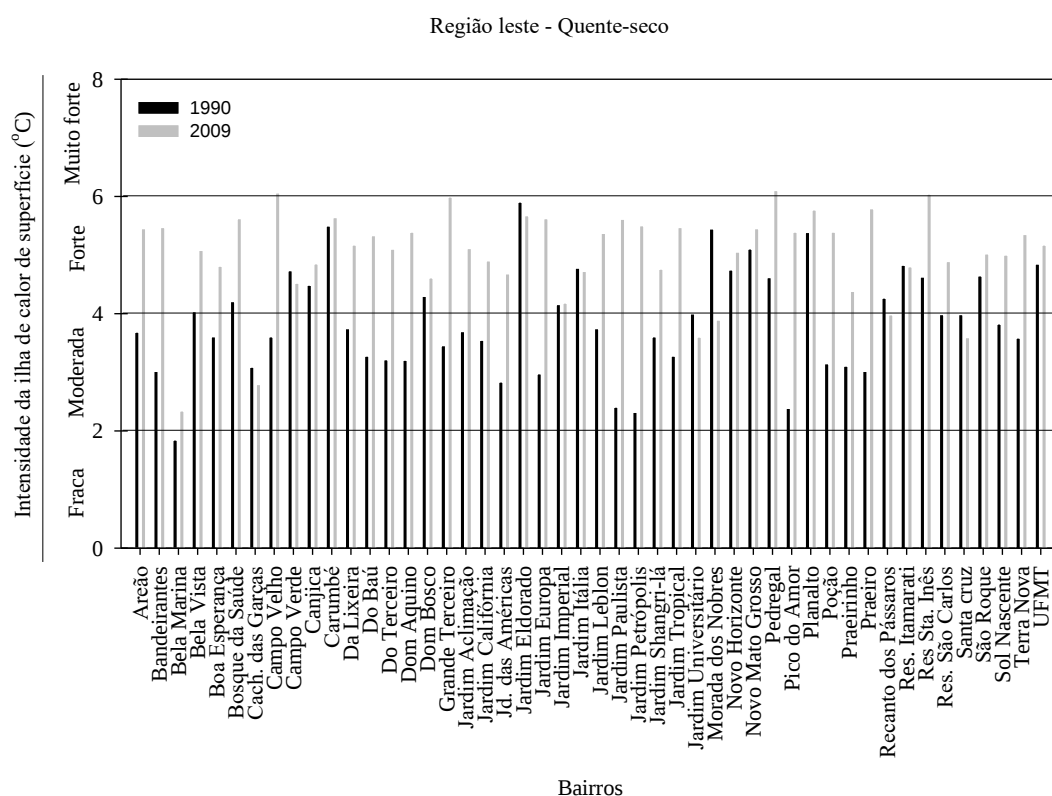


Figura 39 - Classificação da IICUS para os bairros da região leste da cidade de Cuiabá no período quente-seco dos anos de 1990 e 2009

A maior porcentagem de aumento na região leste entre os anos de 1990 e 2009 no período quente-úmido ocorreu no bairro Campo Verde, com percentual de

150%. A menor porcentagem no período quente-úmido foi no bairro Novo Mato Grosso, com 18%.

No período quente-seco a maior porcentagem foi no bairro Jardim Petrópolis, com percentual de 137% e a menor no bairro Morada dos Nobres com percentual negativo de -28% (Figura 41). O valor negativo significa que este bairro teve uma IICUS menor no ano de 2009 em relação ao ano de 1990.

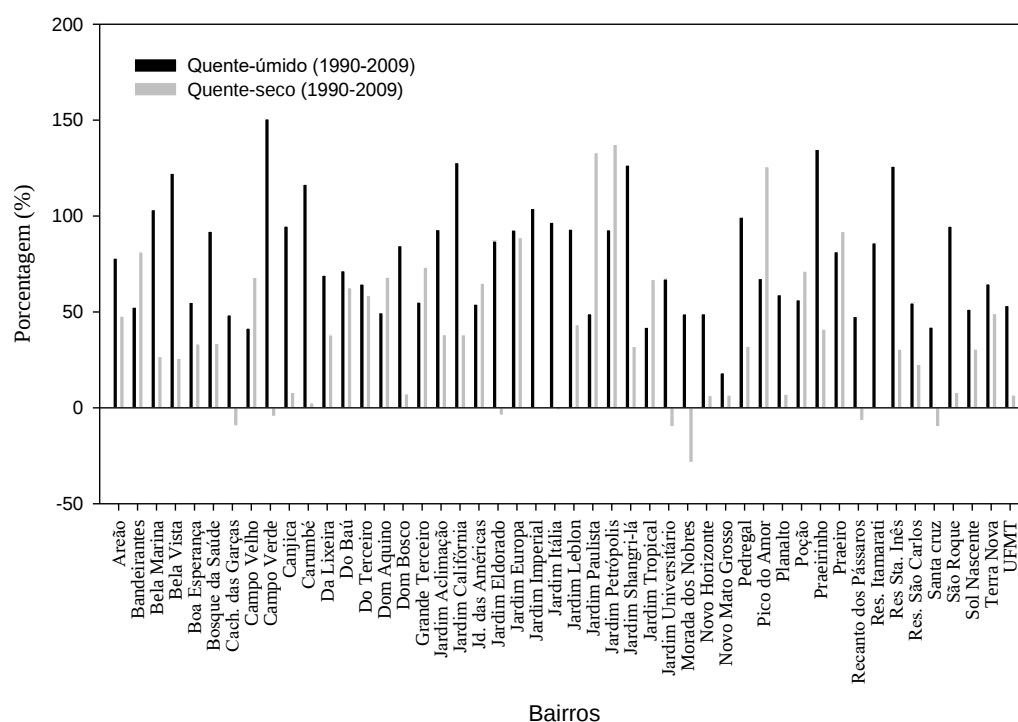


Figura 40 – Porcentagem do aumento da IICUS no período quente-úmido e no período quente-seco entre os anos de 1990 e 2009, nos bairros da região leste

5.4.4 IICUS Região Oeste

A média da IICUS na região leste no período quente-úmido foi $2,30 \pm 0,59^{\circ}\text{C}$ no ano de 1990 e $4,14 \pm 0,83^{\circ}\text{C}$ no ano de 2009. No período quente-seco foi $3,68 \pm 0,59^{\circ}\text{C}$ no ano de 1990 e $4,48 \pm 0,73^{\circ}\text{C}$ no ano de 2009.

O bairro Centro Norte teve a maior IICUS na região oeste no período quente-úmido nos anos de 1990 e 2009, com valor de $3,50^{\circ}\text{C}$ (Moderada) e $5,49^{\circ}\text{C}$ (Forte), respectivamente. Os bairros Novo Colorado e Jardim Mariana tiveram a menor

IICUS no período quente-úmido do ano de 1990, com classificação Fraca, com valor de 1,46°C em ambos (Figura 42).

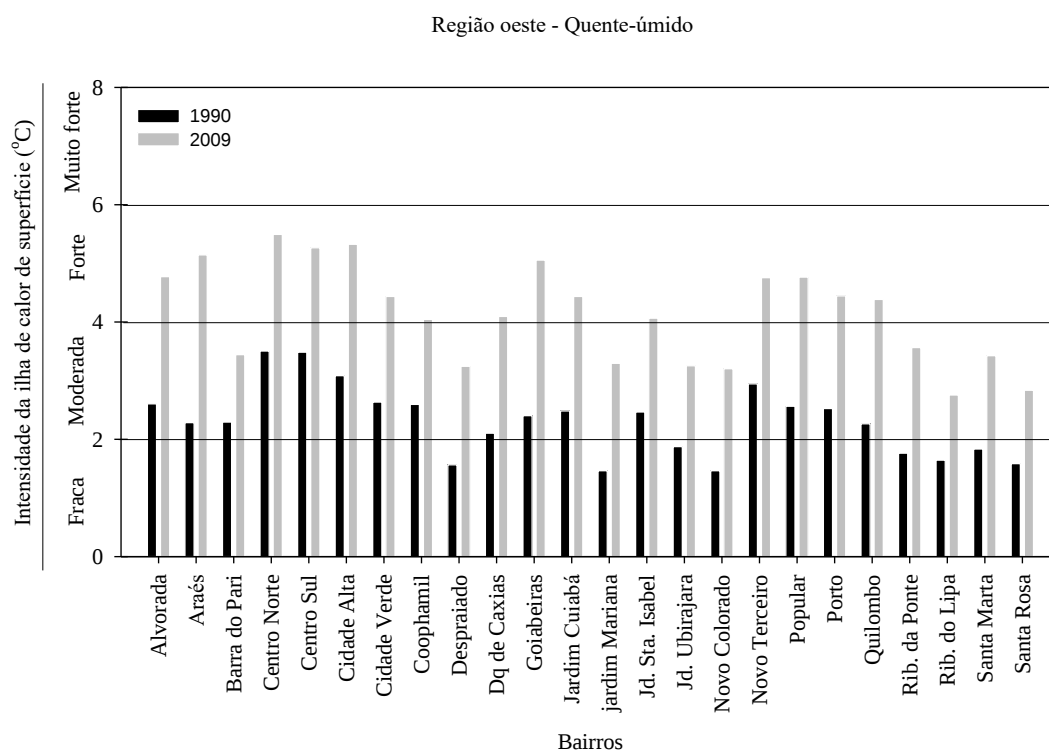


Figura 41 - Classificação da IICUS para os bairros da região oeste da cidade de Cuiabá no período quente-úmido dos anos de 1990 e 2009

O bairro com maior IICUS na região oeste no período quente-seco no ano de 1990 foi Jardim Ubirajara com valor de 4,64°C (Forte) e no ano de 2009 foi Centro Norte com 5,77°C (Forte). O bairro Popular foi o que teve menor IICUS com classificação Moderada no período quente-seco no ano de 1990, com valor de 2,38°C e o bairro Ribeirão do Lipa teve a menor neste mesmo período no ano de 2009, com valor de 3,16°C (Moderada) (Figura 43).

O bairro Jardim Ubirajara fica próximo a uma área de expansão urbana na periferia da região oeste e no ano de 1990 possuía um maior percentual de solo exposto, acarretando em temperatura de superfície mais alta.

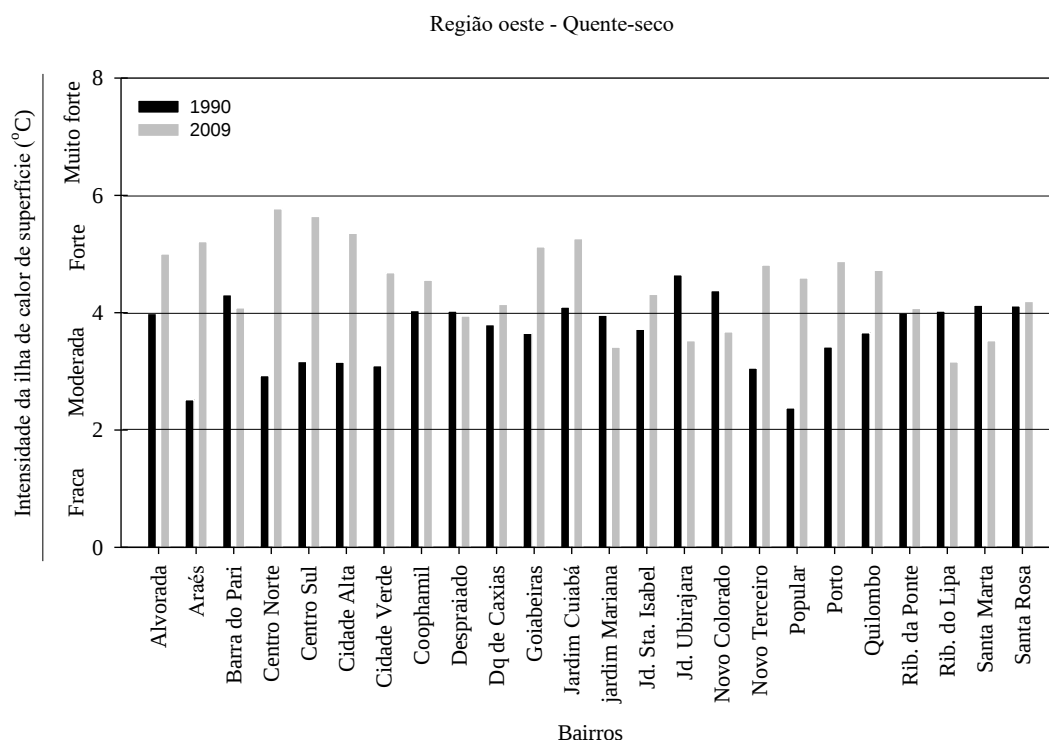


Figura 42 - Classificação da IICUS para os bairros da região oeste da cidade de Cuiabá no período quente-seco dos anos de 1990 e 2009

A maior porcentagem de aumento na região oeste entre os anos de 1990 e 2009 no período quente-úmido ocorreu no bairro Araés, com percentual de 125%. A menor porcentagem no período quente-úmido foi no bairro Barra do Pari, com 50%.

No período quente-seco a maior porcentagem foi no bairro Araés, com percentual de 107% e a menor no bairro Jardim Ubirajara com percentual negativo de -24% (Figura 44). O valor negativo significa que este bairro teve uma IICUS menor no ano de 2009 em relação ao ano de 1990.

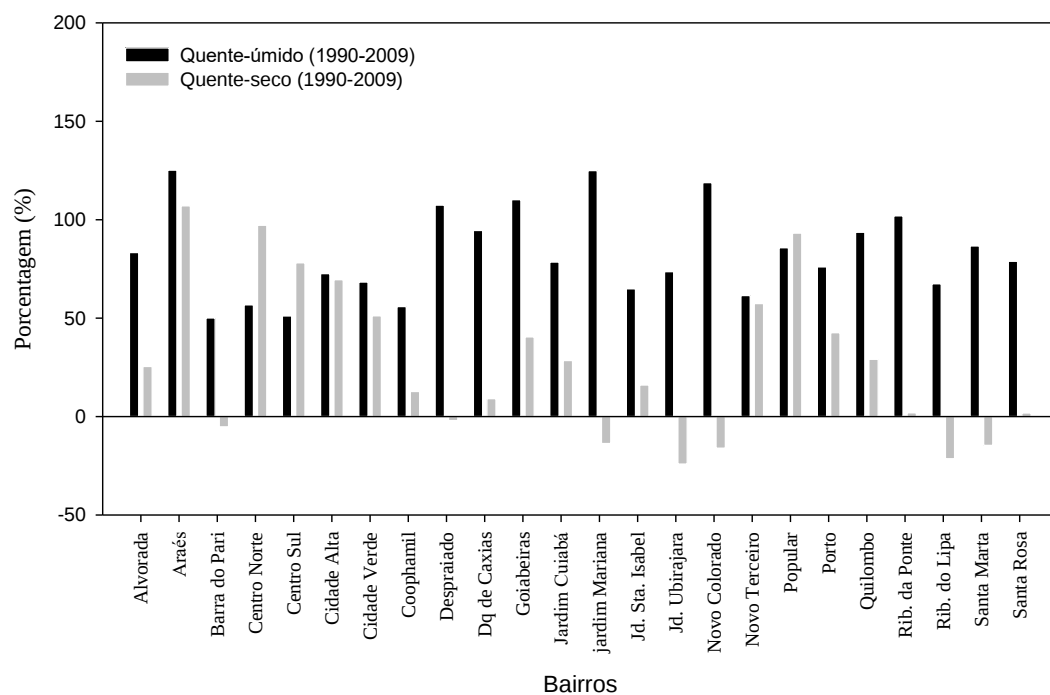


Figura 43 – Porcentagem do aumento da IICUS no período quente-úmido e no período quente-seco entre os anos de 1990 e 2009, nos bairros da região oeste

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da análise espaço-temporal da ilha de calor urbana de superfície ficou evidenciado que a cidade de Cuiabá-MT possui focos de calor, principalmente nos bairros com menores índices de vegetação e maior densidade de construção, de tráfego e com superfícies cujas propriedades térmicas diferem do ambiente rural circundante.

Análise temporal e espacial da temperatura da superfície e do NDVI constatou que houve uma diminuição da cobertura vegetal e um aumento da temperatura da superfície, sendo que, os períodos quente-úmidos apresentaram valores maiores de temperatura e NDVI em relação ao períodos quente-secos.

As regiões norte e leste apresentaram as maiores temperaturas nos períodos estudados. Nestas regiões estão localizados bairros como Morada da Serra, Campo Velho e Pedregal que possuem uma grande densidade populacional e construtiva.

Bairros como Bela Marina, Cachoeira das Garças e São Gonçalo Beira Rio apresentaram a menores temperaturas, estes bairros possuem características semelhantes com alta densidade de vegetação e proximidade com rio.

Uma análise comparativa entre áreas com maior índice de vegetação como parques por exemplo, e áreas com muitas superfícies impermeáveis e alta concentração de edificações como o bairro Morada da Serra, constatou que as áreas mais arborizadas tendem a ter temperaturas mais amenas e ajudam a reduzir a temperatura da superfície. Sendo que este fenômeno de áreas irregulares e mais frias dentro do ambiente urbano é muitas vezes chamado de ilha de frescor urbana.

A correlação de Person demonstrou uma tendência de correlação negativa entre o NDVI e a TS para a área de estudo, sendo que somente no período quente-seco do ano de 1990 não houve uma relação linear entre as variáveis.

O uso e ocupação do solo apresentou alterações entre os anos estudados, demonstrando que houve substituição de áreas vegetadas por áreas antropizadas, acarretando em anomalias térmicas na região.

A méida da IICUS na cidade de Cuiabá foi caracterizada por uma grande heterogeneidade espaço-temporal e os maiores valores de IICUS foram observados no período quente-seco. A região norte teve a maior média de IICUS no período

quente-úmido nos anos estudados e a região leste no período quente-seco. A região oeste teve a menor média de IICUS no período quente-seco de 1990, sendo que na região sul foi verificado os menores valores nas demais datas estudadas.

Houve aumento significativo das médias de IICUS no período quente-úmido entre os anos de 1990 e 2009 em todas as regiões estudadas. Somente as regiões leste e oeste tiveram aumentos significativos no período quente-seco entre os anos estudados.

Constatou que a IICUS na cidade de Cuiabá está se intensificando, sendo necessário criar medidas para mitigar a ICUS para evitar a deterioração do nosso ambiente de vida.

.

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) Comparação da temperatura da superfície obtida através de sensoriamento remoto com dados de termopares instalados em locais com características distintas;
- b) Análise espaço-temporal da ilha de calor urbana de superfície em cidade de pequeno porte;
- c) Estudo do Uso e Ocupação do solo na cidade de Cuiabá-MT, por um período maior, para caracterizar com mais detalhes as mudanças ocorridas.

7 BIBLIOGRAFIAS

7.1 BIBLIOGRAFIAS CITADAS

ACERO J.A.; GONZÁLEZ-ASENSIO B. Influence of vegetation on the morning land surface temperature in a tropical humid urban area. **Urban Climate**. n.26, p.:231-43, 2018.

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

AMORIM, M. C. C. T; DUBREUIL, V; QUENOL, H.; NETO, J. L. S. A. Características das ilhas de calor em cidades de porte médio: exemplos de Presidente Prudente (Brasil) e Rennes (França). **Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasileira de geografia**, n. 7, 2009.

ARAUJO, L. F.; SOUSA, V. F.; RAMPAZZO, C. R.; UGEDA JUNIOR, J. C. **Clima Urbano, padrões de ocupação e distribuição espacial da temperatura de superfície urbana nos períodos sazonais de verão e inverno em Cuiabá-MT.** . In: Simpósio brasileiro de geografia física aplicada, 13, 2009, Viçosa: UFV, v. 1., 2009.

ARNFIELD, A. J. Two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. **International journal of climatology**, v. 23, n. 1, p. 1-26, 2003.

ARTIS, D.A.; CARNAHAN, W.H. Survey of emissivity variability in thermography of urban areas. **Remote Sens. Environ.** 1982, 12, 313–329.

Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil. 2013 Disponível em: http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil_m/cuiaba_mt .Acesso em: 17/11/17

BARBOSA, A.P. **Comparação de métodos de classificação de imagens, visando o gerenciamento de áreas citrícolas.** 2009. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Faculdade de Ciências Agronomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2009.65f.

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

BARROS, M. P., MUSIS, C. R. Uma abordagem sistêmica sobre as implicações entre a fragmentação das áreas verdes e o ambiente térmico do espaço urbano. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 9, p. 1999-2017, 2013.

BIANCARDINI FILHO, A. **A questão urbano-habitacional em Cuiabá-MT: Uma análise dos efeitos da localização dos conjuntos habitacionais no período de 1960 a 2010**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Ambiental) Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá. 2014.

BIČÍK, I., HIMIYAMA, Y., FERANEC, J.; KUPKOVÁ, L. Land use/cover changes in selected regions in the world. **Research Reports**. v.9, 2014

BOKAIE, M., ZARKESH, M.K., ARASTEH, P.D., HOSSEINI, A. Assessment of urban heat island based on the relationship between land surface temperature and land use/land cover in Tehran. *Sustain. Cities Soc.* 23, 94–104. 2016

BRANDÃO, A.M.P.M. **O Clima Urbano da Cidade do Rio de Janeiro**. 1996. 362 f. Tese (Doutorado), Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo.

CALLEJAS, I. J. A.; DURANTE, L. C.; DE OLIVEIRA, A. S.; NOGUEIRA, M. C. J. A. Uso do solo e temperatura superficial em área urbana (relation between land use and land cover and superficial temperature in urban areas). **Mercator**, v. 10, n. 23, p. 207-223, 2011.

CETELLA, A., CASTILLO, L., AGUILAR, A., 1998. Escenarios climaticos de referencia para la republica de El Salvador. San Salvador

CHANDER, G.; MARKHAM, B. L.; BARSİ, J. A. Revised Landsat-5 thematic mapper radiometric calibration. **IEEE Geoscience and remote sensing letters**, v. 4, n. 3, p. 490-494, 2007.

CHANG, C. R., LI, M. H., CHANG, S. D. A preliminary study on the local cool-island intensity of Taipei city parks. **Landscape and Urban Planning**, n.4, p.386-395, 2007.

CHIARANDA, R., RIZZI, N. E., COLPINI, C., SOARES, T. S., SILVA, V. S. M. Análise da precipitação e da vazão da bacia do Rio Cuiabá. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, p. 117-122, 2012.

CHOW, W. T., POPE, R. L., MARTIN, C. A., BRAZEL, A. J. Observing and modeling the nocturnal park cool island of an arid city: horizontal and vertical impacts. **Theoretical and Applied Climatology**. v.103 n.1-2, p.197-211, 2011.

CUIABÁ. Prefeitura Municipal de Cuiabá / *Evolução Urbana de Cuiabá*. IPDU – Instituto de Planejamento e Desenvolvimento Urbano. Cuiabá, 2010.

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

DETWILLER, J. Deep soil temperature trends and urban effects at Paris. **Journal of Applied Meteorology**, 9, 178-180, 1970.

DOBLER, A.; MÜLLER, R., AHRENS, B. Development and evaluation of a simple method to estimate evaporation from satellite data. **Meteorologische Zeitschrift**. n. 6, p. 615-623, 2011.

DOYLE, D.; HAWKINS, T. W. Assessing a Small Summer Urban Heat Island in Rural South Central Pennsylvania. **Geographical Bulletin**, v. 49, n. 2, 2008.

EMMANUEL R. AND KRÜGER E. Urban heat island and its impact on climate change resilience in a shrinking city: The case of Glasgow, UK. **Building and Environment** 53: 137–149, 2012.

EPA, U. **Epa's report on the environment**. Tech. rep., US Environmental Protection Agency (US EPA), 2008.

FERREIRA H. V. L.; UGEDA JUNIOR J. C. **O controle térmico da superfície em áreas intraurbanas densamente edificadas de Cuiabá-MT**. In: Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, Juiz de Fora, MG, 2018.

FERREIRA, J. C. V. História de Cuiabá. Portal Mato Grosso. 2012. Disponível em: www.mtseusmunicipios.com.br

FIALHO, E. S.; AZEVEDO, T. R. **Refletindo sobre o conceito de ilha de calor**. In: Simpósio brasileiro de geografia física aplicada, 13, 2009, Viçosa: UFV, v. 1., 2009.

FRANCO, F. M. Análise do Comportamento Termo-Higométrico Urbano sob a ótica do Uso e Ocupação do Solo em Cuiabá-MT. 2013. 124f. Tese (Doutorado em Física Ambiental) Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá-MT, 2013.

FU, P.; WENG, Q. A time series analysis of urbanization induced land use and land cover change and its impact on land surface temperature with Landsat imagery. **Remote Sensing. Environment**. v.175 p. 205–214, 2016.

FUKUI, E., 1970, The recent rise of temperature in Japan. Japanese Progress in Climatology, Tokyo University of Education, 46-65.

GALLO, K. P.; TARPLEY, J. D. The comparison of vegetation index and surface temperature composites for urban heat-island analysis. **International journal of remote sensing**, v. 17, n. 15, p. 3071-3076, 1996.

GARTLAND, Lisa. **Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas**. Tradução: Sílvia Helena Gonçalves. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. p.248.

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

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

GOMES, M. A. S.; AMORIM, M. C. C. T. Arborização e conforto térmico no espaço urbano: estudo de caso nas praças públicas de Presidente Prudente (SP). **Caminhos de Geografia**. v. 7, n. 10, p. 94-106, 2003.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades. Censo 2010. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=510340>. Acesso em: 12/11/18.

JAUREGUI, E. Heat island development in Mexico City. **Atmospheric Environment**, v. 31, n. 22, p. 3821-3831, 1997.

Karsidi, A. **Spatial analysis of land use/land cover change dynamics using remote sensing and geographic information systems: a case study in the down stream and surroundings of the Ci Tarum watershed**. 275f. Doutorado (Doutorado em Geografia) Departamento de Geografia. Universidade de Adelaide. Sul da Australia, 2004.

KIM, H. H., Urban heat island. **International Journal of Remote Sensing**, 13, p.2319-2336, 1992.

KIM, Y. H.; BAIK, J. J. Maximum urban heat island intensity in Seoul. **Journal of applied meteorology**, v. 41, n. 6, p. 651-659, 2002.

KIM, J. J.; BAIK, J. J. A numerical study of the effects of ambient wind direction on flow and dispersion in urban street canyons using the RNG k- ϵ turbulence model. **Atmospheric Environment**, v. 38, n. 19, p. 3039-3048, 2004

KIM, Y. H.; BAIK, J. J. Spatial and temporal structure of the urban heat island in Seoul. **Journal of Applied Meteorology**, v. 44, n. 5, p. 591-605, 2005.

KLYSIK K.; FORTUNIAK K. Temporal and spatial characteristics of the urban heat island of Lodz, Poland. **Atmospheric environment** 33: 3885– 3895, 1999.

KRUSE P. W.; MCGLAUCHLIN L. D.; RICHMOND B. MCQUISTAN R. B. Elements of Infrared Technology. Generation, Transmission and Detection. **Science**. v. 137, p. 123, 1962.

LEE, H. Y. An application of NOAA AVHRR thermal data to the study of urban heat islands. **Atmospheric Environment. Part B. Urban Atmosphere**, v. 27, n. 1, p. 1-13, 1993.

LEITE, A. P.; SANTOS, G. R.; SANTOS, J. E. O. Análise temporal dos índices de vegetação NDVI e SAVI na Estação Experimental de Itatinga utilizando imagens Landsat 8. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 6, n. 4, p. 606-623, 2017.

LI S., MO H.; DAI Y. Spatio-temporal pattern of urban cool island intensity and its ecoenvironmental response in Chang-Zhu-Tan urban agglomeration. *Communications in Information Science and Management Engineering* v.1, p. 1–6, 2011.

LIA, F.; SONG, G.; , LIUJUN, Z.; YANANA Z.; DIA, L. Urban vegetation phenology analysis using high spatio-temporal NDVI time series. **Urban Forestry & Urban Greening**. p.43-57, 2017.

LIU, W. T. H.; MING, T. C. Estimativa de albedo, temperatura e NDVI do estado de São Paulo através de dados AVHRR do satélite NOAA. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, Rio de Janeiro-Brasil, 2000. **Anais**, p. 3843-3849.

LIVADA, I., SANTAMOURIS, M., NIACHOU, K., PAPANIKOLAOU, M., MICHALAKAKOU, G.; Determination of places in the great Athens area where the heat island effect is observed. **Build. Phys.** v. 157 71, 219–230, 2002

LUO, H.X., WANG L.; FANG J.; LI Y.; LI H.; DAI S. NDVI, temperature and precipitation variables and their relationships in Hainan Island from 2001 to 2014 based on MODIS NDVI. In: BIAN, F., XIE, Y. (Eds.), *Geo-informatics in Resource Management and Sustainable Ecosystem*. **Communications in Computer and Information Science**. Springer-Verlag, Berlin, pp. 336–344, 2016.

MAITELLI, G. T. **Uma Abordagem Tridimensional de Clima Urbano em Área Tropical Continental. O Exemplo de Cuiabá – MT**. 1994. 220 f. Tese (Doutorado em Geografia Física), Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1994.

MAITELLI, G. T. **Interações Atmosfera-Superfície**. In: MORENO, G.; HIGA, T. C. S. (orgs.). *Geografia de Mato Grosso: território, sociedade, ambiente*. Cuiabá: Entrelinhas, 2005. p. 238-249

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

MEYER, W. B. Past and present land use and land cover in the USA. **Consequences**, v. 1, n. 1, p. 25-33, 1995.

MONTÁVEZ, J. P.; RODRÍGUEZ, A.; JIMÉNEZ, J. A study of the urban heat island of Granada. **International journal of climatology**, v. 20, n. 8, p. 899-911, 2000.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e Clima Urbano**. 1976. 181 f. Tese (Doutorado Geografia), Instituto de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1976.

MORENO, G. **A Colonização no Século XX**. In: MORENO, G; HIGA, T. C. S. (orgs.). Geografia de Mato Grosso: Território, Sociedade, Ambiente. Cuiabá: Entrelinhas, p. 52-71, 2005.

MOSHEN A. Environmental land use change detection and assessment using with Multi-temporal satellite imagery. **Zanjan University**. v.38, 1999.

NDOSSI, M. I.; AVDAN, U. Application of open source coding technologies in the production of land surface temperature (LST) maps from Landsat: a PyQGIS plugin. **Remote sensing**, v. 8, n. 5, p. 413, 2016.

NETO A. T.; AMORIM M. C. C. T. Ilha de calor Urbana e desconforto térmico: uma análise episódica em Cuiabá/MT. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 2017, Campinas. **Anais** CD ROM Campinas: UNICAMP, 2017.p. 1492-1506.

NICHOL, J. E. A GIS-based approach to microclimate monitoring in Singapore's high-rise housing estates. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 60, n. 10, p. 1225-1232, 1994.

NICHOL, J. E. High-resolution surface temperature patterns related to urban morphology in a tropical city: A satellite-based study. **Journal of Applied Meteorology**, v. 35, n. 1, p. 135-146, 1996.

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

OLORUNFEMI, J. F. Monitoring urban land use in developing countries—an aerial photographic approach. **Environment International**. n. 1, p.27-32, 1987.

OWEN, T. W.; CARLSON, T. N.; GILLIES, R. R. An assessment of satellite remotely-sensed land cover parameters in quantitatively describing the climatic effect of urbanization. **International journal of remote sensing**, v. 19, n. 9, p. 1663-1681, 1998.

PATINHA, C.S.G., **Elaboração de chaves de classificação da ocupação do solo em imagens de satélite**. 2014. 116f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Geográfica) Departamento de Engenharia Geográfica, Geofísica e Energia, Universidade de Lisboa.

PENG, S., PIAO, S., CIAIS, P., FRIEDLINGSTEIN, P., OTTLE, C., BRÉON, F. M., MYNENI, R. B. Surface urban heat island across 419 global big cities. **Environmental science & technology**, v. 46, n. 2, p. 696-703, 2011.

RANI M.; KUMARB P.; PANDEYC P.C.; SRIVASTAVAC P.K.; CHAUDHARYD. B.S.; TOMAR V., MANDALF V.P. Multi-temporal NDVI and surface temperature analysis for Urban Heat Island inbuilt surrounding of sub-humid region: A case study of two geographical regions. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**. p. 163-172. 2018.

RAWAT, J. S., KUMAR, M., BISWAS, V. Land use/cover dynamics using multi-temporal satellite imagery: a case study of Haldwani Town area, district Nainital, Uttarakhand, India. **International Journal of Geomatics and Geosciences**, n.3, p.536-543, 2014.

RAWAT, J. S., KUMAR M. Monitoring land use/cover change using remote sensing and GIS techniques: A case study of Hawalbagh block, district Almora, Uttarakhand, India. **The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science**., n. 1, p.77-84, 2015.

RIMAL, B. Application of remote sensing and gis, land use/land cover change in Kathmandu Metropolitan City, Nepal. **Journal of Theoretical & Applied Information Technology**. n. 2, 2011.

ROCHA, A. F.; PAULA, D. C. J.; SOUZA, N. S.; SILVA, P. C. B. S.; MIRANDA, S.A.; ZAMADEI, T.; SOUZA, A. P.; MACHADO, N. G.; SANTOS, F. M. M.; NOGUEIRA, J. S.; NOGUEIRA, M. C. J. A. Variações microclimáticas de áreas urbanas em biomas no estado de Mato Grosso: Cuiabá e Sinop. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v.4, p.246-257, 2015.

ROTH, M., T.; OKE R.; EMERY W. J. Satellite-derived urban heat islands from three coastal cities and the utilization of such data in urban climatology. **International Journal of Remote Sensing** n. 11 p.1699-1720, 1989.

SANTOS, F. M. M. Clima urbano de Cuiabá-MT-Brasil: ocupação do solo e suas influências. **Revista Monografias Ambientais – REMOA**, v. 12, n. 12, p. 2749-2763, 2013.

SANTOS, F. M. M.. **Influência da ocupação do solo na variação termo-higrométrica na cidade de Cuiabá-MT**. 2012. 87f. Tese (Doutorado em Física Ambiental) Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá-MT, 2012.

SANTOS, T. O. **Identificação de ilhas de calor em Recife-PE por meio de sensoriamento remoto e dados meteorológicos de superfície**. 2011. 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2011.

SCOTT, K.; SIMPSON, J.R.; MCPHERSON, E.G. Effects of tree cover on parking lot microclimate and vehicle emissions. **Journal of Arboriculture**, v. 25, n. 3, p. 129-142, 1999.

SILVA, P.C.B.S. **Identificação de anomalias térmicas por sensoriamento remoto em Cuiabá/MT**. 2016. 66f. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá-MT, 2016.

SINGH, S. K., SRIVASTAVA, P. K., GUPTA, M., THAKUR, J. K., MUKHERJEE, S. Appraisal of land use/land cover of mangrove forest ecosystem using support vector machine. **Environmental earth sciences**, n.5, p.2245-2255, 2014.

SINHA, S.; PANDEY, P.C.; SHARMA, L.K.; NATHAWAT, M.S.; KUMAR, P.; KANGA, S. Remote estimation of land surface temperature for different LULC features of a moist deciduous tropical forest region. **Remote Sensing Applications in Environmental Research**, Springer: Berlin, Germany; Heidelberg, Germany, p. 57–68, 2014.

SHAMS, J. C. A.; GIACOMELI, D. C.; SUCOMINE, N. M. Emprego da arborização na melhoria do conforto térmico nos espaços livres públicos. **REVSBAU**, Piracicaba – SP, v. 4, n. 4, p. 1-16, 2009.

SOUZA, R.; FENG, X.; ANTONINO, A.; MONTENEGRO, S.; SOUZA, E.; PORPORATO, A. Vegetation response to rainfall seasonality and interannual variability in tropical dry forests. **Hydrological Processes**, v. 30, n. 20, p. 3583–3595, 30, 2016.

SRIVASTAVA, P. K.; HAN, D.; RICO-RAMIREZ, M. A.; BRAY, M.; ISLAM, T.; GUPTA, M.; DAI, Q. Estimation of land surface temperature from atmospherically corrected landsat TM image using 6S and NCEP global reanalysis product. **Environmental Earth Sciences**. v. 72, p.5183–5196, 2014.

STATHOPOULOU, M.; CARTALIS, C. Downscaling AVHRR land surface temperatures for improved surface urban heat island intensity estimation. **Remote Sensing of Environment**, v. 113, n. 12, p. 2592-2605, 2009.

STEINECKE K. Urban climatological studies in Reykjavik, subarctic environment, Iceland. **Atmospheric Environment** v.33, p. 4157–4162, 1999.

STEENEVELD, G. J., KOOPMANS, S., HEUSINKVELD, B. G., VAN HOVE, L. W. A., HOLTSLAG, A. A. M. Quantifying urban heat island effects and human comfort for cities of variable size and urban morphology in the Netherlands. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 116, n. D20, 2011.

STEWART, I. D.; OKE, T. R. Local climate zones for urban temperature studies. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 93, n. 12, p. 1879-1900, 2012.

SYNNEFA, A.; SANTAMOURIS, M. Mitigating the Urban Heat Island with Cool Materials for the Buildings' Fabric. In: Santamouris, M. e Kolokotsa, D. (Org.) Urban Climate Mitigation Techniques. New York: Routledge, 2016.

TAJIRI, C. A. H.; CAVALCANTI, D. C.; POTENZA, J. L. Habitação Sustentável – Cadernos de Educação Ambiental – Governo do Estado de São Paulo, 2011. 111p. Secretaria do Meio Ambiente – Coordenadoria de Planejamento Ambiental

TANG, B. H.; WU, H.; LI, C.; LI, Z. L. Estimation of broadband surface emissivity from narrowband emissivities. **Optics Express**. v. 19, p.185–192, 2011.

TRAN, H., UCHIHAMA, D., OCHI, S., YASUOKA, Y. Assessment with satellite data of the urban heat island effects in Asian mega cities. **International journal of applied Earth observation and Geoinformation**, v. 8, n. 1, p. 34-48, 2006.

TSO, C. P., 1996, A survey of urban heat island studies in two tropical cities. *Atmospheric Environment*, 30, 507-519.

USGS. Frequently Asked Questions about the Landsat Missions. Disponível em: http://landsat.usgs.gov/how_is_radiance_calculated.php (acesso em 24 March 2016).

USGS. Using the USGS Landsat 8 Product. Disponível em: http://landsat.usgs.gov/Landsat8_Using_Product.php (acesso em 9 November 2014).

United States Environmental Protection Agency (US EPA). "Risk and exposure assessment for review of the secondary National Ambient Air Quality Standards for Oxides of Nitrogen and Oxides of Sulfur." (2009).

VALE, J. R. B.; COSTA J. A.; SANTOS J. F.; SILVA E. L. S.; FAVACHO A. T. Análise comparativa de métodos de classificação supervisionada aplicada ao mapeamento da cobertura do solo no município de medicilância, Pará. **Revista de Geografia e Interdisciplinaridade**. Grajaú, n.13, v. 4, p. 26-44, 2018.

VANDEGRIEND, A.; OWE, M.; VUGTS, H.; RAMOTHWA, G. Botswana Water and Surface Energy Balance Research Program. Part 1: Integrated Approach and Field Campaign Results; NASA Goddard Space Flight Center: Greenbelt, MD, USA, 1992.

VIEIRA, S. **Introdução à bioestatística**. Elsevier Brasil, 2015.

VOOGT, J. A., OKE T. R. Thermal remote sensing of urban climates. **Remote Sensing Environmental**, v. 86 p.370-384, 2003.

WANG, S.L.L. Chapter 8—Land-surface temperature and thermal infrared emissivity. In *Advanced Remote Sensing*; Wang, S.L.L., Ed.; Academic Press: Boston, FL, USA, p. 235–271, 2012.

WANG, F.; QIN, Z.; SONG, C.; TU, L.; KARNIELI, A.; ZHAO, S. An improved mono-window algorithm for land surface temperature retrieval from landsat 8 thermal infrared sensor data. **Remote Sensing**, v. 7, p.4268–4289, 2015.

WANG, M. **Characterization of Surface Urban Heat Island in the Greater Toronto Area Using Thermal Infrared Satellite Imagery**. 85f. Dissertação (Mestrado em Geografia). University of Waterloo, 2015.

WELCH, R. Monitoring urban population and energy utilization patterns from satellite data. **Remote sensing of Environment**, v. 9, n. 1, p. 1-9, 1980.

WENG, Q. Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: Methods, applications, and trends. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 64, n. 4, p. 335-344, 2009.

WONG, K.V., PADDON, A. JIMENEZ, A. Review of world urban heat islands: many linked to increased mortality. *Journal of Energy Resources Technology*, n. 2, 2013.

YAO, R., WANG, L., HUANG, X., NIU, Z., LIU, F., WANG, Q. Temporal trends of surface urban heat islands and associated determinants in major Chinese cities. **Science of the Total Environment**, v. 609, p. 742-754, 2017.

ZHANG, J., WANG, Y., LI, Y. A C++ program for retrieving land surface temperature from the data of Landsat TM/ETM+ band6. *Computers & geosciences*, n.10, p.1796-1805, 2006.

ZHOU, D., ZHAO, S., ZHANG, L., SUN, G., LIU, Y. The footprint of urban heat island effect in China. **Scientific Reports** v.5, n.11160, 2015.

7.2 BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS

ARIFWIDODO, S.D.; TANAKA, T. The characteristics of urban heat island in Bangkok, Thailand. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v.195, p.423-428, 2015.

BARBOSA, R. V. R., & VECCHIA, F. A. S. Estudos de ilha de calor urbana por meio de imagens do Landsat 7 ETM+: estudo de caso em São Carlos (SP). *Revista Minerva*. v.6, n.3, p.273-278, 2009.

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

FIALHO, E. S. Ilha de calor: Reflexões acerca de um conceito. **Acta Geográfica**. p.61-76, 2012.

GAMARRA, N.L.R.; CORRÊA, M.; P. TARGINO, A.C.T. Utilização de sensoriamento remoto em análises de albedo e temperatura de superfície em Londrina-PR: contribuições para estudos de ilha de calor urbano. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.29, n.4, p.537 – 550, 2014.

GIANNAROS, T.M.; MELAS, D. Study of the urban heat island in a coastal Mediterranean City: The case study of Thessaloniki, Greece. **Atmospheric Research**, v.118, p.103-120, 2012.

MASHIKI, M.Y. **Geoprocessamento na identificação de ilhas de calor e influência do uso e ocupação do solo na temperatura aparente da superfície no município de Botucatu/SP**. 2012. 67f. Mestrado (Dissertação em Agronomia) Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp – Câmpus de Botucatu, Botucatu-SP, 2012.

SALVIANO, M.F.; GROppo, J.D.; PELLEGRINO, G.Q. Análise de tendências em dados de precipitação e temperatura no Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.31, n.1, p.64-73, 2016.

SILVA, I.A., VIEIRA M. L. S., SANTOS, J. S.; ARAÚJO, L.E. Clima Urbano: Uma Avaliação do Campo Térmico Urbano do Campus IV da UFPB\Rio Tinto-PB. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v.6, n.5, p. 1384-1399, 2013.

UGEDA JÚNIOR, J. C. **Clima urbano e planejamento na cidade de Jales-SP**. 383 f. Tese (Doutorado em Geografia). Programa de Pós Graduação em Geografia da Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Estadual Paulista (UNESP). Campus de Presidente Prudente/SP. 2012

ZHANG, Y., YIYUN, C.; QING, D.; JIANG, P. Study on urban heat island effect based on Normalized Difference Vegetated Index: a case study of Wuhan City. **Procedia environmental sciences**, n.13, p.574-581, 2012.

ANEXO 1

Médias dos valores de temperatura da superfície referente aos bairros das regiões norte, sul, leste e oeste da cidade de Cuiabá, no período quente-seco e quente-úmido dos dias 01/90, 08/90, 01/09 e 08/09

REGIAO NORTE								
BAIRROS	01/90		08/90		01/09		08/09	
	Média (°C)	DP	Média (°C)	DP	Média (°C)	DP	Média (°C)	DP
Centro Político Adm.	22,19	0,61	25,67	1,79	26,29	1,43	29,79	1,24
Jardim Florianópolis	22,31	0,46	26,33	1,99	26,49	1,26	29,68	0,98
Jardim Vitória	22,77	0,78	25,44	0,93	25,99	1,37	29,70	0,98
Morada da Serra	24,10	0,92	25,66	1,25	28,14	1,17	31,45	1,08
Morada do Ouro	22,78	0,65	26,10	1,03	27,10	1,32	30,68	0,92
Nova Conquista	22,78	0,53	27,83	1,20	27,30	1,08	31,32	0,77
Paiaguás	22,23	0,40	26,59	1,64	26,55	0,84	30,28	0,78
Paraíso	23,03	0,85	26,11	0,80	26,62	1,29	30,21	0,85
Primeiro de Março	23,29	0,89	27,38	1,88	27,01	1,41	30,94	0,76
Três barras	23,31	1,03	26,63	1,59	26,56	1,40	30,60	0,86

REGIÃO SUL								
BAIRROS	01/90		08/90		01/09		08/09	
	Média (°C)	DP	Média (°C)	DP	Média (°C)	DP	Média (°C)	DP
Altos do Coxipó	21,52	0,64	25,87	1,92	25,27	1,84	29,36	1,48
Cohab São Gonçalo	22,30	0,88	24,86	1,62	27,01	1,62	30,43	1,23
Coophema	21,56	0,98	25,13	1,32	25,93	1,21	29,96	0,96
Coxipó	22,05	0,86	25,63	2,04	25,99	1,51	29,90	1,42
Distrito	21,95	1,04	25,41	3,39	26,77	1,53	30,70	1,54

Industrial								
Jardim Comodoro	21,69	0,45	24,82	2,03	27,14	1,51	30,49	1,07
Jardim das Palmeiras	21,68	0,56	26,08	1,99	26,35	1,41	29,92	0,84
Jardim dos Ipês	21,70	0,59	25,91	1,81	26,32	1,65	30,00	1,24
Jardim Fortaleza	22,17	0,44	25,90	1,58	26,37	1,13	30,04	0,68
Jardim Gramado	21,36	0,56	25,17	1,64	25,84	1,36	29,18	1,44
Jardim Industriário	22,25	0,76	27,12	1,56	27,38	1,03	30,95	0,93
Jardim Mossoró	21,79	0,46	25,75	1,88	26,21	1,32	30,17	0,98
Jardim Passaredo	21,61	0,66	26,33	1,82	26,07	1,51	30,39	0,81
Jardim Presidente	21,73	0,54	25,04	1,83	26,67	1,40	30,45	0,90
Jordão	21,89	0,53	26,13	1,77	26,00	1,28	29,77	1,05
Lagoa Azul	22,05	0,82	26,50	1,28	25,38	1,26	30,00	1,33
Nossa Senhora Aparecida	21,74	0,69	24,59	1,57	27,11	1,72	30,17	1,39
Nova Esperança	22,23	0,56	27,85	1,58	26,49	1,12	30,97	0,86
Osmar Cabral	22,34	0,43	25,72	1,42	26,04	1,61	30,95	0,62
Parque Atalaia	22,00	0,71	24,98	1,84	25,49	1,34	29,14	1,26
Parque Cuiabá	22,85	1,02	25,82	1,60	27,01	1,60	30,89	1,34
Parque Geórgia	21,29	0,59	25,15	1,49	25,67	1,29	29,24	1,34
Parque Ohara	21,91	0,84	25,39	1,70	26,56	1,89	30,34	1,50
Pascoal Ramos	21,93	0,60	26,10	1,43	25,36	1,46	29,59	1,12
Pedra 90	21,79	0,50	27,11	1,27	26,77	1,44	31,10	1,02
Residencial Coxipó	21,73	0,42	25,44	1,80	25,75	1,38	29,77	0,95
Santa Laura	22,15	0,77	26,35	1,39	25,53	0,91	29,83	0,79
São Francisco	22,26	1,41	25,81	1,82	26,51	1,10	30,21	0,84
São Gonçalo Beira Rio	21,16	0,54	25,05	1,84	24,18	0,74	27,56	1,07
São João Del Rey	22,03	0,48	25,00	1,61	26,24	1,37	30,09	1,16
São José	21,60	0,77	24,92	1,82	25,88	1,78	29,36	1,23
São Sebastião	21,64	0,55	26,17	1,55	25,68	1,45	29,97	1,23
Tijucal	22,75	0,56	24,96	1,33	28,17	1,04	31,49	0,78
Vista Alegre	22,08	0,94	24,70	1,49	26,98	1,37	30,43	1,33

REGIÃO LESTE								
BAIRROS	01/90		08/90		01/09		08/09	
	Média (°C)	DP	Média (°C)	DP	Média (°C)	DP	Média (°C)	DP
Areão	23,26	0,60	25,37	1,90	28,31	0,49	31,28	0,48
Bandeirantes	23,47	0,60	24,70	1,67	27,84	0,56	31,30	0,48
Bela Marina	21,22	0,61	23,53	1,80	24,94	1,59	28,17	1,59
Bela Vista	22,57	0,38	25,72	1,78	28,14	0,55	30,91	0,53
Boa Esperança	23,01	0,77	25,29	1,79	27,21	1,26	30,64	1,17
Bosque da Saúde	22,89	0,77	25,89	1,89	28,03	0,76	31,45	1,02
Cachoeira das Garças	21,02	0,47	24,77	1,40	24,07	0,92	28,62	0,85
Campo Velho	24,14	0,45	25,29	1,85	28,43	0,33	31,89	0,46
Campo Verde	21,88	0,33	26,42	1,44	27,09	0,43	30,35	0,34
Canjica	22,57	0,44	26,17	1,57	27,48	0,75	30,68	0,49
Carumbé	22,56	0,63	27,18	2,07	27,98	0,73	31,47	0,48
Da Lixeira	23,24	0,48	25,43	1,71	28,00	0,47	31,00	0,69
Do Baú	23,18	0,60	24,96	1,56	27,97	0,56	31,16	0,76
Do Terceiro	22,93	0,71	24,90	1,63	27,35	1,06	30,93	1,20
Dom Aquino	23,70	0,40	24,89	1,91	28,09	0,53	31,22	0,51
Dom Bosco	22,35	0,47	25,98	1,57	26,83	0,83	30,44	0,68
Grande Terceiro	23,69	1,14	25,14	1,97	28,27	1,35	31,82	0,64
Jardim Aclimação	22,67	0,49	25,38	1,24	27,63	0,66	30,94	0,63
Jardim Califórnia	22,31	0,55	25,23	1,98	27,68	0,70	30,73	0,53
Jardim das Américas	23,17	0,64	24,52	1,21	27,43	1,01	30,51	0,82
Jardim Eldorado	22,68	0,58	27,59	2,10	27,50	0,80	31,50	0,46
Jardim Europa	22,99	1,08	24,66	1,81	28,24	1,09	31,45	0,96
Jardim Imperial	22,07	0,63	25,84	1,27	26,68	1,31	30,01	1,02
Jardim Itália	22,77	0,79	26,46	1,78	27,92	0,75	30,55	0,85
Jardim Leblon	22,73	0,70	25,43	1,79	27,75	1,18	31,20	0,88
Jardim Paulista	23,96	0,29	24,09	1,21	28,46	0,25	31,44	0,32
Jardim Petrópolis	23,06	0,69	24,00	1,45	28,38	0,42	31,33	0,57
Jardim Shangri-lá	22,34	0,53	25,29	1,86	27,72	0,54	30,59	0,63
Jardim	24,10	0,79	24,96	1,44	28,39	0,38	31,30	0,54

Tropical								
Jardim Universitário	21,84	0,89	25,68	1,69	25,60	1,52	29,43	1,32
Morada dos Nobres	22,05	0,47	27,13	1,87	25,61	0,95	29,72	0,85
Novo Horizonte	23,23	0,48	26,43	1,82	27,37	0,89	30,88	0,69
Novo Mato Grosso	23,78	0,58	26,79	1,29	27,08	1,25	31,28	0,88
Pedregal	23,01	0,52	26,30	1,85	28,47	0,74	31,93	0,86
Pico do Amor	23,48	0,45	24,07	1,89	28,35	0,26	31,22	0,55
Planalto	23,41	0,51	27,07	1,83	27,96	0,79	31,60	0,79
Poção	23,58	0,51	24,83	1,77	28,14	0,58	31,22	0,93
Praeirinho	21,86	0,57	24,79	1,82	26,77	1,25	30,21	1,03
Praeiro	23,17	0,30	24,70	1,99	28,25	0,37	31,62	0,69
Recanto dos Pássaros	22,25	0,93	25,95	1,49	25,88	1,72	29,81	1,18
Residencial Itamarati	22,15	0,58	26,51	1,76	26,49	1,25	30,63	0,82
Residencial Santa Inês	22,77	0,35	26,31	1,38	28,68	0,48	31,87	0,50
Residencial São Carlos	23,08	0,73	25,67	0,74	27,31	1,20	30,72	0,64
Santa cruz	22,19	0,79	25,67	1,77	25,68	1,33	29,42	1,06
São Roque	22,56	0,37	26,33	1,54	27,46	0,98	30,85	0,70
Sol Nascente	23,36	0,54	25,51	1,71	27,64	0,82	30,83	0,73
Terra Nova	23,47	0,67	25,27	0,72	28,24	0,65	31,18	0,74
UFMT	23,02	0,62	26,53	1,49	27,18	0,98	31,00	0,95

REGIÃO OESTE								
BAIRROS	01/90		08/90		01/09		08/09	
	Média (°C)	DP	Média (°C)	DP	Média (°C)	DP	Média (°C)	DP
Alvorada	22,78	0,54	25,67	1,91	27,59	0,94	30,83	0,90
Araés	22,46	0,39	24,20	1,41	27,96	0,56	31,04	0,69
Barra do Pari	22,47	1,11	25,99	1,89	26,26	1,58	29,91	1,23
Centro Norte	23,68	0,97	24,61	1,55	28,31	0,57	31,60	1,68
Centro Sul	23,66	0,74	24,85	1,39	28,08	0,85	31,47	0,81
Cidade Alta	23,26	0,65	24,84	1,54	28,14	0,53	31,18	0,55
Cidade Verde	22,81	1,02	24,78	1,57	27,25	1,68	30,51	1,32
Coophamil	22,77	1,34	25,72	1,61	26,86	1,82	30,38	1,69
Despraiado	21,74	0,74	25,71	1,92	26,06	1,34	29,77	1,19

Duque de Caxias	22,28	0,74	25,48	1,76	26,91	1,38	29,97	0,94
Goiabeiras	22,58	0,38	25,33	1,91	27,87	0,57	30,95	0,66
Jardim Cuiabá	22,66	0,48	25,78	1,68	27,25	0,97	31,09	0,59
jardim Mariana	21,64	0,85	25,64	1,73	26,11	1,31	29,24	1,22
Jardim Santa Isabel	22,64	0,81	25,40	1,97	26,88	1,53	30,14	0,99
Jardim Ubirajara	22,05	0,38	26,33	1,43	26,07	0,92	29,35	0,85
Novo Colorado	21,64	0,49	26,06	1,96	26,02	1,48	29,50	1,27
Novo Terceiro	23,12	1,27	24,74	1,68	27,57	1,73	30,64	1,71
Popular	22,74	0,51	24,06	1,52	27,58	0,72	30,42	0,73
Porto	22,70	0,92	25,10	1,98	27,26	1,44	30,70	0,94
Quilombo	22,44	0,68	25,34	1,73	27,20	1,36	30,55	1,20
Ribeirão da Ponte	21,94	0,48	25,68	1,69	26,38	1,16	29,90	0,96
Ribeirão do Lipa	21,82	0,79	25,71	2,03	25,57	1,49	28,99	1,31
Santa Marta	22,01	0,83	25,81	1,85	26,24	1,49	29,35	1,55
Santa Rosa	21,76	0,92	25,80	1,58	25,65	1,42	30,02	1,11

Médias dos valores de NDVI referente aos bairros das regiões norte, sul, leste e oeste da cidade de Cuiabá, no período quente-seco e quente-úmido dos dias 01/90, 08/90, 01/09 e 08/09

REGIAO NORTE								
BAIRROS	01/90		08/90		01/09		08/09	
	Média (°C)	DP	Média (°C)	DP	Média (°C)	DP	Média (°C)	DP
Centro Político Administrativo	0,21	0,20	0,09	0,11	0,26	0,18	0,18	0,15
Jardim Florianópolis	0,28	0,14	0,13	0,07	0,29	0,18	0,21	0,15
Jardim Vitória	0,21	0,13	0,07	0,09	0,28	0,17	0,21	0,13
Morada da Serra	0,18	0,12	0,08	0,06	0,15	0,14	0,11	0,09
Morada do Ouro	0,23	0,15	0,07	0,07	0,24	0,15	0,18	0,12
Nova conquista	0,44	0,08	0,12	0,10	0,18	0,13	0,14	0,09
Paiaguás	0,24	0,17	0,06	0,05	0,23	0,15	0,15	0,10
Paraíso	0,28	0,15	0,10	0,09	0,26	0,17	0,19	0,12
Primeiro de março	0,35	0,15	0,13	0,10	0,29	0,18	0,18	0,12
Três barras	0,28	0,15	0,11	0,09	0,29	0,20	0,17	0,15

REGIÃO SUL								
BAIRROS	01/90		08/90		01/09		08/09	
	Média (°C)	DP	Média (°C)	DP	Média (°C)	DP	Média (°C)	DP
Altos do Coxipó	0,41	0,18	0,21	0,11	0,40	0,22	0,27	0,17
Cohab São Gonçalo	0,34	0,15	0,21	0,10	0,30	0,22	0,23	0,15
Coophema	0,51	0,15	0,27	0,09	0,33	0,18	0,24	0,12
Coxipó	0,39	0,16	0,21	0,11	0,35	0,20	0,27	0,17
Distrito Industrial	0,33	0,19	0,13	0,10	0,26	0,19	0,18	0,15
Jardim Comodoro	0,37	0,17	0,18	0,11	0,27	0,20	0,21	0,19
Jardim das Palmeiras	0,41	0,14	0,21	0,09	0,30	0,18	0,23	0,14
Jardim dos Ipês	0,34	0,15	0,17	0,08	0,26	0,19	0,21	0,13
Jardim Fortaleza	0,35	0,13	0,16	0,08	0,25	0,13	0,19	0,09
Jardim Gramado	0,41	0,12	0,22	0,08	0,32	0,17	0,26	0,15
Jardim Industriário	0,37	0,16	0,16	0,09	0,21	0,15	0,14	0,11
Jardim Mossoró	0,38	0,10	0,18	0,08	0,30	0,17	0,19	0,12
Jardim Passaredo	0,47	0,14	0,24	0,11	0,36	0,18	0,20	0,13
Jardim Presidente	0,31	0,17	0,13	0,09	0,25	0,22	0,17	0,15
Jordão	0,39	0,11	0,23	0,08	0,32	0,17	0,27	0,14
Lagoa Azul	0,38	0,16	0,13	0,12	0,38	0,16	0,26	0,13
Nossa Senhora Aparecida	0,35	0,20	0,21	0,15	0,23	0,22	0,18	0,18
Nova Esperança	0,43	0,09	0,19	0,06	0,35	0,14	0,24	0,09
Osmar Cabral	0,29	0,13	0,13	0,06	0,31	0,18	0,16	0,08
Parque Atalaia	0,35	0,16	0,16	0,11	0,35	0,17	0,26	0,14
Parque Cuiabá	0,30	0,15	0,14	0,08	0,22	0,18	0,16	0,14
Parque Geórgia	0,45	0,13	0,24	0,09	0,36	0,17	0,26	0,14
Parque Ohara	0,38	0,20	0,21	0,13	0,28	0,23	0,19	0,17
Pascoal Ramos	0,46	0,12	0,27	0,10	0,39	0,19	0,29	0,15
Pedra 90	0,49	0,09	0,25	0,07	0,28	0,19	0,17	0,12
Residencial Coxipó	0,36	0,13	0,17	0,09	0,34	0,17	0,22	0,11
Santa Laura	0,42	0,12	0,20	0,09	0,37	0,15	0,26	0,11
São Francisco	0,30	0,17	0,17	0,12	0,30	0,17	0,22	0,12

São Gonçalo								
Beira Rio	0,38	0,18	0,26	0,10	0,47	0,11	0,38	0,12
São João Del								
Rey	0,31	0,15	0,12	0,07	0,27	0,20	0,19	0,14
São José	0,38	0,19	0,19	0,12	0,30	0,27	0,21	0,19
São Sebastião	0,48	0,11	0,27	0,08	0,37	0,21	0,25	0,15
Tijucal	0,21	0,13	0,12	0,07	0,14	0,14	0,11	0,10
Vista Alegre	0,32	0,19	0,17	0,13	0,21	0,19	0,16	0,14

REGIÃO LESTE								
BAIRROS	01/90		08/90		01/09		08/09	
	Média (°C)	DP	Média (°C)	DP	Média (°C)	DP	Média (°C)	DP
Areão	0,27	0,14	0,14	0,07	0,12	0,12	0,10	0,10
Bandeirantes	0,21	0,15	0,12	0,09	0,15	0,19	0,10	0,12
Bela Marina	0,41	0,24	0,24	0,15	0,40	0,24	0,32	0,20
Bela Vista	0,23	0,09	0,12	0,05	0,11	0,08	0,08	0,07
Boa Esperança	0,28	0,15	0,17	0,09	0,22	0,17	0,18	0,14
Bosque da								
Saúde	0,23	0,17	0,10	0,10	0,14	0,15	0,10	0,12
Cachoeira das								
Garças	0,52	0,15	0,28	0,10	0,51	0,16	0,33	0,14
Campo Velho	0,21	0,09	0,13	0,07	0,09	0,07	0,08	0,07
Campo Verde	0,36	0,11	0,21	0,06	0,25	0,12	0,19	0,08
Canjica	0,35	0,10	0,21	0,07	0,24	0,14	0,20	0,11
Carumbé	0,31	0,12	0,15	0,06	0,17	0,15	0,09	0,08
Da Lixeira	0,27	0,12	0,16	0,08	0,17	0,13	0,14	0,11
Do Baú	0,23	0,13	0,13	0,09	0,11	0,11	0,09	0,09
Do Terceiro	0,28	0,18	0,12	0,10	0,18	0,15	0,12	0,12
Dom Aquino	0,23	0,15	0,14	0,10	0,14	0,15	0,11	0,12
Dom Bosco	0,25	0,15	0,10	0,07	0,26	0,13	0,16	0,08
Grande								
Terceiro	0,23	0,16	0,14	0,08	0,15	0,17	0,08	0,09
Jardim								
Aclimação	0,29	0,16	0,10	0,06	0,13	0,11	0,08	0,10
Jardim								
Califórnia	0,29	0,14	0,14	0,08	0,20	0,14	0,13	0,10
Jardim das								
Américas	0,22	0,14	0,10	0,07	0,16	0,17	0,13	0,15
Jardim								
Eldorado	0,34	0,15	0,14	0,10	0,16	0,13	0,12	0,11
Jardim Europa	0,30	0,18	0,14	0,10	0,10	0,14	0,07	0,10
Jardim	0,26	0,19	0,14	0,12	0,25	0,16	0,18	0,12

Imperial								
Jardim Itália	0,25	0,14	0,08	0,07	0,14	0,11	0,11	0,08
Jardim Leblon	0,31	0,16	0,16	0,10	0,20	0,19	0,16	0,15
Jardim Paulista	0,18	0,09	0,09	0,06	0,07	0,08	0,05	0,08
Jardim Petrópolis	0,18	0,15	0,09	0,10	0,07	0,12	0,06	0,09
Jardim Shangri-lá	0,31	0,14	0,18	0,08	0,16	0,12	0,14	0,10
Jardim Tropical	0,17	0,12	0,10	0,07	0,12	0,11	0,10	0,09
Jardim Universitário	0,40	0,19	0,19	0,12	0,38	0,20	0,27	0,15
Morada dos Nobres	0,43	0,07	0,22	0,06	0,46	0,10	0,34	0,11
Novo Horizonte	0,27	0,09	0,17	0,05	0,18	0,12	0,15	0,09
Novo Mato Grosso	0,24	0,15	0,10	0,08	0,27	0,16	0,17	0,10
Pedregal	0,27	0,09	0,17	0,07	0,15	0,12	0,12	0,09
Pico do Amor	0,17	0,15	0,08	0,10	0,06	0,11	0,04	0,08
Planalto	0,29	0,08	0,18	0,05	0,17	0,10	0,13	0,08
Poção	0,22	0,13	0,13	0,09	0,11	0,10	0,09	0,09
Praeirinho	0,32	0,14	0,17	0,08	0,25	0,17	0,18	0,14
Praeiro	0,21	0,06	0,13	0,05	0,11	0,05	0,10	0,05
Recanto dos Pássaros	0,34	0,18	0,16	0,11	0,32	0,23	0,23	0,17
Residencial Itamarati	0,39	0,12	0,17	0,09	0,30	0,15	0,20	0,10
Residencial Santa Inês	0,16	0,18	0,04	0,07	0,09	0,10	0,09	0,08
Residencial São Carlos	0,17	0,15	0,04	0,04	0,22	0,18	0,12	0,08
Santa cruz	0,38	0,19	0,18	0,12	0,36	0,20	0,25	0,15
São Roque	0,29	0,11	0,11	0,06	0,23	0,12	0,19	0,08
Sol Nascente	0,29	0,13	0,14	0,08	0,18	0,10	0,15	0,09
Terra Nova	0,07	0,11	0,02	0,04	0,09	0,12	0,08	0,08
UFMT	0,28	0,16	0,13	0,10	0,27	0,17	0,19	0,14

REGIÃO OESTE								
BAIRROS	01/90		08/90		01/09		08/09	
	Média (°C)	DP	Média (°C)	DP	Média (°C)	DP	Média (°C)	DP

Alvorada	0,28	0,14	0,12	0,08	0,18	0,16	0,12	0,11
Araés	0,25	0,13	0,13	0,08	0,12	0,12	0,09	0,10
Barra do Pari	0,34	0,17	0,14	0,09	0,31	0,21	0,19	0,13
Centro Norte	0,08	0,08	0,05	0,06	0,06	0,14	0,05	0,09
Centro Sul	0,22	0,17	0,13	0,10	0,14	0,14	0,11	0,13
Cidade Alta	0,20	0,12	0,10	0,07	0,14	0,11	0,09	0,09
Cidade Verde	0,31	0,15	0,16	0,08	0,20	0,17	0,13	0,09
Coophamil	0,37	0,19	0,17	0,11	0,26	0,22	0,20	0,15
Despraiado	0,39	0,18	0,17	0,10	0,29	0,20	0,21	0,16
Duque de Caxias	0,31	0,16	0,18	0,10	0,25	0,20	0,20	0,17
Goiabeiras	0,26	0,11	0,15	0,08	0,14	0,10	0,12	0,09
Jardim Cuiabá	0,31	0,13	0,14	0,07	0,25	0,15	0,09	0,07
jardim Mariana	0,41	0,20	0,17	0,12	0,28	0,27	0,19	0,20
Jardim Santa Isabel	0,30	0,15	0,15	0,08	0,23	0,19	0,16	0,13
Jardim Ubirajara	0,33	0,18	0,14	0,11	0,34	0,19	0,22	0,16
Novo Colorado	0,44	0,09	0,21	0,09	0,33	0,19	0,24	0,14
Novo Terceiro	0,24	0,20	0,15	0,11	0,14	0,21	0,11	0,14
Popular	0,22	0,12	0,13	0,11	0,16	0,12	0,14	0,13
Porto	0,30	0,18	0,15	0,10	0,23	0,19	0,16	0,14
Quilombo	0,25	0,14	0,16	0,09	0,19	0,20	0,14	0,16
Ribeirão da Ponte	0,44	0,15	0,21	0,10	0,31	0,18	0,26	0,15
Ribeirão do Lipa	0,40	0,17	0,19	0,10	0,40	0,20	0,30	0,16
Santa Marta	0,37	0,18	0,18	0,11	0,30	0,25	0,23	0,19
Santa Rosa	0,45	0,15	0,18	0,10	0,35	0,22	0,20	0,15